

Vorträge

zur Hochschultagung 2012

der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Unredigierte Informationsschrift

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher
und auch redaktioneller Verantwortung
der jeweiligen Autoren

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Eröffnungsworte der Dekanin der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät Professorin Dr. Karin Schwarz	7
Grußworte des Präsidenten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Professor Dr. Gerhard Fouquet	15
Grußworte der Ministerin für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein Dr. Juliane Rumpf	19
Prof. Dr. Friedhelm Taube Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Reichen die Regeln der „guten fachlichen Praxis“ im Pflanzenbau?	23
Ministerialdirektor Clemens Neumann Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin Die „gute fachliche Praxis“ aus der Perspektive des BMELV	35
Prof. Dr. Rainer Horn Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Landwirtschaftliche Bodennutzung und nachhaltige Bodenquali- tät – Reichen die Parameter der „guten fachlichen Praxis“ des Bundesbodenschutzgesetzes?	45
Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet Institut für Phytopathologie Grenzen der „guten fachlichen Praxis“ im Pflanzenschutz	53

	Seite:
Dr. Tim Thurau/Prof. Dr. Daguang Cai Institut für Phytopathologie Neue Wege der Resistenz-Züchtung im Rapsanbau	63
Prof. Dr. Henning Kage Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Nachhaltigkeitsbewertung des Winterrapsanbaus	69
Prof. Dr. Georg Thaller/Dr. Dirk Hinrichs Institut für Tierzucht und Tierhaltung Monitoring von Zuchtprogrammen zur Erhaltung der genetischen Variabilität	75
Dr. Ralf Blank/Prof. Dr. Siegfried Wolfram Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie Carry over des Mykotoxins Ochratoxin A in die Milch	81
JProf. Dr. Steffi Wiedemann Institut für Tierzucht und Tierhaltung Neue Ansätze in der Kälberaufzucht	91
Prof. Dr. Joachim Krieter Institut für Tierzucht und Tierhaltung Ökobilanzierung für die Wertschöpfungskette Schweinefleisch	99
Prof. Dr. Andreas Susenbeth Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie Ebermast – Empfehlungen zur Versorgung mit Energie und Nährstoffen	105
Prof. Dr. Carsten Schulz Institut für Tierzucht und Tierhaltung Zum Einfluss der Haltungsumwelt auf die Fischproduktion in Kreislaufsystemen	111

	Seite:
Prof. Dr. Matthias Laudes Klinik für Innere Medizin I, UKSH Kiel Wechselspiel von Ernährung und Entzündung in der Entstehung moderner Volkskrankheiten	119
Jennifer Möhring, MSc/Prof. Dr. Gerald Rimbach Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde Funktionelle Milchprodukte, Phytosterine und Cholesterinsenkung – Chancen und Risiken	127
Kai-Brit Bechtold, MSc/Prof. Dr. A. Abdulai Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre Konsumentenpräferenzen für funktionelle Milchprodukte	135
Janine Empen, MSc/Prof. Dr. Jens-Peter Loy Institut für Agrarökonomie Joghurt ist nicht gleich Joghurt – das gilt auch für den Preis	143
Prof. Dr. Peter-Christian Lorenzen Max-Rubner-Institut, Kiel Gewinnung von Galactooligosacchariden	151
Julia Keppler, MSc/Prof. Dr. Karin Schwarz Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde Nanotransporter aus Milchprotein	159
Rebecca Illichmann, MSc/Prof. Dr. A. Abdulai Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre Einfluss des Vertrauens auf die Kaufentscheidung von Bio-Produkten	167
JProf. Dr. Birgit Schulze Institut für Agrarökonomie Die Veredelungswirtschaft in der Wahrnehmung der Verbraucher – Ergebnisse einer aktuellen Studie	177

Priv.-Doz. Dr. Silke Thiele Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre Einführung der Fettsteuer in Dänemark: Welche Effekte wären für Deutschland zu erwarten?	Seite: 189
Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann Institut für Agrarökonomie Die ökologische Landwirtschaft am Tropf des Staates	199
Prof. Dr. Dr. Christian Henning/Prof. Dr. Friedhelm Taube Institut für Agrarökonomie/Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Gute landwirtschaftliche Praxis: naturwissenschaftliche Fakten und politische Durchführbarkeit in Schleswig-Holstein	207
Ernst Albrecht, MSc/Prof. Dr. Dr. Christian Henning Institut für Agrarökonomie Biogasproduktion und ihre Auswirkungen auf globale und lokale Umweltgüter	215

Eröffnung

Karin Schwarz

Dekanin der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät

Sehr geehrter Herr Präsident Fouquet,
sehr geehrte Frau Ministerin Rumpf,
meine sehr geehrten Damen und Herren Abgeordnete,
meine sehr geehrten Damen und Herren!

Zur 62. öffentlichen Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät heiße ich Sie ganz herzlich willkommen. Ich begrüße Sie auch im Namen der Mitveranstalter, der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, des VdL-Landesverbandes Schleswig-Holstein und der Gesellschaft der Freunde der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät.

Ich freue mich als Hausherrn den Präsidenten der CAU, Herrn Prof. Fouquet, begrüßen zu dürfen. Lieber Herr Fouquet, ich freue mich, dass Sie auch in diesem Jahr ein Grußwort sprechen werden und mir so Gelegenheit geben, mich heute für die gute Zusammenarbeit bei Ihnen zu bedanken. Insbesondere die Professuren für die Ökonomie der Milch- und Ernährungswirtschaft sowie die Professur für Marine Aquakultur - die noch näher angesprochen werden - haben sich als wahrhafte Meilensteine erwiesen – und wir sind nicht in verschiedene Richtungen abgebogen!

Es ist mir eine besondere Freude, unsere Landwirtschaftsministerin, Frau Dr. Juliane Rumpf, heute begrüßen zu dürfen. Sehr geehrte Frau Ministerin, ich freue mich, dass Sie auch in diesem Jahr das Grußwort – diesmal kurzfristig - übernommen haben, und so einmal mehr, das hohe und auch persönliche Interesse an unserer Fakultät dokumentieren. In der Tat kommt dies bei vielen Gelegenheiten zum Ausdruck, stellvertretend nenne ich die gemeinsamen Veranstaltungen zum Thema „Nachhaltigkeit“ oder die geplanten Aktivitäten zum Thema „Teller oder Tonne“. Einmal mehr zeigt sich, dass es eben besonders wertvoll ist, eine Ministerin im Amt zu wissen, deren fachlicher Hintergrund auch tatsächlich die Agrarwissenschaft ist und dann auch noch als Kieler Absolventin.

Des Weiteren begrüße ich aus dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Herrn Staatssekretär Rabijs und freue mich, dass mit Ihnen heute Herr Dr. Maier-Staud, Herr Dr. Wiermann, Herr Koschinski, Herr Hake-
mann sowie Herr Dr. Fahnert dabei sind, um sich mit uns auszutauschen.

Ich begrüße die Abgeordneten des Landtages Frau Silke Spielmans, von der Fraktion die Grünen, und Herrn Dr. Abercron von der CDU-Fraktion.

Herzlich willkommen heiße ich den Präsidenten des Bauerverbandes Schleswig-Holstein, Herrn Werner Schwarz, den Generalsekretär Herrn Gersteuer sowie den stellvertretenden Generalsekretär Herrn Müller-Ruchholtz.

Vom Landfrauenverband Schleswig-Holstein begrüße ich die Präsidentin Frau Trede.

Und in Verbindung mit beiden Verbänden darf ich Frau Klindt und Herrn Eigen als besonders treue Ehrengäste begrüßen.

Ich begrüße den Dekan des Fachbereichs in Rendsburg, Herrn Prof. Braatz.

Stellvertretend für die Gäste des Max Rubner-Instituts begrüße ich Herrn Prof. Meisel und Herrn Prof. Heller.

Gute fachliche Praxis - das heutige Thema der Hochschultagung steht synonym für Begriffe wie „state of the art“. Gute fachliche Praxis setzt voraus:

1. das Gewinnen von Erkenntnissen – das heißt, Erkenntnisse über die Prinzipien von Ursache und Wirkung und
2. das gemeinsame Anerkennen und in der Folge Praktizieren nach Regeln, die auf dem modernen Stand der Kenntnisse beruhen. An diesem Prozess nehmen wir alle teil. Und der Diskussionsprozess, dem ein Anerkennen von Regeln dann nachfolgt, diesen Diskussionsprozess führen wir auch heute. Dazu bedarf es gesicherter Erkenntnisse aus der Forschung, nämlich der Grundlagenforschung sowie der anwendungsorientierten Forschung und der Erkenntnisse aus der Praxis. Es bedarf also der Diskussion von Wissenschaftlern und Praktikern.

Die „gute fachliche Praxis“ zu ermitteln, ist in allen Wirtschaftsbereichen üblich und bildet letztendlich auch die Basis für die Gesetzgebung – z.B. beim Thema Rückstände in Lebensmitteln: was ist machbar, was ist erreichbar - Klammer auf, Klammer zu: was ist messbar. Und umgekehrt wird eine zu detaillierte Regelung in Normen vermieden mit dem Hinweis auf die gute fachliche Praxis.

Hier sei einmal - von mir als Lebensmitteltechnologin - das Beispiel der Verwendung von Zusatzstoffen genannt, die *quantum satis*, d.h. so viel wie nötig und so wenig wie möglich, zugesetzt werden sollen. Und was das genau bedeutet wird durch die gute fachliche Praxis bestimmt.

Meine Damen und Herren, vor diesem Hintergrund ist anwendungsnahe Forschung unumgänglich und in diesem Zusammenhang verweise ich gern auf die Kompetenzzentren Milch, Biomasse und Marine Aquakultur. Dies gibt mir auch gleichzeitig die besondere Gelegenheit, mich für die Unterstützung seitens des Wirtschaftsministeriums und des Landwirtschaftsministeriums zu bedanken. Insbesondere bedanke ich mich für die Zusicherung des Wirtschaftsministers, Herrn Joost des Jager, die Gesellschaft für Marine Aquakultur, die ja wesentlicher Kern des Kompetenzzentrums für Marine Aquakultur ist, auch in Zukunft gemeinsam mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume zu unterstützen.

Meine Damen und Herren, was tut sich im Moment in der Fakultät und was sind die Ideen für die Zukunft?

Zunächst zur Lehre und zur wichtigsten Personengruppe - unseren Studierenden: Unsere Studiengänge sind nach wie vor gut nachgefragt. Und dies liegt letztendlich auch daran, dass Themen wie Ernährung, Gesundheit, Landwirtschaft und Umwelt in der Gesellschaft sehr präsent sind und von den Medien - zwar zumeist durchweg mit negativen Schlagzeilen - immer wieder aufgegriffen werden.

In 2011 haben 255 Studierende im Bachelorstudiengang für Agrarwissenschaft begonnen und 121 Studierende im Masterstudiengang Agrarwissenschaft. Im Bachelorstudiengang Ökotoxologie haben 126 Studierende begonnen und 81 im Masterstudiengang. Wir haben sowohl für den Studiengang Agrarwissenschaft als auch für die Ökotoxologen im Bachelor seit längerem eine Zulassungsbeschränkung eingeführt, sodass wir die Studierendenzahl im Sinne der Qualitätssicherung nach oben bewusst begrenzen. Da wo diese Grenze noch nicht erreicht ist, konnten wir im Vergleich zum Vorjahr eine kleine Steigerung vermerken.

Und nun zu unseren internationalen Studiengängen: Insgesamt sind 104 Studierende in den internationalen Studiengängen in diesem Semester eingeschrieben – das sind ca. 5 % unserer Studierenden an der gesamten Fakultät. Dabei erfreut sich insbesondere der Masterstudiengang „Environmental Management“ in diesem Jahr besonderer Beliebtheit, denn hier gab es 36 Neueinschreibungen. Hin-

zu kommen die Erasmus-Mundus Studiengänge Applied Ecology und Ecohydrology mit 11 Neueinschreibungen in 2011. Die drei Studiengänge werden zusammen mit der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät angeboten.

Im Herbst letzten Jahres hat unser internationaler Studiengang AgriGenomics begonnen. Im Frühjahr letzten Jahres habe ich an dieser Stelle berichtet, dass die Vorbereitungen auf Hochtouren laufen. Nun sind die ersten Studierenden eingetroffen und haben die 1000 Hürden, die zu nehmen sind, wenn man aus dem außereuropäischen Ausland kommt, genommen. Insofern waren wir froh, dass trotz der kurzen Zeit zwischen Ankündigung des Studiums und Start 10 von 20 Plätzen besetzt werden konnten.

Der Masterstudiengang Agrarmanagement, der in Kooperation mit der Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, läuft, geht nun schon in die zweite Runde und kann wohl bereits als etabliert gelten.

Aber auch bei unseren grundständigen Studiengängen Agrarwissenschaft und Ökotoxikologie tut sich etwas, denn wir befinden uns in der Vorbereitung zur Reakkreditierung. Das bedeutet so viel wie eine große Inventur, wir stellen unser bisheriges Angebot auf den Prüfstein mit dem Ziel: Optimierung des Studienangebotes. Hinzu kommt, dass wir aufgrund der neuen Rahmenbedingungen das Masterstudium nun als 4-semestriges Studium – bisher 3 Semester – konzipieren. Dies ist deutschlandweit auch so üblich. Dies bedeutet aber nun nicht, dass sich damit für alle Studierenden die Studiendauer automatisch verlängert, da die Summe der zu erbringenden Leistungen im Bachelor- und Masterstudium gleich bleibt. Und zweitens konnten wir in den vergangenen Jahren beobachten, dass ein großer Teil der Studierenden ohnehin länger als 3 Semester für den Master benötigt hat.

Darüber hinaus bieten sich auch neue Chancen - sprich mehr Wahlmöglichkeiten im Masterstudium. Und so könnte unsere „Philosophie“ besser zum Tragen kommen – eine breite Ausbildung im 6-semestrigem Bachelorstudium und die Möglichkeit (aber kein Muss) zu Spezialisierung im Masterstudium.

Außerdem werden wir für das Masterstudium in jeder Fachrichtung auch englischsprachige Module anbieten – aber eben nicht nur. Damit wollen wir unsere eigenen Studierenden besser auf eine spätere internationale Tätigkeit vorbereiten und natürlich auch ausländische Studierende nach Kiel holen.

Dieser Studierenden-Austausch ist vertraglich geregelt und funktioniert auf Dauer nur, wenn beide Richtungen beschränkt werden. Gerade was die Studierendenzahlen anbetrifft, die zu uns nach Kiel kommen, ist hier aber noch erheblich nachzulegen. Nicht nur deshalb aber auch: die Chance für Kieler Studenten

an eine ausländische Universität zu gehen, wird zu Nichte gemacht, wenn nicht im gleichen Zuge ausländische Studierende zu uns kommen.

Und nun zur Forschung: Ich erwähnte bereits die drei Kompetenzzentren – Biomasse, Milch, Marine Aquakultur. Diese Kompetenzzentren haben sich im letzten Jahr in einer eigenen Sektion während der Hochschultagung vorgestellt. In diesem Jahr werden Vorträge in verschiedenen Sektionen angeboten.

In der Sektion Gesundheit und Ernährung können Sie sich dieses Jahr über die ersten Ergebnisse des Kompetenznetzwerkes FoCus informieren, das vom BMBF gefördert wird. Das Netzwerk untersucht die Wertschöpfungskette Milch mit einem Schwerpunkt auf den gesundheitlichen Zusatznutzen. Im Rahmen dieses Kompetenznetzwerkes wurde eine Professur für Klinische Ernährungsmedizin in Kooperation mit der Medizinischen Fakultät etabliert. Seit April letzten Jahres ist an dieser Stelle nun Herr Prof. Laudes im Netzwerk tätig und wird den ersten Vortrag am Nachmittag übernehmen.

Im neuen DFG-Schwerpunktprogramm „Das Blühen von Pflanzen“, das unter der Federführung von Herrn Jung läuft, wurden im Herbst letzten Jahres Projekte evaluiert und ausgewählt, die nun deutschlandweit gestartet haben, und ein Kick-off meeting findet am 22. Februar statt.

Es wurde ein neues Projekt zur Marinen Aquakultur „AquaEdel“ vom Bundesinstitut für Landwirtschaft und Ernährung bewilligt. Ab März werden 11 Projekte unter der Federführung vom Kollegen Schulz in der Fakultät mit einem Gesamtfördervolumen von rund 2 Mio. Euro starten. Hierbei ist wie im auslaufenden Vorgängerprojekt „MASY“ ein weites Fächerspektrum vertreten.

Herr Kollege Henning hat ein Projekt, das den Titel „Promoting Participatory and Evidence-Based Agricultural Policy in Africa“ trägt, eingeworben. Dieses Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung mit 1,2 Mio € gefördert.

Meine Damen und Herren, dies ist nur ein kleiner Ausschnitt und soll demonstrieren in welcher Vielfältigkeit Forschung an unserer Fakultät stattfindet. Es ist unser Bestreben eine gute Balance zwischen der praxisorientierten und der grundlagenorientierten Forschung zu erreichen. Dafür braucht es hohe Kreativität und Geld! Natürlich ist Geld nicht alles, aber ohne Geld kommt die Forschung zum Erliegen; deshalb an dieser Stelle wieder eine Zahl: die Drittmittelinwerbung lag in 2011 bei 7,6 Mio. Euro.

Zum Personal: Mit Spannung wurde der erfolgreiche Abschluss des Berufungsverfahrens für die Stiftungsprofessur Ökonomie der Milch- und Ernährungswirtschaft erwartet. Im Oktober 2011 war es dann endlich so weit und Herr Dr. Johannes Sauer wurde vom Präsidenten der CAU zum Professor ernannt. Einige unter Ihnen haben ihn bereits während seiner Antrittsvorlesung im Dezember kennen gelernt und für heute war vorgesehen, dass Herr Sauer zur Zukunft der Milchwirtschaft berichtet. Leider hatte Herr Sauer am Wochenende einen Unfall, sodass wir darauf verzichten müssen. So kann ich an dieser Stelle nur noch einmal den vielen Förderern danken: Darunter der Genossenschaftsverband, vielen Dank Herr Dr. Otto, die Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft, die frischli Milchwerke die Hochwald Nahrungsmittel-Werke die Humana Milch-Union die Nordmilch (zusammen jetzt DMK) die Lactoprot die Milch-Union Hocheifel die Molkerei Ammerland und Uelzena.

Die Mittel für die Professur wurden unter der Federführung von Herrn Prof. Block, damals als Vorstandsvorsitzender der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, eingeworben und durch Stiftungsmittel ergänzt. Heute begrüße ich Herrn Prof. Block als Vorsitzenden der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein.

Für die Unterstützung der Erarbeitung einer Verstetigungsoption bedanke ich mich bei Ihnen Herr Präsident, es wurde eine großzügig Regelung gefunden, die die lange Lücke schließen hilft, in der die Fakultät nicht 100 % darstellen kann.

Zur Verstetigung der Professur Marine Aquakultur: Mit nicht weniger Spannung haben wir die Verstetigung der Professur Marine Aquakultur von Herrn Kollegen Schulz vorangetrieben. Den letzten Stand hierzu werden wir von Präsident Fouquet hören.

Im letzten Jahr haben wir das Berufungsverfahren für die Juniorprofessur für Angewandte Ökonometrie abgeschlossen und Herr Dr. Aßmann wurde berufen.

Er wird zum bis 1. April starten und zuvor die Vertretung einer Professur an der Universität Bamberg übernehmen.

Erfreulich ist zu berichten, dass die Fakultät im letzten Jahr einen Ruf an Herrn Kollegen Rimbach abwehren konnte. So konnte Herr Rimbach trotz seines Rufes nach Halle gehalten werden. Für die Unterstützung bedanke ich mich ganz herzlich bei Ihnen, Herr Präsident Fouquet.

Bevor ich zu ein paar Details im Programm komme, möchte ich Ihnen ankündigen, dass wir in diesem Jahr am 24. Mai zur Verleihung der Johann-Heinrich-von-Thünen-Medaille einladen, sie wird an Persönlichkeiten verliehen, die sich um die Landwirtschaft in Europa besonders verdient gemacht haben. Und es ist mir eine besondere Freude, dass der zukünftige Träger der Thünen-Medaille heute anwesend ist, herzlich willkommen Herr Dr. Frauen.

Meine Damen und Herren, nun ein paar Anmerkungen zum Programm: Mit der Unterstützung des Landw. Buchführungsverbandes wurde Ihnen im letzten Jahr das Programm zugesendet – vielen Dank an dieser Stelle an den Vorstandsvorsitzenden Herrn Bennemann und den Geschäftsführer Herrn Cordts. Dazu gibt es einige Abweichungen, sodass wir uns mittlerweile in diesem Punkt in guter Gesellschaft mit größeren Internationalen Tagungen befinden. Der Vormittag wird durch zwei Plenarvorträge gestaltet, deren Diskussion durch Herrn Heller, Präsident der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, geleitet wird.

Auf Grund der Erkrankung von Herrn Sauer wird Herr Taube seinen Vortrag „Reichen die Regeln der „guten fachlichen Praxis“ im Maisanbau? um 10.30 Uhr halten. Dafür wird sich in der Sektion Pflanze und Umwelt folgende Änderung ergeben: Der Vortrag von Herrn Prof. Kage „Nachhaltigkeitsbewertung des Winterrapsanbaus“ wird bereits um 15.15 Uhr stattfinden. Danach folgt wie im Programm vorgesehen, der Vortrag von Frau Prof. Herrmann „Ökobilanzierung der Biogaserzeugung in Schleswig-Holstein“.

Außerdem wird in der Sektion Gesundheit und Ernährung um 15.45 Uhr Herr Prof. Lorenzen mit dem Thema „Gewinnung von Galactooligosacchariden“ für Frau Dr. Clawin-Rädecker einspringen, die ebenfalls erkrankt ist.

Abschließend möchte ich mich bei den vielen Förderern der Hochschultagung, die ich noch nicht genannt habe, bedanken: Planton, BASF, Raiffeisen HaGe, Bayer Crop Science, Claas, Krone, NPZ/Lembke, Rinderzucht SH, Landesverband der Lohnunternehmen, Amazone und den Mitveranstaltern: Landwirtschaftskammer, VDL und die GdF.

In der Mittagspause gibt es Gelegenheit zum informellen Austausch bei einem Mittagsimbiss, der von der Flensburger Brauerei und von der Firma Böklunder gesponsort und von der Landwirtschaftskammer organisiert wird. Hierfür ganz herzlichen Dank!

Außerdem danke ich den Kollegen, die in diesem Jahr die Tagung geplant haben und ihre Forschungsgebiete präsentieren sowie den Diskussionsleitern in der Sektionen: Herr Dr. Lüpping von der Landwirtschaftskammer, Frau Dr. O-schadléus, Herrn Dr. Schleuß, Herrn Dr. Terwitte und Herrn Brockhoff vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Herr Dr. Schwerdtfeger vom VDL sowie Herrn Dr. Wälter vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume und schließlich Frau Dr. Oesser von der Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein (WTSH).

Grußworte

Gerhard Fouquet

Präsident der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sehr geehrte Frau Ministerin, liebe Frau Rumpf,
Spectabilis, liebe Frau Kollegin Schwarz,
sehr geehrter Herr Präsident Heller der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,
sehr geehrter Herr Ministerialdirigent Neumann vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz,
liebe Kolleginnen und Kollegen, meine sehr geehrten Damen und Herren!

Herzlich begrüße ich Sie im Namen des Präsidiums an der Christian-Albrechts-Universität zu dieser 62. Öffentlichen Hochschultagung unserer Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät.

„Gute fachliche Praxis auf dem Prüfstand“ – jedes Fach der Fakultät wird seine Ergebnisse guter, praxisnaher Forschung heute präsentieren und ist mit Recht stolz darauf. Die Landwirte des Dorfes in der pfälzischen Rheinebene bei Ludwigshafen, in dem ich auf einem Bauernhof aufgewachsen bin, waren und sind ebenfalls mit Recht stolz auf ihre gute fachliche Praxis im innovativen Gemüsebau. Just in diesem Pfälzer Dorf erschien im August 1814 auf einer Forschungsreise durch die Region Johann Nepomuk Scherz, der bekannte Agrarreformer und Begründer der staatlichen landwirtschaftlichen Lehranstalt, der heutigen Universität Hohenheim. Scherzens prüfender Kennerblick fand in der Dorfmarkung nur Missstände vor, keine gute landwirtschaftliche Praxis jedenfalls: Das Getreide war in der Augusthitze noch auf dem Halm – es wurde und wird dort eigentlich im ausgehenden Juni und Juli geerntet. Hafer und Gerste versprachen kümmerliche Erträge, „die Luzerne“, so Scherz wörtlich, „stand sehr mittelmäßig und der Esper (also die Futterpflanze Esparsette) erlag unter dem Unkraute“. Was Johann Nepomuk Scherz in diesem Dorf zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit anderen Worten vorfand, war das überkommene, jahrtausendealte Anbausystem der Dreifelderwirtschaft, und das befand sich in einem miserablen Zustand. Und so begnügte er sich enttäuscht mit diesem flüchtigen Eindruck. Mit keinem der Bauern wollte er, der Agrarreformer, mehr reden, sondern bestieg sogleich seine Kutsche, um eine halbe Stunde weiter ins nächste Dorf zu fahren – nach Mutterstadt, heute bekannt durch ein Autobahnkreuz, damals „so

sehr berühmt“, wie Schwerz urteilt, „durch seinen Flachs- oder Leinsamen.“ Dort fand Schwerz mithin, was ihn interessierte: eine nach vorne weisende gute landwirtschaftliche Praxis. Nun hatten die Landwirte Mutterstadts zwar auch nicht das alte Anbausystem der Dreifelderwirtschaft verlassen, aber mit dem im Sommer- wie im Winterfeld auszubringenden Lein eine lukrative Industriepflanze in ihre überkommene Getreidewirtschaft eingebracht, überdies sich mit der Erzeugung von Leinsamen hoch spezialisiert und am Markt platziert. Der Mutterstadter Leinsamen war zu Beginn des 19. Jahrhunderts, entwickelt aus einer seit drei Generationen währenden, offenbar stets verfeinerten guten fachlichen Praxis, zu einem europäischen Markennamen geworden. Der Mutterstadter stand nach Schwerz dem Rigaer Leinsamen in nichts nach: Vornehmlich niederländische Händler kauften ihn auf, um ihn nach Russland zu exportieren.

Schon vor gut 200 Jahren also – „gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft auf dem Prüfstand“. Am heutigen Tag bieten die Kolleginnen und Kollegen der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät einen breiten Überblick mit vertieften Erkenntnissen aus der guten fachlichen Praxis in den vier Sektionen: Pflanze und Umwelt, Tier und Gesundheit, Gesundheit und Ernährung sowie Ökonomie und Agribusiness. Es ist zugleich eine Heerschau vieler Leistungen und vieler Leistungsträger unserer Fakultät.

Gestatten Sie mir, dass ich einen unter den Vortragenden besonders hervorhebe: Es ist Herr Prof. Dr. Carsten Schulz, der seit 2007 die Professur für Aquakultur mit einer von der Gesellschaft für Marine Aquakultur‘ betriebenen Forschungs- und Entwicklungsanlage in Büsum inne hat. Denn ich möchte hier öffentlich meiner großen Freude Ausdruck geben, dass es uns gelungen ist, die politischen Voraussetzungen der nachhaltigen Ausfinanzierung der ‚Gesellschaft für Marine Aquakultur‘ zu schaffen. Der Verstetigung der Professur steht damit aus Sicht der Hochschulleitung nichts mehr im Wege. Ich danke allen, die an diesem nicht einfachen, Geduld und Nerven der Beteiligten strapazierenden Unterfangen mitgewirkt haben, allen voran der Dekanin Frau Schwarz für ihre charmante Beharrlichkeit, nicht zuletzt auch den Verantwortlichen im Ministerium für ihre Einsicht, die sich in einem Schreiben von letzter Woche widerspiegelt.

Mit der Professur für Aquakultur bietet sich auch ein ausgezeichnetes Beispiel für ausgezeichnete, extern evaluierte Wissenschaft, die von der Erkenntnis der Grundlagen aus in die gute Praxis der Anwendungsorientierung hinausgreift. Herr Kollege Schulz führt eigene und externe Projekte der angewandten Forschung und Entwicklung im Bereich der Fischzucht und Haltung durch, er steht zugleich für den Wissens- und Technologietransfer zur Zucht und Haltung von Organismen in Brack- und Seewasser. Und er hat nun auch die Chance, dies nachhaltig in einem sich immer stärker entwickelnden Marktgeschehen zu tun.

Die Professur für Aquakultur wird das Profil unserer Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät im Geiste ihrer stets angestrebten, systemorientierten Prozessbetrachtung stärken - angefangen von der Erzeugung landwirtschaftlicher Rohstoffe und den damit verbundenen Umweltauswirkungen über die Bereitstellung hochwertiger Nahrungsmittel, deren Distribution und Verbrauch und endend bei der gesundheitlichen Bewertung der Lebensmittel.

In der nämlichen Weise ist, wie mir scheint, auch der Parcours der heutigen Vorträge aufgebaut. Bei den Vortragenden bedanke ich mich für ihr Engagement, den Zuhörerinnen und Zuhörern wünsche ich viele überraschende Einsichten und Erträge aus der gebotenen „guten fachlichen Praxis“.

Grußwort

Juliane Rumpf

Ministerin für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
des Landes Schleswig-Holstein

Magnifizenz Prof. Fouquet,
Spektabilität Prof. Schwarz,
sehr geehrte Damen und Herren Abgeordnete,
sehr geehrter Herr Präsident Schwarz,
sehr geehrter Herr Präsident Heller,
sehr geehrte Frau Präsidentin Trede,
sehr geehrte Rektoren und Dekane der Hochschulen,
meine sehr geehrten Damen und Herren,

für die Einladung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät und die freundliche Begrüßung danke ich Ihnen sehr herzlich. Ich überbringe Ihnen die Grüße der Landesregierung, und ich freue mich besonders, heute ein Grußwort sprechen zu können.

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Ich beglückwünsche die Fakultät zu der Wahl des heutigen Leitthemas. Das Thema ist ausgesprochen interessant und von hoher Aktualität: **„Gute fachliche Praxis auf dem Prüfstand“**. Mit diesem Thema wird es Ihnen auch bei dieser Hochschultagung wieder gelingen, die Verbindung von Theorie und Praxis herzustellen.

Das Thema ist seit längerem sowohl im Berufsstand wie auch in der Politik sowie zwischen uns beiden in der Diskussion. Für uns ist es daher besonders hilfreich, wenn sich die Wissenschaft des Themas annimmt und damit auch eine objektive, wissenschaftliche Sicht mit einfließen kann.

Sie sprechen mit dem Thema nicht nur die Landwirte an, sondern greifen ein Thema auf, das darüber hinaus für einen weiten Personenkreis, eigentlich für unsere gesamte Gesellschaft, heute von großer Bedeutung ist.

Bei den oft kontrovers geführten Debatten sollten wir zunächst kritisch fragen: Was ist eigentlich „gute fachliche Praxis“? Der Jurist würde das einen unbestimmten Rechtsbegriff nennen. Ich bin mir sicher, dass wir heute wertvolle Hinweise bekommen, wie der Begriff näher bestimmt werden kann.

Zwei Punkte sind mir in diesem Zusammenhang wichtig:

Zum einen darf es aus meiner Sicht keine statische und unveränderbare Definition geben. Eine „gute fachliche Praxis“ muss vielmehr flexibel auf neue Erkenntnisse und aktuelle Herausforderungen reagieren. Sie muss ziel- und lösungsorientiert Probleme angehen oder – besser – gar nicht erst entstehen lassen. Und sie muss standortangepasst sein.

Zweitens müssen die mit der „guten fachlichen Praxis“ beschriebenen Maßnahmen im besten Sinne des Wortes „nachhaltig“ sein, d. h. sie müssen wirtschaftlich auf lange Sicht erfolgreich, gleichzeitig umweltfreundlich und sozialverträglich sein.

Die Einhaltung einer „guten fachlichen Praxis“ könnte man auch als Maßstab bei der Agrarpolitik anlegen, also gewissermaßen eine „gute agrarpolitische Praxis“ fordern. Auch die Agrarpolitik verdient nur dann das Prädikat „gut“, wenn sie nachhaltig angelegt ist, wenn sie zugleich ökonomische, ökologische und soziale Belange berücksichtigt. Aus diesem Verständnis heraus treffe ich meine agrarpolitischen Bewertungen und Entscheidungen. Und dabei kommt mir auch meine fachliche und wissenschaftliche Ausbildung sehr zugute, die ich an dieser Fakultät erhalten habe, sowie die guten Verbindungen, die nach wie vor zur Fakultät bestehen.

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Sowohl in der praktischen Landwirtschaft wie auch in der Agrarpolitik werden wir auf Dauer nur dann Erfolg haben, wenn wir den Dreiklang der Nachhaltigkeit praktizieren und dies auch nach außen tragen. Nur so wird es uns gelingen, der Gesellschaft, die mehrheitlich nicht aus Agrariern besteht, die besondere Situation der Landwirtschaft nahe zu bringen.

Ganz aktuell wird sich das bei den Weichenstellungen für die Gemeinsame Agrarpolitik nach 2013 zeigen. Außer Diskussion muss dabei stehen, dass die „gute fachliche Praxis“ Grundvoraussetzung für Prämienzahlungen ist. Konsequenter Weise werden diese Zahlungen dann gekürzt, wenn einzelne Landwirte gegen einschlägige Produktionsvorschriften bzw. Umweltgesetze verstoßen. Das ist das Cross Compliance System.

Derzeit diskutieren wir im Rahmen der Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik darüber, wie die Landwirte für die Direktzahlungen der “Ersten Säule“ über die gesetzlichen Vorschriften hinaus bestimmte, von der Gesellschaft zusätzlich geforderte Umweltleistungen nachweisen und dafür auch honoriert werden sollten. Diese Diskussion läuft unter dem schon geläufigen Stichwort „Greening“. Diesen Vorschlag der EU-Kommission habe ich von Anfang an begrüßt und konstruktiv begleitet, denn nach meiner festen Überzeugung wird das bloße Einhalten der gesetzlichen Vorschriften als Argument nicht ausreichen, um das Agrarbudget in der bisherigen Höhe zu halten. Wie wollen wir das gesellschaftspolitisch begründen?

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Ein weiteres im Augenblick viel diskutiertes Thema, das mir sehr am Herzen liegt, ist die Lösung des Problems der Welternährung. Auch hier spielt der Begriff der Nachhaltigkeit eine große Rolle.

Die schleswig-holsteinische Agrarwirtschaft ist exportorientiert; wir produzieren Nahrungsmittel für andere, aber wir beliefern vor allem die Märkte in unseren europäischen Nachbarländern, nicht die der hungernden Regionen. Und das müssen wir auch nicht. Unser besonderes Anliegen muss sein, dass in den unterentwickelten Regionen der Welt eine wirksame Armutsbekämpfung stattfindet, d. h. wir müssen abgeben. Wichtig sind dort daneben stabile politische Verhältnisse, die eine ausreichende landwirtschaftliche Produktion vor Ort zulassen, sowohl zur Ernährung der eigenen Bevölkerung als auch zur Erzeugung von Exportprodukten. Hierfür benötigen die Entwicklungsländer schließlich ein entsprechendes Know-how, welches wir ebenso wie einen Teil unseres Geldes zur Verfügung stellen können und müssen. Hier kann die Wissenschaft einen entscheidenden Beitrag leisten, insbesondere auch im Hinblick auf eine nachhaltige Produktion.

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Das Thema „Nachhaltigkeit“ verbindet das Ministerium und die Fakultät an verschiedenen Stellen. So bin ich sehr dankbar, dass die Fakultät die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes mitträgt. Diese ist bei uns in Schleswig-Holstein auf die Zusammenarbeit mit vielen engagierten Partnern aus allen Teilen der Gesellschaft angewiesen. Sie haben uns und dem Thema Ihre Unterstützung gewährt – ich denke dabei an unsere gemeinsamen Tagungen 2010 und 2011 im Wissenschaftszentrum sowie an die Ringvorlesung „Nachhaltige Landnutzung und Ernährung aus verschiedenen Perspektiven“, die diese Hochschultagung mit einschließt. Damit haben Sie sich in das wachsende Netzwerk der Partner der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes eingereiht. Ich freue mich auf eine Fortfüh-

zung dieser Zusammenarbeit – ich denke, die Themen werden uns so schnell nicht ausgehen.

Auch darüber hinaus ist die Universität für mich nach wie vor ein wichtiger Partner. Ich schätze den fachlichen Dialog mit den Professorinnen und Professoren der Fakultät. Dabei profitiere ich von Ihren kompetenten Einschätzungen in vielen Bereichen. Sie stehen für mich immer für ein Gespräch zur Verfügung, hierfür an dieser Stelle ein ganz herzlicher Dank.

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Eine besondere Freude ist für mich, dass die Fakultät nun endlich die Stiftungsprofessur „Ökonomie der Milchwirtschaft“ besetzen konnte. Dieses ist ein weiterer Baustein zum Ausbau der Milchkompetenz hier in Kiel.

Des Weiteren freue ich mich darüber, dass es gemeinsam mit dem Wissenschaftsministerium gelungen ist, die Arbeit des Kompetenznetzwerkes Milch hier an der Universität finanziell bis 2013 abzusichern. Herr Prof. Thaller, Sie müssten die entsprechende Post mittlerweile erhalten haben. Nun müssen wir frühzeitig an die Zeit nach 2013 denken. Auf europäischer Ebene zeichnen sich ab 2014 neue Möglichkeiten der Förderung von Agrarforschung und Wissenstransfer ab. Die Agrarfakultät sollte hierauf möglichst frühzeitig mit eigenen Ideen und Konzepten reagieren.

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Lassen Sie mich abschließend noch einmal betonen: Schleswig-Holstein ist mit der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät gut aufgestellt. Wir können stolz darauf sein: Sie haben gute Studentenzahlen, innovative und leistungsstarke Wissenschaftler.

Die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät ist die erfolgreichste Fakultät der Universität bei der Einwerbung von Drittmitteln. Und im deutschlandweiten Vergleich nimmt sie unter den Agrar-Fakultäten nach wie vor eine Spitzenposition ein. Dieses sind für mich Zeichen dafür, dass an der Fakultät – um beim Leitthema zu bleiben – gemäß einer „guten agrarwissenschaftlichen Praxis“ gelehrt und geforscht wird.

Ich nehme auch Ihr heutiges Programm als Beleg dafür, dass es der Fakultät gelingen wird, sich den Herausforderungen der Zukunft erfolgreich zu stellen und wünsche Ihnen für die diesjährige Hochschultagung alles Gute, viel Erfolg und anregende Diskussionen.

Reichen die Regeln zur „guten fachlichen Praxis“ im Pflanzenbau aus?

Friedhelm Taube, Antje Herrmann und Ralf Loges

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

1. Einleitung

Die deutliche Zunahme des Maisanbaus in Deutschland und insbesondere in Schleswig-Holstein (Verdoppelung der Anbaufläche auf 194.000 ha in 2011 innerhalb von 7 Jahren) hat zu einem gesellschaftlichen Diskurs über die „gute fachliche Praxis“ beigetragen. Mit der Ausdehnung des Maisanbaus werden negative externe Effekte auf Umweltgüter (Wasser-, Klima, Biodiversität) assoziiert. Es stellt sich somit die Frage, ob die Intensität des Pflanzenbaus im Allgemeinen und des Maisanbaus im Speziellen den Regeln der „guten fachlichen Praxis“ entspricht. Dieser Frage soll im folgenden Beitrag nachgegangen werden.

2. Definition „Gute fachliche Praxis“ und „ordnungsgemäße Bewirtschaftung“

Der Begriff „gute fachliche Praxis“ leitet sich von der Definition der „ordnungsgemäßen Bewirtschaftung“ gemäß § 586 BGB ab. Ursprünglich bestand hier eine Regelung hinsichtlich der Erhaltung einer Pachtsache und deren Zustand bei der Rückgabe (§ 596 BGB). Die ordnungsgemäße Bewirtschaftung „...muss im Einklang mit den Regeln stehen, die nach allgemeiner Auffassung unter Land- und Forstwirten einzuhalten sind...“ (FAßBENDER u.a. § 596, RN 14). Das Verständnis von einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung ist daher nicht statisch, sondern unterliegt dem Wandel. Inzwischen wird auch die Stilllegung einer Fläche als ordnungsgemäß bewertet, solange sich z.B. bei der Verpachtung keine über die Pachtzeit hinausgehenden Wirkungen auf die Pachtsache ergeben. Bei der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung wird eine „ordnungsgemäße Bestellung“ also die Art der Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz mit einbezogen (vgl. FAßBENDER u.a. § 596, RN 24). Die „ordnungsgemäße Bewirtschaftung“ hat somit primär einen empfehlenden Charakter, sie beschreibt die Landnutzung im Rahmen der bestehenden Gesetze.

Aus dieser Definition heraus hat sich der Begriff „gute fachliche Praxis“ (gfP) entwickelt. Dieser Begriff wird inzwischen von einer Vielzahl von Verordnungen aufgegriffen und ist z.B. in der EWG Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 enthalten. Gleiches gilt für das Bodenschutz-Gesetz (§ 17), dort werden unter der Überschrift „Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“ Ausführungen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, Bodenbearbeitung, Vermeidung von Bodenverdichtungen und Erosionsvermeidung gemacht. In der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung wird definiert, wie landwirtschaftliche Flächen in einem „guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ zu erhalten sind. Im Rahmen der Agenda 2000 wurde somit die gfP zum Gegenstand der Transferzahlungen an die Landwirtschaft, d.h. organisiert über Cross Compliance (CC) wurden Regeln definiert, welche die gfP detailliert ausformulieren und somit die Umweltleistungen der Landwirtschaft explizit auf Basis dieses Katalogs von Maßnahmen und Dokumentationen honorieren. Von besonderer Bedeutung ist dabei die „gute fachliche Praxis der Düngung“ (DVO), welche die EU-Nitratrichtlinie in Deutschland umsetzt. Diese gfP im Rahmen von CC wird anhand eines Mindestumfangs von 1% der wirtschaftenden Betriebe mit einer Flächenausstattung von mehr als 5 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche hinsichtlich der Umsetzung kontrolliert.

3. Zeitlicher Wandel der Interpretation des Begriffs „gute fachliche Praxis“

In der Einführung wurde ausgeführt, dass die ordnungsgemäße Landwirtschaft und mithin deren Ausgestaltung im Rahmen von Verordnungen zur gfP einer zeitlichen Dynamik unterliegt. Diese Dynamik resultiert maßgeblich aus zwei großen Treibern (driving forces):

a. Innovationen Agrarforschung

Die gfP des Pflanzenbaus ist in Ihrer Dynamik durch disziplinäre natur- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisfortschritte im Bereich der Pflanzenbau-forschung/ Umweltforschung (bzw. der Agrarwissenschaften im weiteren Sinne) determiniert (Bsp.: Technischer Fortschritt Präzisionslandwirtschaft, Applikationstechniken Gülledüngung, Zuchtfortschritte und daraus resultierende veränderte Nährstoffbedarfe, Erkenntnisfortschritte hinsichtlich der Umweltwirkungen der Düngung). Diese Erkenntnisfortschritte finden zum Teil Eingang in die entsprechenden Novellierungen von Verordnungen zur gfP, beispielsweise im Rahmen der Novellierung der DVO 2006. Zum Teil nur deshalb, weil die vollständige Umsetzung entsprechender Innovationspotentiale stets durch einen zweiten Einflussbereich modifiziert wird, der hier als das „gesellschaftliche Paradigma“ adressiert wird.

b. Wandel gesellschaftlicher Paradigmen zur Landnutzung in Deutschland

Ein Wandel gesellschaftlicher Paradigmen findet in der Politikgestaltung seinen zeitversetzten Ausdruck. Diese Paradigmen oder Leitbilder zur landwirtschaftlichen Bodennutzung haben sich im Laufe der letzten 50 Jahre mehrfach geändert. Es können drei große Phasen skizziert werden:

Über Jahrtausende bis in die 80er Jahre des letzten Jahrhunderts stand die Ernährungssicherung (Produktionsfunktion) nach den Erfahrungen von Kriegen und Hunger als gesellschaftlich unumstrittenes Primat der Funktion von Landwirtschaft. Dies äußerte sich politisch mit dem Beginn der europäischen Agrarpolitik nach den römischen Verträgen in Transferzahlungen an die Landwirtschaft, die diese Primärfunktion von Landnutzung flächendeckend und nachhaltig beförderte und innerhalb von weniger als 3 Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg Überschüsse an Agrarrohstoffen, aber auch gleichermaßen negative Umwelteffekte „produzierte“.

Über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren (~1985-2005) dominierte dann als Resultat („rebound Effekt“) einer Übersteuerung der vorherigen Phase das Primat der Extensivierung angesichts der Überschüsse in der agrarischen Produktion aufgrund technischen Fortschritts einerseits und der damit verbundenen negative Umwelteffekte andererseits. Agrar- und umweltpolitisch resultierten daraus wiederum flächendeckende obligatorische Flächenstilllegungen, Aufforstungsprogramme, Förderungen des ökologischen Landbaus etc.

Seit wenigen Jahren befinden wir uns nun offensichtlich in einer neuen dritten Phase, die gewissermaßen versucht, die beiden vorherigen Paradigmen zu vereinen. Ursache für diesen erneuten Wandel sind gleichermaßen einerseits die Herausforderungen zur Sicherung der Welternährung und somit notwendige Produktionssteigerungen nicht nur zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion, sondern auch zur stofflichen und energetischen Nutzung agrarischer Rohstoffe angesichts zur Neige gehender fossiler Energie- und Stoffträger wie zur Neige gehender Nährstoffreserven (Phosphor) und andererseits die Bedrohungen durch einen weiter fortschreitenden ausgeprägten Rückgang der biologischen Vielfalt, eine weiterhin hohe Belastung aquatischer Ökosysteme mit Nährstofffrachten und Klimawandeleffekte. Die daraus resultierenden Begrifflichkeiten sind mit den Schlagworten „nachhaltige Landwirtschaft“ oder „Nachhaltige Intensivierung“ beschrieben.

Die Phasen werden auch aus der Struktur der Transferzahlungen an die Landwirtschaft ersichtlich (Phase I: Produktgebundene Transferzahlungen; Phase II: Umstieg auf flächengebundene Transferzahlungen mit dem Anspruch, im Rahmen einer gFP Umweltmindeststandards zu formulieren, die nicht zuletzt die Transferzahlungen an die Landwirtschaft gesellschaftlich rechtfertigen.

Bevor ein Ansatz für eine zukünftige Ausgestaltung der gFP skizziert wird, soll kurz an einem Beispiel aus dem Bereich der Standards zur gFP der Düngung (DVO) gezeigt werden, wie inkonsequent die Umsetzung der gFP in der Phase II und bis heute betrieben wurde und wird. Während in Deutschland die Bedeutung der Nährstoffbilanzierung zur Vermeidung von unerwünschten Stickstoffausträgen auf Betriebsebene im Rahmen der CC-Regelungen prinzipiell Einzug gehalten hat und damit den Erkenntnisfortschritt in der Wissenschaft grundsätzlich nachverfolgt, indem N-Salden jenseits von +60 kg N/ha/Jahr nicht mehr die gFP repräsentieren, ist dieses im Bereich der de jure akzeptierten P-Bilanzsalden im Rahmen einer gFP der Düngung nicht so. Während seitens der wissenschaftlichen Forschung eingedenk der Verknappung gerade der Phosphatvorräte auf die Notwendigkeit zur Erhöhung der P-Nutzungseffizienz und mithin auf die Einhaltung ausgeglichener P-Bilanzsalden, welche Maximalerträge absichern, hingewiesen wird (BMELV, 2011), ist die tatsächliche Regelung eine ganz andere, indem + 20 kg P₂O₅/ha als jährlicher Bilanzüberschuss akzeptiert werden – nicht, um hohe Erträge abzusichern, sondern vielmehr, um die Agrarstruktur der intensiven Veredlungswirtschaft in einigen wenigen Landkreisen Niedersachsens abzusichern. Implizit ist mit dieser Regelung jedoch verbunden, dass auf mehr als 95% der Agrarflächen in Deutschland, die sich bisher durch nahezu ausgeglichene P-Salden auszeichnen, das Potential zu einer nicht nachhaltigen Intensivierung mit steigenden P-Salden im Rahmen der gFP gegeben ist, und diese Entwicklung ist real, wie z.B. Auswertungen der Rinderspezialberatung in S-H für die Mais-basierten Milchproduktionsregionen zeigen. In einer Analyse der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein aus dem Jahre 2006 wird dokumentiert, dass 25% der untersuchten Milchvieh-Futterbaubetriebe (n=356) den Grenzwert von + 20 kg P₂O₅/ha/Jahr deutlich überschreiten, was im Wesentlichen auf die vergleichsweise hohe mineralische Phosphatdüngung zu Mais zurückzuführen ist. Mit anderen Worten, nicht die Grundsätze der ordnungsgemäßen Landwirtschaft (Die ordnungsgemäße Bewirtschaftung „...muss im Einklang mit den Regeln stehen, die nach allgemeiner Auffassung unter Land- und Forstwirten einzuhalten sind...“) und gFP determinieren hier den rechtlichen Rahmen, sondern gegebene Agrarstrukturen in Veredlungsregionen, die zur Nachahmung in anderen Regionen führen. Der wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen beim BMELV reagierte 2011 auf diese Entwicklung, indem der maximal tolerierbare positive Saldo bei Phosphat auf der Basis der Bodenversorgungsstufe „C“ auf + 8 kg P₂O₅/ha empfehlend fixiert wurde. Indirekt werden mit der Nichtübernahme dieser Empfehlungen Anbausysteme erhalten bzw. nach wie vor befördert (Maismonokultur), die bei konsequenter Umsetzung pflanzenbaulicher wie umweltwissenschaftlicher Erkenntnisse nicht mehr aktuell wären. Dies ist umso fragwürdiger, als inzwischen seitens der angewandten Agrarwissenschaften Produktionstechniken entwickelt wurden, die

diesen zusätzlichen Einsatz mineralischer Phosphatdünger vollständig durch betriebseigene organische Dünger (GPS-gesteuerte Gülle-Düngung unter Fuß zur Saat) substituieren können. Eine entsprechende Modifikation der DVO mit einer Begrenzung der tolerierten Phosphatsalden auf max. +8 kg/ha wäre ein geeigneter Schritt, um diese technologische Innovation ohne negative ökonomische Effekte für die meisten der Milchvieh-Futterbaubetriebe schnell in die Praxis zu implementieren.

4. Empfehlungen für einen Strategiewechsel der Agrarpolitik zur gfP

Die anstehende neue Epoche der Landnutzung, die unter dem Begriff „nachhaltige Intensivierung“ subsummiert wird, steht bezüglich der Ausgestaltung einer gfP vor zwei völlig neuen Herausforderungen im Vergleich zu den beiden vorher beschriebenen Phasen:

1. Flächendeckender Ansatz

Wie oben beschrieben, war die Umsetzung der Agrarpolitik in Form von Regeln der gfP vor dem Hintergrund der bisherigen Leitbilder vergleichsweise einfach verglichen mit den neuen Herausforderungen zur nachhaltigen Intensivierung, denn bisher waren die Leitbilder immer auf die gesamte landwirtschaftliche Fläche projiziert worden. Das heißt konkret, in der Intensivierungsphase bis zur Agrarreform 1991 wurden flächendeckend Intensivierungsanreize gegeben, ab 1991 bis zur Einführung des EEG und der Abschaffung der obligatorischen Flächenstilllegung flächendeckend Extensivierungsanreize implementiert.

Nachhaltige Intensivierung bedeutet nun jedoch, dass angesichts knapper werdender Agrarflächen weltweit die standortspezifische Ökoeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion, also die Emissionen je produzierte Produkteinheit (je t Weizen, kg ECM Milch etc.) zum Maßstab werden wird und das bedeutet, dass die Produktivität des Standortes ebenso berücksichtigt werden muss wie die Sensitivität des Standortes im Hinblick auf negative Umwelteffekte. Nachhaltige Intensivierung bedeutet somit im Hinblick auf Umweltgüter auch, dass diese primär dort „produziert“ werden sollten, wo sie effizient der Zielerreichung dienen. Dieser Ansatz ist mit dem derzeitigen Instrumentarium der „ordnungsgemäßen Landwirtschaft“ bzw. mit den bestehenden Regeln der gfP nicht zu leisten, da sich diese Regeln flächendeckend auf jeden einzelnen Betrieb gleichermaßen beziehen, egal wo er lokalisiert ist und egal, welchen Spezialisierungsgrad er aufweist. Daraus resultierte bisher nicht mehr als ein Minimalkonsens zwischen Ökonomie und Ökologie. Zudem zeigen die obigen Ausführungen, dass auch auf Basis dieses flächenhaften Ansatzes Korrekturen vorgenommen werden sollten, um den wissenschaftlichen Erkenntniszuwachs in das Regelwerk einfließen zu lassen. Dies betrifft insbesondere die Novellierung der DVO, da zu

konstatieren ist, dass sämtliche Umweltschutzziele der Bundesregierung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie (Reduktion nationaler N-Bilanzsalden auf max. + 80 kg N/ha/Jahr bis zum Jahr 2010, Einhaltung der NEC-Richtlinie zur Reduktion der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft bis zum Jahr 2010; Erfüllung der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie mit einem „guten ökologischen Zustand der Gewässer“ bis zum Jahr 2015 sowie schließlich das Erreichen von 19% der Agrarflächen mit einem „hohen Naturschutzwert“ bis zum Jahr 2017) nicht erreicht wurden bzw. die Zielerreichung unwahrscheinlich ist. Da alle diese Schutzziele direkt oder indirekt mit Stickstoffüberschüssen assoziiert sind, ist die Anpassung der Regeln der gFP im Rahmen der Novellierung der DVO anzustreben, um diese Schutzziele zumindest mittelfristig zu realisieren. Dies betrifft insbesondere die Notwendigkeit zur Wiedereinführung der „Hof-torbilanz“ mit entsprechenden Grenzwerten, um die tatsächlichen N-Salden der Betriebe zu erfassen und so auf dieser Basis Optimierungen des Nährstoffmanagements im Betrieb umzusetzen, so wie dies der Beirat für Düngungsfragen beim BMELV im Jahr 2009 empfohlen hat (BMELV, 2009). Und dazu gehört auch die Übernahme der empfohlenen Maximalsalden beim Phosphat, ebenfalls entsprechend der Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats für Düngungsfragen beim BMELV (BMELV, 2011).

2. Globalisierung als Treiber für die Einbeziehung von Ökoeffizienzparametern auf Landschaftsraumbene

Während die bisherigen Ansätze der gFP zunächst auf den Binnen- bzw. später (spätestens ab 1991) auf den europäischen Vergleichsmaßstab ausgerichtet waren, ist in der zukünftigen Projektion der globale Maßstab zu berücksichtigen, da in Zeiten eines mehr oder weniger freien Welthandels agrarische Rohstoffe gleichermaßen weltweit produziert, transportiert und konsumiert werden. Das bedeutet, dass sich die gFP z.B. der Produktion von Eiweiß zur Tierernährung vergleichend zwischen Soja in Brasilien und Raps in Schleswig-Holstein bewerten lassen muss, da nicht nur die ökonomische Effizienz in Zukunft die Vorzüglichkeit eines Produktionsstandortes für - in diesem Fallbeispiel Eiweißfuttermittel - determiniert, sondern auch die ökologische Effizienz, da auch globale Umweltgüter im globalen Kontext zu sehen und zu bewerten sind.

Daraus resultiert, (i) dass Ökoeffizienzparameter eines relevanten Agrarrohstoffs für eine bestimmte Anbauregion bekannt sein müssen, um daraus die relative Vorzüglichkeit der Produktionsintensität wie des Produktionsstandortes abzuleiten und (ii) dass die Formulierung von Regeln zur gFP kaum mehr flächendeckend für jeden Betrieb gleichermaßen formuliert werden kann, sondern dass darüber hinaus basierend auf Öko-Effizienzkennzahlen zusätzlich Politikelemente auf Landschaftsraumbene zu entwickeln sind, wenn die gFP tatsächlich

und weiterhin als Maß für eine umweltverträgliche Produktion mit entsprechenden Transferzahlungen an die Landwirtschaft dienen soll.

Am Beispiel der Landschaftsräume in Schleswig-Holstein soll dies exemplarisch zunächst für die Öko-Effizienz der Milchproduktion über den Vergleich der Kulturart Mais mit einer Grünlandnutzung dokumentiert werden. Dies ist deshalb relevant für die Milchproduktion, weil die Futterbereitstellung sowohl die zentrale Kostengröße als auch die zentrale Einflussgröße für Emissionen (> 75%) darstellt. Es werden hier nur die wesentlichen Linien skizziert, da einzelne Aspekte im Detail bereits auf der letzten Hochschultagung präsentiert wurden (Taube et al., 2011). Der Vergleich Mais/Grünland ist weiterhin deshalb relevant, weil im Rahmen von CC und damit im Rahmen der gFP die Erhaltung von Dauergrünland Gegenstand der Förderung in der ersten Säule der Agrarpolitik ist. Unsere Gruppe führt seit Jahren Untersuchungen zu Ökoeffizienzparametern verschiedener Futter- bzw. Energiepflanzenproduktionssysteme durch, wobei wir uns insbesondere auf die Treibhausgasemissionen (Klimaschutzfunktion) sowie die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser (Wasserschutzfunktion) der Anbausysteme in den verschiedenen Landschaftsräumen Schleswig-Holsteins konzentrieren. In Zusammenarbeit mit anderen Gruppen (Acker- und Pflanzenbau, Pflanzenernährung) wurden zudem im Projekt Biogas-Expert Datengrundlagen zu klimarelevanten Emissionen und Nährstoffausträgen über den Pfad Sickerwasser erfasst, die in die Bewertung einfließen (Kage et al., 2011). Die nachfolgende Tabelle 1 gibt die Daten zu Ökoeffizienzparametern von Grünland und Mais in den verschiedenen Landschaftsräumen in S-H wieder.

Die Tabelle 1 macht deutlich, dass in den verschiedenen Landschaftsräumen des Landes je nach pedologischen und hydrologischen Ausgangsbedingungen extrem unterschiedliche Ausprägungen für die untersuchten Ökoeffizienzparameter zu konstatieren sind. Vor diesem Hintergrund ist die CC - Verpflichtung zur flächendeckenden Erhaltung von Dauergrünland nicht Ziel führend im Sinne einer nachhaltigen Intensivierung. Insbesondere der Vergleich zwischen der Geest und den Niederungsstandorten, die jeweils ca. 40% des Dauergrünlands in SH repräsentieren, verdeutlicht dies. Während der Mais auf der Geest durchweg günstige Ökoeffizienzparameter aufzeigt (N-Austräge zwar höher als unter Grünland, aber unterhalb des Trinkwassergrenzwertes), kehrt sich die Situation auf Niederungsstandorten um. So zeigen z.B. unsere vorläufigen Ergebnisse zu den THG-Emissionen, dass Mais auf Niederungsstandorten um den Faktor ~20 höhere Treibhausgasemissionen je GJ NEL emittiert als auf der Geest. Wenn das Ziel Klimaschutz also effizient umgesetzt werden soll, sind Anreize zu schaffen, um Landschaftsraumbezogen großflächig Ackerflächen auf Niederungsstandorten in Dauergrünland umzuwandeln. Dies dient darüber hinaus der Ökosystemfunktion Biodiversitätsschutz, da diese Dauergrünlandniederungsstandorte europaweit die letzten Habitate für einige seltene Wiesenvögel darstellen. Somit be-

steht für Niederungsstandorte das Potential, effiziente „win-win-win“ Situationen (Milch vom Grünland, Klimaschutz; Vogelschutz) zu realisieren.

Tabelle 1: Ökoeffizienzparameter (Flächenbedarf; THG-Emissionen; Nährstoffausträge je GJ NEL) von Mais und Grünland (Schnittnutzung) in verschiedenen Landschaftsräumen Schleswig-Holsteins

(-- sehr niedrig; - niedrig; 0 mittel; + hoch; ++ sehr hoch; +++ extrem hoch)

Parameter	Hügelland*		Geest**		Marsch***		Niedermoor****	
	Mais	Gras	Mais	Gras	Mais	Gras	Mais	Gras
Flächenverbrauch (m ² /GJ NEL)	-	+	--	++	0	-	0	-
THG-Emissionen (CO ₂ eq/GJ NEL)	0	+	--	0	0	0	+++	+
N-Austräge Sickerwasser (g NO ₃ -N/GJ NEL)	0	--	0	--	++	--	++	-

(Standardisiert Mais: 6,5 MJ NEL/kg TM; Gras: 6,0 MJ NEL/kg TM)

* Daten Biogas-Expert (Senbayram; Svoboda, Wienfort); Schmeer et al., 2010; ; Kage et al., 2011

** Daten Biogas-Expert (Senbayram; Svoboda, Wienfort) Lampe et al., 2006; Wachendorf et al., 2006

*** Daten Biogas-Expert (Techow et al., 2011)

**** Daten „Moor-Klima-Milch (Biegemann, unpubl. Vorläufige Daten z.T. Schätzung)

Auf der Geest dagegen liegt eine völlig andere Situation vor. Dauergrünland auf Grundwasser fernen Standorten ist dort in der Regel „fakultatives Grünland“, das heißt, diese Flächen können ohne wesentliche negative ökologische Effekte auch ackerbaulich genutzt werden. De facto behindert die derzeitige Regelung zur Erhaltung von Dauergrünland das Wachstum der dort lokalisierten Milchviehbetriebe. Da der Flächenbedarf zur Erzeugung einer Energieeinheit Futter vom Dauergrünland der Geest um über 30% höher ist als vom Mais, verursacht dieses Erhaltungsgebot von Dauergrünland einen entsprechend erhöhten indirekten Landnutzungswandel an anderer Stelle weltweit, der die Grünlandnutzung auf der Geest zusätzlich mit „virtuellen Emissionen“ belastet, ein so genannter „leakage-Effekt“. In dieser Situation gilt es also, im Sinne der Ökoeffizienz für diesen Landschaftsraum einen Grünlandumbruch zuzulassen und gleichzeitig Anreize (bzw. verbindliche Regeln) zu schaffen, Mais im Rahmen von Fruchtfolgen und unter Einhaltung von optimierten Standards zur Düngung flächen- und klimaeffizient zu nutzen, ohne weitere Ökosystemleistungen (Wasserschutz) negativ zu beeinflussen. Entsprechende valide Nutzungskonzepte sind von den angewandten Agrarwissenschaften entwickelt, es mangelt lediglich an der Umsetzung.

Ein zweites Beispiel soll zeigen, wie notwendig auch eine Förderung des ökologischen Landbaus nach Kriterien der Ökoeffizienz ist. Der ökologische Landbau wird in Deutschland im Rahmen der Zweiten Säule der Agrarpolitik auf Bundeslandebene sehr unterschiedlich, aber jeweils flächendeckend („Gießkannenprinzip“) gefördert. Auch im ökologischen Landbau sind in Abhängigkeit von der Bodengüte ähnliche Spezialisierungstendenzen zu beobachten, wie sie im konventionellen Bereich dokumentiert sind (Spezialisierung Marktfruchtbau im östlichen Hügelland; Spezialisierung Milchvieh-Futterbau auf der Geest). Parallel zum N-Projekt Karkendamm, mit Intensitäten, die dem ökologischen Landbau entsprechen, analysierten wir auch die Umstellungseffekte im Marktfruchtbau des östlichen Hügellandes auf Basis der Daten vom Versuchsgut Lindhof (Taube et al., 2006). Aus diesen Daten können wir wiederum vergleichend die Umstellungseffekte auf Ökoeffizienzparameter abbilden. Tabelle 2 zeigt diese Effekte einmal je GJ NEL im Futterbau (Geest) und je Getreideeinheit (GE) im Marktfruchtbau (östliches Hügelland). Das Ergebnis ist eindeutig: Während Transferzahlungen an die Landwirtschaft zwecks Umstellung auf Intensitäten des Ökologischen Landbaus im Milchvieh-Futterbaubetrieb auf nicht weizenfähigen Standorten der Geest sowohl ökonomisch darstellbar (Hagemann et al., 2010) als auch ökoeffizient sind (geringfügig erhöhter Flächenbedarf, reduzierter Energieaufwand als Indikator für THG-Emissionen, reduzierte Nährstoffausträge je GJ NEL), ist dies im Marktfruchtbau des östlichen Hügellandes nicht der Fall.

Tabelle 2: Vergleich von Ökoeffizienzparametern (Flächenverbrauch; Nitrat-N-Austräge; Primärenergieverbrauch) zwischen konventionellem (Kon) und ökologischem Landbau (Öko) in Abhängigkeit von Landschaftsraum und Spezialisierung (Futterbau-Geest: Funktionelle Einheit GJ NEL; Marktfruchtbau-Hügelland: Funktionelle Einheit GE)

Ökoeffizienzparameter: Je GJ NEL (Geest) Je GE (Hügelland)	Flächenverbrauch m ²	Nitrat-N-Austräge g	Energieverbrauch GJ
Kon Futterbau Geest	133	293	0,21
Öko Futterbau Geest	161	262	0,14
Kon Marktfrucht Hügelland	90	200	0,13
Öko Marktfrucht Hügelland	330	575	0,17

Details zu Fruchtfolgen und N-Düngungsintensitäten siehe Taube et al., 2006

Auf den Hohertragsstandorten des Hügellandes ist der ökologische Landbau konventionellen Anbausystemen in allen untersuchten Ökoeffizienzparametern unterlegen, mithin eine staatliche Förderung in Frage zu stellen. Diese auf Basis der abiotischen Ressourceneffizienzparameter abgeleiteten Schlussfolgerungen sind eindeutig. Dagegen ist die Situation hinsichtlich der biotischen Parameter weniger klar, da die Biodiversitätsfunktion auch in ökologischen Anbausystemen sehr unterschiedlich erfüllt wird (vgl. Neumann et al., 2007; Neumann et al., 2008 a,b,c). Eine großflächige Umstellung zum Ökolandbau würde bei dieser Konstellation aufgrund des hohen Flächenverbrauchs je Getreideeinheit wiederum zu indirekten Landnutzungswandeleffekten (ILUC) führen. Dieser „virtuelle“ zusätzliche Flächenverbrauch in anderen Teilen der Welt würde damit den Ökolandbau vor Ort mit zusätzlichen „virtuellen“ Emissionen belasten („leackage-Effekt“). Vor diesem Hintergrund sind die derzeit geführten Diskussionen (EU-Agrarpolitik nach 2013) zur flächendeckenden obligatorischen Einrichtung von „ökologischen Vorrangflächen“ im Umfang von 7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche insbesondere auf Hohertragsstandorten zumindest zu hinterfragen.

5. Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass die im Rahmen von Cross Compliance formulierten Regeln der „guten fachlichen Praxis“ im Pflanzenbau bisher nicht dazu geführt haben, die Ziele der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen. Es wird empfohlen, zur Erreichung dieser Ziele neben einer Anpassung der Düngeverordnung ein zusätzliches Landschaftsraum bezogenes Politikinstrument zu entwickeln, welches auf Basis von Ökoeffizienzparametern die Ökosystemleistung(en) der Landnutzung dort honoriert, wo sie am effizientesten erreicht werden können. Dies setzt darüber hinaus eine Überprüfung der Kohärenz der Agrarpolitikmaßnahmen voraus, denn derzeit werden insbesondere die Agrarumweltmaßnahmen (AUM) der 2. Säule der EU-Agrarpolitik durch die hohen Transferleistungen im Rahmen des EEG in ihrer Akzeptanz und Wirksamkeit konterkariert.

6. Literatur

BMELV, Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen (2009): Minderung der Stickstoff-Überschüsse in der Landwirtschaft durch Verbesserung der Stickstoffeffizienz der Düngung <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Duengungsfragen/Stickstoff.html>

BMELV, Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen (2011): Nachhaltiger Umgang mit der begrenzten Ressource Phosphor durch Recycling und Erhöhung der Phosphoreffizienz der Düngung

<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Duengungsfragen/Phosphor.html>

FAßBENDER, H., H.-J. HÖTZEL und J. LUKANOW: Landpachtrecht – Kommentar. A-schendorff Verlag, 3. Auflage 2005

Hagemann, M., Francksen, T. und F. Taube (2010): Bewertung von Futterbausystemen auf Geeststandorten aus ökologischer und ökonomischer Sicht – Bestimmung eines Öko-Effizienzmaßes - Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. 88 (3). 387-405

Kage, H., Herrmann, A., Dittert, K., Pacholski, A., Sieling, K., Wienforth, B. und F. Taube (2011): Ressourceneffiziente und umweltgerechte Produktion von Substraten für Biogasanlagen: Ergebnisse aus dem Biogas-Expert-Projekt. Vortrag anlässlich 61. Öffentliche Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel, 3. Februar 2011, Kiel. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät 117, 55-61

Kleen, J., Taube, F. and M. Gierus (2011): Agronomic performance and nutritive value of forage legumes in binary mixtures with perennial ryegrass under different defoliation systems. Journal of Agricultural Science 149, 73-84.

Lampe, C., Dittert, K., Sattelmacher, B., Wachendorf, M., Loges, R., and Taube, F. (2006). Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of ¹⁵N-labelled mineral fertilizer and slurry. Soil Biology & Biochemistry 38, 2602-2613

Neumann, H., Loges, R., Taube, F. 2007: Fördert der ökologische Landbau die Vielfalt und Häufigkeit von Brutvögeln auf Ackerflächen? Untersuchungsergebnisse aus der Hecken-Landschaft Schleswig-Holsteins. Berichte über Landwirtschaft 85, 272-299.

Neumann, H., Loges, R., Roweck, H und Taube, F. (2008): Naturschutz und ökologischer Landbau - Rahmenbedingungen, Stand der Forschung und Konzeption des Projektes "Hof Ritzerau". Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement 35. Die Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau auf Hof Ritzerau - Ergebnisse aus der Zeit vor und kurz nach der Umstellung - .7-19. (ISSN 0430-1285)

Neumann, H., Huckauf, A. und Gröning, H. D. (2008): Projekt "Saumbiotopie und Vernetzungstreifen in Ackerlandschaften" -- Erste Ergebnisse zur Bedeutung für den Artenschutz. In: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.): Jagd und Artenschutz. Jahresbericht 2008, 25-30.

Neumann, H., Loges, R. and Taube, F. (2008): Comparative analysis of conventional and organic farming systems: Diversity and abundance of farmland birds. Cultivating the Future based on Science, Volume 2: Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture, 644-647

Schmeer, M., Loges, R., Dittert, K. und F. Taube (2011): Klimagasemission im Futterbau: Vergleich von legumiosenbasierten und intensiv stickstoffgedüngten Grünlandbeständen.

Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 16.-18. März 2011. Bd. 1: Boden-Pflanze-Umwelt, Lebensmittel und Produktqualität, 135-138

Svoboda, N., Wienforth, B., Sieling, K., Kage, H., Taube, F. and A. Herrmann (2010): Biogas-Expert: Sustainable biomethane production in northern Germany – Nitrogen leaching after application of biogas residue. Proceedings of the 23rd General Meeting of the European Grassland Federation, 2010, Kiel, Germany. Grassland Science in Europe, Vol. 15: Grassland in a changing world. 298-300

Taube, F., Kelm, M., Loges, R., and Wachendorf, M. (2006). Ressourceneffizienz als Steuergröße für die Förderung nachhaltiger Produktionssysteme: Gibt es Vorrang-/Eignungsflächen für den ökologischen Landbau? Berichte über Landwirtschaft 84, 73-105

Taube, F., Herrmann, A. und R. Loges (2011): Grünlandumbruchverbot: Für Schleswig-Holstein gerechtfertigt? Vortrag anlässlich der 61. Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel, 3. Februar 2011. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät 117, 47-53.

Taube, F., Herrmann, A., Gierus, M., Loges, R. und P. Schönbach (2011): Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung. 55. Jahrestagung der AGGF, 2011, Oldenburg. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Bd. 12, 13-29

Techow, A., Dittert, K., Senbayram, M., Quakernack, Pacholski, A., Kage, H., Taube, F. und A. Herrmann (2010): N₂O-Emission aus Biogasproduktionssystemen auf einem Marschstandort Norddeutschlands. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 53. Jahrestagung vom 28. bis 30. September 2010.

Wachendorf, M., Büchter, M., Volkers, K., Bobe, J., Loges, R., Rave, G., and Taube, F. (2006). Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage. Grass and Forage Science 61[3], 243-252.

Die „gute fachliche Praxis“ aus der Perspektive des BMELV

Clemens Neumann

Abteilungsleiter für Biobasierte Wirtschaft,
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz, Berlin

Sehr geehrte Frau Dekanin, sehr geehrte Damen und Herren!

1. Einleitung

Die Einladung zu Ihrer Hochschultagung habe ich sehr gerne angenommen. Ihr Leitthema, die gute fachliche Praxis, ist ein zentrales Thema der landwirtschaftlichen Erzeugung und damit ein besonderes Anliegen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Sie haben Ihre Tagung unter die Überschrift „Gute fachliche Praxis auf dem Prüfstand“ gestellt. In der Tat ist es angezeigt, die Regelungen der guten fachlichen Praxis fortlaufend zu überprüfen und, wenn notwendig, an veränderte Bedingungen anzupassen. Ich möchte Ihnen die Sichtweise des BMELV zu diesem wichtigen Thema schildern.

2. Pflanzenbau

Meine Damen und Herren,

die pflanzliche Erzeugung steht am Beginn der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Die gute fachliche Praxis dient insbesondere der Gesunderhaltung und Qualitätssicherung von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen. Mit den Regeln der guten fachlichen Praxis wird die Nachhaltigkeit der Erzeugung sicher gestellt.

Die gute fachliche Praxis der pflanzlichen Produktion ist geprägt von technischen, organisatorischen und biologisch-technischen Fortschritten. Diese tragen zu einer zeitgemäßen Bewirtschaftung der Flächen durch die Landwirte bei.

Durch eine qualifizierte Ausbildung und regelmäßige Fortbildung erwerben Landwirte das erforderliche Fachwissen, welches eine standortgerechte Nutzung der Flächen unter sich wandelnden pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ermöglicht.

Pflanzliche Erzeugung in Deutschland ist vielfältig: vom Acker- und Pflanzenbau über den Garten- und Obstbau bis hin zum Anbau von Wein oder Hopfen. In allen Bereichen ist eine wettbewerbsfähige Landwirtschaft auf hohe und sichere Erträge angewiesen. Leistungsfähige und gesunde Pflanzensorten, Pflanzenschutz, erfolgreiche Pflanzenzüchtung und der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sind hier entscheidende Faktoren.

Damit Pflanzen optimal wachsen, benötigen sie Nährstoffe in einem "ausgewogenen" Verhältnis. Eine Düngung nach guter fachlicher Praxis versorgt Pflanzen mit notwendigen Pflanzennährstoffen und fördert die Bodenfruchtbarkeit. Sie dient dem Ziel, die Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigen, preiswerten Erzeugnissen zu sichern. Ein detaillierter rechtlicher Rahmen sorgt dafür, dass die Gesundheit von Menschen und Tieren und der Naturhaushalt nicht gefährdet werden.

Das Düngegesetz regelt die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Anwendung von Düngemitteln. Zweck des Gesetzes ist es,

- die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen,
- die Fruchtbarkeit des Bodens, insbesondere den standort- und nutzungstypischen Humusgehalt, zu erhalten oder nachhaltig zu verbessern sowie
- Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie für den Naturhaushalt vorzubeugen oder abzuwenden.

Düngemittel müssen durch europäisches oder nationales Düngerecht zugelassen sein und dürfen nur nach guter fachlicher Praxis angewandt werden. Dazu gehört, dass Art, Menge und Zeitpunkt der Anwendung von Düngemitteln am Bedarf der Pflanzen und des Bodens ausgerichtet werden.

Die Düngeverordnung präzisiert die konkreten Anforderungen an die gute fachliche Praxis der Düngung und regelt, wie mit der Düngung verbundene Risiken zu verringern sind. So ist der Düngebedarf der Kulturpflanzen vor der Aufbringung mit vorgegebenen Verfahren zu ermitteln. Die Düngebedarfsermittlung muss so erfolgen, dass ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung gewährleistet ist. Dazu sind insbesondere die Nährstoffvorräte des Bodens und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen zu berücksichtigen. Der Nährstoffbedarf einer Kultur wird einerseits durch die zu erwartende Erntemenge bestimmt; andererseits wird er beeinflusst durch die

Qualitätsansprüche bei der Vermarktung. Düngezeitpunkt und Düngermenge sind so zu wählen, dass den Pflanzen die erforderlichen Nährstoffe zeit- und bedarfsgerecht zur Verfügung stehen.

Durch das Verbot der Düngung tief gefrorener Böden, Vorgaben zu Gewässerabständen, insbesondere bei stark geneigtem Gelände sollen Nährstoffeinträge in Gewässer vermieden werden. Da Nährstoffverluste bei der Düngung nicht gänzlich vermieden werden können, gibt die Verordnung außerdem vor, bis zu welcher Höhe Überschüsse als gute fachliche Praxis anzusehen sind.

Wie ich eingangs ausführte, bedürfen die Regeln der guten fachlichen Praxis der regelmäßigen Überprüfung und Anpassung an geänderte Bedingungen und Anforderungen. Daher hat das BMELV im Frühjahr 2011 eine Expertengruppe beauftragt, die Wirksamkeit der Regeln der geltenden Düngeverordnung zu überprüfen. Der Auftrag umfasst die Prüfung der Wirksamkeit sämtlicher geltenden Regelungen. Der Abschluss dieser Evaluierung ist für das Frühjahr 2012 vorgesehen. Auf dieser Grundlage wird geprüft, ob und ggf. welche Änderungen der Düngeverordnung notwendig sind.

Die landwirtschaftliche Nutzung greift durch Fruchtfolgegestaltung, Lieferung organischer Stoffe, Nährstoff- und Wasserzufuhr, Pflanzenschutzmittelanwendung und Bodenbearbeitung in das komplexe Wirkungsgefüge „Boden-Wasser-Pflanze-Klima“ ein: Unsere Landwirte nutzen hoch spezialisierte Maschinen, Geräte und Transportfahrzeuge und stimmen bei deren Einsatz Rationalisierungseffekte und Bodenschutzaspekte aufeinander ab. Der Boden stellt für sie den wichtigsten Produktionsfaktor dar. Somit liegt es in ihrem ureigenen Interesse, bodenschonende Bewirtschaftungsmethoden anzuwenden, um die Produktions-, Regelungs- und Lebensraumfunktionen dieser wertvollen Produktionsgrundlage intakt zu halten und aufzuwerten. Das Hauptaugenmerk wird bei der guten fachlichen Praxis auf den Bereich Vorsorge gelegt:

- die Bodenfruchtbarkeit ist zu erhalten,
- Bodenerosion und Bodenverdichtungen sind zu vermeiden,
- Humusversorgung und biologische Aktivität sind zu fördern.

Zum Schutz des Bodens gibt es in Deutschland umfangreiche rechtliche Regelungen. Die Bundesregierung verabschiedete 1985 erstmals eine Bodenschutzkonzeption und etablierte damit den Bodenschutz als wichtigen Teil der Umweltpolitik. Schon 1997 hat die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ als übergeordnetes Umweltziel „die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Funktionen von Böden als endliche Ressource“ formuliert. 1998 verabschiedete der Bundestag das Bundes-Bodenschutzgesetz. Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Art und Umfang der Vorsorge zum Schutz der Böden beschreibt § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes. § 17 des Bundes-Bodenschutzgesetzes enthält Grundsätze der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft. Die Einhaltung dieser Grundsätze dient der nachhaltigen Sicherung der Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit der Böden als natürliche Ressource. Das Bundeslandwirtschaftsministerium hat im Jahr 1999 Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung veröffentlicht. Im Jahr 2001 wurden Empfehlungen für Beratung und Praxis im Bund-Länder-Papier „Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion“ zusammengeführt. Nach zehn Jahren ist es nun an der Zeit, dieses Papier, das in der Vergangenheit rege nachgefragt wurde, an die neuesten Erkenntnisse anzupassen. Eine Expertengruppe unter Federführung des BMELV und des von-Thünen-Instituts befasst sich derzeit mit der Aktualisierung des Papiers. Auch die Vorgaben zum Erosionsschutz im Rahmen von **cross compliance** sollen in die geplante Neuauflage einfließen.

Die Konkretisierung der cross compliance-Vorgaben zum Schutz des Bodens vor Erosion erfolgt in Deutschland im **Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz** und in der **Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung**. Landwirte, die Direktzahlungen beziehen, müssen ihre Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand erhalten und der Erosion vorbeugen.

Gemäß den Vorgaben der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung hatte die Einteilung der landwirtschaftlichen Flächen hinsichtlich ihrer Erosionsgefährdung durch die Bundesländer bis zum 30. Juni 2010 zu erfolgen. Die Landwirte haben auf den erosionsgefährdeten Flächen die in der Verordnung vorgesehenen Maßnahmen zu ergreifen. So gelten auf erosionsgefährdeten Flächen beispielsweise bestimmte Einschränkungen hinsichtlich des Pflügens.

3. Pflanzenschutz

Meine Damen und Herren,

kommen wir nun zu den Grundsätzen für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz. Diese sind im Pflanzenschutzgesetz verankert und stellen die Basisstrategie im Pflanzenschutz dar. Diese Grundsätze sind von jedem zu beachten, der Pflanzenschutzmaßnahmen durchführt. Dabei handelt es sich aber nicht um fest vorgeschriebene Handlungsanweisungen, die von einer Reihe von Umwelt, Natur- und Gewässerschutzverbänden und Politikern immer wieder gefordert werden. Solche klar festgelegten Vorgaben sind für den Pflanzenschutz aus rein fachlicher Sicht nicht möglich, da die vielfältigen Situationen in den unterschiedlichen Kulturen, unterschiedlichen Regionen und unterschiedlichen Wetterlagen flexibel nutzbare Handlungsoptionen erfordern. Dabei muss man auch berücksichtigen, dass Anwendungsbestimmungen für Pflanzenschutzmittel, Auflagen zum Bienenschutz, die Sachkunde des Anwenders, das geprüfte Pflanzenschutzgerät und die Dokumentation der Pflanzenschutzmittelanwendungen ohnehin festgeschrieben sind. Alle Verstöße gegen diese Regeln sind bußgeldbewährt.

Das neue Pflanzenschutzgesetz bezieht die EU-weit festgelegten allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes in die gute fachliche Praxis ein. Diese Grundsätze sind von allen Anwendern von Pflanzenschutzmitteln zu beachten und Grundlage jeglichen Handelns im Pflanzenschutz. Deutschland hat dabei das große Glück, dass der integrierte Pflanzenschutz bereits seit 1987 im Pflanzenschutzgesetz verankert war und auch Pate für die Erarbeitung der Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz gestanden hat. Für uns ändert sich daher gar nicht so viel.

Wichtig ist dem BMELV immer gewesen, dass der Landwirt, Forstwirt und Gärtner eine geschlossene Information zur guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz erhält und nicht unterschiedliche Grundregeln. Die Europäische Kommission hat 2006 noch gefordert, dass Pflanzenschutz künftig nach der guten fachlichen Praxis, der guten Umweltpraxis und nach Normen des integrierten Pflanzenschutzes durchzuführen ist. Ein solches System wäre aus fachlicher Sicht weder handhabbar noch sinnvoll. Durch die Verhandlungen in Brüssel und zum nationalen Pflanzenschutzgesetz ist es gelungen, alle Anforderungen in dem bisher gewohnten System zu bündeln und die bekannten Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz weitestgehend beizubeh-

halten. Sie werden jetzt überarbeitet und dem neuen Pflanzenschutzgesetz angepasst. Im Frühjahr 2012 werden die neuen Grundsätze im Bundesanzeiger veröffentlicht. Wir werden auch wieder versuchen, eine Broschüre hierzu herauszugeben.

4. Nutztierhaltung

Der Mensch ist sowohl für die von ihm gehaltenen Tiere als auch für den Schutz der Umwelt verantwortlich. Deswegen sind eine tiergerechte und umweltschonende Tierhaltung für die Produktion von gesunden und qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln weiterhin unverzichtbar.

Neben der Beachtung des verantwortungsvollen (Be-) Handelns von Umwelt- und Tierschutzfragen stehen aber auch ökonomische und soziale Aspekte für den Tierhalter im Vordergrund.

Eine verantwortungsvolle, ordnungsgemäße und artgerechte Haltung in allen Lebensphasen ist eine Grundvoraussetzung für die Erhaltung der Gesundheit unserer Nutztiere. Nur gesunde und dauerhaft leistungsbereite Tiere sichern eine wirtschaftliche Lebensgrundlage für den Landwirt und können gesunde und qualitativ hochwertige Nahrungsmittel erzeugen.

Durch eine qualifizierte Ausbildung erwerben die Landwirte die nötige Fachkenntnis um ihren Beruf ordnungsgemäß auszuführen. Auch wenn die gute fachliche Praxis nicht niedergeschrieben ist, so wird sie dennoch von den Lehranstalten vermittelt und in den Köpfen der angehenden Landwirte verankert. Sie bildet gewissermaßen die Grundlage allen Handelns.

Für große Betriebe, so genannte Intensivtierhaltungen, gibt es unter Einbeziehung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ein Merkblatt über die *gute fachliche Praxis* in Verbindung mit der *besten verfügbaren Technik* (BVT). Dieses gibt einen Handlungsrahmen vor, der es der konventionellen Tierhaltung ermöglicht, durch die Verringerung von Emissionen oder des Energie- und Wasserverbrauchs eine verbesserte Umweltleistung zu erzielen.

Laut BVT-Merkblatt werden zur Umsetzung dieser Ziele folgende Maßnahmen getroffen:

- Ermittlung und Durchführung von Maßnahmen zur allgemeinen und beruflichen Bildung der Beschäftigten in landwirtschaftlichen Betrieben
- Aufzeichnungen über den Wasser- und Energieverbrauch, verbrauchte Futtermengen, Abfallentstehung und Ausbringung von Mineral- und Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Flächen

- Bereithaltung eines Notfallplans für unvorhergesehene Emissionen bzw. Störfälle
- Umsetzung eines Reparatur- und Instandhaltungsprogramms, um sicherzustellen, dass sich die baulichen Anlagen und die technischen Einrichtungen in gutem Zustand befinden und die Anlagen sauber gehalten werden
- sachgerechte Planung der Aktivitäten vor Ort, wie beispielsweise die Anlieferung von Material und Abtransport von Produkten und Abfällen
- sachgerechte Planung der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers.

Die im BMELV neu gegründete Projektgruppe „Nachhaltige Tierhaltung“ soll einen Maßnahmenplan erarbeiten, der den insbesondere auch im Chartaprozess identifizierten, aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der landwirtschaftlichen Tierhaltung Rechnung trägt. Ansätze für solche Maßnahmen sind die Unterstützung der Weiterentwicklung von Produktionsverfahren, die der guten fachlichen Praxis entsprechen.

Dies geschieht durch:

- die Initiierung von Forschungsprojekten und
- die Förderung nachhaltiger Tierhaltung.

Die geförderten Produktionsverfahren sollen den Ansprüchen insbesondere des Tierwohls, der Umwelt- und Klimaauswirkungen sowie der Verminderung der Emission von Treibhausgasen und der öffentlichen Akzeptanz gerecht werden. Dazu gehört auch eine nachhaltige Tierzucht, die genetische Ressourcen – z. B. alte Nutztierassen – in speziellen Erhaltungszuchtprogrammen und Genbanken erhält sowie das Tierwohl in ihren Zuchtzielen berücksichtigt.

Grundlage einer nachhaltigen Tierhaltung ist die Versorgung mit ebenfalls nachhaltig erzeugten Futtermitteln. In diesem Zusammenhang erarbeitet BMELV derzeit eine Eiweißpflanzenstrategie, die dazu beitragen soll, einen höheren Anteil des Proteins in der Futtermittelration aus heimischer Erzeugung zu decken.

5. Technik

Für die Realisierung einer guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft ist es erforderlich, die verfügbaren technischen Lösungen für eine nachhaltig betriebene, umwelt- bzw. bodenschonende Landwirtschaft einzusetzen, um energieeffizient und ressourcenschonend eine in die Zukunft gerichtete Nahrungsmittelerzeugung zu betreiben.

Damit wir die Innovationskraft der deutschen Landwirtschaft aufrecht erhalten und ausbauen können, hat mein Ministerium ein Innovationsförderungsprogramm aufgelegt mit einem jährlichen Etat von 28 Millionen Euro. Damit fördern wir

- Innovationen im Pflanzenschutz
- Innovationen in Tierzucht und Tierschutz
- Innovationen in der Agrartechnik und Elektronik
- Innovationen zur nachhaltigen Wassereffizienz
- Innovationen in der umweltgerechten Landbewirtschaftung

und mehr noch.

Das sind Investitionen in eine starke, nachhaltige und damit zukunftsfeste Landwirtschaft!

Die Innovationsförderung ist das eine. Die Umsetzung des Know-Hows in die fachliche Praxis auf dem Feld und im Stall ist das andere.

Technische Arbeitsprozesse in der Landwirtschaft sind heute immer mehr automatisiert, wie etwa in der pflanzlichen Produktion durch Precision Farming (Präzisions-Landwirtschaft). Die Automatisierung von Arbeitsprozessen in der Pflanzenproduktion wird unterstützt durch die Entwicklung intelligenter Software, um den steigenden Anforderungen an die Dokumentation, Qualitätssicherung, Rückverfolgbarkeit sowie Logistik, Flottenmanagement und Maschinenüberwachung zu erfüllen. Selbstfahrende und durch Satelliten teilflächengenau gesteuerte Arbeitsmaschinen sowohl bei Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte sind heute die Highlights einer modernen Agrarproduktion, um die Ernährung einer stetig wachsenden Weltbevölkerung bei steigendem Energiebedarf, sich zunehmend verschärfendem Klimawandel und den wachsenden Qualitätsansprüchen an die Nahrungsmittel nachhaltig gewährleisten zu können. Die scheinbar gute fachliche Praxis von morgen ist heute schon Realität.

6. Bioenergie

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wurde novelliert und trat kürzlich zum 01.01.2012 in Kraft. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass es unerwünschte Auswirkungen einzelner bisheriger Regelungen im EEG 2009 gegeben hat. In der Öffentlichkeit wurden emotionale Diskussionen insbesondere um den weiteren Ausbau der Biomasseförderung geführt sowie die Ausweitung des Maisanbaus und verengte Fruchtfolgen diskutiert. Es stand daher die Frage im Raum, ob die verstärkte Maisnutzung der Guten fachlichen Praxis entspricht oder diesbezüglich im EEG einschränkende Regelungen notwendig sind. Das BMELV ist nach wie vor der Meinung, dass man das EEG nicht mit Regelungen zur Guten fachlichen Praxis durchmischen sollte. Denn Zweck des EEG ist die Förderung von Strom aus erneuerbaren Quellen.

Um die unerwünschten Nebeneffekte zu reduzieren, hat die Bundesregierung im EEG 2012 eine Begrenzung des Mais- und Getreidekorneinsatzes von 60 % im Gärsubstrat festgeschrieben, um den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen zu begrenzen. Mit der Novellierung wurde die Vergütung insbesondere für die großen Biogasanlagen (> 750 kW) reduziert. Zusätzlich wurden Anreize geschaffen, dass Nebenprodukte, wie Grünschnitt, Blühstreifen, Gülle, etc., verstärkt in Biogasanlagen eingesetzt werden. Insbesondere die bisher ungenutzten Potenziale der Nebenprodukte (besonders Gülle) sind nicht unerheblich, da derzeit in Deutschland nur ca. 15 - 20 % der Gülle zur Energieerzeugung in Biogasanlagen genutzt wird - d. h. im Umkehrschluss, dass das Potenzial bei Gülle bei ca. 80 % liegt. All diese Punkte tragen künftig zur Verringerung der in der Vergangenheit verstärkten Maisnutzung bei.

7. Stoffliche Biomassenutzung

Bereits heute stellen Nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie einen erheblichen Teil der eingesetzten organischen Rohstoffe, die überwiegend aus Importen stammen. Weiteres Wachstum erwarten wir zudem über den Ausbau von Bioraffinerien. Für die heimische landwirtschaftliche Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen gelten die gleichen Regeln der guten fachlichen Praxis wie für den Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen. Bei Einhaltung dieser Regeln können wir unabhängig von der Verwertung davon ausgehen, dass die Anforderungen des Umweltschutzes berücksichtigt werden. Für die Erzeugung von Rohstoffen in Drittländern ist dies teilweise aber nicht gesichert.

Wir fördern daher derzeit ein Projekt, in dessen Rahmen wir gemeinsam mit Wirtschaftsbeteiligten und Verbänden belastbare und handhabbare Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Biomassenutzung definieren und einführen wollen. Mit der Einhaltung dieser Kriterien und dem entsprechenden Nachweis soll die nachhaltige Rohstoffherzeugung dann belegt werden. Das Interesse der Industrie ist nicht zuletzt angesichts eines sich wandelnden Nachfrageverhaltens - mit zunehmender Betonung von Umwelt- und Klimaschutzaspekten - deutlich vorhanden. Ich bin daher zuversichtlich, dass wir auch hier zu einem vorzeigbaren Erfolg kommen werden.

8. Schlussbetrachtung

Meine Damen und Herren,

die gute fachliche Praxis ist der „Dreh- und Angelpunkt“ in der landwirtschaftlichen Produktion. Die stete Fortentwicklung und die Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen sind Voraussetzung, damit die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung bei gleichzeitiger Berücksichtigung von betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten sicher gestellt wird.

Meine Absicht war es, Ihnen einen Überblick über das breite Spektrum der Fragestellungen zu geben und die Bedeutung dieses wichtigen Themas für das BMELV zu beleuchten. Die Fortschreibung und Verbesserung der Regeln der guten fachlichen Praxis ist eine dauerhafte Aufgabe und wird es auch in Zukunft bleiben. Ihre Tagung ist ein Beitrag zu den hierfür notwendigen wissenschaftlich fundierten Diskussionen. In diesem Sinne wünsche ich der Tagung einen guten Verlauf, interessante Vorträge, anregende Diskussionen und bedanke mich für die Aufmerksamkeit.

Landwirtschaftliche Bodennutzung und nachhaltige Bodenqualität – reichen die Parameter der guten fachlichen Praxis des Bundesbodenschutzgesetzes?

Rainer Horn und Heiner Fleige

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

Einleitung

Böden als Drei-Phasen-System erfüllen außer der Lebensraum- auch eine Archivfunktion und sind Bestandteil des Naturhaushaltes ebenso wie sie als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für die Nahrungsmittelproduktion, als Filter und Puffer für sauberes Grund- und Trinkwasser sowie als Rohstofflieferant dienen.

Böden sind gleichzeitig als nicht vermehrbare Ressource vorrangig zu schützen wobei die generelle Nutzung sich an den entsprechenden Bodeneigenschaften orientieren sollte. Doch obwohl diese Empfehlung bereits in der Charta des Europarates 1972 niedergelegt und in dem Bundesbodenschutzgesetz (BBdSchGes) 1998 präzisiert worden ist, nimmt der Anteil der durch nicht standortangepasste Landnutzung hervorgerufenen irreversiblen Boden-degradation weiter zu und hat bereits zu einem Verlust von mehr als 2 Mrd. ha landwirtschaftliche Nutzfläche geführt. In der Bundesrepublik Deutschland definiert das Bundesbodenschutzgesetz und entsprechende Verordnung die kritischen Einflussfaktoren und die entsprechenden Grund-, Vorsorge- und Maßnahmenwerte, die für eine sachgemäße Bodennutzung einzuhalten sind. Für den Bereich der Altlasten ist dies auch mit entsprechenden Werten unterlegt, wohingegen das Gesetz im Bereich des physikalischen Bodenschutzes vorrangig Empfehlungscharakter besitzt.

In § 17 Abs. 2 des Gesetzes wird dabei die gute fachliche Praxis definiert, die zu berücksichtigen vorrangiges Ziel der Bewirtschaftung sein sollte.

Selbst wenn die Rechtsverbindlichkeit dieser Ausführungen nicht gegeben ist, so wird zumindest deutlich welche Kenngrößen bevorzugt berücksichtigt werden sollten:

1. Bodenbearbeitung sollte nur unter Berücksichtigung der Witterung standortangepasst durchgeführt werden.
2. Bodenverdichtungen sind insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchte und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendruck soweit wie möglich zu vermeiden.

3. Bodenabträge sollen durch eine angepasste Nutzung (Hangneigung, Wasser- und Windverhältnisse sowie Bodenbedeckung) vermieden werden.
4. Die biologische Aktivität des Bodens ist zu fördern, standortspezifische Humusgehalte zu verbessern und Bodenbearbeitung zu reduzieren.

Vor dem Hintergrund der bereits heute ca. 1 Mrd. hungernder Menschen und weiterer 2 Mrd. Menschen mit Mangel- und Fehlernährung muss die Frage beantwortet werden, welche Maßnahmen gegen eine nicht standortangepasste Nutzung der nicht vermehrbaren Ressource Boden getroffen werden müssen bzw. wie die standortangepasste Bewirtschaftung aussehen muss, damit die chemische, physikalische und biologische Belastbarkeit der Böden nicht überschritten und folglich der Boden dann irreversibel degradiert wird. Diese Frage stellt sich umso drängender wenn man berücksichtigt, dass alleine der Nahrungsbedarf bzw. die erforderliche Nahrungsmittelproduktion bis zum Jahre 2030 um ca. 40% und bis zum Jahre 2050 um insgesamt 70% gesteigert werden muss, um die wachsende Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln zu versorgen. Wenn außerdem für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigt wird, dass alleine täglich ca. 100 ha fruchtbaren Bodens irreversibel verloren gehen, und voraussichtlich das Ziel von nur noch 30 ha/Tag bis zum Jahre 2020 nicht erreicht wird, weiterhin der Flächenbedarf für Biogasgewinnung (Schlagwort: Vermaischung der Landschaft) stetig wächst, dann gewinnt der Themenbereich: Bodennutzung und Bodenschutz sowie auch angepasste Flächennutzungsintensivierung eine neue Bedeutung.

Die in § 17 Abs. 2 definierten Empfehlungen dienen auch als Grundlage für die in dem Cross Compliance definierten Zusammenhänge, selbst wenn diese Vorgaben nur für Empfänger von Direktzahlungen gelten.

Da jedoch auch diese Regelungen ausschließlich empfehlenden Charakter haben bzw. in der Verordnung jegliche detaillierte Informationen über günstige oder wenige optimale Eigenschaften fehlen, ist auch unter diesen Gesichtspunkten ein Bodenschutz bei gleichzeitiger optimierter Bodennutzung nicht rechtlich umsetzbar.

Ausgewählte Bodendegradationsprozesse in Schleswig-Holstein

Im Folgenden sollen anhand einiger Beispiele aus Schleswig Holstein entsprechende Gefahrenpotentiale und mögliche Beurteilungsgrundlagen vorgestellt werden.

Typische Gefährdungen der Bodenfunktionen in den verschiedenen Bodenlandschaften lassen sich folgendermaßen unterteilen:

In der Jungmoränenlandschaft (Ostholstein) ebenso wie in der Marschenlandschaft sind die Böden besonders durch Bodendeformation sowie durch Wassererosion gefährdet und können bei unsachgemäßer Landnutzung nachhaltig degradiert werden. Im Bereich der Geestlandschaft sind vor allem der Verlust an organischer Substanz, die Effekte der Wind- und Wassererosion zu berücksichtigen.

1. Bodenerosion

In Tabelle 1 ist die Einordnung der Handlungsempfehlungen im Bodenschutz zur Vermeidung von schädlicher Bodenerosion, unterteilt in die Erosionsgefährdung in 7 Stufen (Enat 0 – Enat 6) zusammengestellt (mit freundlicher Genehmigung von Dr. U. Schleuß 2011). Nur die beiden letzten Stufen ziehen Maßnahmen im Sinne von Cross Compliance nach sich. Derartige Strafmaßnahmen“ werden demnach nur bei Bodenabträgen von $>15\text{t/ha a}$ fällig. Vergleicht man diese Werte jedoch mit den mittleren jährlichen Neubildungsraten von weniger als $100\text{ kg/ha und Jahr}$, so wird deutlich, dass die momentanen rechtlichen Rahmenbedingungen nicht ausreichen, um auch nur ansatzweise einen vorsorgenden Bodenschutz zu erreichen. Die momentan definierten Grenzwerte sind in diesem Zusammenhang unwirksam bzw. nicht Bodenschutzrelevant.

2. Schädliche Bodenverdichtung

Im BBdSchGes wird definiert, dass zwecks Vermeidung von Bodenverdichtung insbesondere die Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und die eingesetzten Geräten als Vorsorgewert standortangepasst berücksichtigt werden sollen.

Anhand einer Vielzahl von Untersuchungen nicht nur in S.-H. sondern darüber hinaus in Europa haben sich das Konzept der Vorbelastung und damit verbunden als Prüf- und Maßnahmenwert die aktuellen Bodenfunktionen definierend die Kenngrößen: Luftkapazität, Luftleitfähigkeit, Wasserleitfähigkeit bewährt.

Der prinzipielle Aufbau des Konzeptes ist in Tab. 2 zusammengefasst.

Außerdem lässt sich basierend auf dem Bundesbodenschutzgesetz neben dem Vorsorge-/Testwert auch der Aktionswert ableiten, bei dessen Überschreitung eine Regulierung auch hinsichtlich der weiteren Landnutzung einschließlich der Verordnung einer Bodenmelioration und Änderung der Bodennutzung definiert werden können.

Anhand der Böden auf dem Versuchsgut Lindhof der Fakultät können die Auswirkungen einer nicht standortangepassten mechanischen Belastung auf die Änderung der Eigenfestigkeit und der Folgen für die Bodenfunktionen: Luftkapazität bzw. Luftleitfähigkeit auf Hochkartenniveau dokumentiert werden. Hierbei werden nur die unterhalb der Pflugtiefe ($>30\text{ cm}$) vorliegenden Bodeneigenschaften bewertet, da davon ausgegangen werden darf, dass der Ap-Horizont wieder aufgelockert werden kann. Die Überprüfung dieser Einordnung geschieht

auf der Basis von Freiland- und Laboruntersuchungen und darauf aufbauenden Ableitungen: im Frühjahr ist eine Festigkeit von weniger als 60 kPa zu erwarten, während im Sommer bei einer stärkeren Austrocknung häufig auch Werte von >60 kPa in dieser Tiefe (>40 cm) wahrscheinlich sind. Als weiteres Beispiel für verdichtungsempfindlichere Böden dienen die Marschböden auf Eiderstedt, die in Bodentiefen >30 cm mit Ausnahmen der Strandwälle sehr geringe <30 kPa bis geringe <60 kPa Eigenfestigkeitswerte aufweisen, wohingegen im Sommer auch nur maximale Werte von 60 bis 90 kPa in dieser Tiefe zu erwarten sind.

Die Folgen der Bodenbelastung für die irreversible Veränderung von Bodenfunktionen kann anhand der Kenngrößen: Wasserleitfähigkeit und Lagerungsdichte abgeleitet werden. Hierbei gilt ein Wert von 5 Vol.% bei der Luftkapazität als unterer (=minimaler) und damit kritischer Grenzwert unterhalb dessen mit einer für das Pflanzenwachstum nicht mehr ausreichenden Belüftung, dafür aber verstärkten Staunäseeffekten gerechnet werden muss. Bei Werten von weniger als 10 cm/Tag für die gesättigte Wasserleitfähigkeit muss einer Vernässung und stauenden Wasserverhältnissen sowie nicht ausreichenden Porenkontinuitäten in den außerdem engeren Porenquerschnitten gerechnet werden. Im Hinblick auf die Bewertung müssen beiden Kennwerte unterschritten sein wenn von einer nachhaltigen Bodendegradation gesprochen werden soll.

Für das Beispiel einer Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebemergel zeigt sich, dass unter definierten Belastungsverhältnissen (10 Überfahrten mit 6,3 Mg bzw. 10*7,5 Mg Radlast) bereits danach 30% der Messwerte in dem Unterboden unterhalb dieser kritischen Grenzwerte liegen und damit von einer irreversiblen Unterbodenverdichtung/ Bodendegradation ausgegangen werden muss (Abb. 1). Berücksichtigt man, dass im Jahresverlauf derartige Belastungssituationen häufig gegeben sind, so wird leicht verständlich, dass mit Unterboden-degradationen tatsächlich nicht mehr nur im Vorgewende sondern auch im inneren Bereich der Ackerfläche gerechnet werden kann, wenn nicht standortangepasste Maschinen bei der Feldarbeit eingesetzt werden.

Dies zu verhindern und gleichzeitig den aktuellen Bodenzustand zu erhalten ermöglicht die vorgestellte Methode (Horn und Fleige 2009).

3. Analyse der Humusbilanzen auch aufgrund von Bodenbelastungen

Im § 17 Abs. 2 ist definiert, dass die standorttypischen Humusgehalte generell zu verbessern sind. Weltweit ist mit einer jährlichen Kohlenstoffemission von 6,3 Mrd. Tonnen zu rechnen, was einer pro Kopf-Emission von ca. 1 t Kohlenstoff pro Jahr entspricht. Bezogen auf die CO₂-Emissionen pro Kopf der Bevölkerung in Deutschland werden 10,5 t/Jahr an die Atmosphäre abgegeben. Berücksichtigt man des Weiteren, dass alleine durch einen Bodenumbruch (Grünland/Ackerland) mit Kohlenstoffverlusten von >1% gerechnet werden muss, so

entspricht dies bei den typischen Lagerungsdichteverhältnissen einem Verlust von $40 \text{ t C/ha} = 78 \text{ t Humus/ha}$. Folglich ist die momentane C-Bilanz unter den aktuellen Bewirtschaftungsbedingungen eher negativ. Dahingegen werden unter konservierenden Bearbeitungsbedingungen pro Jahr ca. $0,5 - 1 \text{ t Kohlenstoff pro ha}$ zusätzlich im Boden gespeichert. Folglich ist der Erhalt und die Förderung der Bodenstruktur eine wesentliche Grundlage für die Optimierung der Bodenfunktionen (günstige Wasser-, Luft- und Nährstoffverhältnisse) und dient gleichzeitig der Entlastung der Atmosphäre.

Allerdings gilt auch in diesem Fall wiederum die bekannte Tatsache, dass eine über die Eigenfestigkeit des Bodens bzw. der Bodenstruktur hinausgehende Belastung die mehr Kohlenstoff speichernden Aggregate auch wieder zerstört und somit der gespeicherte Kohlenstoff dann schlagartig freigesetzt wird.

Schlussfolgerung

- 1) Anhand der Prozesse: Bodenerosion, Bodenverdichtung und Kohlenstoffspeicherung/-freisetzung kann gezeigt werden, dass nur eine standortspezifische Bodennutzung/Landbewirtschaftung tatsächlich zu einem Erhalt bzw. Verbesserung der Bodenfunktionen und damit einhergehend erhöhter Ertragssicherung führt.
- 2) Eine Quantifizierung der Belastungsgrenzen und der hiermit einhergehenden Änderungen der Bodenfunktionen ist möglich, wird allerdings in der momentanen Fassung des Bundesbodenschutzgesetzes nicht eindeutig definiert. Folglich müssen die momentan sehr allgemein formulierten Grenzwerte präzisiert werden.
- 3) Sowohl die Methoden als auch die Technologien sind vorhanden und auch regional angepasste Daten liegen vor, um daraus eine umfassende Beratung und darauf aufbauend auch eine weitere Präzisierung der Aussage des Bundesbodenschutzgesetzes zu erarbeiten.
- 4) Gleichzeitig sind nachhaltige Bewirtschaftungsverfahren und Ausweisung von Vorrangflächen für die Pflanzennutzung (Grünland etc.) möglich.
- 5) Allerdings müssen ordnungspolitisch nationale Regelungen, Gesetze, die Bodenschutzanforderungen in andere Regelungsbereiche integriert und eine EU-Bodenrahmenrichtlinie verabschiedet werden. Darüber hinaus muss die Öffentlichkeitsarbeit verbessert, das Problembewusstsein geschärft, sowie die Informationsgrundlagen insgesamt verbessert werden.

Tab. 1: Einordnung der Erosionsgefährdung und Maßnahmenstufen nach Cross Compliance (aus Schleuß 2011)

Stufe nach DIN 19708	Bezeichnung der Erosionsgefährdung	Bodenabtrag in t/(ha*a)	Stufe nach Cross Compliance	Maßnahmenstufe nach Cross Compliance
Enat0	keine bis sehr gering	< 0,5	CC 0	
Enat1	sehr gering	0,5 bis < 2,5	CC 0	keine Maßnahmen
Enat2	gering	2,5 bis < 5,0	CC 0	
Enat3	mittel	5,0 bis < 7,5	CC 0	
Enat4	hoch	7,5 bis < 15,0	CC 0	
Enat5	sehr hoch	≥ 15,0 (bis 27,5)	CCWasser1	Maßnahmen
-----	-----	≥ 27,5	CCWasser2	Maßnahmen

Tab. 2: Vorsorgewert: Vorbelastungskonzept zur Abschätzung der Verdichtungsgefahr im Unterboden (DVWK 1995 weiterentwickelt)

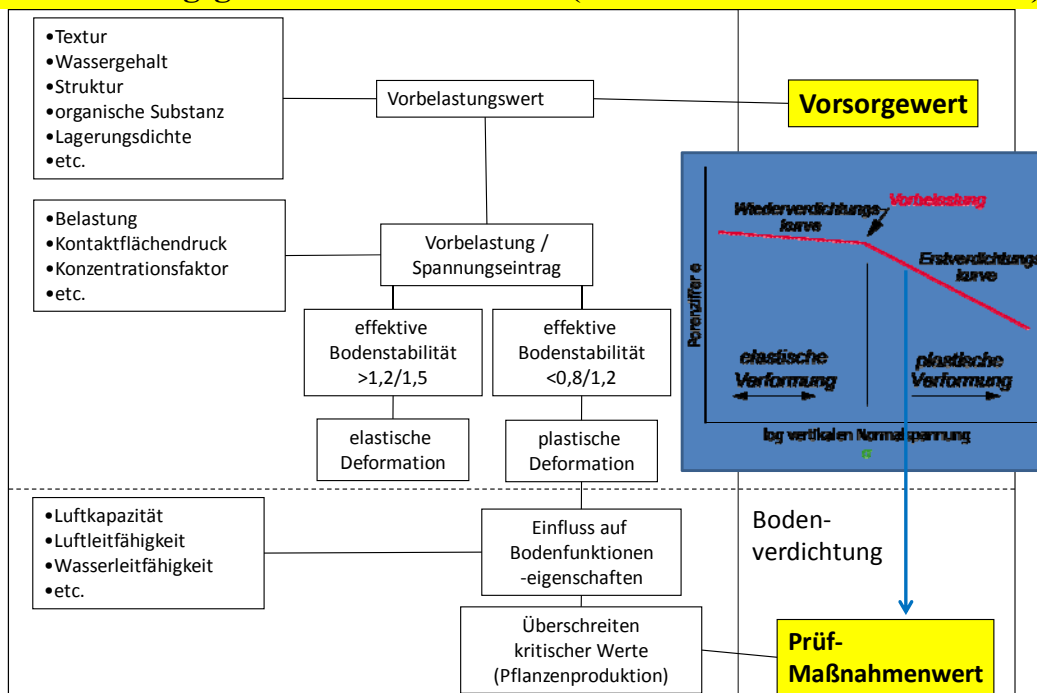
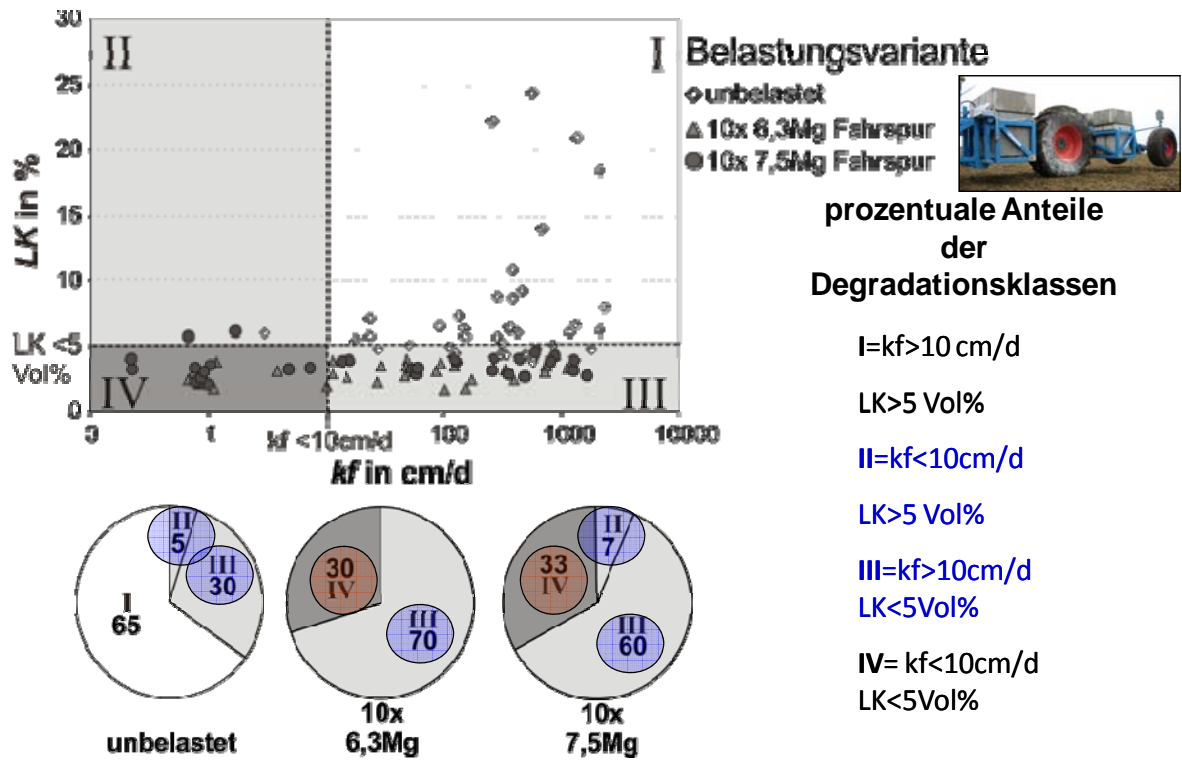


Abb. 1: Auswirkung einer definierten Belastung auf die Änderung der beiden physikalischen Bodenkennwerte. Die Degradationsklassen I bis IV sind durch die entsprechenden Wertekonfigurationen definiert. Die Klasse IV ist gleichbedeutend mit irreversibler Bodendegradation durch mechanische Belastung



Literatur

Horn, R., H. Fleige 2009. Risk assessment of subsoil compaction for arable soils in Northwest Germany at farm scale. Soil and Tillage Res. 102, 201-208

Grenzen der 'Guten fachlichen Praxis' im Pflanzenschutz

Joseph-Alexander Verreet und Holger Klink

Institut für Phytopathologie

„Gemäß § 2a Abs. 1 des Pflanzenschutzgesetzes (PflSchG) darf Pflanzenschutz nur nach 'Guter fachlicher Praxis' durchgeführt werden. Sie ist gesetzliche Vorschrift und somit auch verbindlich zu befolgen. Die 'Gute fachliche Praxis' dient insbesondere:

(1) der Gesunderhaltung und Qualitätssicherung von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen durch a) vorbeugende Maßnahmen, b) Verhütung der Einschleppung oder Verschleppung von Schadorganismen, c) Abwehr oder Bekämpfung von Schadorganismen und

(2) der Abwehr von Gefahren, die durch die Anwendung, das Lagern und den sonstigen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln oder durch andere Maßnahmen des Pflanzenschutzes, insbesondere für die Gesundheit von Mensch und Tier und für den Naturhaushalt, entstehen können.

Zur 'Guten fachlichen Praxis' gehört, dass die Grundsätze des 'Integrierten Pflanzenschutzes' und der Schutz des Grundwassers berücksichtigt werden. Fünf Grundsätze kennzeichnen den 'Integrierten Pflanzenschutz':

(1) Der 'Integrierte Pflanzenschutz' stellt einen systemaren Ansatz dar und fordert ein komplexes Vorgehen.

(2) Der 'Integrierte Pflanzenschutz' schließt die ökologischen Belange gleichgewichtig mit ökonomischen und sozialen Aspekten in sein Konzept ein, um ein Handeln in den Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit und damit die Nachhaltigkeit zu sichern.

(3) Im Konzept des 'Integrierten Pflanzenschutzes' haben vorbeugende Maßnahmen Vorrang vor Bekämpfungsmaßnahmen.

(4) Der 'Integrierte Pflanzenschutz' erfordert sorgfältige Abwägungsprozesse über alle Entscheidungen im Pflanzenschutz.

(5) Der 'Integrierte Pflanzenschutz' setzt als wissenschaftliches Konzept auf die Nutzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und des verantwortbaren technischen Fortschritts und stellt hohe Anforderungen an die Bereitstellung und Umsetzung standortbezogener Informationen.“

Mitunter widersprechen sich die Vorschriften und divergieren auch mit den Gegebenheiten bzw. Erfordernissen sowie Umsetzungsmöglichkeiten der praktizierenden Landwirtschaft, hervorgerufen durch verschiedene Einflussgrößen;

u.a. durch sich ausschließende politischen Ziele und deren Förderanreize. Beispiele: Wirtschaftsweise, produktionstechnische Maßnahmen und Zusammenhänge unter den natürlichen Bedingungen der Kulturführung und Umwelt, Anbausystemfaktoren, Erzeugererlöse, national- sowie globalpolitische Entscheidungen (z.B. Energiewende), Kenntnis-, Wissensstand (z.B. zur Epidemiologie bzw. Populationsdynamik und einhergehend biologisch-epidemiologisch orientiertem Pestizideinsatz „auf das notwendige Maß begrenzt“), persönliche Akzeptanz und Umsetzungsbereitschaft, Indikationslücken, Produktionsziel, Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln etc.. Grundsätzlich sind gesetzliche Bestimmungen von außerordentlicher Bedeutung, jedoch sollten sie konkret definiert, in der Beschreibung den Bezug zur Durchführbarkeit einschließen und keine erweiterte Interpretationsmöglichkeit hinsichtlich anwendungsorientierter Umsetzung und gesetzeskonformer Kontrolle bieten (Vision, Mission, Realpraxis). Durch unterschiedliche Förderstrategien des Staates werden widersprüchliche Ziele verfolgt. Beispiele:

- Forderung: *„Anbausysteme, Kulturarten und Fruchtfolgen sollten standortgerecht und so ausgewählt und gestaltet werden, dass der Befall durch Schadorganismen nicht gefördert wird, auch um der Bildung von schädlichen Stoffen wie Mykotoxinen vorzubeugen ...“*

Politische Energiewende: Einkünfte aus Energieerzeugung (Energie-Einspeisegesetz [EEG-Gesetz] seit 2000). Bevorzugte Einspeisung von Strom bestimmter Herkünfte.

Durch die politische Vorgabe haben sich Anbausysteme in Deutschland und Schleswig-Holstein verändert. Die Silomaisanbauintensität hat in Schleswig-Holstein innerhalb von 10 Jahren (2000-2010) um 122 % zugenommen (Statistikamt Nord, MLUR, 2012). Diese Entwicklung geht zu Lasten anderer Kulturarten und verändert die Anbausystemgestaltung.

Der Anbau von Getreide hat um 10%, von Hackfrüchten (Kartoffel, Zuckerrübe) um 34% und von Dauergrünland um 22% abgenommen. Demnach führt die erweiterte Maisanbauintensität in der Konsequenz zu einem deutlich zunehmenden Infektionsdruck maisspezifischer pilzlicher Pathogene auch in den bereits als Futterpflanzen gewonnenen Maisnutzungsformen Silo-, Körnermais, Corn-Cob-Mix (CCM). Besondere Bedeutung kommt hierbei den *Fusarium*-Pilzen und ihren als sekundären Stoffwechselprodukte induzierenden, warmblütertoxischen Mykotoxinen zu. Eine zusätzliche und zukünftig zu erwartende Problematik ergibt sich durch die Biologie der *Fusarium*-Pilze, welche nicht nur an Mais, sondern auch an anderen Getreidearten (in der Anfälligkeit abnehmend: Durumweizen, Hafer, Triticale, Winterweizen, Gerste und Roggen) zu parasitieren. *Fusarium*-Pilze werden als sog. plurivore Erreger bezeichnet, welche unterschiedliche Wirtspflanzen, im vorliegenden Fall sowohl den Mais, aber auch alle ande-

ren Getreidearten parasitieren. Die sich bundeseit abzeichnende Anbausystemgestaltung mit einer deutlich zunehmenden Maisanbauintensität, demnach das vermehrte Nebeneinander der Getreide- und Maiskulturen, muss auch in der Konsequenz eine deutliche Erhöhung der Mykotoxinbelastung, sowohl in der Mais- als auch in der für die menschlichen Ernährung bedeutsamen Weizenkultur nach sich ziehen. Demnach war mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass sich eine zunehmende Problematik in der landwirtschaftlichen Produktion im Rahmen der Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Mykotoxinhöchstmengengrenzwerte (EU) durch den zunehmenden Maisanbau existent würde und die Landwirtschaft vor unerwartete, aus phytopathologischer Sicht nunmehr belegbare Aufgaben gestellt werden würde.

Durch Intensivierung des Maisanbaus konnte beispielsweise unter befallsfördernden Bedingungen in der Maiskultur Schleswig-Holsteins in 2011 in der Sorte Lorado (BSA-Anfälligkeitsgrad: 7) zu einer durch *Fusarium*pilze induzierte Mykotoxinbelastung von 22535 µg Deoxinivalenol/kg TM führte. Dieser bemessene Wert stellt eine um das 13-fache oberhalb des Höchstmengengrenzwertes von 1750 µg DON / kg TM liegende Belastung dar. In gleicher Weise lagen die Zearalenonwerte im Silomais der Sorte Lorado mit 4400 µg ZEA/kg TM um das 13-fache oberhalb des Höchstmengengrenzwertes von 350 µg ZEA / kg TM. Ein Effekt, der einerseits auf die befallsfördernden Witterungsbedingungen des Jahres 2011, andererseits auf das vermehrte Nebeneinander *fusarium*spezifischer Wirtspflanzen mit einer Anreicherung von Pilz-inokulum und die nachweisliche Vernachlässigung pflanzenhygiensischer Anbausystemfaktoren (Monokultur, Minimalbodenbearbeitung) zurückzuführen ist.

Beim Vergleich aus toxikologischer Sicht von Mykotoxinen mit anderen Kontaminationen von Lebens- und Futtermitteln zeigen sich deutliche Unterschiede in der Bewertung ihrer akuten und schleichenden (chronischen) Giftigkeit (Tab. 1). Während die akute Toxizität der Mykotoxine im Vergleich mit anderen Giftstoffen im mittleren Bereich einzuordnen ist, stellen sie bezüglich ihrer chronischen Giftigkeit, also bei Aufnahme über längere Zeiträume, ein wesentlich höheres Gesundheitsrisiko dar als beispielsweise Pflanzenschutzmittel.

AKUT	hoch ↓ niedrig	CHRONISCH
<ul style="list-style-type: none"> ➤ mikrobielle Kontamination ➤ Algentoxine ➤ einige Pflanzengifte ➤ Mykotoxine ➤ antropogene Kontamination ➤ Lebensmittelzusatzstoffe ➤ Pflanzenschutzmittelrückstände 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mykotoxine ➤ antropogene Kontamination ➤ einige Pflanzengifte ➤ die meisten Algentoxine ➤ mikrobielle Kontamination ➤ Lebensmittelzusatzstoffe ➤ Pflanzenschutzmittelrückstände

Tab. 1: Bewertung von Gesundheitsrisiken durch Lebensmittel

● Konsequenzen:

- Durch Förderung aus dem EEG-Gesetz kommt es zu einem vermehrten Anbau von Mais in Deutschland und speziell in Schleswig-Holstein
- „Verarmungsanreize“ in der Fruchtfolge – Krankheitsrisiko steigt
- „Staatlich gefördertes“ Risiko an Mykotoxinbelastung von Mais und Weizen wie auch andere Getreidearten
- Verlust an Brache und Grünland in Schleswig-Holstein

● Forderung: „...soll die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung und ein standorttypischer Humusgehalt des Bodens insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten oder gefördert werden...“

Die Vorteile der konservierenden Bodenbearbeitung vergleichend zur Pflugsaat sind bekannt: erhöhter Erosionsschutz, erhöhte mikrobielle Biomasse, erhöhter Regenwurmbesatz, was eine höhere Wasseraufnahme, geringere Verschlammung, höhere Tragfähigkeit fördert, geringerer Energieinput durch geringere Bearbeitungsintensität. Dagegen bleibt der Humusgehalt zwischen beiden Verfahren gleich.

Bereits die Betrachtung derzeitiger Anbausysteme mit Maismonokulturen (mehrjähriger, wiederholter Maisanbau auf der selben Fläche) und gleichzeitiger Minimalbodenbearbeitung (Direktsaat der Folgekultur ohne wendende Bodenbearbeitung) stellen optimalste Voraussetzungen für den Frühbefall und den weiteren epidemiologischen Befallsverlauf für Krankheitserreger in der Folgekultur dar. Wichtigste pflanzenhygienische Maßnahme stellen u.a. die Pflugsaat und eine ausgewogene Fruchtfolge dar (zeitlich gestaffelte Wiederkehr der Kulturpflanze auf der selben Fläche; normal: 3-gliedrige Fruchtfolge mit Wiederkehr von Mais im 4. Jahr auf der selben Fläche), wobei einerseits die an den Pflanzenresten anhaftenden Myzelien, Sexual- und Asexualsporen durch wendende Bodenbearbeitung einer natürlichen „Rotte“ unterworfen werden (organi-

sche Pflanzeereste werden durch Bodenwendung einem mikrobiellen Ab- und Umbau in pflanzenverfügbare Nährstoffformen unterworfen). Die derzeitige Situation stellt sich in vielen Fällen wie folgt dar: die Stoppeln stehen bis April des Folgejahres und treten bei Minimalbodenbearbeitung unmittelbar mit der Folgekultur (z.B. Weizen, Mais) in Kontakt. Hierdurch wird der wirtspflanzen-spezifische Infektionsdruck und, am Beispiel von *Fusarium*-pilzen an Mais dargestellt, die Mykotoxinbelastung sehr deutlich, und zwar um das 10-fache vergleichend zur Pflugsaat, erhöht.

● Konsequenzen:

- Vermehrte Herbizidanwendung
- Deutlich höherer Befallsdruck; Mykotoxinproblematik steigend
- Aushebelung Ziel „notwendiges Maß“

● Forderung: „...es sind vorzugsweise solche Sorten und Herkünfte auszuwählen, die Toleranz- oder Resistenzeigenschaften gegenüber wichtigen standort-spezifischen Schadorganismen aufweisen...“

Hierbei ist ein Blick in die Zuchtziele notwendig:

1. Ertrag und seine Komponenten (Bestandesdichte, Kornzahl / Ähre, Tausend-korngewicht, Kornertrag);
2. Agronomische Eigenschaften (Ährenschieben, Reife, Pflanzenlänge, Lager-neigung, Auswinterung);
3. Krankheitsresistenzen (Mehltau, Blattseptoria, *Drechslera*, Gelbrost, Braun-rost, Ährenfusarium, Halmbruch);
4. Qualität (Kornausbildung, Korngröße, Fallzahl, Rohproteingehalt, Sedimenta-tionswert, Griffigkeit, Wasseraufnahme, Aschegehalt, Mehlausbeute Typ 550, Volumenausbeute).

Grundsätzlich wird deutlich, dass eine Optimierung aller 26 Eigenschaften, was einer Anzahl von $2^{26} = 67.108.864$ Eigenschaften entspricht, auszuschließen ist. Die Sortenvielfalt dient der Bereitstellung von Kulturarten für unterschiedliche Anforderungen und Bedingungen (Anbaugebiet, Qualität, Ertrag, Einsatzbedin-gungen (Normal-, Stoppel-, Spätsaat, Frühsaat, Maisvorfrucht, Mulchsaat, etc.). Die Entscheidungskriterien des Landwirtes richten sich im Wesentlichen nach:

Ertrag, Qualität, Absatzmöglichkeiten, Anbauverhältnissen im Betrieb (Reife, Winterfestigkeit, Pflanzengesundheit, Standfestigkeit). Die angebotene Sortenvielfalt dient der Risikominimierung.

• Konsequenzen:

- Aufgrund der Änderung der Nutzung ist der Getreideanteil in der Fruchtfolge gestiegen
- Somit sind besonders Stoppelsaat-verträgliche Weizensorten gesucht, die hohe Erträge und Qualität vereinen und zudem gesund sind
- Nur wenige Sorten werden diesen Ansprüchen am Hochleistungsstandort Schleswig-Holstein gerecht
- Tolerante Sorten sind bei diesen Rahmenbedingungen oftmals nicht praktikabel

• Forderung: „...die Saat- und Pflanzzeiten sollten so gewählt werden, dass der Befall durch Schadorganismen nicht gefördert wird...“

Während durch den Pflanzenbau für jede Kulturart die Optimalsaatzeitpunkte festgestellt worden sind, weicht die Praxis vermehrt auf Frühsaaten aus. Die Hintergründe sind einerseits in der Möglichkeit früherer Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren je nach Räumung der Vorkultur und in Abhängigkeit der nicht kalkulierbaren Witterung zu sehen, andererseits in der Optimierung des maschinellen Equipments. Die Vorteile von Frühsaaten sind: Pflanzen, die den Winter besser überstehen soweit sie nicht überwachsen, frühere Ernten, die Anbau von Zwischenfrüchten ermöglichen, oftmals höhere Erträge, geringeres ökonomisches Risiko, bei Sommerungen schnellere Jugendentwicklung (Mais vs. Fritfliege), bei Winterungen ist der Boden oftmals im späten Herbst nur schlecht befahrbar (Strukturschäden). Die Nachteile von Frühsaaten sind: Förderung von Pilzkrankheiten (frühere Primärinokulation), Förderung von Viruskrankheiten (höhere Temperaturen ermöglichen den virusbeladenen Vektoren eine hohe Besiedelung), Erhöhung des Unkrautdruckes (Spätkeimer laufen erst nach der Saat auf).

• Forderung: „... In der Landwirtschaft, im Gartenbau, in der Forstwirtschaft und im Vorratsschutz ist es das Ziel hygienischer Maßnahmen, das Schadorganismenpotenzial zu reduzieren, damit einem Befall vorzubeugen und die Erstinfektion durch Schadorganismen möglichst weit hinauszuschieben oder auszuschließen...“

An Saatgut werden allerhöchste Qualitätsanforderungen gestellt, die von verschiedenen Institutionen sorgfältig und konsequent überprüft werden. Von der Sortenzulassung über die Z-Saatgut-Produktion bis zur Saatgutenerkennung

wird alles getan, um sicherzustellen, dass nur mehrfach geprüfte Spitzenqualitäten mit hoher Keimfähigkeit und maximaler Sortenreinheit und geringem Fremdbesatz in den Handel gelangen. Zertifiziertes Saat- und Pflanzgut und die Einschränkung des Nachbaus auf Saat- und Pflanzgut aus gesunden und leistungsfähigen Beständen sind dafür wichtige Grundlagen. Für den Praktiker stellt die Verwendung von gesundem Saat- und Pflanzgut wichtigste pflanzenhygienische Maßnahme dar. Bei gemeinsamer Nutzung durch mehrere Betriebe sollten Ackergeräte und –maschinen von anhaftender Erde und darin enthaltener Erreger gesäubert werden (z. B. Nematoden, *Rizomania* an Zuckerrüben oder Ringfäule an Kartoffeln). Auch können Feldspritze und Mährescher zur Verbreitung von Unkräutern beitragen. In Phasen von Arbeitsspitzen ist eine vollständige Reinigung der Maschinen nicht immer „praktikabel“ (gemäß BMVEL-Definition).

● Forderung: „... Die Pflanzen, Pflanzenbestände und Pflanzenerzeugnisse sind hinsichtlich ihrer Entwicklung und ihres Gesundheitszustandes zu beobachten. Der Befall mit Schadorganismen ist nach der Notwendigkeit einer Bekämpfung einzuschätzen und einzustufen in: nicht bekämpfungswürdiger Befall oder bekämpfungswürdiger Befall...“

Zur Einschätzung eines Befalls ist dargestellt: „...ein Befall, der keinen wirtschaftlichen Schaden verursacht, ist zu tolerieren...“

Ob eine Entscheidung „wirtschaftlich“ ist, kann zum Zeitpunkt der Applikation nicht beurteilt werden, da nicht alle Parameter (u.a. Umwelteinflüsse auf Ertragsphysiologie und -Leistung, Befalls-Verlust-Relation, Input-Kosten etc.) bekannt sind. Bekämpfungsentscheidungen sollten sich an biologisch-epidemiologischen Schwellenwerten orientieren. Sie stellen Grenzwerte in der Erregerpopulation dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten kurz- oder längerfristig wirtschaftliche Verluste eintreten (durch vielfältige Studien belastbare und auf die Epidemiedynamik abgestimmte Schwellenwerte). In den Grundsätzen und offiziellen Ausführungen zur „Guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz“ sollte unterschieden werden zwischen einer Schadensschwelle als Toleranzgrenze bis zur Ernte und einer Bekämpfungsschwelle zur Optimierung der Effektivität bei Krankheitserregern a) ohne Akkreszenzphase, b) deren Inkubationsphase größer als kurative Leistung ist und c) mit diskontinuierlichen Infektionen.

- Forderung: „...Zur Einschätzung der Notwendigkeit einer Bekämpfungsmaßnahme sind alle zur Verfügung stehenden Fachkenntnisse und Entscheidungshilfen, insbesondere Informationsschriften, Warndiensthinweise, Beratungsveranstaltungen und Auskunftsdienste der Pflanzenschutzberatung der Länder, heranzuziehen. Wenn in den Ländern oder Regionen für die Praxis geeignete Prognoseverfahren oder Expertensysteme angeboten werden, sollten diese genutzt werden...“

Es finden auf landesspezifischen Pflanzenschutzämtern sowie Pflanzenschutzfirmen vielfältige Prognosemodelle Darstellung, jedoch ist leider kein „Prognose-Modell-TÜV“ existent, welcher einmal die Güte der verschiedenen Prognosemodelle bewertet hat. Einige Modelle sind zu kompliziert und aufwendig, andere sind mit dem betriebswirtschaftlichen Ablauf nicht vereinbar, teilweise bestehen Widersprüche in der Aussage und häufig spiegeln die Modelle nicht die Praxis wieder. Fazit: Die Qualität einer Prognose kann maximal so gut sein wie die Qualität der Daten bei der Eingabe. Daher werden vor Ort gute Personen mit guter Ausbildung in der erregerspezifischen Diagnose benötigt. Die exakte qualitative und quantitative Diagnose ist Voraussetzung für eine optimierte Behandlung. In der Praxis werden kaum Prognosemodelle eingesetzt.

Befallskontrolle

- Hohes Maß an ausgebildetem Personal erforderlich
- dezentrale Strukturen im Flächenland S.-H.
- „Weniger Verwaltung – mehr Zeit für Feldarbeit“

Prognosemodelle

- Es gibt genug Modelle – diese müssen auf ihre Praxistauglichkeit und Güte überprüft werden
- Besseres meteorologisches Netz in den Ländern

Entscheidung:

- Stärkung des Versuchswesens
- Unabhängige Officialberatung muß ausgebaut werden

Die gesetzlichen Ausführungen und Empfehlungen stehen oftmals mit anderen Empfehlungen im direkten Widerspruch (Bodenschutz versus Gewässerschutz versus Pflanzenschutz). Der Gesetzgeber hebt eigene Empfehlungen durch widersprüchliche Förderpolitik aus (Länder- und Bundespolitik). Es gibt keine klar formulierten Standards innerhalb der Kulturen. Für wichtige (und von der Politik selbst geforderte) unterstützende Maßnahmen für die Praktiker stehen immer weniger finanzielle Mittel zur Verfügung.

Forderungen aus Sicht des Pflanzenschutzes im Sinne von Verbrauchern, Umwelt und Landwirtschaft:

- (1) Gesetzgeber: klare Gesetzdefinition und abgestimmte Ziele, Umsetzung und Kontrolle; (Bereitstellung von Personalressourcen für die Officialberatung; Bundesländer),
- (2) Landwirtschaft: deutlich vermehrte Nutzung phytosanitärer Maßnahmen; überwiegender Verlass auf chemische Pflanzenschutzmittel und Resistenzzüchtung (Überforderung, akkumulierende Kalamitäten),
- (3) Chemische Industrie: Abbau von Defiziten in der Vorgabe, Beratung und unterstützenden Implementierung innovativer, biologisch-epidemiologisch orientierter Anwendungsterminierungen von Pflanzenschutzmitteln zur optimierten Befalls- und Ertragskontrolle.

„Pilzliche Krankheitserreger fallen nicht überraschend vom Himmel, sondern sind eine logische Konsequenz aus dem Ausgangsbefall, vorherrschender Witterung und dem eingegangenen ackerbaulichen Risiko“

Neue Wege der Resistenz-Züchtung im Rapsanbau

T. Thureau, C. Häder, F. Dreyer¹, G. Leckband¹ und D. Cai

Institut für Phytopathologie

¹Norddeutsche Pflanzenzucht H.-G. Lembke KG

Aufgrund wachsender Nachfrage wird der Rapsanbau in Deutschland immer stärker intensiviert, wodurch sein Anteil an der Fruchtfolge zunimmt. Dies führt dazu, dass insbesondere bodenbürtige pilzliche Schaderreger im Raps an Bedeutung gewinnen. Um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu minimieren, können resistente Sorten angebaut werden. Am Beispiel des pilzlichen Erregers *Verticillium longisporum* soll gezeigt werden, wie die Fortschritte auf dem Gebiet der Genomanalyse bei Pflanze und Pathogenen genutzt werden können, um neue Ansätze zur Erzeugung pflanzlicher Krankheitsresistenz zu entwickeln.

Verticillium longisporum zählt zu den bodenbürtigen pilzlichen Pathogenen und ist in den letzten Jahren verstärkt im Rapsanbau in Schleswig-Holstein aufgetreten. *V. longisporum* kann in Form von Mikrosklerotien über Jahre im Boden überdauern [1]. Im Herbst infiziert er die Rapswurzel und breitet sich im Gefäßsystem der Pflanze aus [2]. Erst spät in der Vegetationsperiode kommt es zur Symptomatik der Wachstumsdepression, Vergilbung und verfrühten Abreife (Abb. 1).

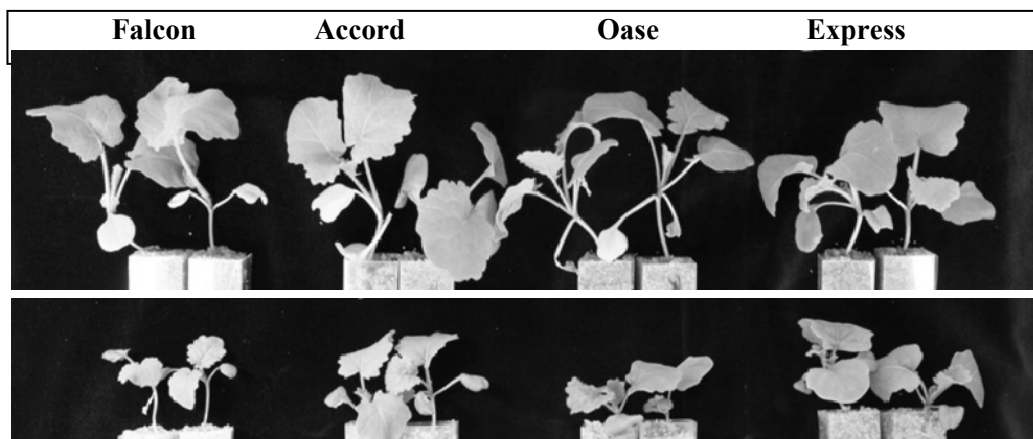


Abb. 1: *Verticillium*-Infektionsversuch mit den Winterraps-Sorten Falcon, Accord, Oase und Express. Die infizierten Pflanzen (untere Reihe) zeigen 21 Tage nach der Inokulation gegenüber den nicht-infizierten Kontrollpflanzen (obere Reihe) ein deutlich vermindertes Wachstum.

Bei der Bekämpfung kann der Landwirt zurzeit weder auf wirksame Fungizide noch auf resistente Sorten zurückgreifen.

In der klassischen Resistenzzüchtung werden überwiegend dominante Resistenzgene bearbeitet. Im Gegensatz dazu wird im Rahmen eines Forschungsprojekts versucht, mittels der Kombination einer Reihe moderner molekularer Verfahren, eine neuartige „rezessive Resistenz“ gegen *V. longisporum* zu schaffen.

Molekulare Grundlagen der Pflanzen-Pathogen-Interaktion

Bei der Beschreibung der Pflanzen-Pathogen-Interaktion wird zwischen der kompatiblen Interaktion (=Anfälligkeit der Pflanze) und der inkompatiblen Interaktion (=pflanzliche Resistenz) unterschieden. Die kompatible Interaktion beruht dabei auf der Interaktion von pathogeneigenen Virulenzfaktoren mit ihren pflanzlichen Zielproteinen, den Kompatibilitätsfaktoren (Abb. 2A). Besitzt die Wirtspflanze ein entsprechendes Resistenzgen, erzeugt die Anwesenheit der Virulenzfaktoren in der Pflanzenzelle ein Signal, das zur Ausprägung einer Abwehrreaktion führt (Abb. 2B). Durch das gezielte Ausschalten eines Kompatibilitätsgens kann eine neuartige rezessive Resistenz geschaffen werden (Abb. 2C).

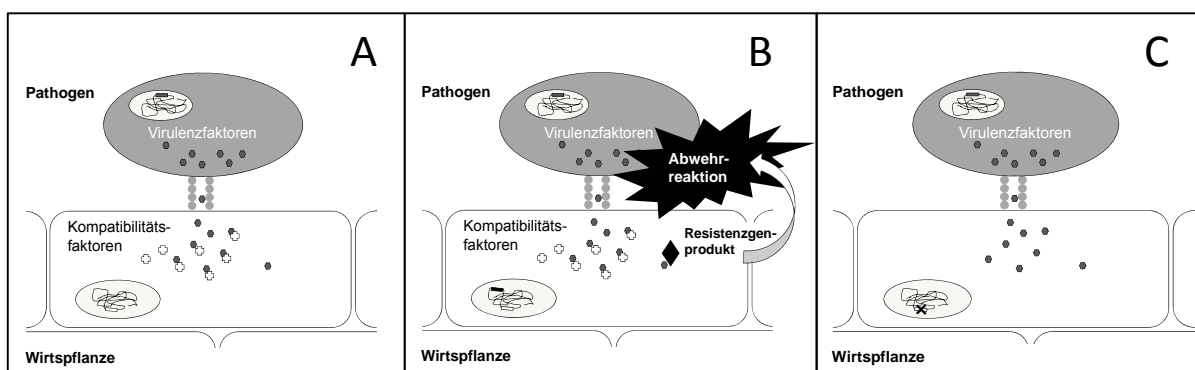


Abb. 2: Modell der molekularen Pflanzen-Pathogen-Interaktion. In der kompatiblen Interaktion entlässt das Pathogen spezifische Proteine, sogenannte Virulenzfaktoren, in die Wirtszelle. Ziel der Virulenzfaktoren ist die direkte oder indirekte Interaktion mit Kompatibilitätsfaktoren, um den pflanzlichen Metabolismus im Sinne des Pathogens zu manipulieren (A). Ist die Wirtspflanze Träger eines Resistenzgens, ist sie dadurch in der Lage, die Anwesenheit der Virulenzfaktoren zu erkennen und eine Abwehrreaktion zu initiieren (B). In einer Pflanze, in der ein Gen für einen Kompatibilitätsfaktor durch Mutation ausgeschaltet ist, ist das Pathogen nicht fähig, die Pathogenese zu vollenden (C).

Aufgrund dieses Modells der Pflanzen-Pathogen-Interaktion wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

1. Die kompatible Interaktion von *Verticillium longisporum* mit Raps beruht auf der Interaktion von pilzlichen Virulenzfaktoren mit für den Erreger essentiellen pflanzlichen Kompatibilitätsfaktoren.
2. Einige der Kompatibilitätsgene werden in der Frühphase der Infektion transkriptionell induziert.
3. Ein Ausschalten der Gene, die die Kompatibilitätsfaktoren kodieren, führt zu einem teilweisen oder vollständigen Verlust der Anfälligkeit – also zu einer neuartigen rezessiven Resistenz.

Schaffung einer neuartigen rezessiven *Verticillium*-Resistenz im Raps

Unter Verwendung des *transcriptional profiling* wurden zunächst diejenigen pflanzlichen Gene aus dem Raps-Genom identifiziert, die an den frühen Infektionsprozessen des Pilzes beteiligt sind. Dies erfolgte mittels des Verfahrens der Subtraktiven-Suppressions-Hybridisierung (SSH, [3]). Hierzu wurden Rapspflanzen in Quarzsand angezogen und mit *V. longisporum*-Konidien inokuliert. Für die RNA-Isolation wurde das Wurzelmaterial der Pflanzen geerntet. Die RNA der infizierten Pflanzen und der nicht-infizierten Kontrollpflanzen wurde zu jeweils einem Pool zusammengefaßt und für die Erstellung einer SSH-Bibliothek eingesetzt. Insgesamt wurden mehr als 500 Gene identifiziert, die nach einer *Verticillium*-Infektion differentiell exprimiert werden. Die Sequenzen wurden einer *in silico*-Analyse unterzogen, bei der in Sequenzdatenbanken nach homologen Sequenzen gesucht wurde. Die bioinformatischen Analysen wurden an der Zhejiang-Universität, China, von Prof. Longjiang Fan durchgeführt.

Aus den Sequenzen der SSH-Bibliothek wurden diejenigen für die weitere Bearbeitung ausgewählt, die hinsichtlich ihrer putativen Funktion als Kompatibilitätsfaktoren fungieren könnten. Mittels der quantitativen PCR (realtime-PCR) wurde die Kinetik der Genregulation für die ausgesuchten Sequenzen abgebildet. Gene der pflanzlichen Abwehr wurden bei der Auswahl der Kandidaten-Sequenzen nicht berücksichtigt. Lediglich zur näheren Charakterisierung der Infektion wurden zwei Resistenz-verwandte Gene untersucht, da sie zu den dominanten Sequenzen in der SSH-Bibliothek gehörten. Obwohl es sich bei der *Verticillium*-Infektion um eine kompatible Interaktion handelt, wird demnach die pflanzliche Abwehr aktiviert. Es konnte gezeigt werden, dass eine pflanzliche Chitinase im Wurzel- und Blattgewebe transkriptionell aktiviert wird, darüber hinaus kommt es nach der Infektion insbesondere im Blattgewebe zu einer

stark erhöhten Expression des *PRI*-Gens, was auf eine systemische Abwehrreaktion der Pflanze auf den Pilzbefall hindeutet.

Die Expressionsmuster der ausgesuchten Kandidatengene zeigen, dass die erste Reaktion auf transkriptioneller Ebene zwischen dem dritten und fünften Tag nach Inokulation erfolgt. Alle Kandidaten-Sequenzen werden transkriptionell im Wurzelgewebe induziert. Die Genaktivierung im Blattgewebe war bei den untersuchten Genen zum Teil zeitlich versetzt.

Die Auswertung der Expressions-Kinetiken wurde dazu genutzt, die Anzahl der Kandidaten-Sequenzen weiter einzuschränken. Aus den Expressionsmustern der etwa 100 untersuchten Sequenzen wurden schließlich 20 putative Kompatibilitätsgene für eine Mutantenanalyse ausgewählt. Da die Erstellung und Identifikation von Raps *knock out*-Mutanten ein langwieriger Prozess ist, wurde zunächst auf die Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* zurückgegriffen. Für diese Pflanzenart gibt es in öffentlichen Saatgutbanken eine große Anzahl von Linien, die definierte Mutationen tragen. Es wurden 20 *Arabidopsis*-Mutantenlinien angezogen und einem *Verticillium*-Infektionsexperiment unterzogen. Dabei war zu erkennen, dass die Wildtyp-Pflanzen durch die Infektion stark geschädigt wurden. Einige Mutanten zeigten ein annähernd gleiches anfälliges Verhalten wie der Wildtyp, bei anderen Mutanten konnte jedoch ein signifikanter Verlust der Anfälligkeit, bzw. eine vollständige Resistenz beobachtet werden.

Zurzeit wird untersucht, ob sich dieses Ergebnis aus der Modellpflanze *A. thaliana* auf den Raps übertragen lässt. Hierzu wird am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Prof. C. Jung) eine TILLING-Population gesichtet, die sich aus Rapspflanzen zusammensetzt, deren Samen vor der Aussaat einer chemischen Mutagenese unterzogen wurden. Dort sollen die entsprechenden *loss-of-function*-Rapsmutanten identifiziert werden. Ein Infektionsexperiment wird zeigen, ob auch diese Pflanzen eine verminderte Anfälligkeit gegenüber *V. longisporum* aufweisen. Diese Mutanten wären „Träger“ einer rezessiven Resistenz und könnten für die Entwicklung *Verticillium*-resistenter Sorten eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Dem heute gültigen Modell der Pflanzen-Pathogen-Interaktion zufolge besitzen Pflanzen neben Resistenzgenen auch Anfälligkeitsgene. Diese Gene (Kompatibilitätsgene) kodieren für Proteine, die Ziele der pilzlichen Virulenzfaktoren darstellen und die für die Infektion oder Entwicklung des Erregers essentiell sind. Durch den Vergleich von Expressionsprofilen von *Verticillium*-infizierten

und nicht-infizierten Rapspflanzen wurden aus dem Rapsgenom 20 Kompatibilitätsgen-Kandidaten identifiziert. Das Ausschalten einiger Kandidaten-Sequenzen führte in der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* zu einer signifikanten Steigerung der Resistenz der Pflanzen gegenüber *V. longisporum*. Die Identifizierung und funktionelle Charakterisierung von Rapsmutanten ist in Bearbeitung. Das geschilderte Verfahren lässt sich auch auf andere Kulturarten übertragen und bietet daher eine neue Züchtungsstrategie insbesondere gegen biotrophe phytopathogene Erreger.

Die Arbeiten wurden ermöglicht durch die finanzielle Förderung der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein (HWT) und der Norddeutschen Pflanzenzucht H.-G. Lembke KG.

Literatur

- [1] Johansson A, Goud JK, Dixelius C (2006) Plant host range of *Verticillium longisporum* and microsclerotia density in Swedish soils. *European Journal of Plant Pathology* 114: 139-149.
- [2] Eynck C, Kopmann B, Grunewaldt-Stoecker G, Karlovsky P, von Tiedemann A (2007) Differential interactions of *Verticillium longisporum* and *V. dahliae* with *Brassica napus* detected with molecular and histological techniques. *European Journal of Plant Pathology* 118: 259-274.
- [3] Diatchenko L., Lau YF, Campbell AP, Chenchik A, Moqadam F, Huang B, Lukyanov S, Gurskaya N, Sverdlov ED, Siebert PD (1996) Suppression subtractive hybridization: A method for generating differentially regulated or tissue-specific cDNA probes and libraries. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93 (12) : 6025-6030.

Nachhaltigkeitsbewertung des Winterrapsanbaus

Henning Kage, Klaus Sieling und Ingo Pahlmann

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Problemstellung

Auf der Grundlage der gültigen Beschlüsse der Bundesregierung (Bundesregierung 2011) und der EU zur Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen ist von einem deutlich steigenden Bedarf an geeigneten Rohstoffen aus heimischer Produktion auszugehen. Das Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) sieht eine Fokussierung der Bioenergiepolitik im Transportsektor auf die THG-Einsparung vor. Hierzu soll eine stufenweise Steigerung der nachzuweisenden Nettotreibhausgaseinsparungen durch Beimischung von Biokraftstoffen von 5% im Jahr 2015 bis auf 7% im Jahr 2020 dienen. Eine THG-Reduktion von 7% würde dabei einem Biokraftstoffanteil von ca. 14 vol. % entsprechen. Die Anrechenbarkeit von Biotreibstoffen auf die Minderungsziele wird hierbei in der Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraft-NachV) geregelt. Dieses Gesetz dient der Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen und der am 5.9. 2009 in Kraft getretenen Renewable Energy Directive der EU (RED).

Um den Kraftstoff auf die nationale Biokraftstoffquote (Beimischungszwang) anrechnen zu können, müssen die Vorgaben der seit Herbst 2009 geltende Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) eingehalten werden. Bei der Produktion von Biomasse für die Nutzung als Kraftstoff wird u.a. die Beachtung der Nachhaltigen Landwirtschaft (Cross Compliance), der Schutz bestimmter Flächen sowie die Einhaltung eines Treibhausgas (THG)-Minderungspotenzials von mindestens 35% (ab 2017: 50%) gefordert (Abb. 1). Ca. 2/3 der deutschen Rapsproduktion (ca. 0.9 Mio. ha) wird z.Zt. in Form von Biodiesel energetisch verwertet. Mit diesem Anbauumfang stellt Winterraps immer noch die wichtigste Energiepflanze dar. Insbesondere im Norden und Nordosten Deutschlands ist Winterraps die wichtigste Blattfrucht in ackerbaulichen Fruchtfolgen. Nach der gültigen Richtlinien der Renewable Energy Directive der EU (RED) kann bei der Biodieselproduktion aus Raps mit derzeitiger Produktionstechnik das Ziel einer 50%igen THG-Einsparung gegenüber fossilem Diesel nicht mit sogenannten „Default-Werten“ nachgewiesen werden.

Selbst bei Verwendung von sogenannten „Typischen Werten“ für die CO₂-Emission während des Verarbeitungsprozesses, wird die Zielmarke von 50% Treibhausgasreduktion durch die Produktionskette Biodiesel im Gegensatz zu Bioethanol nicht erreicht (Abb. 2). Default-Werte stellen hierbei Standardwerte dar, die ohne individuelle Berechnung zum Nachweis herangezogen werden können. Diese sind für die Emissionen im Bereich Verarbeitung mit Sicherheitsaufschlägen versehen worden. Realistischer Werte sind sogenannte „Typische Werte“, die im Bereich Verarbeitung 40% niedriger liegen, als die Default-Werte.

Von den Gesamtemissionen bei der Herstellung von Biodiesel aus Raps entfallen mehr als 50% der Emissionen auf den Feldanbau (Abb. 2). Hauptursachen hoher THG-Emissionen bei der Rapsproduktion sind der hohe Energiebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emissionen bei der Produktion von mineralischem Stickstoff sowie die Emission von Lachgas (N₂O) beim Anbau von Raps (Abb. 3). Ziel der vorgestellten Arbeit war es, pflanzenbauliche Einflussfaktoren auf die mögliche THG-Reduktion durch Biodiesel abzuschätzen.

Material und Methoden

Grundlage für die Modellkalkulationen sind Daten aus einem Fruchtfolgeversuch, der seit 2005 auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Östliches Hügelland Schleswig-Holsteins) mit vier unterschiedlichen Fruchtfolgen bei differenzierter Grundbodenbearbeitung und variierender N-Düngung (siehe auch Henke et al. 2008) durchgeführt wird.

FF 1 - (G) Erbsen – (G) Raps – (G) Mais – (P) Weizen

FF 2 - (P) Raps – (P) Weizen – (P) Gerste

FF 3 - (G) Raps – (G) Weizen – (G) Gerste

FF 4 - (P) Raps – (G) Mais – (G) Weizen – (P) Gerste

(P, G – Einsatz von Pflug oder Grubber)

N-Düngung zu Raps:

N1 – 0/0 kg N/ha

N2 – 80/80 kg N/ha

N3 – 120/80 kg N/ha

N4 – 120/120 kg N/ha

Die Parzellenerträge wurden für die Berechnung der Ertragsfunktionen um 10 % reduziert, um eine bessere Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis zu gewährleisten. Anschließend wurden quadratische Funktionen angepasst, und optimale ökonomische N-Düngungsintensitäten zu bestimmen. Die N₂O-Emissionen und das daraus abgeleitete Treibhausgasminderungspotenzial wur-

den entsprechend den Vorgaben und den Default-Werten der Biokraft-NachV bzw. der RED berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Modellkalkulationen auf der Basis des o. g. Fruchtfolgeversuches auf Hohen Schulen belegen, dass Raps nach Leguminosenvorfrucht (FF1) einen deutlich verringerten N-Düngebedarf und damit auch eine bessere THG-Bilanz aufweist als Raps nach Getreidevorfrucht (FF3) (184 kg N/ha zu 265 kg N/ha, Abb. 4). Die berechneten spezifischen THG-Reduktionswerte stellen sich als stetig sinkende Funktionen der N-Düngungshöhe dar (Abb. 4). Demzufolge ergeben sich ohne N-Düngung die höchsten Reduktionen, jedoch gleichzeitig auch die niedrigsten Rapsenerträge. Eine Minderung der spezifischen THG-Emissionen um die geforderten 50% der Biokraft-NachV, macht – bei gegebenen Annahmen - in beiden Fruchtfolgen eine Reduktion der N-Düngungsintensität unter das ökonomisch optimale Niveau notwendig (123 bzw. 150 kg N/ha). Hierdurch reduziert sich der bei dieser N-Düngung erzielbare Ertrag nach der Vorfrucht Erbse nur vergleichsweise gering (4,7 auf 4,5 t/ha) wohingegen bei Vorfrucht Wintergerste eine Reduktion der Erträge von 4,7 auf 3,8 t/ha mit der notwendigen Reduktion der N-Düngung verbunden ist. Im Gegensatz zur N-Düngung veränderten Unterschiede im Energieverbrauch bei den verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug vs. Grubber) das THG-Einsparungspotenzial nur wenig (Daten nicht gezeigt).

Da bei den gezeigten Berechnungen die Default-Werte für Emissionen im Bereich Verarbeitung zugrunde gelegt wurden, können sich jedoch insgesamt günstigere Werte ergeben, wenn der jeweilige Verarbeiter durch eigene Berechnungen darlegen kann, dass er geringere Emissionen verursacht, als nach Default-Wert angenommen. Auf der anderen Seite beruhen die gezeigten Daten auf Erträgen, die auf einem Gunststandort mit hohen Rapsenerträgen erzielt wurden. Bei niedrigerem Ertragsniveau und vergleichbarer N-Düngungshöhe sind höhere, als die gezeigten spezifischen THG Emissionen zu erwarten.

Schlussfolgerungen

Die gezeigten Berechnungen machen deutlich, dass (auch) bei der Verbesserung der THG-Bilanz der Optimierung der N-Düngung zu Raps eine besondere Rolle zukommt. Ansätze hierzu bestehen, z. B. durch Berücksichtigung der im Herbst vom Raps bereits aufgenommenen N-Menge bei der Bemessung der N-Düngung im Frühjahr (Henke et al. 2007). Kritisch zu diskutieren ist in diesem Zusammenhang die N-Düngung zu Raps im Herbst. Weiterhin wird deutlich, dass für Winterraps in Zukunft Fragen der Fruchtfolgegestaltung vermutlich wieder an Bedeutung gewinnen werden. Nach gültigen Berechnungsrichtlinien, ist für organische N-Düngung keine CO₂-Emission durch den Herstellungsprozess anzu-

rechnen. Insofern ergibt sich ein Anreiz zu Raps zumindest teilweise organische N-Dünger einzusetzen. Hierbei gilt es jedoch auch andere Problemkreise im Blick zu behalten (NH₃-Emission, N-Auswaschung). Nach wie vor bestehen auch große Unsicherheiten in der Höhe der Lachgasemissionen im Ackerbau als Funktion von Standort, Produktionstechnik und Witterung. Die derzeit in der Methodik der RED implementierten Emissionsfaktoren (1% des N-Inputs durch Düngung und Ernterückstände entweicht als N₂O + indirekte Emissionen) werden vermutlich der Realität im Einzelfall wenig gerecht (Ruser et al. 2001). Wahrscheinlich besteht eher ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen N-Düngung und Lachgasemission, bei dem erst nach Überschreiten des N-Düngungsoptimums eine maßgebliche Steigerung der Lachgasemissionen erfolgt. Für die Etablierung eines solchen Ansatzes fehlen jedoch zurzeit noch genügend experimentelle Daten.

Implementierung von Mindestanforderungen bzw. Nachhaltigkeitskriterien		
Nachhaltige Landwirtschaft	Schutz von Lebensräumen	THG-Verminderungspotential
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kriterien zur Einhaltung der guten fachlichen Praxis (z. Bsp. Cross Compliance) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Rohstoffanbau auf Flächen <ul style="list-style-type: none"> • mit einem hohen Anteil an gebundenem Kohlenstoff • Mit hoher Biodiversität ▪ Kein Rohstoffanbau auf Flächenstoffe, die bis zum Januar 2008 folgenden Status innehatten: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Feuchtgebiete (inkl. Sumpfgebiete) ▪ Wald ▪ Dauergrünland 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 35% ab Inkrafttreten bzw. ▪ 50% ab 2017 bzw. ▪ 60% ab 2018 für Neuinstallationen mit Inbetriebnahme nach 2016 <p>Im Vergleich zum fossilen Referenzkraftstoff (Diesel oder Ottokraftstoff) → 83,8 gCO₂-Äq./MJ</p>

Abb. 1: In der Biokraftstoffnachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) festgelegte Mindestkriterien für die Produktion nachhaltiger Biokraftstoffe (Quelle: Majer & Oehmichen 2010).

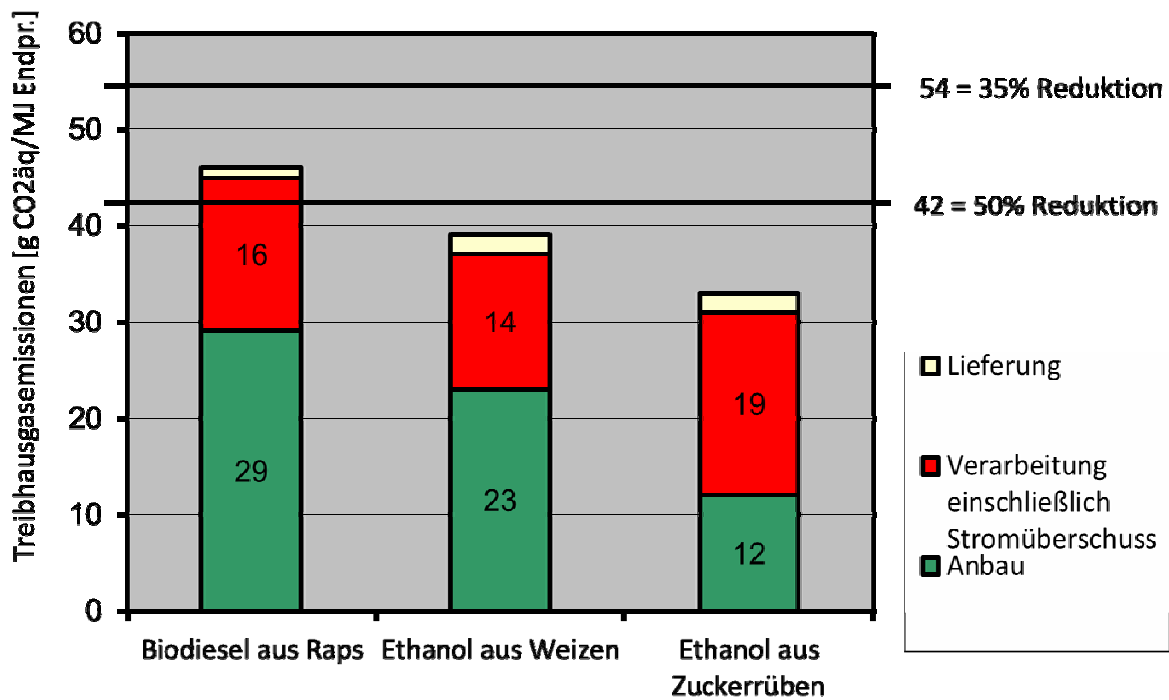


Abb. 2: Typische Werte für spezifische CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Biotreibstoffen im Vergleich zu den Minderungszielen der Biokraftstoffnachhaltigkeitsverordnung (Daten: EU-Directive 2009/28/EC).

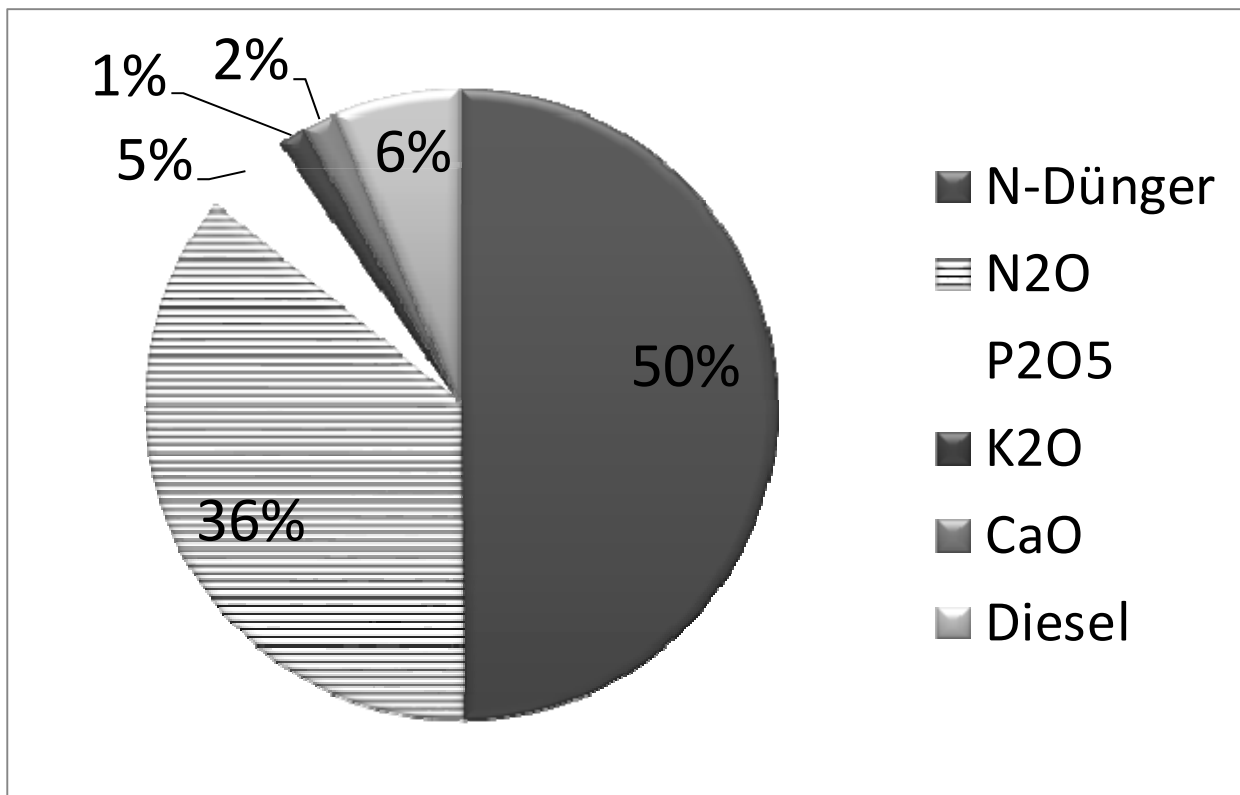


Abb. 3: Relativer Anteil der wesentlichen Inputs beim Rapsanbau an den Gesamtemissionen von Treibhausgasäquivalenten (Annahme: 170 kg N/ha mineralische Düngung).

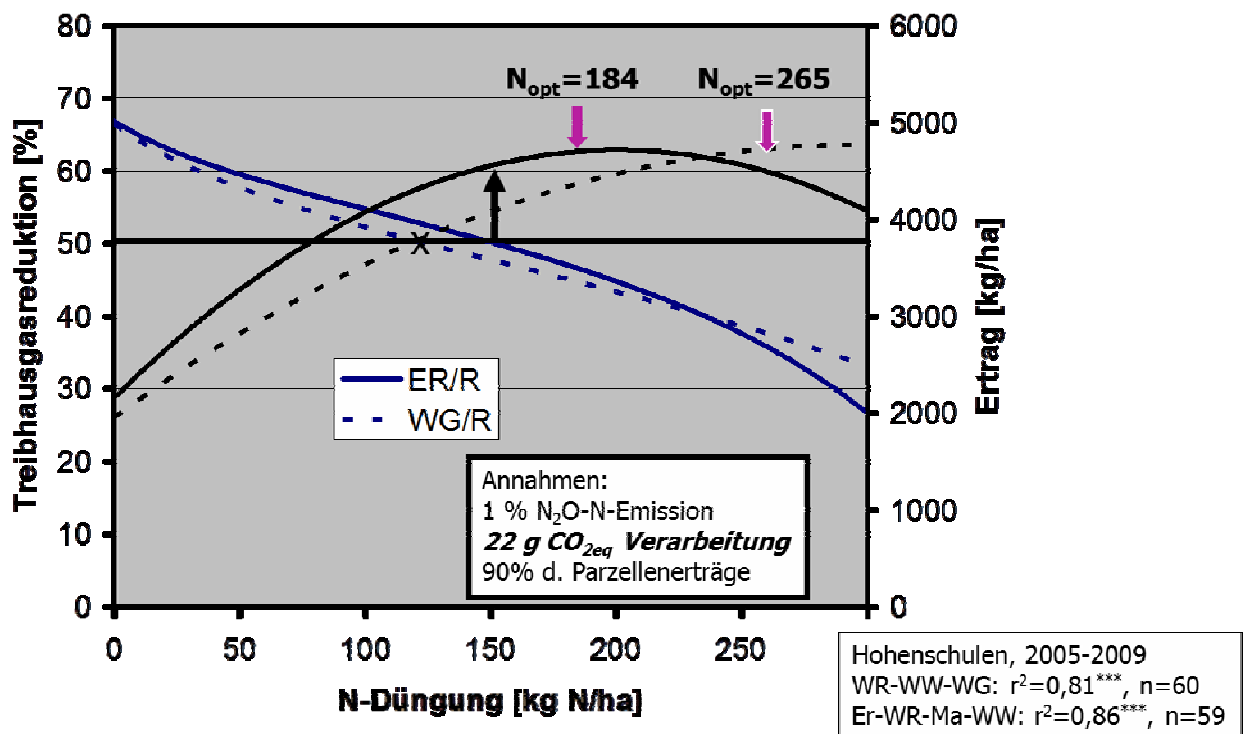


Abb. 4: Einfluss der N-Düngungshöhe auf Rapsenertrag und Treibhausgasreduktion bei Biodieselproduktion in zwei unterschiedlichen Fruchtfolgen. Durchgezogene Linien: Winterraps mit Vorfrucht Erbse, gestrichelte Linien: Winterraps mit Vorfrucht Wintergerste.

Literatur:

Bundesregierung (2011): Energiekonzept.

http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiekonzept/_node.html

EU (2011): Energy Roadmap 2050.

http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf

Henke J., U. Böttcher, D. Neukam, K. Sieling, H. Kage 2008: Evaluation of different agronomic strategies to reduce nitrate leaching after winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using a simulation model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82: 299-314.

Majer S., K. Oehmichen 2010: Mögliche Ansätze zur Optimierung der THG-Bilanz von Biodiesel aus Raps. Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ),

http://www.ufop.de/downloads/Optimierung_der_THG-Bilanz_von_RME.pdf (25.06.2010)

Ruser R., H. Flessa, R. Schilling, F. Beese, J.C. Munch 2001: Effect of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutrient Cycling Agroecosystems* 59: 177-191.

Henke, J., Sieling, K., Kage, H. und Sauermann, W. (2007): Stickstoffdüngung zu Winterraps - N-Mengen im Bestand berücksichtigen. *Raps* 4, 169-172.

Monitoring von Zuchtprogrammen zur Erhaltung der genetischen Variabilität

Dirk Hinrichs, Verena Gonzalez Lopez und Georg Thaller

Institut für Tierzucht und Tierhaltung

Einleitung

Im Bereich der Tierzucht konnte in den letzten Jahrzehnten beobachtet werden, dass es zu einer intensiven Nutzung von verschiedenen biotechnischen Verfahren kam und dass die genetisch-statistischen Methoden immer besser wurden. Ein Nebeneffekt dieser Entwicklungen war, dass die effektive Populationsgröße der meisten landwirtschaftlichen Nutztierpopulationen abnahm. Eine Begleiterscheinung der abnehmenden effektiven Populationsgrößen ist ein gesteigertes Risiko der Verpaarung von verwandten Individuen. Deshalb ist heute ein effektives Management der Inzucht und der genetischen Variabilität enorm wichtig, um die langfristige Stabilität eines Zuchtprogrammes zu gewährleisten.

In dem ersten Teil dieses Beitrages wird eine populationsgenetische Analyse der Pietrain-Herdbuchpopulation in Schleswig-Holstein vorgestellt und anschließend Möglichkeiten zum Management der genetischen Variabilität innerhalb dieser Population aufgezeigt. Die Ergebnisse einer Pedigreeanalyse werden am Beispiel einer Stichprobe der deutschen Holstein Population präsentiert. Abschließend werden, mit Hilfe dieses Beispiels, verschiedene Inzuchtkonzepte vorgestellt und deren Effekt auf die Kalbeverlaufsmerkmale analysiert.

Populationsgenetische Analyse der Pietrain-Herdbuchpopulation in Schleswig-Holstein

Ziel dieser Studie war es, die Populationsstruktur der Rasse Piétrain in Schleswig-Holstein mit einer Schätzung der effektiven Populationsgröße zu analysieren. Zur Verfügung standen die Pedigreedaten aller Herdbuchtiere der Rasse Piétrain in Schleswig-Holstein mit den Geburtsjahren 1978 bis 2009. Für die Schätzung der effektiven Populationsgröße wurde ausgehend von den aktiv gemeldeten Tieren im Dezember 2009, ein Pedigree (2887 Tiere) aufgestellt. Die effektive Populationsgröße wurde anhand drei verschiedener Methoden geschätzt: drifteffektiv nach der Formel von HILL und inzuchteffektiv mittels der Numerator-Relationship-Matrix (NRM) sowie der Uncertain-Parentage-Matrix (UPM), die eine Korrektur bei unbekannter Abstammung durchführt.

Abbildung 1 zeigt die geschätzten Inzuchtkoeffizienten berechnet über die NRM bzw. die UPM von 1990 bis 2006. Bei beiden Methoden ist ein Anstieg der durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten zu beobachten. Die Korrektur bei unbekannter Abstammung (UPM) bewirkt einen steileren Verlauf der Kurve im Vergleich zur NRM. Die höchsten Werte des durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten liegen bei der NRM als auch bei der UPM mit 0,019 bzw. 0,031 im Jahr 2006.

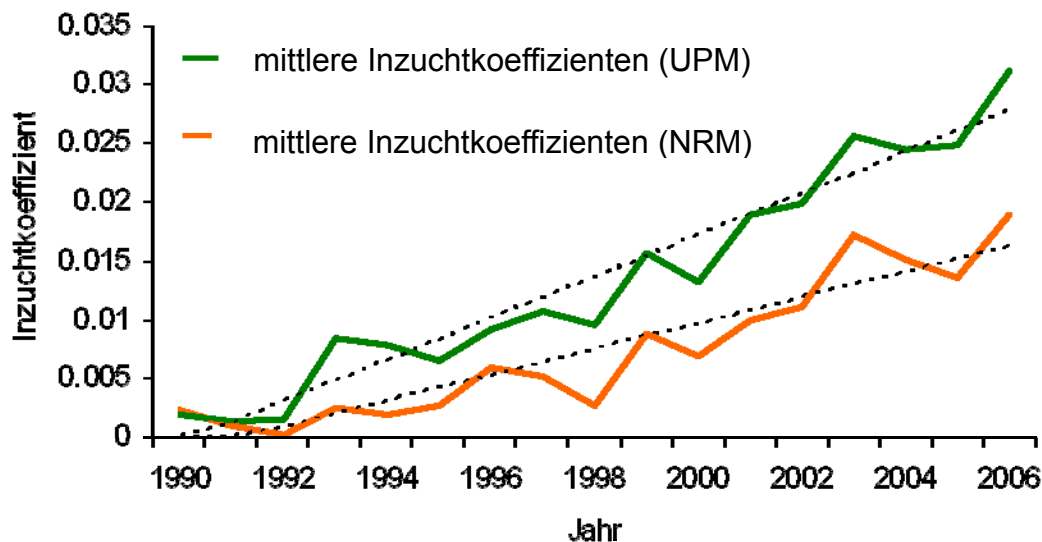


Abbildung 1: Durchschnittliche Inzuchtkoeffizienten von 1990 bis 2006 geschätzt über die Numerator-Relationship_Matrix (NRM) bzw. Uncertain-Parentage-Matrix (UPM).

Die drifteffektive Populationsgröße sank tendenziell von 1990 bis 2006. Der harmonische Mittelwert über die Jahre ergab eine drifteffektive Populationsgröße von 105 Tieren. Die inzuchteffektive Populationsgröße berechnet mittels der NRM lag mit 190 Tieren über der geschätzten drifteffektiven Populationsgröße. Eine Korrektur bei unbekannter Abstammung (UPM Methode) resultierte in einer inzuchteffektiven Populationsgröße von 118 Tieren. Die deutlichen Unterschiede zwischen den beiden inzuchtbasierten Schätzmethoden deuten auf den Einfluss von Importebern hin. Des Weiteren variierte die Varianz in der Familiengröße im Vater-Tochter-Pfad in einigen Jahren extrem stark, da einige Eber überdurchschnittlich häufig eingesetzt wurden.

Managementkonzept zur Erhaltung der genetischen Variabilität in der schleswig-holsteinischen Pietrainpopulation

Basierend auf den Resultaten der Populationsanalyse wurde ein Konzept zur Optimierung des Managements der genetischen Variabilität unter Beachtung des Zuchtfortschrittes entwickelt. Eine zentrale Frage bei dieser Untersuchung war, wie Eber aus Baden-Württemberg in der schleswig-holsteinischen Pietrainpopulation genutzt werden können, da für diese beiden Populationen eine gemeinsame Zuchtwertschätzung durchgeführt wird.

Zur Selektion und Verpaarung von Elitetieren wurde eine Zwei-Stufen Prozess gewählt. Dabei wird im Vergleich mit Anpaarungsstrategien, die alle potentiellen Tiere beinhalten, ein geringerer Rechenaufwand benötigt. Zunächst erfolgte die Selektion der Kandidaten anhand der „optimum contribution selection“ unter Einbeziehung der geschätzten Zuchtwerte der 77 Tiere. Die Anzahl selektierter Eber, bei einer festgesetzten Anzahl von 50 Sauen, sowie der erwartete Zuchtwert der selektierten Eltern wurden am Beispiel verschiedener Begrenzungen der Verwandtschaft dargestellt (siehe Abbildung 2).

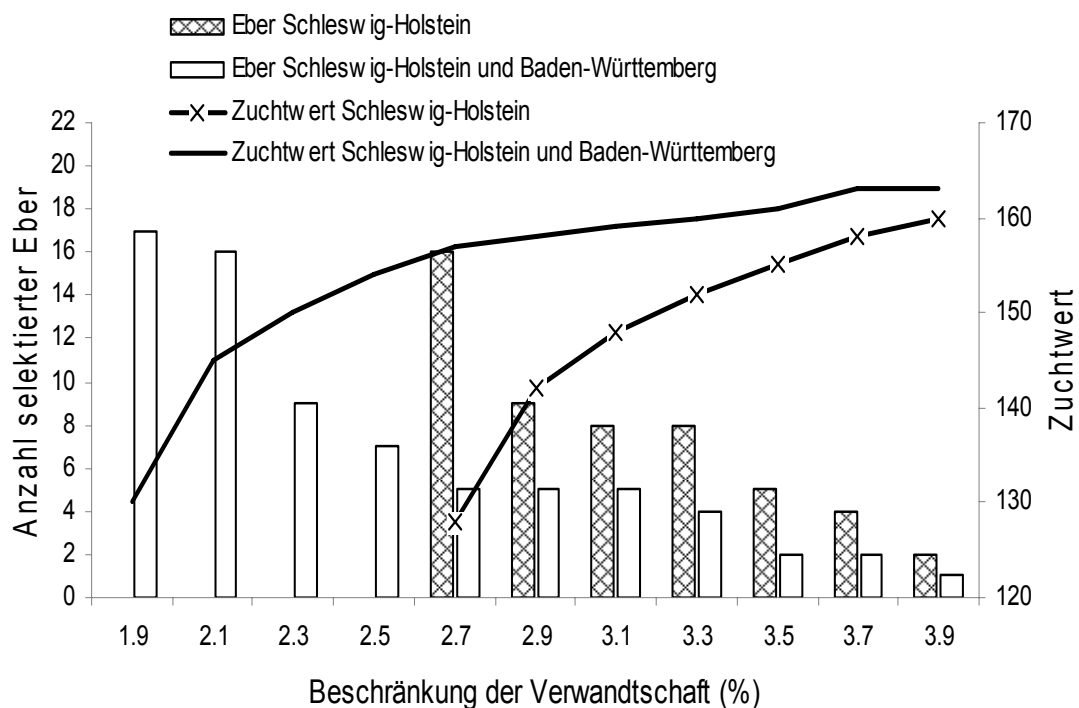


Abbildung 2: Anzahl selektierter Eber und deren durchschnittliche Zuchtwerte bei verschiedenen maximal zulässigen Verwandtschaften zwischen selektierten Ebern.

Grundsätzlich reduzierte sich mit steigender maximal zugelassener Verwandtschaft die Anzahl der selektierten Eber stark. Die Einbeziehung von Ebern aus Baden-Württemberg ermöglichte eine geringere Verwandtschaft in der nächsten Generation bei einem insgesamt höheren maximal zu erwartenden Zuchtwert der selektierten Tiere. Dementsprechend wird der Einsatz von Ebern aus Baden-Württemberg empfohlen. Zur weiteren konkreten Anpaarungsplanung der von Gencont selektierten Tiere mit ihren Beiträgen zur nächsten Generation wurde eine Minimierung der Verwandtschaft zwischen den Paarungspartner anhand des Sippenkoeffizienten mit Hilfe einer linearen Programmierung durchgeführt. Aufgrund der gezielten Anpaarung konnte der durchschnittliche Sippenkoeffizient zwischen den Paarungspartner um mindestens 64% reduziert werden. Die Anwendung des vorgestellten Konzeptes zur Erhaltung der genetischen Variabilität in der Pietrain Herdbuchpopulation in Schleswig-Holstein scheint unter praktischen Bedingungen geeignet zu sein.

Pedigreeanalyse am Beispiel einer Stichprobe der deutschen Holsteinpopulation

Eine charakteristische Eigenschaft der meisten Holsteinpopulationen auf der Welt, ist der intensive Einsatz weniger Spitzenvererber in der Vergangenheit. Dies resultierte in einer drastischen Abnahme der effektiven Populationsgröße auf etwa 80 bis 100. Im Rahmen einer Pedigreeanalyse wurden zwei Referenzpopulationen mit Hilfe einer Stichprobe der deutschen Holsteinpopulation definiert, die aus einem abgeschlossenen Projekt vorhanden war. Zum einen wurden alle Tiere die zwischen 1998 und 2002 geboren wurden zusammen untersucht (Referenz 1) und zum anderen alle Tiere die zwischen 2003 und 2007 geboren wurden. Tabelle 1 zeigt die Ahnen mit dem größten Einfluss auf die beiden Referenzpopulationen.

Zu den in Tabelle 1 gezeigten Zahlen ist noch anzumerken, dass diese sehr gut mit den Ergebnissen von Pedigreeanalysen aus anderen Holsteinpopulationen, zum Beispiel Dänemark oder USA, übereinstimmen.

Tabelle 1: Marginale genetische Beiträge der Ahnen mit den größten Einfluss auf die untersuchten Referenzpopulationen.

Name	Geburtsjahr	Referenz 1	Referenz 2
Elevation	1965	14,3	15,76
Chief	1962	9,82	10,53
Ivanho	1952	5,08	2,44
Cleitus	1981	4,70	3,85
Bell	1974	3,76	6,62
Mutter von Valerian	1966	3,73	3,86
Blackstar	1983	3,64	4,96
Starbuck	1979	3,25	4,88
Aerostar	1980	-	2,18
Fond Matt	1960	2,26	-
Ned Boy	1979	1,68	2,14
Total		52,22	57,22

Tabelle 2: Anzahl effektiver Gründer und Ahnen, sowie Anzahl der Ahnen die erforderlich sind um 50,75, oder 95% des Genpools der Referenz zu erklären.

	Referenz 1	Referenz 2
Effektive Gründer	111,3	92,8
Effektive Ahnen	23,40	19,23
Anzahl der Ahnen die 50% des Genpools erklären	9	7
Anzahl der Ahnen die 75% des Genpools erklären	55	30
Anzahl der Ahnen die 95% des Genpools erklären	745	328

Aus Tabelle 2 wird deutlich, dass in beiden betrachteten Zeiträumen weniger als zehn Tiere nötig waren, um 50 % des Genpools der Referenz zu erklären, was ein eindeutiges Zeichen dafür ist, das in der Holsteinpopulation ein effektives Management der genetischen Variabilität nötig ist.

Zusammenfassung

Ein effektives Management der Inzucht und der genetischen Variabilität wird einer der wichtigsten Punkte in der Organisation von Zuchtprogrammen in der Zukunft sein. Mit der Optimum genetic contribution Selektion steht ein praxisreifes Selektionsverfahren zur Verfügung, welches bei einer vorgegebenen Inzuchtrate den genetischen Fortschritt maximiert. Die Aufgabe der angewandten Tierzuchtforschung in den nächsten Jahren wird sein, das Konzept der Inzucht auf genomischer Ebene zu untersuchen und die neuen Erkenntnisse zeitnah in praktische Zuchtprogramme zu implementieren.

Carry over des Mykotoxins Ochratoxin A in die Milch

R. Blank¹, M. Loeff², M. Mobashar², A. Westphal¹, K.-H. Südekum²

¹Institut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie,
Christian-Albrechts-Universität Kiel

²Institut für Tierwissenschaften, Universität Bonn

Einleitung

Ochratoxine als Metaboliten des Sekundärstoffwechsels verschiedener Pilzarten der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* sind in Jahren mit ungünstigen Lagerbedingungen verbreitete Mykotoxine gemäßiger Klimazonen, insbesondere in Getreide und Getreideprodukten. Bedeutendster Vertreter der Ochratoxine ist das Ochratoxin A, das nephrotoxische, teratogene, carcinogene und immunsuppressive Eigenschaften aufweist. Wiederkäuer sind im Vergleich zum Monogastrier aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus des Gastrointestinaltraktes relativ unempfindlich gegenüber akuten toxischen Effekten von Ochratoxin A (OTA). Dies ist vor allem darin begründet, dass bereits in den Vormägen, also vor dem Ort der eigentlichen Absorption (Dünndarm), OTA weitestgehend (> 90 %) zu dem weniger toxischen Ochratoxin α (OT α) und Phenylalanin hydrolysiert wird (Hult et al., 1976; Ribelin et al. 1978; Müller et al., 1998). In den letzten Jahren konnte jedoch mehrfach gezeigt werden, dass bei hohen Anteilen von Konzentratfuttermitteln in der Ration im Vergleich zu Grobfutter-betonten Rationen, die systemische Verfügbarkeit von OTA beim Schaf deutlich ansteigt (Xiao et al. 1991; Blank et al. 2004). Hohe Anteile an Konzentratfutter in der Ration im Vergleich zu einer Grobfutter-betonten Ration führen beim Wiederkäuer zu einer deutlichen Absenkung des ruminalen pH-Wertes (Krause und Oetzel 2006). Ein Absinken des ruminalen pH-Wertes führt üblicherweise zu einer veränderten Zusammensetzung der ruminalen Mikrobenpopulationen. Insbesondere die Aktivität und Zahl der Protozoen, welche nach Kiessling et al. (1984) eine herausragende Bedeutung bezüglich des ruminalen Abbaus von OTA aufweisen, sinkt bei hohen Anteilen an Konzentratfutter in der Ration.

Aus diesen Befunden kann geschlossen werden, dass hohe Konzentratfutter-Anteile in der Ration einen Anstieg der systemischen Verfügbarkeit von OTA bedingen und somit das Risiko des Auftretens möglicher toxischer Effekte beim Wiederkäuer erhöhen sowie den möglichen Transfer von OTA in das Lebensmittel Milch. Zur Quantifizierung dieses Risikos wurde in dem vorliegenden

Versuch an laktierenden Ziegen der Einfluss einer chronischen Fütterung steigender Dosierungen von OTA, sowie der Zusatz von Bikarbonat, welches eine stabilisierende Wirkung auf den ruminalen pH besitzt, auf die Leistung, systemische Verfügbarkeit, renale Exkretion und den Transfer von OTA in die Milch bzw. in deren Caseinfraktion, die eine wichtige Bedeutung in der Käseherstellung hat, untersucht.

Experimentelle Untersuchung

Für den Versuch standen 10 laktierende Milchziegen der Rasse Weiße Deutsche Edelziege zur Verfügung. Alle Tiere befanden sich in der zweiten Laktationshälfte (> 120 Tage). Die angebotenen Rationen wiesen ein Konzentrat-Grobfutter-Verhältnis von 70:30 auf. Der Versuch gliederte sich in drei Zeiträume. In ersten Zeitraum erhielten beide Gruppen eine OTA-freie Ration, bestehend aus 0,65 kg Heu/Tag und 1,5 kg Konzentratfutter/Tag zur Adaptation an die hohen Konzentratfutteranteile. Im Anschluss daran erhielten die Tiere die gleichen Futtermengen angeboten, allerdings enthielt das Konzentratfutter 1,5 (LOW) oder 2,8 mg (HIGH) OTA je Kilogramm. Nach dreiwöchiger Fütterung mit OTA-kontaminierten Konzentratfutter wurde den Tieren für zwei Wochen ein Konzentratfutter mit den gleichen OTA-Gehalten angeboten, jedoch war dies Konzentratfutter zusätzlich mit Bikarbonat supplementiert (15 g/kg). Das Basis-Konzentratfutter enthielt je Kilogramm 450 g Weizen, 380 g Trockenschnitzel, 150 g Sojaextraktionsschrot, 10 g Sojaöl und 10 g einer Mineralstoff-Vitaminmischung. Die OTA-Gehalte im Konzentratfutter wurden durch den Austausch von nicht kontaminierten gegen OTA-kontaminierten Weizen erzielt. Bikarbonat wurde auf Kosten von entsprechenden Mengen Trockenschnitzel im Konzentratfutter ausgetauscht. Die Fütterung erfolgte 2× täglich. Zu den Fütterungszeiten wurden die Tiere fixiert, damit sichergestellt wurde, dass Sie ihre entsprechende Ration erhalten. Nach der 1-stündigen Fütterungszeit und Erfassung der Futterreste durften die Tiere sich frei im Stall bewegen.

Im gesamten Versuchszeitraum wurden die tägliche Futtermenge sowie die tägliche Milchleistung der Tiere erfasst. In jedem Versuchszeitraum (Tag 11, 26, 30, 34, 40, 44, 48) wurde den Tieren jeweils vor der Morgenfütterung und vor der Abendfütterung eine Blutprobe aus der *vena jugularis* entnommen. An den Tagen 13, 31, 32 und 45, 46 wurden die Tiere in Stoffwechselkäfige aufgestellt und eine quantitative Harnsammlung über 24 bzw. 48 h durchgeführt. OTA und OT α wurden in Blutserum, Harn, Futtermitteln, der Milch sowie in der nach Fällung der Milch erhaltenen Caseinfraktion mittels HPLC analysiert.

In Tabelle 1 sind die Futteraufnahmen, die daraus resultierenden OTA-Aufnahmen und die Milchleistungen der Ziegen dargestellt. Die Futteraufnahmen in der Adaptationsphase waren nicht signifikant verschieden zwischen den Versuchsgruppen. Nach Fütterung des OTA-kontaminierten Konzentratfutters ließen sich jedoch Unterschiede zwischen den beiden OTA-Dosierungen feststellen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Futteraufnahme von Heu und Konzentratfutter nicht signifikant verschieden zur Futteraufnahme in der Adaptationsphase war. Bei gleichzeitiger Fütterung von OTA und Bikarbonat ließen sich ebenfalls Unterschiede bezüglich der OTA-Dosierung für die Konzentratfutter-Aufnahme darstellen, die aber nicht signifikant verschieden zu der Futteraufnahme in der Adaptationsphase waren. Insgesamt lässt sich festhalten, dass sowohl die Fütterung von OTA als auch die Fütterung von OTA und Bikarbonat nur marginal die Futteraufnahme der Ziegen beeinflusst hat. Die Milchleistung der Ziegen war lediglich bei der geringen Dosierungsstufe im Vergleich zur Adaptationsphase signifikant vermindert, ansonsten ergaben sich nur marginale Einflüsse von OTA bzw. OTA und Bikarbonat auf die Milchleistung. Insgesamt ging die Milchleistung über den Zeitraum jedoch leicht zurück.

Tabelle 1: Einfluss unterschiedlicher OTA-Dosierungen und einer Bikarbonat-Supplementierung auf Futteraufnahme und Milchleistung von laktierenden Ziegen (Mittelwert \pm SEM).

	Adaptation	OTA	OTA + NaHCO ₃
<i>Heu (g)</i>			
Low OTA	615 \pm 9	645 \pm 7 ^a	644 \pm 9
High OTA	620 \pm 9	601 \pm 7 ^b	628 \pm 9
<i>Konzentratfutter (g)</i>			
Low OTA	1369 \pm 73	1467 \pm 61 ^a	1460 \pm 73 ^a
High OTA	1267 \pm 73	1275 \pm 61 ^b	1196 \pm 73 ^b
<i>OTA-Aufnahme (mg/d)</i>			
Low OTA	-	2.20 \pm 0.09	2.19 \pm 0.11
High OTA	-	3.57 \pm 0.17	3.35 \pm 0.20
<i>Milchleistung (ml)</i>			
Low OTA	2285 \pm 153 ^A	2113 \pm 150 ^B	2164 \pm 153 ^{AB}
High OTA	2327 \pm 153	2238 \pm 150	2152 \pm 153

A, B Mittelwerte in einer Zeile, die keinen gemeinsamen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant aufgrund der OTA-Dosierung.

a, b Mittelwerte in einer Spalte, die keinen gemeinsamen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant aufgrund der Behandlungen.

Im Blutserum konnte OTA in beiden Dosierungsstufen nachgewiesen werden, wobei der Zeitpunkt der Blutentnahme keinen Einfluss auf die OTA-Konzentrationen im Blut hatte. Die Konzentrationen an OTA im Blut lagen bei der geringen Dosierung bei ca. 3 ng/ml und bei hoher Dosierung bei etwa 10 ng/ml und waren somit deutlich dosisabhängig. Der Zusatz von Bikarbonat hatte in der geringen OTA Dosierung keinen Einfluss auf OTA-Gehalte im Blutserum, bei höherer OTA-Dosierung waren die Konzentrationen an OTA jedoch um die Hälfte reduziert.

In Tabelle 2 sind die Harnmengen sowie die renale Ausscheidung von OTA und dessen Abbauprodukt OT α dargestellt. Die Fütterung von OTA sowie OTA und Bikarbonat hatten keinen Einfluss auf die Gesamt-Harnmenge, die ausgeschieden wurde. Im Harn wurde hauptsächlich OT α nachgewiesen und lediglich geringe Mengen an OTA. Die absoluten Gehalte der Ochratoxine im Harn spiegeln deutlich die Unterschiede zwischen den Dosierungen wider. Allerdings werden diese Unterschiede durch die hohe Variation in der Harnmenge maskiert. Bezogen auf die aufgenommene Dosis an OTA betrug der Anteil an intaktem OTA im Harn ca. 1 - 2 % und war weder von der OTA-Dosierung noch von der Bikarbonat-Supplementierung beeinflusst.

Tabelle 2: Harnmenge und renale Ausscheidung von Ochratoxin A und Ochratoxin α bei laktierenden Ziegen.

	OTA		OTA + NaHCO ₃		SEM
	Low	High	Low	High	
Harnmenge, ml	1576	1052	3271	1107	924
OTA, ng/ml	22,1 ^a	72,3 ^b	20,3 ^a	39,6 ^{ab}	13,8
OT α , ng/ml	615 ^a	1511 ^c	370 ^a	1062 ^b	97
OTA, mg	0,028 ^a	0,068 ^b	0,029 ^a	0,048 ^{ab}	0,013
OT α , mg	0,83 ^a	1,54 ^b	0,72 ^a	1,17 ^{ab}	0,24
OTA, % Aufnahme	1,26	1,90	1,30	1,42	0,39
OT α , % Aufnahme	59,48	68,12	55,14	55,14	7,89
Total, % Aufnahme	60,74	70,06	52,74	56,58	8,05

^{a, b} Mittelwerte in einer Zeile, die keinen gemeinsamen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant.

Mit Ausnahme der Adaptationsphase ließen sich in beiden Phasen, in denen OTA gefüttert wurde, sowohl OTA als auch dessen Abbauprodukt OT α in der Milch nachweisen (Tabelle 3), wobei die Ausscheidung von OT α um das 5-10

fache höher als die Elimination von OTA über die Milch ausfiel. Die Konzentration und die Gesamtausscheidung an OTA und OT α waren deutlich dosisabhängig. Ausgedrückt als % der Gesamtaufnahme zeigte sich jedoch kein signifikanter Effekt der Dosierung von OTA. Der Zusatz von Bikarbonat hatte keinen Einfluss auf das Ausscheidungsverhalten von OT α über die Milch. Die Ausscheidung von OTA über die Milch war bei Bikarbonatsupplementierung im Vergleich zur alleinigen OTA-Fütterung signifikant um die Hälfte reduziert.

Tabelle 3: Ausscheidung von Ochratoxin A und Ochratoxin α über die Milch bei laktierenden Milchziegen.

	<u>OTA</u>		<u>OTA + NaHCO₃</u>	
	Low	High	Low	High
<i>Milch</i>				
OT α , ng/ml	1,11 \pm 0,09 ^a	1,89 \pm 0,09 ^b	1,23 \pm 0,11 ^a	2,17 \pm 0,11 ^b
OTA, ng/ml	0,16 \pm 0,02 ^a	0,27 \pm 0,02 ^c	0,07 \pm 0,02 ^b	0,15 \pm 0,02 ^a
OT α , μ g/d	2,43 \pm 0,28 ^a	4,65 \pm 0,28 ^b	2,49 \pm 0,32 ^a	4,71 \pm 0,32 ^b
OTA, μ g/d	0,35 \pm 0,04 ^a	0,61 \pm 0,04 ^b	0,13 \pm 0,05 ^c	0,32 \pm 0,05 ^a
OT α , % Aufnahme	0,17	0,20	0,18	0,22
OTA, % Aufnahme	0,016 ^a	0,017 ^a	0,006 ^b	0,009 ^b
<i>Casein</i>				
OT α , ng/g	13,3 \pm 2,6 ^a	21,9 \pm 2,6 ^b	13,5 \pm 2,9 ^a	23,7 \pm 2,9 ^b
OTA, ng/g	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

^{a, b} Mittelwerte in einer Zeile, die keinen gemeinsamen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant.

Weiterhin wurde die nach Fällung erhaltene Caseinfraktion der Milch auf OTA und OT α untersucht, weil wegen der höheren Trockenmasse- und Fettgehalte in dieser Fraktion mit einer selektiven Anreicherung von OTA und OT α zu rechnen ist (Tabelle 3). Die Gehalte an OT α in der Caseinfraktion waren deutlich von der OTA-Dosierung beeinflusst, die Supplementierung von Bikarbonat hatte jedoch keinen Einfluss auf die OT α -Konzentrationen in der Caseinfraktion. Im Gegensatz dazu konnte in keiner der nach Fällung erhaltenen Caseinfraktionen OTA nachgewiesen werden.

Diskussion

Die beobachteten Ergebnisse zur Futteraufnahme und Milchleistung bei Milchziegen bestätigen vorhergegangene Untersuchungen an Kühen, Ziegen und Schafen (Ribelin et al. 1978). Demnach führen geringe bis mittlere Dosen von OTA zu keiner oder nur geringen Reduktionen der Futteraufnahme und Milchleistung. Ursächlich hierfür dürfte vor allem der ruminale Abbau von OTA zum nicht toxischen OT α und die damit verbundene geringere systemische Verfügbarkeit von OTA im Vergleich zum Monogastrier verantwortlich sein. Es muss an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen werden, dass im vorliegenden Versuch vor allem die Konzentratfutteraufnahme bei OTA-Fütterung gesunken ist. Da der Konzentratfutter-Anteil in der Ration so hoch war, kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass die Tiere aufgrund einer Pansen-pH-Wert-Absenkung kurzfristig die Futteraufnahme einstellten und lediglich das Heu aufnahmen. Da dieses Verhalten tierindividuell sehr unterschiedlich sein kann, ist dies auch eine Erklärung dafür, dass einige Tiere immer die Gesamtmenge aufnahmen, während andere an manchen Tagen die Konzentratfutteraufnahme vollständig eingestellt haben.

Die im Blut und im Harn nachgewiesenen Mengen an intaktem OTA unterstützen die bereits in früheren Untersuchungen gefundenen Ergebnisse (Xiao et al. 1991; Höhler et al. 1999; Blank et al. 2003, Blank und Wolffram 2009) und bestätigen, dass trotz des umfangreichen ruminale Abbau von OTA signifikante Mengen an OTA bei Fütterung von Rationen mit hohen Konzentratfutteranteilen in den systemischen Kreislauf gelangen. Hierfür dürfte vor allem der verminderte Abbau aufgrund der veränderten mikrobiellen Populationen in den Vormägen verantwortlich sein sowie eine schnelle Passagerate des Futters durch den Verdauungstrakt im Vergleich zu grobfutterbetonten Rationen (Blank et al. 2003). Zum andern steigt die Absorption von OTA bei niedrigen pH-Werten an (Kumagai 1988). Da konzentratfutterbetonte Rationen zu einer deutlichen Absenkung des ruminale pH-Wertes führen, könnte auch eine erhöhte Absorption von OTA aus den Vormägen für die erhöhte systemische Verfügbarkeit verantwortlich sein. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass bis dato keine Arbeiten zur Absorption von OTA aus den Vormägen vorliegen. Allerdings konnte in früheren Untersuchungen am Schaf gezeigt werden, dass OTA bereits eine halbe Stunde nach Verabreichung im Blut erscheint, was eine Absorption aus den Vormägen möglich erscheinen lässt (Blank und Wolffram 2009).

Die Supplementierung von Bikarbonat hatte keinen Einfluss auf die renale Elimination von OTA und OT α sowohl hinsichtlich der ausgeschiedenen Menge als auch des Verhältnisses der beiden Ochratoxine zueinander. Die Fütterung von Bikarbonat hat aufgrund seiner puffernden Wirkung vor allem eine Pansen-pH-

steigernde Wirkung und wird daher vor allem als Zusatz bei konzentratfütterreichen Rationen genutzt (Staples and Lough 1989). Eine Anhebung des ruminalen pH-Wertes durch Bikarbonat hätte demnach möglicherweise eine Aktivitätsminderung ruminaler Mikrobenpopulationen entgegenwirken, den Abbau von OTA steigern und eine Absorption von OTA aus dem Pansen senken können. Da sich aber bezüglich der Ausscheidung von intaktem OTA keine Unterschiede im Harn nachweisen ließen, muss davon ausgegangen werden, dass die Bikarbonat-Zulage keinen oder einen nur sehr geringen Einfluss auf den pH-Wert bzw. den Abbau von OTA hatte. Allerdings ist anhand der erniedrigten Konzentration an OTA im Blut festzustellen, dass zumindest in der hohen OTA Dosierung möglicherweise Bikarbonat doch eine gewisse Wirksamkeit aufwies. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass bisherige Untersuchungen zur Supplementierung von Bikarbonat zur Erhöhung des Pansen-pH eine hohe Streuung aufwiesen und dessen Einsatz nicht in jedem Fall erfolgreich ist (Staples and Lough 1989).

Die Analyse der Milchproben ergab signifikante Gehalte an OTA und $OT\alpha$, so dass von einem deutlichen Transfer von OTA in die Milch auszugehen ist. Der Übergang in die Milch von OTA, ausgedrückt in % der aufgenommenen Dosis, betrug 0,017 %. Nip und Chu (1979) fütterten radioaktiv markiertes OTA in einer einmaligen Dosierung von 0,5 mg/kg Körpergewicht an laktierende Ziegen und kamen zu dem Ergebnis, dass ca. 0,03 % der aufgenommenen Dosis als freies OTA über die Milch eliminiert werden. Die Fütterung von Bikarbonat führte zu einer deutlichen Reduktion des Überganges von OTA in die Milch, $OT\alpha$ war davon jedoch unbeeinflusst. Wie bereits erwähnt, ist ein erhöhter Abbau von OTA aufgrund eines stabilisierten pH-Wertes in den Vormägen zumindest bei hoher OTA-Zulage anhand der Konzentration von OTA im Blut erkennbar, sodass ein verringerter Übergang in die Milch aufgrund eines erhöhten Abbaus von OTA möglich erscheint. Dass die $OT\alpha$ -Konzentrationen in Harn und Milch sich nicht entsprechend änderten, dürfte vor allem auf die relativ geringen Mengen an $OT\alpha$ zurückzuführen sein, die zusätzlich entstehen würden. Daneben kann eine zusätzliche Bikarbonatgabe zu einer alkalotischen Stoffwechsellage führen, die mit einer leichten Erhöhung des Blut-pH-Wertes einhergeht. Für die Niere ist beschrieben, dass ein niedriger bzw. höherer pH-Wert im Harn zu einer erhöhten bzw. verminderten Rückresorption von OTA aus den Nierentubuli führen (Blank und Wolfram 2004). Ob ein erhöhter Blut-pH-Wert die Rückresorption aus der Milch zurück ins Blut fördert, ist bisher nicht untersucht worden. Neben der Milch wurden die OTA- und $OT\alpha$ -Gehalte im Caseinpräzipitat untersucht, welches die wichtigste Fraktion für die Käseherstellung darstellt. Aufgrund der höheren Trockenmasse- und Fettgehalte in dieser Fraktion wurde von einer selektiven Anreicherung von OTA in dieser Fraktion

ausgegangen. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass nur OT α in der Caseinfraktion nachweisbar war. Die Caseinfällung ist üblicherweise eine Säurefällung, daher ist aufgrund der höheren Protonenkonzentration davon auszugehen, dass proteingebundenes OTA aufgrund der Denaturierung des Eiweißes freigesetzt wird. Hinzu kommt, dass OTA bei niedrigen pH-Werten in der nicht-dissoziierten Form vorliegt, welche eine hohe Löslichkeit aufweist und somit wahrscheinlich in der Molke verbleibt. Eine Analyse der Molke auf OTA wurde nicht durchgeführt. Das OT α war, obwohl es wesentlich besser wasserlöslich ist, in der Caseinfraktion angereichert.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Fütterung von OTA an Wiederkäuer in den Mengen von 2 - 4 mg/Tag keine bzw. nur geringe gesundheitliche Einschränkungen für das Tier mit sich bringt. Für milchproduzierende Wiederkäuer sollte jedoch beachtet werden, dass signifikante Mengen an OTA in die Milch übergeben und somit auch in Lebensmittel gelangen können. Deshalb sollte prinzipiell eine Fütterung von OTA-kontaminierten Futtermitteln an lebensmittelliefernde Wiederkäuer unterbleiben.

Literatur

- Blank R., Rolfs J.-P., Südekum K.-H., Frohlich A.A., Marquardt R.R., Wolfram S. 2003. Effects of chronic ingestion of ochratoxin A on blood levels and excretion of the mycotoxin in sheep. *J. Agric. Food Chem.* 51: 6899-6905.
- Blank, R., Rolfs, J.-P., Südekum, K.-H., Frohlich, A.A., Marquardt, R.R., Wolfram, S. 2004. Effect of roughage:concentrate ration in the diet on systemic availability and excretion of ochratoxin A in sheep. *J. Anim. Feed Sci.* 13 (Suppl. 1): 673-676.
- Blank R., Wolfram S. 2004. Alkalinization of urinary pH accelerates renal excretion of ochratoxin A in pigs. *J. Nutr.* 134, 2355-2358.
- Blank, R., Wolfram, S. 2009. Effects of live yeast cell supplementation to high concentrate diets on the toxicokinetics of ochratoxin A in sheep. *Food Addit. Contam. A* 26:119-126
- Höhler, D., Südekum, K.-H., Wolfram, S., Frohlich, A.A., Marquardt, R.R., 1999. Metabolism and excretion of ochratoxin A fed to sheep. *J. Anim. Sci.* 77:1217-1223.
- Hult, K., Teiling, A., Gatenbeck, S. 1976. Degradation of ochratoxin A by a ruminant. *Appl. Environ. Microbiol.* 32: 443-444.
- Kiessling, K.-H., Petterson, H., Sandholm, K., Olsen, M.. 1984. Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 1070-1073.
- Krause, K.M., Oetzel, G.R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126: 215-236.
- Kumagai, S. 1988. Effects of plasma ochratoxin A and luminal pH on the jejunal absorption of ochratoxin A in rats. *Food. Chem. Toxicol.* 26: 753-757.

- Müller, H.-M., Lerch, C., Müller, K., Eggert, W. 1998. Kinetic profiles of ochratoxin A and ochratoxin α during in vitro incubation in buffered forestomach and abomasal contents from cows. *Nat. Toxins* 6: 251-258.
- Nip, W.K., Chu, F.S. 1979. Fate of ochratoxin A in goats. *J. Environ. Sci. Health. B* 14: 319-333.
- Ribelin, W.E., Fukushima, K., Still, P.E. 1978. The toxicity of ochratoxin A to ruminants. *Can. J. Comp. Med.* 42: 172-176.
- Staples, C.R., Lough, D.S. 1989. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23: 277-303.
- Xiao, H., Marquardt, R.R., Frohlich, A.A., Philipps, G.D., Vitti, T.G. 1991a. Effect of a hay and a grain diet on the bioavailability of ochratoxin A in the rumen of sheep. *J. Anim. Sci.* 69: 3715-3723.

Neue Ansätze in der Kälberaufzucht

Steffi Wiedemann¹, Hans-Jürgen Kunz² und Martin Kaske³

¹Institut für Tierzucht und Tierhaltung

²Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, LVZ Futterkamp

³Klinik für Rinder, Tierärztliche Hochschule Hannover

Die Wirtschaftlichkeit der Milch- und Fleischproduktion wird entscheidend durch eine erfolgreiche und zügige Aufzucht von Jungrindern beeinflusst. Die Kälberverluste durch Totgeburten liegen in Schleswig-Holstein bei ca. 8-10 %. Weitere 5 - 10 % aller lebend geborenen Kälber verenden innerhalb der ersten Lebenswochen insbesondere durch klassische Durchfall- und Lungenerkrankungen (1). Doch sind nicht nur diese unmittelbaren Totalverluste problematisch, sondern es ergeben sich durch chronische Jungtiererkrankungen in den ersten Lebenswochen auch Verzögerungen in der körperlichen Entwicklung der Tiere („Kümmerer“). Es ist zu beachten, dass nur gesunde und vitale Kälber ihr hohes genetisches Wachstums- und Leistungspotential voll ausschöpfen können. So entspricht aus Sicht des körperlichen Wachstums und der Entwicklung fähiger reproduktiver Organe und des Eutergewebes ein Erstkalbealter von 24-26 Monaten der biologischen Veranlagung der Holstein-Kuh (2,3). Ferner zeigen Untersuchungen, dass die Milchleistung in der ersten Laktation über einen weiten Bereich negativ mit dem Erstkalbealter korreliert ist; die höchste Leistung erreichen Erstkalbinnen bei einer Abkalbung im Alter von etwa 24 Monaten; dies gilt auch für die Lebensleistung (4). In Schleswig-Holstein liegt das Erstkalbealter einer durchschnittlichen Färse allerdings bei 29,4 Monaten und trotz leicht steigender Tendenz werden nur ca. 21 % aller Schwarzbunten zum empfohlenen Zeitpunkt erfolgreich belegt (5). Die Zielgewichte zur ersten Belegung sollten bei etwa 60 % des Endgewichtes der Holstein-Friesian Tiere liegen (ca. 420 kg). Die im ersten Lebensjahr angestrebten Zunahmen von 800-900 g pro Tag werden jedoch in der landwirtschaftlichen Praxis bei weit verbreiteten Zunahmen von lediglich 600 bis 650 g häufig nicht erreicht. Dies ist neben einzelbetrieblichen und regionalen Besonderheiten häufig bedingt durch Verzögerungen im Wachstum erkrankter Jungtiere während der Tränkeperiode. Hier gilt es Mängel im Fütterungs- und/oder Handlungsmanagement gezielt zu erkennen und abzustellen.

Schon die Fütterung der trächtigen Kuh hat entscheidende Auswirkungen auf den Geburtsverlauf und damit auf die Vitalität des Neugeborenen. Hier ist insbesondere auf eine adäquate Nährstoffzufuhr im letzten Drittel der Trächtigkeit zu achten, um Verfettungen der Geburtswege und somit Schweregeburten zu vermeiden. Weiterhin empfiehlt es sich, die Versorgung der Tiere (hauptsächlich weidender Färsen) mit Spurenelementen und Vitaminen zu überprüfen. So führt z.B. ein Mangel an Selen zur Häufung von Geburten trinkschwacher und festliegender Kälber. Bei hochtragenden weidenden Tieren ist die Selenversorgung vom Selengehalt des jeweiligen Bodens abhängig. Dem bei mehrkalbigen Kühen häufig auftretende Problem der Hypocalcämie ist durch geeignete Präventivmaßnahmen entgegenzutreten. Da Hypocalcämien auch das Risiko für weitere Erkrankungen des Muttertieres im Laktationsverlauf stark erhöhen, hat eine gezielte ante partale Vorbereitung der Calciummobilisationsfähigkeit im Körper einen hohen Stellenwert.

Durchfallerkrankungen in den ersten Lebenswochen der Kälber sind in der Regel durch infektiöse als auch nicht-infektiöse Faktoren verursacht. Zu den infektiösen Ursachen zählen insbesondere die Rota- und Coronaviren, *E. coli*-Bakterien und die Kryptosporidien, wobei Rotaviren und Kryptosporidien die wichtigsten Erreger sind. So ergaben Untersuchungen für Kryptosporidien in diversen deutschen Regionen eine durchschnittliche Prävalenz bei jungen Kälbern zwischen 20 % und 50 % (6). Profuse Durchfälle werden bei Kälbern am häufigsten in der zweiten Lebenswoche beobachtet, doch das Neugeborene kann sich bereits kurz nach der Geburt mit pathogenen Keimen infizieren. So bietet insbesondere ein unhygienischer und feuchter Abkalbebereich ideale Voraussetzungen für eine schnelle Ansteckung. Auch die gleichzeitige Nutzung der Abkalbebox als Krankenbox führt zu einer massiven Kontamination der Umgebung, in die das Kalb ohne bestehenden Immunschutz geboren wird.

Zum Aufbau einer baldigen passiven Immunabwehr ist die frühestmögliche Versorgung mit dem Erstgemelk des Muttertieres die mit Abstand wichtigste und effektivste Maßnahme. So können etwa 30 % aller Todesfälle bei Kälbern innerhalb der ersten drei Lebenswochen auf eine unzureichende Kolostrumversorgung zurückgeführt werden (7). Die erste Verabreichung von mind. 2 Litern Kolostrum sollte innerhalb der ersten zwei Lebensstunden erfolgen, weitere 2 Liter sollten in der nächsten Melkzeit (nach 10-12 h) vertränkt werden. In diesem Zeitfenster können die großmolekularen Immunglobuline die Darmschranke des Kalbes noch passieren und in die Blutbahn des Kalbes gelangen. Bereits zwei bis sieben Stunden nach Aufnahme von Kolostrum sind beachtliche Antikörpermengen im Blut nachweisbar. Grundsätzlich gilt, je mehr Erstgemelk das Kalb aufnimmt, umso besser (8). Auffallend sind auch die langfristigen Effekte

des Kolostrums. Eine verstärkte Fütterung von Kolostrum, auch über die ersten sieben Lebenstage hinaus, unterstützt die Entwicklung und Funktion des Verdauungssystems, beeinflusst das Auftreten von Durchfall- und Atemwegserkrankungen positiv und führt neben einer höheren Gewichtszunahme der Kälber auch zu einer besseren Laktationsleistung (9,10). Dies lässt sich neben der erhöhten Nährstoffzufuhr, auf die Wirkung von nicht-nutritiven, biologisch aktiven Substanzen zurückführen.

Es wird daher insbesondere für Problembetriebe empfohlen, vom Erstgemelk noch 0,5 – 1,0 Liter täglich über einen längeren Zeitraum zu vertränken. Auch bei Durchführung einer Muttertiervakzination gegen im Stall vorkommende Erreger sollte über einen längeren Zeitraum Erstgemelk vertränkt werden. Wichtig ist jedoch, dass dieses eingesetzte Kolostrum möglichst frühzeitig ermolken wurde, da bereits nach 24 Stunden eine Halbierung der Konzentration der schützenden Antikörper in der Milch nachzuweisen ist.

Da Milchkühe in der Regel mehr Kolostralmilch produzieren, als das eigene Kalb aufnehmen kann, ist der Aufbau einer gefrorenen Kolostrumreserve, mit Kolostralmilch von hoher Qualität möglich und sinnvoll (11). Im Bedarfsfall, zum Beispiel bei Krankheit oder Tod einer Kuh, verfrühter Abkalbung, oder längerfristige Fütterung des Kalbes, usw. kann die Kolostralmilch wieder aufgetaut und zur passiven Immunisierung des betroffenen Kalbes genutzt werden. Hierfür sollte ausschließlich Kolostrum von hervorragender Qualität eingefroren werden, da es durch schnelles Auftauen im zu heißen Wasserbad (60 °C), ebenso wie in der Mikrowelle (250 Watt, 15 min) zu Verlusten von ca. 20 % der Immunglobuline kommt (12). Für den Praxisgebrauch kann die Qualität des Kolostrums anhand eines sog. Kolostrometers („Biestmilchtester“; ca. 20 Euro) gut abgeschätzt werden. Diese Glasspindel benötigt jedoch ein hohes Volumen an Biestmilch (500 ml), eine vom Hersteller empfohlene Temperatur von 14 - 30 °C und eine aufgrund der Zerbrechlichkeit behutsame Reinigung. Bevor das Kolostrometer in das Kolostrum eingetaucht wird, sollte der entstandene Schaum so gut es geht entfernt werden, um das Ergebnis auf der Skala besser ablesen zu können (farbliche Ampelmarkierung; nur grün ist zu empfehlen). Eine weitere gute Schätzmethode für die Praxis ist der Einsatz eines Refraktometers (manuell oder digital; 30 - 300 Euro). Der Einsatz manueller Geräte erfordert allerdings in eigenen Untersuchungen einen Verdünnungsschritt des Erstgemelks (5 mL Biestmilch : 5 mL Wasser). Ein Refraktometer bietet gleichzeitig den Vorteil, dass sich hiermit auch vor Ort das gesamte Kolostrum-Management auf dem Betrieb durch die Bestimmung des Eiweißgehaltes im Serum der Kälber (6 – 12 Tiere, >24 Stunden, < 10 Tage) abschätzen lässt. Bei

guter Versorgung sollten >55 g/L Gesamtprotein im Serum nachgewiesen werden.

Neben der optimalen Kolostrumversorgung ist für die Prophylaxe von Durchfall- und Atemwegserkrankungen eine adäquate Haltung der Kälber bedeutsam. Um Infektionen der Neugeborenen zu minimieren, sollten diese so früh wie möglich vom Muttertier getrennt werden. Für die weitere Haltung der Kälber sind zahlreiche Varianten auf dem Markt erhältlich (z. B. Außenklimastall oder Warmstall; Einzelhaltung oder Gruppenhaltung, usw.). In Kürze: Es hat sich die Einzelhaltung in Igluboxen im Außenbereich für die ersten Lebenswochen als beste Aufstallung zur Infektionsprophylaxe erwiesen. Kälber ab der dritten Lebenswoche sollten in Gruppen auf Stroh gehalten werden. Hier ist insbesondere auf die Konzentrationen von Staub und Schadgasen unmittelbar auf „Nasenhöhe“ der Kälber zu achten. Eingehende betriebsspezifische Beratungen durch Spezialisten können durch die Auswahl der geeigneten Haltungsform zum Erfolg beitragen.

Ein häufig in der Praxis unterschätzte Maßnahme zur Minimierung des Infektionsdruckes ist die Anwendung geeigneter Reinigungs- und Desinfektionsverfahrens des Haltungsbereiches. Insbesondere zur Vorbeuge von Kryptosporidien sind gezielte Maßnahmen essentiell, da nur wenige Desinfektionsmittel auch gegen diese Protozoen wirken (Desinfektionsmittelliste der DVG für die Tierhaltung; www.dvg.net).

Eine zügige Entwicklung der Kälber setzt weiterhin eine ausreichende Fütterungsintensität voraus. Als zentrales Paradigma der Jungrinderaufzucht galt über Jahrzehnte, dass Vollmilch (VM) bzw. Milchaustauscher (MAT) als teure, hygienisch problematische und arbeitsaufwändige Futtermittel in möglichst geringen Mengen eingesetzt werden sollten. Weiterhin wurde postuliert, dass eine zur freien Verfügung (*ad libitum*) angebotene Fütterung mit VM/MAT zu einer reduzierten bzw. späteren Pansenentwicklung aufgrund einer verzögerten Aufnahme von festem Futter führt (z. B. 13). Andererseits aber bedingt die restriktive Fütterung von VM/MAT äußerst geringe tägliche Zunahmen der Aufzuchtskälber während der Tränkeperiode und einen Entwicklungsrückstand spezifischer Gewebe, der durch das kompensatorische Wachstum in den späteren Lebenswochen häufig nicht oder nur durch höhere unerwünschte Fetteinlagerungen ausgeglichen werden kann. Eine erhöhte Energiezufuhr erst nach der Tränkeperiode zwischen dem 3. und 11. Lebensmonat führt zudem zu einem verringerten Wachstum der milchbildenden Zellen des Euters in Relation zum Körpergewicht (2,3). Dies könnte das verringerte Milchbildungspotential überkonditionierter

Färsen erklären (15,14). Zusätzlich zeigen nach der Geschlechtsreife verfettete Färsen eine reduzierte Futteraufnahme und eine erhöhte Stoffwechselbelastung.

In den letzten Jahren durchgeführte eigene und internationale Studien mit weiblichen Aufzuchtieren zeigen, dass eine intensive Fütterung in den ersten Lebenswochen die Kondition der Jungrinder kurz- bis langfristig verbessert (zusammengefasst in (16,17,18).

Tab. 1: Effekte einer intensiveren Fütterung von Kälbern in den ersten Lebenswochen (17)

Parameter	Effekt
Tränkeperiode	
Nährstoffversorgung (Tränke + Festfutter)	↑
Aufnahme Kälberstarter	↓
Gewichtszunahme	↑
Größenwachstum (Widerristhöhe, Brustumfang, Hüftweite)	↑
Effizienz der Futtermittelverwertung	↑
Weitere Aufzuchtperiode	
Nährstoffversorgung (Tränke + Festfutter)	↔
Aufnahme Kälberstarter	↔
Gewichtszunahme	↔
Größenwachstum (Widerristhöhe, Brustumfang, Hüftweite)	↑
Effizienz der Futtermittelverwertung	↔
Langfristige Effekte	
Entwicklung des Eutergewebes	↑
Erstkalbealter	↑
Milchleistung in der 1. Laktation	↑
Gesundheit	
Kotkonsistenz	↔
Aufzuchtverluste	↓
Pansenentwicklung	↔
Blutparameter	
Glucose	↔
beta-Hydroxybutyrat	↔
Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor	↑
Verhalten	
Tränkeaufnahmezeit	↑
Liegezeiten (Ruhe)	↑
Lautäußerungen	↓
Besaugen	↓
Spielverhalten	↑

Bereits in früheren Untersuchungen am Institut für Tierzucht und Tierhaltung wurde mit Daten der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein gezeigt, dass die Aufzuchtverluste bei verfütterten VM-Mengen von weniger als 60 Litern pro Kalb um mehr als einen Prozentpunkt höher lagen als bei Vertränkung von mehr als 60 L (10,4 bzw. 9,1%). In eigenen Untersuchungen am LVZ Futterkamp tranken in Übereinstimmung mit der Literatur beispielsweise 100 weibliche Holstein-Friesian Kälber von der zur freien Verfügung angebotenen Milch in den ersten 28 Lebenstagen im Mittel ca. 8-10 L/Tag (ca. 20 % des Körpergewichtes); dies war nahezu die doppelte Menge der von den restriktiv gefütterten Kälbern aufgenommenen Volumina (4-6 L/Tag, 10 % des Körpergewichtes). Die höhere Fütterungsintensität steigerte sowohl in dieser als auch in weiteren Untersuchungen die täglichen Zunahmen während der Tränkeperiode auf über 800 g, erhöhte die Futtermittelverwertung und erniedrigte das Auftreten von Krankheiten (17,18). Weiterhin konnte in mehreren internationalen Studien ein positiver langfristiger Einfluss einer höheren Fütterungsintensität in den ersten Lebenswochen bei anschließend identischen Fütterungsbedingungen auf die Milchleistung in der ersten Laktation (bis + 1.250 kg) im Vergleich zu restriktiv getränkten Kälbern gezeigt werden (zusammengefasst in 16). Eine amerikanische Studie führte u.a. auch eine ökonomische Bewertung des früheren Erstkalbealters (-0,5 Monate) und der gefundenen höheren Milchleistung in der ersten Laktation (+ 291 kg Milch) ihrer *ad libitum* gefütterten Kälber durch und errechnete keine höheren Kosten für die intensive Aufzucht unter nordamerikanischen Verhältnissen (19). Für Schleswig-Holstein und andere Bundesländer sind bislang keine umfangreichen Kostenrechnungen bekannt.

Auch für männliche Kälber des LVZ in Futterkamp zeigten sich positive Entwicklungen durch das *ad libitum* Angebot von Milchtränke über die ersten drei Lebenswochen im Sinne einer höheren Tageszunahme in diesem Zeitraum (*ad libitum* vs. restriktiv gefüttert: 1.246 ± 233 vs. 380 ± 142 g/Tag) und ein tendenziell verringertes Auftreten von Durchfallerkrankungen (68 % vs. 88 %) (20,21). Ein erheblicher Teil der restriktiv gefütterten Kälber zeigte in den ersten Wochen sogar überhaupt keine nennenswerten Zunahmen und befindet sich kurzfristig in einer katabolen Stoffwechsellage, die durch höhere Blutspiegel der nicht-veresterten Fettsäuren zum Ausdruck kommt (21). Die nach der Versuchsperiode auftretenden Unterschiede in den Körpergewichten ($110,4 \pm 10,2$ vs. $91,7 \pm 9,6$ kg nach 10 Lebenswochen) waren auch zum Zeitpunkt der Schlachtung mit 8 Monaten (Rosé-Mast) bei den im weiteren Verlauf nicht lungenkranken Kälbern noch nachweisbar (Differenz im Mittel ca. 20 kg; Maccari, persönliche Mitteilung).

Schließlich kann die Bedeutung der Vermeidung exzessiver Belastungen für die stresslabilen Kälber und einer guten Betreuungsintensität nicht hoch genug eingeschätzt werden, da ein sorgfältiger und besonnener Umgang mit den Tieren zu einer Verminderung von Jungtiererkrankungen beiträgt.

Literatur:

- 1 Springer, G. (2003): Kälberverluste in Milchviehbetrieben Schleswig-Holsteins - Ursachen und Maßnahmen zur Reduzierung. Institut für Tierzucht und Tierhaltung, CAU zu Kiel, Dissertation
- 2 Brown, E. G., M. J. VandeHaar, K. M. Daniels, J. S. Liesman, L. T. Chapin, J. W. Forrest, R. M. Akers, R. E. Pearson, M. S. W. Nielsen (2005): Effect of increasing energy and protein intake on mammary development in heifer calves, *Journal of Dairy Science*, 88, 595-603.
- 3 Rincker, L. E. D., M. S. W. Nielsen, L. T. Chapin, J. S. Liesman, K. M. Daniels, R. M. Akers, M. J. VandeHaar (2008): Effects of feeding prepubertal heifers a high-energy diet for three, six, or twelve weeks on mammary growth and composition, *Journal of Dairy Science*, 91, 1926-1935.
- 4 Haworth, G. M., W. P. Tranter, J. N. Chuck, Z. Cheng, D. C. Wathes (2008): Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows, *Veterinary Record*, 162, 643-647.
- 5 LKV, Landeskontrollverband Schleswig-Holstein e.V. (2011) Ergebnisse des Prüffjahres 2010. Verteilung des Erstkalbealters nach Rassen und Monaten (in Prozent).
- 6 Joachim, A., T. Krull, J. Schwarzkopf, A. Dauschies (2003): Prevalence and control of bovine cryptosporidiosis in German dairy herds, *Veterinary Parasitology*, 112, 277-288.
- 7 McMartin, S., S. Godden, L. Metzger, J. Feirtag, R. Bey, J. Stabel, S. Goyal, J. Fetrow, S. Wells, H. Chester-Jones (2006): Heat treatment of bovine colostrum. I: Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level, *Journal of Dairy Science*, 89, 2110-2118.
- 8 Steinhoff-Wagner, J., H. M. Hammon (2012) Kolostrum für das neugeborene Kalb - mehr als Immunglobulinversorgung. IN M. Pees, J. R. Aschenbach, G. Gäbel & U. Truyen (Eds.) LBH: 6. Leipziger Tierärztekongress. Tagungsband 3 ed.
- 9 Blum, J. W., H. Hammon (2000): Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves, *Livestock Production Science*, 66, 151-159.
- 10 Kaske, M., T. Leister, K. Smolka, U. Andresen, H. J. Kunz, W. Kehler, H. J. Schubert, A. Koch (2009): Neonatal diarrhea in the calf - IV. communication: Neonatal diarrhea as a herd problem: colostrum management, *Praktischer Tierarzt*, 90, 756-+.
- 11 Pfeiffer, J., T. Stucke, M. Freitag (2011): Effects of different thawing regimes for cow colostrum on the function of colostrum immunoglobulin G, *Zuchtingkunde*, 82, 272-281.
- 12 Westphalen, L. (2012): Vergleich verschiedener Methoden zur Beurteilung der Qualität von frischer und aufgetauter Biestmilch. Masterarbeit
- 13 Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, K. S. Ki, T. Y. Hur, G. H. Suh, S. J. Kang, Y. J. Choi (2007): Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods, *Journal of Dairy Science*, 90, 3376-3387.

- 15 Sejrson, K., J. T. Huber, H. A. Tucker, R. M. Akers (1982): Influence of nutrition on mammary development in prepubertal and post-pubertal heifers, *Journal of Dairy Science*, 65, 793-800.
- 14 Petitclerc, D., P. Dumoulin, H. Ringuet, J. Matte, C. Girard (1999): Plane of nutrition and folic acid supplementation between birth and four months of age on mammary development of dairy heifers, *Canadian Journal of Animal Science*, 79, 227-234.
- 16 Kaske, M., Kunz, H.J., Koch, A. (2009): Alters- und bedarfsgerechte Kälberfütterung - Grundlagen einer erfolgreichen Aufzucht, *Übersichten Tierernährung*, 37, 179-200.
- 17 Khan, M. A., D. M. Weary, M. A. G. von Keyserlingk (2011): Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers, *Journal of Dairy Science*, 94, 1071-1081.
- 18 Kühl, R. (2011): Effekte unterschiedlicher Tränkeintensitäten von Kälbern in den ersten Lebenswochen auf Tiergesundheit und Leistungsparameter. Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität, Masterarbeit
- 19 Rincker, L. E. D., M. J. VandeHaar, C. A. Wolf, J. S. Liesman, L. T. Chapin, M. S. Weber Nielsen (2011): Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics, *Journal of Dairy Science*, 94, 3554-3567.
- 20 Ingwersen, H. (2011): Einfluss der Fütterungsintensität auf die Verdaulichkeit der Roh-nährstoffe und die Kotzusammensetzung von männlichen Aufzuchtkälbern. Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität, Masterthesis
- 21 Maccari, P., Kunz, H.J., Sanftleben, P., Kaske, M. (2011) Effekte der Fütterungsintensität in den ersten drei Lebenswochen auf die Gewichtsentwicklung und den Gesundheitsstatus von männlichen HF-Kälbern. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*. Fulda.

Ökobilanzierung für die Wertschöpfungskette Schweinefleisch

Karoline Reckmann und Joachim Krieter

Institut für Tierzucht und Tierhaltung

1 Einleitung

Zukünftig stehen wir vor der Herausforderung, eine die Nachfrage deckende Erzeugung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs auch vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Ressourcenverknappung decken zu können. Die FAO führt 18% der weltweiten Treibhausgas-Emission auf die Nutztierhaltung zurück (Steinfeld et al., 2006), in Deutschland sind es 8% (KTBL, 2011). Dieser Anteil setzt sich aus CO₂-Emissionen aus dem Kraftstoff-Verbrauch (Futtererzeugung und Transporte), CH₄-Emissionen aus der Gülle und der enterischen Fermentation der Tiere sowie aus N₂O-Emissionen bei der Ausbringung von Düngemitteln zusammen. Dabei ist bekannt, dass die Rinderhaltung höhere Umweltwirkungen verursacht als die Schweinehaltung.

Der hohe Anteil der Schweinefleisch-Produktion an der gesamten deutschen Fleischproduktion von 67,5% (Destatis, 2011) unterstreicht die Notwendigkeit, auch die Umweltwirkungen der Schweinefleisch-Produktion zu bewerten.

Um diese Umweltwirkungen abschätzen zu können, ist eine einheitliche Bewertungsmethode notwendig. Ein Beispiel einer solchen Methode der Ökobilanzierung ist das Life Cycle Assessment (LCA). LCA schätzt die potentiellen Wirkungen der Material- und Energieflüsse in der Schweinefleisch-Produktion über den gesamten Produkt-Lebenszyklus ab, um u.a. Hot Spots identifizieren zu können.

2 Life Cycle Assessment

Life Cycle Assessment ist heutzutage eine vielfach genutzte Methode, um die potentiellen Umweltwirkungen und Ressourcen-Verbräuche während eines Produkt-Lebenszyklus von „der Wiege bis zur Bahre“ zu bewerten. Dazu gehören sämtliche Umweltwirkungen, die während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung sowie den damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozessen (z.B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) entstehen. Somit können die ressourcen- und emissions-intensiven Prozessphasen innerhalb des Lebenszyklus aufgedeckt werden.

Definitionsgemäß lässt sich eine LCA-Studie nach der ISO Norm 14040/14044 (ISO, 2006a, b) in vier Phasen unterteilen. Die erste Phase, Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen, wird vielfach als der wichtigste Schritt in einem LCA angesehen (Andersson et al., 1994), da dort sowohl die Zielsetzung als auch das Erkenntnisinteresse, Auftraggeber und Zielgruppe abgegrenzt werden. Ebenso wird in dieser Phase das Fundament der Studie gelegt, indem die Systemgrenzen und die Bezugsbasis festgelegt werden. Beispiele für Bezugseinheiten aus der Agrar-Produktion sind kg Fett-korrigierte Milch, kg produziertes Getreide oder kg produziertes Fleisch (de Boer, 2003). Wegen des hohen Wassergehalts von Milch und Eiern im Vergleich zu Fleischprodukten wird beim Vergleich verschiedener tierischer Produkte eine alternative Bezugsbasis benötigt (de Vries and de Boer, 2010). Flachowsky und Hachenberg (2009) schlagen hierfür die Bezugsbasis „essbares Protein tierischer Herkunft“ vor, da die Produktion von Eiweiß eines der zentralen Ziele der Nutztierproduktion in Europa darstellt. De Vries und de Boer (2010) wählen hingegen eine andere Bezugsbasis, den durchschnittlichen Tagesverbrauch eines Produkts im OECD Land in kg.

Im zweiten Schritt, der Sachbilanz, werden dann die Stoff- und Energieströme über den gesamten Lebensweg erfasst und aufgelistet. Dazu werden die Inputs (Ressourcen) und Outputs (Emissionen) des Produkts in Relation zu der Bezugsbasis gesetzt.

In der dritten Phase, der Wirkungsabschätzung, werden dann die in der Sachbilanz erfassten Stoff- und Energieflüsse auf bestimmte, vorher festgelegte, Umweltwirkungen hin ausgewertet. Die potentiellen Umweltwirkungen werden in sogenannten Wirkungskategorien ausgedrückt. De Vries und de Boer (2010) betonen, dass die meisten LCAs der Nutztierproduktion fünf Wirkungskategorien wählen, die sich aus dem Erderwärmungspotential, der Eutrophierung und Versauerung, der Landnutzung sowie dem Verbrauch primärer Energien zusammensetzen.

In einem letzten Schritt, der Auswertung, werden die Ergebnisse der vorherigen Phasen in Relation zu Ziel und Gegenstand der Studie bewertet.

3 Ökobilanzierung der Schweinefleisch-Produktion

Die Datengrundlage der Ökobilanzierung bilden einerseits Werte aus eigenen Datenerhebungen und andererseits Literaturwerte, um z.B. die enterische Fermentation der Tiere zu berechnen. Die eigenen Datenerhebungen umfassen sowohl die Futtermittel-Herstellung als auch die Haltung der Schweine und die Schlachtung der Tiere. Die Daten für das Futter stammen von einem Futtermittelhersteller aus Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2009. Dabei wurden sechs verschiedene Futtermittel unterschieden, wobei es sich um zwei Sauenfutter,

drei Ferkelfutter und ein Mastfuttermittel handelt. Die Haupt-komponenten sind Gerste, Weizen und Soja. Die Stufe der Schweinehaltung wurde durch Daten eines schweinehaltenden Betriebes aus Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2009 abgedeckt. Bei dem Betrieb handelt es sich um ein geschlossenes System, wobei die Stufen der Ferkelerzeugung, Ferkelaufzucht und Mast getrennt voneinander betrachtet werden können. Dass es sich um einen gut produzierenden Betrieb handelt, wird durch die in Tabelle 1 dargestellten Betriebskennzahlen deutlich.

Tabelle 2: Kennzahlen des untersuchten Betriebes für das Jahr 2009.

	Parameter	Wert	Einheit
Ferkelerzeugung	Sauen pro Betrieb	828	Stück
	Remontierung	50,0	%
	Lebend geborene Ferkel je Sau	36,7	Stück
	Abgesetzte Ferkel je Sau	31,4	Stück
	Würfe je Sau und Jahr	2,34	Stück
	Ferkelverluste	14,0	%
Mast	Mastplätze pro Betrieb	8800	Stück
	Mastendgewicht	120,5	kg
	Ausschlachtung	79,5	%
	Tägliche Zunahmen	875	g
	Futtermittelnutzung	1:2,63	kg
	MFA	57,5	%
	Verluste	1,0	%
	Durchgänge pro Jahr	3,0	Stück

Die Daten für den Schlachtprozess stammen von einem Schlachtunternehmen aus Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2008. Produktionseinheiten, die im gesamten Produktionsprozess nur eine untergeordnete Rolle spielen, wie z.B. Chemikalien und Gebäude, sind nicht berücksichtigt worden. Die gewählten Systemgrenzen der durchgeführten Ökobilanzierung sind in Abbildung 1 dargestellt. Dabei sind Verpackungen, der Lebensmitteleinzelhandel sowie der Verbraucher aus der Betrachtung ausgeklammert worden. Die Bezugsbasis der Studie stellt 1 kg Schweinefleisch dar.

Die Sachbilanz wurde in Anlehnung an die ISO-Norm 14044 (ISO, 2006b) erstellt. Die Auswertungen erfolgten mit Hilfe der Software SimaPro 7.2 (Pré Consultants, 2009). Zur Vereinfachung der Darstellung wird sich im Folgenden auf die Wirkungskategorien Erderwärmungspotential (GWP), Eutrophierungs-

(EP) und Versauerungspotential (AP) beschränkt, die in Äquivalenten (eq) ausgedrückt werden.

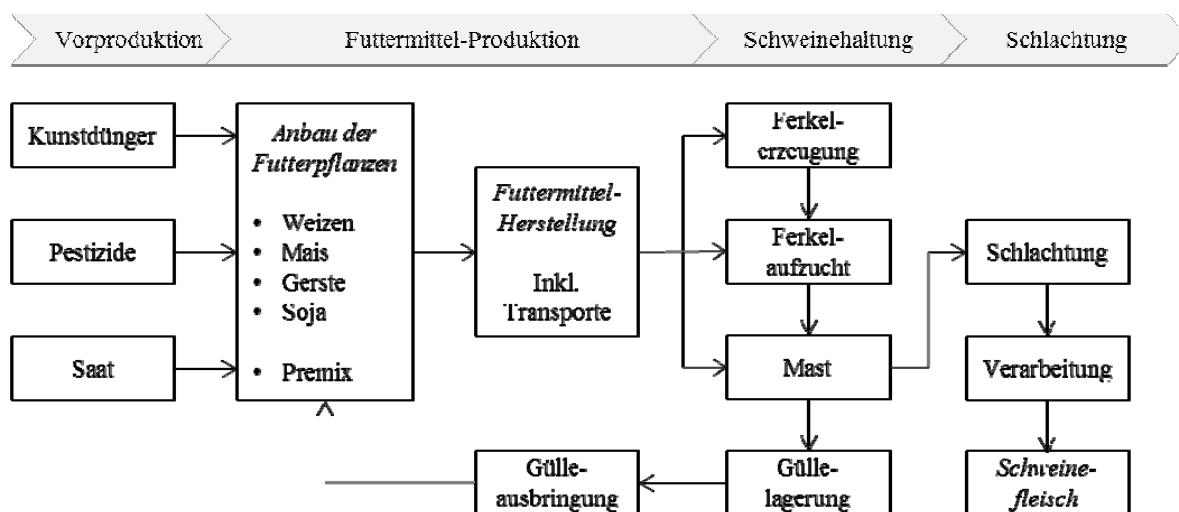


Abbildung 1: Gewählte Systemgrenzen der Schweinefleischproduktion.

Die Ergebnisse der Ökobilanzierung der dargestellten Produktionskette zeigt Tabelle 2. Die Futtermittel-Produktion konnte dabei als Haupt-Verursacher der Umweltwirkungen identifiziert werden, der Beitrag zu den Gesamtemissionen liegt bei 76-91%. Diese Tendenz wird durch Ergebnisse aus anderen Studien bestätigt (Dalgaard et al., 2007), die diesen Anteil auf 56-66% schätzen. Dabei ist zu beachten, dass das Gülle-Management auf Stufe der Schweinehaltung noch unterschätzt wird, wodurch diese Produktionsstufe im Vergleich zur Literatur bisher relativ niedrige Werte aufweist. In anderen Studien wird das Gülle-Management neben der Futtermittel-Produktion als einer der größten Verursacher der Umweltwirkungen angesehen (Dalgaard et al., 2007).

Tabelle 2: Ergebnisse der verschiedenen Systemstufen für die Wirkungspotentiale Erderwärmung (GWP), Eutrophierung (EP) und Versauerung (AP) pro kg Schweinefleisch.

Wirkungskategorie	Gesamte Produktion	Futtermittel-Produktion	Schweinehaltung	Schlachtung
GWP [kg CO ₂ -eq]	2,928	2,211	0,425	0,155
EP [g PO ₄ -eq]	13,925	10,551	0,311	0,092
AP [g SO ₂ -eq]	18,787	17,029	1,491	0,251

Die Anteile der sechs eingesetzten Futtermittel an den Wirkungskategorien sind vergleichend in Abbildung 2 dargestellt. Auffällig ist das hohe Eutrophierungspotential des Futtermittels „Ferkel 1“, bezogen auf 1 kg Futtermittel. Dies liegt

am hohen Maisanteil (23%) der Ration, da Mais durch seine Anbauweise eine relativ hohe eutrophe Wirkung hat.

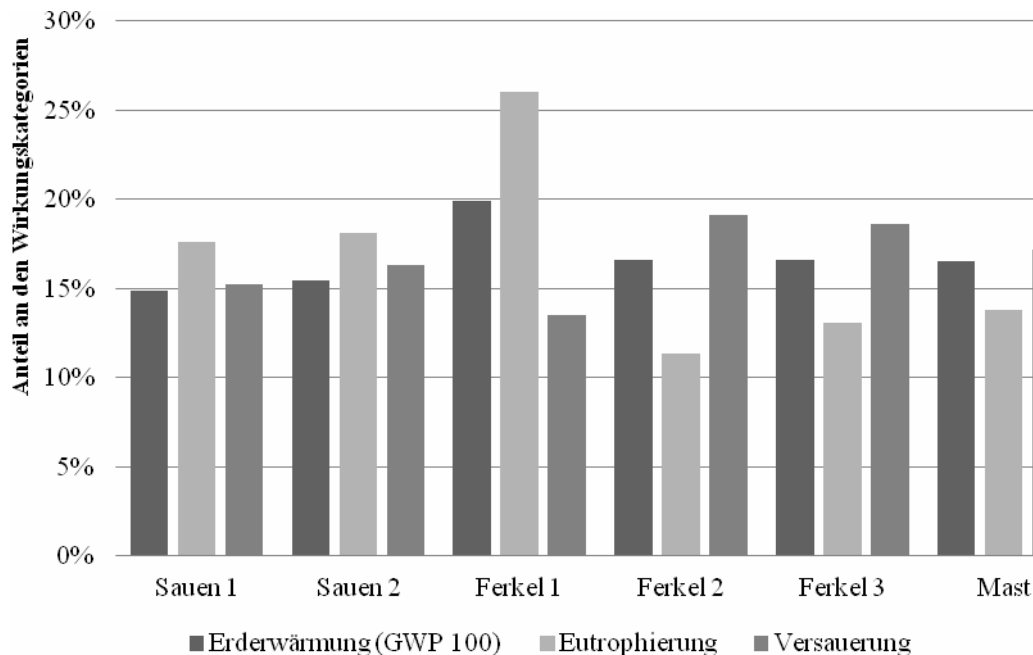


Abbildung 2: Anteile der sechs in der Schweinehaltung eingesetzten Futtermittel an den jeweiligen Wirkungskategorien (pro kg Futtermittel).

Werden die Umweltwirkungen nun pro kg Schweinefleisch betrachtet, zeigt sich, dass vor allem das Mast-Futtermittel und das Futtermittel „Ferkel 3“ für hohe Umweltwirkungen verantwortlich sind. Das liegt daran, dass diese Futtermittel über die gesamte Produktionskette in größeren Mengen eingesetzt werden. Im Bereich des GWP und AP fallen außerdem die LKW-Transporte durch höhere Umweltwirkungen auf. Diese Transporte finden auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette statt. In anderen Studien wird der Beitrag der Transporte zum GWP geringer eingeschätzt (ca. 1%; Dalgaard et al., 2007).

Insgesamt verdeutlichen die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse, dass die Stufe der Schlachtung nur einen geringen Beitrag zu den Umweltwirkungen (1-5%) leistet. Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass die Nebenprodukte des Schlachthofes, die nicht zum menschlichen Verzehr geeignet sind, zum Teil in einer Biogas-Anlage verwertet werden. Die damit verbundenen Emissionen können dem System teilweise gut geschrieben werden.

4 Ausblick und Fazit

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Futtermittelproduktion ein Haupt-Verursacher der Umweltwirkungen bei der Schweinefleischerzeugung ist. Daher sind auf diesem Gebiet weitere Untersuchungen geplant. So sollen Ökobi-

lanzierungen mit verschiedenen Futtermischungen durchgeführt werden. Dabei wird z.B. der Einsatz von Soja durch andere Eiweißträger reduziert. Außerdem ist geplant, den Einfluss unterschiedlicher Leistungen auf die Ökobilanzierung zu ermitteln. Dazu werden Ökobilanzierungen sowohl für den Durchschnitt der Betriebe als auch für Betriebe mit hoher oder geringerer Leistung erstellt. Daneben werden auch Einzelparameter variiert, wie z.B. die Nutzungsdauer der Sau, tägliche Zunahmen oder Futtermittelverwertung. Zudem ist eine Ökobilanzierung der Ebermast geplant.

Literatur

- Andersson, K., Ohlsson, T., Olsson, P., 1994. Life cycle assessment (LCA) of food products and production systems. *Trends in Food Science & Technology* 5, 134-138.
- Dalgaard, R., Halberg, N., Hermansen, J.E., 2007. Danish pork production - An environmental assessment. *DJF Animal Science* 82, 34.
- de Boer, I.J.M., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science* 80, 69-77.
- de Vries, M., de Boer, I.J.M., 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128, 1-11.
- Destatis, 2011. Statistisches Bundesamt Deutschland. <http://www.destatis.de>.
- Flachowsky, G., Hachenberg, S., 2009. CO₂-Footprints for Food of Animal Origin – Present Stage and Open Questions. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 4, 190-198.
- ISO, 2006a. ISO 14040 Standard. In: Standardization, I.O.f. (Ed.), Geneva, Switzerland.
- ISO, 2006b. ISO 14044 Standard. In: Standardization, I.O.f. (Ed.), Geneva, Switzerland.
- KTBL, 2011. Emissionen der Tierhaltung. Darmstadt.
- Pré Consultants, B., 2009. SimaPro. www.pre.nl.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. Livestock's long shadow. *Environmental issues and options*. LEAD, p. 390.

Ebermast – Grundlagen für Empfehlungen zur Versorgung mit Energie und Nährstoffen

Andreas Susenbeth

Institut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie

Einführung

Die Mast von Jungebern wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen, da die Diskussion um geeignete Kastrationsmethoden nicht mehr geführt werden muss und die Vorteile des höheren Wachstumspotentials der Eber genutzt werden können. Offensichtlich wird in die Zukunft die Erwartung gesetzt, dass sich die mit der Ebermast verbundenen Probleme der geschmacklichen Beeinträchtigung lösen lassen. Die Ansprüche an die Energie- und Nährstoffversorgung der Eber weichen jedoch nicht unerheblich von denen der Kastraten und Sauen ab, so dass eine spezifische Rationsgestaltung sinnvoll ist. Im vorliegenden Beitrag werden die Ursachen für die unterschiedlichen Nährstoffansprüche von Ebern dargelegt und die Konsequenzen für die Rationsoptimierung aufgezeigt. Da diese Unterschiede in den Nährstoffansprüchen jedoch vom Alter, dem Genotyp und von den Haltungsbedingungen abhängen, und sich möglicherweise durch Züchtungsmaßnahmen ändern werden, werden auch Wege aufgezeigt, wie die zentralen Bestimmungsgrößen für die Rationsgestaltung auch aus praktischen Fütterungsversuchen abgeleitet werden können.

Leistungsunterschiede zwischen Kastraten und Ebern

Aus vielen älteren und neueren Untersuchungen ist bekannt, dass Eber eine um absolut 1-2 % geringere Ausschlachtung und einen 3-5 % höheren Muskelfleischanteil im Schlachtkörper als Kastraten aufweisen, sowie einen geringeren Futteraufwand von 0,3-0,4 (kg Futter/kg Zuwachs) zeigen, der durch eine geringere Futteraufnahme bei ähnlich hohem Wachstum verursacht ist. Eber haben bei gleicher Energieaufnahme ein deutlich höheres Proteinansatzvermögen als Kastraten und Sauen. Diese Unterschiede sind jedoch im Verlauf des Wachstums nicht konstant. So nimmt die freie Futteraufnahme mit zunehmendem Gewicht bei Ebern relativ geringer zu als bei Kastraten. Auch ist die Feststellung, dass Eber ein ähnliches Zuwachsniveau wie Kastraten aufweisen, als Grundlage für die Festlegung der Energie- und Nährstoffversorgung oder die Ableitung des

Bedarfs wenig hilfreich, da Eber ein geringeres Wachstum im ersten und mittleren Mastabschnitt, gegen Ende der Mast jedoch ein höheres Wachstum zeigen. Hinweise für die Konzipierung von Futterrationen wurden vom DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (DLG-kompakt, 2010) auf der Grundlage der Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2006) veröffentlicht. Neuere Fütterungsversuche bestätigen insbesondere die deutlich höheren notwendigen Gehalte an Aminosäuren am Ende der Mast, um das Wachstumsvermögen von Ebern auszuschöpfen.

Voraussetzungen für die Ableitung des Energie- und Aminosäurenbedarfs von wachsenden Ebern

Für die leistungsgerechte Energie- und Nährstoffversorgung, die Ableitung des Bedarfs sowie die Optimierung der Futterrationen sind folgende Fragen von zentraler Bedeutung:

1. Können Eber aufgrund ihres höheren Proteinansatzvermögens das Nahrungsprotein und Aminosäuren effizienter verwerten? Sind Eber daher in der Lage, bei gleicher Aminosäurenversorgung einen höheren Proteinansatz zu realisieren?
2. Oder können Eber nur dann ihr höheres Proteinansatzvermögen realisieren, wenn auch eine entsprechend höhere Aminosäurenversorgung gewährleistet ist?
3. Haben Eber einen höheren energetischen Erhaltungsbedarf, da sie in Gruppenhaltung mehr Bewegungsaktivität zeigen?
4. Ist bei Ebern die Effizienz der Energieverwertung für das Wachstum geringer, da der Anteil an Fett im Zuwachs niedriger und der Anteil an Protein höher ist und die Effizienz der Energieverwertung für Fettansatz höher ist als diejenige für Proteinansatz?

Die wissenschaftliche Literatur gibt hier sehr eindeutige Antworten: Eber können trotz ihres höheren Proteinansatzvermögens Aminosäuren und Protein nicht effizienter verwerten. Daher kann das höhere Proteinansatzvermögen nur durch eine entsprechende Anhebung der Versorgung realisiert werden. Der energetische „Erhaltungsbedarf“ dürfte durch eine höhere Aktivität, zu einem geringen Ausmaß evt. auch durch den höheren Anteil fettfreier Körpersubstanz gesteigert sein. (Streng genommen müsste die Bewegungsaktivität unabhängig vom Erhaltungsumsatz betrachtet und als eigenständige Größe des Gesamtbedarf definiert werden.)

Die Effizienz der Verwertung der Energie für den Ansatz beim Eber weicht nicht von der bei Sauen und Kastraten ab.

Anforderungen an den Lysingehalt in Rationen für wachsende Eber

Auf der Grundlage des bei der GfE (2006) im Anhang II beschriebenen Wachstumsmodells wird in der Tabelle gezeigt, welche Auswirkung das unterschiedliche Proteinansatzvermögen, die Futteraufnahme und eine höhere Aktivität der Tiere auf Wachstum, Futteraufwand und Muskelfleischanteil bei Kastraten und Ebern haben und welche Konsequenzen sich für den erforderlichen Gehalt an praecaecal verdaulichem (pcv) Lysin im Futter ergeben. Es muss jedoch nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass dies eine Berechnung darstellt, die nur modellhaft für einen bestimmten Mastabschnitt die Unterschiede aufzeigt. Hierbei wurden Annahmen für das Proteinansatzvermögen, die Futteraufnahme und den durch Bewegungsaktivität bedingten Energiebedarf getroffen, die in der Praxis nach oben oder unten abweichen können und einer präzisen, betriebs- und genotypspezifischen Bestimmung bedürfen. Die hierfür in der Praxis zur Verfügung stehenden Möglichkeiten werden weiter unten dargelegt.

Bei Kastraten im genannten Gewichtsabschnitt mit einem Proteinansatzvermögen von 140 g/d und einer Futteraufnahme von 2,5 kg/d kann bei Deckung des Lysinbedarfs ein Wachstum von 910 g/d und ein Futteraufwand von 2,75 erwartet werden (Tabelle, Berechnungsvariante I). Der Muskelfleischanteil im Körpermassezuwachs beträgt ca. 41 %. Dieser ist nicht mit dem Muskelfleischanteil im Schlachtkörper am Ende der Mast identisch und wird daher hier nur angeführt, um einen relativen Vergleich zwischen den berechneten Varianten zu ermöglichen. Für Eber wird nun in dieser Beispielrechnung angenommen, dass sie ein Proteinansatzvermögen von 160 g/d aufweisen (II). Bei gleicher Futteraufnahme würde das Wachstum auf 990 g/d ansteigen, der Futteraufwand um 0,2 sinken und der erforderliche Gehalt an pcv Lysin läge bei 8,0 g/kg Futter; der Muskelfleischanteil wäre nur unwesentlich höher. Es ist klar ersichtlich, dass diese Unterschiede gegenüber dem kastrierten Tier den allgemeinen Beobachtungen widersprechen (siehe oben). Die Ursache hierfür liegt in der Annahme einer gleich hohen Futteraufnahme wie bei Kastraten. Wird jedoch eine realistische, gegenüber den Kastraten um 15 % geringere Futteraufnahme unterstellt (III), ist das Wachstum ähnlich hoch wie das der Kastraten, der Futteraufwand um 0,4 reduziert, der erforderliche Gehalt an pcv Lysin steigt aber erheblich an (9,4 g/kg). Daraus ist zu ersehen, dass die Erhöhung des Lysingehalts durch den höheren Lysinbedarf, aber in noch stärkerem Ausmaß durch die geringere Fut-

teraufnahme bedingt ist. Daher kommt der zugrundegelegten Futteraufnahme bei der Rationsgestaltung eine zentrale Bedeutung zu.

Tabelle: Modellhafte Ableitung des erforderlichen Lysingehalts im Futter in Abhängigkeit vom Proteinansatzvermögen und der Futteraufnahme beispielhaft für den Mastabschnitt 60-90 kg Gewicht.

		I	II	III	IV	V
		K	E	E	K	E ⁴
Proteinansatzvermögen	g/d	140	160	160	125	160
Futteraufnahme ¹	g/d	2500	2500	2125	2125	2125
	relativ	1	1	0,85	0,85	0,85
Gewichtszuwachs	g/d	910	990	905	765	870
Futteraufwand	kg/kg	2,75	2,53	2,35	2,78	2,44
Muskelfleischanteil im Zuwachs ²	%	41	42	46	44	48
Gehalt an pcv Lysin ³	g/kg	7,1	8,0	9,4	7,5	9,4

K = Kastraten; E = Eber

1 13,0 MJ ME/kg Futter.

2 Beachte: Geschätzter Muskelfleischanteil im Körpermassezuwachs, daher nicht identisch mit dem Wert im Schlachtkörper zu Ende der Mast.

3 pcv = praecaecal verdaulich; bedarfsdeckend = Proteinansatzvermögen wird erzielt.

4 Berechnet für einen um 15 % erhöhten energetischen Erhaltungsbedarf.

Mit den Ergebnissen der Modellrechnung IV für Kastraten wird nachgewiesen, dass allein eine Reduktion der Futteraufnahme auch bei Kastraten zu einer deutlichen Erhöhung des Muskelfleischanteils führt. Das zeigt, dass die hohen Werte bei Ebern in erheblichem Umfang durch die niedrigere Futteraufnahme bedingt sind. Die Varianten I-IV sind für geringe Bewegungsaktivität berechnet. Die Ergebnisse in Variante V zeigen Effekte, die bei Ebern durch eine Erhöhung des Energiebedarfs für Bewegungsaktivität (hier in der Größenordnung von 15 % des Erhaltungsbedarfs angenommen) verursacht werden. Das Wachstum sinkt geringfügig und der Futteraufwand steigt etwas an, die Anforderung an die Ration hinsichtlich des Aminosäuren- und Proteingehalts bleibt jedoch unverändert. Interessant ist, dass der Muskelfleischanteil nicht unerheblich erhöht wird, da die erhöhte Bewegungsaktivität energetisch gesehen auf Kosten des Fettansatzes

realisiert wird. Auch dieser Tatbestand dürfte Ursache für die teilweise sehr hohen und variablen Unterschiede zwischen Kastraten und Ebern sein.

Schlussfolgerungen für die Praxis und offene Fragen

Mastieber sollten durchgehend Futter zur freien Aufnahme erhalten, da sie insbesondere gegen Ende der Mast eine geringere Futteraufnahmekapazität haben und eine weitere Futterrestriktion aufgrund des hohen Proteinansatzvermögens das Wachstum deutlich reduzieren würde. Aus Gründen der Energie- und Nährstoffeffizienz, aber auch um die Ferkelkosten zu reduzieren, wäre die Mast auf höhere Gewichte sinnvoll. Die getrennte Mast von Ebern und Sauen ist aufgrund der großen Unterschiede in den notwendigen Aminosäuren- und Proteingehalten im Futter eine offensichtliche Notwendigkeit. Die Unterschiede in den Ansprüchen an die Aminosäuregehalte werden mit dem Alter zwischen Ebern, Kastraten und Sauen zunehmend größer, so dass die mehrphasige Fütterung von Ebern besonders sinnvoll ist. Diese Unterschiede sind einerseits bedingt durch den mit dem höheren Proteinsatz gesteigerten Aminosäurebedarf und andererseits durch die deutlich geringere Futteraufnahme.

Für die betriebs- und genotypspezifische Ableitung des Energie- und Nährstoffbedarfs sowie die Rationsgestaltung für die einzelnen Mastabschnitte müssen folgende Parameter bekannt sein:

1. Das Proteinansatzvermögen im Verlauf des Wachstums.
2. Das Futteraufnahmevermögen im Verlauf des Wachstums.
3. Ein erhöhter Energiebedarf für Bewegungsaktivität.

Schlacht- bzw. Stickstoffbilanzversuche für verschiedene Genotypen und einzelne Mastabschnitte sind zur genauen Bestimmung des Proteinansatzvermögens eigentlich erforderlich, dürften aber für die routinemäßige Bestimmung aufgrund des hohen Aufwandes nicht durchführbar sein. Eine Alternative, die auch verschiedenen Versuchseinrichtungen zur Verfügung stehen dürfte, ist die Erfassung des Wachstums für die jeweiligen Mastabschnitte und die Bestimmung des Muskelfleischanteils des Schlachtkörpers zu Mastende. Hieraus kann der Proteingehalt des Gesamtkörpers berechnet und der durchschnittliche Proteingehalt im Zuwachs bestimmt werden. Aus Gewichtszuwachs und Proteingehalt lässt sich dann der Proteinansatz berechnen. Allerdings ist es unabdingbare Voraussetzung, dass für solche Untersuchungen eine Aminosäureausstattung in der Ration vorliegt, die über den Bedarf zur Deckung des Proteinansatzvermögens hinausgeht. Nur dann können die so bestimmten Proteinansätze auch als das Po-

tential des Tieres angesehen werden, anderenfalls wäre der Proteinansatz geringer und durch die Aminosäureaufnahme begrenzt.

Da die freiwillige Futteraufnahme nicht nur vom Alter und Genotyp abhängt, sondern entscheidend durch die Haltungsumwelt (Klima, Gruppegröße, Fütterungssystem) bedingt ist, ist diese für die Rationsgestaltung zentrale Größe betriebsspezifisch zu bestimmen. Die größte Schwierigkeit dürfte jedoch bei der Bestimmung des durch Bewegungsaktivität erhöhten Energiebedarfs liegen. Da diese sich auch durch Verhaltensbeobachtungen nicht quantifizieren lässt, kann nur ein indirekter Weg beschritten werden: Wird die Energieaufnahme präzise erfasst und das Wachstum und die Schlachtkörperzusammensetzung bestimmt, so kann die Differenz zwischen Energieaufnahme und dem Energiebedarf für Erhaltung und Wachstum als eine Größe angesehen werden, die den Energiebedarf für erhöhte Aktivität (die möglicherweise auch den Bedarf für Thermoregulation und Infektionsabwehr einschließt) zeigt. Hierzu kann das schon erwähnte Wachstumsmodell (GfE, 2006, Anhang II) genutzt werden. Für die Rationsgestaltung (v.a. erforderliche Aminosäuregehalte) ist dieser Aspekt nicht ganz so zentral wie das Proteinansatzvermögen und die Futteraufnahme. Dieser spielt vor allem dann eine Rolle, wenn eine Leistungsvorhersage (Wachstum, Schlachtkörperzusammensetzung) vorgenommen werden soll.

Zitierte Literatur

DLG-kompakt: Erfolgreiche Mastschweinefütterung, 2010. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

Zum Einfluss der Haltungsumwelt auf die Fischproduktion in Kreislaufsystemen

Jan Schröder, Chris van Bussel, Carsten Schulz

Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Gesellschaft für Marine Aquakultur mbH

Rund die Hälfte des weltweit gegessenen Fisches stammt mittlerweile aus der Aquakultur, Tendenz steigend. Dabei gewinnt die Fischproduktion in geschlossenen Kreislaufsystemen mehr und mehr an Bedeutung.

Ein entscheidender Vorteil kreislaufgeführter Verfahren stellt die weitgehende Unabhängigkeit von äußeren Umweltbedingungen dar. Während konventionelle Produktionsformen wie Teich-, Durchfluss- und Netzkäfig-Anlagen in direktem Austausch mit der Umwelt stehen und dadurch stark von Jahreszeiten, Wetter und der Wasserqualität der umliegenden Gewässer beeinflusst werden, sind eingehauste Aquakultur-Kreislaufsysteme mit ihrem nahezu geschlossenen Wasserkreislauf von der äußeren Umwelt weitgehend abgeschirmt. Sämtliche Umweltfaktoren sind kontrollierbar, was prinzipiell die Möglichkeit einer vollständigen Einflussnahme auf die Haltungsumwelt und somit die Gewährleistung optimaler Haltungsbedingungen ermöglicht.

Wie auch bei anderen Formen der Tierhaltung spielt die Haltungsumwelt eine besonders wichtige Rolle für eine rentable und artgerechte Produktion von aquatischen Organismen in geschlossenen Kreislaufsystemen. So beeinflusst die Haltungsumwelt nicht nur die Gesundheit und das Wohlbefinden, sondern auch das Wachstum, die Vermehrung sowie die Qualität der Fische und hat somit neben tierschutzrechtlichen Auswirkungen immensen Einfluss auf die Produktionsrentabilität.

Zur Gewährleistung einer optimalen Haltungsumwelt müssen zwei entscheidende Voraussetzungen erfüllt sein:

Erste Voraussetzung ist die Kenntnis der optimalen Haltungsbedingungen für die jeweils kultivierte Art. So ist es Aufgabe der Forschung die relevanten Umweltfaktoren zu identifizieren, die einzelnen Effekte der jeweiligen Umweltfaktoren auf die einzelnen Arten sowie auf das Gesamtsystem zu beurteilen und auf Basis dessen Grenz- und Richtwerte für die einzelnen Umweltfaktoren und Arten zu erheben.

Um optimale Haltungsbedingungen auch umsetzen zu können bedarf es als weitere Voraussetzung effektiver Verfahren zur Einflussnahme auf die jeweiligen Umweltfaktoren. Hier ist es Aufgabe der Forschung und Entwicklung entsprechende Verfahren, insbesondere Wasseraufbereitungsverfahren, zu entwickeln und zu optimieren.

Aufgrund der noch jungen Geschichte der intensiven Fischproduktion in Kreislaufsystemen sind viele dieser Zusammenhänge und Fragen jedoch noch unbeantwortet. Eine gute fachliche Praxis existiert nicht oder steckt noch in den Kinderschuhen. Noch wesentlich dringlicher als bei älteren Formen der Tierhaltung existiert daher in der kreislaufgeführten Aquakultur der Bedarf an Kenntnissen und Verfahren zur Optimierung der jeweiligen Haltungsbedingungen für die zu kultivierenden Arten.

In Aquakultur-Kreislaufsystemen hat eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltfaktoren Einfluss auf die Fischproduktion. Einer der relevantesten Umweltfaktoren in der Fischproduktion ist die Wasserqualität. Sie hat in besonderem Maße Auswirkung auf Gesundheit, Wohlbefinden, Wachstum, Vermehrung und Qualität der kultivierten Organismen. Als das direkt umgebende Medium ist die Beschaffenheit des Wassers von übergeordneter Bedeutung für alle aquatischen Organismen. Die Qualität des Wassers wird von einer Vielzahl unterschiedlicher chemischer und physikalischer Parameter beeinflusst, die jeder für sich Einfluss auf die Fischproduktion ausüben, zudem aber auch gegenseitig in Wechselwirkung miteinander stehen.

Neben ihrer direkten Auswirkung auf die kultivierte Art haben die einzelnen Wasserqualitätsparameter häufig zusätzlich Einfluss auf die Wasseraufbereitung des Systems. Insbesondere die biologische Wasseraufbereitung im Biofilter ist sensibel gegenüber diversen Umweltfaktoren. Die nitrifizierenden Mikroorganismen im Biofilter scheinen als Lebewesen ähnlich beeinflussbar von der Haltungsumwelt zu sein wie die kultivierten Organismen selbst.

Um den Einfluss der Haltungsumwelt auf die Fischproduktion in Kreislaufsystemen beurteilen und darauf basierend kontrollieren zu können, bedarf es eines mehrdimensionalen Ansatzes, der neben Auswirkungen der einzelnen Umweltfaktoren auf wesentliche Gesundheits- und Produktionsparameter der Kultur-Art auch den Einfluss auf die Wasseraufbereitung erfasst.

Im Folgenden sind beispielhaft neue Erkenntnisse zum Einfluss zweier Wasserqualitätsparameter auf Fisch und Biofiltration in der kreislaufgeführten Steinbutt-Produktion dargestellt:

Zum Einfluss des Nitrats auf Steinbutt und Biofiltration

Stickstoff wird kontinuierlich in Form von Futter in das Produktionssystem eingetragen. Der nicht retenierte Stickstoff wird von den Fischen wieder ins Kreis-

laufwasser abgegeben und akkumuliert in geschlossenen Kreislaufsystemen in Form des Nitrats zu relativ hohen Konzentrationen als Endprodukt der aeroben Nitrifikation im Biofilter. Verfahren zur Eliminierung des akkumulierenden Nitrat-Stickstoffs sind in vielen kommerziellen Produktionssystemen bislang nicht vorgesehen, da Nitrat in seiner Toxizität als nahezu unbedenklich eingestuft wird und hohe Nitrat-Gehalte in der Fischproduktion als tolerabel gelten. Realistische Nitrat-Gehalte in kommerziellen Aquakultur-Kreislaufsystemen liegen im Bereich von etwa 100 bis 300 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, wobei in Ausnahmefällen Spitzenwerte bis über 1000 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ erreicht werden.

Nur wenig ist bislang über die Aufnahmemechanismen und die toxische Wirkung von Nitrat in Meerwasser bekannt. Als bisheriger Sicherheits-Grenzwert für die marine Fischhaltung wird eine Konzentration von etwa 500 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ angegeben (Pierce et al., 1993; Timmons and Ebeling, 2010). Jedoch basiert dieser Wert auf nur wenigen Untersuchungen. Zudem existieren bislang keine Informationen bezüglich des Effekts von Nitrat auf entscheidende Produktionsparameter wie Wachstum und Futteraufnahme bei marinen Aquakultur-Arten. Es besteht dementsprechend ein dringender Bedarf an umfassenden Studien, die den Einfluss des Nitrat-Gehalts sowohl auf die Fischgesundheit als auch auf die Produktionsleistung mariner Aquakultur-Spezies untersuchen und dabei ebenso den Effekt des Nitrat-Gehalts auf die Nitrifikationsleistung des Biofilters berücksichtigen.

In einer aktuellen Studie von van Bussel et al. (2012) wurden daher juvenile Steinbutt in 12 separaten Versuchs-Kreislaufanlagen 4 unterschiedlichen Nitrat-Konzentrationen (0, 125, 250 und 500 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) mit jeweils 3 Replikaten für 42 Tage ausgesetzt. Zur Beurteilung des Nitrat-Einflusses auf den Steinbutt wurde neben der Betrachtung unterschiedlicher Gesundheitsparameter besonderer Wert auf die Erhebung relevanter Produktionsparameter wie Wachstum, Futteraufnahme und Futterverwertung gelegt.

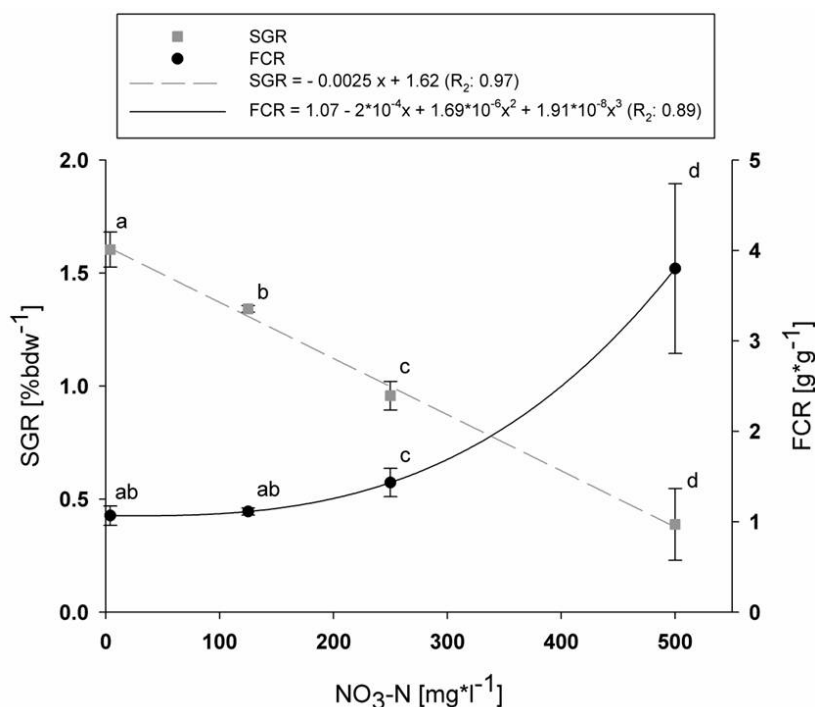


Abb. 1: Spezifische Wachstumsrate (SGR) sowie Futterquotient (FCR) juveniler Steinbutte in Abhängigkeit der Nitrat-N Konzentration (mg/l).

So konnte eine lineare Abnahme der Wachstumsleistung mit zunehmender Nitrat-Konzentration festgestellt werden. Schon bei einer Konzentration von nur 125 mg/l NO₃-N war eine signifikante Beeinträchtigung der Wachstumsleistung im Vergleich zur Kontrolle zu verzeichnen (Abb. 1). Auch die Futterverwertung nahm deutlich mit zunehmender Nitrat-Konzentration ab. Eine signifikante Beeinträchtigung der Futterverwertung im Vergleich zur Kontrolle trat ab einer Konzentration von 250 mg/l NO₃-N auf (Abb. 1).

Eine Konzentration von 250 mg/l NO₃-N führte zudem neben einer signifikanten Beeinträchtigung entscheidender Produktionsparameter wie Futteraufnahme, Futterverwertung und Wachstum bereits zu adversen Effekten auf die Fischgesundheit. Ein signifikanter Effekt konnte in Bezug auf Mortalität, Kondition und Milzgröße nachgewiesen werden.

Bei einer Nitrat-Konzentration von 125 mg/l NO₃-N konnte dagegen keine Beeinträchtigung der erhobenen Gesundheitsparameter festgestellt werden. Als Sicherheits-Grenzwert für die Fischgesundheit kann somit ein Wert von <250 mg/l NO₃-N für den Steinbutt angenommen werden.

Da allerdings bei einer Konzentration von 125 mg/l NO₃-N eine signifikante Reduktion von Wachstum und Futteraufnahme zu verzeichnen war, sollte als Richtwert für optimale Produktionsbedingungen ein Nitrat-Gehalt von <125 mg/l NO₃-N gelten.

Um den Einfluss des Nitrat-Gehaltes auf die Nitrifikationsleistung im Biofilter beurteilen zu können, wurde nach Versuchsende die Aktivität sowohl der Ammoniak oxidierenden Bakterien (AOB), als auch der Nitrit oxidierenden Bakterien (NOB) in Labor-Aktivitätstests bestimmt. Dabei zeigte sich bei beiden Nitrifizierer-Gruppen eine signifikante Beeinträchtigung der Aktivität erst bei einer Nitrat-Konzentration von 500 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$.

Die Ergebnisse zeigen somit eine deutlich höhere Empfindlichkeit des Steinbutts gegenüber Nitrat im Vergleich zur Biofiltration. Der Nitrat-Gehalt in der kreislaufgeführten Steinbutt-Produktion scheint demzufolge durch die Fischgesundheit und -performance limitiert zu sein.

Mit ihren neu gewonnenen Erkenntnissen widerlegt diese Studie die in der Praxis geltende Annahme, Nitrat sei prinzipiell auch in hohen Konzentrationen unproblematisch, und verdeutlicht die hohe Relevanz des Nitrat-Gehalts in der marinen kreislaufgeführten Aquakultur. Der dringliche Bedarf an ähnlichen Studien zum Einfluss des Nitrat-Gehalts auf weitere Aquakultur-Spezies, sowie die Entwicklung und Optimierung effektiver Verfahren zur Nitrat-Eliminierung rücken folglich wieder zu recht in den Fokus der Wissenschaft.

Zum Einfluss Ozon-generierter Oxidantien auf Steinbutt und Biofiltration

Ozon wird in Aquakultur-Kreislaufsystemen häufig zur prophylaktischen Keimreduktion sowie zur Verbesserung der Wasserqualität eingesetzt. Neben seiner desinfizierenden Wirkung oxidiert Ozon eine Reihe anorganischer und organischer Substanzen und trägt somit zur Säuberung des Kreislaufwassers bei. Mit besonderer Vorsicht muss allerdings die Ozon-Dosierung in marinen Systemen erfolgen. Ozon reagiert mit den Salzen des Meerwassers, insbesondere den Bromid-Ionen, zu sekundären Oxidantien, die als Total Residual Oxidants (TRO) zusammenfasst werden. Diese sekundären Oxidantien haben neben ihrer keimtötenden Wirkung ebenfalls eine toxische Wirkung auf die kultivierten Organismen. Da diese sekundären Oxidantien stabiler sind als das schnell zerfallende Ozon selbst, können Restoxidantien bis in die Fischtanks oder den Biofilter gelangen und dort ihre toxische Wirkung entfalten. Bislang ist nur wenig über den Einfluss dieser TRO sowohl auf Aquakultur-Spezies als auch auf die Biofiltration bekannt.

Um den Einfluss realistischer TRO-Konzentrationen auf Gesundheit und Wohlbefinden von Steinbutten beurteilen zu können, wurden juvenile Steinbutte in einem dreiwöchigen Versuch drei unterschiedlichen TRO-Konzentrationen (0,06; 0,10; 0,15 mg/l Cl_2) ausgesetzt, wie sie im Routinebetrieb einer Aquakultur-Kreislaufanlage auftreten können.

Die Ergebnisse der histologischen Untersuchungen an den Kiemen, der Gehalt an Hämoglobin und Kortisol im Blut sowie der Genexpression von hsp70, hsp90

und GST in der Kieme zeigten einen signifikanten Einfluss der TRO-Konzentration. Hierbei konnte sowohl ein dosisabhängiger als auch ein zeitlicher Einfluss der Ozonbehandlung beobachtet werden (Reiser et al., 2010; Reiser et al., 2011). Während Gesundheit und Wohlbefinden der juvenilen Steinbutte bei TRO-Konzentrationen von 0,10 und 0,15 mg/l signifikant beeinträchtigt waren, konnten bei einer Konzentration von 0,06 mg/l keine signifikant adversen Effekte im Vergleich zur Kontrolle festgestellt werden. Folglich kann anhand der erzielten Ergebnisse eine TRO-Konzentration von $\leq 0,06$ mg/l in der Aufzucht juveniler Steinbutte als sicherer Grenzwert angesehen werden.

Um die Auswirkung der TRO auf die nitrifizierenden Bakterien im Biofilter charakterisieren zu können, wurden in mehreren Kurzzeit-Laborversuchen Reinkulturen von Ammoniak oxidierenden Bakterien (AOB) der Art *Nitrosomonas marina*, sowie Nitrit oxidierenden Bakterien (NOB) eines marinen *Nitrospira*-Stamms, sowohl in Flüssigkultur, als auch auf Füllkörpern siedelnd, unterschiedlichen TRO-Konzentrationen (0; 0,1; 0,2; 0,3 und 0,6 mg/l Cl₂) ausgesetzt und anschließend die Nitrifikationsleistung in Labor-Aktivitätstests bestimmt.

Während die Aktivität sowohl der AOB als auch der NOB in Flüssigkultur mit zunehmender TRO-Konzentration erwartungsgemäß deutlich abnahm (Abb.2A), zeigten die auf Füllkörpern siedelnden Nitrifizierer (AOB und NOB) keine Beeinträchtigung ihrer Aktivität mit zunehmender TRO-Konzentration (Abb.2B). Selbst bei einer TRO-Konzentration von 0,6 mg/l, dem 10fachen des Sicherheits-Grenzwertes für den Steinbutt, konnte keine Abnahme der Aktivität im Vergleich zur Kontrolle verzeichnet werden. Der Biofilm siedelnder Bakterien scheint durch seine extrazellulären polymeren Substanzen einen effektiven Schutz gegenüber oxidierende Substanzen zu bieten.

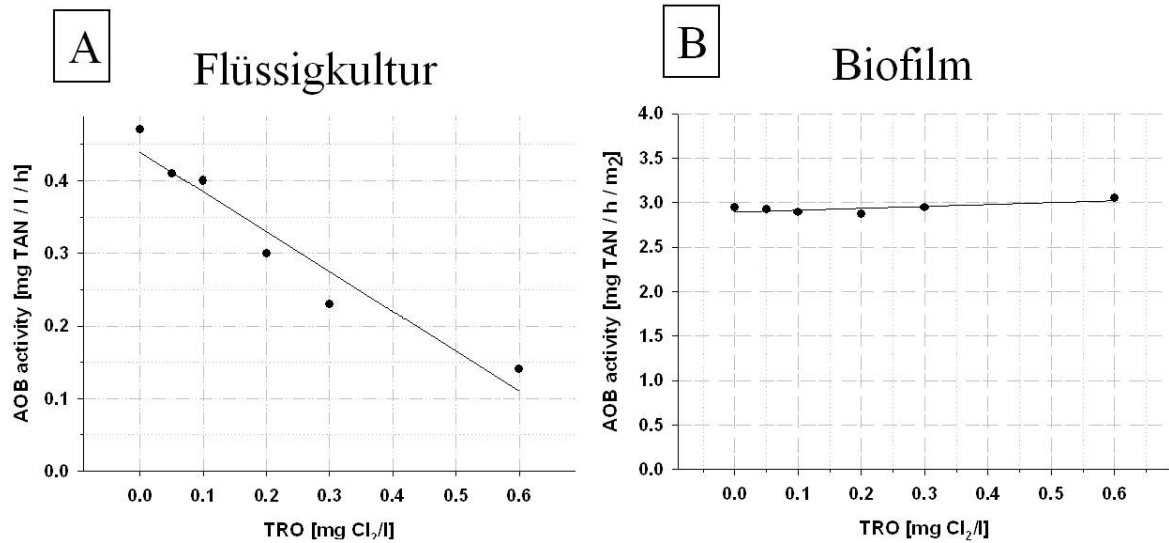


Abb. 2: Aktivität von Ammoniak oxidierenden Bakterien (AOB) der Art *Nitrosomonas marina* in Reinkultur in Abhängigkeit von der Restoxidantien-Konzentration (TRO). A: AOB in Flüssigkultur; B: AOB auf Füllkörpern siedelnd (Biofilm).

Zur Beurteilung des chronischen Effekts realistischer TRO-Konzentrationen (0,05; 0,10; 0,15 mg/l) auf die Nitrifikationsleistung im Biofilter, wurde nach 21-tägiger Exposition die Aktivität der Nitrifizierer aus den jeweiligen Biofiltern in Labor-Aktivitätstests bestimmt.

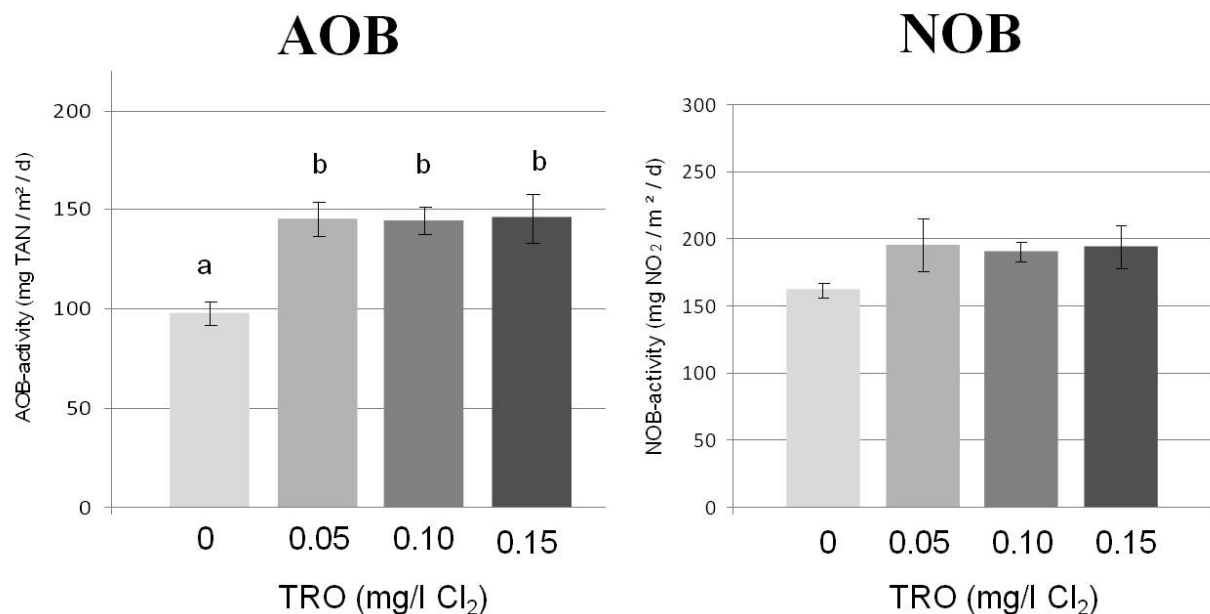


Abb. 3: Aktivität von Ammoniak oxidierenden Bakterien (AOB) und Nitrit oxidierenden Bakterien (NOB) in Abhängigkeit von der Restoxidantien-Konzentration (TRO).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen statt einer Abnahme eine deutliche Zunahme der Aktivität beider Nitrifizierer-Gruppen (AOB und NOB) bei allen getesteten TRO-Konzentrationen (0,05; 0,10; 0,15 mg/l) im Vergleich zur Kontrolle ohne Ozonisierung (Abb. 3). Während der Biofilm die Nitrifizierer vor der schädlichen Wirkung der TRO zu schützen scheint, wirkt sich die Ozonisierung selber positiv auf die Nitrifizierung aus. Möglicherweise gewährt Ozon durch Oxidation organischer Substanzen den autotrophen Nitrifizierern einen Wettbewerbsvorteil gegenüber den auf Organik angewiesenen heterotrophen Bakterien im Biofilter.

Während bereits relativ geringe TRO-Konzentrationen eine Beeinträchtigung der Gesundheit und des Wohlbefindens juveniler Steinbutte bewirken, sind die im Biofilter siedelnden Nitrifizierer durch Ausbildung eines Biofilms effektiv gegenüber Restoxidantien geschützt und werden durch moderate Ozonisierung in ihrer Leistung sogar gefördert. Eine sinnvolle Ozon-Dosierung wird hier also durch die Fischgesundheit limitiert und sollte sich entsprechend an dem für Steinbutt erarbeiteten Sicherheitsgrenzwert von $\leq 0,06$ mg/l TRO orientieren.

Fazit

Die hier präsentierten Studien verdeutlichen den starken Einfluss der Haltungsumwelt auf Produktionsleistung und Fischgesundheit und folglich auf die Rentabilität kreislaufgeführter Verfahren am Beispiel zweier Wasserqualitätsparameter. Aufgrund der Vielzahl an relevanten Umweltfaktoren, sowie der Komplexität und Artspezifität der jeweiligen Einflüsse besteht diesbezüglich ein dringender Forschungsbedarf, um in Zukunft das Potential geschlossener Kreislaufsysteme zur Einflussnahme auf die Haltungsumwelt besser nutzen und somit die Fischproduktion in der kreislaufgeführten Aquakultur weiter optimieren zu können.

Referenzen

Pierce, R.H., Weeks, J.M., Prappas, J.M. (1993): Nitrate toxicity to five species of marine fish. *Journal of the World Aquaculture Society* 24, pp. 105-107.

Reiser, S., Schroeder, J.P., Wuertz, S., Kloas, W., Hanel, R. (2010): Histological and physiological alterations in juvenile turbot (*Psetta maxima*, L.) exposed to sublethal concentrations of ozone-produced oxidants in ozonated seawater. *Aquaculture* 307, pp.157-164.

Reiser, S., Wuertz, S., Schroeder, J.P., Kloas, W., Hanel, R. (2011): Risks of seawater ozonation in recirculation aquaculture – Effects of oxidative stress on animal welfare of juvenile turbot (*Psetta maxima*, L.). *Aquatic Toxicology* 105, pp.508-517.

Van Bussel, C.G.J., Schroeder, J.P., Wuertz, S., Schulz, C. (2012): The chronic effect of nitrate on production performance and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 326-329, pp. 163-167.

Wechselspiel von Ernährung und Entzündung in der Entstehung moderner Volkskrankheiten

Matthias Laudes

Klinik für Innere Medizin I, UKSH Kiel

Zusammenfassung:

Die Zahl der Menschen mit Übergewicht und krankhafter Fettleibigkeit (Adipositas) nimmt weltweit immer größere Ausmaße an. Vor allem die Folgekrankheiten wie Diabetes mellitus Typ 2, Fettstoffwechselstörungen und Bluthochdruck verursachen zunehmende medizinische und volkswirtschaftliche Probleme. Zu den Folgen der drastischen Zunahme des Körpergewichtes zählen aber auch eine eingeschränkte Bewegungsmöglichkeit im beruflichen Umfeld bzw. im häuslichen Alltag und oft Stigmatisierung mit Ausgrenzung bis hin zur sozialen Isolation.

Aus medizinischer Sicht ist interessant, dass nicht jeder Patient, der an Adipositas leidet auch Folgekrankheiten, wie zum Beispiel einen Diabetes mellitus Typ 2, entwickelt. Dies hat zur Unterscheidung von „gesunden Adipösen“ und „kranken Adipösen“ geführt.

In einer wissenschaftlichen Untersuchung wurde in diesem Zusammenhang nachgewiesen, dass der Hauptunterschied zwischen diesen beiden Patientengruppen das Vorhandensein von Entzündungszellen, sogenannten Makrophagen, im Fettgewebe bei den „kranken Adipösen“ ist. Darüber hinaus können auch im Blut bei diesen Menschen erhöhte Mengen von Entzündungsfaktoren, zum Beispiel Interleukin 6, nachgewiesen werden.

Wie führt eine Entzündung im Fettgewebe zu der Stoffwechselerkrankung Diabetes mellitus? Dazu haben wir in unserer Arbeitsgruppe in den vergangenen Jahren ein Modell entwickelt:

Wenn die Kalorienzufuhr über dem Kalorienbedarf liegt, können beim Gesunden neue Fettzellen aus Stammzellen im Fettgewebe gebildet werden. Genau dieser Entwicklungsprozess wird durch die Entzündungsreaktion gestört. Führt der entzündliche Patient nun eine erhöhte Kalorienmenge zu, muss das Fett we-

gen der Unfähigkeit zur Bildung neuer Fettzellen in anderen Geweben gelagert werden. Dies passiert insbesondere in der Leber und der Muskulatur. Dadurch wird in diesen beiden Geweben die Wirkung des Hormons Insulin gestört, welches normalerweise den Blutzucker senkt. Wird also durch die zunehmende Verfettung von Leber und Muskulatur der Körper „insulinresistent“, so ist die Grundlage für Blutzuckererhöhungen und letztlich den Diabetes mellitus Typ 2 gelegt.

Eine spannende Frage für die zukünftige ernährungswissenschaftliche und medizinische Forschung wird es sein zu untersuchen, ob eine Hemmung der Entzündung im Fettgewebe auch zu einer Verbesserung der Blutzuckereinstellung bei Diabetikern führt. Dieser Sachverhalt ist Gegenstand aktueller klinischer Studien.

Referat:

Die Prävalenz der Adipositas hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen und liegt in Deutschland aktuell etwa bei 20% der Gesamtbevölkerung. Nach Schätzungen der WHO wird die Zahl der Menschen mit krankhaftem Übergewicht in Zukunft noch weiter ansteigen, was insbesondere durch die Folgeerkrankungen große medizinische und volkswirtschaftliche Probleme mit sich bringt.

Allerdings hat sich in aktuellen Untersuchungen gezeigt, dass nicht jeder Patient mit Gewichtsproblemen beispielsweise einen Diabetes mellitus Typ 2 entwickelt, was zur Differenzierung zwischen „gesunden Adipösen“ und „kranken Adipösen“ geführt hat. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Patientengruppen ist das Vorhandensein einer leichten Entzündungsreaktion im Fettgewebe bei Patienten mit Folgeerkrankungen. So konnten im Fettgewebe von adipösen Typ 2 Diabetikern signifikant mehr Entzündungszellen, so genannte Makrophagen, gefunden werden als bei gleichgewichtigen Kontrollen mit normaler Glukosestoffwechsellage.

Die Entzündungsreaktion hemmt im Fettgewebe die Entstehung neuer Fettzellen aus Vorläuferzellen, so genannten Stammzellen. Dadurch bedingt kann der Körper als Reaktion auf eine erhöhte Kalorienzufuhr keine weitere Energie mehr in neuen Fettzellen speichern und lagert Fett „ektop“, also in anderen Geweben ab. Dazu zählen insbesondere Leber und Skelettmuskulatur. Die Verfettung von Leber und Skelettmuskulatur führt dazu, dass das Insulin, das einzige Hormon, das den Blutzuckerspiegel senken kann, seine Wirkung an diesen Geweben nicht mehr entfalten kann. Leber und Skelettmuskulatur werden „insulinresistent“.

Insulinresistenz von Leber und Skelettmuskulatur:

Die Leber ist in der Lage Glukose im Rahmen der „Glukoneogenese“ herzustellen, um damit in Zeiten fehlender Nahrungszufuhr den Blutzuckerspiegel konstant zu halten. Dies ist insbesondere während der Nacht von Bedeutung. Wichtig dabei ist, dass die Glukoneogenese durch Insulin gehemmt werden kann, damit es nicht zu einer überschießenden Glukoseproduktion über Nacht kommt, was ein Anstieg des Blutzuckers zur Folge hätte. Wird nun die Leber insulinresistent, so kann das Insulin diese Aufgabe nicht länger erfüllen und der Blutzuckerspiegel steigt über Nacht kontinuierlich an. Der daraus resultierende, erhöhte Nüchternblutzucker ist ein Diagnosekriterium für den Diabetes mellitus Typ 2.

Die Skelettmuskulatur ist das Gewebe, das für die Aufnahme von Glukose aus der Nahrung von besonderer Bedeutung ist. Essen wir einen Schokoriegel, gelangen 80% der Glukose unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme in die Skelettmuskulatur, damit wir genügend Energiesubstrate zur Verfügung haben, um unseren Körper im Alltag zu bewegen. Die Glukoseaufnahme in die Muskelzellen wird dabei durch Insulin ermöglicht. Wird nun bei einem übergewichtigen Patienten mit Fettgewebeentzündung die Muskelzelle mit Fetten überladen und damit insulinresistent, kann die Glukose nach der Nahrungsaufnahme nicht mehr in die Muskelzellen transportiert werden. Der daraus resultierende Blutzuckeranstieg nach den Mahlzeiten ist ein weiteres Zeichen des Diabetes mellitus Typ 2.

MERKE: Adipositaspatienten mit Diabetes mellitus Typ 2 zeigen eine Entzündungsreaktion im Fettgewebe. Diese hat zur Folge, dass die Bildung neuer Fettzellen aus Stammzellen gehemmt wird. Die daraus resultierende verminderte Speicherkapazität des Fettgewebes für überschüssig zugeführte Kalorien führt zur „ektopen“ Ablagerung von Fetten in Leber und Skelettmuskulatur. Diese beiden Gewebe werden nachfolgend insulinresistent, was sowohl ein Anstieg der Nüchternblutzuckerwerte als auch Blutzuckeranstiege direkt nach der Nahrungsaufnahme erklärt.

Interleukin-6:

Mehrere epidemiologische Studien haben eine Assoziation von erhöhten Konzentrationen des Entzündungsmediators Interleukin-6 und der Insulinresistenz beim Menschen nachgewiesen. Interleukin-6 ist ein so genanntes Zytokin, also ein Botenstoff, der von Entzündungszellen freigesetzt wird und das Zusammenspiel verschiedener Zellen in der Entzündungsreaktion organisiert.

Das Problem epidemiologischer Studien ist, dass sie nur eine Assoziation herstellen können, aber nicht dazu in der Lage sind nachzuweisen, dass ein Zusammenhang von ursächlicher Bedeutung ist. Wie kann man also beweisen, dass Interleukin-6 nicht nur zufällig mit Insulinresistenz zusammen auftritt sondern ursächlich an deren Entstehung beteiligt ist?

Interleukin-6 ist seit langem bekannt als wichtiger Faktor bei der Entstehung der Rheumatoiden Arthritis, dem klassischen Gelenksrheuma. Seit einigen Jahren steht zur Behandlung rheumatischer Erkrankungen ein neues Therapieprinzip zur Verfügung: dabei wird den Patienten ein Antikörper injiziert, der spezifisch an den Interleukin-6 Rezeptor bindet und diesen dadurch inaktiviert. Dieser Antikörper ist demnach auch ein interessantes Instrument, um in einer klinischen Studie zu untersuchen, ob Interleukin-6 tatsächlich die Insulinresistenz mit verursacht. Sollte dies der Fall sein, müsste unter der Behandlung mit einem Interleukin-6-Rezeptor Antikörper nicht nur die Gelenkentzündung gebessert werden, sondern auch die Insulinresistenz.

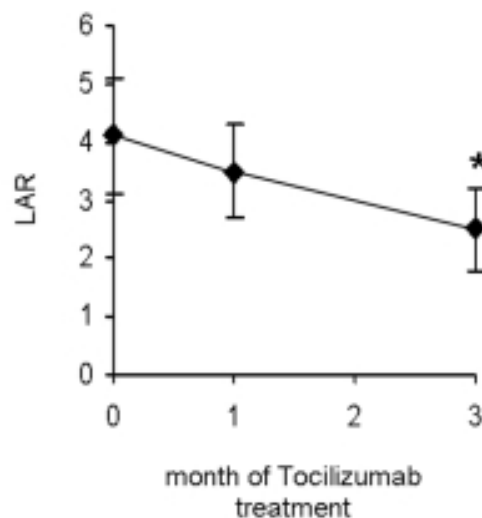


Abbildung 1: Effekt des Interleukin-6-Rezeptor Antikörper Tocilizumab auf die Insulinresistenz beim Menschen (aus Schultz O., ... Laudes M., PLoS one, 2010, 5:e14328)

In einer durch unsere Arbeitsgruppe durchgeführten klinischen Studie haben wir dies genauer untersucht. Dabei wurde die Insulinresistenz gemessen bei Patienten, die aufgrund einer rheumatoiden Arthritis mit dem o. g. Antikörper behandelt wurden. Dabei zeigte sich, dass ein Marker der Insulinresistenz, die „leptin-to-adiponectin ratio“ (LAR), signifikant durch Hemmung von Interleukin-6 abnimmt. Dies belegt, dass dieser Entzündungsmediator ursächlich in die Entstehung eines Diabetes mellitus Typ 2 eingebunden ist.

MERKE: Interleukin-6 ist ein Entzündungsmediator, der ursächlich in die Entwicklung der Insulinresistenz beim Menschen eingebunden ist. Eine Behandlung von Patientin mit rheumatischen Erkrankungen mit einem Antikörper gegen den Interleukin-6-Rezeptor verbessert nicht nur die Gelenkentzündung sondern auch einen eventuell zusätzlich bestehenden Diabetes mellitus Typ 2.

Wnt-Signalweg:

Wnt sind eine Familie von Eiweißmolekülen, welche von verschiedenen Körperzellen an die Umgebung abgegeben werden und welche nachfolgend an der eigenen Zelle (autokrin) oder an Nachbarzellen (parakrin) ihre Wirkung entfalten. Wnt Signalmoleküle sind in die Regulation von Differenzierungs- und Stoffwechselprozessen eingebunden.

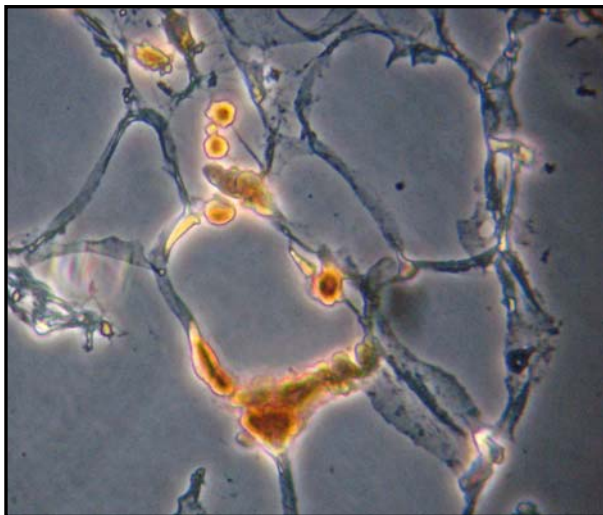


Abbildung 2: Makrophagen (Entzündungszellen) im menschlichen Fettgewebe bilden wnt-5a. Lichtmikroskopisches Bild, 200x. HE Färbung und Immunhistologie für wnt-5a. Fettbiopsie eines adipösen Typ 2 Diabetikers, Aus Bilkovski, R, ..., Laudes, M., *Int J Obes* (2011), 35:1450-1454 [8]

In eigenen molekularbiologischen Arbeiten konnten wir vor einigen Jahren nachweisen, dass ein bestimmtes wnt-Molekül, nämlich wnt-5a, die Entstehung neuer Fettzellen aus Stammzellen im menschlichen Fettgewebe hemmt.

Wo aber kommt das wnt-5a her, von welchen Zellen wird es im Fettgewebe freigesetzt?

Diesbezüglich konnten wir in nachfolgenden Experimenten eine interessante Entdeckung machen: obwohl das wnt-5a bis zum damaligen Zeitpunkt nicht als Entzündungsmediator bekannt war, konnten wir zeigen, dass die Makrophagen, also die Entzündungszellen des Fettgewebes, die Quelle des wnt-5a sind (Abbildung 2). Entzündungszellen hemmen also die Fettgewebeentwicklung nicht nur über klassische Zytokine, sondern auch über wnt-Moleküle.

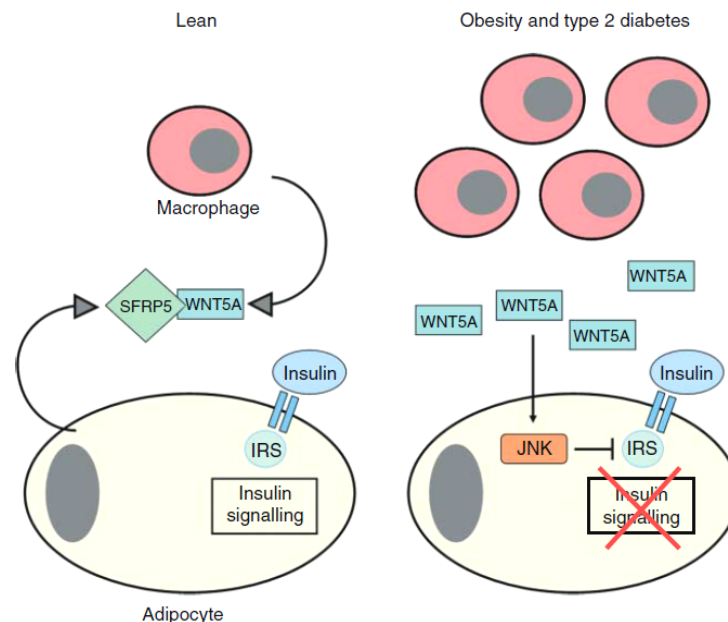


Abb. 2: Model zur Rolle von wnt-5a und sFRP-5 in der Mikroinflammation des Fettgewebes. In gesunden Kontrollen finden sich nur vereinzelt Makrophagen im Fettgewebe. Diese bilden zwar wnt-5a, dies wird aber durch das sFRP-5 aus Fettzellen gehemmt. Bei Patienten mit Adipositas und Diabetes mellitus Typ 2 ist die Makrophagenanzahl im Fettgewebe deutlich erhöht. Zudem bilden die Fettzellen dieser Patienten kein sFRP-5, sodass wnt-5a seine negativen Eigenschaften auf die Insulinwirkung entfalten kann. Aus: Laudes, M., *J Mol Endocrinol*, 2011, 46:R65-72. (Review) [7]

Interessanterweise hat kürzlich eine unabhängige Arbeitsgruppe in einer experimentellen Studie gezeigt, dass Fettzellen den löslichen wnt-5a Rezeptor sFRP-5 freisetzen. Da sFRP-5 als wnt-5a Hemmstoff wirkt, stellt dies offenbar einen Schutzmechanismus der reifen Fettzellen dar.

Dieser Schutzmechanismus ist aber nur bei schlanken, gesunden Kontrollen vorhanden. Die Fettzellen von Patienten mit Adipositas und Diabetes mellitus Typ 2 bilden nämlich kaum sFRP-5, sodass das wnt-5a ungehemmt seine negativen Effekte entfalten kann (Abbildung 3).

Die Beschreibung dieses neuen Regelsystems in der menschlichen Fettgewebebiologie hat ein neues Forschungsfeld eröffnet, das uns auch in Zukunft intensiv beschäftigen wird.

***MERKE:* Der wnt-Signalweg ist seit vielen Jahren als wichtiger Regelmechanismus bei verschiedenen Differenzierungsvorgängen bekannt. Neuere Untersuchungen zeigen, dass das wnt-5a und sein Gegenspieler sFRP-5 im Rahmen der Fettgewebeentzündung bei Patienten mit Adipositas und Diabetes mellitus Typ 2 von besonderer Bedeutung sind.**

Funktionelle Milchprodukte, Phytosterine und Cholesterinsenkung – Chancen und Risiken

Jennifer Möhring, Gerald Rimbach

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Kardiovaskuläre Erkrankungen sind nach Angaben der *World Health Organization* (WHO) die häufigste Todesursache in westlichen Industrienationen. In Deutschland gehen etwa 45% der Gesamtmortalität auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurück, wobei Atherosklerose die primäre Ursache ist^{1;2}. Hierbei handelt es sich um eine komplexe Systemerkrankung, die durch degenerative Veränderungen arterieller Gefäßwände gekennzeichnet ist. Lipidstoffwechselstörungen, insbesondere Hypercholesterinämie im Sinne eines erhöhten LDL-Serumcholesterinspiegels, sind einer der Hauptrisikofaktoren der Atherosklerose. Cholesterinwerte sind als bedenklich einzustufen, wenn die Konzentrationen des Gesamtcholesterins >240mg/dl, des LDL-Cholesterins >160mg/dl sowie des HDL <50mg/dl bei Männern bzw. <40mg/dl bei Frauen liegt³. Der Bundes-Gesundheitssurvey zeigt innerhalb der Deutschen Bevölkerung sowohl bei Frauen als auch bei Männern einen altersabhängigen Anstieg des Cholesterinspiegels und der Risikoprävalenz auf⁴.

Cholesterin zählt zur Gruppe der Sterole und kommt in allen tierischen Zellen, besonders in den Zellmembranen vor. Es ist unter anderem als Ausgangsstoff für die Synthese von Vitamin D und an der Produktion von Gallensäuren und Hormonen beteiligt. Zu viel Cholesterin kann zu Gefäßablagerungen führen und dadurch einen Risikofaktor für die Entstehung von Atherosklerose darstellen: In Folge zu hoher Cholesterinwerte, speziell des LDL-Cholesterins, lagert sich Cholesterin in den Gefäßen ab und es bilden sich so genannte Plaques. Instabile Plaques können leicht einreißen. Kommt es zu einer solchen Ruptur, lagern sich an dieser Stelle Blutplättchen an und ein Thrombus entsteht. Ein Risiko entsteht insbesondere dadurch, wenn dieser das Gefäß verstopft. Die Folgen sind möglicherweise ein Herz- oder Hirninfarkt.

Cholesterin zählt zu den beeinflussbaren Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen. Eine wichtige Säule als Maßnahme zur Senkung des Cholesterinspiegels stellen nutritiven Maßnahmen dar. Dabei steht eine cholesterinbewusste Ernährung entsprechend DGE-Leitlinie im Vordergrund: Demnach soll insgesamt weniger Fett verzehrt und auf die „richtigen“ Fette geachtet werden. Das

bedeutet, tierische Fette sollen teilweise zu Gunsten pflanzlicher Fette ersetzt werden, wobei besonders einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren zu bevorzugen und gesättigte und trans-Fettsäuren zu meiden sind. Zusätzlich sollen cholesterinreiche durch cholesterinarme Lebensmittel ersetzt und mehrmals täglich Vollkornprodukte sowie frisches Obst und Gemüse (5 am Tag) verzehrt werden⁵.

Alternative Maßnahmen zur Cholesterinsenkung bieten funktionelle Lebensmittel mit Phytosterinen (PS) und pharmakotherapeutische Maßnahmen durch Einsatz von cholesterinsenkenden Medikamenten wie Statinen, welche die Eigensynthese von Cholesterin in der Leber hemmen oder Ezetimib, welches die Cholesterinabsorption im Darm hemmt.

Die zur Gruppe der Sterole zählenden PS sind Bestandteile pflanzlicher Zellmembranen und Struktur- und Funktionsanaloga des Cholesterins in der Pflanze. In der Abbildung 1 sind die Strukturformeln von Cholesterin sowie dreier Hauptvertreter der PS (β -Sitosterin 65%, Campesterin 30%, Stigmasterin 5%) dargestellt.

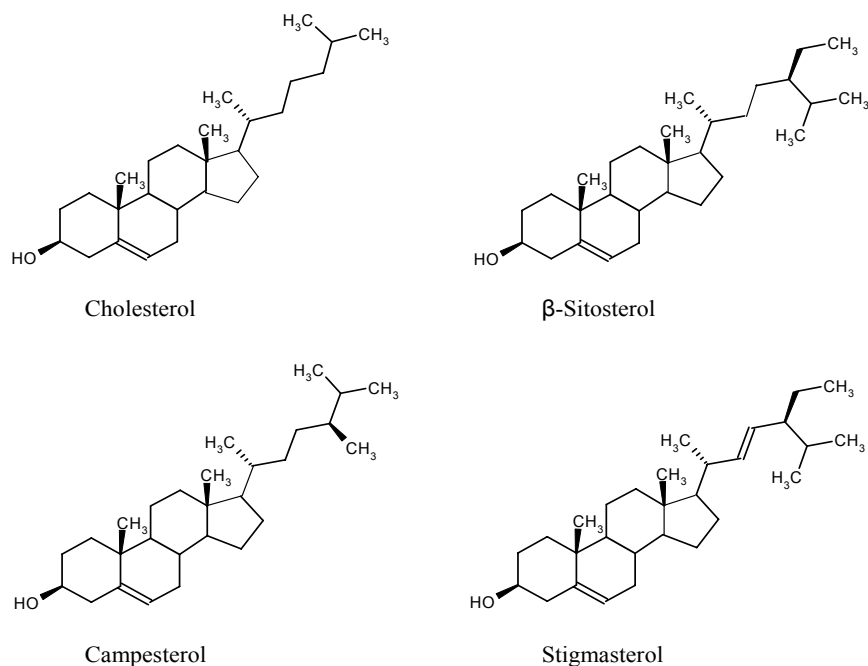


Abbildung 1: Strukturformel des Cholesterins sowie der Hauptvertreter der Phytosterine: β -Sitosterin, Campesterin und Stigmasterin

PS haben ein C-28- oder C-29- Kohlenstoffgerüst und unterscheiden sich strukturell vom Cholesterin (C-27) durch eine zusätzliche Methyl- oder Ethylgruppe am C-24. Als *Phytosterine* werden die ungesättigten Vertreter dieser Gruppe bezeichnet. Nach Reduktion an der Position 5 entstehen sogenannte *Phytostanole*. Die Gehalte an Phytostanolen in Lebensmitteln sind geringer als die von Phy-

tosterinen. In der biologischen Wirkung gibt es vermutlich keine Unterschiede⁶. Hauptquellen für die Aufnahme von PS sind besonders fettreiche pflanzliche Lebensmittel wie Nüsse und Pflanzenöle. Die durchschnittliche alimentäre Aufnahme beträgt bei westeuropäischer Ernährung etwa 200-400mg/Tag, während Vegetarier bis zu 800mg PS am Tag aufnehmen.

Mehrere klinische Studien zeigen einen positiven Effekt von PS auf die Senkung des Cholesterinspiegels⁷. In einer Metaanalyse mit 17 eingeschlossenen Studien wurde der cholesterinsenkende Effekt von Phytosterinen und -stanolen durch den regelmäßigen Verzehr von Produkten mit PS-Zusatz über einen Zeitraum von drei Wochen bis zu einem Jahr untersucht. Es zeigte sich bei einer durchschnittlichen täglichen Aufnahme von 2g PS eine Senkung des LDL-Cholesterinspiegels um ca. 10%. Zusätzlich zeigte sich, dass die Reduktion des LDL-Cholesterinspiegels bei Personen mit einem hohen Ausgangswert größer war als bei Personen mit einem geringeren Ausgangswert⁸.

Neuere Arbeiten zeigen ähnliche cholesterinsenkende Effekte durch funktionelle Milchprodukte mit PS-Zusatz wie Joghurt drinks oder fettarme Milch. Drei ähnlich konzipierte doppelblind randomisierte placebokontrollierte Multizenterstudien bei denen Probanden mit Hypercholesterinämie über sechs Wochen täglich 1,6g PS in Form von 100ml eines fettarmen Milchproduktes aufnahmen, zeigen nach drei und sechs Wochen eine signifikante Senkung des Gesamt- und des LDL-Cholesterinspiegels im Vergleich zur Placebogruppe. Weiterhin konnte etwa jeder zweite Proband das individuelle Therapieziel in Bezug auf seinen Cholesterinspiegel erreichen^{9; 10; 11}.

Entsprechend den Ergebnissen einer Metaanalyse zur Dosis-Wirkungsbeziehung verhält sich der cholesterinsenkende Effekt von PS bei einer Aufnahme von bis zu 2g/Tag proportional zur aufgenommenen Menge. Es kommt jedoch bei einer PS-Aufnahme von mehr als 3g/Tag zu keiner weiteren deutlichen Effektsteigerung⁷.

PS werden über den gleichen Weg metabolisiert wie Cholesterin, haben jedoch mit ca. 5-10% eine deutlich geringere Absorptionsrate im Vergleich zu Cholesterin mit >40%. Im Falle der sogenannten Phytosterinämie, einer genetisch bedingten Störung (Häufigkeit 1:1Mio), kommt es in Folge höherer PS-Absorptionsraten von 15-60% bei gleichzeitig verminderter PS-Ausscheidung über die Galle zu 20-100fach erhöhten Plasmaspiegeln. Diese Erkrankung geht schon in jungen Jahren mit einem gesteigerten Atheroskleroserisiko einher¹².

Der genaue molekulare Wirkmechanismus der PS ist derzeit noch nicht vollständig geklärt. Es besteht die Annahme, dass die PS wegen der strukturellen Ähnlichkeit zum Cholesterin dessen Absorption im Darm hemmen und dadurch die Cholesterinausscheidung über die Fäzes erhöhen. Dieses lässt sich durch drei mögliche Mechanismen begründen: 1) *Kompetitive Hemmung der Cholesterinabsorption*: Cholesterin und PS werden über gemischte Micellen in die Entero-

zyten aufgenommen. PS haben eine höhere Affinität in die gemischten Micellen aufgenommen zu werden, da sie hydrophober sind als Cholesterin. Dadurch wird die Absorption des Cholesterins reduziert^{13; 14}. 2) *Erhöhte Reabsorption des Cholesterins aus den Enterozyten*: Die Aufnahme von Cholesterin und PS in die Enterozyten erfolgt über den NPC1L1 (Niemann-Pick C1-like 1) Transporter. Ein Großteil der PS und unverestertes Cholesterin werden über die ATP-binding cassette G5 und G8 (ABCG5/G8) Transporter aus den Enterozyten zurück ins Darmlumen abgegeben wie in Abbildung 2 dargestellt. PS steigern vermutlich die Expression von ABCG5/G8 und damit die Reabsorption von Cholesterin¹⁵.

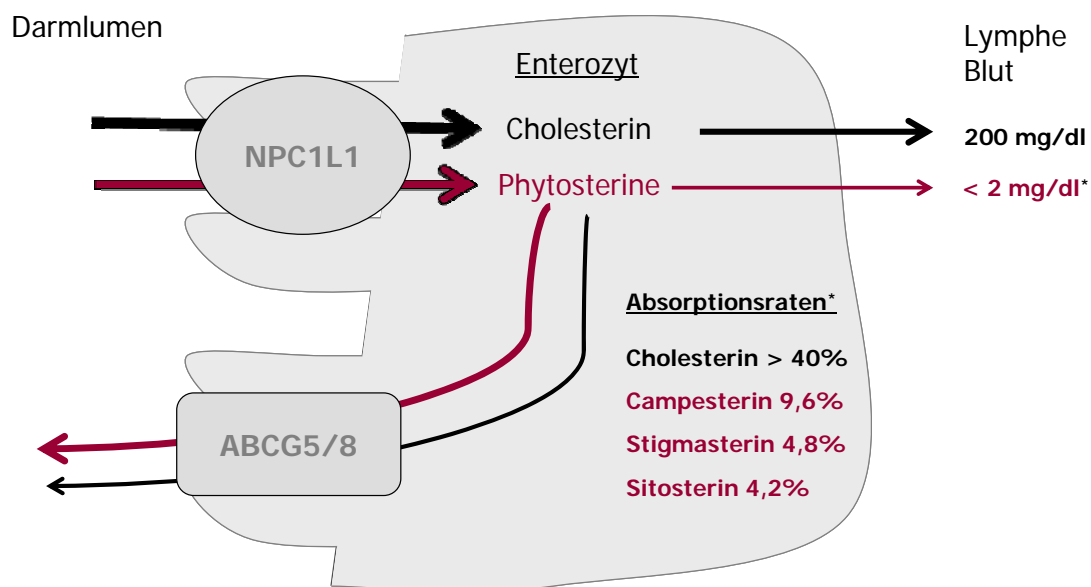


Abbildung 2: Absorption von Cholesterin und Phytosterinen im Darm

* bei gesunden Personen, bei Personen mit Phytosterinämie 20-100fach erhöht

3) *Auskristallisation von PS zusammen mit Cholesterin*: PS sind aufgrund eines geringeren Veresterungsgrades schlechter absorbierbar. Dadurch bilden PS zusammen mit Cholesterin im Darmlumen Verbindungen, die nicht absorbierbar sind und über die Fäzes ausgeschieden werden^{16; 13}. All diese Prozesse führen letztendlich zu einer geringeren intestinalen Cholesterinabsorption, einer geringeren Abgabe in die Zirkulation in Form von Chylomikronen und einer Senkung des LDL-Cholesterinspiegels. Eine Senkung des Cholesterinspiegels um 7-10% durch entsprechende funktionelle Lebensmittel bei einer Aufnahme von 1,5-2,4g PS pro Tag für mindestens 2-3 Wochen ist durch die *European Food Safety Authority* (EFSA) anerkannt und eine entsprechende gesundheitsbezogene Angabe (Health Claim) auf europäischer Ebene zugelassen¹⁷. Eine effektive Dosis von 2g PS am Tag kann durch die normale Ernährung nicht erreicht werden, da der natürliche Gehalt an PS in Lebensmitteln relativ gering ist. Deshalb wurden

funktionelle Lebensmittel mit PS-Zusatz entwickelt, die eine entsprechende Aufnahme innerhalb des normalen täglichen Ernährungsmusters zu ermöglichen. Durch die Europäische Kommission sind neben Margarine und Milchprodukten wie Joghurt drinks, fettarme Milch und Schnittkäse weitere Produkte mit PS-Zusatz zugelassen wie Backwaren, Soja- und Reisgetränke, Fruchtgetränke auf Milchbasis sowie Gewürz- und Salatsoßen. Diese Produkte verzeichnen einen jährlich steigenden Absatz.

In jüngster Zeit gibt es vermehrt Hinweise auf mögliche adverse Effekte von PS wie tierexperimentelle Daten und einige klinische Befunde zeigen: Aufgrund der frühzeitig letal verlaufenden Atherosklerose bei Patienten mit einer Phytosterinämie besteht der Verdacht, dass PS die Entstehung von Atherosklerose möglicherweise beeinflussen¹⁸. In weiteren Untersuchungen wurden Phytosterinablagerungen in atheromatösen Läsionen und stenotischen Aortenklappen gefunden^{19; 20}. Fall-Kontrollstudien zeigen außerdem erhöhte Serumwerte an Sitosterol im Blut bei KHK-Fällen im Vergleich zu den Kontrollen^{21; 22}. Ein erhöhter arterieller Blutdruck wird als weitere Nebenwirkung des gesteigerten Konsums von PS diskutiert. Diese Beobachtung wurde zunächst ebenfalls bei Personen mit einer Phytosterinämie gemacht²³. In einer Studie an Ratten mit einer Mutation im ABCG5-Gen, die über 5 Wochen eine salzfreie Diät mit PS-Zusatz bekamen, zeigte sich eine Erhöhung des systolischen und diastolischen Blutdrucks im Vergleich zur Kontrollgruppe²⁴. In einer Humanstudie bei der Probanden über 10 Wochen eine hohe PS-Dosis von 8,8g am Tag aufnahmen, wurde kein Effekt auf den Blutdruck festgestellt²⁵.

Möglicherweise interagieren PS neben Cholesterin auch mit anderen fettlöslichen Komponenten. Da fettlösliche Vitamine ebenfalls über Micellen absorbiert werden, wird eine Beeinträchtigung der Aufnahme durch PS vermutet. In einer Metaanalyse wurde diesbezüglich eine signifikante Senkung der β -Carotinkonzentration von durchschnittlich 12% nach Adjustierung um die Veränderung der Lipidkonzentration im Blut beobachtet (Tabelle 3)²⁶.

Tabelle 3: Reduktion der Serumkonzentration fettlöslicher Vitamine und Carotinoide durch eine erhöhte Phytosterolaufnahme (modifiziert nach ²⁶)

Vitamin	Studien	Effekt (%)	Adjustierter Effekt (%)
α-Carotin	13	-8,7 (-13,8; 3,5)**	-0,3 (-5,7; +5,2)
β-Carotin	15	-19,9 (-24,9; -15,0)**	-12,1 (-17,4; -6,8)**
Lycopin	13	-7,3 (-13,1; -1,4)*	-0,1 (-0,1; +5,9)
α-Tocopherol	15	- 5,9 (-8,0; -3,8)**	2,1 (-0,3; +4,5)
Retinol	14	-0,1 (-1,6; 1,5)	KA
Vitamin D	10	+0,5 (-2,6; +3,6)	KA

* signifikant $P = 0,01$; ** signifikant $P = 0,001$

Rechtliche Regelungen für funktionelle Lebensmittel mit PS-Zusatz bestehen zum einen in Bezug auf die Zulassung durch die Novel Food Verordnung (VO 258/97/EG) und zum anderen in Bezug auf die Kennzeichnung durch die Kennzeichnungsvorschrift VO 608/2004/EG. Die Kennzeichnungsverordnung regelt u. a. die Kenntlichmachung der Zweckbestimmung, der empfohlenen Maximaldosis an PS pro Tag sowie der Risikogruppen.

Aus einer Gemeinschaftsstudie der Verbraucherzentrale und des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) geht hervor, dass derzeitige spezielle Kennzeichnungen von Produkten mit PS-Zusatz nicht effektiv sind, da knapp die Hälfte der Konsumenten nicht zur anvisierten Zielgruppe gehört. Die Autoren schlussfolgern, dass durch die gegebene Kennzeichnung von Produkten mit Zusatz von PS kein ausreichender vorsorglicher Gesundheitsschutz bei bestimmungsgemäßem Verbrauch solcher Produkte im Hinblick auf nicht geklärte mögliche unerwünschte Nebenwirkungen gewährleistet werden kann ²⁷.

Zusammenfassung

Aufgrund der nicht vollständig geklärten, möglichen adversen Effekte durch den Verzehr erhöhter Mengen an PS sind weitere Daten zur Sicherheit und Wirksamkeit aus gezielten prospektiven Endpunktstudien notwendig, bevor generelle Empfehlungen für funktionelle Lebensmittel mit PS-Zusatz gemacht werden können. Das SCF und die FDA empfiehlt zunächst eine vorsorgliche Begrenzung der PS-Aufnahme auf nicht mehr als 2-3g/Tag.

Literatur

- ¹ World-Health-Organization Numbers and rates of registered deaths. http://apps.who.int/whosis/database/mort/table1_process.cfm.
- ² World-Health-Organization (2002) Integrated Management of Cardiovascular Risk. *In Geneva*.
- ³ Birtcher KK & Ballantyne CM (2004) Cardiology patient page. Measurement of cholesterol: a patient perspective. *Circulation* **110**, e296-297.
- ⁴ (1998) Ergebnisse des Bundes-Gesundheitssurveys. http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gastg&p_aid=&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=4228::Cholesterin.
- ⁵ Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2006): Evidenzbasierte Leitlinie: Fettkonsum und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten <http://www.dge.de/pdf/ws/ll-fett/DGE-Leitlinie-Fett-11-2006.pdf>.
- ⁶ Kiefer I, Haberzettl C, Panuschka C & Rieder A (2002) Phytosterine und ihre Bedeutung in der Prävention: Verlag Krause und Pachernegg GmbH.
- ⁷ Demonty I, Ras RT, van der Knaap HC, Duchateau GS, Meijer L, Zock PL, Geleijnse JM & Trautwein EA (2009) Continuous dose-response relationship of the LDL-cholesterol-lowering effect of phytosterol intake. *J Nutr* **139**, 271-284.
- ⁸ Wu T, Fu J, Yang Y, Zhang L & Han J (2009) The effects of phytosterols/stanols on blood lipid profiles: a systematic review with meta-analysis. *Asia Pac J Clin Nutr* **18**, 179-186.
- ⁹ Hansel B, Nicolle C, Lalanne F, Tondu F, Lassel T, Donazzolo Y, Ferrieres J, Krempf M, Schlienger JL, Verges B, Chapman MJ & Bruckert E (2007) Effect of low-fat, fermented milk enriched with plant sterols on serum lipid profile and oxidative stress in moderate hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* **86**, 790-796.
- ¹⁰ Plana N, Nicolle C, Ferre R, Camps J, Cos R, Villoria J & Masana L (2008) Plant sterol-enriched fermented milk enhances the attainment of LDL-cholesterol goal in hypercholesterolemic subjects. *Eur J Nutr* **47**, 32-39.
- ¹¹ Mannarino E, Pirro M, Cortese C, Lupattelli G, Siepi D, Mezzetti A, Bertolini S, Parillo M, Fellin R, Pujia A, Averna M, Nicolle C & Notarbartolo A (2009) Effects of a phytosterol-enriched dairy product on lipids, sterols and 8-isoprostane in hypercholesterolemic patients: a multicenter Italian study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **19**, 84-90.
- ¹² Watzl B & Rechkemmer G (2001) Phytosterine - Charakteristik, Vorkommen, Aufnahme, Stoffwechsel, Wirkungen. *Ernährungs-Umschau* **48 (4)**, 161-164.
- ¹³ Ikeda I, Tanabe Y & Sugano M (1989) Effects of sitosterol and sitostanol on micellar solubility of cholesterol. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* **35**, 361-369.
- ¹⁴ Nissinen M, Gylling H, Vuoristo M & Miettinen TA (2002) Micellar distribution of cholesterol and phytosterols after duodenal plant stanol ester infusion. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* **282**, G1009-1015.
- ¹⁵ Mutschler E, Geisslinger G, Kroemer HK, Ruth P & Schäfer-Korting M (2008) Arzneimittelwirkungen - Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie, 2. Auflage. *Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart*.
- ¹⁶ Armstrong MJ & Carey MC (1987) Thermodynamic and molecular determinants of sterol solubilities in bile salt micelles. *J Lipid Res* **28**, 1144-1155.
- ¹⁷ EU-Verordnung Nr 384/2010 der Kommission vom 5. Mai 2010. *Amtsblatt der Europäischen Union L13/6*.

- ¹⁸ Bhattacharyya AK & Connor WE (1974) Beta-sitosterolemia and xanthomatosis. A newly described lipid storage disease in two sisters. *J Clin Invest* **53**, 1033-1043.
- ¹⁹ Mellies MJ, Ishikawa TT, Glueck CJ, Bove K & Morrison J (1976) Phytosterols in aortic tissue in adults and infants. *J Lab Clin Med* **88**, 914-921.
- ²⁰ Helske S, Miettinen T, Gylling H, Mayranpaa M, Lommi J, Turto H, Werkkala K, Kupari M & Kovanen PT (2008) Accumulation of cholesterol precursors and plant sterols in human stenotic aortic valves. *J Lipid Res* **49**, 1511-1518.
- ²¹ Glueck CJ, Speirs J, Tracy T, Streicher P, Illig E & Vandegrift J (1991) Relationships of serum plant sterols (phytosterols) and cholesterol in 595 hypercholesterolemic subjects, and familial aggregation of phytosterols, cholesterol, and premature coronary heart disease in hyperphytosterolemic probands and their first-degree relatives. *Metabolism* **40**, 842-848.
- ²² Assmann G, Cullen P, Erbey J, Ramey DR, Kannenberg F & Schulte H (2006) Plasma sitosterol elevations are associated with an increased incidence of coronary events in men: results of a nested case-control analysis of the Prospective Cardiovascular Munster (PRO-CAM) study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **16**, 13-21.
- ²³ Lutjohann D, Bjorkhem I, Beil UF & von Bergmann K (1995) Sterol absorption and sterol balance in phytosterolemia evaluated by deuterium-labeled sterols: effect of sitostanol treatment. *J Lipid Res* **36**, 1763-1773.
- ²⁴ Chen Q, Gruber H, Swist E, Coville K, Pakenham C, Ratnayake WM & Scoggan KA (2010) Dietary phytosterols and phytosterols decrease cholesterol levels but increase blood pressure in WKY inbred rats in the absence of salt-loading. *Nutr Metab (Lond)* **7**, 11.
- ²⁵ Gylling H, Hallikainen M, Nissinen MJ & Miettinen TA The effect of a very high daily plant stanol ester intake on serum lipids, carotenoids, and fat-soluble vitamins. *Clin Nutr* **29**, 112-118.
- ²⁶ Katan MB, Grundy SM, Jones P, Law M, Miettinen T & Paoletti R (2003) Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. *Mayo Clin Proc* **78**, 965-978.
- ²⁷ Niemann B, Sommerfeld C, Hembek A & Bergmann CH (2007) Lebensmittel mit Pflanzensterinen: Umgang mit den Produkten und Wahrnehmung der Kennzeichnung durch Verbraucher. *Eine Gemeinschaftsstudie der Verbraucherzentralen und des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) Kurzfassung der Studie.*

Konsumentenpräferenzen für funktionelle Milchprodukte

Kai-Brit Bechtold, Awudu Abdulai

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Einleitung

Seit den 1990er Jahren ist in Deutschland ein neuer Trend auf dem Lebensmittelmarkt zu beobachten, der ursprünglich aus Japan stammt: Functional Food oder Funktionelle Lebensmittel. Unter funktionellen Lebensmitteln werden Lebensmittel verstanden, die über ihre Ernährungsfunktion hinaus einen gesundheitlichen Zusatznutzen versprechen. Mit Hilfe bestimmter funktioneller Inhaltsstoffe, mit denen die Lebensmittel angereichert werden, soll die gesundheitsfördernde Wirkung erzielt werden. Beispiele für diese funktionellen Inhaltsstoffe sind Pro- und Präbiotika, Omega-3-Fettsäuren oder auch sekundäre Pflanzenstoffe. Die gesundheitsfördernde Wirkung des funktionellen Lebensmittels wird mittels Werbeaussagen (Health Claim = gesundheitsbezogene Angabe) kommuniziert z.B. “Stimuliert die Aktivität körpereigener Abwehrkräfte” oder “Senkt aktiv den Cholesterinspiegel”.

In Deutschland ist sowohl generell ein Anstieg der Nachfrage nach Milch- und Milchprodukten als auch speziell nach funktionellen Milch- und Milchprodukten zu beobachten (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2006). Eine der möglichen Ursachen für diese Entwicklung ist, dass das allgemeine Interesse der Verbraucher an gesunder Ernährung in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist. So zeigen vorliegende Untersuchungen, dass der Marktanteil funktioneller Lebensmittel in Europa von weniger als 1% im Jahr 2000 auf etwa 5% im Jahr 2013 steigen soll (Menrad 2003). Innerhalb der EU gehört Deutschland zu den vier wertmäßig größten Märkten für funktionelle Lebensmittel (Bech-Larsen und Scholderer 2007). Aufgrund dieser Entwicklungen ist es von großem Interesse, Konsumentenpräferenzen für funktionelle Milchprodukte zu ermitteln, da empirische Untersuchungen zu diesem Thema bislang fehlen. Milchprodukte stellen das wichtigste Produktsegment bei funktionellen Lebensmitteln dar. Das Ziel der Studie ist es somit, die Präferenzen der Konsumenten für bestimmte Eigenschaften von funktionellen Milchprodukten (funktioneller Inhaltsstoff, gesundheitsbezogene Angabe) und die Zahlungsbereitschaft für diese Eigenschaften mit Hilfe von Choice Experimenten zu bestimmen.

Theoretische Grundlagen der Choice Experimente

Verbraucherpräferenzen lassen sich mit Hilfe von Nutzenfunktionen darstellen. Das heutige Nutzenkonzept geht u.a. auf Arbeiten von Lancaster zurück. Lancaster ist der Meinung, dass das Produkt dem Verbraucher per se noch keinen Nutzen gibt; es besteht jedoch aus verschiedenen Produkteigenschaften, aus denen der Verbraucher seinen Nutzen zieht. Demnach werden die Produkte (in unserem Fall die (funktionellen) Milchprodukte) durch verschiedene Eigenschaften beschrieben (i.d.R. ist der Preis eine Eigenschaft, um die Zahlungsbereitschaft ermitteln zu können), aus denen die Entscheidungsträger ihren Nutzen gewinnen.

Choice Experimente beruhen auf diesem so genannten Eigenschaftenansatz von Lancaster und haben u.a. das Ziel, Zahlungsbereitschaften zu ermitteln. Mit Hilfe von beobachteten Daten berechnen Choice Experimente die Wahrscheinlichkeit, dass ein Entscheidungsträger n (in unserem Fall ein Verbraucher) eine bestimmte Alternative i (in unserem Fall ein (funktionelles) Milchprodukt) aus einer begrenzten Menge C (auch Choice Set genannt) von Alternativen wählt (Albers et al. 2007). Die Wahrscheinlichkeit $P_n(i)$, dass ein Entscheidungsträger n eine Alternative i wählt, hängt von seinem persönlichen Nutzen der Alternative ab. Aus ökonomischer Sicht beruht die Entscheidung, ob eine Alternative gewählt wird, auf einem Nutzenmaximierungskalkül, d.h. Entscheidungsträger wählen die Alternative, die ihnen den größten Nutzen bringt. Die Wahlwahrscheinlichkeit $P_n(i)$ ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzen U_{in} einer Alternative i für den Entscheidungsträger n höher ist als der Nutzen anderer zur Wahl stehender Alternativen j . Somit ergibt sich die folgende Wahlwahrscheinlichkeit:

$$(1) \quad P_n(i) = P\{U_{in} > U_{jn}, j, i \in C_n, j \neq i\}$$

Der Nutzen der Entscheidungsträger besteht aus zwei Komponenten: Aus einer deterministischen Komponente V_{in} und aus einer stochastischen Komponente ε_{in} (Störterm). Durch Einsetzen dieser beiden Nutzenkomponenten in die Gleichung (1) ergibt sich die folgende Wahlwahrscheinlichkeit:

$$(2) \quad P_n(i) = P\{V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn}, j, i \in C_n, j \neq i\}$$

Die deterministische Komponente beinhaltet beobachtbare Einflussgrößen des Nutzens z.B. die Eigenschaften der (funktionellen) Milchprodukte oder sozio-ökonomische Variablen. Die stochastische Größe hingegen ist nicht beobachtbar und enthält Messfehler oder auch unbeobachtete Konsumenten- oder Produkteigenschaften.

Umfrage

Im November 2010 wurde eine deutschlandweite Briefbefragung durchgeführt, um die Konsumentenpräferenzen für funktionelle Milchprodukte zu ermitteln. Ziel dieser Befragung war es, mit Hilfe eines Choice Experimentes die Präferenzen für spezifische Eigenschaften von funktionellen Milchprodukten und die Zahlungsbereitschaft für diese Eigenschaften zu bestimmen. Ferner sollten funktionelle Milchprodukte untersucht werden, die es in der Form noch nicht auf dem deutschen Markt zu kaufen gibt. Der Fragebogen bestand aus vier Teilen: Im ersten Teil wurde die Einstellung der Befragten zu funktionellen Lebensmitteln und gesunder Ernährung mittels Statements gemessen. Der zweite Teil umfasste das Choice Experiment, mit dessen Hilfe die Konsumentenpräferenzen für bestimmte Eigenschaften von funktionellen Milchprodukten und die Zahlungsbereitschaften für diese Eigenschaften bestimmt werden sollten. Der dritte und vierte Teil beinhaltete Fragen zum Lebensstil (z.B. Alkohol- und Tabakkonsum) und zum sozioökonomischen Hintergrund. Drei verschiedene Milchprodukte wurden analysiert: Joghurt, Frischkäse und Speiseeis. Insgesamt wurden etwa 2700 Fragebögen verschickt. Eine Rücklaufquote von fast 49% konnte erzielt werden.

Im Rahmen des Choice Experimentes wurden drei verschiedene Eigenschaften, aus denen die Befragten ihren Nutzen ziehen, berücksichtigt: Der Preis, der funktionelle Inhaltsstoff und die gesundheitsbezogene Angabe. Jede Eigenschaft konnte vier verschiedene Ausprägungen annehmen. In Tabelle 1 sind die Eigenschaften und Eigenschaftsausprägungen für das Choice Experiment aufgeführt. Es wurde ein orthogonales Design mit Hilfe von SPSS erstellt, um die Eigenschaftsausprägungen miteinander zu kombinieren und die Choice Sets zu erstellen, die den Befragten im Fragebogen vorgelegt wurden. Dies war nötig, um das Design zu reduzieren, da eine Kombination aller Eigenschaftsausprägungen miteinander insgesamt 192 Choice Sets ergeben hätte. Diese Summe aller möglichen Kombinationen kann Studienteilnehmern nicht vorgelegt werden, da aufgrund der hohen Anzahl Ermüdungseffekte auftreten können und somit das Ergebnis verfälscht sein würde.

Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für ein Choice Set. Jedes Choice Set bestand aus drei Milchprodukten der jeweiligen Produktgruppe, wobei die Alternative C immer ein nicht-funktionelles Milchprodukt war. Der Befragte wurde gebeten, aus den drei Alternativen diejenige auszuwählen, die er kaufen würde. Jeder Befragte bekam mehrere Choice Sets pro Milchprodukt zu sehen.

Tabelle 1 Eigenschaften und Eigenschaftsausprägung

Eigenschaften		Eigenschaftsausprägung		
Preis		<u>Joghurt</u>	<u>Frischkäse</u>	<u>Speiseeis</u>
		1. 1,29€/500g	1. 1,49€/200g	1. 3,19€/1000ml
		2. 1,49€/500g	2. 1,69€/200g	2. 3,49€/1000ml
		3. 1,79€/500g	3. 2,09€/200g	3. 3,99€/1000ml
		4. 2,09€/500g	4. 2,49€/200g	4. 4,49€/1000ml
Funktioneller Inhaltsstoff	In-	1. Omega-3-Fettsäuren 2. Oligosaccharide 3. Bioaktive Peptide 4. Polyphenole		
Gesundheitsbezogene Angabe		1. Unterstützt gesunde Blutgefäße 2. Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel 3. Eine Eigenschaft ^a 4. Zwei Eigenschaften ^b		

^aa) Omega-3-Fettsäuren: Unterstützt gesunde Blutfettwerte b) Oligosaccharide: Unterstützt eine gesunde Verdauung c) Bioaktive Peptide: Unterstützt einen gesunden Blutdruck d) Polyphenole: Schützt die Körperzellen vor freien Radikalen.

^ba) Omega-3-Fettsäuren: Unterstützt gesunde Blutgefäße und gesunde Blutfettwerte b) Oligosaccharide: Unterstützt gesunde Blutgefäße und eine gesunde Verdauung c) Bioaktive Peptide: Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Blutdruck d) Polyphenole: Unterstützt gesunde Blutgefäße und schützt die Körperzellen vor freien Radikalen.

Tabelle 2 Beispiel für ein Choice Set

Produkt	Joghurt A	Joghurt B	Joghurt C
Preis	1,79€/500g	1,29€/500g	1,29€/500g
Funktioneller Inhaltsstoff	Oligosaccharide	Omega-3-Fettsäuren	
Gesundheitsbezogene Angabe	Unterstützt eine gesunde Verdauung.	Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.	unverändert
Ich würde kaufen...	O	O	O

Empirische Ergebnisse

Choice Experimente können mit verschiedenen Modellen berechnet werden. Diese berechnen mit Hilfe der erhobenen Daten die Wahrscheinlichkeit, dass ein Entscheidungsträger ein bestimmtes Milchprodukt wählt. Die folgenden Ergebnisse wurden mit Hilfe des Conditional Logit Modells berechnet. Zunächst werden die Schätzergebnisse des Modells vorgestellt. Aufbauend auf diesen Schätzergebnissen wurden die Zahlungsbereitschaften für die Eigenschaftsausprägungen ermittelt.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Schätzung des Conditional Logit Modells für alle drei Milchprodukte dargestellt. Die Schätzergebnisse zeigen, dass der

Preis einen hochsignifikant negativen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, (funktionelle) Milchprodukte zu kaufen, ausübt. Während Konsumenten eine positive Präferenz für Omega-3-Fettsäuren haben, kommen bioaktive Peptide nicht gut beim Verbraucher an. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass Omega-3-Fettsäuren, die es bereits auf dem deutschen Markt zu kaufen gibt, allgemein bekannt sind, wohingegen bioaktive Peptide noch nicht in Deutschland verbreitet sind und folglich mit großer Skepsis betrachtet werden. Des Weiteren offenbaren die Ergebnisse, dass Konsumenten eine negative Präferenz für den Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße.” aufweisen, während der Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.” von den Verbrauchern positiv bewertet wird. In Bezug auf die Milchprodukte lässt sich sagen, dass Konsumenten eine negative Präferenz für funktionellen Frischkäse und funktionelles Speiseeis haben, da die Schätzergebnisse zeigen, dass Konsumenten die nicht-funktionelle Alternative beim Frischkäse und beim Speiseeis präferieren. Der Grund hierfür könnte sein, dass die deutschen Verbraucher funktionellen Frischkäse und funktionelles Speiseeis nicht kennen und somit skeptisch sind. Ferner könnte dieses Ergebnis auch zeigen, dass Speiseeis, welches ein hedonisches Gut darstellt, nicht als funktionelles Produkt akzeptiert wird, da Verbraucher kein Genussgut verzehren möchten, das einen gesundheitlichen Zusatznutzen aufweist.

Die Messungen der Zahlungsbereitschaft sind in Tabelle 4 dargestellt und geben zu erkennen, dass Verbraucher bereit sind, 0,15€ (bzw. 0,19€ und 0,20€) mehr für 500g Joghurt (bzw. 200g Frischkäse und 1000ml Speiseeis) zu zahlen, der Omega-3-Fettsäuren enthält. Verbraucher haben eine negative Zahlungsbereitschaft für den Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße.”, die zwischen -0,18€ und -0,22€ liegt und bedeutet, dass diese Eigenschaftsausprägung einen negativen Nutzen bringt. Die Zahlungsbereitschaft für funktionelle Milchprodukte, die den Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.” tragen, liegt zwischen 0,11€ und 0,12€. Das Ergebnis der Zahlungsbereitschaftsmessung für nicht-funktionelles Speiseeis beträgt 0,27€ und verstärkt die Erkenntnis, dass Speiseeis, welches mit funktionellen Inhaltsstoffen angereichert wird, vom deutschen Verbraucher nicht präferiert wird.

Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war es, die Präferenzen der Konsumenten für bestimmte Eigenschaften von funktionellen Milchprodukten und die Zahlungsbereitschaft für diese zu bestimmen. In Bezug auf den funktionellen Inhaltsstoff lässt sich sagen, dass Konsumenten eine positive Präferenz für Omega-3-Fettsäuren haben. Im Gegensatz dazu reduzieren bioaktive Peptide den Produktnutzen des Verbrauchers.

Tabelle 3 Ergebnisse des Choice Experimentes mittels Conditional Logit Schätzung für Joghurt, Frischkäse und Speiseeis

	Joghurt	Frischkäse	Speiseeis
	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient
Preis (€)	-1,977*** (0,063)	-1,877*** (0,054)	-1,610*** (0,046)
Omega-3-Fettsäuren	0,305*** (0,031)	0,350*** (0,033)	0,318*** (0,036)
Oligosaccharide	0,052* (0,030)	0,003 (0,032)	-0,003 (0,035)
Bioaktive Peptide	-0,114*** (0,030)	-0,138*** (0,032)	-0,104*** (0,034)
Unterstützt gesunde Blutgefäße.	-0,429*** (0,034)	-0,343*** (0,035)	-0,337*** (0,039)
Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.	0,232*** (0,030)	0,216*** (0,031)	0,180*** (0,034)
Eine Eigenschaft	-0,025 (0,031)	-0,062* (0,033)	-0,050 (0,036)
Nicht-funktionelle Alternative	0,042 (0,029)	0,171*** (0,028)	0,430*** (0,030)
Log-Likelihoodfunktion	-8986,139	-8509,119	-7713,946
Anzahl an Choice Sets	9373	9395	9421

Quelle: Eigene Berechnung.

Anhang: Standardfehler in Klammern. *, **, *** kennzeichnen das 0,1; 0,05; 0,01 Signifikanzniveau.

Tabelle 4 Zahlungsbereitschaft für die Eigenschaftsausprägungen in Euro für Joghurt, Frischkäse und Speiseeis

	Joghurt	Frischkäse	Speiseeis
Omega-3-Fettsäuren	0,15 [0,12 – 0,19]	0,19 [0,15 – 0,22]	0,20 [0,15 – 0,24]
Oligosaccharide	0,03 [0,00 – 0,06]	0,00 [-0,03 – 0,03]	0,00 [-0,04 – 0,04]
Bioaktive Peptide	-0,06 [-0,09 – -0,03]	-0,07 [-0,11 – -0,04]	-0,06 [-0,11 – -0,02]
Unterstützt gesunde Blutgefäße.	-0,22 [-0,25 – -0,18]	-0,18 [-0,22 – -0,15]	-0,21 [-0,26 – -0,16]
Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.	0,12 [0,09 – 0,15]	0,12 [0,08 – 0,15]	0,11 [0,07 – 0,15]
Eine Eigenschaft	-0,01 [-0,04 – 0,02]	-0,03 [-0,07 – 0,00]	-0,03 [-0,07 – 0,01]
Nicht-funktionelle Alternative	0,02 [-0,01 – 0,05]	0,09 [0,05 – 0,12]	0,27 [0,22 – 0,31]

Quelle: Eigene Berechnung.

Anhang: 95%-Konfidenzintervall nach Krinsky und Robb mit 2000 Wiederholungen in Klammern.

Ein möglicher Grund für dieses Präferenzverhalten ist, dass Omega-3-Fettsäuren, die bereits in deutschen Supermärkten erhältlich sind, allgemein in der Bevölkerung bekannt sind, wohingegen bioaktive Peptide noch nicht in Deutschland verbreitet sind und deswegen kritisch betrachtet werden. Der Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße.” wird vom Verbraucher negativ bewertet, wohingegen Konsumenten eine positive Präferenz für den Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.” aufweisen. Funktioneller Käse und funktionelles Speiseeis scheinen vom Verbraucher nicht präferiert zu werden, da Konsumenten bei diesen beiden Milchprodukten die nicht-funktionelle Alternative bevorzugen. Der Grund hierfür könnte sein, dass die Verbraucher gegenüber diesen unbekannteren Produkten skeptisch sind, da es derzeit noch keinen funktionellen Frischkäse und kein funktionelles Speiseeis im deutschen Supermarkt zu kaufen gibt. Des Weiteren ist es vorstellbar, dass ein hedonisches Gut wie Speiseeis nicht als funktionelles Produkt akzeptiert wird, da Verbraucher kein Genussgut verzehren möchten, das mit einem gesundheitlichen Zusatznutzen wirbt. Die Ermittlungen der Zahlungsbereitschaft lassen erkennen, dass Verbraucher bereit sind, zwischen 0,15€ und 0,20€ mehr für funktionelle Milchprodukte zu bezahlen, die Omega-3-Fettsäuren enthalten. Die Zahlungsbereitschaft für den Health Claim “Unterstützt gesunde Blutgefäße und einen gesunden Stoffwechsel.” liegt zwischen 0,11€ und 0,12€. Nichtfunktionelles Speiseeis ist dem Verbraucher 0,27€ mehr Wert als funktionelles Speiseeis. Diese Erkenntnis unterstreicht noch einmal die Abneigung des deutschen Verbrauchers gegenüber funktionellem Speiseeis. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass neben den Produkteigenschaften der Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz funktioneller Lebensmittel die zukünftige Marktentwicklung beeinflussen.

Referenzen

- Albers, S., D. Klapper, U. Konradt, A. Walter und J. Wolf 2007. “Methodik der empirischen Forschung.” 2. Auflage Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Bech-Larsen, T. und J. Scholderer 2007. “Functional foods in Europe: Consumer research, market experiences and regulatory aspects.” *Trends in Food Science & Technology* 18:231-234.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2006. “Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2006.” Landwirtschaftsverlag Münster Hiltrup.
- Menrad, K. 2003. “Market and marketing of functional food in Europe.” *Journal of Food Engineering* 56:181-188.

Joghurt ist nicht gleich Joghurt – das gilt auch für den Preis

Janine Empen und Jens-Peter Loy

Abteilung Marktlehre, Institut für Agrarökonomie

Einleitung

Der deutsche Joghurtmarkt konnte in den vergangenen 15 Jahren ein starkes Wachstum erzielen. Obwohl der deutsche Lebensmittelmarkt im Allgemeinen als gesättigt gilt, ist der Pro-Kopf-Verzehr von Joghurt in Deutschland von 1995 mit 13,1 kg auf 17,8 kg im Jahr 2009 angewachsen (AMI, 2010). Gründe für das Wachstum auf dem Joghurtmarkt sind angebotsseitig die vielfältigen Produktdifferenzierungen und Innovationen (HERRMANN UND SCHRÖCK, 2010) und nachfrageseitig der anhaltende Gesundheitstrend (TRIVEDI, 2010).

Kaum eine Warengruppe bietet eine derartige Produktvielfalt. In Deutschland hatten Konsumenten von 2001-2008 über 2000 unterschiedliche Joghurts zur Auswahl. Diese Angebotsbreite wird nicht nur durch die zahlreichen Markennamen erreicht, sondern auch durch die vielfältigen Differenzierungsmöglichkeiten. Von Himbeer-Maracuja bis Tiramisu, von Sahnejoghurt bis zu den „Light“ Produkten existiert für fast jeden Konsumentenwunsch das entsprechende Produkt. Die heterogene Preisgestaltung dieser Produktvielfalt mit Preisen von 10 Cent bis 1 € pro 100 g soll im Folgenden eingehender betrachtet werden. Welche Produktvarianten können einen höheren Aufpreis erzielen als andere? Zur Beantwortung dieser Frage wird ein hedonisches Preismodell entwickelt und geschätzt. Die Datenbasis bildet das Einzelhandelspanel der SymphonyIRIGroup, das die Jahre 2005-2008 umfasst.

Die Datenbasis

Die Einzelhandelsscannerdaten der SymphonyIRIGroup für alle Joghurtverkäufe umfassen Preise in 536 Geschäften auf wöchentlicher Basis von 2005 bis einschließlich 2008. Der gesamte Datensatz umfasst 19,6 Mio. Preisbeobachtungen; daraus wurden die 12,3 Mio. ausgewählt, deren zugehörige Preisreihen zu 95 % durchgängig im Datensatz enthalten sind. Neben den erhobenen Preisen und verkauften Mengen enthält der Datensatz auch produkt- und geschäftsspezifische Zusatzinformationen. Die Geschäfte werden durch Angaben zur Größe der Verkaufsfläche, Lage und Geschäftstyp (z.B. Discounter oder Supermarkt) näher charakterisiert. Die Geschäfte lassen sich den jeweiligen Handelsunternehmen

zuordnen, der Name der Kette ist jedoch aus Datenschutzgründen maskiert. Auch wurde den Produkten eine neue, maskierte EAN zugewiesen, da es sonst möglich ist, von den gelisteten Handelsmarken auf die Kettenzugehörigkeit der Geschäfte zu schließen. Zusätzlich gibt es eine detaillierte Produktbeschreibung. Die wöchentlichen Preise eines jeden Produktes werden über die Geschäfte gemittelt. Dieses Vorgehen ist bei hedonischen Preisanalysen auf Basis von Einzelhandelsscannerdaten üblich (vgl. CHANG ET AL. 2010).

Abgesehen von Nischenprodukten und Naturjoghurts werden Joghurts vornehmlich in Produktlinien vertrieben. Deswegen können Produktattribute, die zwischen den Produktlinien und innerhalb der Linien variieren, unterschieden werden. Zur Differenzierung zwischen den Produktlinien tragen der Fettgehalt, die Verpackung, der Markenname und besondere Eigenschaften der gesamten Linie bei. Die horizontale Differenzierung erfolgt über Geschmacksvariationen. Die Produkteigenschaften sind entweder direkt im Datensatz enthalten oder können aus den Artikelnamen rekonstruiert werden.

In Tabelle 1 sind ausgewählte Kennzahlen sowohl für die gesamte Warengruppe als auch für einzelne Eigenschaften dargestellt. Nach Inflationsbereinigung mit dem Verbraucherpreisindex (2005=100) kosten die Joghurts im Durchschnitt über alle Beobachtungen 23 Cent pro 100 g.

Das hedonische Preismodell

Um die Preiseffekte der verschiedenen Produktattribute zu bestimmen, wird ein hedonisches Preismodell geschätzt. Bei diesem Ansatz werden Güter als Bündel bestimmter Attribute (z.B. Marke, Verpackung, Qualitätsmerkmale) verstanden, so dass ein Gut X innerhalb einer Warengruppe durch einen Vektor seiner Eigenschaften x_j ausgedrückt werden kann (vgl. DILLER, 2008):

$$(1) X = (x_1, \dots, x_j)$$

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken und Resultate

Produktattribute (Abk.)	Ø Auftreten Attribut	Ø Preis in € /100g	Marktanteil	Koeffizienten	Prozentualer Preisaufschlag
Natur	0,15	0,19	21,54	Basis	Basis
Früchte	0,62	0,24	51,92	0,139***	14,91
Vanille	0,10	0,26	10,04	0,201***	22,26
Schokolade	0,05	0,27	10,06	0,0782**	8,13
Kaffee	0,01	0,25	0,64	0,205***	22,75
Getreide	0,06	0,25	8,91	0,0740**	7,68
Honig	0,01	0,43	0,27	0,151***	16,30
Nuss	0,02	0,27	1,96	0,215***	23,99
Probiotisch	0,07	0,26	14,40	0,140***	15,03
Laktosefrei	0,01	0,33	0,50	0,513***	67,03
Biologisch	0,12	0,28	2,57	0,477***	61,12
Magerjoghurt (0,3-1,4 %)	0,16	0,21	13,61	-0,298***	-25,77
Fettarmer Joghurt (1,5- 3,4 %)	0,65	0,21	66,74	-0,288***	-25,02
Vollfettjoghurt (3,5 – 9,9 %)	0,14	0,30	17,39	Basis	Basis
Sahnejoghurt (>10 %)	0,01	0,37	1,55	0,487***	62,74
Fettgehalt unbekannt	0,03	0,30	0,79	-0,102***	-9,70
Becher	0,84	0,23	77,25	Basis	Basis
Zweikammerbecher	0,04	0,34	11,37	0,320***	37,71
Eimer	0,04	0,19	5,17	-0,152***	-14,10
Mehrwegverpackung	0,07	0,23	6,19	-0,148***	-13,76
Verpackungseinheiten	1,22			-0,0514***	
Handelsmarke	0,20	0,18	12,15	-0,491***	-38,80
Ehrmann	0,07	0,23	10,51	0,110***	11,63
Campina	0,07	0,22	9,56	0,0637**	6,58
Bauer	0,07	0,21	9,73	-0,114***	-10,77
Zott	0,04	0,24	6,81	0,116***	12,30
Müller Milch	0,04	0,30	15,26	0,0421**	4,30
Danone	0,03	0,33	14,35	0,115***	12,19
Sonstige Herstellermarken	0,46	0,25	21,63		
Danone-Probiotisch	0,02	0,39	9,87	0,550***	73,33
Probiotisch-Getreide	0,01	0,25	0,45	0,0505**	5,18
Müller Milch – 2 Kammerb.	0,03	0,30	12,35	-0,171***	-15,72
Landliebe-Mehrwegglas	0,04	0,35	10,48	0,102***	10,74
Trend				0,001***	0,06
Sonderangebotsfrequenz				0,0240**	
Konstante				-1,444***	
Gesamt	2083 EANs	0,46			

Legende: N= 286 104, R²=0,74, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, † relativ zur Basiskategorie, welchen einen Durchschnittspreis von 0,19 € aufweist, Korrekturen nach HALVORSEN UND PALMQUIST (1980)

Quelle: Eigene Berechnungen anhand von Daten der SymphonyIRIGroup, Stata Version 11

durch die hedonische Preisfunktion modelliert:

$$(2) \quad p(x) = p(x_1, \dots, x_j)$$

Durch die Funktion in Gleichung (2) können hedonische Preise ermittelt werden, die den Wert der einzelnen Produkteigenschaften widerspiegeln. Diese Preise werden auch als implizite Preise bezeichnet, da kein getrennter Markt für die Eigenschaften besteht und sie nur im Bündel erhältlich sind (DILLER, 2008). Die theoretische Fundierung der hedonischen Preisanalyse geht maßgeblich auf ROSEN (1974) zurück, der wiederum auf der Arbeit von LANCASTER (1966) aufbaut. ROSEN (1974) zeigt, dass bei Übereinstimmung von nachgefragter und angebotener Menge von einem Attribut (Markträumung) die hedonische Preisfunktion determiniert wird. Die impliziten hedonischen Preise geben somit die marginale Wertschätzung aller Marktteilnehmer für die unterschiedlichen Charakteristika wieder. Damit können signifikant positive Koeffizienten sowohl die Wertschätzung der Konsumenten für diese Eigenschaften als auch die hohen Kosten der Hersteller für diese Attribute darstellen.

Bei der abhängigen Variable Preis handelt es sich um den inflationsbereinigten Preis eines Joghurts i in € pro 100 g je Woche t , der über alle Geschäfte gemittelt wird. Dieser Preis wird durch folgende Produkteigenschaften erklärt: Geschmack, Fettgehalt, besondere Eigenschaften, Verpackung, Markenzugehörigkeit und Interaktionseffekte. Zusätzlich wird ein Trend $t = 1, \dots, 208$ integriert, um mögliche Preissteigerungen der gesamten Kategorie, die z.B. aufgrund gestiegener Milchpreise über die Inflation hinausgehen, zu extrahieren. Als Basis dient ein naturbelassener Vollfettjoghurt ohne spezielle Eigenschaften, der in einem Plastikbecher abgepackt wird und weder unter einer Handelsmarke noch von einem der großen Unternehmen Ehrmann, Campina, Bauer, Danone, Zott oder Müller Milch vertrieben wird. Zur Auswahl einer geeigneten funktionellen Form schlagen MCCONNELL und STRAND (2000) vor, eine allgemeine Box-Cox Transformation vorzunehmen und anhand von Restriktionstests die geeignete Transformation zu wählen. Aufgrund der Testergebnisse wird hier die semi-logarithmische Form ausgewählt.

Ergebnisse

Die Schätzergebnisse des semi-logarithmischen hedonischen Preismodells sind in der rechten Hälfte von Tabelle 1 dargestellt. Mit dem Modell können 74 % der Preisvariation durch die Produktattribute erklärt werden. Alle Koeffizienten leisten auf dem 1% Signifikanzniveau einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag. Nach dem Test von BELSLEY ET AL. (1980) liegt keine Multikollinearität vor.

Der in BLEIHEL (2010) beschriebene Trend zu einem gesünderen Lebensstil lässt sich in den Ergebnissen zum einen an den Preisauflagen für probiotische und laktosefreie Joghurts und zum anderen an den impliziten Preisen für die unterschiedlichen Fettstufen ablesen. Der zu probiotischen Joghurts gehörende Koeffizient ist 0,14, dies impliziert einen prozentualen Preisauflagen von $100 * (e^{0.14} - 1) = 15,03$ % im Vergleich zu dem Basisjoghurt. Dies entspricht einem Aufpreis von 3 Cent pro 100 g. Auf dem Markt für Probiotika gibt es die Tendenz, diese mit prebiotischen Pflanzeninhaltsstoffen („Synbiotika“) zu kombinieren, da Prebiotika die Wirkung von Probiotika verstärken. Die Preisauflagen für solche Joghurts sind mit 5 % vergleichsweise niedrig. Diese Produkte sind seit ca. 2006 auf dem Markt und werden bisher nicht explizit als solche beworben. Für laktosefreie Joghurts liegt der Aufpreis sogar bei 67 %. Es wird geschätzt, dass ca. 15 - 20 % aller Deutschen unter Laktoseintoleranz leiden. Durch das gesteigerte Gesundheitsbewusstsein lassen immer mehr Konsumenten entsprechende Tests durchführen und richten ihre Ernährung neu aus. Auch die Fettgehalte beeinflussen die Joghurtpreise signifikant. Von der Kostenseite her betrachtet, müsste eigentlich gelten, dass Fettgehalt und Preis positiv korreliert sind, da sich der Rohstoffwert von Milch aus dem Fett und Eiweißgehalt zusammensetzt. So ist Sahnejoghurt auch 62 % teurer und fettarmer Joghurt 25 % günstiger als Vollfettjoghurt. Jedoch unterscheidet sich der implizite Preis von Magerjoghurt nicht signifikant von fettarmen Joghurts, obwohl dieser weniger Fett enthält. Dies könnte darin begründet sein, dass immer mehr gesundheitsbewusste Konsumenten die „Light“ Joghurts vorziehen.

Auch die Marken spielen eine wichtige Rolle in der Preisgestaltung. Handelsmarken sind pro 100 g durchschnittlich 9 Cent günstiger. Unter den explizit berücksichtigten Herstellermarken kosten nur Bauer Joghurts weniger als der Durchschnitt der übrigen Herstellermarken. Ehrmann, Zott und Danone erzielen mit 3 Cent pro 100 g die höchsten Preisauflagen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ca. die Hälfte der 64 Danone Joghurts probiotische Milchsäurekulturen enthält und unter der Produktlinie „Activia“ vermarktet wird. Diese Joghurts können mit 73 % den höchsten Preisauflagen auf sich vereinen, der Effekt geht weit über die Kombination der einzelnen Merkmale hinaus und ist das Ergebnis einer intensiven Werbestrategie: „Danone hat über einen sehr langen Zeitraum seine bekannten probiotischen Produkte sehr stark beworben. ... [Danone hat es geschafft], sich über massiven Werbedruck in den vergangenen Jahren deutlich von seinen Mitbewerbern abzusetzen.“ (NIELSEN MEDIA RESEARCH, 2011). Bei den verschiedenen Verpackungsarten sticht u.a. der Zweikammerbecher mit einem deutlichen Preisauflagen gegenüber einem einfachen Becher hervor. Diese Becherart wurde 1974 von Müller Milch erfunden und wird seitdem auch stark beworben („Der Joghurt mit der Ecke“). Dennoch sind Zweikammerbecher

von Müller Milch günstiger als andere. Dies könnte darin begründet sein, dass Müller Milch im Vergleich zu anderen Molkereien relativ spät fettreduzierte und probiotische Produktlinien ins Programm aufgenommen hat und nun die klassischen Produkte wie „der Joghurt mit der Ecke“ im betrachteten Zeitraum aggressiver zu vermarkten versuchte (WIRTSCHAFTSWOCHE, 2006).

Da keine Informationen über die Kostenstruktur der einzelnen Unternehmen (z.B. für die Patentierung einer probiotischen Joghurtkultur oder das Entfernen von Lactose) vorliegen, können keine fundierten Rückschlüsse über die jeweiligen Margen der Unternehmen und der einzelnen Marktsegmenten gezogen werden.

Implikationen für Molkereien

Die Resultate zeigen, dass sich die Unternehmen durch Produktdifferenzierung auch mit der Preisgestaltung von der Masse absetzen können. Einzelne Submärkte wie z.B. der für probiotische Joghurts sind hoch konzentriert. Auch kleinere Molkereien sollten in Erwägung ziehen, auf den Gesundheitstrend aufzusteigen und probiotische Produktlinien auf den Markt zu bringen. Ein gewisses „Aufpreispotential“ ist möglicherweise bei den synbiotischen Joghurts noch zu realisieren, da die Kombination von Probiotika mit prebiotischen Inhaltsstoffen bisher kaum beworben wird.

Literatur

- AGRARMARKT INFORMATIONS-GESELLSCHAFT (2010): AMI Marktbilanz Milch, Bonn.
- BLEIEL, J. (2010): Functional Foods from the perspective of the consumers: How to make it a success?, In: International Dairy Journal, 20: 303-306.
- BELSLEY, D., E. KUH und R. WELSCH (1980): Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity, New York, John Wiley.
- CHANG, J.B, LUSK, J.L. und F.B. NORWOOD (2000): The Price of Happy Hens: A Hedonic Analysis of Retail Egg Prices, In: Journal of Agricultural and Resource Economics 35(3): 406-423.
- DILLER, H. (2008): Preispolitik, In: R. Köhler und H. Diller (Hrsg.), Edition Marketing, Stuttgart.
- HALVORSEN, R. und R. PALMQUIST. (1980): The Interpretation of Dummy Variables in Semilogarithmic Equations, In: American Economic Review, 70: 474-475.
- HERRMANN, R. und R. Schröck (2000): Fettarm und erfolgreich? Eine ökonometrische Analyse von Bestimmungsgründen des Erfolgs von Innovationen am deutschen Joghurtmarkt, In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus a.V., 45, 487-489.

- LANCASTER, K.J. (1966): A new Approach to Consumer Theory. In: Journal of Political Economics, 74: 132-157.
- NIELSEN MEDIA RESEARCH (2011): Bruttowerbemarkt in Deutschland hat Krise überstanden, <http://de.nielsen.com/news/NielsenPressemeldung-12.01.2011-AboveWerbung2010.shtml>, aufgerufen am 20.02.2011.
- MCCONNELL, K. und I. E. STRAND (2000): Hedonic Prices for Fish: Tuna Prices in Hawaii. In: American Journal of Agricultural Economics, 82: 133-144.
- ROSEN, S. (1974): Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. In: Journal of Political Economics, 82: 34-55.
- TRIVEDI, M. (2010): Regional and Categorical Patterns in Consumer Behavior: Revealing Trends. In: Journal of Retailing, In Press.
- WIRTSCHAFTSWOCHE (2006): Alles Müller oder Wer?, In: Online Ausgabe der Wirtschaftswoche: <http://www.wiwo.de/unternehmen-maerkte/alles-mueller-oder-wer-128282/>, aufgerufen am 02.03.2011.

Gewinnung und Anreicherung von Galactooligosacchariden

Peter Chr. Lorenzen, Katja Zerge, Monika Frenzel,
Kerstin Kläser, Paul Friedhelm Günther, Ingrid Clawin-Rädecker

Max Rubner-Institut, Standort Kiel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch

1. Einleitung

Im Rahmen des Kompetenznetzwerkes „Food Chain Plus“ werden Studien zur Isolierung milchoriginärer Oligosaccharide und zur Gewinnung von Galactooligosacchariden aus Lactose durchgeführt. Mit Hilfe der Oligosaccharide sollen funktionelle Lebensmittel entwickelt und hergestellt werden. Es ist bekannt, dass milchoriginäre Oligosaccharide eine bifidogene Wirkung aufweisen, die Adhäsion pathogener Bakterien sowie Viren an Darmzellen verringern und das Immunsystem stimulieren können. Allerdings sind die Gehalte an milchoriginären Oligosacchariden in Kuhmilch mit 0,03-0,06 g/l sehr gering. Humanmilch enthält mit 6-16 g/l in etwa das Hundertfache. Darüber hinaus ist es verfahrenstechnisch äußerst anspruchsvoll, milchoriginäre Oligosaccharide anzureichern. Mit Hilfe der Enzymtechnologie können sogenannte Galactooligosaccharide (GOS) gewonnen werden. Im Rahmen der oben beschriebenen Projekte soll untersucht werden, ob GOS möglicherweise als trophofunktionaler Ersatz für milchoriginäre Oligosaccharide in funktionellen Lebensmitteln eingesetzt werden können. GOS werden aus Lactose unter Ausnutzung der Transferaseaktivität von β -Galactosidasen (Transgalactosylierung) gewonnen. Es wird beschrieben, dass sie gegenüber den Verdauungsenzymen weitgehend resistent sind und als Prebiotika in Säuglingsnahrung, Süßwaren sowie Milcherzeugnissen und Backwaren eingesetzt werden können (1-5).

2. Gewinnung von Galactooligosacchariden

Für die Gewinnung von GOS werden β -Galactosidase-Präparate genutzt, wie sie zur Herstellung lactosefreier Milch und Milchprodukte eingesetzt werden. Die Enzyme sind mikrobiologischer Herkunft und sollten eine möglichst hohe Transgalactosylierungsaktivität aufweisen. Als Substrat wird ultrafiltriertes Magermilchpermeat mit einem Lactosegehalt von 40% verwendet. Der Verfahrensablauf zur Herstellung von GOS ist in Abbildung 1 dargestellt. Die experimentellen Untersuchungen haben gezeigt, dass die GOS-Ausbeute im Bereich von pH 4 - 7 weitgehend unabhängig vom pH-Wert ist. Bei 40°C werden die höchst-

ten Ausbeuten erzielt. Das Enzym/Substrat-Verhältnis hat bei variabler Inkubationszeit wenig Einfluss auf die Ausbeute. Die Herkunft der β -Galactosidasen - und damit ihre Transgalactosylierungsaktivität - ist von entscheidender Bedeutung. Die GOS-Ausbeute steigt mit Lactasen aus *K. lactis* über *A. oryzae* bis zu *B. circulans* an. Unter Einsatz des Enzyms aus *B. circulans* beträgt die GOS-Ausbeute ca. 40% des Gesamtzuckers (Tab. 1).

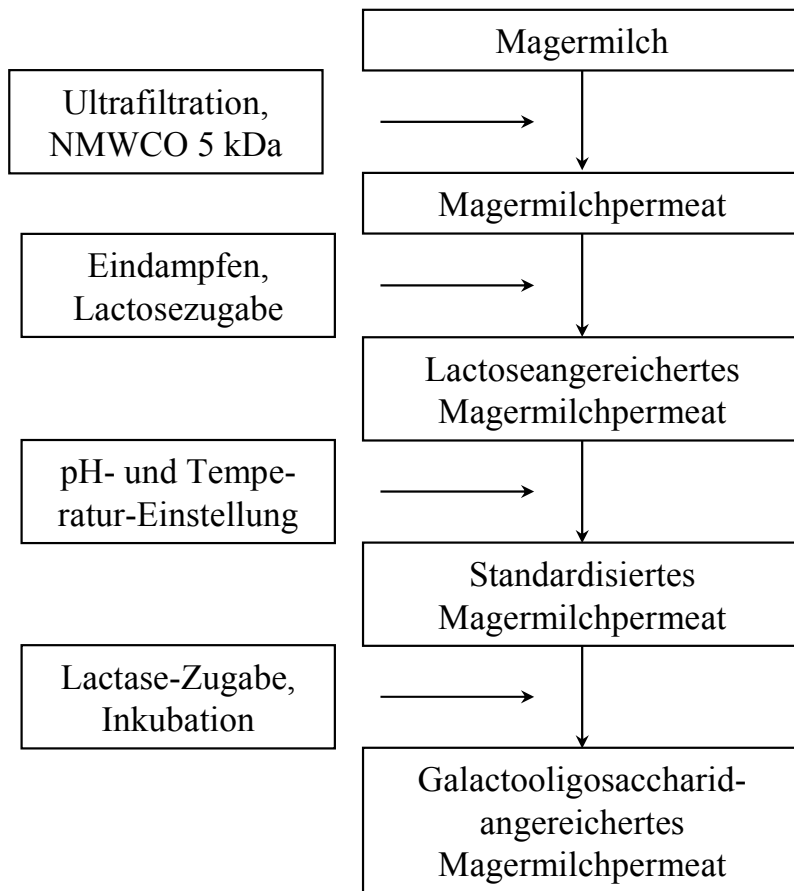


Abb. 1: Verfahrensablauf zur Herstellung von Galactooligosacchariden

Tab. 1: GOS-Synthese und Lactosehydrolyse in Abhängigkeit der Quelle der Lactasen (6)

Lactase	Haupttrisaccharid (Flächenprozent)	GOS-Synthese* in Relation zu c_{ini} (Lac) [%]	Lactosehydrolyse [%]
<i>K. Lactis</i> (5 Stunden, pH 7)	10.5	8.4	82.2
<i>A. oryzae</i> (4 Stunden, pH 4.5)	14.2	20.5	33.1
<i>B. circulans</i> (5 Stunden, pH 4)	19.8	41.0	55.2

*Tri-, Tetra- und Penta-Saccharide

Dünnschichtchromatographische Untersuchungen haben darüber hinaus gezeigt, dass die Enzyme aus *B. circulans* und *A. oryzae* auch GOS höheren Polymerisierungsgrades wie etwa Tetra- und Pentasaccharide bilden können, wohingegen Lactasen aus *K. lactis* überwiegend Di- und Trisaccharide generieren.

3. Anreicherung von Galactooligosacchariden

Durch die enzymatische Inkubation wird in etwa die Hälfte der Lactose in GOS umgesetzt. Im Endprodukt verbleiben somit noch erhebliche Mengen an Lactose und Monosaccharide, insbesondere Glucose. Eine Abreicherung der Mono- und Disaccharide - und eine damit verbundene Anreicherung von GOS - können laut Literatur (7), unter Einsatz von Chromatographie-, Membrantrenn- und enzym-technologischen Verfahren erfolgen.

In eigenen Arbeiten wurde ein Verfahren zur Fraktionierung von GOS und Mono- bzw. Disacchariden mit Hilfe von Aktivkohle etabliert. Dabei wurde der Einfluss der Parameter Ethanolkonzentration, G-Zahl, Anzahl der Waschgänge und Rührgeschwindigkeit auf das Trennergebnis hin untersucht. Der Verfahrensablauf zur Anreicherung von GOS ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Ergebnisse haben deutlich gemacht, dass Lactose und Glucose/Galactose mit Hilfe des Verfahrens fast vollständig abgetrennt werden können. Allerdings führt das Verfahren auch zu Verlusten an GOS im Bereich der Di- und Trisaccharide, wohingegen Tetra- und Pentasaccharide weitgehend isoliert werden können.

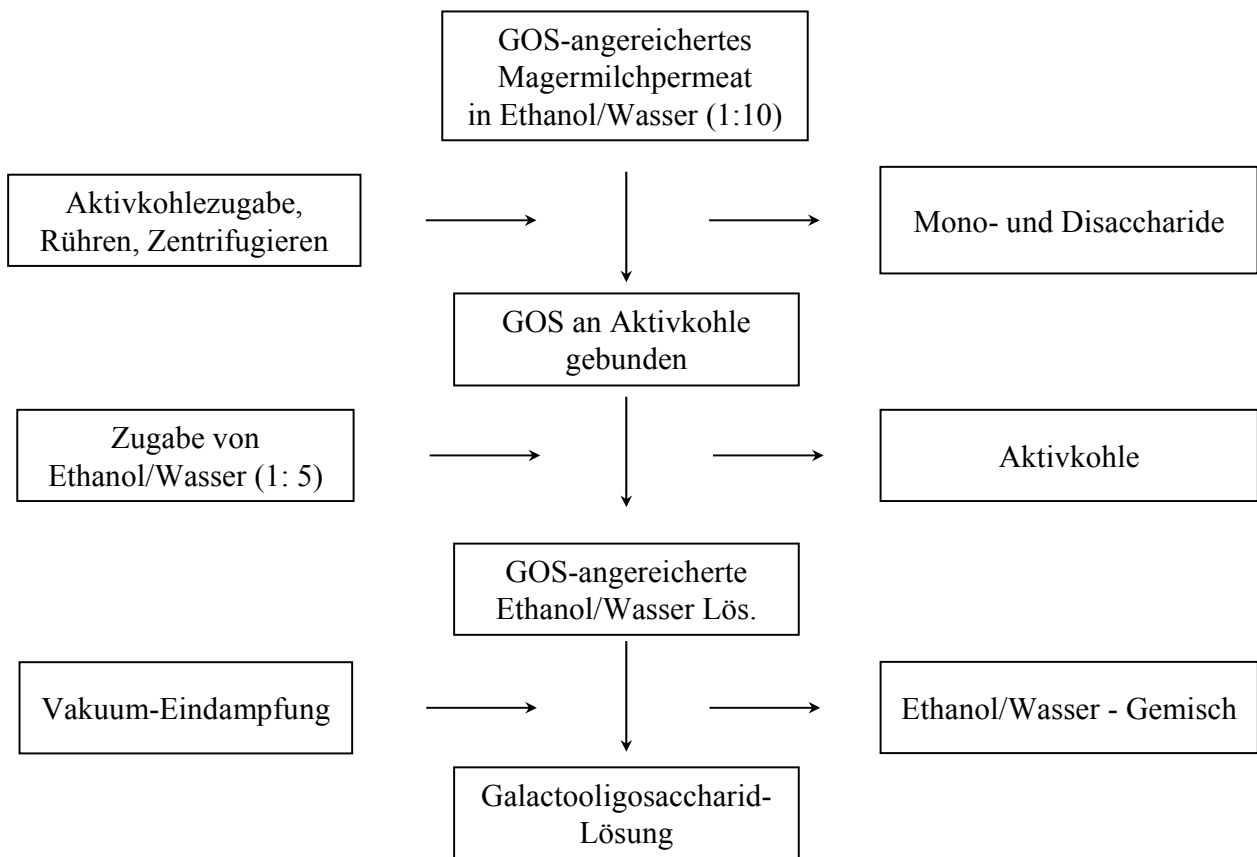


Abb. 2: Verfahrensablauf zur Fraktionierung von GOS und Mono- bzw. Disacchariden mit Hilfe von Aktivkohle

Durch enzyminduzierte Oxidation können Monosaccharide und Disaccharide in ihre entsprechenden Säuren umgewandelt werden. Maischberger *et al.* (2008) beschreiben ein Verfahren, in dem die Oxidation von Lactose mit Hilfe von Cellobiose-Dehydrogenase durchgeführt wird. Die anschließende chromatographische Trennung der Säuren und GOS wird durch Ionenaustausch- und Größenausschlussverfahren erreicht. In eigenen Arbeiten wurde ein Verfahren entwickelt, in dem ein Enzymsystem aus Cellobiose-Oxidase und Katalase zur Oxidation der Saccharide angewandt wird. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass Glucose vollständig und Lactose zu zwei Drittel oxidiert werden kann. Die Ergebnisse der chromatographischen Fraktionierung der Inkubationsprodukte, die mittels Dünnschichtchromatographie verifiziert wurden, machen deutlich, dass neben den Säuren der Mono- und Disaccharide auch die Galactooligosaccharide an die Anionenaustauscharze gebunden werden. Offensichtlich werden partiell auch

GOS oxidiert. Zur detaillierten Klärung des Sachverhaltes sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Zur Anreicherung von Oligosacchariden im Technikummaßstab kann darüber hinaus die Nanofiltration genutzt werden. Mit Hilfe dieses Verfahrens können prinzipiell Moleküle in der Größenordnung von 0,1-1,0 Kilo-Dalton durch eine semipermeable Membran getrennt werden. Goulas *et al.* (2002) und andere haben das Verfahren zur Trennung von Mono- und Disacchariden einerseits und GOS andererseits genutzt. Vorläufige Ergebnisse eigener Untersuchungen zeigen, dass der Einsatz der Nanofiltration zu einer GOS-Anreicherung und fast vollständigen Abtrennung der Monosaccharide Glucose und Galactose führt. Allerdings wird auch das Disaccharid Lactose aufkonzentriert (Abb. 3).

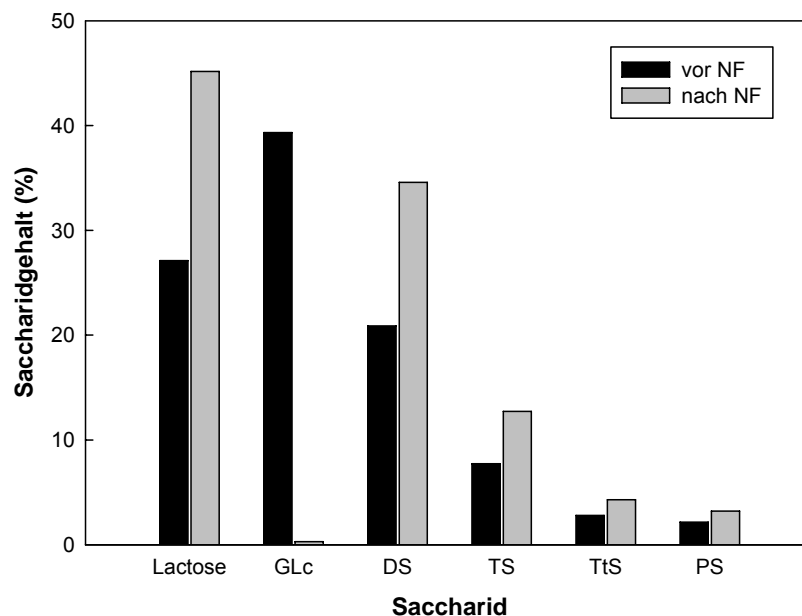


Abb. 3: Saccharidzusammensetzung in GOS-Präparaten vor und nach Nanofiltration (NMWCO=0,3-0,4 Kilo-Dalton, GLc=Glucose, DS (andere als Lactose), TS, TtS, PS=Di-, Tri-, Tetra und Penta-Saccharide)

4. Fazit

Möglicherweise können Galactooligosaccharide als trophofunktioneller Ersatz für milchoriginäre Oligosaccharide in funktionellen Lebensmitteln eingesetzt werden (5). Durch den Einsatz von β -Galactosidasen unterschiedlicher Herkunft kann der Polymerisierungsgrad (Di- bis Pentasaccharide) und die GOS-Ausbeute gesteuert werden. Das Verfahren zur Fraktionierung der Inkubationsprodukte mit Hilfe von Aktivkohle ermöglicht die fast vollständige Abtrennung

der Mono- und Disaccharide, führt aber auch zu Verlusten an GOS mit geringen Polymerisierungsgrad.

Literatur

1. Gänzle, M.G., Haase, G., Jelen, P. (2008): Lactose: Crystallisation, hydrolysis and value-added derivatives - review. *International Dairy Journal* 18, 685-694.
2. Schaafsma, G. (2008): Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition - review. *International Dairy Journal* 18, 458-465.
3. Walter, B., Rehberger, B. (2008): Galakto-oligosaccharide (GOS) in der menschlichen Ernährung - Literaturübersicht. *Deutsche Milchwirtschaft* 59, 881-882 und 916-919.
4. Sako, T., Matsumoto, K., Tanaka, R. (1999): Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. *International Dairy Journal* 9, 69-80.
5. Sangwan, V., Tomar, S.K., Singh, R.R.B., Singh, A.K., Ali, B.: Galacto-oligosaccharides (2011): Novel components of designer foods. *Journal of Food Science* 76, R103-R111.
6. Zerge, K., Clawin-Rädecker, I., Frenzel, M., Lorenzen, P.Chr. (2012): Enzymatic synthesis of galacto-oligosaccharides from lactose - comparison of β -galactosidases from *K. lactis*, *A. oryzae*, *A. aculeatus* and *B. circulans* by HPAEC with regard to different process parameters. In Vorbereitung.
7. Hernández O., Ruiz-Matute A. I., Olano A., Moreno F. J., Luz Sanz M. (2009): Comparison of fractionation techniques to obtain prebiotic galactooligosaccharides. *International Dairy Journal* 19, 531-536.
8. Maischberger T., Nguyen T.H., Sukyai P., Kittl R., Riva S., Ludwig R. and Haltrich D. (2008): Production of lactose-free galacto-oligosaccharide mixtures: comparison of two cellobiose dehydrogenases for the selective oxidation of lactose to lactobionic acid. *Carbohydrate Research* 343, 2140-2147.

9. Goulas, A.K., Kapasakalidis, P.G., Sinclair, H. R., Rastall, R.A., Grandison, A.S. (2002): Purification of oligosaccharides by nanofiltration. *Journal of Membrane Science* 209, 321-325.

Milchproteine als Nanotransporter

Julia Keppler, Karin Schwarz

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Natürliche Nanotransporter aus der Milch

Nanotechnologie weckt aufgrund der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten zusehends das Interesse der Lebensmittelindustrie. In der Tat sind viele Nanostrukturen in Lebensmitteln bereits natürlich vorhanden, so z.B. Proteine. Allerdings assoziieren viele Menschen mit Nanotechnologie komplizierte, abstrakte Strukturen mit einem hohen Gefahrenpotential. Eine fehlende, umfassende Begriffserklärung für Nanotechnologie verstärkt diese Konsumentenunsicherheit zusätzlich.

Bis heute werden Nanopartikel v. a. über ihre Größe charakterisiert: es handelt sich laut Definition um Partikel unter 100 nm, die eine höhere Reaktivität aufweisen, als Makropartikel. Dennoch existieren denkbar einfache Methoden natürliche und sichere Nanostrukturen für Lebensmittel zu nutzen. Milchproteine sind beispielweise Nanostrukturen, die innerhalb der Milch natürlicherweise schwer wasserlösliche Stoffe wie Retinol und Fettsäuren binden und diese Verbindungen in Lösung halten. Aufgrund der beschriebenen Bindungsfähigkeit vieler Eiweiße ist es nur ein geringer technischer Aufwand, bioaktive Lebensmittelinhaltsstoffe an Milchproteine zu binden und sie so als Nanotransporter in einer Lebensmittelmatrix einzusetzen.

Solche Nanotransporter können aufgrund ihrer geringen Größe sensorisch im Lebensmittel nicht wahrgenommen werden. Darüber hinaus können sie die Löslichkeit des gebundenen Stoffes (dem so genannten Liganden) erhöhen und ihn vor degenerativen Prozessen im Lebensmittel und im Gastrointestinaltrakt schützen. Aufgrund der geringen Größe werden Nanostrukturen relativ schnell von Körperzellen aufgenommen. All dies führt letztlich dazu, dass die Verbindungen eine erhöhte Bioverfügbarkeit aufweisen. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Transportfähigkeiten zeigen Milchproteine vielfältige funktionelle Eigenschaften, wie Schaumstabilisierungsvermögen, Gel- und Emulsionsbildung, welche auch mit gebundenen Liganden noch möglich sind. Milchproteine erfüllen ferner den GRAS-Status (Generally Recognized As Safe), da sie als Lebensmittelzutat anerkannt sind. Sie liefern hochwertiges Eiweiß, sind relativ günstig und breit verfügbar. Alle Milchproteine zeigen unterschiedliche Bindungsfähigkeiten für vorwiegend schlecht wasserlösliche Stoffe wie Fettsäuren,

Vitamine, Polyphenole und Aromastoffe. Die Möglichkeit, diese Milchproteine als natürliche Nanotransporter einzusetzen soll im Folgenden am Beispiel von β -Lactoglobulin (β -LG) als Referenzprotein näher erläutert werden.

β -LG ist das Hauptprotein der Molkenproteinfraktion der Milch. Das globuläre Eiweiß gehört zur Gruppe der Lipocaline („Fettkelche“) und ist dadurch genetisch mit dem humanen Plasma Retinol-Bindenden Protein (RBP) verwandt. RBP hat eine innere Kavität, in der es das wasserunlösliche Retinol im menschlichen Plasma bindet und dadurch dessen Transport und Schutz ermöglicht. Auch das β -LG hat eine innere Kavität, in der aber nicht nur Retinol und Retinolderivate binden können, sondern auch Fettsäuren und andere fettlösliche Vitamine. β -LG ist auch deswegen ein interessantes Protein welches als Nanotransporter genutzt werden kann, weil es relativ pH-Wert-resistent (bis pH 2) und Hitze stabil (bis 70 °C) ist. Ferner zeigt sich, dass das Molkenprotein auch nach dem Verzehr nativ und intakt in den Dünndarm gelangt (Mahe et al. 1991). Der Grund hierfür ist, dass die Spaltstellen für den enzymatischen Abbau des Proteins im Magen im Molekülinneren versteckt sind. β -LG liegt in mehreren genetischen Varianten vor, wobei die Varianten A und B in jeder Konsummilch zu gleichen Teilen vorliegen. Beide Varianten unterscheiden sich nur durch 2 Aminosäuren voneinander, wodurch die Variante A geringfügig wasserunlöslicher ist, als B. Eine sehr seltene genetische β -LG-Variante ist β -LG C, welche eine Mutation von β -LG B darstellt und sich von diesem durch eine veränderte Aminosäure unterscheidet.

Vereinfacht dargestellt zeigt β -LG neben der Kavität („Transporter für Fettsäuren und fettlösliche Vitamine“) (Abbildung 1) noch zwei weitere mögliche Bindungsorte für Liganden: zum Einen zählt dazu die Bindung von Strukturen an hydrophoben Taschen an der Außenseite des Proteins („Transporter für Polyphenole“), zum Anderen die Bindung von reaktiven Verbindungen an funktionellen Proteingruppen. Da die letztgenannte Art der Bindung irreversibel ist, kann beispielsweise ein „Transporter mit geschmacksneutralisierender Wirkung“ kreiert werden. Auf die beschriebenen Bindungsmöglichkeiten soll nachfolgend genauer eingegangen werden.

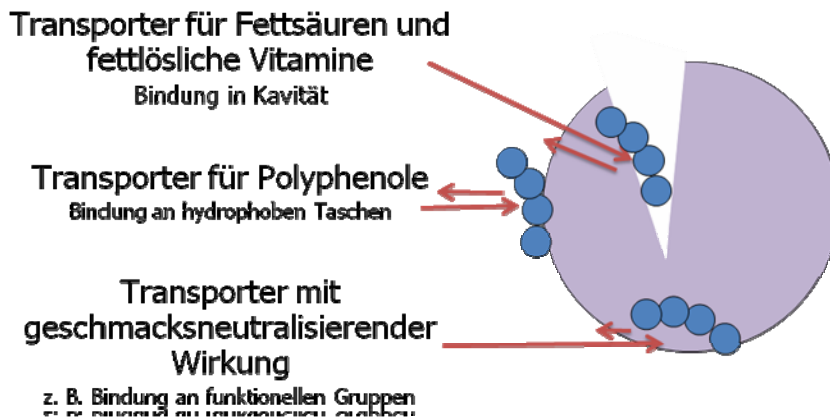


Abbildung 3 Bindungsstellen für verschiedene Lebensmittelinhaltsstoffe an β -Lactoglobulin.

β -LG als Transporter für Fettsäuren und fettlösliche Vitamine

Die Anreicherung von Lebensmitteln mit fettlöslichen Vitaminen (z.B. Vitamin A, oder E), oder omega-3-Fettsäuren stellt einen wichtigen Bereich der funktionellen Lebensmittel dar. Denkbar ist beispielsweise die Herstellung eines Getränkes auf Wasserbasis, welches mit Retinol angereichert ist. Normalerweise führt die Vermischung von einer wasserunlöslichen Substanz wie Retinol mit Wasser zu einer Trennung der beiden Komponenten. Ist das Retinol hingegen an β -LG gebunden, kann das wasserlösliche Molkenprotein das Vitamin A in Lösung halten, ohne dass dies optisch wahrgenommen wird. Auf diese Art ließen sich klare wässrige Getränke herstellen, die dennoch mit wasser-unlöslichen Stoffen angereichert sind. Da β -LG Fettsäuren und fettlösliche Vitamine innerhalb seiner Kavität bindet und das Protein den Liganden praktisch umhüllt, schützt der Nanotransporter den in der Kavität gebundenen Stoff zusätzlich vor degenerativen Prozessen. Für Retinol kann im Mittel eine Bindungsstelle (n) pro β -LG Molekül berechnet werden (Abbildung 2), die der Bindung in der Kavität entspricht. Die drei untersuchten genetischen Varianten von β -LG (A, B, und C) unterscheiden sich geringfügig bezüglich ihrer Bindungskapazität für Retinol.

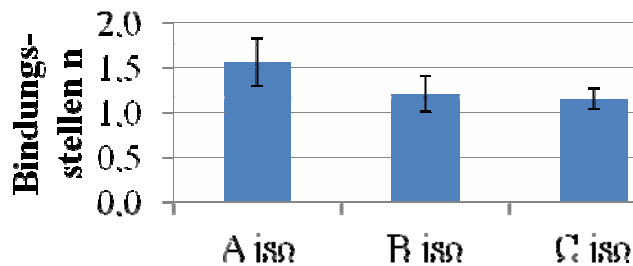


Abbildung 4 Anzahl der Bindungsstellen n für Retinol an verschiedenen homozygoten genetischen Varianten von β -LG (A, B, und C). (Quelle: eigene Messungen).

Die Bindungsstelle für Retinol scheint aufgrund von hitzebedingter Denaturierung des Eiweißes jedoch wieder verloren zu gehen (Abbildung 3). Die Denaturierung führt dazu, dass sich das stark gefaltete Protein stellenweise umstrukturiert. Diese Strukturänderung betrifft also vermutlich auch die Kavität, sodass keine Bindung von Retinol an dieser Stelle mehr möglich ist (Mousavi et al. 2008).

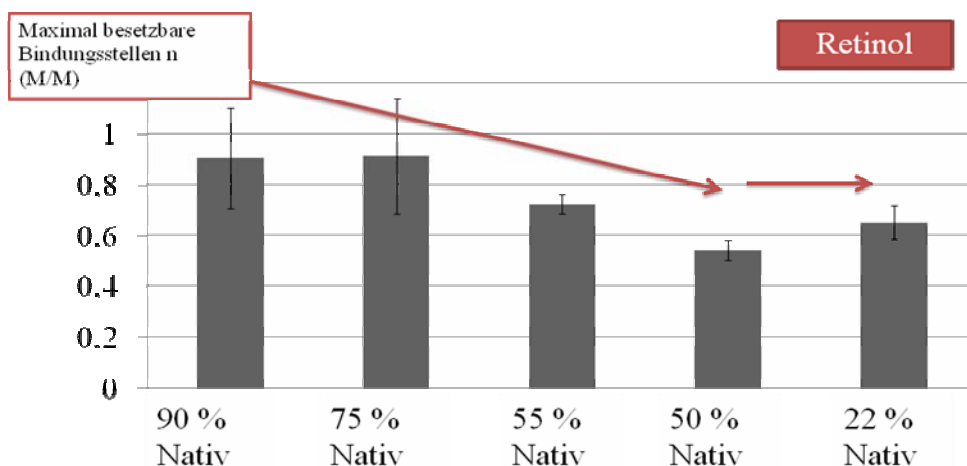


Abbildung 5 Abnahme der Bindungsstellen für Retinol an β -Lactoglobulin AB nach hitzebedingter Denaturierung mit sinkender verbleibender Nativität (von 90 % nativ bis 22 % nativ). (Quelle: eigene Messungen).

Aber nicht nur durch hitzebedingte Denaturierung kann die Bindungsstelle für Substanzen in der Kavität des Proteins verloren gehen, sondern auch durch eine pH-Wert-Absenkung unter pH 6 („Tanford Transition“) (Ragona et al. 2000). Entsprechend dieser Ergebnisse sollte β -LG nicht als Nanotransporter für Verbindungen eingesetzt werden, die in der inneren Kavität des Proteins binden, wenn eine nachträgliche Veränderung des pH-Wertes, oder der Temperatur zu erwarten sind. Eine Möglichkeit, diese Einschränkungen zu umgehen, ist das Umhüllen des Protein-Ligandenkomplexes mit einem Polysaccharid (wie z.B. mit dem Ballaststoff Pektin (Zimet und Livney 2009). Eine solche Umhüllung

des Proteins kann, je nach verwendetem Polysaccharid, einen sicheren Transport des an β -LG gebundenen Stoffes im Lebensmittel und auch im Verdauungstrakt bis in den Dickdarm gewährleisten.

β -LG als Transporter für Polyphenole

Viele Polyphenole, darunter beispielsweise Catechine aus grünem Tee, zeigen positive Effekte auf die Gesundheit der Konsumenten. Da diese Verbindungen aber häufig instabil sind, ist ihre Bioverfügbarkeit im Lebensmittel sehr gering. Ein Nanotransporter, der die Polyphenole vor degenerativen Prozessen schützt und ihre Löslichkeit in wässriger Umgebung erhöht, könnte die Anreicherung von diesen Verbindungen in Lebensmitteln ermöglichen. β -LG zeigt an seiner Moleküloberfläche so genannte hydrophobe Taschen, in denen u. a. Verbindungen wie Polyphenole andocken können. Obwohl diese Bindung nicht in der inneren Kavität des Molkenproteins stattfindet, schützt der Nanotransporter seinen Liganden dennoch vor Umgebungseinflüssen: Normalerweise oxidiert das schlecht wasserlösliche Epigallocatechingallat (EGCG), ein Polyphenol aus grünem Tee, in wässriger Lösung innerhalb von wenigen Stunden. Dies ist optisch als Dunkelfärbung der Lösung wahrzunehmen. Wird das EGCG an β -LG gebunden, zeigt sich die Lösung auch nach 48 h Lagerung noch unverfärbt und klar (Shpigelman et al. 2011).

Im Gegensatz zur Bindung von Stoffen in der Kavität scheint die Bindung an der Oberfläche des Proteins durch eine hitzebedingte Denaturierung des β -LG stärker zu werden. Beispielsweise bindet β -LG EGCG nur mit sehr schwacher Affinität im nativen Zustand. Wird das Protein denaturiert, wie es z.B. in H-Milch vorliegt, dann lassen sich für alle drei genetischen β -LG Varianten stärkere Bindungsaffinitäten feststellen. Was die Anzahl der Bindungsstellen anbelangt, zeigt sich β -LG A zudem als etwas besserer Nanotransporter, als B oder C für EGCG (Abbildung 4).

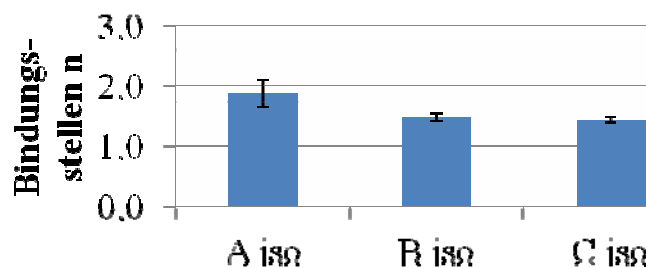


Abbildung 6 Bindungsstellen n für Epigallocatechingallat (EGCG) an verschiedenen genetischen Varianten von β -LG (A, B, und C) nach hitzebedingter Denaturierung (10 % Nativität). (Quelle: eigene Messungen).

Auch für Tannine (Polyphenolkomplexe aus schwarzem Tee) und Anthocyane (blau/roter polyphenolischer Pflanzenfarbstoff) scheint das hitzedenaturierte β -LG bessere Bindungseigenschaften aufzuweisen, als das native Eiweiß. Für Quercetin (Polyphenol z.B. aus Apfelschale) konnte hingegen durch Proteindenaturierung ein Verlust der Bindungsstelle am Nanotransporter beobachtet werden. Insgesamt zeigt β -LG ein relativ gutes Potential als Nanotransporter für einige Polyphenole. Dies gilt insbesondere für das hitzedenaturierte β -LG.

β -LG als Transporter mit geschmacks- bzw. geruchsneutralisierender Wirkung

Die Anreicherung von bioaktiven Lebensmittelinhaltsstoffen in Lebensmitteln kann aufgrund der Aufkonzentrierung dieser Stoffe häufig zu einer Beeinträchtigung der sensorischen Qualität führen. Beispielsweise schmecken Polyphenole relativ bitter, während andere Verbindungen wie Allylsenföle aus Weißkohl als stechend und scharf empfunden werden. Eine Möglichkeit, den Geschmack dieser Stoffe zu reduzieren ist ihre Bindung an Proteine wie β -LG (Pripp et al. 2005), denn β -LG kann nicht nur als Nanotransporter eingesetzt werden, um für den gebundenen Stoff eine hohe Bioverfügbarkeit zu erhalten, sondern auch wegen seiner geschmacksneutralisierenden Wirkung. Verbindungen, die an das Molkenprotein gebunden werden, verlieren an Geschmacksintensität, da das Proteinmolekül eine Interaktion des gebundenen Moleküls mit den Geschmacksrezeptoren verhindert. Dies betrifft auch flüchtige Verbindungen, die durch die Proteinbindung ihre Mobilität verlieren und dadurch nicht mehr im Nasen-Rachenraum wahrgenommen werden können. Allgemein gilt, je stärker die Bindung (v. a. bei irreversibler Bindung), desto weniger wird die Verbindung vom Konsumenten wahrgenommen (Guichard 2006). Eine irreversible kovalente Bindung an β -LG ist dann zu beobachten, wenn reaktive Substanzen mit funktionellen Gruppen (Amino-, und Thiogruppen) des Proteins reagieren. Diese Art der Bindung setzt eine hohe Reaktivität des Liganden voraus. Dies ist zum Beispiel für viele schwefelhaltige Substanzen der Fall, darunter auch das bereits erwähnte Allylsenföle (Allylthiocyanat, AITC) aus Kohl.

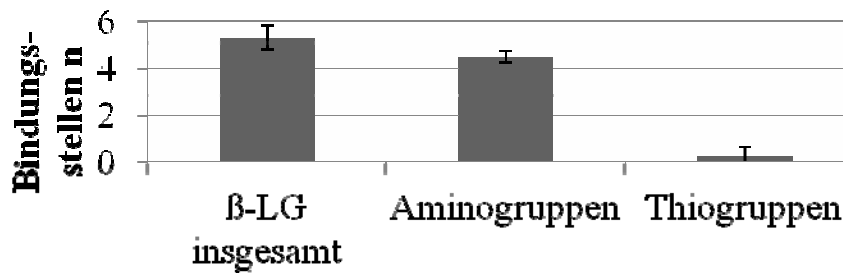


Abbildung 7 Anzahl der Bindungsstellen (n) für Allylthiocyanat (AITC) an β -Lactoglobulin, sowie die Verteilung der gesamten Bindungsstellen auf Amino-, und Thiogruppen des Proteins. (Quelle: eigene Messungen).

Abbildung 5 zeigt, dass insgesamt 5 Bindungsstellen für AITC an β -LG gemessen werden können. Es handelt sich vor allem um eine kovalente Bindung an Aminogruppen ($n=4,3$), aber auch einige wenige Thiogruppen sind betroffen ($n=0,2$). Vermutlich kommt es sogar zur Spaltung einer Disulfidbrücke von β -LG durch AITC. Durch Bindung des AITC an β -LG ist der Aromastoff kaum noch sensorisch wahrnehmbar. Hier eignet sich β -LG also auch als geschmacksneutralisierender Transporter. Allerdings kann durch diese irreversible Bindung die Eigenschaften des Proteins verändert werden – es wird insgesamt hydrophober und zeigt schlechtere Emulgierereigenschaften als das freie β -LG (Rade-Kukic et al. 2011).

Fazit

β -LG kann durch Umhüllung, durch Denaturierung, oder durch kovalente Bindung an funktionellen Gruppen den jeweiligen Verwendungszwecken angepasst werden. Insgesamt stellt das Molkenprotein somit einen vielseitig einsetzbaren, natürlichen Nanotransporter für zahlreiche funktionelle Lebensmittelinhaltsstoffe dar.

Literaturverzeichnis

- Guichard, E. (2006): Flavour retention and release from protein solutions. In: *Biotechnology Advances* 24 (2): 226–229.
- Mahe, S., Messing, B., Thuillier, F., Tome, D. (1991): Digestion of bovine milk proteins in patients with a high jejunostomy. In: *The American Journal of Clinical Nutrition* 54 (3): 534–538.
- Mousavi, S., Bordbar, A., Haertle, T. (2008): Changes in Structure and in Interactions of Heat-Treated Bovine β -Lactoglobulin. In: *Protein & Peptide Letters* 18 (8): 818–825.
- Pripp, A. H., Vreeker, R., van Duynhoven, J. (2005): Binding of olive oil phenolics to food proteins. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85 (3): 354–362.

Rade-Kukic, K., Schmitt, C., Rawel, H. M. (2010): Formation of conjugates between [beta]-lactoglobulin and allyl isothiocyanate: Effect on protein heat aggregation, foaming and emulsifying properties. *Food Hydrocolloids* 25: 694-706.

Ragona, L., Fogolari, F., Zetta, Pérez, D.M., Puyol, P., De Kruif, K., Löhr, F., et al. (2000): Bovine [beta]-lactoglobulin: Interaction studies with palmitic acid. In: *Protein Science* 9 (7): 1347-1356.

Shpigelman, A.; Israeli, G.; Livney, Y. D. (2011): Thermally-induced protein-polyphenol co-assemblies: beta lactoglobulin-based nanocomplexes as protective nanovehicles for EGCG. In: *Food Hydrocolloids* 24, (8): 735-743.

Zimet, P., Livney, Y. D. (2009): Beta-lactoglobulin and its nanocomplexes with pectin as vehicles for [omega]-3 polyunsaturated fatty acids. In: *Food Hydrocolloids* 23 (4): 1120-1126.

Einfluss des Vertrauens auf die Kaufentscheidung von Bio-Produkten

Rebecca Illichmann und Awudu Abdulai

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Einleitung

Durch Vorfälle im Lebensmittelbereich wurde die Ausrichtung der Agrarpolitik zum Diskussionsgegenstand im Jahr 2001. Innerhalb der Neustrukturierung wurde die Förderung der regionalen und ökologischen Vermarktung von Lebensmitteln als eine Antwort für die Verbraucherverunsicherung durchgeführt.

Bei dem aktuellsten Skandal mit Biosiegeln in Italien wurden billige konventionelle Waren (vor allem Futtermittel) mit Bio-Zertifikaten versehen (LEBENSMITTELZEITUNG 2010). Dieser Betrug trifft erneut das verwundbarste Gut im Bio-Handel: das Verbrauchervertrauen. Dies zeigt, dass Verbraucherverunsicherung auch im Bio-Bereich stark ausgeprägt ist.

In dieser Studie geht es um die Einflussfaktoren der Bio-Kaufentscheidung. Dabei sollen die Kauf- und Zahlungsbereitschaft beeinflussenden Faktoren unter Berücksichtigung des Faktors Vertrauen analysiert werden.

Der Fokus des ökologischen Landbaus liegt in einem geschlossenen betrieblichen Nährstoffkreislauf. Der eigene Betrieb soll dabei Futter- und Nährstoffgrundlage sein. Die ökologische Landbaumethode basiert dabei auf dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit durch ausgeprägte Humuswirtschaft und einer artgemäßen Tierhaltung (BMELV 2011).

Seit der Einführung des Bio-Siegels 2001 ist der Bio-Umsatz stark gestiegen. Nach einem Jahr der Stagnation in 2009 steigt der Umsatz von Bio-Lebensmitteln um circa 2% auf etwa 5,9 Mrd. Euro im Jahr 2010. Die Senkung der Preise sowie die Veränderung des Sortiments bei den Discountern wurden durch erhöhte Verkaufsmengen von Grundnahrungsmitteln (z.B. Kartoffeln und Möhren) von 3% kompensiert. Der Naturkosthandel verzeichnet im zweiten Jahr in Folge mit 8% ein höheres Umsatzplus als der Gesamt-Bio-Markt (BÖLW 2011).

Einflussfaktoren auf die Verbraucherpräferenzen für Bio-Rindfleisch

Subjektives *Wissen* (d.h. die individuelle Bewertung der Qualitätseigenschaften) eines Bio-Produktes hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherwahrnehmung und -einstellung von Bio-Produkten (PIENIAK ET AL. 2010). Dabei wurde festgestellt, dass sich Verbraucher gut an Skandale wie BSE und Vogel-

grippe erinnern, so dass Bio-Produkte als sicherer, gesünder und umweltfreundlicher wahrgenommen werden (BONTI-ANKOMAH UND YIRIDOW 2006).

Das *Vertrauen* der Verbraucher soll als weiterer Erklärungsansatz für Verbraucherreaktionen bei Bio-Produkten analysiert werden. Vertrauen ist anfällig, weil es nur langsam aufgebaut werden kann und mit einem Fehler (z.B. einem Lebensmittelskandal) zerstört wird (SLOVIC 1993). Ökobarometer (2008) stellt bezüglich des Vertrauens in die Einhaltung der Ökolandbau-Kriterien fest, dass Bio-Käufer besonders den Bio- und Naturkostläden vertrauen, wodurch sich auch das deutlich höhere Umsatzplus des Naturkostfachhandels erklären lässt. WIER UND CALVERLY (2002) stellen fest, dass die deutschen Verbraucher im Vergleich zu Verbrauchern aus Dänemark, England und Frankreich die interessiertesten, aber auch verunsichertesten Bio-Käufer sind.

Verbraucherpräferenzen, welche von Sachwissen, Einstellungen und Wahrnehmungen sowie Vertrauen beeinflusst werden, führen zu einer Kaufwahrscheinlichkeit. Diese Kaufbereitschaft ist abhängig vom Produktpreis und der individuellen Zahlungsbereitschaft. Die *Zahlungsbereitschaft* wird in dieser Studie als Geldbetrag verstanden, den ein Verbraucher für ein bestimmtes Produkt maximal bereit ist zu zahlen. Durch geringere Erträge im ökologischen Landbau ergeben sich Preisprämien für die Profitabilität und finanzielle Nachhaltigkeit auf lange Sicht. Darüber hinaus gelten Preisprämien als Kosten für die Investierung in Gesundheitsaspekte und werden als Signale für die inhärenten Produkteigenschaften gesehen (RITSON UND OUGHTON 2007). Viele Studien zeigen, dass Verbraucher bereit sind Preisprämien für Bio-Produkte zu bezahlen. Preisprämien von 10% bis 30% für Bio-Produkte werden von 10% bis 50% der Verbraucher bezahlt, während Preisprämien von 5% bis 10% von 45% bis 80% der Verbraucher bezahlt werden (u.a. WIER UND CALVERLY 2002). Es kann festgestellt werden, dass Zahlungsbereitschaften für Bio-Produkte sinken, wenn die Preisprämien steigen, welches konsistent mit dem Gesetz der Nachfrage ist. In der Literatur gibt es keinen Konsens über die Höhe der Preisprämien für einzelne Bio-Produktgruppen. Bisherige Zahlungsbereitschaftsstudien waren auf bestimmte Regionen oder Bundesländer beschränkt und zu wenig produktspezifisch, wodurch eine Generalisierung der Schlussfolgerungen auf die Verbraucherpräferenzen limitiert ist.

In einem ersten Schritt erfolgt eine Segmentierung der befragten Personen auf Basis ihres Vertrauens mit Hilfe eines geordneten Logit Modells. In vielen Studien werden die Ursachen des Vertrauens, aber weniger der Einfluss von verschiedenen Faktoren auf das Vertrauen analysiert.

In einem zweiten Schritt wird ein Kaufexperiment eingesetzt, um die Präferenzen und Zahlungsbereitschaften für Bio-Rindfleisch zu untersuchen. Ökonomi-

sche Einflussfaktoren und psychometrischen Variablen sollen in dieser Studie methodisch mit Hilfe von Discrete Choice-Analysen kombiniert werden.

Methodische Grundlagen der Discrete Choice-Analyse

Im Rahmen der Studie werden die befragten Personen in einer hypothetischen Bewertungssituation nach ihrer Zahlungsbereitschaft für Bio-Produkte gefragt, nachdem diesen zu dem zu beurteilenden Produkt Informationen gegeben wurden. Durch dieses Szenario sollen marktnahe Situationen geschaffen werden, damit die Verbraucher Bio-Produkte gegenüber monetären Größen abwägen müssen. Da der Einfluss mehrerer Merkmale auf die Kaufentscheidung untersucht wird, werden Choice Experimente angewendet.

Zunehmend werden Discrete-Choice-Modelle zur Präferenzanalyse vorgeschlagen. Discrete-Choice-Modelle, welche maßgeblich von McFadden weiterentwickelt wurden, werden aus der Zufallsnutzentheorie (Random Utility Theory = RUT) hergeleitet (HENSHER ET AL. 2005). Die Grundannahme der Zufallsnutzentheorie besteht darin, dass die nicht direkt beobachtbaren, latenten Präferenzen oder Nutzenwerte für Alternativen aus zwei Komponenten bestehen: einer deterministischen Nutzenkomponente V_i und einer stochastischen Komponente ε_i .

$$(1) U_i = V_i + \varepsilon_i,$$

wobei U_i den latenten wahren Nutzen der Alternative i beschreibt, V_i die erklärbaren Komponenten, die der Forscher mit Hilfe empirischer Informationen bestimmen kann, und ε_i die Fehlerkomponente, die unbeobachtbare Konsumentenattribute und Produktattribute umfasst sowie unvollkommene Instrument-Variablen und Messfehler.

Die Nutzenmaximierungsannahme der Zufallsnutzentheorie besagt, dass ein Entscheidungsträger n die Alternative wählt, die ihm den größten Nutzen stiftet. Die Wahrscheinlichkeit $P_n(i)$ ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzen U_{in} einer Alternative i für den Entscheidungsträger n höher ist als der Nutzen jeder anderen Alternative j :

$$(2) P_n(i) = P [(V_{in} + \varepsilon_{in}) > (V_{jn} + \varepsilon_{jn}), \quad j, l \in C_n; j \neq i]$$

In empirischen Anwendungen geht man häufig von unabhängigen und identischen Störtermen ε_i aus. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Konsument n Alternative i wählt, wird in Gleichung (3) ausgedrückt (konditionales Logit-Modell):

$$(3) P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{jn}}}$$

Die Wahrscheinlichkeit für die Wahl einer Alternative ist die Relation des Nutzens der Alternative i zu allen verfügbaren Alternativen j .

Datengrundlage

Der Pro-Kopf Verbrauch liegt in Deutschland bei 12,6 kg und stellt somit einen wichtigen Bestandteil des Konsums bei dem Großteil der deutschen Bevölkerung dar (BMELV 2010). 33% der Verkaufserlöse entfallen im gesamten Landbau auf die Produktgruppe Fleisch im Jahr 2009. Im ökologischen Landbau entfallen 24% der Verkaufserlöse auf Fleischprodukte im Jahr 2009 (BÖLW 2011). Es wurden vier Eigenschaften für die Zahlungsbereitschaftsmessung für Bio-Rindfleisch ausgewählt, wobei angenommen wurde, dass der Geschmack und der Gehalt an Hauptnährstoffen bei allen drei Alternativen gleich ist:

1. Der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren ist aufgrund der höheren Weidehaltung um 1%, um 15% oder um 30% erhöht.
2. Das Futter für die Bio-Tiere ist aus 95% Ökofutter (d.h. 5% konventionell erzeugte Futtermittelkomponenten dürfen ohne Herkunftsangabe zugekauft werden, entspricht EU-Öko-Verordnung), aus 100% Ökofutter (davon 50% zugekauftes Ökofutter) oder aus 100% Ökofutter vom eigenen Öko-Betrieb.
3. Die Herkunft unterscheidet sich in Bio-Produkte aus dem eigenen (Land-) Kreis, aus Deutschland oder aus der Europäischen Union. Die konventionellen Produkte stellen weltweit gehandelte Waren dar.
4. Die Preise basieren auf realen Verbraucherpreisen (4,99€/500g, 5,99€/100g oder 6,99€/100g) im Jahr 2009 (AMI 2009).

Die Verbraucher müssen bei den sieben Produktkarten jeweils zwischen drei Alternativen wählen. Dabei sind die ersten beiden Produkte aus dem ökologischen Landbau und die dritte Alternative ist ein konventionelles Produkt, um die Kaufwahrscheinlichkeit so realistisch wie möglich zu gestalten. Der Verbraucher wählt das Produkt, welches ihm den größten Nutzen bringt.

In dieser Studie wurden 1182 Verbraucher in Deutschland befragt, welches einer Rücklaufquote von 48% entspricht. Dabei sind 528 Männer (45,75%) und 626 (54,25%) Frauen befragt worden. Die durchschnittliche Haushaltsgröße der Befragten beträgt 2,55 Personen. Das Alter wurde in dieser Studie auf 18-67 Jahre begrenzt, so dass der Mittelwert der Befragten bei 46,6 Jahren liegt. Die befragten Verbraucher sind überdurchschnittlich gut gebildet. 15% der Befragten haben einen Fachhochschul- oder Universitätsabschluss. 50% der Teilnehmer haben ein Nettoeinkommen von 2500 Euro oder weniger. Auch die geographische Repräsentativität ist gegeben. Insgesamt lässt sich feststellen, dass trotz kleiner Abweichungen eine verhältnismäßig gute Repräsentation der deutschen Bevölkerung vorliegt (vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND 2010)

Segmentierung der Befragten auf Basis ihres Vertrauens

Das Vertrauen (in persönliche Netzwerke, in Fremde und in politische und ökonomische Systeme) der Verbraucher wurde auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 = „sehr viel Vertrauen“ bis 5 = „überhaupt kein Vertrauen“ erfasst. Um eindeutige Kategorien herauszubekommen wurde das Vertrauen auf vier Ausprägungen reduziert. Mit Hilfe eines ökonometrischen, nicht linearen Modells, dem geordneten Logit-Modell werden die Determinanten des Verbrauchervertrauens identifiziert. Die abhängige, ordinalskalierte Variable Vertrauen wird durch einen Vektor von erklärenden Variablen beeinflusst, welcher die Intensität für die Ausprägung des Vertrauens wiedergibt. In Abb. 2 sind die marginalen Effekte des geordneten Logit Modells dargestellt. Dabei kann festgestellt werden, dass ein hohes Sachwissen über Bio-Produkte, ein hoher Bildungsstand, eine Erwerbstätigkeit, eine hohe Risikobereitschaft, eine hohe Zufriedenheit allgemein und in bestimmten Lebensbereichen sowie eine positive Einstellung zu Bio-Produkten einen positiven Einfluss auf Vertrauen haben. Ein zunehmendes Alter hat ebenfalls einen positiven Einfluss auf Vertrauen. Somit sind die (eher) vertrauenden Verbraucher eher ältere Verbraucher, während die (eher) misstrauischen Verbraucher eher jüngere Verbraucher sind. Dieser Effekt schwächt sich aber mit zunehmendem Alter ab.

Abb. 2: Marginalen Effekte vom Geordneten Logit Modell

Variablen	Vertrauende Verbraucher	Eher vertrauende Verbraucher	Eher misstrauische Verbraucher	Misstrauische Verbraucher
Frauen	0.0113	0.0104	-0.0057	-0.0160
Haushaltsgröße	0.0104	0.0096	-0.0053	-0.0148
Kinder im Haushalt	0.0197	0.0183	-0.0099	-0.0280
Alter	0.0012*	0.0011**	-0.0006**	-0.0017*
Hohes Einkommen	-0.0017	-0.0016	0.0009	0.0024
Mittleres Einkommen	0.0021	0.0019	-0.0010	-0.0029
Hohes Sachwissen über Bio-Produkte	0.0250*	0.0232	-0.0127	-0.0356*
Hoher Bildungsstand	0.0413**	0.0383**	-0.0209**	-0.0588**
Erwerbstätigkeit	0.0526***	0.0488**	-0.0266***	-0.0749**
Hohe Risikobereitschaft	0.0314**	0.0292**	-0.0159*	-0.0447**
Hohe Zufriedenheit	0.1243***	0.1153***	-0.0628***	-0.1768***
Positive Einstellung zu Bio-Produkten	0.1054***	0.0978***	-0.0532***	-0.1499***

N= 992; LR chi2 (13)= 84,79; Prob>chi2= 0,000; Pseudo R²=0,0312

***p<0,01; **p<0,05; *p<0,1

Quelle: Eigene Berechnungen

Ergebnisse des Produktwahlverhaltens am Beispiel Bio-Rindfleisch

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Präferenzen und Zahlungsbereitschaftsmessungen von Bio-Rindfleisch für Frauen und Männer sowie von (eher) vertrauenden Verbrauchern vorgestellt.

Präferenzen und Zahlungsbereitschaft für Bio-Rindfleisch

Die Ergebnisse in Abb. 3 zeigen, dass ein steigender Preis die Kaufwahrscheinlichkeit bei Männern und Frauen absinken lässt und den Nutzen verringert. Im Vergleich zum konventionellen Produkt führen besonders regionale Produkte aus dem eigenen Landkreis zu einem stark erhöhten Zusatznutzen. Produkte aus dem eigenen Landkreis können durch kurze Transportwege die nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume fördern, Öko-Bilanzen verbessern und die regionale Wertschöpfung sowie die Zahl der Arbeitsplätze vor Ort erhöhen. Zu einem etwas abgeschwächten, aber dennoch erhöhten Produktnutzen führen bei Männern und Frauen Bio-Produkte aus Deutschland und Bio-Produkte mit einem um 30% erhöhten Gehalt an Omega-3-Fettsäuren. Ein erhöhter Wert an Omega-3-Fettsäuren bietet zusammen mit einer gesundheitsbewussten Ernährung einen guten Schutz für das Herz und den Kreislauf. Frauen präferieren darüber hinaus auch Bio-Rindfleisch, bei dem die Rinder ausschließlich mit Bio-Futtermitteln vom eigenen Hof gefüttert werden. Die Fütterung stellt zusammen mit dem regelmäßigen Auslauf und dem Weidezugang einen wichtigen Bestandteil der artgerechten Tierhaltung dar. Die konventionelle Alternative stellt für Frauen einen negativen Nutzen dar. Das bedeutet, dass Frauen eine der beiden Bio-Alternativen wählen.

Abb. 3: Ergebnisse der Präferenzen für Rindfleisch mittels konditionaler Logit-Schätzung

	Alle	Frauen	Männer
Preis (€)	-0,253*** (0.025)	-0,281*** (0.034)	-0,238*** (0.038)
100% Bio-Futter vom eigenen Betrieb	0,048 (0.029)	0,085** (0.04)	0,018 (0.044)
100% Bio-Futter, davon 50% zugekauftes Bio-Futter	0,009 (0.025)	-0,011 (0.035)	0,024 (0.038)
Gehalt an Omega-3-Fettsäuren 30% mehr	0,148*** (0.025)	0,165*** (0.034)	0,128*** (0.038)
Gehalt an Omega-3-Fettsäuren 15% mehr	-0,026 (0.023)	-0,046 (0.032)	0,009 (0.036)
Landkreis	0,53*** (0.027)	0,54*** (0.037)	0,515*** (0.041)
Deutschland	0,196*** (0.025)	0,179*** (0.034)	0,211*** (0.037)
Konventionelle Alternative	-0,331*** (0.055)	-0,555*** (0.076)	-0,109 (0.082)
Beobachtungen	8153	4297	3667
Loglikelihood Funktion	-8484,595	-4476,153	-3787,107

Standardfehler in Klammern; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: Eigene Berechnungen

Frauen und Männer sind durchschnittlich bereit für Bio-Produkte aus dem eigenen Landkreis einen Aufpreis von 2,09 Euro und für Bio-Produkte aus Deutschland einen Aufpreis von 77 Cent zu bezahlen. Für Produkte mit einem erhöhten Gesundheitswert von 30% mehr Omega-3-Fettsäuren bezahlen Männer und Frauen einen Aufpreis von 58 Cent. Für Bio-Produkte von Höfen, die ausschließlich Bio-Futtermittel vom eigenen Hof verwenden, sind Frauen bereit einen Aufpreis von 30 Cent zu bezahlen. Die konventionelle Alternative führt dabei zu einer negativen Zahlungsbereitschaft bei den Frauen.

Präferenzen und Zahlungsbereitschaften vertrauender Verbraucher für Bio-Rindfleisch

Ergebnisse der (eher) vertrauenden Verbraucher zeigen, dass diese besonders die regionalen Bio-Produkte aus dem eigenen Landkreis präferieren (siehe Abb.4). Dies stellt durch die kurzen Transportwege für die vertrauenden Verbraucher einen erhöhten Nutzen dar (z.B. durch die Förderung des ländlichen Raumes). Darüber hinaus bieten den (eher) vertrauenden Verbraucher Bio-Produkte aus Deutschland sowie Bio-Produkte mit einem erhöhten Gehalt (30% mehr) an Omega-3-Fettsäuren sowie die Verwendung von Bio-Futtermitteln vom eigenen Hof einen erhöhten Produktnutzen dar. Für regionale aus dem Landkreis stammende Bio-Produkte sind die (eher) vertrauenden Verbraucher bereit einen Aufpreis von 2,18 Euro zu zahlen. Für Bio-Produkte aus Deutschland bezahlen diese einen Aufpreis von 66 Cent, für Bio-Produkte mit einem um 30% erhöhten Gehalt an Omega-3-Fettsäuren einen Aufpreis von 49 Cent und für Bio-Futtermittel vom eigenen Hof einen Aufpreis von 28 Cent. Die konventionelle Alternative führt zu einer negativen Zahlungsbereitschaft.

Abb. 4: Einfluss von Vertrauensfaktoren auf die Bio-Rindfleisch Präferenzen mittels konditionaler Logit-Schätzung

Vertrauen [1=(eher) vertrauende Verbraucher, 0=(eher) misstrauische Verbraucher]	Bio-Rindfleisch Koeffizient	Zahlungsbereitschaft (€) (durchschnittlicher Preisaufschlag für Bio-Rindfleisch-Eigenschaften)
Preis (€)	-0,262*** (0,0346)	
100% Bio-Futter vom eigenen Betrieb	0,0738* (0,0404)	0,28
100% Bio-Futter, davon 50% zugekauft Bio-Futter	0,0004 (0,0347)	0
Gehalt an Omega-3-Fettsäuren 30% mehr	0,1293*** (0,0303)	0,49
Landkreis	0,5704*** (0,0369)	2,18
Deutschland	0,1737*** (0,0337)	0,66
Konventionelle Alternative	-1,5416*** (0,2093)	-5,88
Beobachtungen	8153	
Loglikelihood Funktion	-8696,791	

Standardfehler in Klammern; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: Eigene Berechnungen

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse für (eher) vertrauende Verbraucher zeigen, dass diese einen höheren Nutzen aus Bio-Rindfleisch erfahren. Dabei werden die regionalen Produkte aus dem eigenen Landkreis oder Deutschland sowie ein erhöhter Gehalt an Omega-3-Fettsäuren und die Fütterung der Tiere mit hofeigenen Bio-Futtermitteln präferiert.

Es kann festgestellt werden, dass die Integration von ökonomischen Einflussfaktoren (z.B. dem Preis) und psychometrischen Variablen zu wertvollen Ergebnissen führt und zur Realitätsnähe und Glaubwürdigkeit der Konsumentenverhaltensforschung beiträgt.

Für die weitere Forschung werden weitere Produktgruppen untersucht und Modelle herangezogen, welche die unbeobachtbare Heterogenität besser erklären. Des Weiteren sollen geschlechts- und/oder altersspezifische Unterschiede analysiert und Verbraucher-Scannerdaten für eine externe Validierung herangezogen werden.

Literatur

- AMI, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (Hg.) (2010): Verbraucherpreise ausgewählter Bio-Produkte in EUR nach Geschäftstypen 2009. Ökomarkt Service, Nr. 5, S. 10
- BMELV, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hg.) (2008): Ökobarometer 2008. Internet: http://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/journalisten/publikationen/OEkobarometer_Ergebnisse_2008_barrierearm.pdf, Stand: 22.07.2010.
- BMELV (Hg.) (2010): Verbrauch von Nahrungsmitteln je Kopf. Internet: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-4010500-0000.pdf>, Stand: 23.01.2012.
- BMELV (Hg.) (2011): Ökologischer Landbau in Deutschland. Stand: Juli 2011. Internet: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/OekologischerLandbauDeutschland.html>, Stand: 04.01.2012.
- BONTI-ANKOMAH, S. UND E. K. YIRIDOE (2006): Organic and Conventional Food. A Literature Review of the Economics of consumer Preceptions an Preferences. Internet: <http://www.organicagcentre.ca/Docs/BONTI%20&%20YIRIDOE%20April%2028%202006%20Final.pdf>, Stand: 21.09.2009.
- BÖLW, BUND ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT (Hg.) (2011): Zahlen, Daten, Fakten: Die Bio-Branche 2011. Internet: http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen_Daten_Fakten/ZDF2011.pdf, Stand: 04.01.2012.
- HENSHER, D. A., J.M. ROSE UND W.H. GREENE. (2005): Applied Choice Analysis. A primer. Cambridge: University Press.
- LEBENSMITTELZEITUNG (Hg.) (2010): Betrug mit Biosiegel. Lebensmittelzeitung 50, S. 18.
- RITSON, C. UND E. OUGHTON (2007): Food consumers and organic agriculture. In: Frewer, L. und H.van Trijp (Hg.): Understanding consumers of food products. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 254-272.
- PIENIAK, Z., J. AERTSENS UND W. VERBEKE (2010): Subjective and objective knowledge as determinants of organic vegetables consumption, *Food Quality and Preference*, vol. 21, pp. 581-588.

- SLOVIC, P. (1993): Perceived Risk, Trust, and Democracy. *Risk Analysis*, vol. 13, no. 6 , pp. 675-682.
- STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2010): Bevölkerung 2010. Internet: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/Bevoelkerung/Bevoelkerung.psm1>, Stand: 17.01.2011
- WIER, M. UND C. CALVERLY (2002): Market potential for organic food in Europe. *British Food Journal*, vol. 104,

Die Veredelungswirtschaft in der Wahrnehmung der Verbraucher – Ergebnisse einer aktuellen Studie

Birgit Schulze, Ingke Deimel

Institut für Agrarökonomie

Einleitung

Die Veredelungswirtschaft ist spätestens seit den 1980er Jahren regelmäßig Gegenstand öffentlicher Kritik. Dabei geht es zunehmend nicht mehr um Verfehlungen einzelner „Schwarzer Schafe“, sondern um Handlungen und insbesondere Handlungsformen, die als Teil der „guten fachlichen Praxis“ weit verbreitet sind. Hinzu kommen Krisen und Skandale wie BSE, Vogelgrippe, Dioxin und Gammelfleisch, die die Fleischwirtschaft immer wieder in ein schlechtes Licht rücken (Albersmeier und Spiller, 2009). Hinzu kommen negative Gesundheitswirkungen eines zu hohen Fleischkonsums, ökologische und soziale Effekte, wie die Abholzung von Regenwäldern für den Sojaanbau oder die Umweltverschmutzung durch Gülle und die Konkurrenz zwischen Tierhaltung und Welternährung (FAO 2006: 270). Solcherlei Kritik wird oftmals mit dem in vielen Industrieländern stagnierenden oder sogar rückläufigen Fleischkonsum in Verbindung gebracht (FAO, 1992).

Während zahlreiche Studien tatsächlich entsprechende Verbrauchereinstellungen und höhere Zahlungsbereitschaften für Fleisch aus artgerechter Tierhaltung oder Bio-Produktion belegen, wurde ein Zusammenhang mit der Häufigkeit des Fleischkonsums bisher jedoch selten untersucht (Alvensleben, 2002; Berndsen und van der Pligt, 2004; Schulze et al., 2008).

In diesem Beitrag werden daher, basierend auf der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen und Fishbein, 2005) die Determinanten für die Intention zur Reduzierung des Fleischkonsums ermittelt. Die empirische Basis bildet eine aktuelle Befragung von 346 Verbrauchern. Im Folgenden wird zunächst die Theorie des geplanten Verhaltens dargestellt. Der anschließende Überblick des aktuellen Forschungsstands zu Fleischkauf und -konsum liefert die Grundlage zur Ableitung von Hypothesen zu den Determinanten des künftigen Fleischkonsums. Ergebnisbeschreibung und Diskussion führen zu Schlussfolgerungen in Bezug auf die Verhaltensrelevanz der aktuell breit diskutierten Tierschutzbedenken in der Bevölkerung.

Theorie des geplanten Verhaltens

Der Einstellungs-Verhaltenszusammenhang wird, gerade auch im Zusammenhang mit Fragen des Lebensmittelkonsums, oftmals als gering eingestuft (Shepherd, 1999). Der in der Ernährungswirtschaft häufig zu hörende Aphorismus „Der Bürger will Bio, der Kunde nicht“ ist in diesem Zusammenhang bezeichnend. In der Psychologie und Sozialpsychologie existieren verschiedene Theorien, die sich der grundsätzlichen Frage des Zusammenhangs zwischen Einstellungen und Verhalten widmen. Icak Ajzen und Martin Fishbein entwickelten in diesem Zusammenhang bereits in den 1970er Jahren zunächst die Theory of Reasoned Action (TRA) und später die Theory of Planned Behavior (TPB).

Im Gegensatz zur gängigen Praxis, nach generellen Einstellungen, beispielsweise zum Umweltschutz zu fragen, die relativ geringe Zusammenhänge mit dem Verhalten aufweisen, schlagen Ajzen und Fishbein (2005) vor, direkt die Einstellung zu dem konkreten Verhalten abzufragen und in Beziehung zur Verhaltensintention sowie, wo möglich, auch zum Verhalten selbst zu setzen.

Einstellungen werden im Rahmen der TPB über die Erwartungen bezüglich verschiedener Konsequenzen eines Verhaltens (Skala: sehr wahrscheinlich - sehr unwahrscheinlich) sowie die Bewertung dieser Konsequenzen (gut / schlecht) abgefragt. Die Produkte aus Konsequenzerwartung und -bewertung werden zu einem Gesamt-Einstellungswert aufsummiert, der über die Verhaltensintention indirekt Einfluss auf das Verhalten der Probanden nimmt.

Nach der TPB wird das Verhalten jedoch nicht nur durch die eigenen Einstellungen beeinflusst, sondern auch durch Personen aus dem Umfeld des Individuums. Dieser Zusammenhang wird über das Konstrukt „Subjektive Norm“ abgebildet. Zur empirischen Messung werden die Probanden gefragt, wie sehr Menschen, die ihnen persönlich wichtig sind, z.B. Eltern, Lebensgefährten oder Freunde, erwarten, dass sie ein bestimmtes Verhalten ausführen. Die Antworten auf diese Frage (Skala: sehr stark bis überhaupt nicht) – werden gewichtet mit deren Einfluss auf das Individuum: Nur, wenn dieses Wert darauf legt, den Erwartungen dieser Personen zu entsprechen, sind diese auch verhaltensrelevant. Die Summe der Produkte aus Normativen Erwartungen und der jeweiligen „Fügsamkeit“ ergibt das Maß für die Subjektive Norm, also den wahrgenommenen sozialen Druck, ein bestimmtes Verhalten auszuüben. Wie die Einstellung, beeinflusst dies die Intention der Probanden, ein Verhalten ausführen und damit indirekt auch das Verhalten selbst.

Die dritte Komponente des Modells bezieht sich auf externe Faktoren, die ein bestimmtes Verhalten erleichtern oder erschweren können und damit den Einstellungs-Verhaltens-Zusammenhang beeinflussen. Diese „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ wird wiederum als Produkt verschiedener „Control beliefs“ sowie deren jeweiligen Ausprägungen aufgefasst: zum einen wird gefragt,

inwiefern bestimmte Aspekte dem Verhalten entgegenstehen oder es erleichtern können, zum anderen müssen die Probanden bewerten, wie stark diese Aspekte jeweils bei ihnen selbst ausgeprägt sind. Aus der Summe der Produkte von Control belief und jeweiliger Ausprägung ergibt sich die Gesamtstärke der Verhaltenskontrolle, die direkt auf die Verhaltensintention und damit indirekt auf das tatsächliche Verhalten Einfluss nimmt.

Im Folgenden wird die Theorie, die bereits vielfach im Bereich der Lebensmittelwahl angewendet wurde (vgl. Shepherd 1999: 808; Shepherd, 2008), auf die Fragestellung eines reduzierten Fleischkonsums übertragen. Um entsprechende Hypothesen abzuleiten, erfolgt zunächst ein Überblick über den Stand der Forschung zur Fleischnachfrage.

Determinanten des Fleischkaufs und -konsums: Literaturüberblick und Modellentwicklung

Die Literatur zur Fleischnachfrage kann grob in die Analyse von Determinanten des *Fleischkaufs* (und der Zahlungsbereitschaft) und des *Fleischkonsums* differenziert werden.

Im Zusammenhang mit dem *Fleischkauf* haben verschiedene Studien gezeigt, dass Lebensmittelsicherheit, Farbe und sichtbarer Fettanteil sowie die Herkunft des Fleisches wichtige Qualitäts- und damit Kaufkriterien darstellen (Mannion et al., 2000; Becker et al., 2000). Die Wichtigkeit der Haltungsform als kaufentscheidendes Kriterium wird bislang, trotz allgemein starker Besorgnis (Badertscher Fawaz et al., 1998), eher gering eingeschätzt (Alvensleben, 1995, 2002; Schubert, 2003), wengleich durchaus ein Bedeutungszuwachs festgestellt wird (vgl. u.a. Mannion et al., 2000; Viannari & Tapio, 2009; Grunert et al., 2004). Der Preis gilt als einer der wesentlichen Gründe für den Nichtkauf von Produkten aus artgerechter Tierhaltung (Wildner, 1998).

Bezüglich des *Fleischkonsums* können ökonomische, soziologische und psychologische Determinanten unterschieden werden (Schulze und Spiller, 2008: 234). Soziodemographisch gilt nach wie vor, dass Frauen einen deutlich geringeren Fleischkonsum aufweisen als Männer (Ibid.). Während die Preis-Einkommensrelation zumindest in den Industrieländern an Erklärungskraft verliert, werden gesundheitliche Folgen eines zu hohen Fleischkonsums ebenso wie die Umweltwirkungen zunehmend diskutiert (Ibid.; FAO, 2006).

In Bezug auf tierschutzbezogene Einstellungen zeigt von Alvensleben (2002) in verschiedenen, allerdings nicht repräsentativen Studien eine zunehmende Bedeutung für die Höhe des Fleischkonsums: je höher die Tierschutzbedenken, desto geringer in der Regel der Fleischkonsum. Anwender Phan-Huy und Badertscher-Fawaz (2003) dagegen stellen keinen Zusammenhang fest.

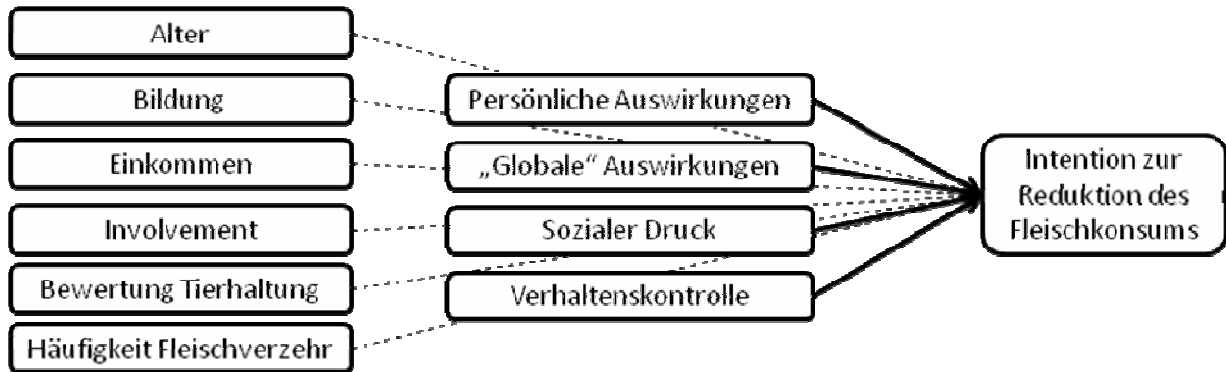
Mithilfe einer Clusteranalyse konnten Schulze et al. (2008) zeigen, dass sich in Abhängigkeit von der ethischen Grundhaltung einerseits und der Bewertung moderner Tierhaltung andererseits fünf Verbrauchergruppen identifizieren lassen, die sich auch in der Häufigkeit des Fleischkonsums signifikant unterscheiden. Dabei weisen zwei Cluster recht ähnliche Ausprägungen bei der moralischen Bewertung des Tierschutzthemas aber große Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der modernen Schweinehaltung und auch hinsichtlich des Fleischkonsums auf. Aussagen über den Einstellungs-Verhaltens-Zusammenhang bleiben jedoch spekulativ und die Stichprobe ist lediglich ein Convenience-Sample. Zwar finden sich bereits Studien, die den Fleischkonsum mithilfe der Theorie des geplanten Verhaltens untersuchen (Bonne et al., 2007; Berndsen und van der Pligt, 2004; Sparks et al., 1997; McCarthy, 2004). Diese sind jedoch mit Ausnahme von Berndsen und van der Pligt weder hinsichtlich der gewählten abhängigen Variablen noch hinsichtlich der erklärenden Variablen als vollständig und entsprechend der Theorie implementiert einzustufen.

Berndsen und van der Pligt (2004) zeigen anhand einer Studie unter 110 Psychologiestudentinnen und -studenten, dass ambivalente Einstellungen zum Fleischkonsum mit einem schon aktuell geringeren Fleischkonsum sowie einer größeren Bereitschaft, diesen weiter zu reduzieren, einhergehen.

Daneben beschäftigen sich Sparks et al. (1997), allerdings eher aus methodischem Interesse, mit den Determinanten eines reduzierten Fleischkonsums. Allerdings verwenden die Autoren eine sehr vereinfachte Operationalisierung der Einstellungen, indem die Reduktion des Fleischkonsums mithilfe eines semantischen Differentials emotional (unangenehm – angenehm) und kognitiv (gesundheitsschädlich – gesundheitsförderlich) bewertet wurde.

Als Hintergrundfaktoren können aus der Literatur Alter, Geschlecht, Bildung und Einkommen (Schulze und Spiller 2008) sowie das Involvement in Sachen Ernährung und Tierproduktion (Ibid.: 249) und die Bewertung der Tierhaltung (Schulze et al., 2008) abgeleitet werden, wobei ein höheres Alter, Bildung und Einkommen ebenso wie das weibliche Geschlecht in positivem Zusammenhang mit der Reduktionsbereitschaft stehen sollten. Eine gute Bewertung der Tierhaltung, so steht dagegen zu vermuten, beeinflusst die Reduktionswahrscheinlichkeit negativ. Abbildung 1 zeigt die angenommenen Zusammenhänge in übersichtlicher Form.

Abb. 1: Einflussfaktoren auf die Intention zur Reduktion des Fleischkonsums



Quelle: Eigene Darstellung

Entsprechend obiger Ausführungen umfassen die *persönlichen* Auswirkungen eines reduzierten Fleischkonsums die Aspekte „verringertes Risiko ernährungsbedingter Krankheiten“, „weniger Schuldgefühle“, „Zeichen gegen schlechte Haltungsbedingungen“, „Verlust eines Geschmackserlebnisses“ sowie „Fehlen wichtiger Nährstoffe“.

Daneben wurden soziale, ökonomische und ökologische Folgen eines von „mehr Menschen“ umgesetzten geringeren Fleischkonsums als Erwartung „globaler“ Auswirkungen berücksichtigt: „weniger Schlachtungen“, „weniger Umweltverschmutzung“, „weniger Regenwald-Abholzung“, „geringerer Verdienst von Unternehmen der Fleischwirtschaft“, „geringerer Verdienst von Landwirten“.

Für die Einstellungsmessung werden die verschiedenen Auswirkungen des reduzierten Fleischkonsums zunächst hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens (Skala 1 = „sehr unwahrscheinlich“, 7 = „sehr wahrscheinlich“) und anschließend auf einer 7er-Skala von 1 = „sehr schlecht“ bis 7 = „sehr gut“ bewertet. Durch Multiplikation der Werte ergeben sich zunächst die Einstellungswerte für die einzelnen Aspekte.

Um der oben angesprochenen Ambivalenz Rechnung zu tragen, wird der letzte Aggregationsschritt, die Summierung der einzelnen Produkte aus Erwartungen und Bewertungen ausgelassen, der zu einer vollständigen Verschmelzung unterschiedlichster Einstellungen führen würde. Dies ist nicht nur konzeptionell sondern auch statistisch unangemessen, wie die Faktorenanalyse zeigt: ein enger Zusammenhang findet sich demnach jeweils zwischen den positiven persönlichen, zwischen den positiven globalen sowie zwischen den negativen persönlichen Auswirkungen, die die Probanden erwarten. Die Cronbach's alpha-Werte liegen jeweils über 0,8, so dass von einer hohen internen Konsistenz ausgegangen werden kann.¹

¹ Um Verzerrungen durch Multikollinearität in den Schätzungen zu vermeiden, werden die verschiedenen Variablenblöcke zunächst Faktorenanalysen unterzogen. Für ausreichend reliable Faktoren

Für die subjektive Norm wurde der wahrgenommene Druck, den Fleischkonsum zu reduzieren, durch Eltern, Geschwister, sonstige Verwandte, Lebensgefährten, Freunde sowie Arbeitskollegen erfragt. Der Wille, deren Erwartungen zu entsprechen, wurde mittels einer siebenstufigen Skala von 1= „überhaupt nicht“ bis 7 = „in hohem Maße“ gemessen.

Der letzte Kernbereich der TPB betrifft die wahrgenommene Verhaltenskontrolle. Aus obiger Literatur wurden Zeit und Geld sowie das Wissen um Nährstoffe und für den Fleischersatz geeignete Lebensmittel als wesentliche Faktoren herausgearbeitet. Inwiefern diese die Reduktion des Fleischkonsums erleichtern oder erschweren, sollte auf einer Skala von 1 = erschwert das Vorhaben“ bis 7 = „erleichtert das Vorhaben“ eingeschätzt werden. Hinzu kommt die Angabe, wie stark die verschiedenen Aspekte bei den Probanden ausgeprägt sind.

Außerdem wurde eine Bewertung der Haltungsbedingungen verschiedener Nutztierarten (Schweine, Rinder, Geflügel) mithilfe einer 7-stufigen Skala von 1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut vorgenommen.

Das bisherige Verhalten gaben die Probanden über die jeweilige Häufigkeit des Konsums des Fleisches dieser Tierarten (Schwein, Rind, Geflügel) an. Im Folgenden werden die Stichprobe und Methoden sowie die Ergebnisse der empirischen Analysen dargestellt und anschließend diskutiert.

Stichprobenbeschreibung und Methode

Mithilfe eines Onlinepanel-Anbieters wurden Ende Juli 2011 346 Probanden für die Befragung rekrutiert. Die Stichprobe setzt sich aus 43,4% Männern und 56,6% Frauen zusammen. 14,7% der Befragten verfügen über einen Volks- oder Hauptschulabschluss, 42,8% über die mittlere Reife und 42,5% über ein Fachoberschul- oder Hochschulreife. Auf die Alterskategorie 18-34 Jahre entfallen 26,9% der Befragten, 38,7% sind zwischen 35 und 50 Jahre alt und 34,4% 51 Jahre und älter.

Für die Überprüfung des oben dargestellten Modells zur Erklärung der Entscheidung für einen verringerten Fleischkonsum, wurden die Probanden aufgrund der schiefen Verteilung der abhängigen Variable „Wahrscheinlichkeit reduzierter Fleischkonsum“ zunächst in drei Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 umfasst Probanden, die eine Reduktion des Fleischkonsums für „eher“ bis „sehr wahrscheinlich“ halten, Gruppe 2 die unentschiedenen und Gruppe 3 diejenigen, die eine Reduktion des künftigen Fleischkonsums für „eher“ bis „sehr unwahrscheinlich“ halten. Mithilfe einer multinomialen logistischen Regression (Rohr-lack, 2007) wurden dann die Faktoren ermittelt, die die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit eines Probanden zur Gruppe 1 bzw. 3 im Vergleich zur Gruppe 2 erklären.

(Cronbach's Alpha-Werte > 0,6) wurden jeweils Indices auf Basis der ungewichteten Durchschnittswerte der enthaltenen Items berechnet und in die weiteren Analysen einbezogen.

Als Gütemaße für das Gesamtmodell können der Likelihood-Ratio-Test, die Pseudo-R²-Statistiken sowie die Klassifikationsmatrix herangezogen werden (Rohrlack, 2007: 202, 209). Letztere gibt an, welcher Anteil der Probanden aufgrund des Schätzmodells der jeweils richtigen Kategorie zugeordnet wurde. Der Vergleich mit dem Proportional Chance Criterion (PCC) zeigt, inwiefern das Modell zu einer besseren als einer zufälligen Zuordnung führt (Ibid.: 209).

Ergebnisse: Einflussfaktoren auf die geplante Änderung bzw. Beibehaltung des Fleischkonsums

18,2 % halten es für wahrscheinlich, ihren Fleischkonsum künftig zu reduzieren. 17,3 % sind unentschlossen und 64,5 % halten dies für ausgeschlossen. Die Faktoren, die die Zugehörigkeit jeweils beeinflussen, sind allerdings unterschiedlich, wie die multinomiale logistische Regression zeigt. Insgesamt werden zufriedenstellende Schätzergebnisse erzielt: Die Pseudo-R²-Statistiken weisen akzeptable Werte auf, und mit 69,7% richtig klassifizierten Fällen wird eine deutliche bessere als zufällige Zuordnung (PCC) erreicht. Die Vorzeichen der Schätzer sind plausibel und entsprechen den Hypothesen.

Die Erwartung positiver persönlicher Auswirkungen erhöht die Wahrscheinlichkeit, der Gruppe der Reduzierer anzugehören. Die Erwartungen positiver globaler sowie negativer persönlicher Konsequenzen weisen dagegen keinen signifikanten Zusammenhang mit der Gruppenzugehörigkeit auf. Wer dagegen gern Fleisch isst, fühlt sich weniger in der Lage, seinen Fleischkonsum einzuschränken – die Wahrscheinlichkeit, der Gruppe der Unentschlossenen anzugehören, ist umso höher, je ausgeprägter der Fleischgenuss.

Ein starker positiver Zusammenhang kann zwischen dem Bildungsniveau und der Bereitschaft, den Fleischkonsum zu reduzieren, festgestellt werden: ein Proband, der über einen niedrigen Bildungsabschluss verfügt, ist mit einer deutlich geringeren Wahrscheinlichkeit in der Gruppe der Reduzierer. Desweiteren hat die Höhe des Schweinefleisch-Konsums einen negativen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, zu den Reduzierern zu zählen.

Tabelle 2: Ergebnisse der multinomialen logistischen Regression

	Reduzierer vs. Unentschlossene (N = 63; 55,6% korr. Zuordnung)		Nicht-Reduzierer vs. Unentschlossene (N = 223; 94,2% korr. Zuordnung)	
	B	exp(B)	B	exp(B)
Einstellung: positive persönl. Effekte	,337***	1,400	,050	1,052
Einstellung: Zeichensetzen gegen Tierhaltung	,003	1,003	-,018	,982
Einstellung: positive globale Effekte	,010	1,010	-,045**	,956
Einstellung: negative persönl. Effekte	-,015	,985	,049	1,050
Einstellung: sinkender Unternehmensverdienst	-,048*	,953	,016	1,016
Einstellung sinkender Verdienst Landwirte	,037	1,038	,016	1,016
Verhaltenskontrolle Zeit-/ Geldmangel	,471	1,601	-,031	,969
Verhaltenskontrolle Wissensmangel	-,008	,992	,102	1,107
Verhaltenskontrolle Fleischgenuss	-,601*	,549	-,167	,846
Sozialer Druck nicht vorh.	-,356	,700	1,228***	3,414
Informiertheit	,158	1,171	,576	1,778
Bewertung der Tierhaltung	-,063	,939	-,101	,904
Häufigkeit Verzehr Schweinefleisch	1,324**	3,757	,488	1,629
niedriger Bildungsabschluss	-1,190*	,304	-,267	,765
mittlerer Bildungsabschluss	-,506	,603	,817**	2,265
Geschlecht weiblich	,412	1,510	-,081	,922
Altersklasse 35-50	-,506	,603	,849*	2,337
Interaktion positive persönl. Effekte * Häufigkeit Verzehr Schweinefleisch	-,073***	,930	-,027	,973
Konstante	-5,08		-1,01	

p ≤ 0,01, *p ≤ 0,05; +p ≤ 0,1 Niveau; $\chi^2 = 162,16^{}$; Cox&Snell-R²=0,37; Nagelkerkes-R²=0,45; McFadden-R²=0,26; korr. Zuordnung zur Referenzkategorie: 75,4% vs. PCC = 48%

Quelle: Eigene Berechnung

Eine Klassifikation in die Gruppe der *Ablehner* ist umso wahrscheinlicher, je weniger positive globale Konsequenzen erwartet werden. Weder die Erwartung positiver noch negativer persönlicher Konsequenzen unterscheidet die Ablehner von den Unentschlossenen. Darüber hinaus finden sich jüngere Probanden und mit einem mittleren Bildungsabschluss sowie solche, die *keinen* sozialen Druck in Richtung eines verringerten Fleischkonsums empfinden, mit hoher Wahrscheinlichkeit unter den Ablehnern. Ein wichtiger positiver Einflussfaktor ist auch die wahrgenommene Informiertheit über Ernährung, Nahrungsmittelproduktion allgemein und Fleischproduktion im Speziellen: Wer sich gut informiert fühlt, hat eher keine Tendenz, den Fleischkonsum zu reduzieren.

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass immerhin knapp ein Fünftel der Befragten eine Reduktion des Fleischkonsums ernsthaft in Erwägung zieht. Insgesamt ist festzustellen, dass für die Reduktion oder Nicht-Reduktion des Fleischkonsums jeweils eher egoistische als altruistische Motive von Bedeutung sind. Die Anwendung der multinomialen logistischen Regression zeigt aber auch, dass die Absicht, künftig weniger Fleisch zu essen, von anderen Faktoren beeinflusst wird, als die Ablehnung einer solchen Verhaltensänderung.

Die Intention weniger Fleisch zu essen wird durch die Erwartung positiver persönlicher Effekte sowie durch das Bildungsniveau und die aktuelle Höhe des Schweinefleischkonsums sowie den Fleischgenuss bestimmt; die Erwartung positiver globaler Effekte sowie die Bewertung der Tierhaltung tragen dagegen anders als erwartet nicht zur Unterscheidung von Reduzierern und Unentschlossenen bei. Im Falle der Nicht-Reduzierer ist vor allem der negative Zusammenhang mit den positiven globalen Effekten hervorzuheben: neben der Abwesenheit sozialen Drucks ist dies das einzige Konstrukt der Theorie des geplanten Verhaltens, das signifikanten Einfluss auf die Zuteilung zu den Ablehnern hat.

Die rund 17%, die im Hinblick auf einen verringerten Fleischkonsums unentschlossen sind, könnten der von Shepherd (1999) angesprochenen und Berndsen und van der Pligt (2004) gemessenen Ambivalenz „erliegen“: im Widerstreit zwischen einem moralischen Verpflichtungsgefühl gegenüber Tieren und Umwelt einerseits und der persönlichen Wertschätzung des Lebensmittels Fleisch andererseits könnte das Verhalten dieser Gruppe stärker durch situative Faktoren geprägt sein. Indiz hierfür sind die höhere Konsumhäufigkeit von Schweinefleisch und die geringere Wahrnehmung positiver persönlicher Effekte bei den Unentschlossenen im Vergleich zu den Reduzierern. Um diesen Effekt zu belegen, sind jedoch weitere Forschungsarbeiten vonnöten.

Fazit

Die umfassende Umsetzung der Theorie des geplanten Verhaltens zur Erklärung eines reduzierten Fleischkonsums kann als sinnvoll herausgestellt werden. Insgesamt zeigt die Studie, dass für die Reduktion oder Nicht-Reduktion des Fleischkonsums jeweils eher egoistische als altruistische Motive von Bedeutung sind. Dabei wird die Absicht, künftig weniger Fleisch zu essen, aber grundsätzlich von anderen Faktoren beeinflusst, als die Ablehnung einer solchen Verhaltensänderung. Im Bereich der Einstellungen zum Verhalten sollten, um der Ambivalenz der Befragten in Bezug auf den Fleischkonsum Rechnung zu tragen, positive und negative Konsequenzenerwartungen sowohl auf persönlicher als auch globaler Ebene getrennt abgefragt werden.

Schließlich ist anzumerken, dass die Gruppen Reduzierer und Unentschlossenen mit jeweils rund 60 Probanden im Verhältnis zur Gruppe der Nicht-Reduzierer relativ klein sind. Die statistische Grundlage dieser Untersuchung ist daher noch schwach und sollte in künftigen Studien ausgebaut werden.

Literatur

- Albersmeier, F.; Spiller, A. (2009): Das Ansehen der Fleischwirtschaft: Zur Bedeutung einer stufenübergreifenden Perspektive. In: Böhm, J., Albersmeier, F., Spiller, A. (Hrsg.): Die Ernährungswirtschaft im Scheinwerferlicht der Öffentlichkeit, Eul-Verlag.
- Alvenslebens, R.v. (1995): Das Imageproblem bei Fleisch – Ursachen und Konsequenzen. In: Berichte über Landwirtschaft, 73: 65-82.
- Alvenslebens, R.v. (2002): Wie sieht der Verbraucher die Nutztierhaltung. Vortrag zur Einweihung des Fortbildungszentrums der Agrar- und Veterinär-Akademie am 18.10.2002, Horstmar-Leer.
- Anwander Phan-Huy, S., Badertscher Fawaz, R. (2003): Swiss Market for meat from animal-friendly production – responses of public and private actors in Switzerland. In: Journal of Agricultural and Environmental Ethics 16: 119-136.
- Badertscher Fawaz, R., Jörin, R. und Riedler, P. (1998): Einstellungen zu Tierschutzfragen: Wirkung auf den Fleischkonsum. In: Agrarwirtschaft, 47(2): 107–113.
- Berndsen, M., van der Pligt, J. (2003): Ambivalence towards meat. In: Appetite 42: 71–78.
- Bonne, K., Vermeir, I., Bergeaud-Backler, F., Verbeke, W. (2007): Determinants of halal meat consumption in France. In: British Food Journal, 109 (5): 367-386.
- FAO (2006): Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Rom.
- Frewer, L.J., Shepherd, R., Sparks, P. (1994): The interrelationship between perceived knowledge, control and risk associated with a range of food related hazards targeted at the self, other people and society. In: Journal of Food Safety 14, 19-40.
- Grunert, K.G., Bredahl, L. und Brunsø, K. (2004): Consumer perception of meat quality and implications for production development in the meat sector – a review. In: Meat Science 66, 259-272.
- Mannion, M.A., Cowan, C. und Gannon, M. (2000): Factors associated with perceived quality influencing beef consumption behavior in Ireland. In: British Food Journal 102 (3), 195-220.
- McCarthy, M., O' Reilly, S., Cotter, L., de Boer, M. (2004): Factors influencing consumption of pork and poultry in the Irish market. In: Appetite 43: 19-28.

- Paisley, C.M., Sparks, P. (1998): Expectations of reducing fat intake: the role of perceived need within the Theory of Planned Behavior. In: *Psychology and Health* 13, 341-353.
- Rohrlack, C. (2007): Logistische und Ordinale Regression. In: Albers et al. (Hrsg.): *Methodik der empirischen Forschung*. Gabler, 199-214.
- Spiller, A., Schulze, B. (2008): Trends im Verbraucherverhalten: Ein Forschungsüberblick zum Fleischkonsum. In: Spiller A. und Schulze, B. (Hrsg.): *Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft – Verbraucher, Märkte, Geschäftsbeziehungen*. Göttingen.
- Schubert, K. (2003): Bewertung praxisüblicher Mastschweinehaltungsformen in Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Akzeptanz auf Erzeuger- und Verbraucherseite, Dissertation, Universität Bonn.
- Schulze, B., Lemke, D., Spiller, A. (2008): Glücksschwein oder arme Sau? Die Einstellung der Verbraucher zur modernen Nutztierhaltung. In: Spiller, A. und Schulze, B. (Hrsg.): *Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft – Verbraucher, Märkte, Geschäftsbeziehungen*. Göttingen.
- Shepherd, R. (1999): Social determinants of food choice. In: *Proceedings of the Nutrition Society* 58: 807-812.
- Sparks, P., Guthrie, C. A., Shepherd, R. (1997): The Dimensional Structure of the Perceived Behavioral Control Construct. In: *Journal of Applied Social Psychology* 27 (5), 418-438.
- Sparks, P., Shepherd, R., Wieringa, N., Zimmermanns, N. (1995): Perceived Behavioural Control, Unrealistic Optimism and Dietary Change: and Exploratory Study. In: *Appetite* 24, 243-255.
- Viannari, M. und Tapio, P. (2009): Future images of meat consumption in 2030. In: *Futures* 41, 269-278.
- Wildner, S. (1998): Die Tierschutzproblematik im Spiegel von Einstellungen und Verhaltensweisen der deutschen Bevölkerung - Eine Literaturanalyse, Kiel.

Einführung der Fettsteuer in Dänemark: Welche Effekte wären für Deutschland zu erwarten?

Silke Thiele

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Am 1. Oktober vergangenen Jahres hat Dänemark als erstes Land der Welt eine Fettsteuer eingeführt. Die Idee einer solchen Fettsteuer ist es, relativ fettreichere Lebensmittel im Vergleich zu fettärmeren zu verteuern, um damit die ungünstigen Ernährungsgewohnheiten zu verbessern. Ziel ist es, Krankheiten wie z.B. Herz-Kreislaufkrankungen vorzubeugen und auch dem ständig steigenden Übergewicht entgegenzuwirken. Dabei gehört Dänemark gar nicht zu den Ländern mit den höchsten Übergewichtsraten. Laut OECD-Statistik sind in Dänemark 44,6% der Bevölkerung übergewichtig bzw. adipös. Im Vergleich dazu sind es in Deutschland bereits 49,6%. Da Deutschland demnächst die Grenze erreicht, bei der 50% der Bevölkerung übergewichtig ist, kann erwartet werden, dass spätestens dann erneut die Diskussion zu Maßnahmen gegen das Übergewicht aufkommt. In diesem Zusammenhang könnte auch die Fettsteuer diskutiert werden, insbesondere deshalb, weil das Nachbarland Dänemark diese Steuer gerade eingeführt hat.

Bisherige Maßnahmen gegen das Übergewicht sind überwiegend auf eine Verbesserung von Informationen gerichtet. Insbesondere wird darüber informiert, welche Lebensmittel gesünder bzw. ungesünder sind und welche Folgen ungünstige Ernährungsweisen haben. Da jedoch die Zahlen Übergewichtiger stetig steigen, deutet das darauf hin, dass Informationen allein nicht ausreichen, um dem Problem der ungünstigen Ernährungsweise zu begegnen. Die Frage ist, ob eine Fettsteuer hierzu einen Beitrag leisten kann.

In diesem Beitrag soll genau das vor dem Hintergrund der Effekte einer Fettsteuer beleuchtet werden. Dazu wird zunächst erläutert, wie die Fettsteuer derzeit in Dänemark konzipiert ist. Anschließend wird auf einzelne theoretische und empirische Effekte einer Fettsteuer eingegangen und übergeordnet gefragt, ob ein Staatseingriff über eine Fettsteuer überhaupt gerechtfertigt erscheint. Abschließend wird ein kurzes Fazit zur Fettsteuer gegeben.

In Dänemark werden Lebensmittel nach dem Gehalt gesättigter Fettsäuren besteuert, denn diese gelten als ungesünder und werden i.d.R. zu viel verzehrt. Pro Kilogramm gesättigter Fettsäuren müssen die Dänen 16 Kronen bezahlen, das entspricht in etwa 2,15 €. Ausgenommen sind Lebensmittel, die unterhalb einer

Bagatellgrenze von 2,3% liegen. Dazu gehören Lebensmittel wie z.B. Brot und Obst. Weiterhin ausgenommen sind die Lebensmittel Trinkmilch, Fisch und Eier. Das war anfänglich nicht so vorgesehen, aber nach heftigen Diskussionen über den Gesundheitswert dieser Lebensmittel, hat man sich dazu entschlossen, diese nicht zu besteuern. Die Regelungen führen dazu, dass zum Beispiel Butter mit ca. 54 g gesättigten Fettsäuren pro 100 g und einer Verpackungsgröße von 250 g mit 30 Cent besteuert wird. Margarine beispielsweise enthält 30,4 g gesättigte Fettsäuren und wird daher mit 16 Cent besteuert. Ein Stück Gouda (500 g) würde ca. 20 Cent teurer werden, gehacktes Schweinefleisch 10 Cent und Rinderhack 7 Cent.

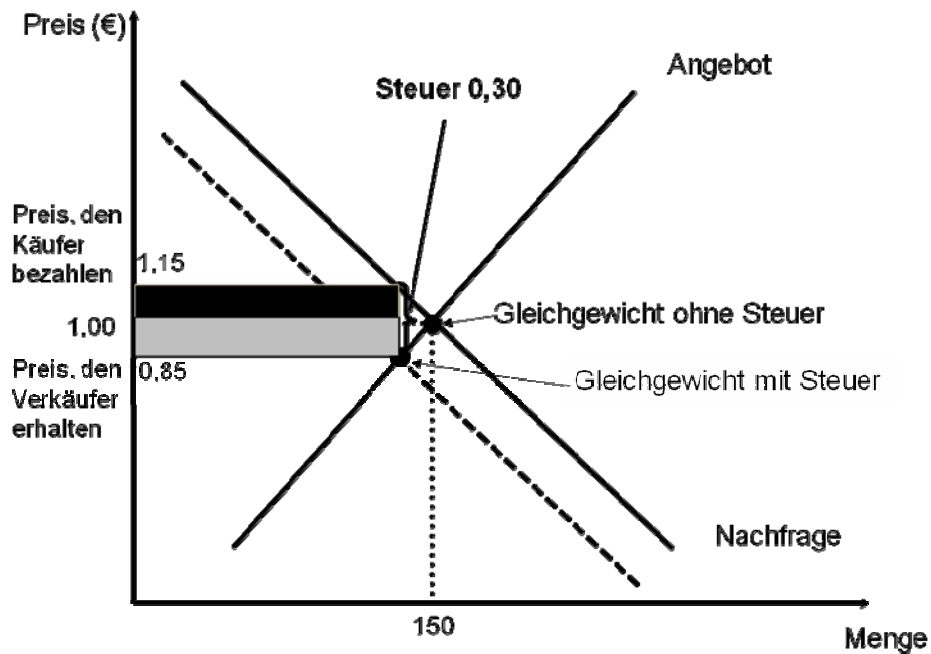
Tabelle 1: Beispiele für Preiserhöhungen

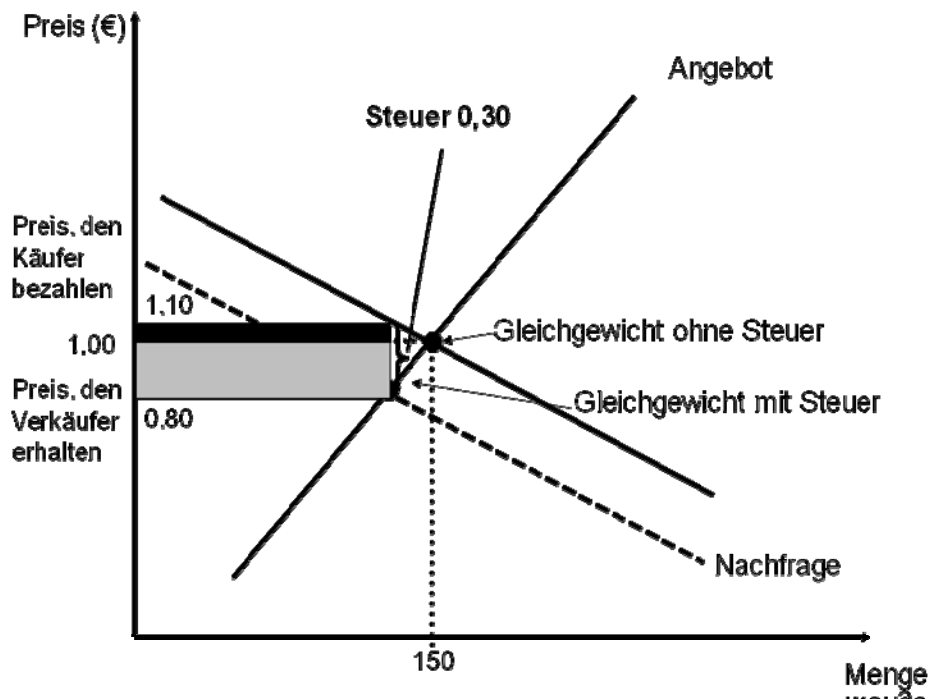
Lebensmittelgruppe	g ges. Fett pro 100 g LM	Verpack.- größe	Steuer (€)	Preisanstieg in %
Butter	53.81	250 g	0.29	29.1
Margarine	30.40	250 g	0.16	18.9
Olivenöl	14.38	1 l	0.31	5.6
Sahne	19.00	250 g	0.10	19.5
Gouda (45%)	19.90	500 g	0.21	8.6
Schweinehackfleisch	9.75	500 g	0.10	5.3
Rinderhackfleisch	6.25	500 g	0.07	2.7

Es stellt sich die Frage, wie die Konsumenten auf diese Preiserhöhungen reagieren. Dies ist eine empirische Frage und kann je nach Land und Konsumentengruppe unterschiedlich sein. In der Ökonomie werden solche Reaktionen mit Hilfe von Preiselastizitäten ausgedrückt, welche empirisch mit Hilfe von Verbrauchererhebungen ermittelt werden. Die Eigenpreiselastizität gibt Auskunft darüber: wie sich die Preisänderung eines Gutes um 1% auf die prozentuale Nachfrage dieses Gutes auswirkt. Sind die Reaktionen gering, spricht man von einer unelastischen Nachfrage. Ein Beispiel für eine unelastische Nachfrage sind Nahrungsmittel, wenn man sie als Aggregat betrachtet. Da Verbraucher Nahrungsmittel benötigen, haben sie nicht die Möglichkeit, auf größere Mengen zu verzichten, wenn die Preise steigen. Werden jedoch einzelne Nahrungsmittel wie z.B. Butter betrachtet, reagieren Verbraucher elastischer, denn sie haben die Möglichkeit, auf andere Nahrungsmittel wie z.B. Margarine auszuweichen. Diese Ausweichreaktionen werden mit Hilfe von Kreuzpreiselastizitäten ausgedrückt: Diese geben Auskunft darüber, wie sich die Preisänderung eines Gutes (z.B. Butter) um 1 % auf die prozentuale Nachfrage eines anderen Gutes (z.B. Margarine) auswirkt.

Im Rahmen einer ökonometrischen Schätzung auf Basis von ca. 12.000 deutschen Haushalten, wurden im Rahmen dieser Analyse Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten berechnet. Um zu prognostizieren, wie stark die Verbraucher die Mengen einschränken, wenn eine Fettsteuer erhoben wird, werden die Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten mit den prozentualen Preissteigerungen multipliziert. Fraglich ist jedoch, um wie viel sich die Konsumentenpreise erhöhen? Abgeleitet aus der ökonomischen Theorie ist davon auszugehen, dass die Steuerbeträge (z.B. 30 Cent für Butter etc.) nicht in vollem Maße auf die Konsumentenpreise aufgeschlagen werden, denn ein Teil der Steuerlast wird vermutlich auf die Anbieter überwältzt. Dieser Sachverhalt ist grafisch in Abbildung 1 gezeigt.

Abbildung 1: Verteilung der Steuerlast





Die Ausgangssituation vor Einführung der Fettsteuer ist jeweils durch eine nicht gestrichelte Nachfrage- sowie Angebotskurve dargestellt. Der Schnittpunkt der beiden Kurven ergibt den Gleichgewichtspunkt. Die steigenden Preise durch die Fettsteuer äußern sich in einer Verschiebung der Nachfragekurve nach innen (gestrichelte Nachfragekurve), wodurch sich ein neuer Gleichgewichtspunkt ergibt. Im oberen Bild (Abb. 1) wird ersichtlich, dass im Vergleich zur Ausgangssituation die Verkäufer 15 Cent weniger erhalten (85 Cent statt 1 Euro), die Konsumenten auf der anderen Seite zahlen 15 Cent mehr (1,15 statt 1 Euro). In dieser Situation teilen sich Anbieter und Nachfrager die Steuerlast genau zur Hälfte, während der Staat die Differenz von 30 Cent als Steuereinnahme abschöpft. Reagieren die Konsumenten allerdings elastischer, d.h. verläuft die Kurve flacher (Bild unten), tragen sie einen geringeren Teil der Steuerlast und die Anbieter entsprechend mehr. Grundsätzlich gilt: Wer von den beiden Akteuren relativ elastischer reagiert, der trägt eine geringere Steuerlast.

Da für diese Analyse keine Angebotselastizitäten zur Verfügung standen, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Konsumenten die gesamte Steuerlast tragen, was einem vollständig elastischen Angebot entspricht. Wird auf dieser Basis berechnet, welche Veränderungen sich bei der Lebensmittelnachfrage ergeben, zeigt sich das in Abbildung 2 dargestellte Bild. Abgebildet sind Konsumverschiebungen, welche sich ergeben würden, wenn eine Fettsteuer in Deutschland nach dem dänischen Modell eingeführt wird. Diese und die folgen-

den Berechnungen für Deutschland basieren auf den Daten der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe des Statistischen Bundesamtes.

Die größten prozentualen Einschränkungen wären in der Gruppe Fett und Eier zu erwarten, gefolgt von Milchprodukten und Süßigkeiten. Ausgeweitet werden die Mengen in den Gruppen Obst, Gemüse, Kartoffeln, Nudeln, Reis und Getränke. Folglich ist davon auszugehen, dass sich der Konsum zugunsten gesünderer Produkte verschiebt. Diese Verschiebungen sind jedoch gering, denn in Gewichtseinheiten betrachtet, wird der Konsum bei den Milchprodukten nur etwa 9 g pro Tag und Person reduziert, bei Obst- und Gemüse wird er um etwa 3 g pro Tag ausgeweitet. Diese geringen Konsumverschiebungen führen aber bereits dazu, dass weniger Energie konsumiert wird. Unter Berücksichtigung von Abfallvermeidung usw. wird geschätzt, dass Konsumenten ca. 20 kcal pro Tag und Person weniger Energie zu sich nehmen, was unter sonst gleichen Bedingungen einer Gewichtsabnahme von 1 kg nach einem Jahr entspricht. Diesem positiven Aspekt stehen allerdings negative Effekte gegenüber. Dies ist in Abbildung 3 verdeutlicht, in der gezeigt wird, welche prozentualen Veränderungen von Nährstoffen sich durch eine Einführung der Fettsteuer ergeben würden.

Abbildung 2: Änderungen des Lebensmittelwarenkorbes (in%)

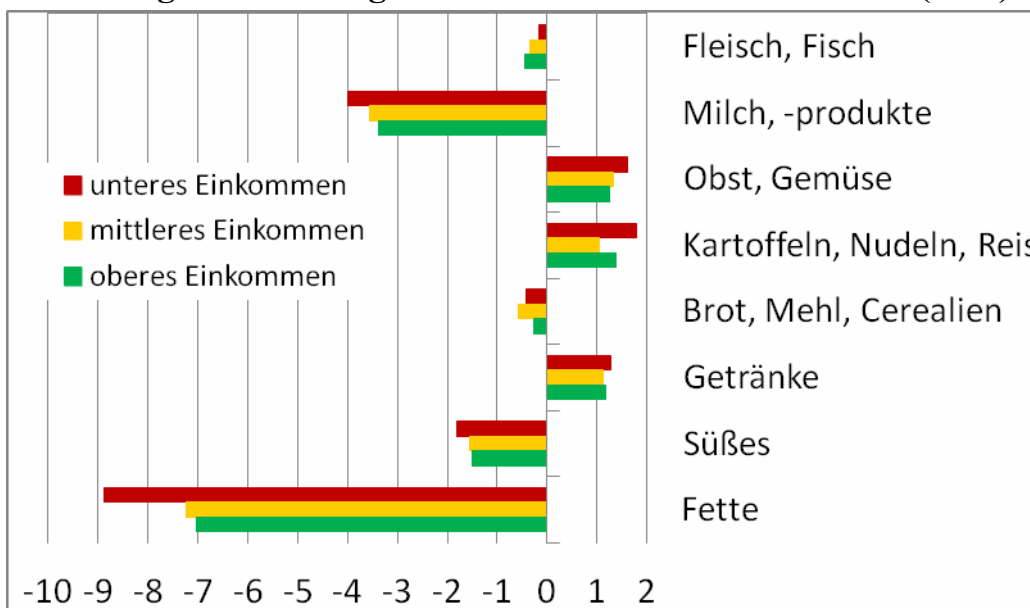
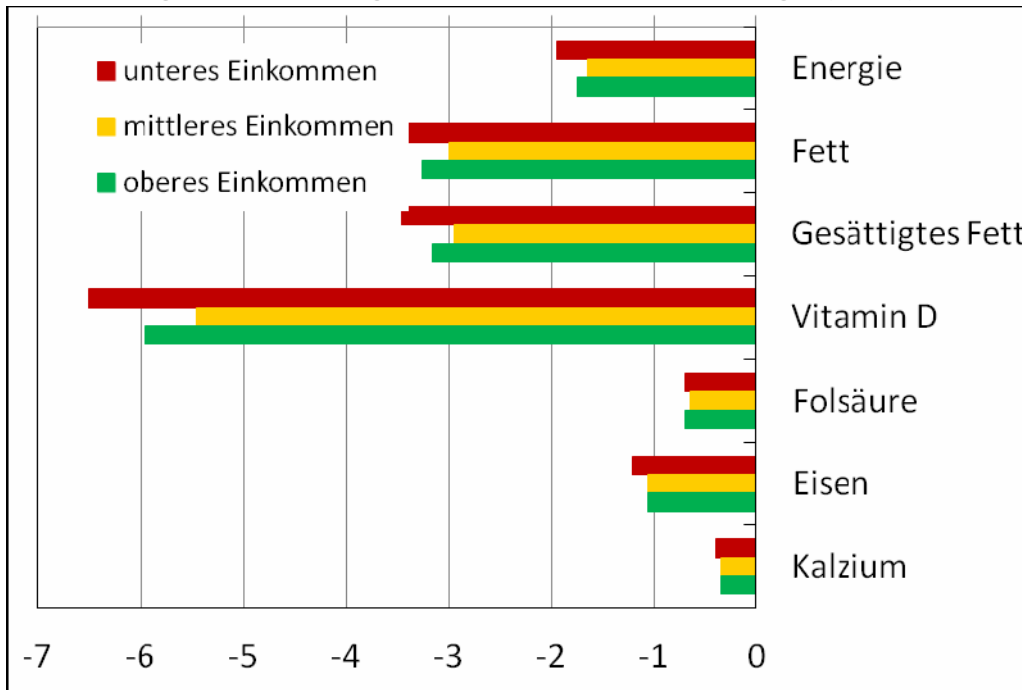


Abbildung 3: Änderungen der Nährstoffnachfrage (in %)



Ersichtlich ist, dass Konsumenten nicht nur ungünstige Nahrungskomponenten wie Energie, Fett und gesättigte Fettsäuren reduzieren, sondern auch günstige Nährstoffe wie Vitamin D, Folsäure und Kalzium. Prozentual gesehen kommt es am deutlichsten bei Vitamin D zu Einschränkungen. Dies ist insbesondere deshalb problematisch, weil Vitamin D zu den Mangelvitaminen in Deutschland gehört. In Verbindung mit Kalzium dient es der Vorbeugung von Osteoporose. Dem Positiveffekt einer geringeren Kalorienzufuhr steht folglich der Negativeffekt gegenüber, dass weniger Vitamin D und Kalzium aufgenommen werden. Welche gesundheitlichen Implikationen das hat, kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Ein ebenfalls häufig diskutierter Effekt einer Fettsteuer ist, dass untere Einkommensgruppen durch eine Fettsteuer stärker belastet werden als höhere Einkommensgruppen. Das resultiert daraus, dass der Ausgabenanteil für Nahrungsmittel gemessen am Einkommen bei den unteren Einkommensgruppen größer ist. Man spricht auch von einem regressiven Effekt einer Fettsteuer. Im Rahmen dieses Projektes wurden die Wohlfahrtseffekte einer Fettsteuer für verschiedene Einkommensgruppen mit Hilfe des Konzeptes der kompensierenden Variation ermittelt. Dieses Konzept berechnet, wie viel Geld Haushalten gegeben werden müsste, damit sie das gleiche Nutzenniveau erreichen wie vor Einführung einer Fettsteuer. Dabei wird berücksichtigt, dass Haushalte einerseits eine Kompensation dafür benötigen, weil Lebensmittel teurer werden, andererseits aber auch,

weil sie Nutzenverluste dadurch erleiden, dass der ursprünglich optimale Konsumplan revidiert werden muss.

Tabelle 2: Wohlfahrtsverluste bei verschiedenen Einkommensgruppen

Einkommens- gruppe	Kompens. Variation (in €)	Einkommen (in €)	Verlust in % des Einkommens
Untere	5,18	16020	0,32
Mittlere	6,57	3251	0,20
Obere	5,56	5892	0,09

Nach diesem Konzept müsste Haushalten der unteren Einkommensgruppe 5,18 € pro Monat gegeben werden, damit sie das gleiche Wohlfahrtsniveau erreichen wie vor Einführung der Fettsteuer, den Haushalten der oberen Einkommensgruppe demgegenüber 5,56 € (vgl. Tab.2). Da diese beiden Haushaltsgruppen über deutlich unterschiedliche Einkommensniveaus verfügen, folgt daraus, dass Haushalte unterer Einkommensgruppen einen Nutzenverlust in Höhe von 0,32 % ihres Einkommens realisieren, während er bei Haushalten oberer Einkommensgruppen bei nur 0,09 % ihres Einkommens liegt. Der regressive Effekt einer Fettsteuer für deutsche Haushalte kann daher bestätigt werden.

Ein weiterer Effekt, der häufig in der Diskussion steht, sind die zu erwartenden Staatseinnahmen durch eine Fettsteuer, denn der Fettsteuer wird häufig vorgeworfen, sie diene in erster Linie dazu, die Staatskasse zu füllen und nicht etwa dazu, die Gesundheit zu verbessern. Die Staatseinnahmen lassen sich berechnen, indem die prognostizierten Konsummengen für die einzelnen Lebensmittelgruppen mit den jeweiligen Steuerbeträgen multipliziert werden. In der Summe ergibt sich ein Betrag in Höhe von 241 Millionen Euro pro Monat bzw. 2,9 Euro Milliarden pro Jahr. Zu berücksichtigen ist dabei, dass in dieser Analyse der Außer-Haus-Verzehr nicht einbezogen ist, denn dieser ist in der als Berechnungsgrundlage verwendeten Einkommens- und Verbrauchsstichprobe, nicht erfasst.

Um nun in der Summe zu beurteilen, ob eine Fettsteuer eine geeignete Maßnahme zur Verbesserung der Ernährungsqualität und zur Reduzierung des Übergewichtes ist, müsste eine Wohlfahrtsanalyse durchgeführt werden, in der die Wohlfahrtsverluste und Wohlfahrtsgewinne aller Akteure (Nachfrager, Anbieter und Staat) betrachtet werden. Bisher wurden lediglich einige Effekte auf der Konsumentenseite betrachtet, diese wurden jedoch noch nicht gegeneinander abgewogen. Dabei müsste zum Beispiel berechnet werden, welche gesundheitlichen Vorteile entstehen, wenn es zu einer Gewichtsabnahme kommt, die ge-

sundheitlichen Nachteile durch eine verminderte Vitamin D und Kalziumaufnahme müssten dagegen gerechnet werden.

Übergeordnet wäre allerdings auch die Frage zu diskutieren, ob überhaupt Marktversagen im Bereich Fettkonsum vorliegt, denn nur dann ließe sich ein staatlicher Eingriff rechtfertigen. Zunächst einmal ist es Tatsache, dass eine Fettsteuer einen Eingriff in die Konsumentensouveränität bedeutet. Hierunter versteht man die Freiheit eines einzelnen, selbst zu entscheiden, wie er seine Bedürfnisse befriedigt, d.h. jeder sollte selbst entscheiden, wie viel Fett er zu sich nimmt und ob er übergewichtig sein möchte oder nicht. Problematisch ist jedoch, dass diese Selbstbestimmung den Nutzen anderer Individuen beeinflusst, denn Übergewicht verursacht negative externe Effekte, da hohe Krankheitskosten entstehen, die nicht nur der einzelne selbst, sondern die Gesellschaft insgesamt zu tragen hat. Aus diesem Grund werden Maßnahmen positiv gewertet, die darauf zielen, dass die Kosten, die ein einzelner durch seine Übergewichtigkeit verursacht, zum Teil auch von ihm selbst getragen werden (Internalisierung externer Kosten).

Fraglich ist jedoch, ob eine Fettsteuer dazu ein geeignetes Instrumentarium darstellt, denn Fett ist nicht der einzige Grund, warum Menschen übergewichtig sind. Ein hoher Zuckerkonsum und mangelnde Bewegung sind ebenso verantwortlich. Darüber hinaus hätten auch Normalgewichtige höhere Kosten, obwohl sie möglicherweise kein Problem mit einem hohen Fettkonsum haben.

Eine weitere Rechtfertigung für einen staatlichen Eingriff könnte es sein, dass Fett ein demeritorisches Gut ist. Bei demeritorischen Gütern wird davon ausgegangen, dass der gesellschaftliche Nutzen gesteigert werden könnte, wenn sie in geringerem Maße konsumiert werden, als es sich in einer freien Marktwirtschaft ergibt. Beispiele für demeritorische Güter sind Drogen oder Glücksspiele. Der Unterschied zwischen fetthaltigen Lebensmitteln und z.B. Drogen besteht jedoch darin, dass Drogen grundsätzlich ungesund sind, während fetthaltige Lebensmittel bis zu einem gewissen Maß sogar lebensnotwendig sind. Sie liefern z.B. essentielle Fettsäuren und die fettlöslichen Vitamine. Fett ist daher kein demeritorisches Gut.

Das Fazit dieses Beitrags ist daher folgendes: Da Marktversagen im Bereich Fettkonsum nicht eindeutig identifizierbar ist, die gesundheitlichen Effekte einer Fettsteuer derzeit nicht abgeschätzt werden können, untere Einkommensgruppen stärker belastet sind, und viele weitere Effekte z.B. die Wohlfahrtseffekte für

den Anbieter noch völlig unklar sind, kann eine Fettsteuer derzeit nicht als geeignete Maßnahme zur Reduzierung des Übergewichtes angesehen werden.

Die ökologische Landwirtschaft am Tropf des Staates? Eine Analyse der einzelbetrieblichen Auswirkungen der Aufgabe der Beibehaltungsförderung in Schleswig-Holstein

Uwe Latacz-Lohmann, Torben Tiedemann, Henning Jensen

Institut für Agrarökonomie

1. Einleitung

Zur finanziellen Konsolidierung des Haushalts wurde von der Landesregierung Schleswig-Holstein ein finanzielles Sparpaket auf den Weg gebracht, durch das die Ausgaben des Landes ab 2011 bis 2020 um durchschnittlich ca. 125 Millionen Euro pro Jahr sinken sollen (CARSTENSEN, 2010). Die Einstellung der dauerhaften Beibehaltungsförderung für den ökologischen Landbau im Rahmen der Förderprogramme für eine markt- und standortangepasste Landbewirtschaftung (MSL) ist Teil des Sparpaketes. Trotz eines sofortigen Bewilligungsstopps für Neuanträge wird sich dieses Vorgehen auf Grund der laufenden fünfjährigen Verträge erst ab 2013 haushaltswirksam auswirken.

Das Fördervolumen für die Beibehaltung des ökologischen Landbaus in Schleswig-Holstein beläuft sich nach eigenen Berechnungen auf Basis der Daten aus der Landwirtschaftszählung 2010 (STATISTISCHES LANDESAMT, 2011) und den Fördersätzen von 137 Euro/ha Ackerland bzw. Grünland, 271 Euro/ha Gemüse und 662 Euro/ha Dauerkulturen auf jährlich ca. 4,7 Millionen Euro. Die dafür benötigten Mittel kommen zu 55 % von der EU und zu 45 % vom Bund und vom Land, die sich ihren Beitrag im Verhältnis 60 zu 40 aufteilen (BMELV, 2011). Das Land Schleswig-Holstein muss somit zur Kofinanzierung dieser Mittel 18 % der gesamten Fördersumme beitragen. Folglich beläuft sich das Einsparpotenzial für Schleswig-Holstein durch die Aufgabe der Beibehaltungsförderung für den ökologischen Landbau auf ca. 850.000 Euro pro Jahr. Das Ziel dieser Untersuchung ist es zu klären, welche Einkommenseinbußen sich durch die Aufgabe der Beibehaltungsförderung für landwirtschaftliche Betriebe in Schleswig-Holstein ergeben. Des Weiteren soll analysiert werden, wie sich die Wettbewerbsfähigkeit in Relation zu vergleichbaren konventionellen Betrieben durch den Wegfall der Beibehaltungsförderung verändert. Als Datenbasis für die Analyse dienen BMELV-Jahresabschlüsse von ökologischen und konventionellen Betrieben über die Wirtschaftsjahre 2006/07 bis 2008/09.

2. Daten

Die Datengrundlage für die empirische Analyse bilden Jahresabschlüsse landwirtschaftlicher Betriebe, die vom Landwirtschaftlichen Buchführungsverband bereitgestellt wurden. Aus diesem Datenpool konnten insgesamt 53 ökologisch wirtschaftende Betriebe selektiert werden, deren Abschlüsse für die Wirtschaftsjahre 2006/07 bis 2008/09 komplett vorliegen und die ihre Umstellungsphase vor diesem Untersuchungszeitraum bereits abgeschlossen hatten. Bei 403 ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Schleswig-Holstein (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2008) beträgt der Stichprobenumfang somit ca. 13% der Grundgesamtheit. Für die Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Stichprobe auf Grund ihres hohen Anteils an großen Betrieben einen sehr großen Teil der ökologischen Produktion von Schleswig-Holstein abbildet. So decken die für die Untersuchung zur Verfügung stehenden 53 Betriebe rund 20% der ökologisch genutzten Fläche in Schleswig-Holstein ab.

Um eine detaillierte Analyse zu ermöglichen, sind die Betriebe mit ökologischem Landbau auf Basis von Standarddeckungsbeiträgen (vgl. SAUER ET AL., 2004) in 17 spezialisierte Ackerbau-, 23 spezialisierte Futterbau- und 13 Verbundbetriebe unterteilt worden.

Tab. 1: Mittelwerte der Ökobetriebe und ausgewählten konventionellen Vergleichsbetriebe über die Wirtschaftsjahre 2006/07 bis 2008/09

	Ökologische Ackerbaubetriebe (N = 17)	Konventionelle Ackerbaubetriebe (N = 17)	Ökologische Futterbaubetriebe (N = 23)	Konventionelle Futterbaubetriebe (N = 23)	Ökologische Gemischtbetriebe (N = 13)	Konventionelle Gemischtbetriebe (N = 13)
Boden (ha)	101	100	112	99	138	124
Arbeit (AK)	1,97	1,83	1,39	1,47	2,80	2,70
Kapitalstock (€)	109342	104347	89913	85606	109530	113874
Milchquote (kg)	0	0	166993	168931	109306	141356
Nebenerwerb	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
Grünlandanteil	0,14	0,10	0,58	0,52	0,36	0,18
Pachtanteil	0,44	0,40	0,62	0,56	0,73	0,64
						71
						6
betriebe (km)						

Quelle: eigene Berechnungen

Für Jeden der ökologisch wirtschaftenden Betriebe wurde mit Hilfe eines Matching-Verfahrens aus dem Datensatz ein konventioneller Vergleichsbetrieb ermittelt, der dem Ökobetrieb in den wichtigen Strukturmerkmalen am ähnlichsten ist („statistische Zwillinge“). Für die Auswahl der Vergleichsbetriebe werden lediglich Merkmale herangezogen, die – im Gegensatz zu technologieabhängigen Größen wie beispielsweise der Milchleistung pro Kuh oder der Höhe

der eingesetzten Vorleistungen – als weitestgehend unabhängig von der Wirtschaftsweise angesehen werden können: die Ausstattung mit den Faktoren Boden, Arbeit, Kapital und Milchquote, der Erwerbscharakter des Betriebs, die Anteile an Eigenkapital, Pachtflächen und Grünlandflächen. Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über die ausgewählten Betriebe.

3. Ergebnisse

Als wichtigste Erfolgsgröße ist für die Untersuchung das Ordentliche Ergebnis der Betriebe berechnet worden. Diese Kenngröße entspricht dem Betriebsgewinn, der um außerordentliche und zeitraumfremde Einflüsse bereinigt worden ist. Um die Stabilität der Ergebnisse weiter zu erhöhen, sind für jeden Betrieb Durchschnittswerte über den Beobachtungszeitraum von drei Wirtschaftsjahren berechnet worden. Als weitere Kennzahl ist daneben das Ordentliche Ergebnis plus Personalaufwand pro Arbeitskraft berechnet worden. Diese Kenngröße gibt Auskunft über das im Mittel erwirtschaftete Einkommen pro Arbeitskraft und ist besonders geeignet, um Betriebe unterschiedlicher Rechtsformen miteinander zu vergleichen (NIEBERG & OFFERMANN, 2008).

In Abbildung 3 sind die entsprechenden Kennzahlen für die ökologischen und konventionellen Betriebe einander gegenübergestellt worden. Die Ergebnisse werden jeweils mit und ohne staatliche Zuwendungen dargestellt, um die Bedeutung der staatlichen Direktzahlungen sowie der Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung für das Einkommen der Betriebe aufzuzeigen.

Aus Abbildung 1 wird deutlich, dass das durchschnittliche Ordentliche Ergebnis pro Betrieb unter Berücksichtigung aller Prämienzahlungen in beiden Gruppen nahezu identisch ist und ca. 43.500 € pro Betrieb beträgt. Bedingt durch die im Mittel geringfügig höhere Flächenausstattung der Ökobetriebe fällt das Ordentliche Ergebnis pro ha im ökologischen Landbau hingegen geringer aus als bei den konventionellen Betrieben. Unter Berücksichtigung aller staatlichen Zuwendungen werden im ökologischen Landbau ca. 410 € pro Hektar erwirtschaftet, während es im konventionellen Landbau 485 € pro Hektar sind. Ein etwas anderes Bild zeigt sich bei Verwendung des Ordentlichen Ergebnisses plus Personalaufwand pro Arbeitskraft als Erfolgsmaßstab. Da die analysierten Ökobetriebe im Gegensatz zu den konventionellen Betrieben verstärkt auf Fremdarbeitskräfte zurückgreifen, schneidet die Gruppe der Ökobetriebe bei diesem Erfolgsindikator besser ab. Pro Arbeitskraft werden im Mittel ca. 6800 € mehr erwirtschaftet als in vergleichbaren konventionellen Betrieben. Das entspricht einer Einkommenssteigerung von ca. 23 %. Dieses Ergebnis deckt sich mit den deutschlandweiten Auswertungen des BMELV(2010).

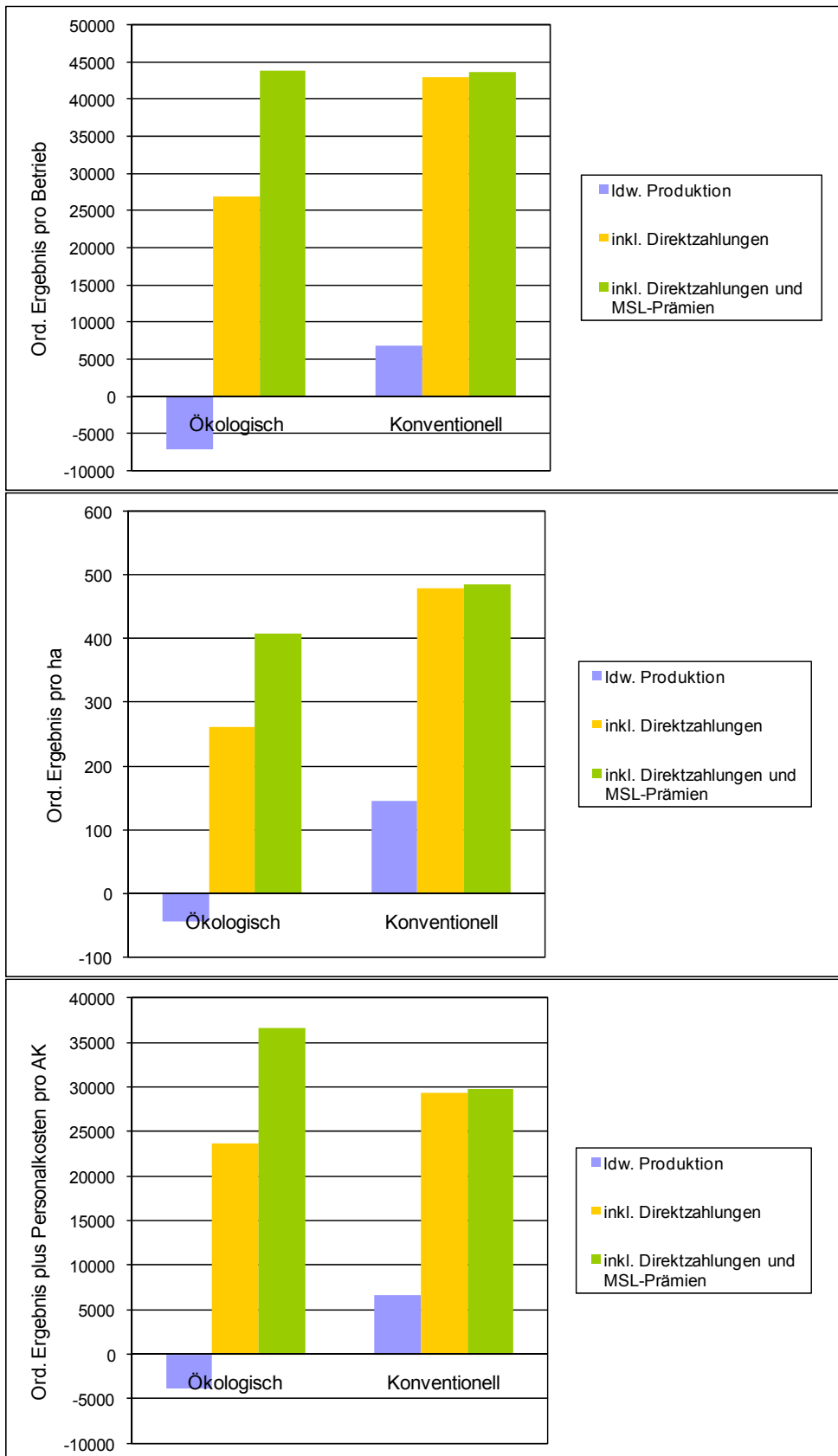


Abb.1: Gegenüberstellung von Erfolgskennzahlen von ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben in Schleswig-Holstein

Ein Blick auf die Zusammensetzung des Ordentlichen Ergebnisses verdeutlicht jedoch, dass dieser Vorteil des ökologischen Landbaus vorrangig auf die Gewährung von Fördermitteln für den ökologischen Landbau im Rahmen der markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung zurückzuführen ist. Die MSL-Prämien machen im ökologischen Landbau mehr als ein Drittel bei den dargestellten Erfolgskennzahlen aus, während ihr Anteil bei den konventionellen Vergleichsbetrieben weniger als 2% beträgt. Ohne MSL-Prämien, deren Höhe sich bei den ökologischen Betrieben auf durchschnittlich 147 €/ha beläuft, würde das Ordentliche Ergebnis pro Betrieb ca. 38 % unter dem der konventionellen Betriebe liegen. Zurückzuführen ist dies auf die Tatsache, dass die ökologischen Betriebe im Durchschnitt durch die landwirtschaftliche Erzeugung Verluste realisieren. Im Gegensatz zu den konventionellen Betrieben muss somit bei vielen ökologischen Betrieben ein Teil der gezahlten Direktzahlungen dazu verwendet werden, diese Verluste aus dem operativen Geschäft zu kompensieren.

Weiterhin erfolgte eine Schichtung der Betriebe nach dem Ordentlichen Ergebnis in die 25% guten und die 25% abfallenden Betriebe. Aus Abbildung 2 wird deutlich, dass unabhängig vom verwendeten Indikator die Erfolgsunterschiede im ökologischen Landbau wesentlich größer sind als im konventionellen Landbau. Die Gewinne pro Hektar der erfolgreichen ökologischen Betriebe können durchaus mit denen der erfolgreichen konventionellen Betriebe konkurrieren und das durchschnittliche Einkommen pro Arbeitskraft ist rund 50% höher als im konventionellen Landbau. Ohne MSL-Prämien relativiert sich dieser Vorteil jedoch deutlich. Die Mittelfeldgruppen liegen inklusive aller Prämien in etwa auf demselben Niveau. Das abfallende Viertel der Ökobetriebe erwirtschaften hingegen trotz höherer Prämienzahlungen deutlich schlechtere Ergebnisse als die entsprechenden konventionellen Betriebe.

Um zu klären, in wieweit Unterschiede zwischen den einzelnen Betriebsformen bestehen, erfolgt eine differenzierte Betrachtung für die Ackerbau-, Futterbau- und Verbundbetriebe. Die detaillierte Aufgliederung für die Kennzahl Ordentliches Ergebnis pro Hektar in Abbildung 3 veranschaulicht, dass vor allem die Gruppe der 13 analysierten ökologischen Verbundbetriebe wesentlich schlechter abschneidet als die entsprechenden konventionellen Vergleichsbetriebe.

Durch die landwirtschaftliche Erzeugung erwirtschaften diese Betriebe im Durchschnitt einen Verlust von ca. 160 € pro Hektar. Dieser kann nicht vollständig durch die gewährten MSL-Prämien von im Mittel 147 € pro Hektar kompensiert werden. Hinzu kommt, dass die ökologischen Verbundbetriebe um 15% geringere Direktzahlungen pro Hektar als die konventionellen Vergleichsbetriebe erhalten. Dies führt schließlich dazu, dass die ökologischen Verbundbetriebe nur die Hälfte des Gewinns pro Hektar realisieren, den die konventionellen Vergleichsbetriebe erwirtschaften. Im ökologischen Ackerbau sind die Ge-

winne aus der landwirtschaftlichen Produktion ebenfalls deutlich geringer als bei den konventionellen Vergleichsbetrieben. Auch hier reichen die MSL-Prämien im Mittel nicht aus, um diesen Unterschied zu kompensieren. Insgesamt ist der Abstand zwischen den beiden Gruppen jedoch deutlich geringer als bei den Verbundbetrieben, obwohl auch die ökologischen Ackerbaubetriebe ca. 15 % weniger Direktzahlungen pro Hektar erhalten. Anders gestaltet sich die Situation bei den Futterbaubetrieben. Hier erzielen die ökologischen Betriebe im Mittel höhere Gewinne als die konventionellen Vergleichsbetriebe. Im Gegensatz zu den anderen Betriebsschwerpunkten befinden sich die Direktzahlungen pro Hektar bei den ökologischen und konventionellen Futterbaubetrieben jedoch auf gleich hohem Niveau.

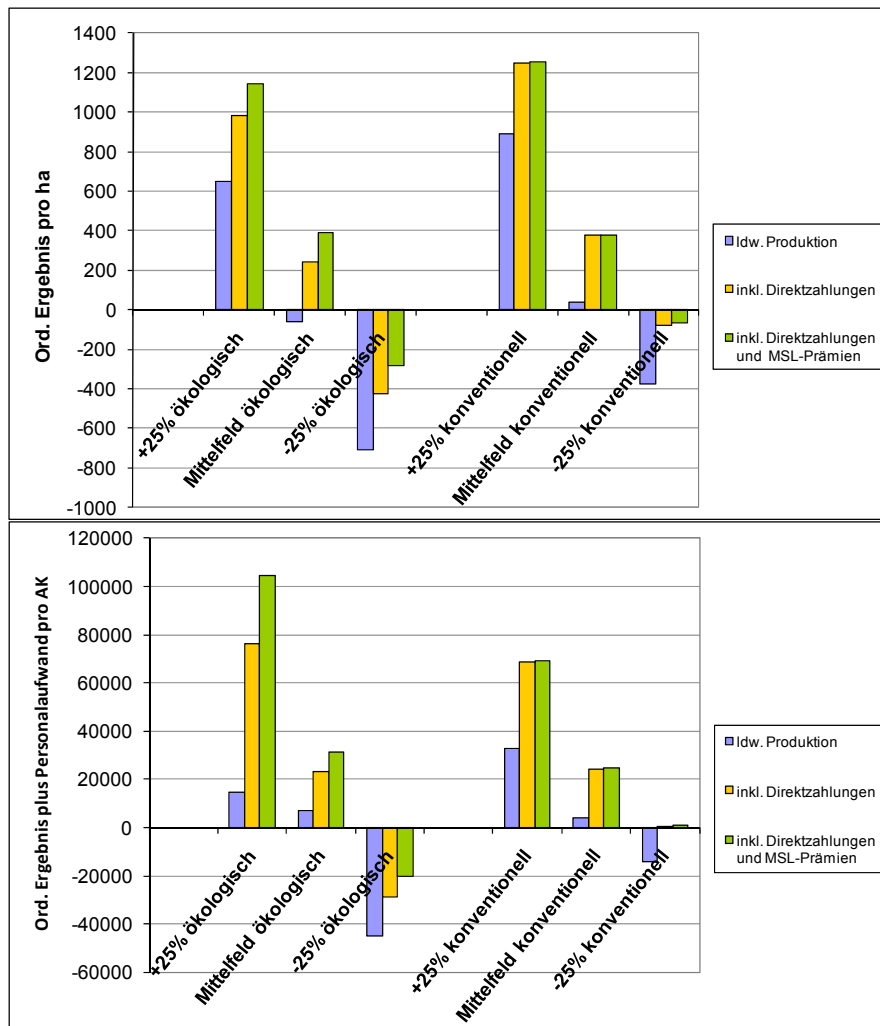


Abb. 2: Ergebnisse der ökologischen und konventionellen Betriebe nach Erfolgsklassen

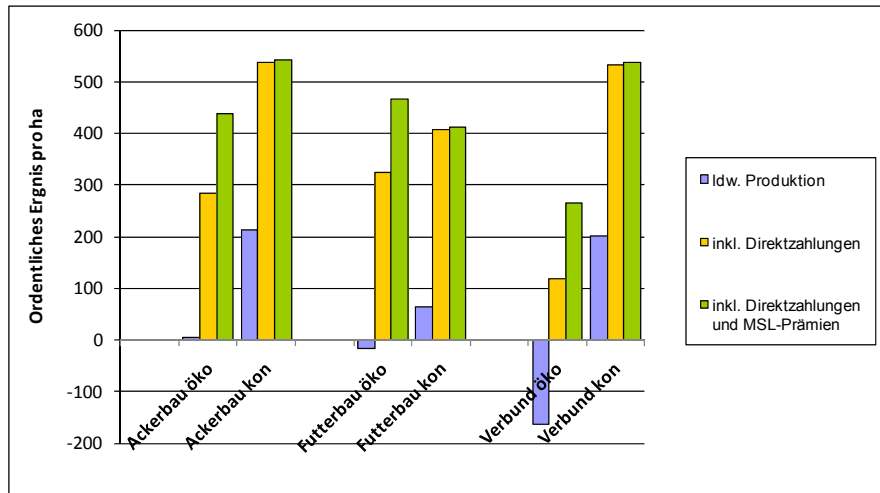


Abb. 3: Ordentliches Ergebnis pro Hektar nach betriebswirtschaftlicher Ausrichtung

4. Zusammenfassung

Dieser Beitrag hat analysiert, welche Bedeutung die im Rahmen einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung gezahlten Fördergelder für den ökologischen Landbau für das Einkommen der Betriebe aufweisen. Des Weiteren ist eine Gegenüberstellung mit den Ergebnissen von vergleichbaren konventionellen Betrieben erfolgt, um die Veränderung der Wettbewerbsfähigkeit durch einen Wegfall der Ökoförderung beurteilen zu können. Die Datengrundlage für die Untersuchung bildeten Jahresabschlüsse von jeweils 53 ökologischen und konventionell wirtschaftenden Betrieben aus den Wirtschaftsjahren 2006/07 bis 2008/09.

Die Ergebnisse dieser Auswertungen verdeutlichen, dass im Durchschnitt der beiden Gruppen und unter Berücksichtigung aller staatlichen Zuwendungen vergleichbare Gewinne pro Betrieb erzielt werden. Bei den Ökobetrieben ist ca. ein Drittel des Einkommens auf die Förderung im Rahmen der MSL-Programme zurückzuführen. Ohne diese Förderung würden die Ökobetriebe hingegen deutlich schlechter abschneiden als die konventionelle Vergleichsgruppe.

Des Weiteren haben die Ergebnisse gezeigt, dass in der Gruppe der ökologisch wirtschaftenden Betriebe größere Erfolgsunterschiede als bei den konventionellen Betrieben bestehen. Das obere Viertel der analysierten Ökobetriebe schneidet zum Teil deutlich besser ab als die Vergleichsbetriebe und wäre auch ohne Beibehaltungsförderung noch wettbewerbsfähig. Die Betriebe des unteren Viertels erwirtschaften hingegen trotz Ökoförderung fast vollständig keine Gewinne. Ohne Ökoförderung würde keiner dieser Betriebe schwarze Zahlen schreiben.

Die Auswertung nach Betriebstypen verdeutlicht, dass die ökologischen Futter-

baubetriebe den entsprechenden konventionellen Vergleichsbetrieben hinsichtlich des Ordentlichen Ergebnisses je Hektar im Mittel überlegen sind. Die ökologischen Ackerbau- und Verbundbetriebe erzielen ein geringeres Ordentliches Ergebnis je Hektar als ihre konventionellen Vergleichsbetriebe. Die ökologischen Ackerbau- und Verbundbetriebe sind bisher jedoch auch dadurch benachteiligt, dass sie im Vergleich zu den konventionellen Betrieben geringere Direktzahlungen pro Hektar erhalten.

Als Ergebnis der Untersuchung bleibt festzuhalten, dass es durch einen kompletten Wegfall der Förderung für die Beibehaltung des ökologischen Landbaus wahrscheinlich zu einer deutlichen Reduzierung der relativen Wettbewerbsfähigkeit des ökologischen Landbaus kommt. Die Mehrzahl der ökologischen Betriebe muss daran arbeiten, die Gewinne aus der landwirtschaftlichen Produktion deutlich zu erhöhen, um auch ohne Förderung für ökologischen Landbau vergleichbare Einkommen wie bei konventioneller Bewirtschaftung zu erzielen.

5. Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2010): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2010, Wissenschaftsverlag NW GmbH, Bremerhaven.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2011): Ökologischer Landbau in Deutschland. <http://www.bmelv.de/cln_154/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/OekologischerLandbauDeutschland.html#doc377838bodyText8>, [07/02/2011].
- CARSTENSEN, P.H. (2010): Regierungserklärung „Zukunft für unser Land – Aufbruch in eine Politik ohne Neuverschuldung“, Rede im Schleswig-Holsteinischen Landtag am 16.06.2010.
- NIEBERG, H. und F. OFFERMANN (2008): Financial success of organic farms in Germany. Beitrag präsentiert auf dem 16. IFOAM Organic World Kongress, Modena, Italien.
- SAUER, N., L. WEIERSHÄUSER und B. HERDEWEG (2004): Standarddeckungsbeiträge (SDB) 2000/01, 2001/02, 2002/03, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): BETRIEBE MIT ÖKOLOGISCHEM LANDBAU - AGRARSTRUKTURERHEBUNG 2007. FACHSERIE 3 REIHE 2.2.1, STATISTISCHES BUNDESAMT, WIESBADEN.

Gute landwirtschaftliche Praxis: naturwissenschaftliche Fakten und politische Durchführbarkeit in Schleswig-Holstein

Christian Henning*, Friedhelm Taube**, Laura Seide* und Claus Keller*

*Institut für Agrarökonomie und

**Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Einleitung

Die gute landwirtschaftliche Praxis ist agrarpolitisch höchst relevant, da diese implizit die Finanzierung durch die Landwirtschaft erbrachter öffentlicher Güter, wie Umwelt- und Naturschutz, Landschaftspflege oder Biodiversität determiniert. Konkret folgt dies aus der Tatsache, dass seit der Agenda 2000 die Direktzahlungen keine Preisausgleichszulagen mehr sind, sondern Zahlungen für gesellschaftlich erwünschte Leistungen, die am Markt nicht oder nur sehr eingeschränkt entgolten werden. Welche konkreten Standards als gute landwirtschaftliche Praxis und welche als besonders zu entlohnende Leistungen anzusehen sind, ist grundsätzlich eine gesellschaftspolitische Frage, die letztendlich nur in entsprechenden politischen Diskursen und Entscheidungsprozessen entschieden werden kann. Technisch geht es in dieser Frage, um die aus gesellschaftlicher Sicht optimale Bereitstellung öffentlicher Güter als Koppelprodukt der landwirtschaftlichen Produktion. Finanzierung und optimale Bereitstellung von öffentlichen Gütern werden dabei durch die fundamentale Unsicherheit verkompliziert, die sowohl hinsichtlich produktionstechnischer Zusammenhänge als auch hinsichtlich der gesellschaftlichen Bewertung öffentlicher Güter besteht. Benötigt werden somit nicht nur fundierte wissenschaftliche Kenntnisse der produktionstechnischen Zusammenhänge, sondern vor allem auch entsprechende politische Mechanismen, die wahre gesellschaftliche Präferenzen identifizieren und in entsprechende agrarpolitische Rahmenbedingungen umsetzen. In diesem Zusammenhang untersucht der Vortrag inwieweit die politische Wahl als zentraler politischer Mechanismus, Anreizstrukturen für politische Agenten schafft, adäquate agrarpolitische Rahmenbedingungen im Spannungsfeld guter landwirtschaftlicher Praxis und gesetzlicher Cross Compliance-Bedingungen festzulegen. Mit Hilfe eines Probabilistischen Wählermodells wird die relative Bedeutung von „Politik orientiertem“ versus „ideologischem“ Wahlverhalten für Landwirte und Nichtlandwirte ermittelt und deren Implikationen für verzerrte politische An-

reizstrukturen und damit eine suboptimale agrarpolitische Umsetzung guter landwirtschaftlicher Praxis analysiert.

Gute fachliche Praxis der Landwirtschaft in der politischen Realität: Eine ineffektive und ineffiziente Ausgestaltung von GFP und CC?

Gute fachliche Praxis (GFP) umfasst produktionstechnische Standards, die die Gesellschaft ohne besondere Gegenleistung von landwirtschaftlichen Unternehmen erwartet. Agrarpolitische Relevanz erhält die GFP durch die Tatsache, dass diese implizit die Finanzierung durch die Landwirtschaft erbrachter öffentlicher Güter, wie Umwelt- und Naturschutz, Landschaftspflege oder Biodiversität determiniert. Leistungen sind dabei hohe Standards bzgl. Umwelt- und Naturschutz, die über die GFP hinausgehen. Die Definition der GFP ist somit der Gradmesser für die zumutbare Eigenverantwortung landwirtschaftlicher Unternehmer gegenüber der Gesellschaft. Ihre Festlegung ist somit eine gesellschaftspolitische Frage, die nur in politischem Diskurs geklärt werden kann.

Technisch geht es bei der Definition der GFP um die aus gesellschaftlicher Sicht optimale Bereitstellung öffentlicher Güter als Koppelprodukt der landwirtschaftlichen Produktion. Dabei ergeben sich grundsätzlich Trade-offs zwischen Umweltgütern und den landwirtschaftlichen Produktionsgütern, aber es ergeben auch Trade-offs zwischen globalen und lokalen Umweltgütern. Ein gutes Beispiel ist die Biogasproduktion, hier ergibt sich ein Trade-off zwischen einem erhöhtem Klimaschutz aufgrund der CO₂-Reduktion und einem vermeintlich verminderten Landschaftsbild aufgrund der sogenannten „Vermaisung“ bzw. aufgrund potentiell erhöhter lokaler Nitratausträge (zu den naturwissenschaftlichen Fakten siehe Taube et al. 2011).

Weiterhin ergibt sich ein grundlegender gesellschaftlicher Konflikt bzgl. Finanzierung der Bereitstellung von Umweltgütern, d.h. welcher Teil der Kosten soll durch den Landwirt via GFP, und welcher Teil soll durch die Gesellschaft via Direktzahlungen u. Cross Compliance (CC) getragen werden?

Betrachtet man die aktuelle politische Realität, so kann folgendes festgehalten werden:

- (1) Die aktuellen GFP u. CC-Standards sind nicht effektiv, d.h. proklamierte Umweltziele werden nicht erreicht (vgl. Taube 2012).
- (2) Die durch die GFP und CC tatsächlich implizierten Umweltleistungen der Landwirte rechtfertigen nicht Höhe der Direktzahlungen. Tatsächlich impliziert die Einhaltung von GFP und CC Kosten die unter 10% der an die Landwirte gezahlten Direktzahlungen liegen, wobei sich allerdings eine erhebliche regionale und betriebliche Varianz ergibt (Dräger de Teran 2008).

- (3) Naturwissenschaftliche Fakten implizieren z.T. sogar eine „Win-Win“-Situation, d.h. die Einhaltung der GFP erhöht in speziellen Fällen sogar die betrieblichen Gewinne (siehe Taube 2012)!

Insgesamt stellt sich somit die Frage: „**Wie kann man ineffektive und ineffiziente Ausgestaltung von GFP und CC erklären und zukünftig verbessern?**“

Ein polit-ökonomischer Erklärungsversuch

Die Bereitstellung öffentlicher Güter ist grundsätzlich keine triviale Angelegenheit. Dies erklärt sich zum einen aus der Tatsache, dass Märkte hinsichtlich der Bereitstellung öffentlicher Güter grundsätzlich versagen, d.h. aufgrund der externen Effekte im Konsum zu einer dramatischen Unterversorgung führen. Insofern müssen für eine effektive Bereitstellung öffentlicher Güter andere nicht-marktwirtschaftliche Mechanismen herangezogen werden. Dies sind in der Regel politische Prozesse, d.h. politische Eingriffe des Staates. Nun ist eine effektive und effiziente Versorgung mit öffentlichen Gütern durch den Staat keineswegs garantiert. Im Gegenteil es gibt gute Gründe, dass hinsichtlich der Bereitstellung öffentlicher Güter wie der Markt auch die Politik versagt. Empirisch lässt sich allerdings in vielen Fällen zeigen, dass die Politik zu erheblich besseren Ergebnissen als der Markt führt. Trotzdem hängt die Effizienz staatlicher Eingriffe stark von der konkreten Ausgestaltung des politischen Willensbildungsprozesses und das heißt insbesondere auch vom Wählerverhalten ab.

Die relevanten polit-ökonomischen Zusammenhänge hinsichtlich der GFP sollen anhand eines einfachen polit-ökonomischen Modells herausgearbeitet werden. Ausgangspunkt ist dabei eine Regierung, die ihre Wiederwahlchancen maximiert. Die Regierung zahlt einen fixen Transfer „T“ an die Landwirte, die Direktzahlungen, solange diese die CC-Standards „G“ einhalten. Gleichzeitig kann die Regierung den Minimalstandard $G_0 < G$ als gesetzlich vorgeschriebene GFP festlegen. Die Anhebung der CC-Standards, G, bei gegebenem Transfer T kann dabei als zurzeit diskutiertes „Greening“ verstanden werden. *Greening* impliziert die Produktion eines Umweltgutes, wobei $P(G)$ die Produktionsfunktion des Umweltgutes ist. Weiterhin ist *Greening* mit den Kosten $C(G)$ für den Landwirt verbunden. Landwirte und Nichtlandwirte haben eine Präferenz für das Umweltgut, so dass sich bei gegebener GFP- und CC-Standards sowie dem Transfer T, die folgenden Nutzen für Landwirte (U_F) bzw. Nichtlandwirte (U_{NF}) ergeben:

$$(1) \quad U_F = E_F + P(G) + T - C(P)$$

$$(2) \quad U_{NF} = E_{NF} + P(G) - s_{FNF} T$$

E_F bzw. E_{NF} bezeichnet das Einkommen das die Landwirte bzw. Nichtlandwirte ohne Direktzahlungen und ohne CC bzw. GFP-Regelungen erzielen, s_{FNF} bezeichnet dabei den relativen Bevölkerungsanteil der Landwirte im Vergleich zu den Nichtlandwirten. Die Wiederwahlchance der Regierung ergibt sich als gewichtete Wohlfahrtsfunktion der Landwirte und Nichtlandwirte, wobei entsprechend der probabilistischen Wählertheorie das relative Gewicht der Gruppen von dem speziellen Wahlverhalten der Landwirte bzw. Nichtlandwirte abhängt (Persson and Tabellini 2002). Je stärker eine Wählergruppe ideologisch, d.h. nicht Politik orientiert, wählt, desto geringer ist ihre Wählerreaktion auf eine politische Wohlfahrtsumverteilung und umso weniger wird eine an ihrer Wiederwahl interessierte Regierung ihre Politik an der Wohlfahrt dieser Gruppe ausrichten.

Bezeichnen wir mit w_F bzw. w_{NF} das Gewicht der Landwirte bzw. Nichtlandwirte, so ergibt sich die politische Entscheidung aus der folgenden Maximierung:

$$\text{Max}_{G, G_0, T} w_F (E_F + P(G) + T - C(G)) + w_{NF} (E_{NF} + P(G) - s_{FNF} T)$$

s.t.

$$\Pi + T - C(G) \geq \Pi - C(G_0) \geq 0$$

$$E_{NF} - s_{FNF} T + P(G) \geq E_{NF} + P(G_0)$$

Π bezeichnet den Gewinn, den das landwirtschaftliche Unternehmen nach Abzug aller Faktorkosten ohne Direktzahlungen und ohne CC bzw. GFP-Regelungen erzielt. Je nach Parameterkonstellation lassen sich zwei polit-ökonomische Gleichgewichte unterscheiden. Ist das politische Pro-Kopf Gewicht der Landwirte größer als das der Nichtlandwirte, d.h. gilt $w_F > s_{FNF} w_{NF}$, so ergeben sich die CC und GFP-Standards aus einem vertragstheoretischen Gleichgewicht, bei dem der Landwirt der Prinzipal und der Nichtlandwirt der Agent ist, d.h. die Nichtlandwirte zahlen ihre maximale Zahlungsbereitschaft für die CC-Standards G , d.h. $T = P(G) - P(G_0)$.

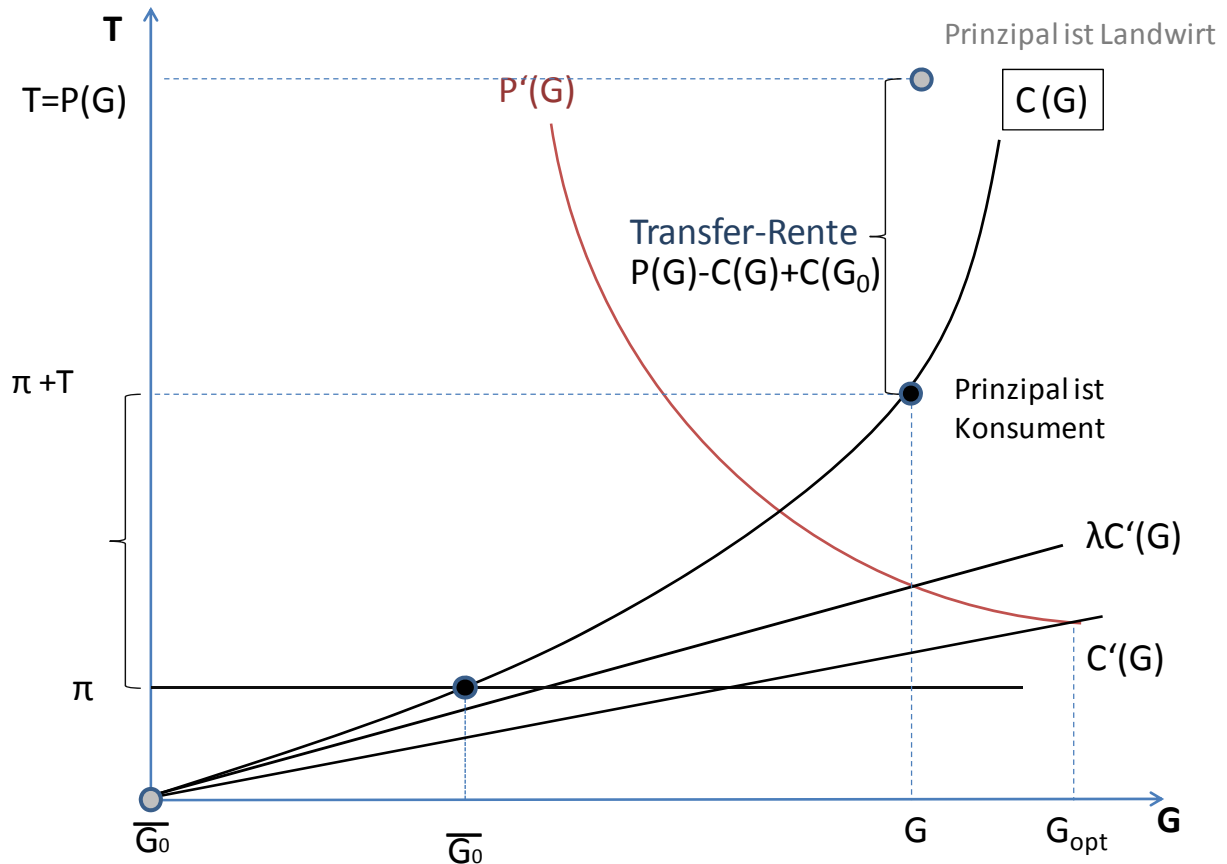
Gilt umgekehrt $w_F < s_{FNF} w_{NF}$, so ist der Nichtlandwirt Prinzipal und die an die Landwirte gezahlten Transfers kompensieren gerade seine tatsächlichen Kosten: $T = C(G) - C(G_0)$. Die beiden polit-ökonomischen Gleichgewichte sind in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Wie aus Abbildung 1 hervorgeht ergibt sich für beide Gleichgewichte eine ineffiziente Bereitstellung mit öffentlichen Umweltgütern, da die politisch relevanten Grenzkosten des „Greenings“ über den tatsächlichen ökonomischen Grenzkosten liegen. Darüber hinaus folgt, solange die Landwirte der Prinzipal sind, legt die Regierung minimale GFP-Standards ($G_0 =$

0) in dem polit-ökonomischen Gleichgewicht fest. Umgekehrt sind die Nichtlandwirte der Prinzipal, legt die Regierung maximale GFP-Standards fest, d.h. G_0 ist im polit-ökonomischen Gleichgewicht gerade so hoch, dass landwirtschaftliche Unternehmer indifferent zwischen der Ausübung ihrer landwirtschaftlichen Unternehmertätigkeit bei Einhaltung der GFP-Standards und der Aufgabe dieser Tätigkeit sind. Technisch heißt dies, dass die Kosten der Einhaltung der GFP-Standards gerade den betrieblichen Gewinnen (nach Abzug aller Faktorkosten) der Landwirte entsprechen, $C(G_0) = \Pi$.

In beiden Gleichgewichten realisiert der Prinzipal eine politisch umverteilte Rente. Im ersten Fall realisieren die Landwirte als Prinzipal eine Rente, da die tatsächlichen Kosten der Einhaltung der CC-Standards, $C(G)$ unterhalb der dafür erhaltenen Direktzahlungen T liegen. Sind umgekehrt die Nichtlandwirte der „politische Prinzipal“, so realisieren diese eine Konsumentenrente in Höhe von $P(G)-C(G)+C(G_0)$. Welches polit-ökonomische Gleichgewicht realisiert wird, hängt allein von dem Wählerverhalten der Landwirte bzw. Nichtlandwirte ab, d.h. konkret von der relativen Neigung der beiden Gruppen „ideologisch“, d.h. nicht Politik orientiert zu wählen. Betrachtet man die o.g. empirischen Fakten, so sprechen diese für ein polit-ökonomisches Gleichgewicht bei dem die Landwirte Prinzipal sind, d.h. weniger ideologisch wählen als die Nichtlandwirte. Interessanter Weise ergibt eine ökonometrische Schätzung eines entsprechenden Wählermodells für Schleswig-Holstein auf der Grundlage von Wahlumfragedaten der Landtagswahl 2009, dass Landwirte tatsächlich stärker ideologisch wählen als Nichtlandwirte. Dies würde entgegen den empirischen Fakten für das zweite Gleichgewicht mit den Nichtlandwirten als Prinzipal sprechen. Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass werde die Höhe der Direktzahlungen, noch die CC und GFP-Standards auf Landesebene entschieden werden, so dass entsprechende Wahlmodelle für Schleswig-Holstein nur begrenzte Aussagekraft für die politische Ökonomie der GFP- bzw. CC-Regelungen haben.

Ein weiterer Aspekt der politischen Ökonomie der GFP der oft vernachlässigt wird, ist die Tatsache, dass Finanzierung und optimale Bereitstellung von öffentlichen Gütern durch die fundamentale Unsicherheit verkompliziert werden, die sowohl hinsichtlich produktionstechnischer Zusammenhänge als auch hinsichtlich der gesellschaftlichen Bewertung öffentlicher Güter besteht.

Abbildung 8: Graphische Darstellung der Direktzahlungen, CC- und GFP-Standards im polit-ökonomischen Gleichgewicht



T = Direktzahlungen, G = CC- Standards, G_0 = GFP-Standards
 $\lambda > 1$ = politischer Kostenfaktor

Um eine rationale Wahlentscheidung treffen zu können, formen Wähler politische *Beliefs*, d.h. Vorstellungen hinsichtlich der Kostenfunktion $C(G)$ sowie der Produktionsfunktion $P(G)$, welche sich durch die Bereitstellung von Umweltgütern via GFP bzw. CC-Regelungen ergeben. Das polit-ökonomische Gleichgewicht hängt empfindlich von den Wähler*beliefs* ab. Beispielsweise kann es selbst unter der Annahme, dass die Nichtlandwirte der Prinzipal sind, zu signifikanten politischen Renten der Landwirte kommen, wenn die politischen Wähler*beliefs* von einer überhöhten Kostenfunktion ausgehen. Umgekehrt können Wähler*beliefs* auch hinsichtlich der Produktionsfunktion $P(G)$ verzerrt sein. Interessanterweise kann sich ein Überangebot von Umweltgütern im politischen Gleichgewicht ergeben, wenn die Wähler*beliefs* die Bereitstellung von Umweltgütern, die mit GFP bzw. CC-Regelungen erzielt werden kann, überschätzen. Dies kann man unmittelbar in Abbildung 1 erkennen, wenn man die marginale Zahlungsbereitschaftskurve $P'(G)$ nach rechts oben verschiebt. Unbestritten ist, dass Wähler*beliefs* nicht mit den realen technischen Gegebenheiten übereinstimmen. Empirisch relevant ist allerdings die Ermittlung der tatsächlichen Ver-

zerrung, d.h. führt diese zu einer Über- oder aber Unterversorgung mit Umweltgütern? Darüber hinaus ist die Frage der Formation von Wähler*beliefs* interessant, d.h. wie entstehen Wähler*beliefs* und wie lassen sich diese systematisch verändern, so dass sich aus gesellschaftlicher Sicht effizientere politökonomische Gleichgewichte ergeben. Welche Rolle spielen in dieser Hinsicht Medien, Interessengruppenorganisationen, Parteien und soziale Netzwerke wie beispielsweise *Facebook*?

Fazit

Insgesamt lassen sich die folgenden Konsequenzen aus den ausgeführten Überlegungen für die zukünftige Ausgestaltung von GFP ableiten:

1. Die Formulierung von GFP und CC als pauschale Produktionsrestriktionen sind nicht effizient, da diese von den konkreten natürlichen und technischen Bedingungen (C(G) und P(G)) abhängen.
2. Eckpunkte einer optimalen zukünftigen agrarpolitischen Steuerung der Landnutzung via GFP bzw. CC-Regelungen sind (a) eine Legitimation der Direktzahlung durch gezielte Naturschutz- und Umweltleistungen der Landwirte, d.h. impliziert insbesondere eine Anpassung der Regelungen an konkrete regionale Gebietskulissen sowie (b) an die Präferenzen der Lokalbevölkerung für lokale Umweltgüter (Stichwort „Vermaisung“).
3. Die zukünftige Entwicklung der politischen Ausgestaltung von GFP und CC-Regelungen hängt stark von dem Eingang naturwissenschaftlicher Sachinformation in den politischen Willensbildungsprozess ab. Dies ist keine triviale Aufgabe!
4. Entsprechend ergibt sich zukünftiger Forschungsbedarf einerseits hinsichtlich fundierter wissenschaftlicher Kenntnisse der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge von GFP- bzw. CC-Standards und implizierten lokalen und globalen Umweltgütern. Für Schleswig-Holstein wurden dabei erste zentrale Ergebnisse durch Forschungsgruppe Taube (Taube et al. 2012) vorgelegt.
5. Darüber hinaus sind aber auch sozialwissenschaftliche Kenntnisse hinsichtlich der entsprechenden politischen Mechanismen, die wahre gesellschaftliche Präferenzen identifizieren und in entsprechende effektive agrarpolitische Rahmenbedingungen umsetzen, notwendig. Dies umfasst empirisches Wählerverhalten, d.h. die Erforschung der Formation von Wähler*beliefs* in politischen Kommunikationsprozessen wie auch die Bedeutung und Determinanten von Politik orientiertem versus ideologischem (*Non-Policy*-) Wählen.
6. Weiterhin umfasst dies die quantitative Ermittlung gesellschaftlicher Präferenzen für Umweltgüter sowie anderer öffentlicher Güter, die als Kop-

pelprodukt der Landwirtschaft erstellt werden, z.B. die 'Sicherung der Welternährung'.

7. Schließlich umfasst eine fundierte empirische Analyse des politischen Willensbildungsprozesses neben dem Wahlverhalten auch die Transformation von heterogenen regionalen Wählerpräferenzen innerhalb Deutschlands bzw. innerhalb der EU in eine gemeinsame Agrarpolitik. Letzteres umfasst insbesondere die Analyse von nationalen bzw. supranationalen legislativen Entscheidungssystemen.

Literatur

Dräger de Teran, T. (2008): „Chancen und Risiken der Cross-Compliance Regelung für den Umwelt- und Naturschutz“. Vortrag auf der Fachtagung „Umsetzung von Cross-Compliance für den Naturschutz – Erfahrungen aus der Praxis“, Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz.

Kage, H., Herrmann, A., Dittert, K., Pacholski, A., Sieling, K., Wienforth, B. und F. Taube (2011): Ressourceneffiziente und umweltgerechte Produktion von Substraten für Biogasanlagen: Ergebnisse aus dem Biogas-Expert-Projekt. Vortrag anlässlich 61. Öffentliche Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel, 3. Februar 2011, Kiel. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät 117, 55-61.

Persson, T. und Tabelini, G. (2002): "Political Economics: Explaining Economic Policy," MIT Press Books, The MIT Press.

Taube, F. (2012): „Reichen die Regeln der ‚guten fachlichen Praxis‘ im Maisanbau“, Vortrag zur 62. Hochschultagung, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Weingast, B.R., Shepsle, K.A. and Johansen, Ch. (1981): "The Political Economy of Benefits and Costs: A Neoclassical Approach to Distributive Politics." *Journal of Political Economy* 89:4, p. 642.

Biogasproduktion in Schleswig-Holstein und ihre Auswirkungen auf lokale und globale Umweltgüter

Ernst Albrecht und Christian Henning

Institut für Agrarökonomie

Einleitung

Durch die Einführung und Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) ist in den vergangenen Jahren die Stromproduktion durch Biogas in Deutschland und gerade auch in Schleswig-Holstein stark angestiegen. In dem Zeitraum von 2004 bis 2010 hat sich die Anzahl von Biogasanlagen in Deutschland verdreifacht und in Schleswig-Holstein sogar verneunfacht (Fachverband Biogas 2010). Bei denen von der Bundesregierung ausgegebenen Zielen, bis zum Jahr 2020 30 % der Strombereitstellung und 14 % der Wärmebereitstellung mit Erneuerbaren-Energien zu decken ist mit einem weiteren Wachstum, auch der Biogasproduktion zu rechnen. Daher wurde mittels eines Modells die Biogasproduktion in Schleswig-Holstein abgebildet. Anhand dieses Modells sollen die Effekte auf lokale und globale Umweltgüter, die Auswirkung auf die landwirtschaftliche Produktionsstruktur sowie Einflüsse auf die räumliche Verteilung der Biogasproduktion abgeschätzt werden.

Modell

Um die landwirtschaftlichen Produktionsstruktur in Schleswig-Holstein abzubilden wurde in Anlehnung an eine Studie von Henning et al. (2004) ein regionales, integriertes ökologisches-ökonomisches Modell verwendet und die Auswirkungen alternativer agrar- und energiepolitischer Optionen analysiert. Bei dem Modell handelt es sich um ein einheitliches lineares Programmierungsmodell, mit Modellbetriebe für 22 Unternaturräume, 8 Betriebstypen und 4 Betriebsgrößenklassen. Diese können aus ca. 960 verschiedenen Produktionsaktivitäten inklusive 6 Biogasaktivitäten und 3 Vertragsnaturschutzaktivitäten auf 15 verschiedenen Bodentypenklassen auswählen. Außerdem sind lineare Produktionsaktivitäten für spezifische Stoffflusskoeffizienten wie N-Auswaschung, Lachgasproduktion sowie CO₂-Produktion enthalten. Begrenzt werden die Aktivitäten durch die jeweilige Ausstattung der Betriebe (Boden, Stallplätze, Arbeit usw.), gesetzliche Vorgaben (Düngeverordnung, Cross-Compliance usw.) oder Beziehungen wie zum Beispiel Vorfruchtbedingungen.

Insgesamt liegen ca. 540 verschiedene Restriktionen vor. Aus den Aktivitäten wählen die Betriebe ihre Produktionsstruktur so aus, dass der Deckungsbeitrag maximiert wird.

Als Datengrundlagen für die Modellbetriebe wurden ca. 15.000 reale landwirtschaftliche Betriebe herangezogen. Es wurden also nahezu alle landwirtschaftlichen Betriebe in Schleswig-Holstein berücksichtigt. Für diese Betriebe liegen Daten über den Unternaturraum, die landwirtschaftliche Nutzfläche, Information über die Milchquote usw. vor. Da die Berechnung des Modells mit allen 15.000 Betrieben nicht in angemessener Zeit möglich wäre, wurden die Betriebe durch die oben bereits genannten Merkmale unterschieden und in 416 Klassen eingeteilt (vgl. Henning et al. 2004). Mit Hilfe dieser 416 Modellbetriebe wird der landwirtschaftliche Sektor von Schleswig-Holstein abgebildet und die Ergebnisse jeweils auf Ebene von Unternaturräumen bestimmt. Um das Modell zu regionalisieren wurden die oben bereits genannten 15 Bodenklassen eingeführt. Die Deckungsbeiträge und Faktoransprüche der Aktivitäten werden in Abhängigkeit dieser Bodenklassen bestimmt. In welchen Bodenklassen die Flächen eines Betriebes liegen wird durch den Unternaturraum des Betriebes bestimmt, dadurch wird der regional stark heterogenen Landschaft von Schleswig-Holstein Rechnung getragen.

Ergebnisse

Damit die Auswirkungen der derzeitigen Biogasproduktion möglichst genau dargestellt werden können, wurde das Modell so kalibriert, dass die gebaute Biogasanlagenzahl den Werten der Realität entspricht. In Tabelle 1 sind die real bis 2011 gebauten Anlagen und die im Modell gebauten Anlagen je Unternaturraum aufgeführt. Mit 221 Anlagen sind in den nördlichen Unternaturräumen Angeln, Schleswiger Geest, Lecker Geest, Bredstedt-Husumer Geest und Nordfriesischer Marsch über die Hälfte der gebauten Anlagen zu finden. Der Schwerpunkt der Biogasproduktion liegt damit im Norden von Schleswig-Holstein.

Tabelle 1: Biogasanlagen je Unternaturraum in SH

Naturraum	Unternaturraum	Anzahl Biogasanlagen
Marsch	Holsteinische Elbmarschen	3
	Nordfriesische Marschinseln	6
	Nordfriesische Marsch	18
	Eiderstedter Marsch	8
	Dithmarscher Marsch	5
Geest	Nordfriesische Geestinseln	2
	Lecker Geest	27
	Bredstedt-Husumer Geest	41
	Eider-Treene Niederung	6
	Heide-Itzehoer Geest	47
	Barmstedt-Kisdorfer Geest	11
	Hamburger Ring	3
	Lauenburger Geest	5
	Schleswiger Geest	92
	Holsteinische Vorgeest	26
Südmecklenburg. Niederung	0	
Hügelland	Angeln	43
	Schwansen, Dänischer Wohld	19
	Ostholstein. Hügelland (NW)	31
	Ostholstein. Hügelland (SO)	28
	Nordoldenburg und Fehmarn	5
	Westmecklenburg. Seenplatte	6
	Schleswig-Holstein	432

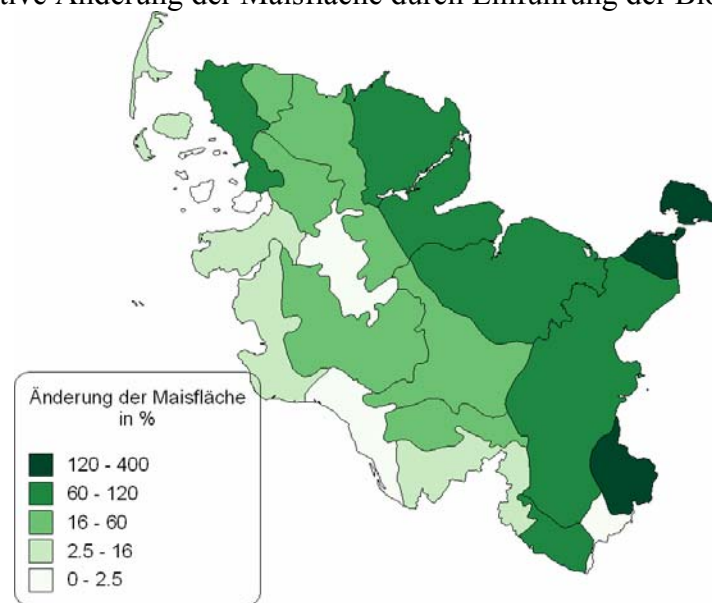
Quelle: Stajohann (2011)

Lokale und globale Umweltgüter

Um die gesellschaftlichen Auswirkungen der Biogasproduktion darstellen zu können, wurden lokale und globale Umweltgüter betrachtet. Lokale Umweltgüter sind z.B. N-Auswaschung und "Vermaisung der Landschaft" während die Einsparung von CO₂ ein globales Umweltgut ist.

Als erstes lokales Umweltgut wird die Änderung des Landschaftsbildes ("Vermaisung der Landschaft") analysiert. Durch die Aufnahme der Biogasproduktion, bei der Silomais als vorwiegendes Substrat dient, steigt der Anteil der Maisfläche in Schleswig-Holstein insgesamt stark an. Die relativen Zunahmen der Flächen sind besonders im östlichen Hügelland sowie der nördlichen Marsch hoch. In den Geestregionen wurde bereits vorher relativ viel Mais als Futter für die Rinderhaltung angebaut, so dass die relativen Zunahmen hier geringer ausfallen.

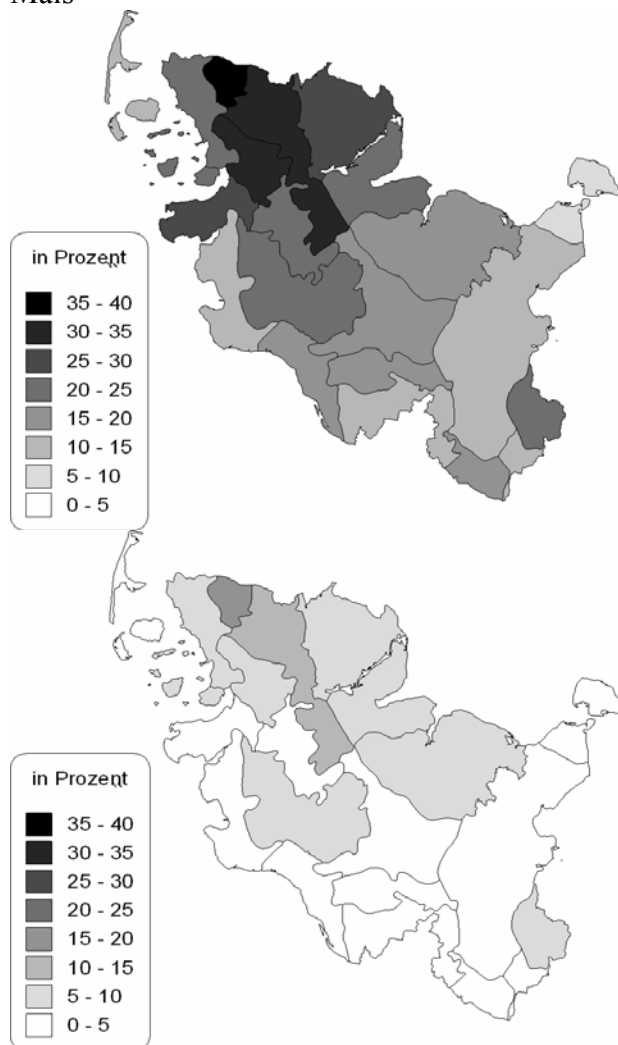
Abbildung 1: Relative Änderung der Maisfläche durch Einführung der Biogasproduktion



Quelle: Eigene Berechnung

Ein weiteres lokales Umweltgut ist die Auswaschung von Stickstoff. Neben der Bewirtschaftungsweise hat die Bodenart einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe des N-Drifts. Im Basislauf des Modells, ohne Biogasproduktion lassen sich daher bereits Unterschiede der N-Auswaschung in Schleswig-Holstein je nach Naturraum feststellen. Mit bis zu 40 kg N/ha weist der Geestrücker die stärksten Auswaschungswerte auf. Im Hügelland liegen die Werte um die 30 kg N/ha und in der Marsch ist liegt der niedrigste Wert bei 17 kg N/ha. Für die Aufnahme der Biogasproduktion wurde die Annahme getroffen, dass auf Flächen die neu in die Silomaisproduktion genommen werden die N-Auswaschungen besonders hoch sind. Mit der Zeit passen sich diese Werte allerdings langsam den „normalen“ Werten von z.B. Weizen an und auf den „neuen“ Maisflächen wird nicht mehr stärker ausgewaschen als auf anderen Flächen. Auf der linken Karte in Abbildung 2 sieht man, dass für den ersten Fall die N-Auswaschung in gesamt Schleswig-Holstein ansteigen, aber vor allem im Norden große relative Änderung mit Zunahmen von bis zu 40 % zu verzeichnen sind. Auf der rechten Karten ist zu erkennen, dass bei einer Angleichung über die Zeit nur noch leichte Zunahmen der N-Auswaschung in gesamt Schleswig-Holstein fest zustellen sind. Im Norden sind allerdings weiterhin Steigerungen von 15 % gegenüber dem Szenario ohne Biogasproduktion zu erkennen. Eine Erklärung hierfür ist, dass auf Ackerfläche mehr Stickstoff ausgewaschen wird, als auf Grünland und in diesen Regionen vorwiegend Grünland durch neue Maisflächen verdrängt wird.

Abbildung 2: Änderung des N-Drift in SH bei hohen und niedrigen Auswaschungswerten für Mais



Quelle: Eigene Berechnung

Den lokalen Umweltgütern gegenüber steht das globale Umweltgut des Klimaschutzes bzw. der Einsparung von CO₂-Emissionen. Insgesamt wurden in Schleswig-Holstein durch Endverbraucherenergie im Jahr 2008 21,6 Mio. t CO₂ emittiert (Statistikamt Nord 2010). Durch die im Modell eingeführte Biogasproduktion wurden in Schleswig-Holstein 0,36 Mio. t CO₂-Emissionen eingespart. Das entspricht einer Einsparung von 1,67 %.

Betriebstypen

Die meisten Biogasanlagen werden in der Gruppe der Milchviehbetriebe gebaut. Sowohl für die absolute Anzahl an Biogasanlage erreicht diese Gruppe den Höchstwert, als auch für den relativen Anteil. Weiterhin ist auffällig, dass Betriebstypen Futterbau Marktfrucht und Veredlung Marktfrucht einen größeren Anteil an Betrieben mit Biogasanlage aufweisen. Grund hierfür ist der Güllebo-

nus, der eine Nutzung von Gülle in Biogasanlagen in Kombination mit nachwachsenden Rohstoffen wie Mais besonders lukrativ macht. Durch die Konkurrenz der Biogas- und Milchproduktion um Mais als Inputfaktor wird davon ausgegangen, dass Milchkühe durch Biogasanlagen substituiert werden. Das Modell zeigt allerdings, dass dieser Substitutionseffekt geringer ist als vermutet. Durch den Güllebonus ist es für die Betriebe wichtig weiterhin möglichst viele Tiere in Kombination mit der Biogasproduktion zu halten.

Tabelle 2: Biogasanlagen je Betriebstyp

Betriebstyp	absolut	relativ
Marktfrucht	60	2,3%
Futterbau Milch	246	5,0%
Futterbau Mast	23	1,9%
Marktfrucht Futterbau	9	1,9%
Futterbau Marktfrucht	37	3,6%
Marktfrucht Veredlung	14	2,2%
Veredlung Marktfrucht	40	2,7%
Veredlung Schwein	3	1,7%

Quelle: Eigene Berechnung

Risiko

Um das Modell genau auf die Realität zu kalibrieren ist ebenfalls das Risiko in eine Biogasanlage zu investieren mit eingeflossen. Ohne diese Erweiterung überschätzt das Modell den Bau von Biogasanlagen. Das LP-Modell entscheidet rein mathematisch und ändert daher beispielsweise schon bei einer Änderung des Gesamtdeckungsbeitrags von 1 € das Produktionsprogramm hin zur Biogasproduktion. Ein Betriebsleiter hingegen würde das Risiko einer entsprechend großen Investition bei nur 1 € zusätzlichen Gewinn sehr wahrscheinlich nicht eingehen. Daher wurde ein Risikomaß in das Modell implementiert, mit dem genau auf die tatsächlichen Werte kalibriert werden kann. In Tabelle 3 sind die unterschiedlichen Risikomasse der einzelnen Unternaturräume aufgeführt, wobei ein niedriger Wert große Risikoaversion und ein hoher Wert geringer Risikoaversion bedeutet. Die Varianz dieser Werte über alle Unternaturräume ist auffällig. Es ist wenig wahrscheinlich, dass sich die Risikoeinstellungen in den unterschiedlichen naturräumlichen Regionen so stark unterscheiden. Daher ist davon auszugehen, dass in diesen Werten noch weitere Effekte einfließen.

Tabelle 3: Risikoeinstellung je Unternaturraum

Naturraum	Unternaturraum	Risikomaß
Marsch	Holsteinische Elbmarschen	0,28
	Nordfriesische Marschinseln	1,92
	Nordfriesische Marsch	2,36
	Eiderstedter Marsch	1,70
	Dithmarscher Marsch	1,99
Geest	Nordfriesische Geestinseln	2,42
	Lecker Geest	1,43
	Bredstedt-Husumer Geest	1,41
	Eider-Treene Niederung	0,50
	Heide-Itzehoer Geest	1,63
	Barmstedt-Kisdorfer Geest	2,87
	Hamburger Ring	3,90
	Lauenburger Geest	3,67
	Schleswiger Geest	1,85
	Holsteinische Vorgeest	1,71
	Südmecklenburg. Niederung	0,00
Hügelland	Angeln	2,55
	Schwansen, Dänischer Wohld	3,41
	Ostholstein. Hügelland (NW)	3,45
	Ostholstein. Hügelland (SO)	1,45
	Nordoldenburg und Fehmarn	2,74
	Westmecklenburg. Seenplatte	3,92

Quelle: Eigene Berechnung

Fazit

Durch die Biogasproduktion kommt es zu einem Trade-off zwischen lokalen und globalen Umweltgütern. Die lokalen Umweltgüter Landschaftsbild und Stickstoff-Auswaschung werden, zum Teil deutlich negativ verändert, während kaum eine relevante Menge an CO₂-Emissionen eingespart wird. Die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Produktionsstrukturen sind geringer als vermutet. Es wird zwar deutlich mehr Mais, als Substrat für die Biogasanlagen angebaut, allerdings wird dadurch kaum Rinderhaltung verdrängt. Der Konkurrenz zwischen Rinderhaltung und Biogasproduktion um Futter wirkt der Güllebonus entgegen. Durch die Einbeziehung von Risiko in das Modell, konnten regionale Unterschiede in der Risikoeinstellung festgestellt werden. Da eine so hohe Varianz für diese Größe jedoch unwahrscheinlich erscheint, ist der Einfluss weiterer Faktoren möglich. Dies könnten zum Beispiel sozio-ökonomische Einflüsse oder Netzwerkeffekte sein.

Literatur

Fachverband Biogas (2010). Biogas Branchenzahlen 2010. Fachverband Biogas.

Henning, Ch., A. Hennigsen, C. Struve und J. Müller-Scheeßel (2004): Auswirkungen der Mid-Term-Review-Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg Vorpommern. Agrarwirtschaft Sonderdruck 178.

Stajohann, S. (2011): Analyse der zeitlichen und räumlichen Ausbreitung von Biogasanlagen in Schleswig-Holstein. Bachelorarbeit, Institut für Agrarökonomie, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

StatistikamtNord (2010): Umweltökonomische Gesamtrechnungen Basisdaten und ausgewählte Ergebnisse für Schleswig-Holstein 2010. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein.