

Vorträge
zur Hochschultagung 2013
„Zukunft der Milchwirtschaft in S.-H.“

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 des Dekans der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät Professor Dr. Rainer Horn	7
Grußworte des Präsidenten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Professor Dr. Gerhard Fouquet	13
Prof. Dr. Johannes Sauer Institut für Agrarökonomie Zukünftiger Wettbewerb im Milchsektor	15
Dr. Dirk Gloy DMK Deutsches Milchkontor GmbH Bedeutung von Exportmärkten für die Milchwirtschaft	31
MSc Thorsten Biegemann, Dr. Maria Schmeer, Dr. Ralf Loges und Prof. Dr. Friedhelm Taube Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Grünlandumbruch und Neuansaat: Auswirkungen auf Leistungen und ökologische Effekte	33
Dr. Andreas Pacholski ¹ , Prof. Dr. Antje Herrmann ¹ , Tavs Nyord ² , PhD, Annette V. Vestergaard ³ , PhD, Prof. Dr. Friedhelm Taube ¹ , Prof. Dr. Henning Kage ¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Dept. of Engineering, Aarhus University, Tjele, Dänemark Knowledge Center for Agriculture, Aarhus, Dänemark Applikationstechnik zur Gülledüngung: Effekte von Injektion und Ansäuerung auf Erträge und gasförmige Stickstoffverluste	43
Professor Dr. Rainer Horn Rainer Horn, Dr. Stephan Gebhardt und Dr. Heiner Fleige Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Gedanken zur Energiewende aus der Sicht der Bodenkunde: Anforderungen im Zusammenhang mit der Stromtrassenwahl und Kabelverlegung	51

Professor Dr. Joseph-Alexander Verreet, Dr. Holger Klink und
MScTim Birr
Institut für Phytopathologie
**Risikominimierung Fusarium-spezifischer Mykotoxine in der
Nahrungs- und Futtermittelproduktion**

Dr. Gunda Schulte auf'm Erley, Professor Dr. Karl Hermann Mühling 69
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
**Nutzung von Sortenunterschieden zur Verbesserung der
Stickstoffeffizienz**

Professor Dr. Felix Müller, Dr. Benjamin Burkhard 73
Institut für Natur- und Ressourcenschutz
**Ökosystemdienstleistungen in der Agrarlandschaft: Neue
Konzepte für das Umweltmanagement**

Professor Dr. Siegfried Wolffram 83
Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie
**Bioverfügbarkeit und Stoffwechsel des pflanzlichen Polyphenols
Quercetin bei der Milchkuh**

Tierärztin Svantje Asmussen, Professor Dr. Joachim Krieter 85
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
**Ist ein Verzicht auf das Schwänzekupieren beim Schwein
möglich?**

Professor Dr. Friedhelm Taube, stud. Johann Schütte 95
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
**Sind die Milchviehbetriebe in Schleswig-Holstein auf die
Novellierung der Düngeverordnung vorbereitet?**

Dr. Max Holstermann, Dr. Ralf Blank und Professor Dr. Andreas 109
Susenbeth
Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein
**Änderungen der Milchfettzusammensetzung als Indikator für ei-
ne negative Energiebilanz bei der Kuh**

Dr. Regina von Leesen, Dr. Astrid Weber, MSc Anne Neitzel und
Professor Dr. Georg Thaller
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein
**Wie kann mit züchterischen Ansätzen auf die neuen Herausfor-
derungen beim Milchrind reagiert werden?**

Dr. Angelika Häußermann, Professor Dr. Eberhard Hartung 121
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein
Messung von Milchinhaltsstoffen mittels nicht invasiver Sensoren

Dr. Ingrid Clawin-Rädecker¹, Katja Zerge¹, Karina Altmann¹, Sebas- 131
tian Kämpfer², Dr. Wolfgang Hoffmann¹, Prof. Dr. Peter Chr. Loren-
zen¹
¹Max Rubner-Institut, Standort Kiel, Institut für Sicherheit und Quali-
tät bei Milch und Fisch
²Unternehmensgruppe Theo Müller, Leppersdorf
Milchoriginäre Oligosaccharide als funktionelle Inhaltsstoffe

Dr. Simone Onur, Professor Dr. Frank Döring 139
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
**PECKISH – eine Kieler Pflanzenextraktbibliothek für
funktionelle Lebensmittel**

Dr. Tuba Esatbeyoglu 141
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
**Gelbwurz (*Curcuma longa*) - Gewürz, Farbstoff oder
Antioxidans?**

MSc Monika Frenzel, Juniorprofessorin Dr. Anja Steffen-Heins 147
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
„Coated Liposomes“ als Träger für bioaktive Substanzen

Dipl.oec.troph. Tobias Demetrowitsch, Professorin Dr. Karin 155
Schwarz
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
Neue Analysetechniken: Mehr Daten - Mehr Information?

Dr. Karin Knappstein, Dr. Hans-Georg Walte Max-Rubner-Institut, Kiel Praxisrelevante Aspekte zum Hemmstoffnachweis in Milch	Seite: 163
Dr. Torsten Hemme IFCN Dairy Research Center Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein Globale Trends der Milchwirtschaft und Perspektiven für Schleswig-Holstein	171
MSc Thore Holm, Professor Dr. Jens-Peter Loy Institut für Agrarökonomie Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein Preisbildung im Lebensmitteleinzelhandel bei Bio-Milchprodukten	179
Stud. Renke Ackermann, Professor Dr. Johannes Sauer Institut für Agrarökonomie Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein Schleswig-Holsteinische Milchverarbeiter im internationalen Wettbewerb	187
Professor Dr. Hans-Hennig Sundermeier, O. Nielsen, A. Otte, J. Stef- fens und J. A. Reiter Institut für Agrarökonomie und Landwirtschaftlicher Buchführungs- verband, Kiel Wirtschaftliche Steuerung von Biogasbetrieben	201
Professor Dr. Uwe Latacz-Lohmann, MSc. Norbert Schulz Institut für Agrarökonomie Wie wirkt sich das „Greening“ der Direktzahlungen in den Betrieben aus?	211
Professor Dr. Dr. Christian Henning, Dr. Nana Zarnekow Institut für Agrarökonomie Wie wirken sich Netzwerkbeziehungen auf die Nachfrage nach funktionellen Lebensmitteln aus?	217

Eröffnung

Rainer Horn

Dekan der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät

Sehr geehrter Herr Präsident Fouquet,
Sehr geehrte Herr Minister Habeck,
meine sehr geehrten Damen und Herren Abgeordnete,
meine sehr geehrten Damen und Herren!

Zur 63. 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, dem VdL-Landesverbandes Schleswig-Holstein und der Gesellschaft der Freunde der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät.

Als Hausherrn der CAU begrüße ich den Präsidenten, Herrn Prof. Fouquet, sehr herzlich. Magnifizenz, lieber Herr Fouquet, ich freue mich, dass Sie auch in diesem Jahr ein Grußwort zu uns sprechen werden und damit Ihre enge Beziehung zur Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät zum Ausdruck bringen. Aus der Sicht der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät könnte man sagen wir sind zwar nur klein, aber dafür umso leistungsfähiger, was seitens Ihres Präsidiums auch immer anerkannt und nach Möglichkeit auch unterstützt wird. Wir haben in den vergangenen Jahren in manchen Diskussionen uns nunmehr zu dem entwickelt, womit wir heute nicht nur in Deutschland einen vorderen Rang in der Akzeptanz und Sichtbarkeit erreicht haben, auch international stehen wir mit Partnern auf allen Kontinenten ebenfalls in regem Wissenschafts- und Studierendenaustausch.

Damit verwirklichen wir die Ideen nach verstärkter Internationalisierung, die Sie seitens der Leitung der Universität immer wieder proklamieren und deren Umsetzung Sie gerne sehen würden.

Es ist mir eine besondere Freude, unseren Minister für Energiewende-, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Herrn Dr. Habeck begrüßen zu dürfen. Sehr geehrter Herr Minister, dass Sie in diesem Jahr wieder das Grußwort übernommen haben, dokumentiert einmal mehr das hohe und auch persönliche Interesse Ihres Hauses an unserer Fakultät. In der Tat haben Sie in den wenigen Monaten Ihrer Amtszeit wiederholt die Gelegenheit genutzt, unsere Fakultät und auch unsere Absolventen mit Ihren Ideen und Gedanken zu bereichern, wobei natürlich die uns alle drängenden Fragen der Lebensmittelproduktion, der Energiegewinnung und der Frage nach der Vereinbarkeit von Nahrungsmittelproduktion und nachwach-

senden Rohstoffe unter dem Schlagwort Teller oder Tank diskutiert werden müssen.

Des Weiteren begrüße ich aus dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Herrn Koschinski, Herrn Dr. Finck, sowie Herrn Starck. Ich freue mich, dass außerdem von LLUR neben Herrn Direktor Vogel auch Herr Dr. Stauß anwesend ist. Gerade die Verbindung zwischen dem LLUR und unserer Fakultät möchten wir zu einer stärkeren Achse auch in der gemeinsamen Forschung und Umsetzung der vorhandenen Erkenntnisse in Landespolitik ausbauen und würden uns natürlich auch über entsprechende finanzielle Unterstützung seitens der Landesregierung sehr freuen.

Ich begrüße die Abgeordneten des Landtages, Herrn Voß von Bündnis 90 /die Grünen und Herrn Göttisch von der CDU.

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

Vom Landfrauenverband Schleswig-Holstein begrüße ich die Vizepräsidentin Frau Feddersen. Vom Rinderzuchtverband SH begrüße ich Herrn Leisen und von der Landwirtschaftskammer Herrn Krug.

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

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

Das Leitthema der 63. öffentlichen Hochschultagung lautet „Zukunft der Milchwirtschaft in Schleswig Holstein“ und behandelt damit einen Themenbereich, den die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät seit vielen Jahren mit großem Engagement bearbeitet und mit Fug und Recht als Experte auch in der nationalen und internationalen Community Ansehen erlangt hat.

Wir möchten daher mit der heutigen Veranstaltung nicht nur einen „state of the art“-Bericht geben und in verschiedenen Beiträgen die z.T. sehr kontroversen Aspekte beleuchten, die auch aus umweltrelevanten Gesichtspunkten durchaus negativ eingestuft werden könnten. Es geht nicht nur darum, die Milchproduktion in S.-H. rentabel zu gestalten, sondern und dies ist vor allem unter dem Gesichtspunkt der begrenzten landwirtschaftlichen Flächen von Bedeutung, auch die Effizienz der Milchproduktionssysteme zu beleuchten. Haben wir eigentlich bei dem gegenwärtigen Flächenverbrauch von nahezu 100ha täglich in Deutschland bei gleichzeitig steigender Bevölkerung auch im Jahre 2050 noch genug landwirtschaftliche Produktionsfläche für die Nahrungsmittelproduktion? Können wir uns in diesem Kontext die Ausweitung des Bioenergiepflanzenanbaus noch leisten, wenn man auch die Umweltfolgen sowohl für die Atmosphäre, den Boden und das Grundwasser berücksichtigt und dabei auch die belebte Natur einbezieht?

Ökologie und Ökonomie müssen unter dem Aspekt der Vollkostenrechnung einen ausgeglichenen Haushalt bereitstellen, d.h. wir dürfen auch nicht z.B. das 2°C Ziel aus den Augen verlieren, was bis 2050 enorme Anstrengungen auch hinsichtlich

der CO₂ Emissionsreduzierung auf deutlich weniger als 750 Mrd. to. CO₂ in die Atmosphäre erfordert.

Milch- und Futtermittelproduktion sind eng miteinander verknüpft, die optimierte Landbewirtschaftung erfordert von uns allen ein besonderes Augenmerk auf die sehr komplexen Zusammenhänge in den Ökosystemen.

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 sehr gut nachgefragt. Und dies liegt letztendlich auch daran, dass Themen wie Ernährung, Gesundheit, Landwirtschaft Umwelt in der Gesellschaft präsent sind und von der Bevölkerung zunehmend kritisch hinterfragt werden. Wir sind gehalten, Antworten auf drängende Fragen der Land- und Umweltwissenschaft und vor allem auch entsprechende Erläuterungen der Prozesse zu geben.

Im WS 2012/13 haben 333 Studierende im Bachelorstudiengang für Agrarwissenschaft begonnen und 89 Studierende im Masterstudiengang Agrarwissenschaft.

Im Bachelorstudiengang Ökotrophologie haben 137 Studierende begonnen und 59 im Masterstudiengang. Diese Zahlen machen aber gleichzeitig ein Dilemma deutlich: da wir in den vergangenen Jahren nie die Numerus clausus Anzahl erreicht haben, wurde zu diesem WS die Beschränkung aufgehoben mit der Folge, dass wir jetzt regelrecht überflutet wurden und wir nun alle ausbilden müssen/dürfen. Für die Bodenkunde bedeutet dies beispielsweise, dass die Exkursionen im nächsten Sommer mit 8 – 9 Bussen quer durch Schleswig-Holstein gefahren werden müssen. Bei gleichzeitig sinkenden Haushaltsmitteln belasten die steigenden Busmieten den Finanzplan und legen in diesem Zeitraum den Institutsbetrieb komplett lahm.

Wir wollen uns nicht beklagen, aber Idealismus alleine bewegt eben noch keinen Bus.

Und nun zu unseren internationalen Studiengängen

Insgesamt sind 124 Studierende in den internationalen Studiengängen in diesem Semester eingeschrieben – das sind ca. 5 % unserer Studierenden an der gesamten Fakultät. Die Masterstudiengänge „Environmental Management“, die Erasmus-Mundus Studiengänge Applied Ecology und Ecohydrology sowie der nunmehr im 2. Jahr angebotene Studiengang AgriGenomics erfreuen sich allerseits großer Beliebtheit und bringen uns jährlich zusätzlich ca. 130 ausländische Studierende nach Kiel.

Passend zum aktuellen Thema der heutigen Tagung kann ich Ihnen auch von den ersten Überlegungen zu einem weiteren internationalen Masterprogramm berichten. Das Thema Dairy Sciences soll mit den auch vom Präsidium unterstützten Kooperationen mit der Aarhus University entwickelt werden.

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

Aber auch bei unseren grundständigen Studiengängen Agrarwissenschaft und Ökophysiologie tut sich etwas, denn wir haben die Unterlagen für die System-Reakkreditierung abgeschlossen und auch sämtliche inneruniversitären Hürden überwunden. Hier gilt mein besonderer Dank sowohl Herrn Kollegen Hartung – unserem Studiendekan, der unermüdlich die lieben Kolleginnen und Kollegen zum Liefern der Unterlagen ermuntert und dann zusammen mit Frau Senkbeil vom Prüfungsamt schließlich alles auf Machbarkeit und „Logik“ überprüft und zurechtgerückt hat. Generell gilt für alle nun zur System-Reakkreditierung vorbereiteten Studiengänge, dass wir alle Bachelorprogramme mit 180 ECTS Punkte anbieten, die in 6 Semestern absolviert werden könnten, worauf sich ein 4 semestriges Masterstudium mit insgesamt 120 Punkten anschließen wird.

Meine Damen und Herren, vor kurzem wurde der A&E Fakultät in einer Umfrage vom VDL bescheinigt, dass das Studium und auch die Professoren und Lehrenden sehr gut aufeinander abgestimmt und die Lehrenden mit großer Motivation die Lehrinhalte verständlich und auf die Studierenden zugehend dargeboten werden. Andere Agrarfakultäten bemühen sich ein ähnlich attraktives Studienprogramm, wie wir es hier anbieten, zu entwickeln. Der Begriff der Qualitätssicherung unserer Lehre wird nach wie vor oberste Priorität haben, denn nur so können wir unsere Führungsposition in Deutschland halten. Der Slogan Kiel ist eine Reise wert und es ist schon etwas ganz besonderes dort zu studieren, wo andere nur Urlaub machen dürfen, wird auch unsererseits mit Leben ausgefüllt.

Gleichwohl bleibt der Zustrom an ausländischen Studierenden weit hinter den Zahlen der Kieler Studierenden zurück, die ins Ausland gehen. Dies hat leider bereits zu Stornierungen der bestehenden Verträge geführt und neue Abschlüsse bedürfen langer Überzeugungsarbeit auch der Universitätsverwaltung, sofern wir nicht in dem Mainstream der Universitätsgedanken mitschwimmen, was meist schwierig ist. Marine Science ist zwar ein ausgeprägtes Markenzeichen unserer

Universität, aber auch wir haben andere und nicht minder interessante Themen. Wir werden also in der Zukunft ebenfalls Sorge dafür tragen müssen, unser attraktives Angebot zu erweitern, das bereits in vielen Bereich existiert und jetzt nach außen deutlich sichtbar gemacht wird.

Wir gehen davon aus, dass wir mit unserem englischsprachigen Angebot im Masterprogramm nun auch für alle sichtbar problemlos konkurrieren können mit den internationalen Programmen und damit - und darauf sind wir schon stolz - auch innerhalb der Universität sehr eindeutig die Bestrebungen der Internationalisierung unterstützen.

Forschung

Lassen Sie mich noch ein paar Bemerkungen zur Forschung machen: Forschung und Lehre sind unverrückbar miteinander verbunden und bilden das Grundgerüst unserer Lehre als auch erfolgreichen Einwerbung von Drittmitteln.

Mit dem Kompetenznetzwerk FoCus ist ein erster Schritt zum Aufbau eines inter-fakultären Zentrums für präventive Ernährungs- und Lebensmittelforschung gegangen worden. Dieses Zentrum stellt eine wichtige Plattform dar, die uns in Zukunft in die Lage versetzt in diesem Bereich hohe nationale und internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Themen wie funktionelle Lebensmittel, personalisierte Ernährung und Prävention von chronischen Erkrankungen werden hier beheimatet sein. Vor kurzem wurde die Evaluierung mit Bravour bestanden und damit die Grundlage für weitere Jahre erfolgreicher Forschung gelegt.

Das Biomassekompetenzzentrum wird morgen durch den Staatssekretär einen weiteren Zuwendungsbescheid erhalten und damit auch in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Rendsburg GmbH weiter forschen können. Die Untersuchungen zum Thema Biomasse, die Möglichkeit der Wiederausbringung der Gärreste in die Landwirtschaft mit welchen Folgen, sind Themen, die seit geraumer Zeit durch koordinierte Programme unter der Leitung von Herrn Kollegen Hartung bearbeitet werden.

Ohne zu sehr ins Detail zu gehen, sind wir nach Auswertung der bekannten Statistiken der Universität sehr erfolgreich. Im Schnitt werben wir für jede feste Landesstelle über Drittmittel eine zusätzliche Stelle ein – das macht uns so leicht keiner nach. Damit liegen wir im internen Ranking innerhalb der Universität mit den ca. 7,6 Mio €/pro Jahr Drittmitteln sehr weit vorne. Die Mittelgeber sind weit gestreut, doch steuert auch die DFG einen beträchtlichen Betrag für die Forschung der Fakultät bei- dies beinhaltet auch das Schwerpunktprogramm mit dem Titel „Das Blühen von Pflanzen“, was durch Herrn Kollegen Jung koordiniert wird. Andere Kollegen aus der Fakultät arbeiten in entsprechenden Programmen unter der Leitung anderer Hochschulen mit.

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.

Der Vormittag wird durch zwei Plenarvorträge gestaltet, deren Diskussion durch Herrn Heller, Präsident der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, geleitet wird.

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

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

Ich wünsche nun der Veranstaltung einen guten Verlauf, Ihnen spannende Vorträge und anregende Diskussionen.

Grußworte

Gerhard Fouquet

Präsident der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sehr geehrter Herr Minister, Spectabilis, lieber Herr Horn, verehrte Kolleginnen und Kollegen, liebe Kommilitoninnen und Kommilitonen, meine sehr geehrten Damen und Herren!

Zu Ihrer 63. Hochschultagung, in der Sie sich vornehmlich über die Zukunft der Milchwirtschaft in Schleswig-Holstein austauschen werden, überbringe ich Ihnen die herzlichen Grüße des Präsidiums der Christian-Albrechts-Universität. Die Grüße sind verbunden mit dem Ausdruck der besonderen Wertschätzung für die ausgezeichnete Lehre der Fakultät und Ihre ambitionierte Forschung. Sie lassen die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät als besonders wertvollen Stein im edlen Kollier unserer Fächer, Fachgebiete und Fakultäten erstrahlen.

Milch – so nehme ich das als Mittelalterhistoriker wahr – gehörte zu den wichtigen Grundnahrungsmitteln des Zeitalters zwischen dem 6. und 16. Jahrhundert. Milch spielte als Butter, als süße Rohmilch, als sauer gelegte Dickmilch und Buttermilch vornehmlich in der bäuerlichen, bei Viehhaltung auch in der städtischen Hauswirtschaft eine besondere Rolle. Denn aufgrund ihrer leichten Verderblichkeit und der mangelnden Kühlmöglichkeiten der Zeit kam Milch nur in geringen Mengen und allenfalls aus dem nahen Umland in den Detailhandel der Städte, mithin in den Wirtschaftskreislauf außerhalb der engeren Hauswirtschaft. Anders verhielt es sich mit den Käseerzeugnissen, insbesondere mit den lagerungsfähigen Labkäsesorten. Seit dem 13. Jahrhundert stieg nämlich in den Städten die Kaufkraft, die Nachfrage nach Käse als fester Bestandteil der täglichen Mahlzeiten der europäischen Mittel- und Oberschichten nahm gewaltig zu, die Viehhaltung intensivierte sich allenthalben, es entstanden regelrechte Viehwirtschaftsregionen, Cheshire in England, das Marschland an der Nordseeküste, bestimmte Regionen in den Alpen mit ihren Schwaighöfen und Sennereien wie das Emmental und das Greyerz. Schafkäse kam aus dem französischen Roquefort, vor allem aus italienischen und spanischen Schafzuchtgebieten auf die Tische der Verbraucher. Und es entwickelten sich parallel dazu wichtige Umschlagsplätze für europäische Käseprodukte: Antwerpen vor allem, Köln, Basel, Straßburg und Venedig.

Milch und ihre vielfältigen Produkte spielen nachwievor für die menschliche Ernährung eine sehr wichtige Rolle gerade in unserem Milchland Schleswig-Holstein. Wenn ich als Präsident dieser Universität in die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät hineinsehe, ist sie, was die Erforschung der gegenwärtigen Milchproduktion und -wirtschaft angeht, hervorragend gerüstet. Das betrifft

nicht nur die Stiftungsprofessur für Ökonomie der Milch- und Ernährungswirtschaft, vertreten durch Herrn Professor Sauer. Die Fakultät hat vielmehr bekanntlich im September 2009 über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung 1,8 Mio. Euro eingeworben. Diese Drittmittel sind in das Kompetenzzentrum Milch eingeflossen, in dem neun Forschungsgruppen der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät mit Partnern aus der Wirtschaft zusammen arbeiten. Milch also macht durchaus Fakultäten „munter“.

Aber auch in manchen anderen Bereichen hat die Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät in den letzten Jahren große Anstrengungen unternommen. Die Fakultät richtete vier sehr erfolgreich laufende Internationale Masterprogramme ein – AgriGenomics, Environmental Management, Applied Ecology und Ecohydrology. Sie unterstützt damit wesentlich das Internationalisierungskonzept der Universität. Die Früchte solcher und anderer Anstrengungen erntet die Fakultät durch steigende Studierendenzahlen und durch eine anerkannt hohe Studienqualität. Im bundesweiten Ranking der Agrarfakultäten wird sie häufig als Spitzenreiter genannt, zumindest bleibt immer der ehrenvolle zweite Platz.

Hervorragende Lehre korrespondiert mit herausragender Forschung. Davon zeugen u.a. ungefähr 40 Promotionen pro Jahr, wobei der weibliche Anteil daran mehr als 50 Prozent beträgt. Auch mit den eingeworbenen Drittmitteln für zahlreiche Forschungsaktivitäten – im fünfjährigen Schnitt ca. 7,6 Mio. Euro – liegt die Fakultät innerhalb der Christian-Albrechts-Universität auf einem vorderen Platz.

Insgesamt also – eine sehr positive, schöne Bilanz, zu der ich der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät sehr herzlich gratuliere – wohl wissend, dass es die einzelnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind, die dieses Ergebnis in der täglichen lustvollen Qual ihrer Forschung und Lehre trotz der widrigen Bedingungen einer unterfinanzierten Universität geschaffen haben.

Ihrer Hochschultagung wünsche ich ein gutes Gelingen und den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Vergnügen und Belehrung zugleich.

Zukünftiger Wettbewerb im Milchsektor

Johannes Sauer

Institut für Agrarökonomie

1. Einleitung

Die deutsche Milchwirtschaft sieht sich in den zukünftigen Jahren unverändert grossen Herausforderungen ausgesetzt. Die zunehmende agrarpolitische Liberalisierung führt zu einer fortschreitenden Konsolidierung vor allem in der Milchverarbeitung. Diese begegnet auf der anderen Seite stagnierenden Wachstumsmöglichkeiten im Inland sowie im EU-Binnenmarkt infolge einer Sättigung der relevanten Märkte. Im Rohmilcherfassungsbereich bedeutet der Wegfall der Milchquote in 2015 und die Neuausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union eine anhaltende Neuorientierung der Landwirtschaft sowie der Milchindustrie. Letztere muss die Milchbeschaffung und -qualität effizient und nachhaltig sicherstellen. Der Strukturwandel in der Rohmilchproduktion ging in den letzten Jahren unvermindert weiter. Im Jahr 2012 wurden noch ca. 85.000 Milchbetriebe gezählt mit einer zunehmenden Milchkuhzahl pro Halter sowie einer steigenden durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh (Statistisches Bundesamt 2012). Wettbewerbsorientiertes Management wie z.B. anhaltende Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen sind für die Milchproduktion kurz- bis mittelfristig also wesentlich um volatile Milchabnahmepreise auf Betriebsebene nachhaltig kompensieren zu können. Wettbewerbsorientiertes Handeln auf der Rohmilcherfassungsebene setzt die Kenntniss der relevanten Wettbewerber voraus, d.h. Milcherzeuger im relevanten Einzugsgebiet und potentiell rohmilchabnehmende Molkereien. Das Bundeskartellamt hat mit seiner Sektoruntersuchung Milch (Endbericht Januar 2012) zusammenfassend „erhebliche Einschränkungen des Wettbewerbs auf den regionalen Märkten für die Beschaffung von Rohmilch“ festgestellt. Vor diesem Hintergrund, versucht dieser Forschungsbeitrag mehr analytische Klarheit in diesen Teil der Diskussion um den zukünftigen Wettbewerb im Milchsektor zu bringen.

Nach der Darstellung einer angemessenen Marktabgrenzungsmethode für den Erfassungsbereich, werden daher im zweiten Teil des Beitrages verschiedene empirische Szenarien für Schleswig-Holstein präsentiert. Anhand zweier Molkereistandorte wird die Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern in Abhängigkeit von der regionalen Marktabgrenzung zur Erfassung von Rohmilch analysiert. Hierzu werden drei unterschiedliche Szenarien mit Hilfe von Milchbetriebsdaten quantitativ diskutiert: 1) Erfassungsgebiete nach der BKA Definition, 2) optimale Erfassungsgebiete ohne grenzüberschreitenden Einzugs, und 3) optimale und grenzüberschreitende Erfassungsgebiete.

2. Milchsektor

Die Anzahl der Milchkühe in Deutschland hat kontinuierlich abgenommen in den letzten 50 Jahren. Während es im Jahr 1980 noch 5,5 Mio Kühe gab, wurden im Jahr 2012 nur noch ca. 4 Mio Kühe zur Milchproduktion genutzt. Ebenso hat sich die Zahl der Milchbetriebe auf ca. 85,000 verringert mit einem klaren Trend zu grösseren Produktionseinheiten. Die grössten Milchproduktionseinheiten findet man in Ostdeutschland wo durchschnittlich ca. 150 bis 200 Kühe pro Betrieb anzutreffen sind. Demzufolge hat sich die durchschnittliche Produktivität pro Kuh deutlich erhöht in den letzten Jahren wobei eine Milchkuh im Schnitt ca. 7200 kg Rohmilch produziert. Gesamt wurden ca. 30 Mio Tonnen Milch auf deutschen Milchbetrieben im Jahr 2012 produziert (Statistisches Bundesamt 2012, Fahlbusch et al. 2011). Das Milchpreinsniveau im Jahr 2012 übertraf dasjenige von 2010 deutlich, konnte allerdings nicht am Preis von 2011 anschliessen (ZMB 2012). Relativ deutliche Milchpreisfluktuationen sind allerdings schon seit Jahrzehnten Realität für Milchbetriebe in anderen Regionen der Welt, hier vor allem Neuseeland und den USA. Allerdings sehen sich Milcherzeuger in Deutschland auf der anderen Seite ebenso erheblichen Kostensteigerungen ausgesetzt. So sind die Einkaufspreise für landwirtschaftliche Betriebsmittel im Zeitraum 2005 bis 2012 um mehr als 40% gestiegen (siehe z.B. ZMB 2012). Die Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen prägen das Geschehen auf dem Milchsektor nachhaltig. Vor allem das Auslaufen der Milchquote in 2015 führt dazu, dass sich deutsche Milcherzeuger zunehmend den Bedingungen der globalen Milchmärkte stellen müssen und sich neuen Wettbewerbern gegenüber sehen. Die räumliche Ausdehnung der Quotenhandelsgebiete intensiviert den Wettbewerb um Marktanteile innerhalb Deutschlands. Schliesslich wird mit letztendlicher Abschaffung der Milchquoten auf EU-Ebene eine Wanderung der Milchproduktion auch über Grenzen der EU-Mitgliedstaaten hinweg leichter möglich sein.

Im Hinblick auf die milchverarbeitende Industrie in Deutschland ist ein stetiger Rückgang der Verarbeitungsstätten zu verzeichnen als eine Folge von Unternehmenszusammenschlüssen und -übernahmen. Ein kontinuierlicher Anstieg der verarbeiteten Milchmenge geht mit einem Rückgang der Zahl der Produktionsstätten einher: Von den ca. 3400 milchverarbeitenden Betrieben im Jahr 1950 waren nur noch ca. 160 im Jahr 2012 in Betrieb. Die Hauptgründe für diese profunde Konsolidierung in der milchverarbeitenden Industrie sind das Streben nach einer höherer Produktionseffizienz und dem Einsatz effektiverer Vermarktungswege auf der einen Seite, aber auch signifikante Investitionen in innovative Technologie wie sie durch die zunehmende Globalisierung der Märkte gefordert wird. Dieser Prozess wird auch in der nächsten Dekade verstärkt anhalten (siehe z.B. MIV 2011). Die strukturellen Herausforderungen für die deutsche wie schleswig-holsteinische Milchwirtschaft bleiben auch in den kommenden Jahren unverändert gross:

- 1) Eine fortschreitende Konsolidierung in der Milchproduktion und -verarbeitung.
- 2) Stagnierende Wachstumsmöglichkeiten im Inland und auch im EU-Binnenmarkt führen zu einer Sättigung des Marktes.
- 3) Eine zunehmende Liberalisierung und ein steigender Wettbewerbsdruck.

3. Wettbewerb im Rohmilchsektor

Um Aussagen über den Wettbewerb in einem Markt oder einzelnen Marktteilen treffen zu können, muss das analytische Konzept Wettbewerb zuallererst ausreichend definiert werden. „Wettbewerb“ im ökonomischen Sinne setzt die Existenz eines Marktes voraus, in welchem mindestens zwei Anbieter bzw. Nachfrager durch ein antagonistisches Zielerreichungsstreben ihren Gewinn maximieren bzw. ihre Kosten minimieren. Wann ist solcher Wettbewerb wirksam, d.h. beeinflusst er wesentlich die Handlungen der Marktakteure? Der Ökonom betrachtet solchen „wirksamen Wettbewerb“ als eine Kombination aus Marktstruktur, Marktverhalten und Marktergebnis welche einen dynamischen Wettbewerbsprozess mit vorherrschendem Preisdruck induzieren (Gabler's Wirtschaftslexikon, siehe Alisch et al 2005 oder Knieps 2008).

Im Folgenden fokussieren wir den Rohmilchbeschaffungsbereich des deutschen Milchsektors. Finden wir also einen solchen „wirksamen Wettbewerb“ im deutschen Rohmilchsektor im Jahr 2013 vor? Ist die Milchbeschaffung der milchverarbeitenden Unternehmen in Deutschland effizient? Hinsichtlich des Marktergebnisses im Rohmilchbereich hat der Marktüberblick zuvor gezeigt, dass ein beträchtlicher Preisdruck für den Milcherzeuger besteht. Das zu beobachtende Verhalten der Marktteilnehmer (d.h. Erzeuger, Molkereien und Einzelhandel) wurde vom Bundeskartellamt in seiner Studie „Sektoruntersuchung Milch“ jüngst eingehend geprüft (siehe Bundeskartellamt 2012). Hierbei zeigt sich, dass die Frage der korrekten sachlichen wie räumlichen Abgrenzung entscheidend ist für die Beurteilung des Ergebnisses im Hinblick auf die Wettbewerbsintensität im Milchsektor und vor allem auch im Rohmilchbeschaffungsbereich.

Das Bundeskartellamt kommt in seiner Studie zu folgendem Ergebnis im Hinblick auf die Wettbewerbsintensität im Rohmilchbeschaffungsbereich des deutschen Milchsektors: Es bestünden erhebliche Einschränkungen des Wettbewerbs auf den regionalen Märkten für die Beschaffung von Rohmilch. Solche seien die Folge einer Kombination von hoher Markttransparenz über aktuelle betriebsbezogene Auszahlungspreise unmittelbar benachbarter Molkereien, beschränkten Möglichkeiten der Beendigung der Lieferbeziehung der Erzeuger, sowie einer vollständigen Andienungspflicht für die Erzeuger (Bundeskartellamt 2012, S. 19). Vor dem Hintergrund einer ökonomischen Wettbewerbsdefinition stellt sich allerdings die Frage nach der relevanten Marktabgrenzung für die Untersuchung der Wettbewerbsintensität. Sachlich betrachtet nimmt das Bundeskartellamt bei seiner Prüfung jeweils eigenständige Märkte für die Erfassung konventioneller sowie Bio-Milch an (analog zur Praxis der Europäischen Kommission). Räumlich betrachtet grenzt es Erfassungsmärkte für Rohmilch regional in einem bestimmten Umkreis um eine Molkerei ab mit einem ursprünglichen Radius von 150 km, welcher später dann auf einen revidierten Radius von 200 km erweitert wird.

4. Marktabgrenzung zur Rohmilcherfassung

Die räumliche Abgrenzung des Rohmilchmarktes wird in der Studie des Bundeskartellamtes folgendermassen vorgenommen (soweit erläutert in Bundeskartellamt 2012):

- 1) Ermittlung der tatsächlichen Erfassungsradien innerhalb derer die Molkereien gegenwärtig die Rohmilch einsammeln.
- 2) Ermittlung der Entfernung, bis zu der es für eine Molkerei betriebswirtschaftlich sinnvoll ist, Rohmilch zu erfassen unter Berücksichtigung von Transportkosten und der Verderblichkeit der Ware. Dies basiert auf den Ergebnissen einer Umfrage unter Molkereien, also auf der Bereitschaft zur Transparenz und Richtigkeit der Befragten.
- 3) Gewichtung der Molkereiantworten lediglich im Hinblick auf „besondere Umstände“ (z.B. geringere Verfügbarkeit von Biomilch → grösserer Erfassungsradius; „expansionsunwillige“ kleinere Molkereien → kleinerer Erfassungsradius).
- 4) Festlegung des für die Marktabgrenzung relevanten Radius als arithmetisches Mittel aus den Molkereiangaben bereinigt um „Ausreisser“. Letztere werden als zu 25% gestutztes Mittel aus allen Antworten gebildet.¹

Die Methode des Bundeskartellamtes zur Kennzeichnung von Rohmilcherfassungsradien basiert auf einer Reihe - zum Teil sehr fragwürdiger - Annahmen. Erstens setzt diese Vorgehensweise voraus, dass die befragten Molkereien ihre optimale Kostenstruktur im Erfassungsbereich inklusive Gewichtung der einzelnen Kostenfaktoren und deren relative dynamische Entwicklung kennen. Darüberhinaus sind diese Molkereien bereit, ihre Kostenstruktur und -faktoren transparent mitzuteilen. Ebenso muss die Vorgehensweise zur Ermittlung einer repräsentativen Molkerei ökonomisch und statistisch fundiert sein. Schliesslich müssen die so generierten Ergebnisse ausreichend flexibel sein um dynamisch veränderte Faktorgewichtungen abzubilden. Vor diesem Hintergrund erscheint die angewandte Methode des Bundeskartellamtes eher intransparent, ad hoc und statisch. Eine wissenschaftlich fundierte Methode zur Marktabgrenzung im Rohmilcherfassungsbe- reich sollte die folgenden Stufen beinhalten:

- Die Ermittlung einer Benchmark Erfassungskostenfunktion für eine repräsentative Molkerei.
- Die Abgrenzung der optimalen Einzugsgebiete für individuelle Molkereien unter Berücksichtigung der jeweiligen Faktoren basierend auf der Benchmarkfunktion.

¹ „Die Befragung der Molkereien im Rahmen der Sektoruntersuchung hat ergeben, dass die Erfassungsradien der Molkereien sehr unterschiedlich sind und im Durchschnitt derzeit bis zu einer Entfernung von ca. 170 km bestehen. Die weiteste angegebene Entfernung beträgt 425 km, die kürzeste Entfernung 60 km. Um Ausreißer bereinigt (gestutztes Mittel zu 25 %) ergibt sich eine Entfernung von 170 km. (...) Die zweite Befragung der Molkereien im Rahmen der Sektoruntersuchung hat gezeigt, dass einige Molkereien ihr Erfassungsgebiet teilweise zwar erweitert haben, die Annahme regionaler Märkte jedoch nach wie vor sachgerecht ist. Von den im Rahmen der zweiten Fragerunde befragten Molkereien hat der ganz überwiegende Teil einen Erfassungsradius von rund 200 km als noch wirtschaftlich sinnvoll bezeichnet.“ (Bundeskartellamt, 2012, S. 25)

- Die Identifikation der betroffenen Milcherzeuger im jeweiligen optimalen Einzugsgebiet.

Hierauf aufbauend kann dann die Wettbewerbsfähigkeit der Erzeuger im jeweiligen Erfassungsgebiet gemessen werden um dann wettbewerbspolitische Handlungsanleitungen für eventuelle Rahmenveränderungen (hier z.B. Andienungspflichten, Mitgliedschaften, Kündigungsfristen etc.) abzuleiten. Eine solchermassen ermittelte Erfassungskostenfunktion ist für Molkereien relevant da sie eine dynamische Abbildung der optimalen Kostenstruktur und somit eine betriebswirtschaftliche Optimierung der Erfassungsseite erlaubt. Wettbewerbsfähigere (= kostenorientierte) Rohmilchpreise können so abgeleitet werden, eine strategische Neuausrichtung durch Skalenoptimierung erreicht werden. Milcherzeuger können so ihre relevanten Wettbewerber erkennen und hierdurch ihre Produktion effektiver optimieren. Eine Stärkung ihrer Wettbewerbs- und Verhandlungsposition ist die Folge sowie eine realistischere Bewertung der gezahlten Rohmilchpreise. Schliesslich wird die Politik durch eine solche Methodik in die Lage versetzt, den Erfassungsbereich adäquat abzubilden unter Berücksichtigung von Innovation und technologischem Wandel. Nur so kann der tatsächliche Wettbewerbsgrad angemessen bewertet werden, wettbewerbspolitische Fehltritte vermieden sowie eine dynamische Perspektive - d.h. Berücksichtigung zwischen Strukturwandel und Wettbewerb - eingenommen werden (siehe auch Knieps 2008).

4. Empirisches Beispiel

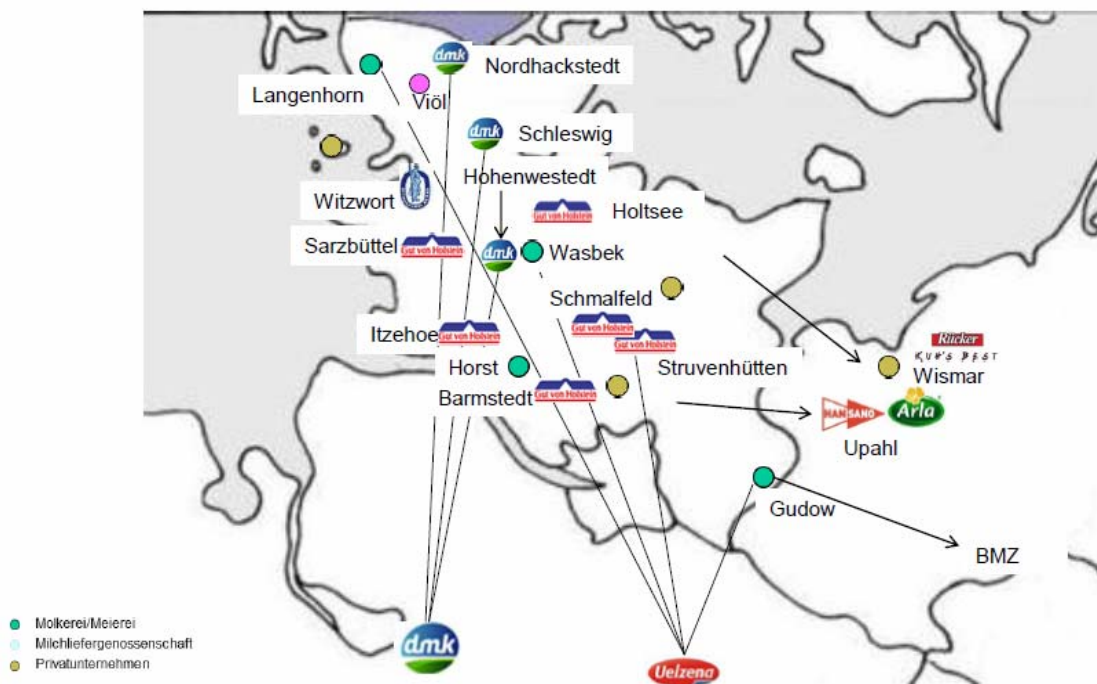
Das nachfolgende empirische Beispiel soll zeigen, dass die räumliche Abgrenzung des Rohmilchmarktes entscheidend ist im Hinblick auf die relevante Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern. Im Folgenden werden 3 verschiedene Szenarien für die Bestimmung der Einzugsgebiete zweier (willkürlich gewählter) Molkereien in Norddeutschland präsentiert. Jedes Szenario basiert auf unterschiedlichen Einzugsgebieten, Tabelle 1 fasst diese zusammen:

Tabelle 1 Szenarien

Szenario #	I	II	III
Molkerei	Revidierte Definition Bundeskartellamt (2012)	Optimale Einzugsgebiete ²	
Osthusumer Witzwort (W)	200 km Radius Einzugsgebiet, nicht grenzüberschreitend	75 km Radius, nicht grenzüberschreitend	75 km Radius, grenzüberschreitend
Arla Hansa Milch Upahl (U)		300 km Radius, nicht grenzüberschreitend	300 km Radius, grenzüberschreitend

Abbildung 1 zeigt die jeweilige geographische Lage der Molkereien sowie die jeweiligen Wettbewerber:

Abbildung 1 Molkereien in Schleswig-Holstein (2012)



(Quelle: Otto 2012)

² Die Annahme „optimaler Einzugsgebiete“ für Szenarien II und III beruht in diesem Beispiel nicht auf der Schätzung einer Erfassungskostenfunktion wie oben erläutert. Hierzu müssten detaillierte finanzielle, technische wie strategische Angaben der Molkereien erhoben werden. Für die Gesamtaussage der empirischen Anwendung und deren illustrative Bedeutung fällt dies jedoch nicht ins Gewicht.

Szenario I

Die Festlegung der Rohmilcheinzugsgebiete der beiden Molkereien (w1 und u1) basiert auf der revidierten Definition des Bundeskartellamtes von einem durchschnittlichen Erfassungsradius von 200 km. Demzufolge setzt sich die relevante peer group an Milcherzeugern zur Beurteilung der Wettbewerbsintensität im jeweiligen Einzugsgebiet sowie der Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Milcherzeuger in diesem Gebiet wie folgt zusammen:

- w1 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: Schleswig-Holstein, westliches Mecklenburg-Vorpommern, nördliches Niedersachsen;
- u1 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, nordwestliches Brandenburg, nördliches Sachsen-Anhalt, nordöstliches Niedersachsen.

Szenario II

Die Festlegung der Rohmilcheinzugsgebiete der beiden Molkereien basiert auf der Annahme optimaler Einzugsgebiete mit optimierten individuellen Erfassungsradien von 75 km (w2) bzw. 300 km (u2). Demzufolge setzt sich die relevante peer group an Milcherzeugern zur Beurteilung der Wettbewerbsintensität im jeweiligen Einzugsgebiet sowie der Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Milcherzeuger in diesem Gebiet wie folgt zusammen:

- w2 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: nördliches Schleswig-Holstein;
- u2 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, nordöstl. NRW, nördl. Thüringen, nordwestl. Sachsen.

Szenario III

Die Festlegung der Rohmilcheinzugsgebiete der beiden Molkereien basiert auf der Annahme optimaler Einzugsgebiete mit optimierten individuellen Erfassungsradien von 75 km (w3) bzw. 300 km (u3) sowie jeweils grenzüberschreitendem Einzug. Demzufolge setzt sich die relevante peer group an Milcherzeugern zur Beurteilung der Wettbewerbsintensität im jeweiligen Einzugsgebiet sowie der Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Milcherzeuger in diesem Gebiet wie folgt zusammen:

- w3 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: nördliches Schleswig-Holstein, *Dänemark*: Kreis Abenraa, Kreis Toender;
- u3 Peer-Group für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Milcherzeugern: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, nordöstl. NRW, nördl. Thüringen, nordwestl. Sachsen, *Dänemark*: Region Soenderjylland, Region Midtjylland;

Polen: Woiwodschaft Lubusz, Woiwodschaft West Pomeranian, *Niederlande:* Kreise Groningen, Drenthe.

Nachdem die einzelnen Milchbetriebe in den jeweiligen Erfassungsgebieten der Szenarien I bis III identifiziert sind, werden dann verschiedene ökonomische Masse angewandt um die Wettbewerbsintensität und Wettbewerbsfähigkeit zu analysieren. Während erstere mittels Durchschnittswerten approximiert wird, kann letztere anhand individueller Werte für einzelne Milchbetriebe oder Gruppen von Betrieben ermittelt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick der benutzten partiellen und totalen Masse.

Tabelle 2 Ökonomische Masse zur Wettbewerbsfähigkeit

<i>Mass</i>	<i>Erläuterung</i>
<i>Kühe pro Betrieb (n)</i>	Die Anzahl der Milchkühe pro Herde als partielles Mass für potentielle Grösseneffekte.
<i>Milchertrag pro Betrieb (Euro)</i>	Der gesamte Ertrag des Betriebs durch die Veräusserung der produzierten Milch pro Herde und Jahr.
<i>Arbeitseinsatz pro Kuh (h)</i>	Die eingesetzte Arbeit pro Kuh und Jahr als partielles Mass für die Substitution bzw. Komplementierung zwischen Arbeit und Tier. Ein partielles Mass für die Arbeitsproduktivität.
<i>Futtereinsatz pro Kuh (Euro)</i>	Das eingesetzte Futter pro Kuh und Jahr als partielles Mass für die Substitution bzw. Komplementierung zwischen Futter und Tier. Ein partielles Mass für die Produktivität des Futtereinsatzes.
<i>Milchertrag als Anteil am Gesamtbetriebsertrag (%)</i>	Der gesamte Ertrag des Betriebs durch die Veräusserung der produzierten Milch pro Herde und Jahr als Anteil des gesamten Betriebsertrags. Ein partielles Mass für Spezialisierung / Diversifizierung der Produktion.
<i>Milch pro Kuh (Kg)</i>	Die produzierte Milchmenge pro Kuh und Jahr als partielles Mass für die durchschnittliche Produktivität der Kuh.
<i>Technische Effizienz (%)</i>	Die technische Effizienz des Milchbetriebs als totales Mass der Wirtschaftlichkeit der Produktion in Relation zu den technisch effizientesten Betrieben in der jeweiligen peer group. Dieses Mass wird mittels einer Stochastischen Frontieranalyse geschätzt basierend auf einer einfachen logarithmierten Produktionsfunktion (siehe auch Coelli et al. 2005)
<i>Skaleneffekte</i>	Grösseneffekte gemessen als totale Outputelastizität der Produktion des Betriebs. Ein totales Mass für die Wirtschaftlichkeit der Betriebsgrösse.
<i>Skaleneffizienz (%)</i>	Die Skaleneffizienz des Milchbetriebs als totales Mass der Wirtschaftlichkeit des Produktionsumfangs in Relation zu den skaleneffizientesten Betrieben in der jeweiligen peer group.
<i>Besatzdichte³ (GVE pro ha Grünfläche)</i>	Grossvieheinheiten in Relation zur Grünfutterfläche des Betriebs. Ein partielles Mass für Produktionsintensität und Ressourcennutzung.

³ „stocking density“ gemessen als „livestock units per hectar forage area“.

Finanzielle und technische Daten für Milchbetriebe in den jeweiligen Erfassungsgebieten (siehe Szenarienbeschreibungen) wurden aus dem Farm Accountancy Data Network der EU für das Jahr 2010 entnommen (siehe <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>).

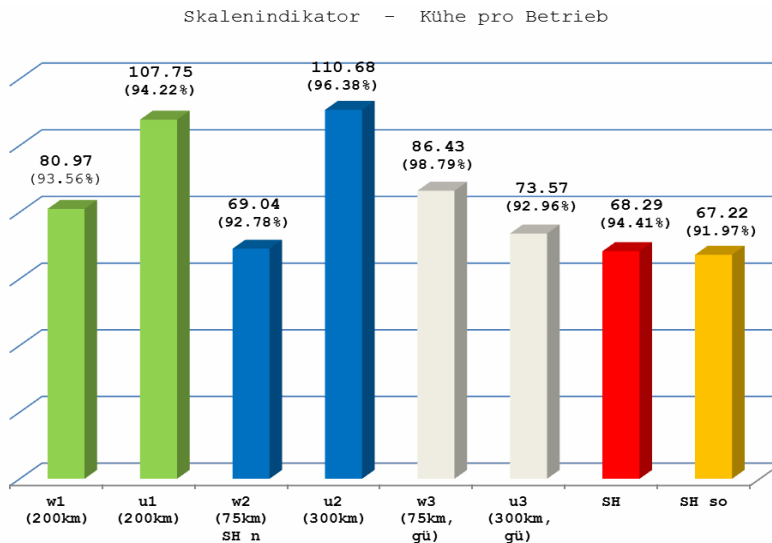
5. Resultate und Diskussion

Die einzelnen ökonomischen Masse zur Bestimmung der Wettbewerbsintensität und relativen Wettbewerbsfähigkeit wurden für die jeweiligen Erfassungsgebiete entlang der räumlichen Marktabgrenzung des jeweiligen Szenarios berechnet bzw. geschätzt. Tabelle A2 (Appendix) zeigt die jeweiligen Masse für die verschiedenen peer groups der einzelnen Szenarien. Tabelle A1 (Appendix) gibt einen Überblick über die jeweiligen Masse für einen durchschnittlichen Milchbetrieb für ausgewählte Bundesländer und EU Mitgliedstaaten. Im Folgenden sollen drei ausgewählte Masse diskutiert werden: Anzahl Kühe pro Betrieb bzw. Skaleneffizienz als Skalenindikator, Arbeitseinsatz pro Kuh als Technologieindikator, und Technische Effizienz als Wirtschaftlichkeitsindikator. Sämtliche Indikatoren beschreiben verschiedene Dimensionen der Wettbewerbsintensität oder -fähigkeit. Die zugrundeliegenden Hypothesen sind folgende: Je grösser die Herde und je höher die Skaleneffizienz im Einzugsgebiet, desto höher - ceteris paribus - auch der „wirksame Wettbewerb“ in diesem regionalen Erfassungsmarkt. Je niedriger der Arbeitseinsatz pro Kuh im Einzugsgebiet, desto innovativer - ceteris paribus - ist tendenziell die angewandte Technologie und desto höher auch der „wirksame Wettbewerb“ in diesem regionalen Erfassungsmarkt. Je höher die technische Effizienz der Milcherzeugung im jeweiligen Einzugsgebiet, desto höher - ceteris paribus - auch der „wirksame Wettbewerb“ in diesem regionalen Erfassungsmarkt.

Skalenindikator

Abbildung 2 zeigt die Masse Kühe pro Betrieb und Skaleneffizienz (Prozentzahlen in Klammern) für die einzelnen peer groups der jeweiligen Erfassungsgebiete.

Abbildung 2 Skalenindikator per Peer Group - Kühe pro Betrieb



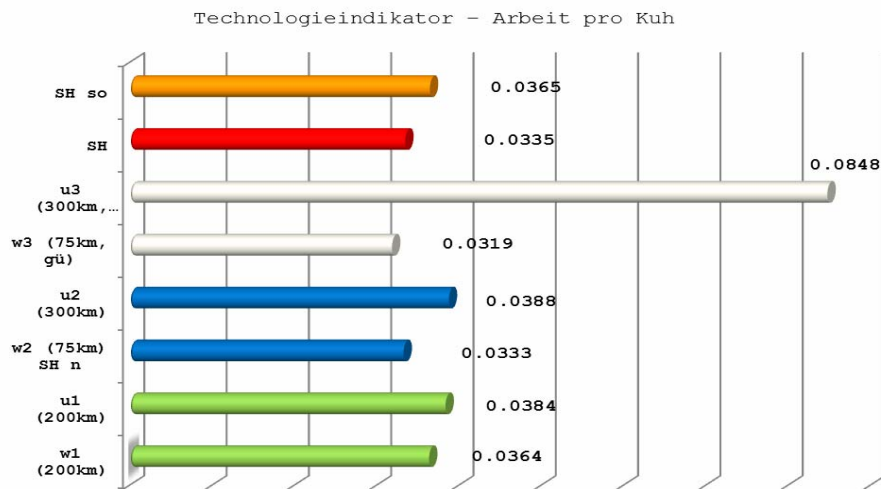
Abkürzungen peer groups: w1 - Witzwort 1, u1 - Upahl 1, w2 - Witzwort 2, u2 - Upahl 2, w3 - Witzwort 3, u3 - Upahl 3; SHn - nördl. Schleswig-Holstein, SHso - südöstl. Schleswig-Holstein, gü - grenzüberschreitend.

Es wird deutlich, dass bei Annahme optimierter Erfassungsgebiete (Szenario II) die Wettbewerbsintensität (auf Basis des Skalenindikators) sich verändert: die durchschnittliche Anzahl an Kühen pro Betrieb steigt für das Einzugsgebiet von Molkerei U (peer group u2), sinkt allerdings für das Einzugsgebiet der Molkerei W (w2). Bei zusätzlicher Annahme grenzüberschreitenden Einzugs (Szenario III) steigt die Anzahl an Kühen pro Betrieb im Einzugsgebiet von Molkerei W (w3) wieder deutlich an, während sie im Einzugsgebiet für Molkerei U (u3) klar sinkt. Die letzten beiden Balken zeigen die Werte für Milcherzeuger in Schleswig-Holstein gesamt sowie Erzeuger im süd-östlichen Schleswig-Holstein zum Vergleich. Klar ersichtlich ist ebenso, dass das partielle Mass Anzahl Kühe pro Betrieb nur eine Approximation für das totale Mass der Skaleneffizienz darstellt (Korrelationskoeffizient von 0.51).

Technologieindikator

Abbildung 3 zeigt das Mass Arbeit pro Kuh für die einzelnen peer groups der jeweiligen Erfassungsgebiete.

Abbildung 3 Technologieindikator per Peer Group - Arbeit pro Kuh



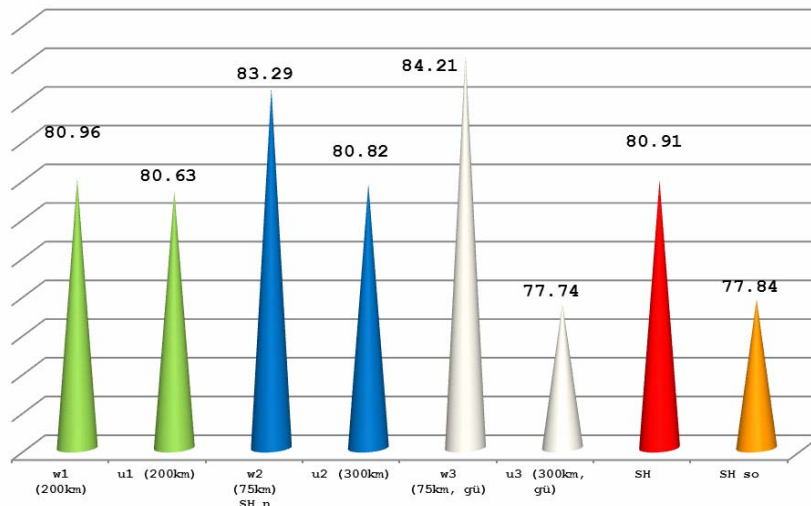
Abkürzungen peer groups: w1 - Witzwort 1, u1 - Upahl 1, w2 - Witzwort 2, u2 - Upahl 2, w3 - Witzwort 3, u3 - Upahl 3; SHn - nördl. Schleswig-Holstein, SHso - südöstl. Schleswig-Holstein gü - grenzüberschreitend.

Hier wird ebenso deutlich, dass die Annahme optimierter Erfassungsgebiete (Szenario II) die Wettbewerbsintensität (auf Basis des Technologieindikators) verändert: der durchschnittliche Arbeitseinsatz pro Kuh steigt leicht an für das Einzugsgebiet von Molkerei U (peer group u2), sinkt allerdings deutlich für das Einzugsgebiet der Molkerei W (w2). Bei zusätzlicher Annahme grenzüberschreitenden Einzugs (Szenario III) steigt der Arbeitseinsatz pro Kuh sehr stark an für das Einzugsgebiet von Molkerei U (u3), fällt allerdings deutlich für das Einzugsgebiet von Molkerei W (w3). Die letzten beiden Balken zeigen wiederum die Werte für Milcherzeuger in Schleswig-Holstein gesamt sowie Erzeuger im süd-östlichen Schleswig-Holstein zum Vergleich.

Wirtschaftlichkeitsindikator

Abbildung 4 zeigt das totale Mass technische Effizienz für die einzelnen peer groups der jeweiligen Erfassungsgebiete.

Abbildung 4 Wirtschaftlichkeitsindikator per Peer Group - Technische Effizienz (%)



Abkürzungen peer groups: w1 - Witzwort 1, u1 - Upahl 1, w2 - Witzwort 2, u2 - Upahl 2, w3 - Witzwort 3, u3 - Upahl 3; SHn - nördl. Schleswig-Holstein, SHso - südöstl. Schleswig-Holstein, gü - grenzüberschreitend.

Das totale Mass technische Effizienz indiziert für beide Molkereien eine ansteigende Wettbewerbsintensität unter Milchlieferanten durch die Annahme optimierter Erfassungsgebiete (u2 und w2). Bei zusätzlicher Annahme grenzüberschreitenden Einzugs (Szenario III) steigt die technische Effizienz in der neuen peer group allerdings nur für Molkerei W weiter an und sinkt deutlich in der peer group des Einzugsgebiets von Molkerei U. Die letzten beiden Balken zeigen schliesslich wiederum die Werte für Milcherzeuger in Schleswig-Holstein gesamt sowie Erzeuger im süd-östlichen Schleswig-Holstein zur Orientierung (siehe auch Kellermann et al. 2011).

Implikationen für Erzeuger

Die ermittelten Indikatoren für die jeweiligen Rohmilcherfassungsgebiete haben deutliche Implikationen für milcherzeugende Betriebe. Nachfolgend werden diese exemplarisch für solche in Schleswig-Holstein diskutiert. Je nach Festlegung des Rohmilcherfassungsgebietes der jeweiligen Molkerei ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des Erzeugers. Die Berücksichtigung optimaler Erfassungsgebiete führt zu unterschiedlicher regionaler Wettbewerbsintensität, aber nicht notwendigerweise zu stärkerem Wettbewerb zwischen den betroffenen Erzeugern (hier: u1 nach u2 ergibt höheren Wettbewerb, w1 nach w2 nicht notwendigerweise). Eine grenzüberschreitende Erfassung von Rohmilch bringt eine deutliche Änderung der wettbewerbsrelevanten Parameter mit sich. Die grenzüberschreitende Erfassung bedeutet aber nicht notwendigerweise einen höheren Wettbewerbsdruck für den Erzeuger (hier: w2 nach w3 ergibt höheren Wettbewerb, u2 nach u3 ergibt geringeren Wettbewerb).

Eine Vergrößerung der Herde führt nicht automatisch zu höherer Wettbewerbsfähigkeit der Betriebsoperationen. Neben der Ausnutzung von Skaleneffekten ist ebenso die effiziente Technologiewahl (orientiert am Substitutioneverhältnis Ar-

beit zu Tier und Arbeit zu Kapital) essentiell (siehe auch Sauer und Latacz-Lohmann 2012). Der Standort des Betriebes ist mitunter entscheidend im Hinblick auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit (siehe auch Lassen et al. 2009). Im vereinfachten Beispiel eines typischen Milcherzeugers in Schleswig-Holstein: (i) ein typischer Erzeuger im nördlichen Schleswig-Holstein kann durch den Wechsel des Erfassungsgebietes den Wettbewerbsdruck kurzfristig verringern (allerdings nur bei grenzüberschreitenden Gebieten, hier: w3 nach u3); (ii) ein typischer Erzeuger im süd-östlichen Schleswig-Holstein kann durch einen Wechsel des Erfassungsgebietes des Wettbewerbsdruck nicht entscheidend verringern (eventuell bei nicht grenzüberschreitenden Gebieten und der Nähe zu einem alternativen Erfassungsgebiet, hier: u2 nach w2).

Implikationen für Molkereien

Variierende Rohmilchpreise spiegeln vorwiegend auch Art und Struktur der Produktpalette der jeweiligen Molkerei (d.h. die Wettbewerbssituation im Absatzbereich). Eine kleine Molkerei mit relativ kleinem Einzugsgebiet kann einen höheren Preis zahlen obwohl intensiverer Wettbewerb im Einzugsgebiet herrscht (was eigentlich zu niedrigeren Rohmilchzahlungspreisen führen sollte). Allerdings setzt eine effiziente Sicherung der Rohmilchbeschaffung die Optimierung der Erfassungskosten und Rohmilchpreise basierend auf ökonomisch fundierten Szenarien voraus (siehe auch Boysen und Schroeder 2006). Wettbewerbsfähigere (d.h. kosteneffizientere) Rohmilchpreise und Betriebsgrößen können nur durch Kenntnis der Kostenstruktur der Erzeuger im relevanten Erfassungsgebiet erreicht werden. Eine erhöhte Transparenz hinsichtlich der aktuellen Wettbewerbssituation (d.h. Preise und Kosten) in einem regionalen Rohmilcherfassungsgebiet (und auch zwischen verschiedenen Gebieten) kann - ceteris paribus - zu einem höheren Wettbewerb im Zeitablauf führen.

Implikationen für Wettbewerbspolitik

Das empirische Beispiel zeigt, dass die vom Bundeskartellamt in die Diskussion gebrachten Größen eines „repräsentativen“ Erfassungsgebiets für eine „repräsentative“ Molkerei keinerlei Mehrwert bringen und nicht auf wissenschaftlich fundierten Kriterien beruhen (soweit diese im Sektorbericht überhaupt transparent dargestellt werden, siehe Bundeskartellamt 2012). Im Gegenteil: Pauschal definierte Erfassungsgebiete führen zu Fehleinschätzungen des jeweils relevanten Wettbewerbs dem sich der individuelle Milchbauer ausgesetzt sieht. Intensiver Wettbewerb auf Rohmilchebene wird sich erst einstellen, wenn flexible Wechsel der Erfassungsgebiete ohne versunkene Kosten möglich sind (d.h. Kündigungsmöglichkeiten und teilweise Andienung). Die Messung der Wettbewerbsfähigkeit auf Erzeugerebene muss neben der Herdengröße auch Technologie- und Profitabilitätsindikatoren berücksichtigen (also auch Preise für Produktionsfaktoren und verschiedene Milchprodukte). Wettbewerbspolitische Aussagen zum langfristigen Wettbewerb in einzelnen Regionen müssen relative Preisveränderungen berücksichtigen, ebenso das relative Konsumniveau und -gewohnheiten sowie makro-

ökonomische Trends etc. Schliesslich erhöht sich durch die Dynamik im Erzeugerbereich der Druck auf die Molkereien bei der Berechnung des Rohmilchpreises auch die Kostenstruktur der Erzeuger im Erfassungsgebiet stärker als bisher zu berücksichtigen (allerdings nach oben wie nach unten).

6. Schlussbetrachtung

Wirksamer Wettbewerb im Rohmilchbereich wird sich in Zukunft nur erzielen lassen, wenn das Marktverhalten von Erzeugern wie Molkereien durch effektiven Preisdruck motiviert ist. Regional variierender Preisdruck entsteht nur in optimierten Erfassungsgebieten welche auf ökonomisch und statistisch fundierten Markt-abgrenzungen beruhen und dynamisch angepasst werden können. Die Ergebnisse dieser kurzen Studie zeigen, dass je nach Festlegung des Rohmilcherfassungsgebietes der Molkerei sich unterschiedliche Anforderungen an die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des Milcherzeugers ergeben. Eine grenzüberschreitende Erfassung von Rohmilch bringt eine deutliche Änderung der wettbewerbs- und struktur-relevanten Parameter mit sich, bedeutet allerdings nicht notwendigerweise einen höheren Wettbewerbsdruck für den Erzeuger.

Pauschal definierte Erfassungsgebiete führen zu Fehleinschätzungen des jeweils relevanten Wettbewerbs und des resultierenden Strukturwandels dem sich der individuelle Milchbauer ausgesetzt sieht. Intensiver Wettbewerb auf Rohmilchebene wird sich schliesslich erst einstellen, wenn flexible Wechsel der Erfassungsgebiete ohne versunkene Kosten möglich sind. Aus der Perspektive einer Molkerei ist es für die Optimierung der Erfassungskosten und Rohmilchpreise von zentraler Bedeutung ökonomisch fundierte Szenarien zur Dynamik in der Erzeugerstruktur zu kennen. Schliesslich stellt die gelieferte Betrachtung nur ein Mosaikstein im Hinblick auf eine umfassende Bewertung des zukünftigen Wettbewerbs im Milchsektor dar. Sie erscheint allerdings wesentlich um mehr analytische Klarheit in die aktuellen Diskussion zur Zukunft der Milchproduktion in Deutschland und Europa zu bringen.

7. Referenzen

- ALISCH, K., E. WINTER, UND U. ARENTZEN (2005). *Gabler Wirtschaftslexikon - Taschenbuchausgabe: Die ganze Welt der Wirtschaft: Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Recht und Steuern*. 8 Bde. Springer.
- BOYSEN, O., C. SCHROEDER (2006). Economies of Scale in der Produktion versus Diseconomies im Transport: Zum Strukturwandel im Molkereisektor. *Agrarwirtschaft* 55: 152 – 167.
- BUNDESKARTELLAMT (2012). Sektoruntersuchung Milch (B2-19/08) Endbericht Januar 2012
- COELLI, T., BATTESE, G. AND T. RAO 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer.
- FAHLBUSCH, M., N. STEFFEN, B. BRUEMMER, A. SPILLER 2011. Der Markt fuer Milch und Milcherzeugnisse. *Agrarwirtschaft* 60: 52 – 71.
- KELLERMAN, M., K. SALHOFER, W. WINTZER AND C. STOCKINGER 2011. The Relationship between Technical Efficiency and Economic Success: The Case of Bavarian Dairy Farms. *Agrarwirtschaft* 60, 4: 230 - 242.
- KNEIPS, G. (2008). *Wettbewerbsökonomie - Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik*. Springer.

LASSEN, B.J., F. ISERMEYER, C. FRIEDRICH (2009). Regional Changes in German Dairy Production. *Agrarwirtschaft*, 58, 5/6: 238-247.

MIV (2011). *Milch und Mehr - Die Deutsche Milchwirtschaft auf einen Blick*. Berlin.

OTTO, B. (2012). *Genossenschaftliche Milch- und Molkereiwirtschaft in Schleswig-Holstein - unser langer Weg in den Markt* - 04.12.2012.

SAUER, J., U. LATACZ-LOHMANN (2012). Efficient Innovation in Dairy Production -Empirical Findings for Germany. *Institut für Agrarökonomie Christian-Albrechts-Universität Kiel*. Working Paper 01/2012.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2012). Genesis-Online Datenbank. Wiesbaden.

ZMB (2012). *Milchmarkt 2012: Schwankendes Milchaufkommen, Schwankende Preise*. Berlin.

8. Appendix

Tabelle A1 Masse für einen durchschnittlichen Milchbetrieb per Bundesland / EU Mitgliedstaat

2010 (FADN)	Kühe pro Betrieb (n)	Milchertrag pro Betrieb (Euro)	Arbeits-einsatz pro Kuh (h)	Technische Effizienz (%)	Skaleneffekte Skaleneffizienz (%)	Milchmenge pro Kuh (Kg)
Schleswig-Holstein	68.29	2731.41	.0335	80.91	1.0592 / 94.41	7562.52
Schleswig-Holstein (süd-östl)	67.22	2829.89	.0365	77.84	1.0872 / 91.97	7589.53
Mecklenburg-Vorpommern	264.14	2892.17	.0353	84.22	1.0769 / 92.86	7640.61
Niedersachsen	67.41	2744.53	.0393	79.03	1.0537 / 94.90	7457.22
Dänemark (DK sjs)	134.91	2895.01	.0282	87.79	1.0319 / 96.91	8425.22
Dänemark (DK sj mj)	146.58	2828.64	.0267	83.13	1.0079 / 99.21	8193.86
Polen (PL l wp)	21.71	1643.32	.0881	77.59	1.3642 / 73.30	4832.35
Niederlande (NL g d)	88.02	2890.46	.0273	92.23	0.9731 / 97.23	7774.64

Abkürzungen Regionen: DKsjs - Dänemark südl. Soenderjylland, DKsjmj - Dänemark südl. Soenderjylland & Midtjylland, PLlwp - Polen Lubesz & West Pomerania, NLgd - Niederlande Kreis Groningen & Kreis Drenthe (Berechnungen am jeweiligen sample average).

Tabelle A2 Masse per Peer Group und Szenario

2010 (FADN)	Kühe pro Betrieb (n)	Milchertrag pro Betrieb (Euro)	Arbeitsein- satz pro Kuh (h)	Futter- einsatz pro Kuh (Euro)	Milchertrag als Anteil am Gesamtbe- triebsertrag (%)	Milchmenge pro Kuh (Kg)	Technische Effizienz (%)	Skaleneffekte / Skaleneffizienz (%)	Besatzdichte (GVE pro ha Grünfläche)
Szenario 1 (Erfassungsradius 200 km)									
w1 peer-group (SH, MVw, NSn)	80.97	2855.58	.0364	806.29	.7923	7479.14	80.96	1.0687 / 93.56	2.03
u1 peer-group (SH, MV, BBnw, SAn, NSno)	107.75	2843.34	.0384	799.02	.8077	7521.03	80.63	1.0613 / 94.22	1.94
Szenario 2 (W Molkerei 75 km, U Molkerei 300 km)									
w2 peer-group (SHnw)	69.04	2871.19	.0333	797.01	.8025	7544.91	83.29	1.0778 / 92.78	2.02
u2 peer-group (SH, MV, BB, SA, NS, NRWn, THn, Snw)	110.68	2912.01	.0388	858.03	.8158	7545.83	80.82	1.0376 / 96.38	1.99
Szenario 3 (W Molkerei 75 km, U Molkerei 300 km, grenzüberschreitende Gebiete)									
w3 peer-group (SHnw, DKsjs)	86.43	2877.48	.0319	1140.23	.8223	7777.31	84.21	1.0122 / 98.79	2.12
u3 peer-group (SH, MV, BB, SA, NS, NRWno, THn, Snw, DKsjmj, PLlwp, NLgd)	73.57	2332.13	.0848	803.09	.8365	6405.04	77.74	1.0757 / 92.96	2.06

Abkürzungen Regionen: SH - Schleswig-Holstein, MVw - westl. Mecklenburg-Vorpommern, NSn - nördl. Niedersachsen, BBnw - nord-westl. Brandenburg, SAn - nördl. Sachsen-Anhalt, NSno - nord-östl. Niedersachsen, SHnw - nord-westl. Schleswig-Holstein, NRWn - nördl. Nordrhein-Westfalen, THn - nördl. Thüringen, Snw - nord-westl. Sachsen, DKsjs - Dänemark südl. Soenderjylland, DKsjmj - Dänemark südl. Soenderjylland & Midtjylland, PLlwp - Polen Lubesz & West Pomerania, NLgd - Niederlande Kreis Groningen & Kreis Drenthe.

Bedeutung von Exportmärkten für die Milchwirtschaft

Dirk Gloy

DMK Deutsches Milchkontor GmbH

Kurzfassung

Was in der Vergangenheit galt, spielt für die Zukunft keine Rolle mehr! Dieser Satz verdeutlicht die eklatanten Veränderungen des europäischen Milchmarktes. Bis 2007 hat die staatliche Marktregulierung der EU mit Hilfe der Milchgarantiemengenregelung und dem System aus Interventionspreisen und Exporterstattungen wenigstens teilweise Weltmarkteinflüsse auf das Milchpreinsniveau und die Preisvolatilität der EU ferngehalten. Seit 2007 beeinflussen konjunkturelle Veränderungen der Weltwirtschaft (Finanzkrisen, Dürren, Politikänderungen) zunehmend direkt das Milchmarktgeschehen in der EU. Eine aktuelle Studie (J. v. Gottberg, Diplomarbeit 2012) belegt, dass in den Jahren 2007 – 2012 die Preisvolatilität für Milchprodukte inzwischen in D/EU höher ist als in der Welt. Auf der einen Seite soll das Weltmilchangebot in den Jahren 2012 – 2021 um ca. 1,96% (Bericht OECD) wachsen, auf der anderen Seite wächst aber auch die Weltmilchnachfrage aufgrund des Bevölkerungswachstums insbesondere in Asien und den MENA-Staaten. Diese Weltmarktentwicklung führt grundsätzlich zu dem langfristigen Trend (2012 – 2020) guter Exportchancen für EU-Länder und somit auch für Deutschland. Allerdings schlägt sich jede kurzfristige konjunkturelle Veränderung in kurzfristigen Preisveränderungen (Preisvolatilität) nieder. Die Markkanalyse und Marktbearbeitung wichtiger Exportländer in der Welt ist zwingend notwendig, da der Selbstversorgungsgrad in der EU von derzeit ~112% (13,9 Mrd. kg/a Überschuss) zukünftig bis 2020 in Richtung 120% ansteigen wird. Da die Konsumnachfrage in der EU stagniert, stieg schon im Zeitraum 2010 bis 2012 der Export aus wichtigen EU-Ländern für Vollmilch-, Magermilchpulver, Käse und Molkenpulver deutlich. Deutsche Molkereiunternehmen müssen auf den grundsätzlichen positiven Trend der Weltmilchmarktentwicklung bei zunehmend höherer Preisvolatilität eine strategische Antwort haben:

1. Volatile Märkte erfordern deshalb ein ausgeglichenes Produktportfolio (mehrere Absatzwege) und flexible Produktionsstrukturen zur schnellen Marktanpassung!
2. Volatile Märkte erfordern ebenfalls mehr Investition in gutes Personal und in Marktanalyse weltweit (Marketing Intelligence).
3. Internationalisierung (Export u. Direktinvestition) ist die notwendige und proaktive Reaktion auf rückläufige Heimatmärkte und auf die Nutzung von Chancen in den Wachstumsmärkten der Drittländer!

Benchmarking mit regionalen, nationalen und internationalen Wettbewerbern um Kosten- und Vermarktungsvorteile ist zwingend erforderlich.

Grünlandumbruch und Neuansaat: Auswirkungen auf Leistungen und ökologische Effekte

Thorsten Biegemann, Maria Schmeer, Ralf Loges und Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Abteilung für Grünland und Futterbau

1. Einleitung

Mit dem Grünlandumbruch wird vor allem die Umnutzung von Dauergrünland zu Ackerland mit den bis auf politische Ebene vielfach diskutierten negativen Umweltauswirkungen assoziiert. Ihren bisherigen Höhepunkt fand dieser Diskurs durch die Formulierung des Grünlandschutzes mit der Einbindung in die „Cross Compliance“ (CC) Richtlinien, verknüpft mit den an diese gebundenen Direktzahlungen. Neben der Umnutzung kann der Grünlandumbruch auch als Maßnahme für eine Grünlanderneuerung durchgeführt werden. Kurzfristig unterscheiden sich die durch die mechanische Bodenstörung verursachten chemischen und physikalischen Prozesse nicht von denen einer Umnutzung. Im Besonderen führt der Grünlandumbruch kurzfristig zu einer gesteigerten Kohlenstoff- (C) und Stickstoffmineralisation (N) aus der organischen Bodensubstanz. Aus Sicht des Klima- und Grundwasserschutzes sind solche stofflichen Verlagerungen unerwünscht. Bisher wurde der Grünlandumbruch mit dem Ziel einer Grünlanderneuerung aus agrarpolitischer Sicht kaum berücksichtigt. Gleichzeitig steigt aber, aufgrund von Flächenknappheit und steigenden Produktionsintensitäten, die Bereitschaft, Grünlanderneuerungen durchzuführen.

Im Folgenden soll ein Überblick darüber verschafft werden, in wie weit ein Grünlandumbruch sich kurz- und langfristig auf die oben genannten Stoffflüsse auswirken kann und in wie weit sich die Grünlandneuansaat auf die Produktionsleistung der Grünlandbestände auswirkt. Des Weiteren sollen futterbauliche Möglichkeiten überprüft und diskutiert werden, die eine Alternative hinsichtlich ihres ökologischen und ertraglichen Potentials mit dem Ziel einer Grünlanderneuerung darstellen könnten. Basis für die vorgestellten Ergebnisse bildet ein Dauerversuch auf dem Versuchsgut „Lindhof“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein, der zwischen 2005 und 2013 durchgeführt wurde.

2. Wissenschaftlicher Hintergrund und Zielsetzung

2.1 Stickstoff

In Abhängigkeit von Bodenart, Alter der Grünlandnarbe und Menge des eingearbeiteten organischen Materials kann es nach einem Grünlandumbruch zu einer erheblichen Stickstoffmineralisation im Boden kommen. Gleichzeitig ist bis zur Etablierung eines neuen Bestandes kein oder nur ein geringer Stickstoffbedarf vorhanden. Diese Situation steigert das Risiko von N-Verlusten. Besonders das durch die Nitrifikation aus NH_4^+ gebildete Nitrat (NO_3^-) ist, je nach Witterungsbedingungen und Standort, stark auswaschungsgefährdet. Methode und Zeitpunkt der Grünlanderneuerung können die Nitratfrachten beeinflussen. Besonders eine Verlegung des Grünlandumbruchs in das Frühjahr wird von vielen Autoren als positiv bewertet [1-3].

Neben der Stickstoffauswaschung kann ein Grünlandumbruch zu gesteigerten Emission des klimarelevanten Spurengases N_2O führen [3, 4]. Das N_2O wird hierbei als Zwischenprodukt bei der Oxidation von Ammonium- zu Nitratstickstoff bzw. bei der Reduktion von Nitrat zu elementarem Stickstoff gebildet. Besonders der Prozess der Denitrifikation wird in der Literatur oft als Hauptverlustpfad angegeben [5, 6]. Vor allem bei einem hohen Angebot an Stickstoff und leicht verfügbarem organischem Kohlenstoff wird das N_2O bei begünstigenden Umweltbedingungen nicht weiter reduziert und kann dann über den Boden in die Atmosphäre emittiert werden.

2.2 Humusvorrat

Durch einen Grünlandumbruch wird zunächst die Grünlandnarbe zerstört und eingearbeitet. Die in der Konsequenz nicht vorhandene Bodenbedeckung führt über einen gewissen Zeitraum zu einer unterbundenen bzw. reduzierten CO_2 -Fixierung der autotrophen Pflanzen. In dieser Zeit überwiegt die Bodenatmung und damit die CO_2 -Emissionen dieser Fläche. In Abhängigkeit des eingearbeiteten organischen Materials ist eine erhöhte Bodenatmung vor allem in den ersten 48-Stunden nach einem Grünlandumbruch messbar [7]. Die umgebrochene Fläche stellt im Folgenden solange eine CO_2 -Quelle dar, wie die Ökosystematmung (Bodenatmung + autotropher Atmung) der durch die Photosynthese bedingten CO_2 -C Fixierungsleistung der Fläche überwiegt. Der geschilderte Zusammenhang führt zwangsläufig zu einem Abbau von Humus. Der Humusabbau nach einer Umbruchmaßnahme ist abhängig von der Bodenart und dem Ausgangsniveau des Humusvorrates zum Zeitpunkt der Umnutzung sowie von der Art der nachfolgenden Bewirtschaftung (Kultur, Bodenbearbeitung, Eintrag von Ernte und Wurzelresten und Organische Düngung). Bei einer Grünlanderneuerung verbleibt der Boden in aller Regel bis zur nächsten Erneuerungsmaßnahme konserviert, d.h. Bodenbearbeitungsmaßnahmen finden nicht statt. Kenntnisse über

die Menge des abgebauten Humusvorrates nach einer Grünlanderneuerung sind bisher kaum bekannt.

2.3 Produktionsleistung

Die futterbauliche Zielsetzung einer Grünlanderneuerung besteht in erster Linie darin, Grünlandnarben zu verbessern, die unterhalb ihres Produktionspotentials liegen. Ursächlich für solche Ertragsdepressionen können Witterungsbedingungen wie z.B. Frost oder Trockenstress sein. Bodenphysikalische Ursachen wie z.B. Bodenverdichtung können die Etablierung invasiver Arten begünstigen und sich somit negativ auf Qualität und Ertrag des Grünfutters auswirken [8]. Die Entscheidung bezüglich der Notwendigkeit, dem Zeitpunkt und die Methode einer Grünlanderneuerung liegt im Ermessen des Bewirtschafters oder der beratenden Personen. Ein betriebswirtschaftlicher Erfolg kann nur dann gewährleistet sein, wenn die Erträge in den ersten Jahren nach der Neuansaat den Ertragsausfall im Ansaatjahr kompensieren können und das Produktionsniveau mittelfristig über dem der Altbestände liegt.

In drei Teilprojekten wurden auf einer Dauerbeobachtungsfläche auf dem Versuchsgut *Lindhof* der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel folgende Fragestellungen untersucht:

Teilprojekt I [2006 – 2010])

- Wie verhält sich die N-Auswaschung kurz- (1-Jahr) und mittelfristig (3-Jahre) nach einem Grünlandumbruch mit Neuansaat?
- Können Stickstoffauswaschungsverluste durch eine inserierte Ackerzwischenfrucht reduziert werden?
- Können Ertrag und Futterqualität kurz- und mittelfristig gesteigert werden?

Teilprojekt II [2010 – 2013])

- Wie hoch sind die kurzfristigen N₂O-Emissionen nach einem Grünlandumbruch einzuschätzen?
- Kann eine Grünlanderneuerung zu einer Ertragskompensation im Initialjahr führen?

Teilprojekt III [2010 – 2013])

- Inwieweit wirkt sich eine Grünlanderneuerung langfristig auf die N₂O-Emissionen und den Humusvorrat aus?
- Können langfristige Ertragssteigerungen erreicht werden?

3. Material und Methoden

Der nach Biolandrichtlinien wirtschaftende Versuchsbetrieb *Lindhof* (54,2°N 9,5°O) liegt nahe der Ostsee an der Eckernförder Bucht [9]. Bei der Versuchsfläche handelt es sich um einen 1994 angelegten Klee grasbestand. Die Bodentextur der Versuchsfläche ist als mittel lehmiger Sand (Sl3) (Sand 57%, Schluff 32 %, 11% Ton und 1,7% Corg) mit einem pH-Wert von 5,9 klassifiziert. Die mittlere Jahrestemperatur und Niederschlagsmenge betragen 8,9 °C und 795 mm. Der Versuch wurde 2005 als mehrfaktorieller, vollständig randomisierter Parzellenversuch (n=3) angelegt und seither vier Mal im Jahr schnittgenutzt. Der Faktor Düngung beinhaltet jeweils eine ungedüngte und mit 240 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ (80/80/40/40) Rindergülle gedüngten Variante.

Teilprojekt I) Zur Ermittlung von Stickstoffauswaschungsverlusten, Ertragsleistung vom Grünland sowie die Wirkung einer eingeschobenen Ackerzwischenutzung wurden zwischen 2005 und 2010 folgenden Varianten untersucht:

1. Zwölf Jahre altes Dauergrünland als ungestörte Kontrolle (GC)
2. Grünlandumbruch mit Neuansaat im September (GN)
3. Grünlandumbruch im Oktober gefolgt von Winter Weizen – Grasneuansaat (AA)
4. Grünlandumbruch im April gefolgt von Sommer Weizen – Grasneuansaat (AS)

Teilprojekt II) Zur Quantifizierung der kurzfristigen Effekte auf die Spurgengasemissionen (N₂O) und Erträge erfolgte eine weitere Versuchsphase zwischen den Jahren 2010 bis 2013 mit den folgenden Varianten:

- a) 17- Jahre altes Dauergrünland als ungestörte Kontrolle
- b) Grünlandumbruch im September mit Neuansaat
- c) Grünlandumbruch im April mit Neuansaat
- d) Grünlandumbruch im April mit anschließender Maisnutzung

Teilprojekt III) Die aus den ersten Fragestellungen entstandene Versuchssituation erlaubte eine langfristige Betrachtung in Anbetracht des Humusvorrats, N₂O-Emissionen und Ertrag unterschiedlicher Grünlandaltersstufen:

- I. 2-Jähriges Grünland nach Neuansaat
- II. 5-Jähriges Grünland nach Neuansaat
- III. 17-Jahre altes Grünland als Kontrolle

Die Quantifizierung der N-Fractionen im Sickerwasser erfolgte 1x wöchentlich zwischen Oktober und April durch Probenahmen auf jeder Parzelle mittels Keramiksaugkerzen. Für die Erfassung des klimarelevanten Spurengases N₂O wur-

de wöchentlich eine Messung nach dem geschlossenen Messkammerprinzip durchgeführt [10].

Zur Ermittlung der Boden-C-Gehalte wurden in den Versuchsjahren 2x jährlich Bodenproben entnommen und die Lagerungsdichte auf jeder Parzelle erfasst. Jede Bodenprobe setzte sich aus drei Bohrkernen zusammen und wurde als Mischprobe behandelt.

Zu den Ernteterminen wurden die Erträge mit einem Parzellenernter auf der vollen Parzellenlänge erfasst.

4. Ergebnisse

4.1 Teilprojekt 1

Im Vergleich zur Kontrolle führten alle in den Versuchsjahren 2006 und 2007 durchgeführten Grünlandumbrüche zu gesteigerten Nitratfrachten über das Sickerwasser. Die Ammonium und organisch gelösten Stickstofffraktionen wurden von dieser Maßnahme nicht signifikant beeinflusst. Unabhängig davon, ob die Umbruchmaßnahme im September (GC) oder im Oktober (GN) durchgeführt wurde, lagen diese beiden Varianten im Mittel der beiden Versuchsjahre mit einer Nitratfracht von $36.9 \text{ kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ und $37.3 \text{ kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ am höchsten. Demgegenüber stand eine Nitratfracht von $19.7 \text{ kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ bei einem Grünlandumbruch im Frühjahr (AA). Die kumulierten Nitratfrachten über vier Jahre zeigten im Vergleich zu den anderen untersuchten Grünlanderneuerungsstrategien mit $30.6 \text{ kg N ha}^{-1}$ die geringsten Nitratfrachten, ebenfalls in der Variante AA.

Bezüglich der Trockenmasseerträge ergaben sich bei einer Grünlanderneuerung im Spätsommer (GN) im Mittel der Jahre 2006 und 2007 keine gesteigerten Erträge im Vergleich zur Kontrolle. Auch konnte während der folgenden zwei Vegetationsperioden keine abgesicherten Mehrerträge der neu angesäten Grünlandbestände festgestellt werden. Eine eingeschobene Ackerzwischennutzung nach einem Grünlandumbruch erbrachten im Mittel höhere Erträge als eine direkte Grasneuansaat im Initialjahr, wobei nur durch die Ansaat von Winter-Weizen im Herbst signifikant höhere Erträge mit der Beerntung als Ganzpflanzensilage im Folgejahr festgestellt werden konnten (11 t ha^{-1}). Die Ansaat von Sommerweizen nach einem Umbruch im Frühjahr lag mit 8.7 t TM ha^{-1} im Mittel höher als die der direkten Grasneuansaat im Herbst (7.8 t TM ha^{-1}) (n.s.). Die Betrachtung der Energiedichten und Stickstofferträge erbrachten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern.

4.2 Teilprojekt II

Ein Grünlandumbruch führte unabhängig vom Zeitpunkt (Frühjahr oder Herbst) zu höheren N_2O -Emissionen als in der Kontrolle. Im Mittel der beiden Versuchsjahre 2011 und 2012 kam es zu kumulierten N-Verlust von $22 \text{ kg N}_2\text{O-N}$

ha⁻¹ Jahr⁻¹, wenn der Umbruch im Herbst durchgeführt wurde. Die Emissionen im Frühjahr lagen im Mittel der beiden Versuchsjahre mit 2.8 kg N₂O-N deutlich niedriger. Bei einem Grünlandumbruch im Frühjahr mit anschließender Maisnutzung lagen diese Emissionen bei 4.7 kg N₂O-N.

Keine der durchgeführten Grünlanderneuerungsmaßnahmen führten zu einer Ertragssteigerung gegenüber der Kontrolle im ersten Ertragsjahr. Im Mittel lagen die Erträge bei einer Herbstneuansaat mit 10.4 t TM ha⁻¹ etwas höher als bei einer Neuansaat im Frühjahr (8.9 t TM ha⁻¹). Es ist zu berücksichtigen, dass nach einer Neuansaat im Frühjahr in beiden Versuchsjahren nur eine 3- statt 4-Schnittnutzung realisierbar war. Höchste Erträge wurden in diesem Versuch erzielt, wenn dem Grünlandumbruch die Ackerfrucht Mais folgte.

Unter Berücksichtigung der beobachteten N-Verluste (N-Auswaschung und N₂O-N-Emissionen) erzielte die Kontrolle die höchsten Öko-Effizienz je Produkteinheit ausgedrückt in kg CO₂-Äquivalente je produzierter Energieeinheit (GJ NEL). Bei den durchgeführten Grünlanderneuerungsmaßnahmen ist die Effizienz einer Neuansaat im Frühjahr mit 32.6 kg CO₂ deutlich günstiger einzuschätzen als nach einer Erneuerung im Herbst (194.7 kg CO₂ GJ⁻¹). Bedingt durch die hohen Biomasseerträge lagen diese Kosten bei einer folgenden Maisnutzung mit 32.3 kg CO₂ im ersten Jahr nicht höher als nach der Grünlanderneuerung im Frühjahr.

4.3 Teilprojekt III

Ein Vergleich der unterschiedlichen Grünlandaltersstufen (2-, 5- und 18 Jahre nach einer Grünlandneuansaat) zeigte keinen signifikanten Unterschied bezüglich der kumulierten N₂O-Emissionen eines Jahres. Das gedüngte Grünland wies im Mittel höhere N₂O-N Verluste auf als die ungedüngten Kontrollen.

Zwei Jahre nach einem Grünlandumbruch zeigten die Untersuchung der C_{org}-Gehalte im Oberboden eine signifikante Abnahme des Humusvorrates im Vergleich zur Kontrolle. Kein signifikanter Unterschied konnte zwischen dem 5- und 18-Jahre alten Grünland festgestellt werden.

Ein langfristig positiver Ertragseffekt durch eine Grünlanderneuerung konnte auch in dieser Untersuchung nicht gezeigt werden. Jüngere Bestände (2- und 5-Jahre) erbrachten keine Ertragsvorteile gegenüber der 18-Jahre alten Kontrolle. Ein positiver N- Düngeeffekt konnte lediglich bei dem 2-Jahre alten Grünland gezeigt werden.

5. Diskussion

5.1 Stickstoffauswaschung

Die vorgestellten Untersuchungen zeigten die höchsten N-Frachten über das Sickerwasser, wenn der Zeitpunkt des Grünlandumbruches spät im Jahr gewählt wird. Eine Verlegung des Umbruchtermins von September zum Oktober ergab keine abgesicherten Unterschiede. Das maritime Klima in Schleswig-Holstein und die damit verbundenen milden Winter unterbinden die Stickstoffmineralisation im Boden nicht ausreichend, um die Stickstoffauswaschungen bei einer Verlegung des Grünlandumbruchs in den Herbst zu reduzieren. Die in diesem Versuch vorangestellte Arbeitshypothese, dass eine inserierte Ackerzwischenutzung nach einem Grünlandumbruch die N-Auswaschungsverluste reduzieren könne, konnte nicht bestätigt werden. Durch die abermalige Bodenbearbeitung nach der Ernte der Zwischenfrucht wurde die N-Mineralisation des Bodens abermals gefördert, so dass auch im zweiten Winter nach dem eigentlichen Umbruchereignis noch erhöhte N-Frachten gegenüber einer direkten Neuansaat im Herbst ermittelt werden konnten. Durch eine Etablierung des neuen Grünlandbestandes als Untersaat würden eine abermalige N-Mineralisation und die damit verbundenen Stickstoffauswaschungen im zweiten Jahr vermieden werden können, so dass eine Untersaat in einem solchen System immer zu bevorzugen ist. Eine Reduktion der N-Auswaschung konnte nur bei einer Verlegung des Grünlandumbruchs in das Frühjahr festgestellt werden. Ein früher Ansaattermin gewährleistet ausreichend Zeit für die Bestandesetablierung sowie ein Angebot von Stickstoff in einem Zeitraum mit geringerem Auswaschungsrisiko und mit höchstem Bedarf der Bestände.

5.2 N₂O-Emissionen

Ein Grünlandumbruch führte in allen Fällen zu einer gesteigerten Freisetzung des klimawirksamen Spurengases N₂O. In den Versuchsjahren 2011 und 2012 lagen diese Emissionen bei einer Grünlanderneuerung am höchsten. Besonders der früh einsetzende Winter mit ausgeprägten Frost-Tau Ereignissen führte zu überdurchschnittlich hohen Emissionen im Jahr 2011 [11]. Die durch Velthof et al. (2010) ermittelten höheren Emissionen bei einer Umbruchmaßnahme im Frühjahr konnte in unseren Untersuchungen nicht bestätigt werden. Durch eine Verlegung der Umbruchmaßnahme in das Frühjahr konnten in den vorgestellten Untersuchungen das Risiko der N₂O-Emissionen deutlich reduziert werden.

Eine längerfristige Betrachtung der Grünlandbestände zeigte keine signifikanten Unterschiede, so dass davon ausgegangen werden kann, dass sich die erhöhte N₂O-Emissionen vor allem auf die ersten zwölf Monate nach dem eigentlichen Umbruchereignis beschränken. Im Mittel der Grünlandaltersstufen (2-, 5- und 18 Jahre) lagen die N-Emissionen auf dem 18-Jahre alten Grünland am höchsten. Der Boden-C-Vorrat übte hierbei einen signifikanten Einfluss auf diese

Emissionen aus. Eine positive Wechselwirkung konnte bezüglich der Zielgröße N_2O zwischen dem Faktor Humusvorrat und Düngung ermittelt werden. Damit besteht das Risiko, dass bei älteren Grünlandbeständen die N_2O -Emissionen zunehmen [12-14].

5.3 Auswirkungen auf den Humusvorrat

Der Grünlandumbruch mit anschließender Grünlandneuansaat führte mittelfristig zu einer Abnahme des Humusvorrates. Zwei Jahre nach einer Erneuerungsmaßnahme lag der Kohlenstoffvorrat $13.42 \text{ t C ha}^{-1}$ unterhalb der 18-Jahre alten Kontrollbestände. Zwischen den 5 Jahre alten Beständen und der Kontrolle konnte kein signifikanter Unterschied mehr festgestellt werden. Zu gleichen Ergebnissen kamen Linsler et al. (2013), die Untersuchungen auf der gleichen Versuchsfläche durchführten. Zusätzlich wurde von Linsler et al. (2013) der Effekt einer eingeschobenen Ackerzwischennutzung auf den Humus-C-Gehalt des Bodens untersucht. Hierbei zeigte sich, dass eine eingeschobene Ackerzwischennutzung zwar zu einer Abnahme der Boden-C-Gehalte führte, dieser Unterschied aber ebenfalls nach fünf Jahren nicht mehr signifikant war. Unter den vorgestellten Standortbedingungen ist ein Grünlandumbruch vor dem Hintergrund des Humusvorrates des Bodens mittelfristig nicht als negativ zu beurteilen, wenn eine Neuansaat direkt nach dem Umbruchereignis oder direkt nach einer einjährigen Ackerzwischennutzung erfolgt und dann mindestens für fünf Jahr als Grünland vor dem nächsten Umbruchereignis verbleibt.

5.4 Erträge

In keinem der beschriebenen Versuche konnten nach einer Grünlanderneuerung weder kurz- noch langfristig höhere Erträge gegenüber den Kontrollbeständen festgestellt werden. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch andere Untersuchungen unabhängig von dem Zeitpunkt und der Art der Grünlanderneuerungsmaßnahme [3, 15]. Als Ursache hierfür kann zum einen diskutiert werden, dass die Umbruchwürdigkeit der in der Literatur beschriebenen Grünlandestände noch nicht gegeben war, zum anderen muss aber hervorgehoben werden, dass alte gepflegte Grünlandbestände hohe Erträge bei gleichzeitig günstigen Energiedichten erzielen können. Zahlen aus der Praxis fehlen zu diesem Sachverhalt, heben aber hervor, dass die Absicht einer Grünlanderneuerung zuvor genau geprüft werden muss.

Eine Grünlanderneuerung im Herbst führte im Mittel zu höheren Erträgen als eine Erneuerung im Frühjahr. Durch eine Ansaat im Frühjahr ließ sich durch den verzögerten ersten Bestandesaufwuchs die volle Ertragsleistung einer 4-Schnittnutzung nicht realisieren. Verglichen hierzu führte die Insertion eines Winter-Weizens nach einem Umbruch im Herbst oder der einjährige Anbau von Mais nach einem Frühjahrsumbruch zu höchsten Erträgen. Durch die alleinige

Insertion von Sommer-Weizen konnte hingegen kein ertraglicher Vorteil realisiert werden. Durch die Etablierung einer Untersaat könnte ein zusätzlicher Ertrag nach dem Räumen der Deckfrucht erbracht und damit das volle Ertragspotential eines solchen Systems ausgeschöpft werden.

Die Bewertung der Ökoeffizienz auf Feldebene ausgedrückt in CO₂-Äquivalente je Produkteinheit wies den Kontrollbeständen die niedrigsten Kosten je produzierter Energieeinheit nach. Das höchste Kostenrisiko entstand bei einer Grünlanderneuerung im Herbst. Ein Grünlandumbruch im Frühjahr erbrachte unabhängig von der Folgefrucht die niedrigsten CO₂-Kosten je produzierter Energieeinheit, so dass vor diesem Hintergrund ein Umbruch im Frühjahr ebenfalls vorzuziehen ist. Höchste Energieerträge wurden bei gleichzeitig niedrigen CO₂-Kosten je Energieeinheit erzielt, wenn nach dem Grünlandumbruch Mais als Folgefrucht steht. Eine Empfehlung für eine eingeschobene Ackernutzung vor einer Grünlanderneuerung könnte auf einem solchen Standort allerdings nur diskutiert werden, wenn der neue Grünlandbestand direkt nach der Ernte der Ackerzwischenfrucht kostenneutral etabliert werden könnte.

6. Fazit

- Eine Grünlanderneuerung ist genau zu prüfen und sollte erst dann in Betracht gezogen werden, wenn alle anderen Möglichkeiten ausscheiden.
- Um die N-Verluste (N-Auswaschung und N₂O-Emissionen) nach einem Grünlandumbruch zu minimieren, ist eine Maßnahme im Frühjahr im Vergleich zu späteren Zeitpunkten vorzuziehen.
- Ein Grünlandumbruch ist im Bezug auf den Humus-C-Pool standortabhängig zu bewerten. In der vorgestellten Studie „regenerierte“ sich die organische Substanz innerhalb von 5 Jahren und ließe unter diesem Aspekt eine inserierte Ackerzwischennutzung zu.
- Nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr konnten höhere Energieerträge durch eine Ackerzwischennutzung bei gleicher Öko-Effizienz (kg CO₂ GJ NEL⁻¹) erzielt werden. Voraussetzung für die Empfehlung einer solchen Maßnahme wären günstige Bedingungen für die Neuetablierung des folgenden Grünlandbestandes.

7. Literatur

1. Shepherd, M.A., et al., *Nitrate leaching from reseeded pasture*. Soil Use and Management, 2001. **17**(2): p. 97-105.
2. Seidel, K., et al., *The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2009. **172**(4): p. 512-519.
3. Velthof, G.L., et al., *Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2010. **86**(3): p. 401-412.
4. Davies, Smith, and Vinten, *The mineralisation and fate of nitrogen following ploughing of grass and grass-clover swards*. Biology and Fertility of Soils, 2001. **33**(5): p. 423-434.
5. Senbayram, M., et al., *N₂O emission and the product ratio of denitrification as controlled by available carbon substrates and nitrate concentrations*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2012. **147**(0): p. 4-12.
6. Köster, J.R., et al., *Rapid shift from denitrification to nitrification in soil after biogas residue application as indicated by nitrous oxide isotopomers*. Soil Biology and Biochemistry, 2011. **43**(8): p. 1671-1677.
7. Willems, A.B., et al., *Carbon dioxide emissions from spring ploughing of grassland in Ireland*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2011. **144**(1): p. 347-351.
8. Conijn, J.G., *Crop and animal performance in grass-to-grass resowing*, in *Grassland resowing and grass-arable crop rotations*, J.G.C.F. Taube, Editor. 2004, Plant Research International Wageningen: Wageningen. p. 49-53.
9. Bioland. *Bioland Richtlinien Fassung vom 27.November 2012*. 2012 [cited 2013 04.01.].
10. Hutchinson, G.L. and A.R. Mosier, *Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes*. Soil Science Society of America Journal, 1981. **45**(2): p. 311-316.
11. Müller, C., et al., *Processes leading to N₂O emissions in grassland soil during freezing and thawing*. Soil Biology and Biochemistry, 2002. **34**(9): p. 1325-1331.
12. Acharya, B.S., J. Rasmussen, and J. Eriksen, *Grassland carbon sequestration and emissions following cultivation in a mixed crop rotation*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2012. **153**(0): p. 33-39.
13. Muller-Stover, D., et al., *Microbial biomass, microbial diversity, soil carbon storage, and stability after incubation of soil from grass-clover pastures of different age*. Biology and Fertility of Soils, 2012. **48**(4): p. 371-383.
14. Jäger, N., et al., *Emission rates of N₂O and CO₂ from soils with different organic matter content from three long-term fertilization experiments—a laboratory study*. Biology and Fertility of Soils, 2011. **47**(5): p. 483-494.
15. Hopkins, A., et al., *Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 1. Herbage production and herbage quality*. Grass and Forage Science, 1990. **45**(1): p. 43-55.

Applikationstechnik zur Gülledüngung: Effekte von Injektion und Ansäuerung auf Erträge und gasförmige Stickstoffverluste

Andreas Pacholski¹, Antje Herrmann², Tavs Nyord³,
Annette V. Vestergaard⁴, Friedhelm Taube², Henning Kage¹

1. Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau
2. Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland/Futterbau
3. Dept. of Engineering, Aarhus University, Tjele, Dänemark
4. Knowledge Center for Agriculture, Aarhus, Dänemark

Einleitung

Neben mineralischen Düngern sind flüssige organische Düngemittel (Güllen) die wichtigsten Nährstoffquellen v.a. von Stickstoff in der pflanzlichen Produktion (Gutser et al. 2005). Zusätzlich zu dieser direkten Düngewirkung sind sie auch von großer Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Kohlenstoffspeicherung (Humus) im Boden und dem damit verbundenen positiven Eigenschaften für die pflanzenbauliche Produktion (Wasserspeicherung, Aggregatstabilität, Nährstoffnachlieferung etc.).

Die Applikation von Gülle kann aber mit zum Teil beträchtlichen gasförmigen N-Verlusten als Ammoniak (NH_3) und dem Treibhausgas Lachgas (N_2O) verbunden sein. Dabei stellen NH_3 -Verluste aus organischen Düngern die größte Quelle für atmosphärisches NH_3 in Deutschland und der EU dar (Sutton et al. 2011). Eine geringe N-Effizienz und negative Umweltwirkungen sind zum einen auf ungleichmäßige bzw. überhöhte Ausbringungsmengen von Gülle bei regional ungleichmäßiger Verteilung von tierhaltenden bzw. Biogas-Betrieben zurückzuführen. Auch die in der Praxis immer noch suboptimale Gülleausbringungstechnik trägt zu erhöhten Ammoniakverlusten und einer geringen N-Effizienz bei. Einfache Ausbringungstechniken wie Prallteller oder Schleppschlauch sind mit geringen Kosten, aber relativ hohen NH_3 -Verlusten verbunden (Sommer und Hutchings 2001). Emissionsmindernde Verfahren wie Schleppschuh oder Injektion sind zwar mit höheren Kosten und geringerer Schlagkraft verknüpft, erhöhen jedoch auch die N-Verwertungseffizienz (Lorenz und Stefens 2011). Bei fortgeschrittener Bestandesentwicklung sind diese Techniken im Gegensatz zum Schleppschlauch schwer oder gar nicht einzusetzen. Zusätzlich findet die Injektion von Gülle auf Grünland aufgrund potenzieller Schädigung der Narbe eine geringe Akzeptanz. Darüber hinaus existieren Hinweise darauf, dass Injektion von Gülle und andere Einarbeitungsverfahren zu erhöhten N_2O -

Emissionen führen können (Velthof et al. 2003, Flessa und Beese 2000). Die notwendige Optimierung der Gülleapplikationstechnik auf landwirtschaftlichen Betrieben ergibt sich auch aus den Vorschlägen zur Novellierung der Düngeverordnung sowie aus den bereits existierenden Regelungen in den Nachbarländern Dänemark und Niederlande, die jeweils den Einsatz von Pralltellern untersagen.

In Dänemark wurde in den letzten Jahren ein neues Gülleausbringungssystem entwickelt, das durch eine Schlepper basierte Ansäuerung von Gülle mit Schwefelsäure NH_3 -Verluste nach Schleppschlauchausbringung beträchtlich reduzieren soll. Zusätzlich zur Wirkung der Reduzierung der NH_3 -Verluste wird hiermit auch eine kostengünstige Schwefeldüngung erreicht.

Vergleichende Untersuchung emissionsarmer Gülleapplikationstechniken

Vor diesem Hintergrund wurden in den Jahren 2011 und 2012 von der CAU in Kooperation mit Kollegen der Universität Aarhus, Dänemark, sowie mit Unterstützung der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Feldversuche auf 2 Grünlandstandorten in einer Kalkmarsch Nordfrieslands sowie auf einem Sandboden in Dänemark angelegt (Tab. 1).

Tab. 1: Experimente zu unterschiedlichen Applikationstechniken von organischen Düngern im Vergleich zu mineralischer Düngung in Deutschland und Dänemark in den Jahren 2011 und 2012

2011	Deutschland (Kalkmarsch)	
Kultur/Ernten	Ackergras, 2. – 4. Schnitt	
N-Dünger	Gärrest (6.5 %TS, 3.3 kg/t NH_4^+ -N, 5 kg/t N_{ges} , pH 7.8), KAS:	
Düngestufen/ Schnitt(kg N/ha)	Biogasgärrest (als N_{ges}), KAS: 120/60/60 Kontrolle (keine Düngung)	
Applikations- techniken	Gärrest: Schleppschlauch, Injektion KAS: Streuer, Injektion(trock.)+KAS, Injektion KAS-Lösung	
2012	Deutschland (Kalkmarsch)	Dänemark (Sandboden)
Kultur/Ernten	Ackergras, 1.-4. Schnitt	Klee gras, 1.-2. Schnitt
N-Dünger	Rindergülle (10% TS, 2.7 kg/t NH_4^+ -N, 5 kg/t N_{ges} , pH 7.2), KAS	Rindergülle (7% TS, 2 kg/t NH_4^+ -N, 3.3 kg/t N_{ges} , pH 7.1), KAS
Düngestufen/ Schnitt (kg N/ha)	Gülle (als NH_4^+ -N): 80/80/60/60 KAS: 180/120/60; 120/80/40; 90/60/30; 90/60/30 Kontrolle (keine Düngung)	Gülle (als NH_4^+ -N): 80+40(KAS)/50+30(KAS) KAS: 160/120/80; 100/80/50 Kontrolle (keine Düngung)
Applikations- techniken	Gülle: Injektion (a. 17.5; b. 35 cm), Ansäuerung (c. pH 6; d. pH 6.5), e. Schleppschlauch, KAS: Streuer	

Im Jahr 2011 wurde bei einer einheitlichen N-Düngung auf optimalem Düngungsniveau (320 kg N_{ges} /ha) die Injektion von Biogasgärresten zum zweiten bis vierten Aufwuchs mit Schleppschlauchausbringung und Düngung von KAS mit und ohne Anwendung der Injektionstechnik verglichen. Im Jahr 2012 erfolgte auf einem anderen Standort ein Vergleichsversuch (Tab. 1), in welchem zu allen 4 Aufwüchsen die Applikation von Rindergülle mit Injektion in zwei Injektionsabständen (17.5 cm und 35 cm), Ansäuerung auf 2 pH-Stufen (6.5 und 6), Schleppschlauchausbringung (Gesamt 320 kg Ammonium-N) sowie KAS Düngung in 3 N-Stufen (Gesamt N: 160, 320, 480 kg N/ha) untersucht wurde. Die mögliche zusätzliche Wirkung der S-Düngung durch Ansäuerung wurde in den anderen Varianten mit einer einmaligen S-Düngung (50 kg S/ha) zum ersten Aufwuchs kompensiert. Dieser Versuch wurde leicht modifiziert auch auf

einem grenznahen Sandstandort in Dänemark durchgeführt (Tab. 1). Jedes Versuchsglied wurde in 4-facher Wiederholung geprüft. Als Ergebnisse wurden Erträge, N-Aufnahme, NH_3 -Verluste und N_2O -Emissionen ermittelt.

Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse unterscheiden sich z.T. deutlich zwischen den beiden Versuchsjahren. Aufgrund sehr trockener Bodenverhältnisse im Versuchsjahr 2011 führte die Injektion von Gärresten nur bei einer von drei Applikationen zur Reduktion der NH_3 -Emissionen um mehr als 50% gegenüber Schleppschlauchapplikation. Kumuliert über alle Applikationen wurden die NH_3 -Emissionen um etwa 25% reduziert (Abb. 1 a). Auch bei der Düngung mit KAS wurden geringe NH_3 -Verluste festgestellt. Die Injektion der Gärreste hatte entgegen der Erwartungen keine Erhöhung der N_2O -Emissionen zur Folge (Abb. 1 b)

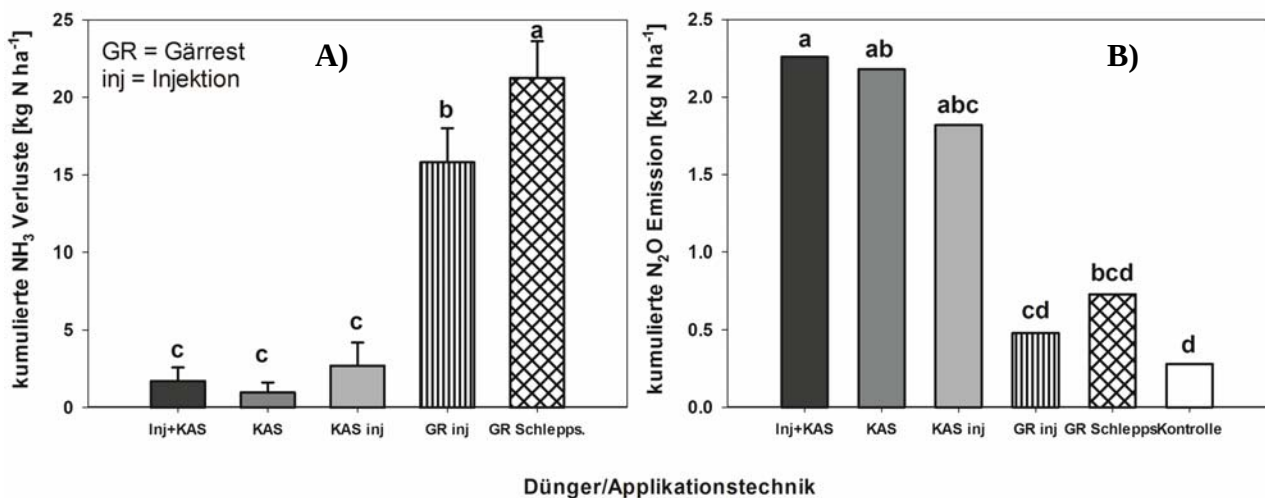


Abb. 1. Kumulierte gasförmige N-Emissionen nach Düngung von Ackergras mit KAS und Gärresten unter Verwendung unterschiedlicher Applikationstechniken: A) NH_3 -Verluste, B) N_2O -Verluste; Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede ($p < 0.05$); einfaktorielle ANOVA, Student-Newman-Keuls Test

Im Vergleich zur KAS-Düngung mit Streuer und den anderen KAS-Varianten wiesen die organischen Varianten signifikant geringere Erträge auf. Wenn die KAS-Düngung mit Injektion verknüpft wurde, wurden leicht aber nicht signifikant reduzierte TM-Erträgen im Vergleich zu gestreutem KAS beobachtet (Abb. 2). Signifikant war dieser Effekt bezüglich der N-Aufnahme nach Injektion von KAS-Lösung (Abb. 3). Zwischen den beiden organischen Varianten traten sowohl bei den TM-Erträgen und bei der N-Aufnahme keine signifikanten Unterschiede auf. Auch die Injektion führte zu einer Reduktion der TM-Erträge, welche aber durch die verringerten NH_3 -Emissionen kompensiert wurde. Es bestand deshalb ein Trend zu leicht erhöhter N-Aufnahme nach Gärrestinjektion.

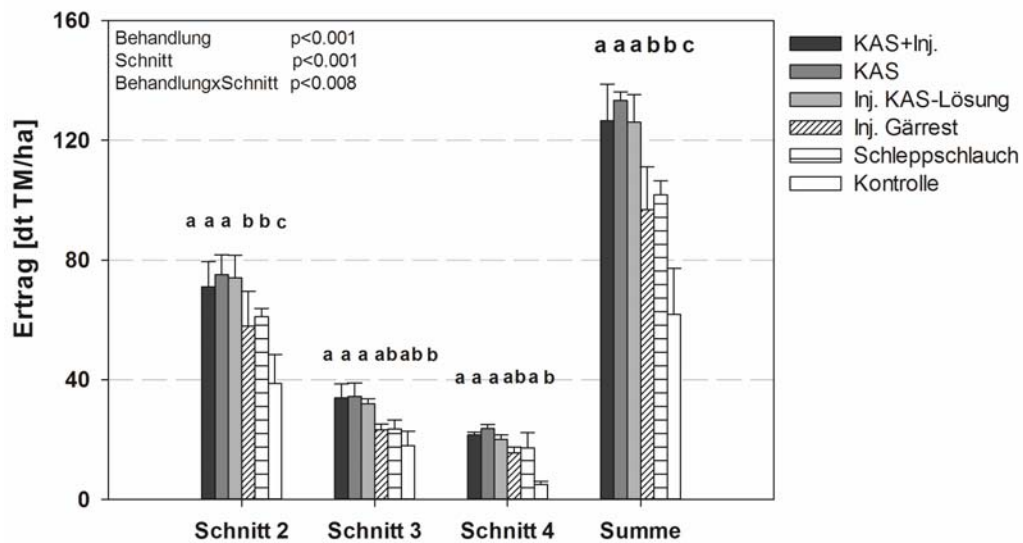


Abb. 2. TM-Erträge nach Düngung mit KAS und Gärresten unter Verwendung unterschiedlicher Applikationstechniken, Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede ($p < 0.05$); zweifaktorielle ANOVA, Student-Newman-Keuls Test

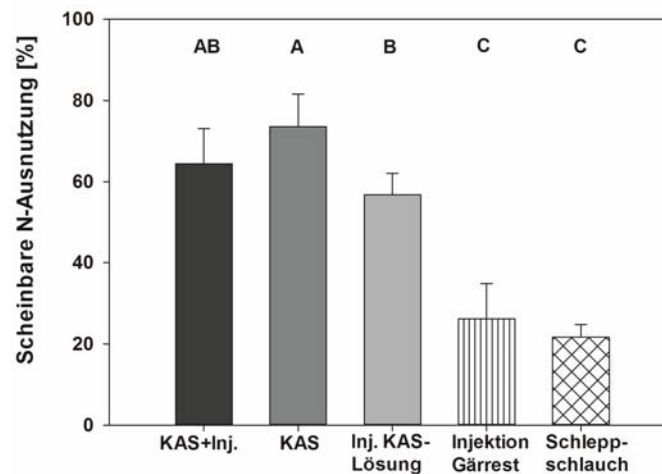
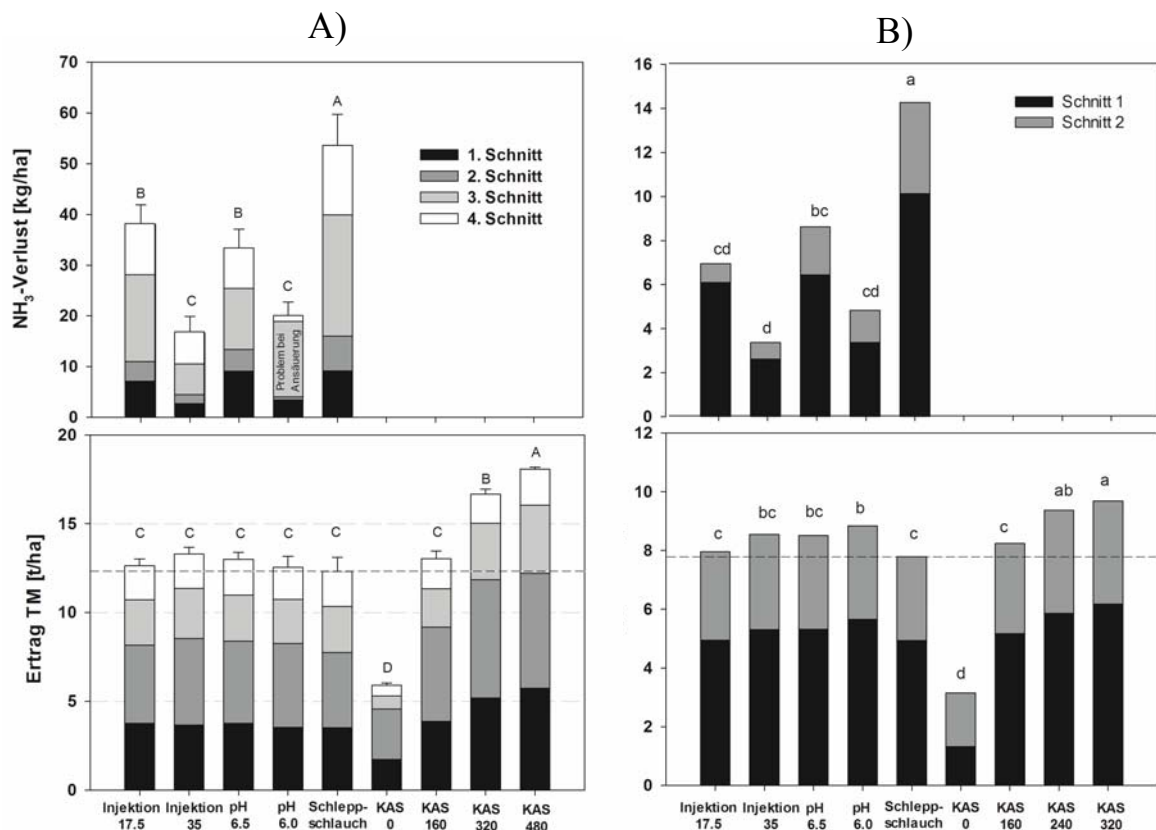


Abb. 3. Scheinbare N-Ausnutzung* von Ackergras nach Düngung mit KAS und Gärresten unter Verwendung unterschiedlicher Applikationstechniken; Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede ($p < 0.05$); zweifaktorielle ANOVA, Student-Newman-Keuls Test, * = $(N\text{-Aufnahme}(\text{gedüngt}) - N\text{-Aufnahme}(\text{Kontrolle})) / N\text{-Düngung}$

Im Jahr 2012 wurden sowohl durch Injektion als auch durch Ansäuerung die NH_3 -Verluste signifikant um mindestens 40% reduziert. Die höchste Reduktion konnte durch eine pH-Wertabsenkung auf pH 6 erreicht werden (-70-90 %). Eine Vergrößerung der Abstände bei der Injektion führte ebenfalls zu einer ähnlichen Verringerung der Emissionen im Vergleich zur Schleppschlauchvariante (Abb. 4a+b). Die bei weitem höchsten Verluste wurden bei der Ausbringung mit Schleppschlauch ermittelt. Ein Effekt der Gülleausbringungstechnik auf den Jahres-TM-Ertrag oder den TM-Ertrag einzelner Aufwüchse war nicht absicherbar (Abb. 4a). Tendenziell wiesen die Varianten mit Schleppschlauchausbringung die geringsten TM-Erträge auf. Auf dem dänischen Standort hingegen war der positive Ertragseffekt einzelner emissionsparender Techniken zum Teil signifikant (Abb. 4 b). Die Ansäuerung hatte hier bei pH 6 einen signifikant höhe-



ren Ertrag im Vergleich zum Schleppschlauch zur Folge.

Abb. 4: Absolute NH_3 -Verluste und TM-Erträge in Abhängigkeit von der Ausbringungstechnik, A) Deutschland, Nordfriesland, Kalkmarsch, B) Dänemark, Südjütland, Sandboden, Zahlen unter KAS = kg N/ha, n = 4, einfaktorielle ANOVA, Student-Newman-Keuls-Test, Buchstaben indizieren unterschiedliche Signifikanzniveaus, p < 0,05

Insgesamt war die N-Wirkung der N-Dünger bezogen auf die ausgebrachten Ammonium-Mengen auf dem Marschstandort relativ gering. Diese reduzierte N-Wirkung kann nur zum Teil durch NH_3 -Emissionen erklärt werden. Auf dem Marschstandort ist hier eventuell eine starke Bindung von Ammonium an dem tonreichen Bodenmaterial von Bedeutung. Anders als in vielen anderen Studien führte die Injektion von Gärresten bzw. Rindergülle nicht zu einer Erhöhung der N_2O -Emissionen, zwischen den verschiedenen organischen Düngungsvarianten wurde in beiden Jahren kein signifikanter Unterschied detektiert. Bei den angesäuerten Varianten wurden allerdings tendenziell leicht erhöhte N_2O -Emissionen ermittelt (Daten nicht gezeigt). Die Messungen sind für das Jahr 2012 aber noch nicht vollständig ausgewertet. Deutlich höher lagen die Emissionen bei mineralischer Düngung, wobei dieser Effekt aber nicht statistisch abgesichert werden konnte. KAS wies in diesen Versuchen - im ersten Versuchsjahr - signifikant höhere N_2O Emissionen bezogen auf die applizierten Dünger-N-Mengen auf als die organischen Varianten.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Verfahren Injektion und Gülleansäuerung reduzierten die NH_3 -Emissionen beträchtlich, ohne die Erträge zu vermindern bzw. mit signifikantem Ertragszuwachs auf dem Sandstandort. Sowohl bei Injektion als auch bei Ansäuerung wurde keine Erhöhung der N_2O -Emissionen im Vergleich zur einfachen Schleppschlauchausbringung festgestellt. Die mehrmalige Injektion von Gülle auf derselben Parzelle innerhalb eines Versuchsjahres war in beiden Versuchsjahren nicht negativ ertragswirksam. Bei der Injektion wurden an anderen Standorten allerdings nach mehrjähriger Anwendung Probleme mit der Narbengesundheit festgestellt. Dieser Nachteil entfällt bei der Ansäuerung. Hier könnte allerdings eine reduzierende Wirkung auf den Kleeanteil in der Narbe die Folge sein. Da die Ansäuerung letztlich eine Gülle-Ausbringung mit dem Schleppschlauch darstellt, ist dieses emissionsmindernde Verfahren im Vergleich zur Injektion durch einen geringeren Energieaufwand und eine höhere Ausbringungsgeschwindigkeit gekennzeichnet. Bei der Ansäuerung kann die S-Düngung durch angesäuerte Gülle als vorteilhaft angesehen werden, welche auf Grünland sonst häufig nicht routinemäßig durchgeführt wird oder durch zusätzliche Ausbringung mit höheren Kosten verbunden sein kann. Bei Gärresten mit hohen pH-Werten besteht noch die Frage des notwendigen Säureaufwandes, der evtl. deutlich höher als bei Rinder- oder Schweinegülle liegen kann, und der davon abhängigen Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Es handelt es sich bei den hier vorgestellten Daten um erste Versuchsergebnisse, welche durch weitere und mehrjährige Untersuchungen konsolidiert werden sollen. Die geringe N-Effizienz der ausgebrachten organischen N-Dünger auf dem Marschstandort unabhängig von der Ausbringungstechnik ist noch weiter zu klären.

Danksagung

Wir danken Dr. Edgar Techow und Hans-Christian Hinrichsen von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit. Die Erhebung der Daten erfolgte mit der Unterstützung wissenschaftlicher und technischer Mitarbeiter, denen unser besonderer Dank gilt: Robert Quakernack, Stefanie Rost, Achim Seidel, Anna Techow.

Literatur:

- Flessa, H. and Beese, F. (2000). Laboratory estimates of trace gas emissions following surface application and injection of cattle slurry. - *Journal of Environmental Quality* 29: 262-268.
- Gutser, R., Ebertseder, T., Weber, A., Schraml, M. and Schmidhalter, U. (2005). Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. - *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 168: 439-446.
- Lorenz F. und Steffens G. (2011) Entwicklung und Überprüfung von Techniken zur Gülleausbringung auf Grünland mit geringer Ammoniak- und Geruchsfreisetzung, geringer Nitratauswaschung und guter Ertragswirkung, In: Elsässer et al. (Hrsg.), Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Internationale Tagung, Kloster Reute, 51-55.
- Sommer, S. G. and Hutchings, N. J. (2001). Ammonia emission from field applied manure and its reduction - invited paper. - *European Journal of Agronomy* 15: 1-15.
- Sutton, M. A., Oenema, O., Erisman, J. W., Leip, A., van Grinsven, H. and Winiwarter, W. (2011). Too much of a good thing. *Nature* 472 (7342): 159-161
- Velthof, G. L., Kuikman, P. J. and Oenema, O. (2003). Nitrous oxide emission from animal manures applied to soil under controlled conditions. - *Biology and Fertility of Soils* 37: 221-230.

Gedanken zur Energiewende aus der Sicht der Bodenkunde: Anforderungen im Zusammenhang mit der Stromtrassenwahl und Kabelverlegung

Rainer Horn, S. Gebhardt und H. Fleige

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

1. Einleitung

Die Diskussion, ob der notwendige Netzausbau vor allem im Bereich der Übertragungsnetze in Form von Erdkabeln oder als Freileitung vorgenommen werden sollte, muss neben ökonomischen und gesellschaftspolitischen Aspekten auch unterschiedliche Auswirkungen auf den Boden berücksichtigen. Bezüglich der Trassierung besteht bei Freileitungen gegenüber Erdkabeln der Nachteil, dass aufgrund der mangelnden Akzeptanz von Freileitungen in Siedlungsnähe Umwege erforderlich sind. Unabhängig hiervon müssen aufgrund der Masse der Masten ebenso wie der vorher fertigzustellenden Fundamentierung, die Maststandorte stets mit schwerem Gerät angefahren werden können. Erdkabel weisen dagegen im Vergleich zu Freileitungen in der Bevölkerung i.d.R. eine höhere Akzeptanz auf, da nach der Verlegung oberirdisch meist keine direkt sichtbaren Veränderungen zurückbleiben; sie können deshalb auch in Siedlungsnähe geplant werden.

Das Ausmaß der sichtbaren und vor allem langanhaltenden Boden- und damit auch Umweltschädigungen hängt unabhängig von der Art der Verlegung ganz wesentlich von der bereits vor Beginn der Baumaßnahme erfolgten Einbeziehung bodenkundlichen Sachverständs vor Ort durch entsprechende Bodenkartierung, Ableitung von Bodennutzungskenngrößen einschließlich der Bodenstabilität, Ableitung von Befahrungsplänen je nach Witterung etc. und der strikten Einhaltung der definierten Maßnahmen ab.

Einige Überlegungen zur rechtlichen Einordnung von Baumaßnahmen

Die Thematik Bodenschutz bei Baumaßnahmen wird vornehmlich über das BauBG und nur dort, wo das BauBG die Bodenbelange nicht mehr regelt, vom BBodSchG, bzw. von der BBodSchV abgedeckt. Da aber das Fachrecht des BauBG und der entsprechenden Verordnungen kaum materielle Vorgaben zum Schutz des Bodens enthalten, sind das BBodSchG und die BBodSchV der fachliche Maßstab und gelten parallel zum Fachrecht.

Der Zweck des BBodSchG ist nach §1 „(...) nachhaltig die **Funktionen des Bodens** zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind **schädliche Bodenveränderungen** abzuwehren (...) und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen **Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen** sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden.“ Nach §2(3) sind „**schädliche Bodenveränderungen** im Sinne dieses Gesetzes (...) Beeinträchtigungen der **Bodenfunktionen**, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.“ Die BBodSchV präzisiert in §12(9): „Beim Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden sollen **Verdichtungen, Ver-nässungen und sonstige nachteilige Bodenveränderungen** durch geeignete technische Maßnahmen sowie durch Berücksichtigung der Menge und des **Zeitpunktes des Aufbringens** vermieden werden. Nach Aufbringen von Materialien mit einer Mächtigkeit von mehr als 20 Zentimetern ist auf die Sicherung oder den Aufbau eines stabilen **Bodengefüges** hinzuwirken. DIN 19731 (Ausgabe 5/98) ist zu beachten.“ Die **Bodenkartierung** sowie die **bodenkundliche Baubegleitung im Zusammenhang mit z.B. Kabelverlegungen** haben damit zum Ziel, sowohl die bodenkundlichen Grundlagen als auch sämtliche Belange des Bodenschutzes im Rahmen der Baumaßnahme zu bewerten und beratend zur Seite zu stehen, um durch eine Optimierung der Abläufe negative Auswirkungen auf das Schutzgut Boden zu minimieren.

2. Vorgehensweise

Die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise wurde im Auftrag von Eon Netz Offshore / Transpower Offshore / TenneT Offshore seit 2008 begleitend durch das Institut durchgeführt. Bisher wurden so insgesamt 150km Erdkabeltrasse sowohl vor der eigentlichen Maßnahme bodenkundlich kartiert, entsprechende Empfehlungen für die Ausschreibung und auch für die vorherige Einschätzung der Standortverhältnisse abgeleitet, während der Verlegung der Kabel wurden Baumaßnahmen bautechnisch begleitet und auch die Folgen der Baumaßnahmen im Hinblick auf die schnellstmögliche Wiederherstellung der standort- und nutzungsspezifischen Bodenfunktion durch Labor- und Freilandanalytik quantifiziert. Bisher wurden damit im Rahmen der Bodenkartierungen etwa 1000 Sondierungen/Bohrungen durchgeführt.

a. Voruntersuchungen (Ausgangszustand)

Im Vorfeld der Baumaßnahmen werden Bodenkartierungen mittels Handsondierung (Pürckhauer) bis auf eine Tiefe von i.d.R. 2m unter Geländeoberkante durchgeführt. Liegen organische oder Gezeitensedimente vor wird bis auf Tiefen

von 3 und in Ausnahmefällen bis zu 6 m u. Geländeoberkante gebohrt. Die Bohrpunkte liegen dabei immer direkt auf der Trasse; die Abstände der einzelnen Bohrungen zueinander werden in Abhängigkeit von der Heterogenität der zu erwartenden Böden zwischen etwa 50 und 200m gewählt und betragen im Mittel ca. 150m. Die Aufnahme im Bohrprotokoll erfolgt nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5). Neben Bodentyp, Mächtigkeit des Oberbodens sowie weiterer Bodenhorizonte, Bodenart, Bodenklasse, Bodenfarbe, Humusgehalt, Ca-CO₃-Gehalt, Torfart und Zersetzungsgrad bei organischen Substraten wird auch der aktuelle Grundwasserstand sowie weitere relevante Bodenmerkmale (z.B. anthropogene Störungen, Maibolt, etc.) festgehalten. Weiterhin erfolgen Stichprobenweise Bodenanalysen von relevanten Größen im Labor. Zuletzt wird eine Fotodokumentation des Ausgangszustandes der Bodenoberfläche durchgeführt.

Eine Bodenkartierung muss:

- a) den **Zustand des Bodens** vor dem Eingriff festhalten,
- b) die **kritischen Bereiche** der Trasse aufzeigen,
- c) eine der Empfindlichkeit des Bodens **angepasste Bau- und Terminplanung** ermöglichen,
- d) eine die Bodenempfindlichkeit berücksichtigende **Folgebewirtschaftung** gewährleisten.

Um diese Ziele zu erreichen, ist eine Auswertung/Aufarbeitung der bei der Bodenkartierung erfassten Daten notwendig, die die Nutz-, Lesbarkeit für Projektmanager, Ingenieure und Bauleiter gewährleistet. Hierfür wird zunächst eine Bohrdatenbank erstellt. Hieraus ergibt sich für jeden Bohrpunkt als Zusammenfassung eine Einschätzung von Substratüberlagerungen bis zur Regeltiefe des Kabels (ca. 1,5m unter Geländeoberkante). Diese Einschätzung erlaubt es aufgrund der vorzunehmenden Bodenmehrfachtrennung bereits vor Baubeginn die notwendigen Aushublagerflächen abzuschätzen und den Mehraufwand in der Bautechnik zu berücksichtigen. Weiterhin wird aus den erfassten Daten eine Ableitung bodenmechanischer Kennwerte vorgenommen, um die Befahrbarkeit, Belastbarkeit, bzw. Stabilität der verschiedenen Trassenbereiche zu beurteilen. Aus diesen Informationen lässt sich ebenfalls abschätzen, für welche Trassenbereiche eine Kabelstabilisierung mittel Geotextil aufgrund geringer Stabilitäten der Böden in Kabeleinbautiefe notwendig ist. Abb. 1 informiert über eine entsprechende Auswertung während in Abb. 2. die während der Baumaßnahmen tatsächlich auftretenden Matrixpotentiale in 2 Bodentiefen dargestellt werden, die täglich abgelesen und für die weiteren Planungen herangezogen wurden. Aus der linienhaften und bis in 2-3 m tief reichenden Bodenkartierung werden neben der Bodenklassifikation auch die daraus ableitbaren und für die Baumaßnahme

relevanten Kenngrößen: Gründigkeit, Verdichtungsempfindlichkeit und notwendige Wasserhaltung sowie Einbauempfehlungen aufgelistet. Aus der zeitlichen Veränderung der Matrixpotentiale (Feuchtigkeit des Bodens) wiederum werden der „Maschineneinsatz“ und die vorsorgenden Arbeiten zur Minimierung der Bodenschäden abgeleitet.

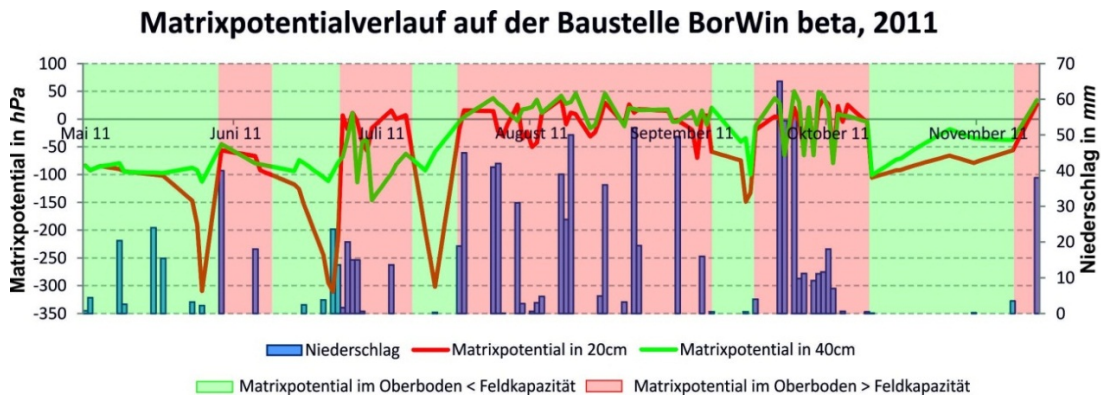


Abb. 2: Änderung der Wassersättigung im Jahresverlauf in 20 und in 40 cm Bodentiefe. Ebenfalls eingezeichnet sind die aktuellen Niederschläge.

b. Bodenkundliche Baubegleitung

Das oberste Ziel der bodenkundlichen Baubegleitung ist es, durch eine sinnvolle Einhaltung des Bodenschutzes die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Hierfür ist es notwendig, dass während der Bauausführung unnötige und exzessive Bodenbelastungen, bzw. –verdichtungen vermieden werden und Störungen der natürlichen Horizontierung/Schichtung sowie stoffliche Belastungen unterbleiben. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die bodenkundliche Baubegleitung als eine Art Bauüberwachung zur Durchsetzung des Bodenschutzes während der Bauausführung permanent vor Ort sein. Konkret beinhaltet sie folgendes Aufgabenspektrum:

- a) **Trassenbegehungen** und Teilnahme an **Trassenabschnittsbesprechungen** mit den betr. ET/NB kurz vor Baubeginn in den entsprechenden Sektionen um potentielle Probleme vorab zu erkennen.
- b) Aufbau von **Messstandorten** (Niederschläge, Wasserspannungen) um mit Hilfe des **Maschinenkatasters** boden- und maschinenspezifisch Bodenschutzmaßnahmen gegen **Unterbodenverdichtungen** einleiten zu können.

Kabeltrasse Diele-Hilgenriedersiel 300kV Borwin alpha -Diele
Bodenkundlich-geologischer *Gesamtschnitt EC km 0-40*
Hilgenriedersiel - Riepsterhammrich (Bohrungen 001-246)

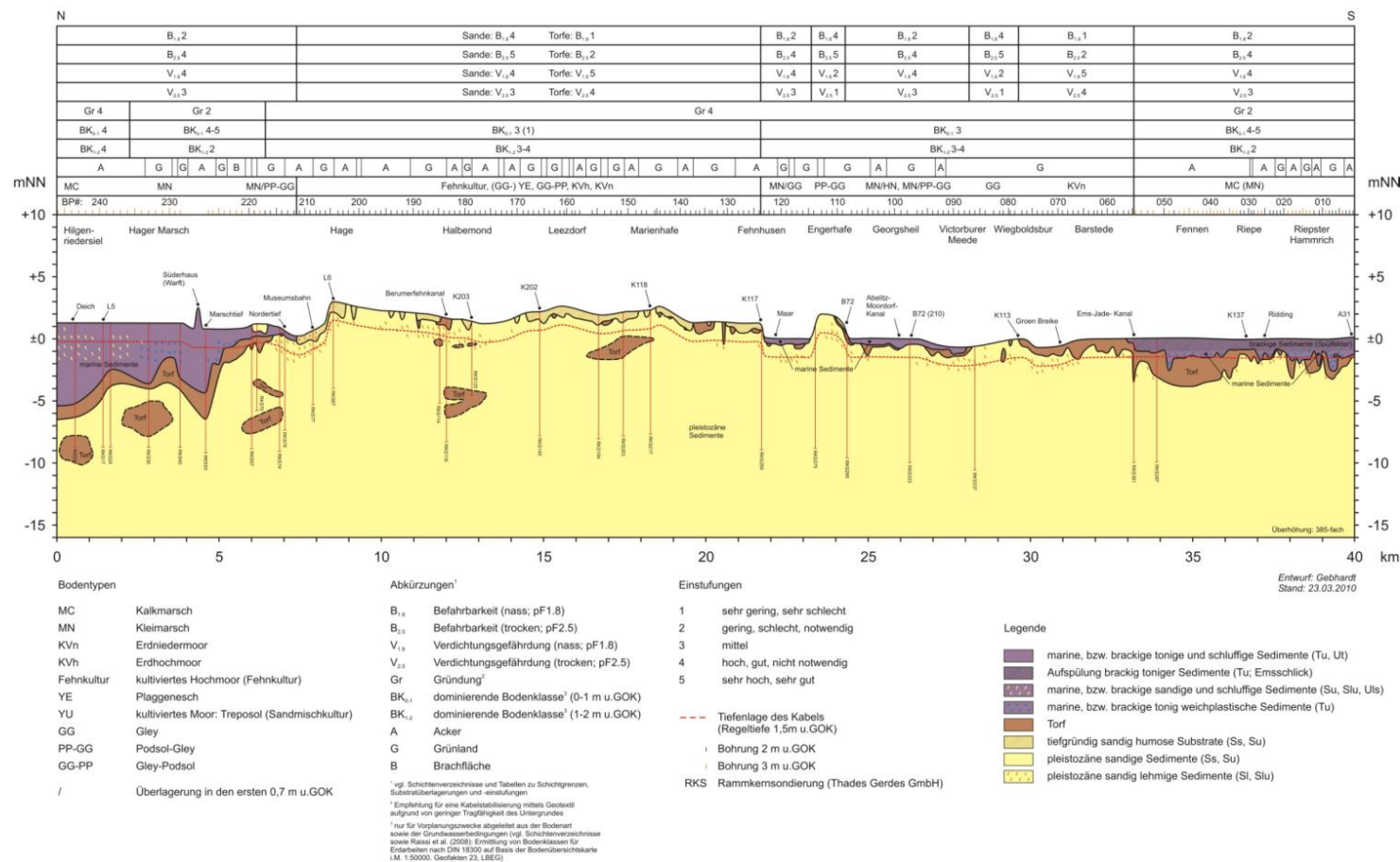


Abb. 1: Dokumentation der bodenkundlich geologischen Verhältnisse sowie der aus den Bodenkenngrößen abgeleiteten Empfehlungen für die Baumaßnahme in den verschiedenen Trassenbereichen.

- c) Permanente (tägliche) **Kontrolle der Bauaktivitäten** vor Ort während der Bauausführung um alle bodenrelevanten Missstände zu erkennen und Gegenmaßnahmen umsetzen zu können.
- d) **Messung** von relevanten Parametern während des Baus vor Ort, um die bestmögliche Einhaltung des Bodenschutzes zu gewährleisten (z.B. Eisen- und Salzgehalte des Grundwassers, Sulfat- und pH-Werte bei pot. sulfat-sauren Böden, Überprüfung der bei HD-Bohrungen anfallenden Bentonit-suspensionen, Kontrolle des Baustellensandes auf Schadstoffe, Penetrologermessungen, etc.).
- e) Begehung der landwirtschaftlichen Flächen nach **Rekultivierung** zusammen mit den Bewirtschaftern und Beratung im Hinblick auf Verfahren zur schnellstmöglichen **Stabilisierung und Restrukturierung** und unterstützenden **Folgebewirtschaftung**, um zeitnah die ursprüngliche **Bodenfruchtbarkeit/Ertrag** zu erreichen und **Klimafolgeeffekte** zu minimieren.

3. Zusammenfassung

Das vorgestellte Konzept aus

- a) detaillierter **Bodenkartierung**,
- b) auf die Bedürfnisse der am Bau Beteiligten zugeschnittener **Auswertung/Aufarbeitung**,
- c) frühzeitiger und gezielter **Vorstellung der Ergebnisse** und der geplanten **Vorgehensweise** während des Baus,
- d) umfassender **bodenkundlicher Baubegleitung** zur Durchsetzung des Bodenschutzes

führte zu einer

- weitestgehenden **Einhaltung des Bodenschutzes**,
- deutlich **erhöhten Akzeptanz**,
- Verringerung von bodenrelevanten **Genehmigungsaufgaben**,
- besseren **Einhaltung von Terminplänen**,
- erhöhten **Auslastung von Maschinen**,
- Verringerung von **Folgeschäden/Ausgleichszahlungen**.

Risikominimierung *Fusarium*-spezifischer Mykotoxine in der Nahrungs- und Futtermittelproduktion

Joseph-Alexander Verreet, Holger Klink und Tim Birr

Institut für Phytopathologie

Die Gesunderhaltung von Pflanzen ist erklärtes Ziel der Phytomedizin. Im Besonderen gilt es eine wirtschaftlich und ökologisch verantwortliche Erzeugung von Nahrungsmitteln in ausreichender Menge und hoher Qualität sicherzustellen. Maßnahmen zum Schutz der Kulturpflanzen sind aus verschiedenen Gründen wichtig: um die Kulturpflanzen gesund zu erhalten, ihr natürliches, genetisch festgelegtes Ertragspotenzial auszuschöpfen, die Qualität der Ernteerzeugnisse und die Beerntung durch moderne Techniken zu sichern, um Gesundheitsschäden bei Mensch und Tier durch Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und Unkräutern vorzubeugen und sie zu verhindern.

Der Integrierte Pflanzenschutz ist durch die Internationale Organisation für biologische Schädlingsbekämpfung (OILB) und die Europäische Pflanzenschutzorganisation (EPPO) wie folgt definiert: Integrierter Pflanzenschutz (IPS) ist eine Konzeption und Verfahrensweise, bei der alle wirtschaftlich, ökologisch und toxikologisch vertretbaren Methoden aufeinander abgestimmt verwendet werden, um Schadorganismen unter der Schadensschwelle zu halten, wobei die bewusste Ausnutzung natürlicher Begrenzungsfaktoren und vorbeugende Maßnahmen im Vordergrund stehen. Die Anwendung chemischer Präparate bleibt auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt. Im Prinzip geht es darum, die notwendigen Korrekturen im System unter Erhaltung bzw. Reaktivierung oder Änderung natürlicher Prozesse mit einem Minimum an externem Aufwand vorzunehmen und dabei nach Möglichkeit eine Kombination miteinander verträglicher und synergistischer Maßnahmen statt eines einzelnen durchschlagenden Verfahrens anzuwenden.

Durch die vollzogene „Energiewende“ zeichnete sich bereits frühzeitig eine deutlich zunehmende Maisanbauintensität (Zunahme Maisanbau in SH in den letzten 10 Jahren um 160%, Statistik MLUR) durch die erforderliche Bioenergieerzeugung ab. Damit verbunden war aus Sicht des Pflanzenschutzes (Epidemiologie, Biologie) aufgrund der sich verändernden Anbausysteme eines überregional intensivierten Maisanbaus von einem zunehmenden Infektionsdruck sogenannter pilzlicher *Fusarium*-Erreger auch und insbesondere in den bereits

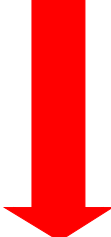
als Futterpflanzen gewonnenen Maisnutzungsformen Silo-, Körnermais, Corn-Cob-Mix (CCM) aber auch allen anderen Getreidearten auszugehen.

Von hoher epidemiologischer Bedeutung ist die Tatsache, dass *Fusarium*pilze als sogenannte plurivore Krankheitserreger neben Mais auch an anderen Getreidewirtspflanzen wie Durumweizen, Hafer, Triticale, Winterweizen, Gerste und Roggen (in der Reihung des Befalls und der Mykotoxinbelastung abnehmend) infizieren und somit parasitieren. Rein biologisch-epidemiologisch betrachtet bedeutet dies, dass das bisherige Nebeneinander der Kulturen durch die zunehmende Maisanbauintensität aufgrund der Bioenergiegewinnung und der nunmehr vermehrt gegebenen Übertragungsmöglichkeiten von *Fusarium*pilzarten zwischen den genannten Wirtspflanzenarten die allgemeinen Infektionsketten und -potentiale deutlich zunehmen. Dies führt bei befallsfördernder Witterung bzw. durch Missmanagement in der Anbausystemgestaltung sowohl in den verschiedenen Getreidearten als auch in den als Futterpflanzen gewonnenen Maisnutzungsformen (Silo-, Körnermais, Corn-Cob-Mix - CCM) und den zur Energiegewinnung angebauten Silomaispflanzen zu einer zunehmenden Mykotoxinbelastung des Erntegutes.

Der zunehmende Maisanbau führt zu einer zunehmenden Problematik in der landwirtschaftlichen Produktion im Rahmen der Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Mykotoxingrenzwerte und stellt den Pflanzenschutz vor bereits frühzeitig zu erkennende, unerwartete, aus phytopathologischer Sicht nunmehr jedoch belegbare Aufgaben. Besondere Bedeutung hinsichtlich der Futter- und Lebensmittelsicherheit kommt den als Mykotoxinen bezeichneten Stoffwechselprodukten von *Fusarium*pilzen zu, welche warm-blütertoxische Wirkungen auf Tier und Mensch ausüben.

Bereits die Betrachtung derzeitiger Anbausysteme mit Maismonokulturen (mehrfähriger, wiederholter Maisanbau auf der selben Fläche) und gleichzeitiger Minimalbodenbearbeitung (Direktsaat der Folgekultur ohne wendende Bodenbearbeitung) stellen optimalste Vorraussetzungen 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 (organische Pflanzestereste 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.

An Mais und Weizen parasitieren nachfolgende Arten: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. crookwellense*, *F. equiseti*, *F. langsethiae*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. venenatum*, *F. verticillioides*. Alle dargestellten *Fusarium* Arten bilden das Mykotoxin Zearalenon während das Mykotoxin Deoxynivalenol nur von *F. culmorum* und *F. graminearum* gebildet wird. Mykotoxine (Tab. 1) stellen wertmindernde Futter- und Lebensmittelinhaltstoffe biotischer (lebender) Natur bzw. Ursprungs dar. Zu den erweiterten Toxizitätsauswirkungen, wobei zwischen den Mykotoxinen deutliche Unterschiede bestehen, zählen Kanzerogenität, Erbgutschädigungen, Embryonenmißbildungen, Beeinflussung des Hormonsystems, Nervensystems, Immunsystems, in höheren Konzentrationen und bei Aufnahme über einen längeren Zeitraum bei Nutztieren innere Blutungen, Leber-, Nieren- und Hautschädigungen. Mykotoxine sind generell hitzestabil und unterliegen nahezu keinem Abbau, d.h., sie gehen trotz verschiedener Produktionsketten in der Nahrungsmittelaufbereitung ungestört in die Nahrungskette über.

AKUT	hoch  niedrig	CHRONISCH
➤ mikrobielle Kontamination ➤ Algentoxine ➤ einige Pflanzengifte ➤ Mykotoxine ➤ antrophogene Kontamination ➤ Lebensmittelzusatzstoffe ➤ Pflanzenschutzmittelrückstände		➤ Mykotoxine ➤ antrophogene Kontamination ➤ einige Pflanzengifte ➤ die meisten Algentoxine ➤ mikrobielle Kontamination ➤ Lebensmittelzusatzstoffe ➤ Pflanzenschutzmittelrückstände

Tab. 1: Toxikologische Bewertung von Gesundheitsrisiken durch Lebensmittel

Risikominimierung durch acker- und pflanzenbauliche Anbaufaktoren

Anhand einer mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Abteilung Pflanzenbau) in 2011 beginnenden überregionalen Untersuchung zum Fusariumauftreten in den Mais- Landessortenversuchen sollen beispielhaft die Möglichkeiten der pflanzenhygiensischen Befallskontrolle durch die Anbausystemgestaltung (Sortenwahl, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung) dargestellt werden.

In Abbildung 1 und 2 weist die Sorte Lorado (Bundessortenamt BSA Fusariumanfälligkeit: BSA 7) in 2011 an den 10 überregionalen Standorten insbesondere an den Standorten Cecilienkoog und Drelsdorf (Monokultur, Pfluglos) extrem hohe und deutlich über den Höchstmengengrenzwerten liegende Mykotoxinwerte auf (Deoxynivalenol = 26068 bzw. 10524 µg DON/kg TM; Zearalenon = 2213 bzw. 1834 ZEA/kg TM). Ähnlich hohe DON- und ZEA-Belastungen wei-

sen die vom Bundessortenamt (BSA) als geringer anfällig eingestuften Sorten P 8000 (BSA 3), Torres (BSA 3) und LG 30222 (BSA 4) auf. Dagegen weist der ebenfalls an der Westküste liegende, südlichere Standort Krumstedt deutlich reduziertere Mykotoxinwerte in Höhe von 1225 µg DON/kg TM und 935 µg ZEA/kg TM auf, was alleinig auf die phytosanitäre Nutzung der Anbauparameter Fruchtfolge (FF) und Pflugsaat (PL) zurückzuführen ist. Auch an den Standorten Wallsbüll, Schuby, Futterkamp und Osterrönfeld mit Fruchtfolge und Pflugsaat waren die Mykotoxinwerte ebenfalls deutlich reduziert. Ausnahme stellt der Standort Tolk dar, bei dem trotz Fruchtfolge und Pflugsaat Weizen als Vorfrucht und somit als *Fusarium*wirtspflanze fungierte. In Hemdingen und Wotersen wurde zwar Monokultur als Anbausystem gewählt, jedoch bei gleichzeitig pflanzenhygienisch wirkender wendenden Bodenbearbeitung (Pflugsaat) Ursache für die geringeren Mykotoxinwerte.

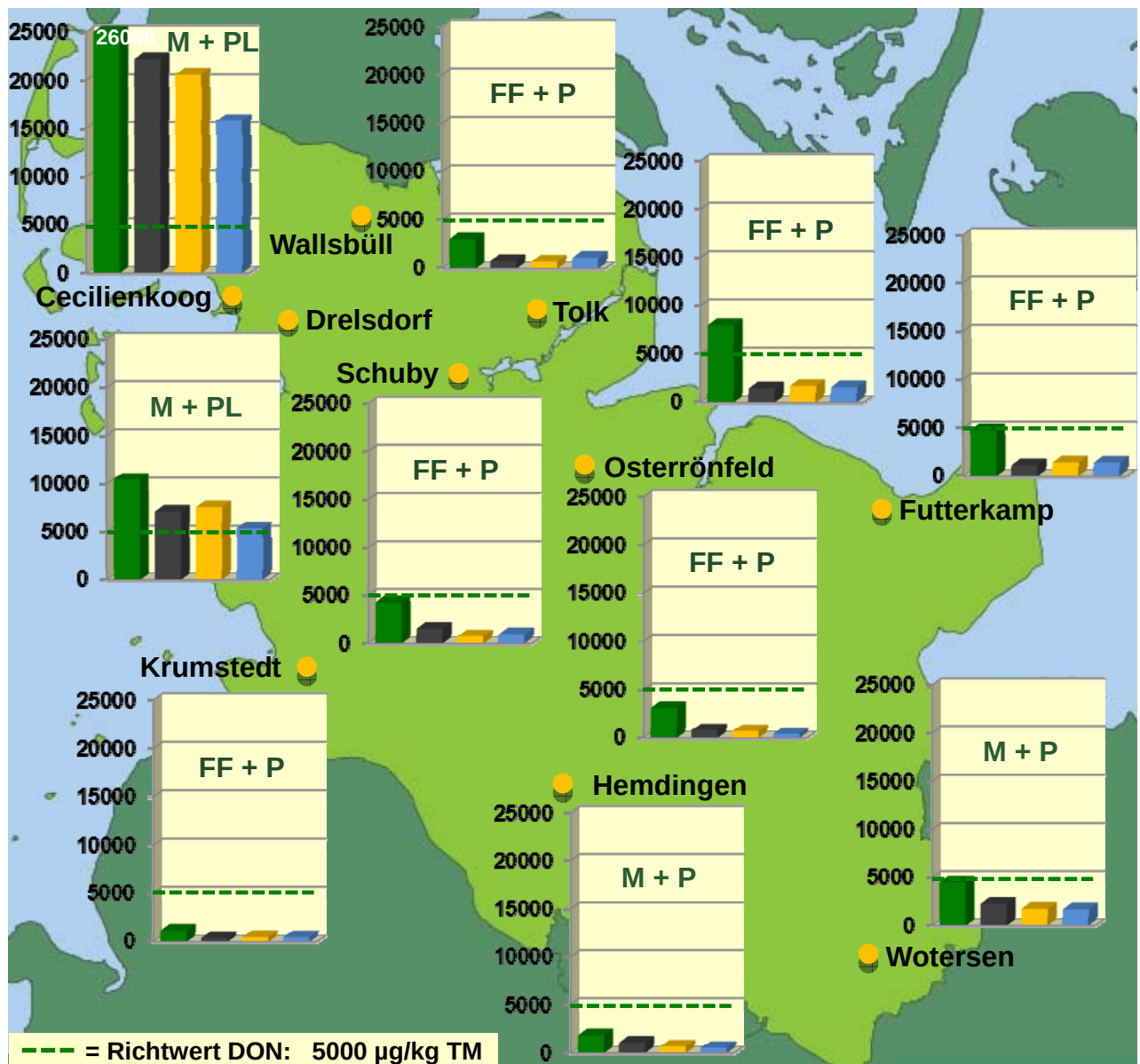


Abb. 1: Doxinivalenolbelastung (DON) in Abhängigkeit der Sorte (Lorado BSA 7 – linke Säule, P 8000 BSA 3, Torres BSA 3, LG 30222 BSA 4), der Fruchtfolgegestaltung (FF = Fruchtfolge, M = Monokultur) und Bodenbearbeitung (P = Pflugsaat, PL = Pfluglos); 2011, Schleswig-Holstein, Silomais

Es wird einerseits deutlich, dass in der *fusarium*-anfälligen Sorte Lorado durch Nutzung phytosanitärer Maßnahmen wie ausgeglichene Fruchtfolge und Pflugsaat die Mykotoxinbelastung deutlich reduziert werden kann. Insgesamt lagen jedoch die Mykotoxinwerte weiterhin deutlich oberhalb der Grenzwerte der EU-Höchstmengengrenzwertverordnung (1750 µg Deoxynivalenol/kg TM; 350 µg Zearalenon/kg TM für unverarbeiteten Mais; Richtwerte: 5000 µg Deoxynivalenol/kg TM; 500 µg Zearalenon/kg TM).

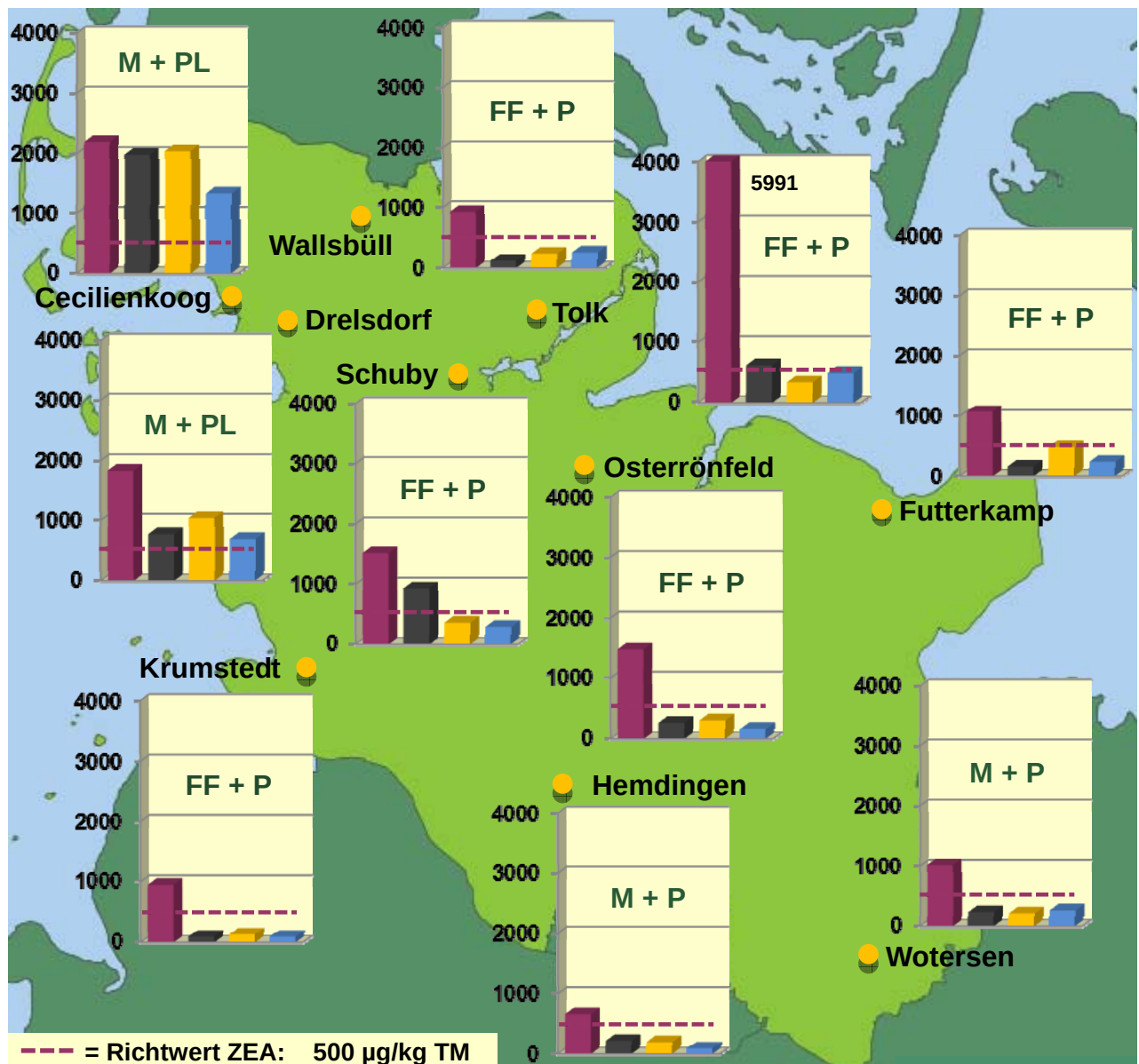


Abb. 2: Zearalenonbelastung (ZEA) in Abhängigkeit der Sorte (Lorado BSA 7 – linke Säule, P 8000 BSA 3, Torres BSA 3, LG 30222 BSA 4 – rechte Säule), der Fruchtfolgegestaltung (FF = Fruchtfolge, M = Monokultur) und Bodenbearbeitung (P = Pflugsaat, PL = Pfluglos); 2011, Schleswig-Holstein, Silomais

Die Untersuchungen zum Einfluss von Anbausystemfaktoren auf das Epidemieverhalten und einhergehende Mykotoxinbelastung durch *Fusarium*erreger dokumentieren, dass primär durch eine optimierte Gestaltung phytosanitärer Anbausystemfaktoren (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, tolerante Sortenwahl) der Mykotoxingehalt um nahezu 60 % reduziert werden konnte. Dagegen werden durch Missmanagement in Sorten geringerer *Fusarium*anfälligkeit die dahingehend überdeckt, dass durch die Wahl befallsfördernder Produktionsfaktoren wie Monokultur und pfluglose Bodenbearbeitung die sortenspezifischen Toleranzef

fekte wirkungslos bleiben. *Fusarium*infektionen der Ähren erfolgen zur Zeit der Blüte in Abhängigkeit des Niederschlages.

Risikominimierung durch optimierte Fungizidgegenmaßnahmen

Seit 1993 wird am Institut für Phytopathologie der Christians-Albrechts-Universität Kiel in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Abteilung Pflanzenschutz) jährlich wiederkehrend überregional in den Hauptanbauregionen für Winterweizen in Schleswig-Holstein ein Monitoring zum Auftreten und der Schadensdynamik von Weizenpathogenen in der genetisch einheitlichen Sorte Ritmo durchgeführt (IPS-Monitoring Weizen).

Während in der Maiskultur zur Zeit keine Zulassung von Fungiziden vorliegt, kommt der optimierten Anwendung von Fungizidgegenmaßnahmen zur Zeit der Blüte eine besondere Bedeutung zu. Es besteht in der weizen- wie in der Maiskultur eine enge Beziehung zwischen der Niederschlagsintensität und einer *Fusarium*infektion zur Zeit der Blüte.

Beispielhaft findet dieser Zusammenhang im Rahmen des IPS-Weizenmonitorings Schleswig-Holstein anhand bemessener Niederschlagsintensitäten zur Zeit der Blüte mittels überregional lokalisierter agrarmeteorologischer Messstationen und nachgewiesenen Mykotoxinwerten in den Entekornproben mittels des Geographischen Informationssystems (GIS)(Abb. 3) Darstellung.

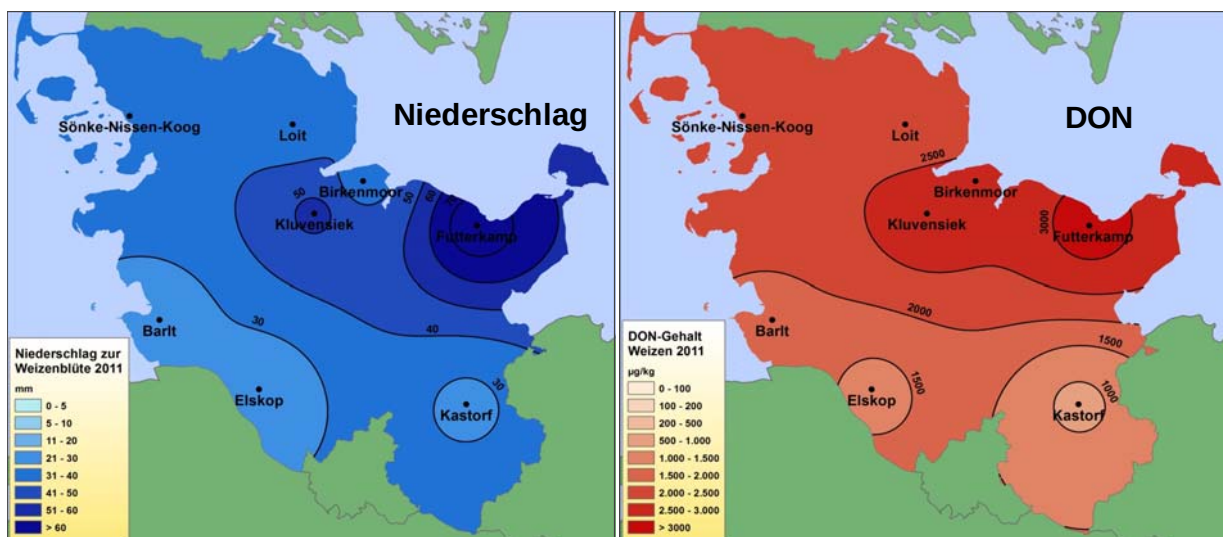


Abb. 3: Zusammenhang zwischen regionalen Niederschlagsmengen (links) während der Weizenblüte sowie der Deoxinivalenolbelastung (DON) (rechts) zur Vollreife ($\mu\text{g/kg}$) im überregionalen IPS-Weizenmonitoring 2011; Sorte Ritmo; unbehandelte Kontrolle; GIS = Geographisches Informationssystem; 8 überregionale Standorte, Schleswig-Holstein

Die anhand zur Zeit der Blüte festgestellten, regionalen Niederschlagsfrequenzen und –intensitäten (Abb. 3, links) in den DON-Belastungen der Körner (Abb. 3, rechts) ihren Niederschlag.

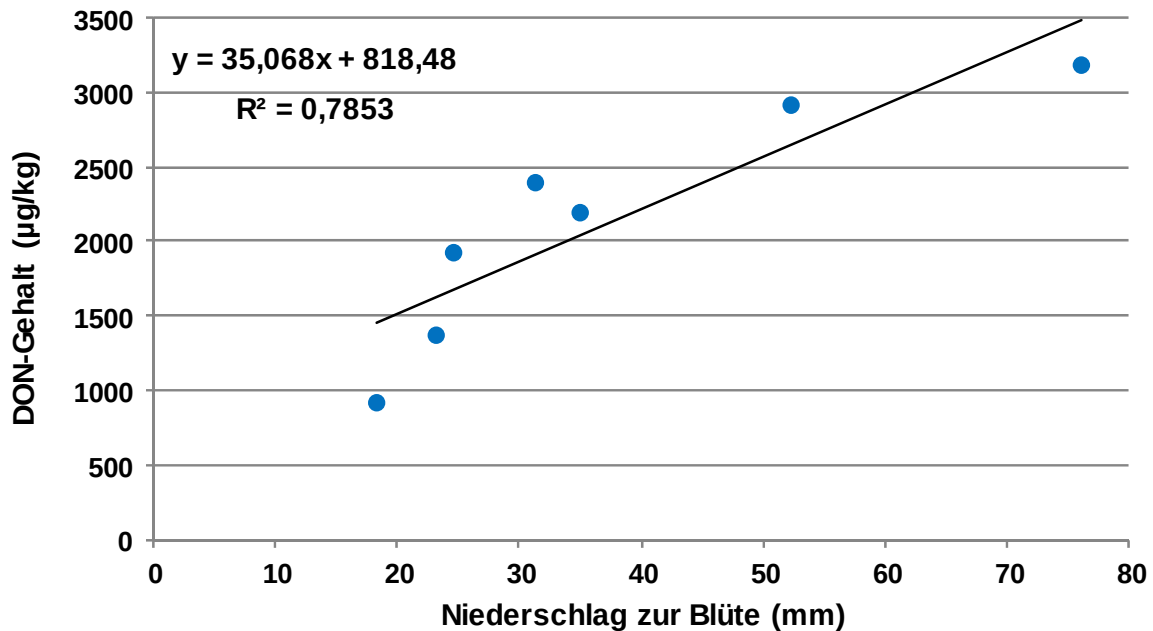


Abb. 4: Beziehung (R^2) zwischen Niederschlag zur Zeit der Blüte (mm) und DON-Gehalt ($\mu\text{g/kg}$); IPS- Monitoring Weizen, Schleswig-Holstein, 2011, Sorte Ritmo, unbehandelte Kontrolle

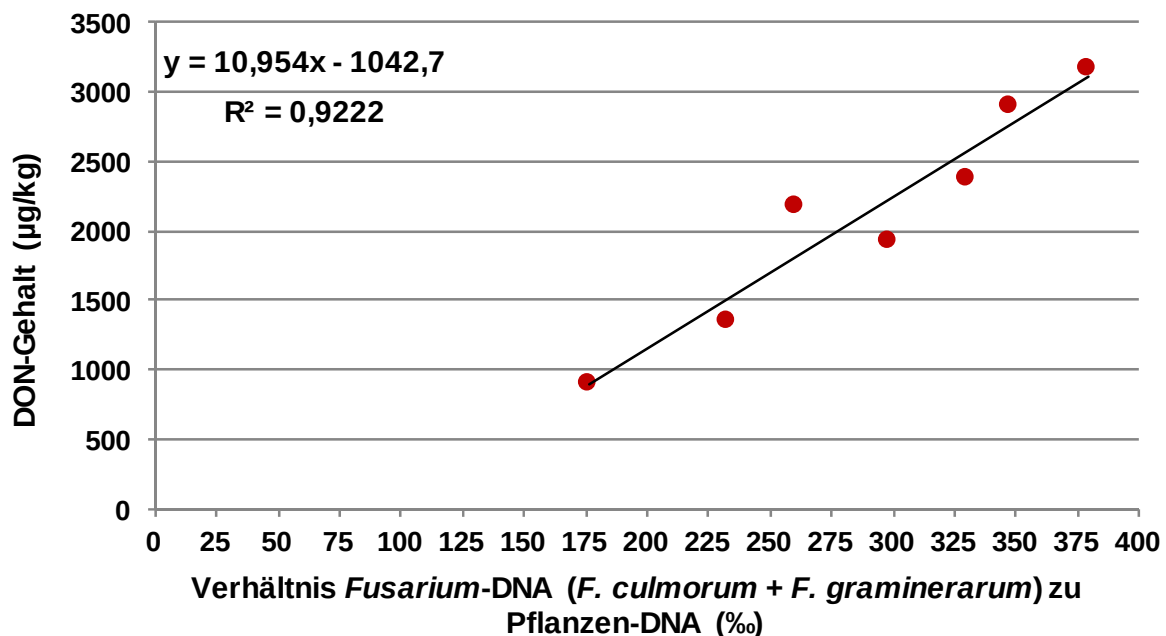


Abb. 5: Beziehung (R^2) zwischen Befallsstärke der DON-Produzenten (*F. graminearum*, *F. culmorum*) ($\%$ Fusarium-DNA) und DON-Gehalt ($\mu\text{g/kg}$) im Erntegut; IPS- Monitoring Weizen, Schleswig-Holstein, 2011, Sorte Ritmo, unbehandelte Kontrolle

Demnach korreliert der Niederschlag (Abb. 4) als Haupteinflussfaktor der *Fusarium*-Infektionen bei Getreidearten zur Zeit der Blüte sehr eng ($R^2 = 0,7853$) mit dem zur Ernte in den Kornproben nachgewiesenen DON-Gehalt, welcher primär von den DON-Produzenten *F. graminearum* und *F. culmorum* gebildet wird.

Der im Erntegut bemessene DON-Gehalt steht durch den Regressionsquotienten ($R^2 = 0,9222$) in sehr enger Beziehung zum quantitativen Nachweis, demnach der Pilz-DNA, der ausschließlichen DON-Produzenten *F. graminearum* und *F. culmorum* (Abb. 5).

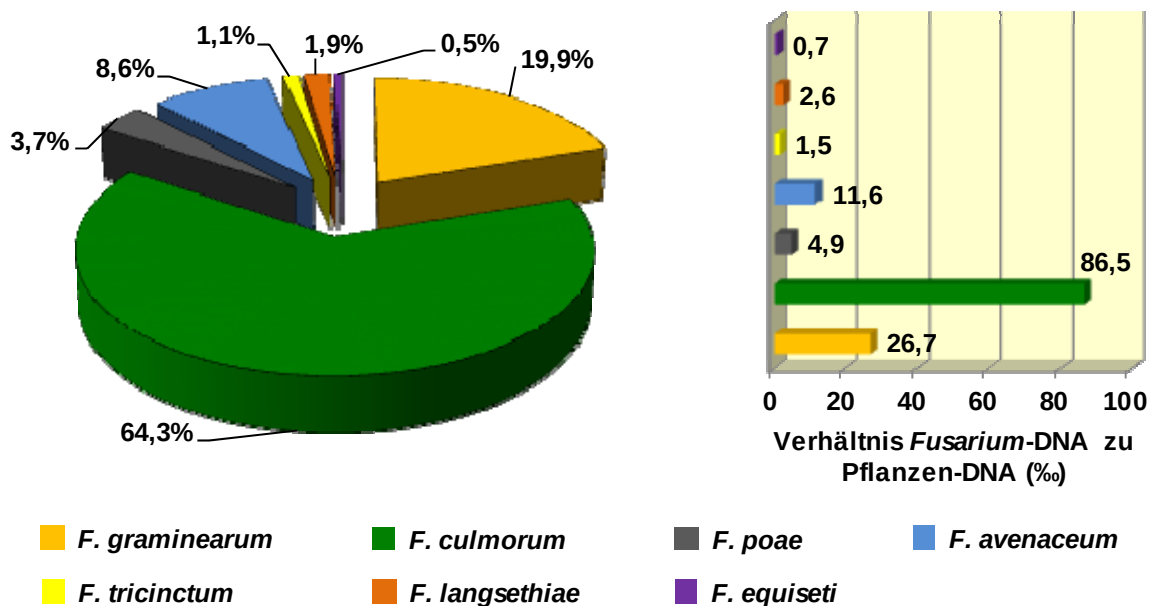


Abb. 6: Prozentualer DNA-Anteil verschiedener *Fusarium*-Arten an der Gesamt-*Fusarium*-DNA (Kreisdiagramm links) sowie Befallsstärken der nachgewiesenen *Fusarium*-Arten (dargestellt als Verhältnis der *Fusarium*-DNA zur Pflanzen-DNA in %; Balkendiagramm rechts); IPS-Monitoring Weizen, Schleswig-Holstein, Durchschnitt der Jahre 2008-2012, Sorte Ritmo, unbehandelte Kontrolle

Anhand der Bemessung der Pilz-DNA mittels quantitativer PCR dominiert im Mittel der Jahre 2008 bis 2012 im Weizenanbau Schleswig-Holsteins *Fusarium culmorum* mit 87 %, gefolgt von *F. graminearum* (27%), *F. avenaceum* (12 %) und *F. poae* (5%) das fusariumspezifische Befallsgeschehen.

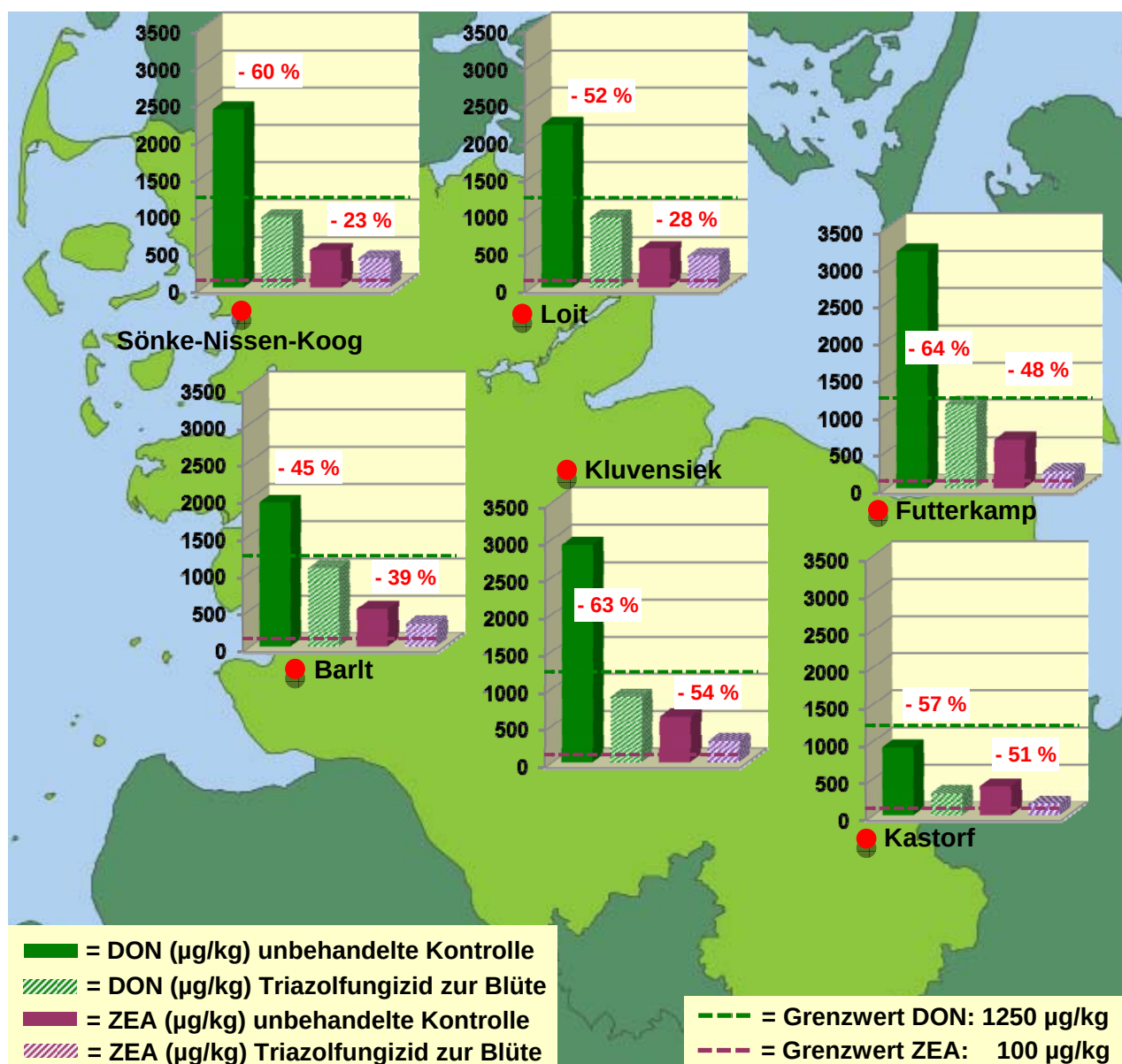


Abb. 7: IPS-Monitoring Weizen, Schleswig-Holstein, 2011, Sorte Ritmo, Mykotoxingehalte Deoxynivalenol = DON, Zearalenon = ZEA, unbehandelte Kontrolle, Blütenbehandlung EC 61-65, Fungizid Osiris (2,5l/ha, 37,5 g/l Epoxiconazol 27,5 g/l Metconazol)

In 2011 (Abb. 7) lagen überregional durch die befallsfördernden Niederschläge zur Weizenblüte die Mykotoxinwerte in den Körnern der unbehandelten Kontrolle mit bis zu 3182 µg DON/kg Korn und 657 µg ZEA/kg Korn um das zweieinhalbfache bzw. sechsfache oberhalb der gesetzlich festgelegten Höchstmengengrenzwerte (= 1250 µg Deoxynivalenol/kg Korn; 100 µg Zearalenon/kg Korn). Die durch die Niederschläge zur Weizenblüte ausgelösten überregionalen *fusarium*spezifischen Fungizidgegenmaßnahmen führten durch die gezielte Be-

kämpfung zu einer erheblichen Risikominimierung der Mykotoxinmengen. So konnten überregional die Deoxynivalenolgehalte um 61% und die Zearalenongehalte um 43% reduziert werden. Während durch die Fungizidmaßnahmen überregional der Deoxynivalenolgehalt unterhalb des Höchstmengengrenzwertes reduziert werden konnte, lagen die Zearalenongehalte trotz fungizider Gegenmaßnahme oberhalb des Grenzwertes.

Es wird deutlich, dass in der Weizenkultur die erforderlichen fungiziden Gegenmaßnahmen nach Niederschlägen zur Blüte eine erhebliche Risikominimierung bezüglich der Mykotoxingehalte nach sich ziehen (http://www.ips-weizen.de/index_fusarium.htm).

Bezüglich der Befalls-, Qualitäts- und Ertragskontrolle von *Fusarium*erregern sowie der Futter- und Lebensmittelsicherheit ist weitere Forschung hinsichtlich von Bekämpfungsstrategien (Anbausystemfaktoren, Fungizide) in der Mais- sowie Getreidekulturen erforderlich. Die Ergebnisse erfordern die Rückkehr zur vermehrten Nutzung von pflanzenhygienisch wirksamen Anbausystemfaktoren sowie die Notwendigkeit gezielter fungizider Gegenmaßnahmen, insbesondere zur Risikominimierung wertmindernder, biotischer Lebensmittelinhaltstoffe (Mykotoxine) im Sinne von Verbrauchern, Umwelt und Landwirtschaft.

Dem Pflanzenschutz stehen hierzu vielfältige Anwendungsverfahren zur Verfügung, die von phytosanitären Maßnahmen acker- und pflanzenbaulicher Faktoren bis hin zu chemisch-therapeutischen Maßnahmen einschließlich von kulturspezifischen Resistenzeigenschaften reichen. Die dominante Einflussgröße von *Fusarium*epidemien stellt die standort- und jahresspezifische Witterung dar (nicht beeinflussbar). Als wichtigste Maßnahme zur Risikominimierung der Mykotoxinbelastung in der Nahrungs- und Futtermittelproduktion wird die pflanzenhygienische Gestaltung von Anbauparametern (beeinflussbar) angesehen. Hierzu zählen insbesondere die wendende Bodenbearbeitung (Pflugsaat versus Minimalbodenbearbeitung), die Fruchtfolge (versus Monokultur), die Sortenwahl (Nutzung sortenspezifischer Resistenzeigenschaften). Darüber hinaus stehen der Praxis für chemisch-therapeutische Maßnahmen zur direkten Bekämpfung der *Fusarium*erreger und Unterbindung der pilzlichen Mykotoxinproduktion aus der fungiziden Wirkstoffgruppe der Triazole systemische, kurativ-heilende Wirkstoffe wie Met-, Tebu- und Prothioconazol zur Verfügung. Anhand von Exaktfallstudien werden genaue Indikationsterminierungen für den Bekämpfungserfolg dargestellt. Der Nachweis einer überregional zunehmenden Epidemieprogression von *Fusarium*erregern mit einhergehend ansteigender Mykotoxinbelastung wird dokumentiert.

Nutzung von Sortenunterschieden zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz

Gunda Schulte auf'm Erley und Karl-Hermann Mühling

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

Einleitung

Stickstoffbilanzüberschüsse lassen sich neben pflanzenbaulichen und düngungstechnischen Maßnahmen auch durch die Sortenwahl reduzieren (Raun und Johnson, 1999). Generell sind Sorten mit hohem Ertragspotential zur Verminderung von Bilanzüberschüssen geeignet, wenn dadurch auch eine hohe Stickstoffabfuhr vom Feld gewährleistet wird. Dies ist insbesondere der Fall bei Sorten mit einer hohen Stickstoffaufnahmeeffizienz oder bei Sorten mit einer hohen Stickstoffverlagerung in die Ertragsorgane, d. h. einem hohen Stickstoffharvestindex. Darüber hinaus werden Stickstoffbilanzüberschüsse vor allem durch eine Reduktion der Düngermenge vermieden. Hierzu ist ein Anbau stickstoffeffizienter Sorten erforderlich, um Ertragsseinbußen zu vermeiden. Genotypische Stickstoffeffizienz ist dabei definiert als Fähigkeit eines Genotypen, bei begrenztem Stickstoffangebot einen Ertrag zu erzielen, der das Mittel der Population übersteigt (Graham, 1984). Die Stickstoffeffizienz einer Sorte kommt daher nur bei reduziertem Stickstoffangebot zum Tragen.

Beispiel Mais

Bei Maissorten konnte eine deutliche Varianz sowohl im Ertragspotential als auch in der Stickstoffeffizienz nachgewiesen werden (Worku et al., 2007). Sorten mit hohem Ertragspotential bei ausreichender Stickstoffdüngung hatten dabei nicht notwendigerweise auch eine hohe Stickstoffeffizienz. Die Stickstoffeffizienz der Sorten war in starkem Maße mit einer hohen Stickstoffaufnahmeeffizienz korreliert. Eine hohe Stickstoffaufnahme wurde dabei vor allen Dingen durch hohe Stickstoffaufnahmeleistungen nach der Blüte erreicht. Unterschiede in der Stickstoffaufnahme bis zur Blüte waren dagegen weniger stark ausgeprägt und trugen nicht nachweislich zu Ertragsunterschieden bei. Darüber hinaus waren stickstoffeffiziente Sorten durch eine verzögerte Blattseneszenz gekennzeichnet (Worku et al., 2012). Die verzögerte Blattseneszenz ist möglicherweise für die

höheren Stickstoffaufnahmeleistungen ab Blüte verantwortlich, da die unteren Blätter im Bestand die Wurzeln mit Kohlenstoffassimilaten versorgen und somit zu einer höheren Wurzelaktivität beitragen können. Die Sortenunterschiede in der Blattseneszenz konnten dabei auch bei der Anzucht von Keimlingen unter Stickstoffmangelbedingungen im Gewächshaus nachgewiesen werden (Schulte auf'm Erley et al., 2007). Die Kontrolle der Blattseneszenz scheint daher stark genetisch bestimmt zu sein. Das Ausmaß der Blattseneszenz in den Gewächshausversuchen korrelierte signifikant mit der Ausprägung der Blattseneszenz in den Feldversuchen und – wenn auch schwächer ausgeprägt – mit der Stickstoffeffizienz der Sorten. Eine Selektion von Sorten auf eine verzögerte Blattseneszenz zur Erreichung einer höheren Stickstoffeffizienz scheint somit möglich.

Beispiel Winterraps

Eine Kulturart mit hohen Stickstoffbilanzüberschüssen in der mitteleuropäischen Landwirtschaft ist der Winterraps. Auch beim Winterraps konnte eine deutliche Varianz sowohl im Ertragspotential als auch in der Stickstoffeffizienz der Sorten nachgewiesen werden (Schulte auf'm Erley et al., 2011). Stickstoffeffiziente Sorten waren dabei in erster Linie durch eine hohe Aufnahmeeffizienz gekennzeichnet. Bei hohem Stickstoffangebot kam es zudem zunehmend zu Sortenunterschieden im Stickstoffharvestindex, die ebenfalls zu einem hohen Ertragspotential beitrugen (Ulas et al., 2013). Eine hoher Stickstoffharvestindex wurde dabei durch geringere Stickstoffmengen in den Ernterückständen der abgefallenen Blätter und vor allem der Stängel erreicht (Ulas et al., 2011).

Beispiel Weißkohl

Hohe Stickstoffdüngungsmengen sind auch besonders im Gemüseanbau, vor allem Dingen beim Weißkohl, üblich. Auch bei Weißkohlsorten konnten Unterschiede in der Stickstoffeffizienz nachgewiesen werden (Schulte auf'm Erley et al., 2010). Die untersuchten Weißkohlsorten unterschieden sich dabei innerhalb derselben Reifegruppe kaum in der Stickstoffaufnahme. Im Gegensatz dazu unterschied sich die Stickstoffretranslokation von den Umblättern in die Köpfe deutlich zwischen den Sorten. Die Sorten mit hohen Erträgen wiesen dabei auch eine hohe Stickstoffumverteilung in den Kopf auf. Die höhere Stickstoffretranslokation war dabei mit einer umfangreichen Blattseneszenz und Blattverlusten der Umblätter vor der Reife verbunden.

Schlussfolgerungen

Je nach Stickstoffversorgungsniveau und Kulturart sind Stickstoffaufnahmeeffizienz oder Stickstoffharvestindex von unterschiedlicher starker Bedeutung für den Ertrag und die Stickstoffabfuhr vom Feld. Bei geringer Stickstoffversorgung ist die Aufnahmeeffizienz von überragender Bedeutung, während bei höherer Stickstoffdüngung die Stickstoffumverteilung vor der Reife an Bedeutung gewinnt. Zum Erreichen einer hohen Aufnahmeeffizienz unter Stickstoffmangelbedingungen scheint eine verzögerte Blattseneszenz von Vorteil zu sein, während für die Stickstoffremobilisierung eine frühe Blattseneszenz von Vorteil sein kann.

Literatur

Graham RD (1984) Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: Tinker PB, Läuchli A (eds) *Advances in Plant Nutrition* (Vol. 1). Praeger Publishers, New York, pp 57-102

Raun WR, Johnson GV (1999) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 91: 357-363

Schulte auf'm Erley G, Begum N, Worku M, Bänziger M, Horst WJ (2007) Leaf senescence induced by nitrogen deficiency as indicator of genotypic differences in nitrogen efficiency in tropical maize. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 106-114

Schulte auf'm Erley G, Behrens T, Ulas A, Wiesler F, Horst WJ (2011) Agronomic traits contributing to nitrogen efficiency of winter oilseed rape cultivars. *Field Crops Res.* 124: 114-123

Schulte auf'm Erley G, Dewi ER, Nikus O, Horst WJ (2010) Genotypic differences in nitrogen efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Plant Soil* 328: 313-325

Ulas A, Behrens T, Wiesler F, Horst WJ, Schulte auf'm Erley G (2013) Does genotypic variation in nitrogen remobilisation efficiency contribute to nitrogen efficiency of winter oilseed-rape cultivars (*Brassica napus* L.)? *Plant Soil* (accepted)

Ulas, A., Behrens T, Wiesler F, Horst WJ, Schulte auf'm Erley G (2011) Influence of N fertilization and genotype on N retranslocation during reproductive growth in oilseed rape. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 23, 142-143

Worku M, Bänziger M, Schulte auf'm Erley G, Friesen D, Diallo AO, Horst WJ (2007) Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. *Crop Sci.* 47: 519-528

Worku M, Bänziger M, Schulte auf'm Erley G, Friesen D, Diallo AO, Horst WJ (2012) Nitrogen efficiency as related to dry matter partitioning and root system size in tropical mid-altitude maize hybrids under different levels of nitrogen stress. *Field Crops Res.* 130: 57-67

Ökosystemdienstleistungen in der Agrarlandschaft:

Neue Konzepte für das Umweltmanagement

Felix Müller und Benjamin Burkhard

Institut für Natur- und Ressourcenschutz

In den vergangenen Monaten wurde von vielen politischen Instanzen die Einbeziehung von Ökosystemleistungen (auch „Ökosystemdienstleistungen“ oder „Ecosystem Services“) in Umwelt-Management-Konzepte gefordert. So stellt z.B. das BMELV (2013)⁴ auf seiner Webseite fest, dass die Landwirtschaft neben der Erfüllung des globalen Nahrungsbedarfs „weitere wirtschaftliche, ökologische und soziale Leistungen und Funktionen auch für kommende Generationen“ sicherstellen muss. Und im Agrarpolitischen Bericht (BMELV 2011)⁵ wird unter der Zielsetzung „Nachhaltige Landnutzung fördern“ folgende Aussage gemacht: „Nachhaltige Landnutzung und biologische Vielfalt sichern unverzichtbare Ökosystemleistungen und erhalten damit auch natürliche Anpassungskapazitäten an den Klimawandel.“ Auch die Europäische Kommission (2011)⁶ legt in ihrer jüngsten Biodiversität-Strategie als Vision für 2050 folgendes Ziel fest: „Schutz, Wertbestimmung und Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der von ihr erbrachten Dienstleistungen - des Naturkapitals - der Europäischen Union aufgrund des Eigenwerts der biologischen Vielfalt und ihres fundamentalen Beitrags zum Wohlergehen der Menschen und zum wirtschaftlichen Wohlstand.“ Weiterhin fordert sie, dass die „Mitgliedstaaten „...“ den Zustand der Ökosysteme und Ökosystemdienstleistungen in ihrem nationalen Hoheitsgebiet bis 2014 kartieren und bewerten, den wirtschaftlichen Wert derartiger Dienstleistungen prüfen und die Einbeziehung dieser Werte in die Rechnungslegungs- und Bericht-erstattungs-systeme „...“ bis 2020 fördern.“

Wozu können Ökosystemleistungen dienen?

Aus den aufgeführten Beispielen lässt sich ein hoher Entwicklungs- und Anwendungsbedarf ableiten. Diese Nachfrage erwächst sicherlich aus dem Zusammenhang mit der Tatsache, dass jedes Verfahren im Umweltmanagement

⁴ http://www.bmelv.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/nachhaltige_landnutzung_node.htm

⁵ www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Agrarbericht2011.pdf?__blob=publicationFile

⁶ http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/comm_2011_244/1_DE_ACT_part1_v2.pdf

notgedrungen mit dem Schritt einer Bewertung verknüpft ist und dass hierfür bislang keine abschließend akzeptierten Konzepte normiert worden sind. Einer der Gründe hierfür mag in den hohen interdisziplinären Anforderungen des Nachhaltigkeits-Konzepts begründet sein: Ökologische, ökonomische und soziale Argumente sollen gleichwertig in die Waagschale des Entscheidungsprozesses geworfen werden. Und eben diese integrierenden Anforderungen können mit dem Ökosystemleistungsansatz erfüllt werden. Hinzu kommt, dass Ökosystemleistungen nützlich sind, um eine bislang kaum belebte Zielsetzung des Naturschutzgesetzes zu operationalisieren, nämlich die in § 1 geforderte „Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter.“

Was sind Ökosystemleistungen?

Für Ökosystemleistungen existieren viele verschiedene Definitionen, die sich aber auf einen Aussagekern kondensieren lassen: So werden „Ecosystem Services“ vom Millennium Ecosystem Assessment (2003) als „Dienstleistungen, die von der Natur (unentgeltlich) erbracht werden und vom Menschen genutzt werden können, um sein Wohlergehen zu gewährleisten“ bezeichnet. Grunewald und Bastian (2013) sprechen von „Leistungen, die von der Natur erbracht und vom Menschen genutzt werden“ und Burkhard et al. (2010) bezeichnen Ökosystemleistungen als „Beiträge von Ökosystemstrukturen und -funktionen, die - in Kombination mit anderen Beiträgen - die menschliche Wohlfahrt fördern.“

Diese definitorischen Anforderungen gelten für viele Strukturen und Prozesse, die auch als wesentliche Kriterien für eine intakte Agrarlandschaft herangezogen werden können. Das Spektrum anerkannter Leistungstypen wird in Abbildung 1 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Agrarlandschaften vor allem aufgrund der ersten Kategorie – der Versorgungsleistungen - von besonderer Bedeutung sind: *Versorgungsleistungen* ergeben sich aus der Produktion nutzbarer Güter durch ökosystemare oder landschaftliche Strukturen und Prozesse. Hierzu zählen alle landwirtschaftlichen Produkte und Marktgüter, aber auch Güter aus der Forstwirtschaft und Fischerei sowie abiotische und mineralische Ressourcen.

Regulationsleistungen erzeugen gesellschaftlichen Nutzen durch die Regelung und Organisation ökologischer Prozesse. Sie beinhalten viele aktuell nachgefragte Wechselwirkungen (z.B. globale Klimaregulation, Nährstoffregulation), die die Resilienz des gesamten Mensch-Umwelt-Systems fördern und zu einer ausgewogenen natürlichen Dynamik führen (z.B. Hochwasserschutz, Erosionsregulierung). In Agrarökosystemen werden alle in Abbildung 2 aufgeführten Leistungen erbracht, sind aber gleichermaßen durch Übernutzungen gefährdet. Agrarlandschaften sind darüber hinaus auch Träger *kultureller Ökosystemleis-*

tungen. Sie können zur Landschaftsästhetik beitragen, können als Areale der Inspiration betrachtet werden und dienen der menschlichen Erholung. Wichtige Komponenten des Kultur- und Naturerbes finden sich in Agrarlandschaften, und sie eignen sich gut für Bildungsaktivitäten über ökologische Zusammenhänge im Rahmen des Ressourcen-Managements.



Abbildung 1: Typisierung von Ökosystemleistungen nach Kandziora et al. (im Druck).

Ökosystemleistungen stellen im Rahmen des Konzepts der so genannten „Ökosystemleistungskaskade“ (z.B. Haines-Young und Potschin 2010) ein Verbindungsglied zwischen ökologischen Komponenten (Ökosystem und Biodiversität in Abb. 2) und anthropozentrischen Standpunkten (menschliche Wohlfahrt in Abb. 2) dar: Basierend auf dem Wirkungsgefüge biophysikalischer und ökologischer Eigenschaften ergeben sich bestimmte Wirkungsbereiche als integrale Bündel struktureller und prozessualer Interaktionen im Ökosystem. Hierbei wird „Funktion“ als ein rein naturwissenschaftliches Interaktionsgefüge verstanden (z.B. populations-dynamische Prozesse, Wasserhaushalt, Energiehaushalt, etc.), das auf der Basis des Konzepts der „Ökologischen Integrität“ (Müller 2005) charakterisiert werden kann. Diese Funktionen sind Grundlagen für die in Abb. 1 aufgeführten Ökosystemleistungen, die direkt mit einem poten-

ziellen gesellschaftlichen Nutzen verknüpft sind (de Groot et al. 2010, Kumar 2010). Schließlich entscheiden die sozialen und ökonomischen Nachfragen, Bedeutungen und Wichtungen dieses Nutzens über den Wert der Leistungen, der häufig durch monetäre Einheiten oder Zahlungsbereitschaften charakterisiert wird.

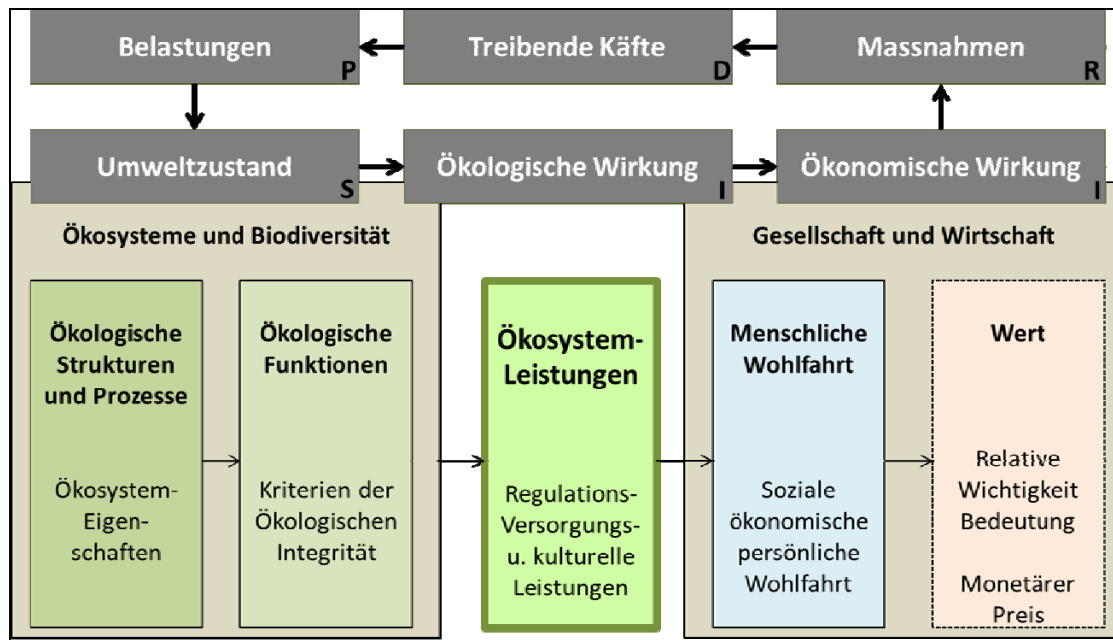


Abbildung 2: Die Ökosystemleistungs-Kaskade nach Haines-Young und Potschin (2010), De Groot et al. (2010), Müller et al. (2010) als Element des umfassenden DPSIR-Indikatorenansatz zur Charakterisierung von Mensch-Umwelt-Beziehungen.

Wie können Ökosystemleistungen quantifiziert werden?

Für die Quantifizierung der Ökosystemleistungen werden ökologische Methoden und ökonomische Ansätze gleichermaßen verwendet. Die *ökologische Kennzeichnung* beginnt mit einer Standortanalyse, bei der abiotische und biotische Ökosystemeigenschaften und -Funktionen aus dem Wasser-, Stoff- und Energiehaushalt quantifiziert und regionalisiert werden. Auf dieser Basis werden dann Leistungsindikatoren für alle Leistungstypen (vgl. Abb. 1) definiert und anhand von Statistiken, Bilanzen, Messungen, Modellen oder Interviews quantifiziert. Daraufhin kann das System im Planungsverlauf mit Hilfe von Transferfunktionen, Modellen und Szenarien dynamisiert und abschließend einer Bewertung durch Interviews oder Umfragen unterzogen und in partizipative Entscheidungsfindungen einbezogen werden.

Die *sozialwissenschaftlichen Methoden* nehmen die physischen Charakterisierungen der naturwissenschaftlichen Kennzeichnung auf. Sie basieren auf der

Idee eines ökonomischen Gesamtwertes, der sich aus Nutzungswerten, Optionswerten und Nicht-Nutzungswerten ergeben kann (vgl. Abb. 3). Zur Erfassung dieser Werte werden viele verschiedene Instrumente aus der Umwelt-Ökonomie verwendet. So werden etwa Marktpreise, Gewinne oder Produktionskosten errechnet, Schadenskosten, Vermeidungskosten, Reparaturkosten oder Ersatzkosten für die Abschätzung der Bewertung von Regulationsleistungen verwendet. In Bezug auf die kulturellen Leistungen können Immobilienpreise, Reisekosten, Pachten und Lizenzen oder Eintrittspreise als Indikatoren gewählt werden. Daneben werden häufig Zahlungsbereitschaftsanalysen, Auswahlanalysen oder die Methoden des Werte-Transfers angewendet, um ökonomische Naturwerte zu berechnen.

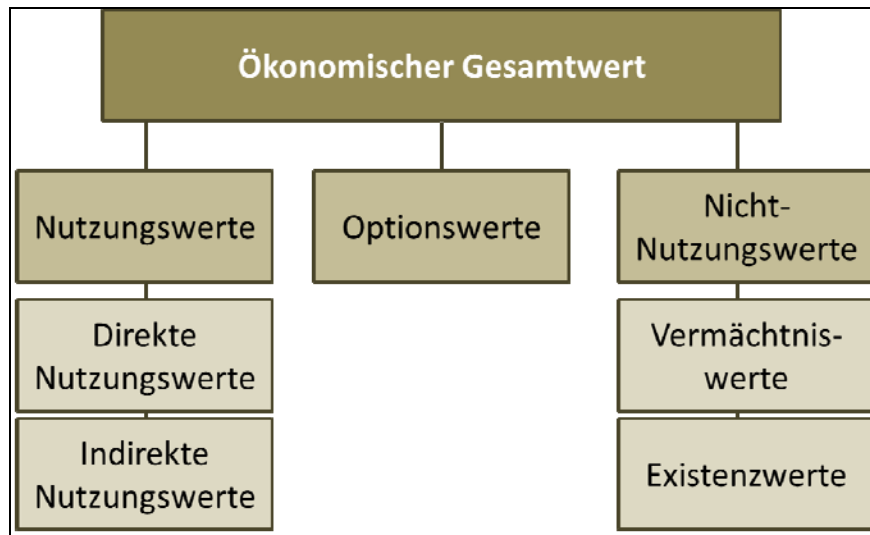


Abbildung 3: Elemente eines ökonomischen Gesamtwertes von Ökosystemleistungen, nach Grunewald und Bastian (2013).

Am Institut für Natur- und Ressourcenschutz der CAU Kiel werden vornehmlich naturwissenschaftlich orientierte Analysen von Ökosystemleistungen auf dem Landschaftsniveau in vielen Untersuchungsgebieten durchgeführt. Abb. 4 zeigt ein Teilergebnis solcher Arbeiten in Form von Ökosystemleistungskarten auf der Landschaftsebene. Hierbei handelt es sich um die Region Halle-Leipzig, in der basierend auf CORINE Landnutzungsdaten, Bodenkarten, Klimadaten, hydrologischen Daten sowie Agrarstatistiken verschiedene Ökosystemleistungen für die Jahre 1990, 2000 und 2007 quantifiziert und klassifiziert wurden (vgl. Kroll et al. 2012, Burkhard et al. 2009). Die Karten in Abbildung 4 zeigen die Landbedeckungsklassen des Gebietes aus dem europäischen CORINE-

Datensatz (links) und die regionale Verteilung der Versorgungsleistung „Nahrungsproduktion durch Pflanzen“ (rechts) die in 6 verschiedenen Klassen (0=keine relevante Kapazität, 5 =sehr hohe Kapazität) dargestellt ist. Deutlich werden die hohen Werte der Nahrungsbereitstellung in den agrarisch geprägten Flächen im Gegensatz zu den urbanen Regionen oder den Waldflächen.

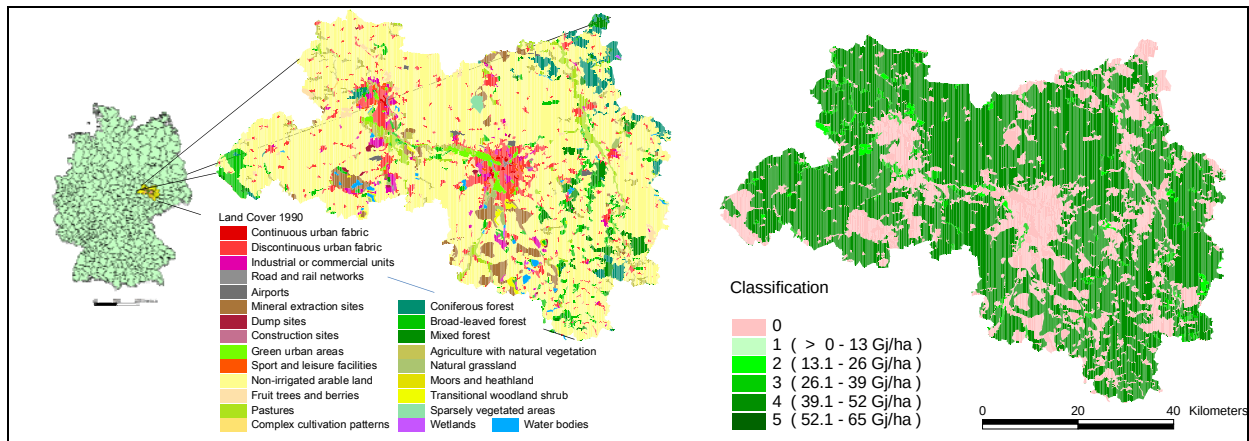


Abbildung 4: CORINE Landbedeckungskarte der Region Halle-Leipzig im Jahr 1990 (links) sowie Karte der Versorgungs-Ökosystemleistung „Nahrungsproduktion durch Pflanzen“ 1990 (nach Kroll et al. 2012, Burkhard et al. 2009).

Neben den Landschaftsanalysen werden auch kleinräumige Ökosystemleistungs-Quantifizierungen z.B. auf Ökosystemebene durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Einzeluntersuchungen fließen dann zusammen, um ein Modellsystem weiter zu entwickeln, das in Form einer Bewertungsmatrix (Abb. 5) Hinweise für eine schnelle Abschätzung von Ökosystemleistungen – etwa für den Planungsprozeß - gibt. An den Schnittstellen zwischen den Landbedeckungsklassen (y-Achse) und den Ökosystemleistungskomponenten (x-Achse) werden alle relevanten Kapazitäten auf einer relativen Skala von 0 (keine relevante Kapazität zur Bereitstellung der entsprechenden Leistung) bis 5 (maximale Kapazität im Untersuchungsgebiet) bewertet. Da die CORINE-Landnutzungstypen 44 Klassen beinhalten und die hier verwendete Liste der Ökosystemfunktionen und -Leistungen 39 Kategorien enthält, sind somit insgesamt 1716 Kapazitätsbewertungen vorzunehmen. Daneben dient diese Matrix auch als Grundkonzept für die modellhafte Darstellung der Interaktionen. Das Ziel dieser Arbeiten ist ein EDV- Bewertungssystem, das in Kopplung mit Geographischen Informationssystemen und in automatisierter Form Kapazitätsabschätzungen für Ökosystemleistungen auf der Landschaftsebene erbringen kann. Zu diesem Zweck müssen sehr viele Teilmodelle miteinander verknüpft werden, so dass jeder Matrix-Knoten mit entsprechenden Funktionen belegt ist.

Welches sind die Potenziale und Probleme des Konzepts?

In der aktuellen Forschungslandschaft und der Umweltpraxis wird das Konzept der Ökosystemleistungen oftmals als eine gute Methode zur Charakterisierung und Klassifizierung von Mensch–Umwelt–Interaktionen verstanden.

Ökosystemleistungen gelten als interessanter Ansatz für die Umweltbewertung und stellen umfangreiche Daten und Zusammenhänge für Entscheidungsprozesse bereit. Das Konzept liefert Nachhaltigkeits-orientierte Argumentationsmaterialien für die Umweltplanung und somit interdisziplinäre Indikatorensätze für die Abbildung von Nachhaltigkeitsstrategien. Schließlich werden Ökosystemleistungen als hilfreiche Konzepte zur Demonstration der Abhängigkeiten des Menschen von natürlichen Strukturen und Prozessen verstanden.

Auf der anderen Seite erwächst auch Kritik, weil die praktische Implementierung bislang nur an sehr wenigen Beispielen durchgeführt werden konnte und weil die Konsistenz der Grundkonstruktion zwischen biotischen Prozessen und monetären Werten aus der Kaskade in Abb. 2 noch weiterer Vertiefungen und Verknüpfungen bedarf. Weiterhin erwarten Kritiker bessere quantitative Nachweise für die Beziehungen zwischen Leistungen und Wohlfahrtskriterien. Und schließlich ergeben sich aus der Methodenvielfalt bei der ökonomischen Werteberechnung methodische Probleme, insbesondere hinsichtlich der Vergleichbarkeit der einzelnen Wertungsverfahren und es werden die starken regionalen Unterschiede in der Bewertung verschiedener Leistungen moniert. Darüber hinaus liegen insbesondere von der Naturschutz-Seite grundsätzliche ethische Einwände gegen den ausgeprägt anthropozentrischen Aspekt des Konzepts und gegen das Grundprinzip einer Ökonomisierung der Natur vor. Diese Einwände bieten eine gute Grundlage für eine verbesserte Ausarbeitung der Konzepte und Methoden und sie liefern interessante Inhalte für weiterführende Diskussionen über nachhaltige Entwicklungsstrategien von mensch-Umwelt-Systemen.

	Ökologische Integrität								Regulation Leistungen								Versorgungsleistungen								Kulturelle Leistungen																	
	1 Exergieaufnahme	2 Entropieproduktion	3 Speicherkapazität	4 Stoffkreislauf und Stoffverteilung	5 Biotische Wässerflüsse	6 Metabolische Effizienz	7 Heterogenität	8 Biodiversität	9 Globale Klimaregulation	10 Lokale Klimaregulation	11 Luftreinhalung	12 Wasserkreislaufregulation	13 Wasserreinigung	14 Nährstoffregulation	15 Erosionskontrolle	16 Naturkatastrophenkontrolle	17 Bestäubung *	18 Schädlings- und Krankheitskontrolle	19 Abfallregulation *	20 Pflanzen	21 Biomasse zur Energiegewinnung	22 Futter **	23 Tierhaltung	24 Fasern	25 Holz	26 Brennholz	27 Frisch, meeresumwachte & essbare Pflanzen	28 Aquakultur	29 Wildprodukte	30 Biochemikalien & Medizin	31 Frischwasser	32 Mineralien ***	33 Abiotische Energieresourcen ***	Kulturelle Leistungen								
																																			34 Erholung & Tourismus	35 Landschaftsästhetik & Inspiration	36 Wälderessourcen	37 Religiöse & spirituelle Erfahrungen	38 Kulturelles Erbe & kulturelle Naturerbe & Biodiversität			
1 Durchgängig städtische Prägung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	5	1	0		
2 Nicht durchgängig städtische Prägung	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	1	5	1	0	
3 Industrie- und Gewerbeflächen	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0		
4 Straßen, Eisenbahn	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
5 Hofgebäude	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0
6 Freizeitanlagen	1	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
7 Wälderflächen	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	1	0	0		
8 Dämonen und Abwässerkanäle	0	0	5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9 Dämonen	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10 Städtische Grünflächen	4	3	2	3	2	1	3	3	1	2	1	2	1	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11 Sport- und Freizeitanlagen	4	3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12 Nicht bewirtschaftetes Ackerland	5	4	4	1	3	4	3	2	1	2	0	1	0	0	0	1	0	2	2	5	2	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13 Permanent bewirtschaftetes Ackerland	5	4	3	1	5	2	3	2	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1	2	5	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14 Reisfelder	5	4	3	1	5	1	3	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	1	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15 Weinbauflächen	3	2	2	0	3	1	3	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16 Obst- und Beerenobstbäume	3	2	3	2	4	2	4	3	2	2	2	2	1	1	2	2	5	3	2	5	1	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17 Grünland	3	2	3	1	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3	2	4	1	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18 Wiesen und Weiden	5	5	4	2	4	5	2	2	1	1	0	1	0	0	4	1	0	2	4	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19 Städtische und permanente Grünflächen	4	3	3	2	3	2	2	2	1	2	1	1	0	0	1	0	0	2	2	5	1	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20 Korporative Parklandschaften	4	3	3	1	3	2	4	3	1	2	0	1	0	0	0	1	0	3	2	4	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21 Landwirtschaft & Natur	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	1	2	1	0	3	1	0	3	2	3	2	2	3	4	3	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22 Agro-Forstflächen	4	3	4	4	4	3	4	4	1	2	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23 Landwirtschaft	5	4	5	5	5	4	3	4	4	5	5	2	5	5	5	3	5	4	4	0	1	1	0	0	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24 Waldland	5	4	5	5	4	4	3	4	4	5	5	2	5	5	5	3	5	4	4	0	1	1	0	0	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25 Mischwald	5	4	5	5	5	4	3	5	4	5	5	2	5	5	5	3	5	5	5	0	1	1	0	0	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26 Mischwald	4	3	5	5	4	4	3	5	3	2	0	1	5	5	5	1	0	1	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27 Walden und Mooren	4	3	5	5	4	5	3	4	3	4	0	2	4	3	0	2	2	2	3	0	2	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28 Halbsavanne	3	2	2	4	2	3	3	4	1	2	0	1	0	0	0	1	2	2	3	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29 Nicht-Struktur-Übergangszonen	3	2	2	4	2	3	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	1	0	2	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30 Grünland, Dünen, Sandflächen	1	0	1	0	1	1	3	3	0	0	0	1	0	0	0	5	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
31 Feuchtwiesen ohne Vegetation	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
32 Feuchtwiesen mit spärlicher Vegetation	1	1	1	1	1	0	2	3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
33 Brandflächen	0	0	3	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
34 Gletscher und Permafrost	0	0	0	0	0	0	2	1	3	3	0	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
35 Stille Wasserflächen	4	3	5	3	4	4	3	2	2	2	0	2	0	4	0	4	0	2	3	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
36 Tothwasser	4	3	5	5	4	4	3	4	5	4	0	3	4	3	0	3	2	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
37 Salzseen	3	2	5	3	4	3	2	3	0	1	0	0	0	2	0	5	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
38 Salzseen	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
39 In der Gezeitenzone gelegene Wasserflächen	1	1	1	4	0	2	2	3	0	1	0	0	0	1	0	5	0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40 Gewässerläufe	3	1	1	3	0	3	4	4	0	1	0	1	3	3	0	2	0	3	5	0	3	0	0	0	0	3	0	4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5		
41 Wasserflächen	4	2	4	3	0	4	4	4	1	2	0	2	0	1	0	1	0	3	5	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5		
42 Lagunen	5	4	4	3	0	5	4	4	0	1	0	0	0	0	0	4	0	3	5	0	1	0	0	0	0	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0							

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Landnutzungstypen (y-Achse; CORINE Land Cover Type) und Integritäts-Indikatoren und Ökosystemleistungen (x-Achse). An den Schnittstellen wurden die Kapazitäten der einzelnen Landnutzungsklassen zur Unterstützung der ökologischen Integrität bzw. zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen auf einer Skala von 0 (keine relevante Kapazität) bis 5 (maximale relevante Kapazität) exemplarisch für mitteleuropäische „Normallandschaften“ bewertet (nach Burkhard et al. 2009 und 2012).

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2011. Berlin
- Burkhard, B., F. Kroll, F. Müller & W. Windhorst (2009): Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. – *Landscape Online* 15: 1-22.
- Burkhard, B., I. Petrosillo & R. Costanza (2010): Ecosystem Services – Bridging Ecology, Economy and Social Sciences. – *Ecological Complexity* 7/3: 257-259.
- Burkhard, B., F. Kroll, S. Nedkov & F. Müller (2012): Mapping Supply, Demand and Budgets of Ecosystem Services. – *Ecological Indicators* 21: 17-29.
- de Groot, R.S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein & L. Willemen (2010): Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning, Management and Decision Making. *Ecological Complexity*. 7 (2010):260-272
- Europäische Kommission (2011): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. Brüssel
- Grunewald, K. & O. Bastian (2013): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Spektrum, Berlin, Heidelberg
- Kandziora, M., B. Burkhard & F. Müller (i.p.): Interactions of Ecosystem Properties, Ecosystem Integrity and Ecosystem Service Indicators - A Theoretical Matrix Exercise. In: *Ecological Indicators*, in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.006>
- Kroll, F., F. Müller, D. Haase & N. Fohrer (2012): Rural–Urban Gradient Analysis of Ecosystem Services Supply and Demand Dynamics. – *Land Use Policy* 29: 521–535.
- Kumar, P. (Hrsg., 2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity - Ecological and Economic Foundations. Earthscan, London, Washington
- Haines-Young, R. & Potschin, M. (2010): The Links between Biodiversity, Ecosystem Services and Human Well-Being. In: Raffaelli, D., Frid, C. (Eds.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge, 110-139.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2003): *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington.
- Müller, F. (2005): Indicating Ecosystem and Landscape Organization. – *Ecological Indicators* 5/ 4. 280-294.
- Müller, F., R. De Groot & W. Willemen (2010): Ecosystem Services at the Landscape Scale: The Need for Integrative Approaches. – *Landscape Online* 23: 1-11.

Bioverfügbarkeit und Stoffwechsel des pflanzlichen Polyphenols Quercetin bei der Milchkuh

Siegfried Wolfram

Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie

Kurzfassung

Die Bioverfügbarkeit des Flavonols Quercetin wurde bei monogastrischen Spezies aufgrund seiner zahlreichen gesundheitsfördernden Effekte (z. B. entzündungshemmend, antioxidativ, Beeinflussung des Energiestoffwechsels) umfangreich untersucht, wohingegen beim Wiederkäuer keine diesbezüglichen Kenntnisse vorliegen. Es kann jedoch vermutet werden, dass auch beim Wiederkäuer bei ausreichender systemischer Verfügbarkeit von Quercetin ähnliche Wirkungen auftreten. Allerdings könnten aufgrund von bakteriziden bzw. bakteriostatischen Wirkungen von Quercetin Fermentationsprozesse in den Vormägen auch negativ beeinflusst werden. Wir haben daher, die Bioverfügbarkeit von Quercetin sowie dessen Einfluss auf die ruminale Konzentration kurzkettiger Fettsäuren (KKFS) und deren molares Verhältnis an pansenfistulierten, nicht-laktierenden Kühen (n = 4 bzw. 5) nach intraruminaler (i.r.) Applikation von Quercetin in Form des Aglycons bzw. seines Glucorhamnosids Rutin (0, 10 bzw. 50 mg Quercetinäquivalente/kg Körpermasse (KM)) bestimmt. Zusätzlich wurde *in vitro* der Abbau von Quercetin durch Pansenmikroorganismen untersucht.

Sowohl nach i.r. Applikation des Aglycons als auch von Rutin konnten im Plasma Quercetin und seine Metabolite mit intakter Flavonolstruktur (Kämpferol und die methylierten Derivate Isorhamnetin und Tamarixetin) überwiegend in konjugierter Form (Glucuronide/Sulfate) nachgewiesen werden, wobei konjugiertes Quercetin dominierte. Allerdings war die relative Bioverfügbarkeit von Quercetin (Summe aus konjugiertem und nicht-konjugiertem Quercetin, Kämpferol, Isorhamnetin und Tamarixetin = Gesamtflavonole) nach i.r. Rutinapplikation um das ca. Achtfache höher als nach Applikation des Aglycons. Die absoluten Bioverfügbarkeiten nach Applikation des Aglycons bzw. von Rutin betrugen 0,1 bzw. 0,5 %. Weder die i.r. Applikation des Aglycons bzw. von Rutin hatten einen Einfluss auf Gesamtkonzentration bzw. das molare Verhältnis der KKFS im Pansen. Im HFT konnte ferner ein schneller und umfangreicher mikrobieller Abbau von Quercetin gezeigt werden, der mit der Bildung zweier Metabolite (3,4-Dihydroxyphenylelessigsäure, 4-Methylcatechol) einherging.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen klar, dass bei der Kuh im Unterschied zu monogastrischen Spezies Quercetin aus Rutin wesentlich besser als nach Applikation des Aglycons systemisch verfügbar ist. Des Weiteren kann gefolgert werden, dass die ruminale Fermentation zumindest bei den hier eingesetzten Konzentrationen durch Rutin nicht nennenswert beeinflusst wird. Obwohl anhand der vorliegenden Untersuchungen keine Aussage über mögliche systemische Effekte von Quercetin gemacht werden können, scheinen trotz der niedrigen absoluten Bioverfügbarkeit von Quercetin auch beim Wiederkäuer zumindest nach Applikation von Rutin systemische Effekt möglich, da bei monogastrischen Spezies bei vergleichbaren Plasmakonzentrationen biologische Effekte beschrieben wurden.

Ist ein Verzicht auf das Schwänzekupieren beim Schwein möglich?

Svantje Asmussen und Joachim Krieter

Institut für Tierzucht und Tierhaltung

In der Studie wurde untersucht, ob mit zusätzlichem Beschäftigungsmaterial das Schwanzbeißen bei unkupierten Schweinen verhindert werden kann.

Schwanzbeißen ist eine Verhaltensstörung beim Schwein, bei der die Tiere die Schwänze der Buchtengenossen an oder sogar abbeißen. Das kann in Extremfällen zu Totalverlusten führen.

Als Lösung wurde lange Zeit das Kupieren der Schwänze angesehen. Seit der RL 2008/120/EG ist das Kupieren jedoch nicht mehr routinemäßig erlaubt und es bedarf einer Ausnahmegenehmigung, um weiterhin Schwänze kürzen zu dürfen. Deshalb ist es wichtig, Erfahrungen in der Praxis mit unkupierten Schweinen zu sammeln und Lösungen für diese Verhaltensanomalie zu erarbeiten.

Die drei Betriebe im Überblick

Für die Studie wurden drei konventionelle Kombibetriebe mit unterschiedlicher Sauenanzahl (170-470 Sauen) ausgewählt, bei denen vorberichtlich keine außergewöhnlichen Probleme mit Schwanzbeißen aufgetreten sind. Die wichtigsten Betriebsdaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Beschreibung der beteiligten Kombibetriebe

	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
Anzahl Sauen	470	170	220
Herkunft	Dän. S., Duroc	Dän. S., Duroc/Pietrain	Dän. S., Pietrain
Säugezeit (Wochen)	4	3	3
Fütterung	flüssig	Breiautomat/ flüssig ¹⁾	Breiautomat
Tränken	Schalentränken/ Nippeltränken ¹⁾	Schalen-, Nippel- tränken/ Nippel- tränken ¹⁾	Nippeltränken

1) Aufzucht/Mast

Tabelle 1: Versuchsaufstellung

	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
Gemischte Gruppen	ja	Ja, außer ein Durchgang Eber- mast	-
Getrenntgeschlechtliche Gruppen	-	-	ja
Tieranzahl pro Bucht, Flatdeck	Anfangs max 38 Tiere, Ende 27 Tiere	50 Tiere	25-30 Tiere
Tieranzahl pro Bucht, Mast	12 Tiere	17 Tiere	21 Tiere

Versuchsaufbau

Die Betriebsleiter erklärten sich bereit, bei 50 % der Ferkel eines Durchgangs die Schwänze nicht zu kupieren. Aus dieser Anzahl an Tieren wurden zwei Versuchsgruppen gebildet, von denen der einen nur das in den Buchten bereits vorhandene Beschäftigungsmaterial zur Verfügung stand (Tieranzahl im Betrieb 1 =

220, Betrieb 2 = 100, Betrieb 3 = 50), während die andere zusätzlich einmal täglich langes Stroh (ca. 6g/Tier/Tag) erhielt (Tieranzahl im Betrieb 1 = 220, Betrieb 2 = 100, Betrieb 3 = 50). Die kupierten Tiere dienten als Kontrollgruppe. Lediglich im Betrieb 1 gab es noch eine weitere Versuchsgruppe, die aus kupierten Tieren, die ebenfalls Stroh bekamen, bestand (Tieranzahl = 190 Tiere). Aufgrund der stallbaulichen Gegebenheiten in Betrieb 2 wurden hier anstelle eines Durchgangs vier Durchgänge (pro Durchgang jeweils eine Kontrollgruppe kupierter Tiere und abwechselnd eine unkupierte Gruppe mit/ ohne Stroh) durchgeführt.

In Betrieb 1 und 3 wurde das Stroh lose auf die Spalten geworfen, im Unterschied zu Betrieb 2, der Strohautomaten in Gebrauch hatte.

In der vorliegenden Studie wurde langes Stroh eingesetzt, da es mehr Beschäftigung bietet und die Tiere ihren Wühltrieb besser ausleben können. Gehäckseltes Stroh bleibt eher auf den Spalten liegen, da es sich mit den Exkrementen vermischt und somit für die Tiere uninteressant wird. Der Vorteil, das Stroh möglichst lose auf den Boden zu werfen, liegt darin, dass alle Schweine, sowohl die ranghohen als auch die rangniederen, sich zeitgleich mit den Halmen beschäftigen können. Damit soll vermieden werden, dass rangniedere Tiere ein Frustrationsverhalten zeigen, indem sie mit Aggressionen in Form von Schwanzbeißen reagieren.

Die Strohgabe erfolgte in allen drei Betrieben einmal täglich, um die Attraktivität des Strohs zu erhalten und die angeborene Neugier der Tiere auszunutzen. Die Strohballen wurden außerhalb der Abteile gelagert, um zu verhindern, dass es den Stallgeruch annimmt.

Die Schwänze wurden ab dem Absetzen bis zum Ende der Mast wöchentlich bonitiert. Bewertungsgrundlage des Schwanzbeißen waren Schwanzverluste und Verletzungen am Schwanz. Bei den Schwanzverlusten wurde zwischen Originallänge, Spitzenverlust (max. $\frac{1}{4}$ des Schwanzes fehlt), Teilverlust (mind. $\frac{1}{4}$ des Schwanzes nicht mehr vorhanden) und Kompletverlust unterschieden. Die Verletzungen wurden anhand des Schweregrades bewertet, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Boniturschlüssel des Verletzungsgrades



Abbildung 1: Boniturschlüssel der Schwanzlänge/Schwanzverluste

Zusätzlich wurden das Geschlecht und die Größe der Tiere aufgenommen. Auf Betrieb 1 wurde das Verhalten der Tiere in einem Abteil sowohl im Flat-deck als auch in der Mast per Videokamera aufgezeichnet.

Für die Auswertungen wurden die verschiedenen Ausprägungen der Veränderungen in das Beißgeschehen und Schwanzverluste eingeteilt, siehe Abbildung 2.

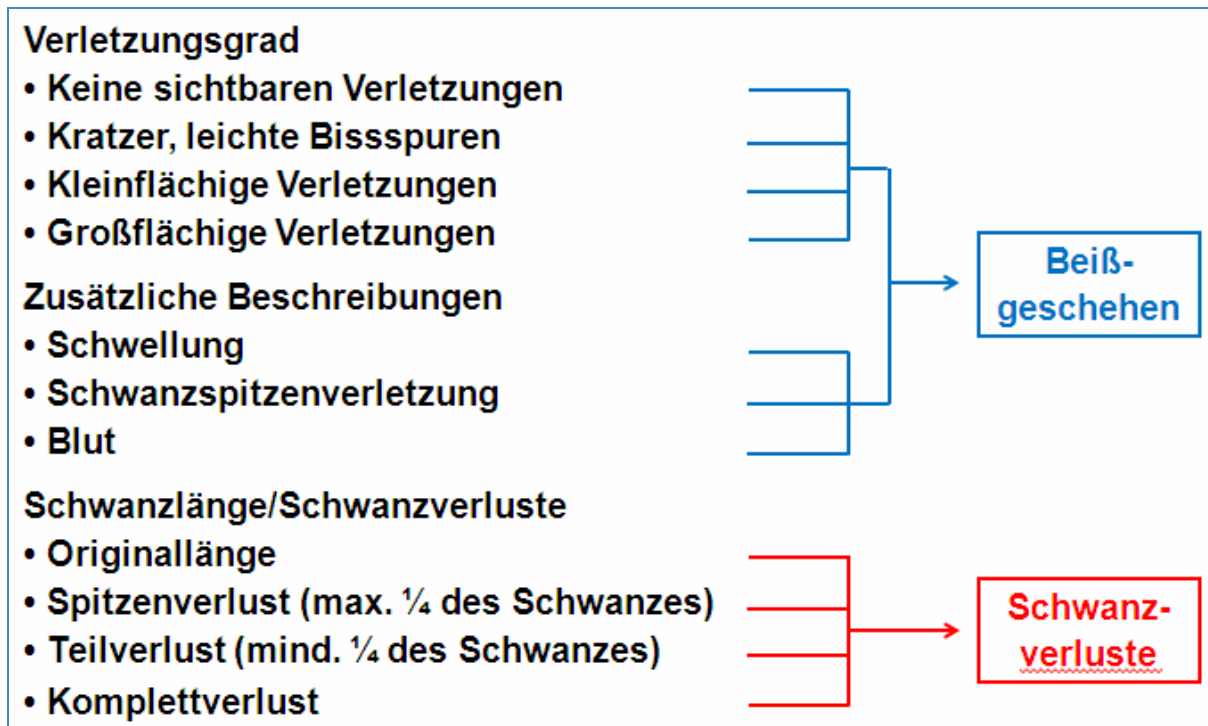


Abbildung 2: Auswertung der Bonitierung

Ergebnisse

Das Schwanzbeißgeschehen verlief auf allen drei Betrieben unterschiedlich. Auf Betrieb 1 hatte Stroh den deutlichsten Einfluss. Anhand der Abbildungen 3 und 4 lässt sich nachvollziehen, dass das Beißgeschehen innerhalb der Versuchsgruppen in der dritten Woche nach dem Absetzen begann. Die Buchten ohne Stroh waren stärker betroffen als die Buchten, in denen die Tiere täglich Stroh bekamen. Die Ferkel hörten gegen Ende des Flatdecks auf zu beißen, ohne dass weitere Maßnahmen ergriffen wurden. Die Schwänze heilten ab. Es kam zu keinen Totalverlusten.

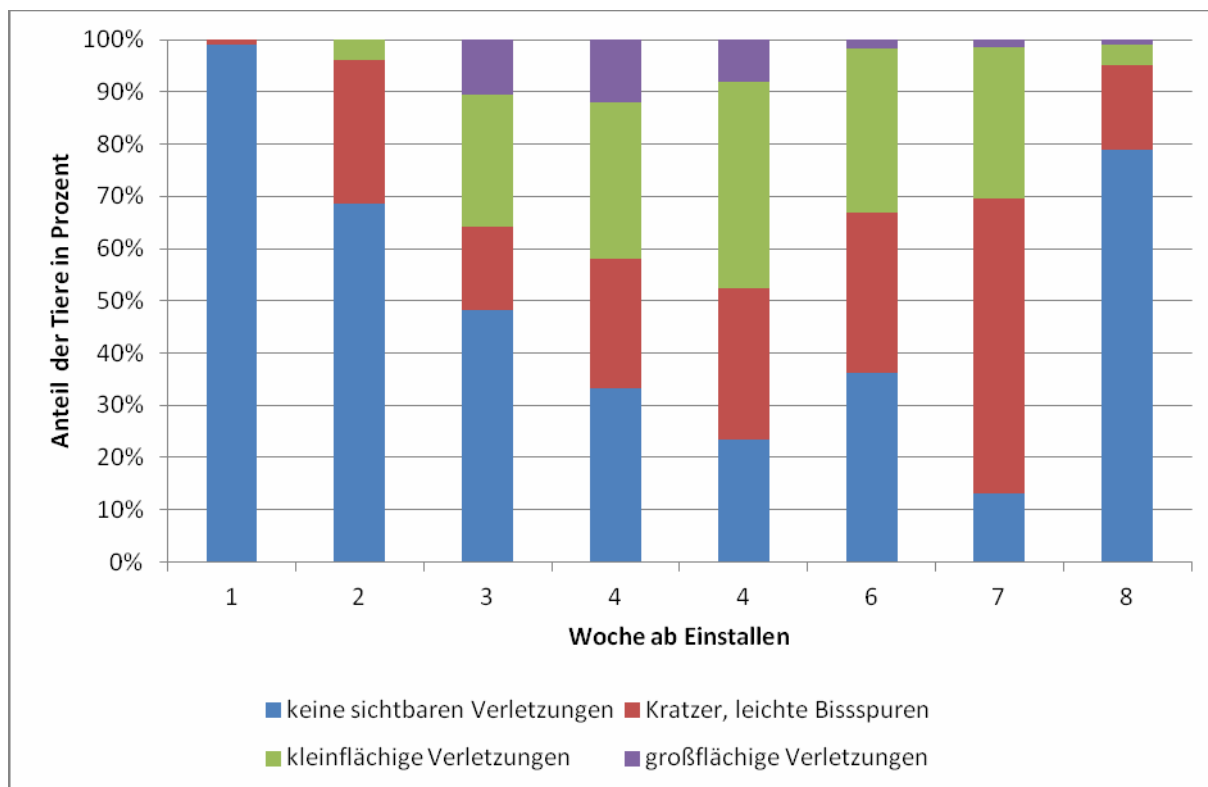


Abbildung 3: Ergebnisse Betrieb 1 - Beißgeschehen im Flatdeck; Versuchsgruppe: Lang, ohne Stroh

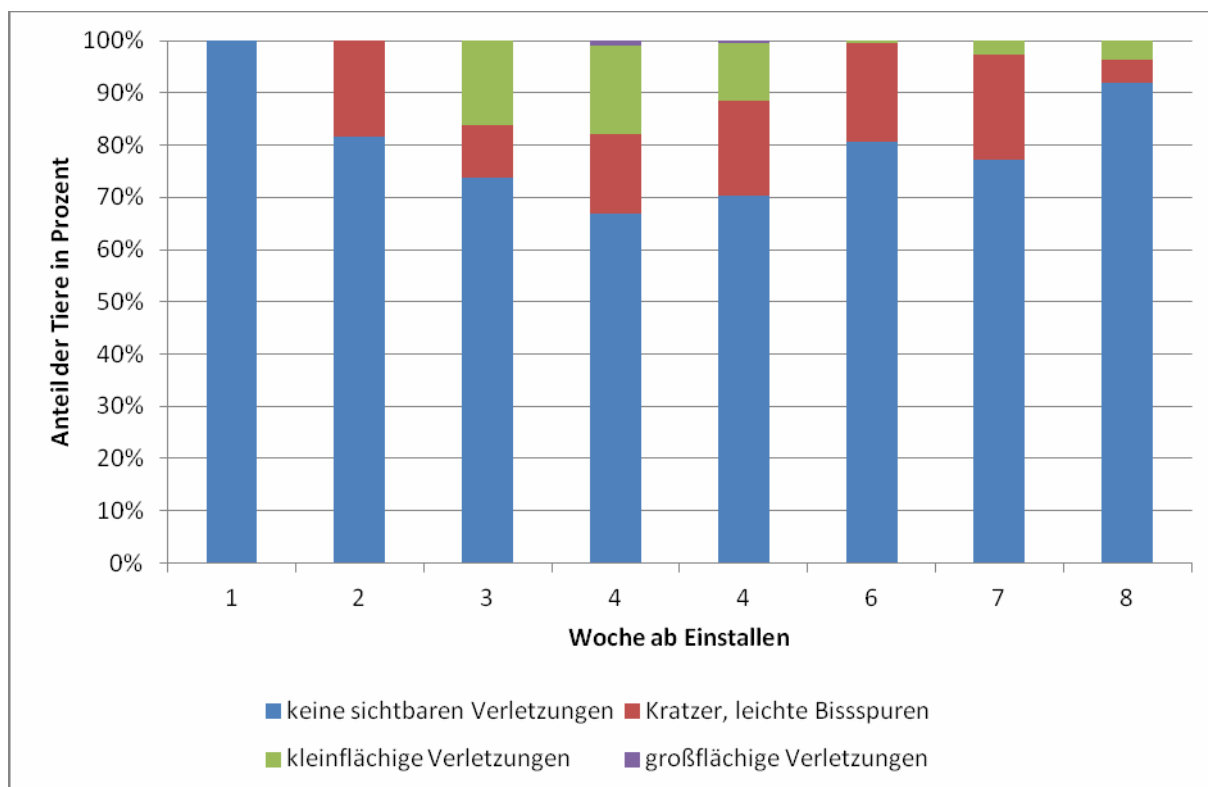


Abbildung 4: Ergebnisse Betrieb 1 - Beißgeschehen im Flatdeck; Versuchsgruppe: Lang, mit Stroh

In dem Betrieb 2 ließ sich ein starker Durchgangseffekt beobachten. Wie bereits oben erwähnt, wurden vier Durchgänge durchgeführt. Während es in dem ersten Durchgang mit Stroh erst nach dem Umstallen in die Mast zum Schwanzbeißen kam, das nach wenigen Tagen wieder aufhörte, war der zweite Durchgang bereits in der Aufzucht stark betroffen. Auch in den beiden unkupierten Durchgängen ohne Stroh kam es zum Schwanzbeißen. In diesem Betrieb endete das Beißgeschehen ebenfalls in allen Buchten von alleine.

Auf dem Betrieb 3 kam es in allen unkupierten Buchten, sowohl mit als auch ohne Stroh, zu Schwanzbeißen, das auch in der Mast trotz verschiedener Maßnahmen (u.a. geringere Besatzdichte, Beißer aus der Bucht, Tryptophan-Magnesium-Zulagen) nicht aufhörte. Die Totalverluste aufgrund von Hinterhandslähmungen beliefen sich auf 15 Tiere.

Die jeweiligen Kontrollgruppen mit kupierten Tieren bereiteten, wenn überhaupt, erst in der Mast Probleme.

Der Anteil an Schwanzverlusten und deren Längenverluste korreliert mit der Stärke des Beißgeschehens (s. Abbildung 5).

Am Ende der Mast hatten in Betrieb 1 noch 64% der Schwänze aus der Versuchsgruppe mit Stroh die Originallänge. In der Versuchsgruppe ohne Stroh lag der Anteil der Schwänze mit Originallänge bei 8 %. Die Schwanzverluste in Betrieb 3 waren unabhängig von der Versuchsgruppe deutlich größer und beliefen sich bei der Versuchsgruppe ohne Stroh auf 22% Spitzenverluste, 63 % Teilverluste und 15 % Komplettverluste. Die Ergebnisse in den Buchten mit Stroh waren ähnlich. Bei fast keinem Tier konnte die Originalschwanzlänge festgestellt werden.

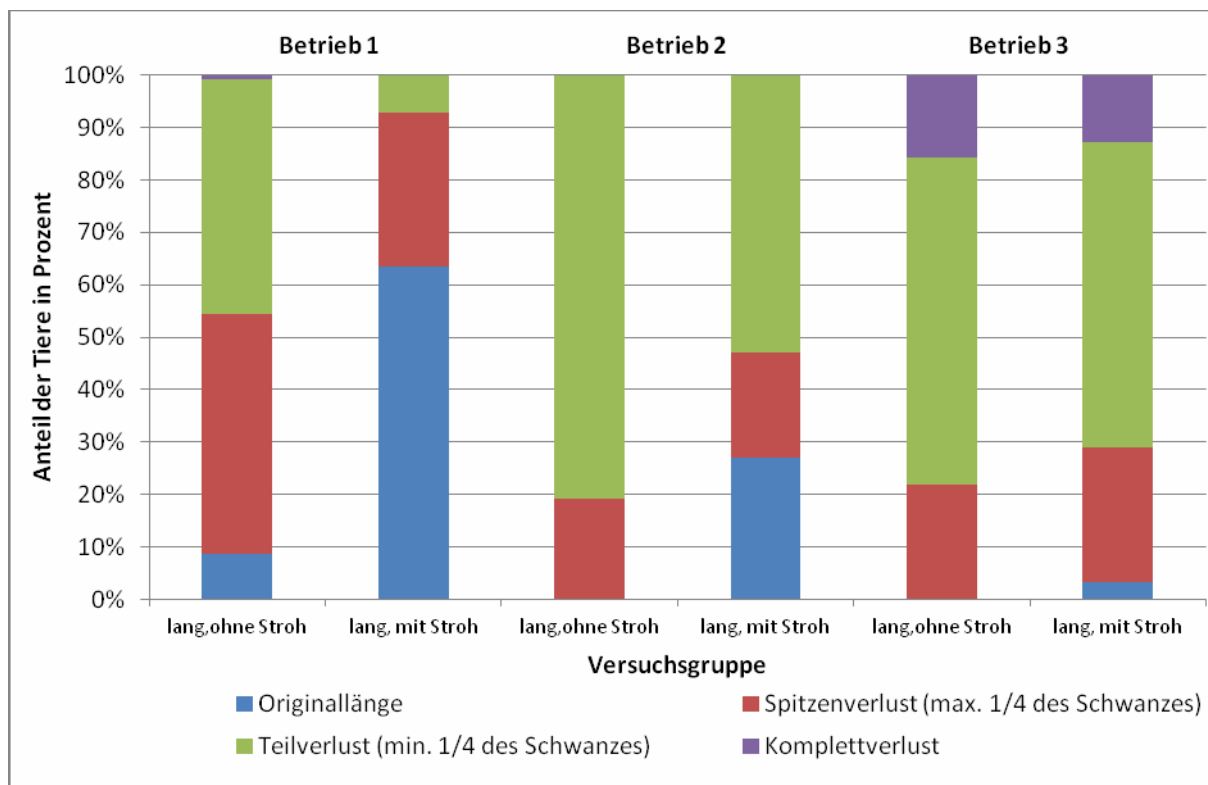


Abbildung 5: Schwanzlänge und Schwanzverluste bei Mastende

Den ersten Analysen der Videoaufzeichnungen lässt sich entnehmen, dass die Unruhe in einer Bucht vor einem Schwanzbeißausbruch zunimmt. Frühe Anzeichen für Schwanzbeißen sind häufig eine Veränderung der Schwanzhaltung. Während die Tiere in den Buchten ohne akutes Beißgeschehen geringelte Schwänze haben, lassen sich in den betroffenen Buchten vermehrt wackelnde Schwänze beobachten. Werden daraufhin die Schwänze genauer betrachtet, sind an den Schwanzenden häufig bereits kleine Krusten oder Läsionen zu sehen, z. T. sind die Schwänze nur angelutscht. Wenn das Schwanzbeißen weiter fortschreitet, lassen immer mehr Ferkel den Schwanz hängen oder klemmen ihn zwischen die Beine.

Es ist schwierig, im Falle eines Beißausbruchs die Lösung des Problems zu benennen. Einige Maßnahmen sollten jedoch auf jeden Fall ergriffen werden. Dazu gehört das Bemühen, den oder die Beißer in der Bucht zu finden und gegebenenfalls umzusetzen. Ein penetranter Beißer verursacht nicht nur Unruhe in der Bucht, indem ruhende Tiere wieder aufgescheucht werden, sondern verhindert auch ein Abheilen der Wunden. Die Wahrscheinlichkeit, dass es bei einem Tier zu einer Hinterhandslähmung bzw. einem Totalverlust kommt, ist größer, je kürzer der Schwanz abgefressen wurde. Deswegen sollten stark betroffenen Tiere in Kranknbuchten umgestallt werden. Das hat den weiteren Vorteil, dass die Aufmerksamkeit der anderen Buchtengenossen nicht weiter auf der Verletzung

des betroffenen Tieres liegt. Langes Stroh lose auf den Boden geworfen, kann als Notfallmaßnahme dienen, um die Tiere abzulenken und zu beschäftigen.

Fazit

Entgegen früheren Erfahrungen hat unsere Studie gezeigt, dass sich das Problem des Schwanzbeißen bei unkupierten Schweinen ins Flatdeck verlagert. Daher ist grundsätzlich festzustellen, dass unkupierte Tiere in erster Linie im Flatdeckbereich eine intensivere Tierbeobachtung erfordern. Weiterhin lässt sich festhalten, dass Stroh auf zwei Betrieben eine Verbesserung der Situation bewirkt hat, es jedoch keine zufriedenstellende oder alleinige Lösung darstellt. Bei Schwanzbeißausbrüchen, die mit Schwanzverlusten einhergehen, sind meistens fast alle Tiere einer Bucht betroffen. In den Buchten, in denen die Tiere nach einem Schwanzbeißausbruch aufgehört haben zu beißen und deren Schwänze wieder komplett verheilt waren, haben die Schweine in unserer Studie nicht wieder angefangen. Kupierte Tiere haben, wenn überhaupt, erst in der Mast Probleme bereitet.

Obwohl die tägliche Strohmenge gering war, gab es auf allen drei Betrieben Probleme beim Ablassen der Gülle. Das Stroh scheint hauptsächlich als Beschäftigungsmaterial zu dienen und wird nur zu einem geringen Teil gefressen. Der Rest wird durch die Spalten in die Gülle geschoben.

In den folgenden Untersuchungen wird der Einfluss der Fütterung hinsichtlich des Schwanzbeißen miteinbezogen. Die Rationen sind rohfaserreicher gestaltet und der Vermahlungsgrad der Partikel ist gröber.

Sind die Milchviehbetriebe in Schleswig-Holstein auf die Novellierung der Düngeverordnung vorbereitet?

Friedhelm Taube und Johann Schütte

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
(Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau)

1. Einleitung

Die Düngeverordnung (DVO) in Deutschland dient zweierlei Zielen: Zum einen regelt sie die Düngung nach guter fachlicher Praxis (§1 der Düngeverordnung) im Sinne der sachgerechten Anwendung aller Düngemittel. Dies gilt für alle Nährstoffe, ist jedoch lediglich für N und P explizit konkretisiert. Daneben dient die DVO der Umsetzung gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben im Rahmen der EU-Nitratrichtlinie (1991) und der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000) und ist somit wesentlicher Teil des Aktionsprogramms Deutschland zur Umsetzung der Nitratrichtlinie. Die Nitratrichtlinie zielt darauf ab, die Wasserqualität zu schützen, indem die Grund- und Oberflächengewässer vor Nitrat-Verunreinigungen aus landwirtschaftlichen Quellen bewahrt und gute landwirtschaftliche Praktiken in der Landwirtschaft gefördert werden

Das Aktionsprogramm für Deutschland umfasst die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche, basiert auf einem flächendeckenden Nitratmessnetz und hat eine Gültigkeit von jeweils 4 Jahren. In diesem 4-Jahreszyklus ist eine Berichtspflicht der Mitgliedstaaten der EU an die EU-Kommission verpflichtend. Die EU-Kommission prüft die nationalen Vorschläge zur Umsetzung der Nitratrichtlinie und notifiziert dieselben, wenn überzeugend hinterlegt worden ist, dass die nationalen Maßnahmen mit der Zielerreichung im Einklang stehen. Der aktuelle Berichtszeitraum betrifft die Jahre 2009-2013. Daraus resultiert, dass Deutschland gegenüber der EU-Kommission einen Vorschlag für die Weiterführung der DVO ab 2014 unterbreiten muss, der von der EU-Kommission akzeptiert wird. Im Falle der Nichterfüllung der Vorgaben der EU könnte ein Vertragsverletzungsverfahren drohen. Die Berichtspflicht gegenüber der EU Kommission bezieht sich ausschließlich auf Vorgaben bezüglich des Nährstoffs Stickstoff.

2. Die Nitratrichtlinie als Teil eines umfassenden rechtlichen Rahmenwerks der EU und Deutschlands zum Schutz der Umwelt – Stand der Umsetzung in Deutschland

Überschüsse an reaktiven N-Verbindungen aus der landwirtschaftlichen Produktion belasten die Umwelt auf mehrfache Weise. Neben der Belastung der Gewässer mit Nitrat sind negative Klima-Effekte in Form von Lachgas- und Ammoniakemissionen zu nennen. Letztere unterliegen der europäischen NEC-Richtlinie, die für Deutschland Zielwerte von maximal 550 kt/ Jahr ausweisen. Dieser Zielwert wurde 2010 erstmals erreicht, wird aber im Jahr 2011 wieder überschritten werden (Nitratbericht Deutschland, 2012). Reaktive N-Verbindungen gefährden darüber hinaus über Immissionen die nationalen Ziele der Strategie zur biologischen Vielfalt (BMU, 2010) sowie die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland (Bundesregierung, 2002).

Über die Regeln der guten fachlichen Praxis der Düngung soll darüber hinaus im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland der Zielwert der nationalen N-Salden von maximal +80 kg N/ha bis zum Jahr 2010 erreicht werden. Dieser Zielwert wurde bisher nicht erreicht, sondern weist für 2011 mit einem Wert von +96 kg N/ha landwirtschaftliche Nutzfläche sogar einen kurzfristig steigenden Trend aus (Nitratbericht Deutschland, 2012). Damit ist zu konstatieren, dass jenseits der direkten Ziele der Nitratrichtlinie die oben angeführten weiterführenden Ziele bisher in Deutschland nicht erreicht wurden.

3. Der Nitratbericht Deutschland 2012 als Basis für die Novellierung der DVO

Im September 2012 publizierten das BMELV und das BMU den Nitratbericht Deutschland 2012. Der Nitratbericht differenziert die Gewässerbelastung nach verschiedenen Kategorien. Während die Situation der Fließgewässer und Seen einen insgesamt guten bis befriedigenden Status ausweisen, stellt sich die Bewertung der Küstengewässer- und Grundwassermessstellen deutlich abweichend dar. So steigen die Nitratbelastungen in den Küstengewässern der Nordsee seit dem letzten Berichtszeitraum deutlich und alle 28 bewerteten deutschen Übergangs- und Küstengewässerkörper der Nordsee verfehlen 2008 aufgrund von Eutrophierungseffekten den guten ökologischen Zustand nach EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Die Nitratbelastung des Grundwassers sinkt zwar im Durchschnitt der ausgewerteten landesweiten Messstellen im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum geringfügig, zeigt jedoch erstmals eine deutliche Differenzierung zwischen Ackerbauregionen einerseits und den Veredlungsregionen Norddeutschlands andererseits. Während die Nitratkonzentrationen in den Ackerbauregionen mäßig bis

deutlich sinken, steigen sie in den Veredlungsregionen im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum mäßig bis deutlich an. Es wird konstatiert, dass „der Einfluss der Landwirtschaft den mit Abstand bedeutendsten Eintragspfad für die hohen Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser darstellt“.

Der Nitratbericht deutet die Ergebnisse abschließend dahingehend, dass die Daten „auf die Wirksamkeit der Maßnahmen des Aktionsprogramms hinweisen“.

Dies ist eine Lesart, die auf Basis einer differenzierten Analyse der Daten des Nitratberichts bzw. auf Basis der Daten der nationalen N-Salden, die seit mehr als 10 Jahren auf hohem Niveau stagnieren, durchaus umstritten ist.

4. Vorschläge der EU-Kommission zur Novellierung der DVO

Die obigen Ausführungen zum Nitratbericht zeigen, dass die Nitratproblematik insbesondere in viehstarken Regionen evident ist. Die deutschen Nachbarstaaten Niederlande, Dänemark und Belgien (Flandern), die allesamt durch hohe Viehdichten geprägt sind, haben ihre Aktionsprogramme aktualisiert und deutlich im Sinne des Wasserschutzes verschärft. Auf dieser Grundlage hat die EU-Kommission (KOM) Deutschland Vorschläge zur Novellierung der DVO vorgelegt, die deutlich über die aktuellen Rechtsvorschriften hinausgehen. Die Vorschläge betreffen insbesondere den Bereich der organischen Dünger (Gülle, Gärreste) und beinhalten eine deutliche Ausweitung der Sperrfristen zur Düngapplikation wie in den Niederlanden (1.9. – 31.01.), eine Ausweitung der nachzuweisenden Güllelagerkapazitäten auf mindestens 9 Monate und den Einsatz von Gülleapplikationstechniken, die aktuell dem Stand der Technik entsprechen müssen (Gülleinjektion bzw. sofortige Einarbeitung in einem Arbeitsgang).

Darüber hinaus wird seitens der KOM empfohlen, den maximal zu akzeptierenden N-Flächensaldo auf +40 kg N/ha zu begrenzen, die akzeptablen P-Salden stärker zu reduzieren und mineralische N-Düngerobergrenzen einzuführen.

5. Aktuelle Vorschläge einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Novellierung der DVO

Vor diesem Hintergrund hat eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) im Auftrag des BMELV unter Federführung des Thünen-Instituts in Braunschweig die bestehende Düngeverordnung evaluiert und Optionen zu deren Weiterentwicklung in einem Abschlussbericht im November 2012 publiziert.

Diese Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass die aktuell bestehende DVO in verschiedenen Punkten nicht der Zielsetzung entspricht, und unterbreitet „Änderungsoptionen“, die eine Verbesserung der Situation im Hinblick auf die Gewässergüte basierend auf dem Nitratbericht 2012 gewährleisten sollen. Die zentralen Vorschläge lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bilanzierungsverfahren:

Die BLAG konstatiert, dass das derzeitige Bilanzierungsverfahren der Feld-Stall-Bilanz insbesondere in Futterbaubetrieben erhebliche Schwächen aufweist, da die Ertragsermittlung auf den meisten Betrieben nicht seriös durchführbar ist. In der Konsequenz führt dies nahezu regelmäßig zu einer Überschätzung der Erträge und damit der N - Entzüge und mithin zu einer Unterschätzung der Nährstoffüberschüsse. Die BLAG schlägt deshalb optional entweder die Wiedereinführung der Hoftorbilanz oder als Alternativoption eine um die „Grundfutteraufnahme plausibilisierte Flächenbilanz“ vor, um die geringe Aussagefähigkeit der bisherigen Flächenbilanzen zu verbessern. Der maximal tolerierbare N-Saldo soll weiterhin +60 kg/ha betragen, die Koeffizienten für die Berechnung des N-Saldos werden angepasst. Eine Begrenzung des Mineraldüngereinsatzes wie in Dänemark oder in den Niederlanden wird abgelehnt. Die maximal erlaubten Phosphatsalden werden dahingehend angepasst, dass in der Bodenversorgungsstufe „C“ ein maximaler Saldo von +20 kg/ha erlaubt sein wird, während für Flächen, die die durchschnittlichen Versorgungsstufe „D“ oder „E“ aufweisen, ein ausgeglichener Saldo zu dokumentieren ist.

Einsatz organischer Dünger:

Die Sperrfristen für die Gülleapplikation werden ausgedehnt. So werden Gülleapplikationen auf Ackerland nach der Ernte der Hauptfrucht im Spätsommer/Herbst nur noch zu den Kulturen Raps (bis 30.09.), etablierten Zwischenfrüchten (bis 15.09.) und etablierten Feldgrasbeständen (bis 1.10.) erlaubt sein. De facto bedeutet dies für den Großteil der Milchvieh-/Futterbaubetriebe die Notwendigkeit, Güllelagerkapazitäten in der Größenordnung von bis zu 9 Monaten vorzuhalten, insbesondere für solche Betriebe, die relativ wenig Grünland und viel Ackerland (Mais) aufweisen (Sperrfristen Grünland bleiben unberührt). Die Verlustkoeffizienten bei Weidehaltung werden auf das Niveau von Gülle verringert. Eine zentrale Veränderung betrifft insbesondere die spezialisierten Milchvieh-/Futterbau/Biogasbetriebe, da Gärreste aus der Biogaserzeugung sowie Komposte und Klärschlamm künftig wie organische Dünger zu behandeln sind. Bei Neubauten von Gülle-/Gärrestlagerkapazitäten sind die oben angeführten notwendigen Lagerkapazitäten zu berücksichtigen. Für die Optimierung der Gülleapplikationstechnik (Injektion, Schleppschuh, Schleppschlauch) werden Übergangsfristen bis zum Jahr 2020 (Acker) bzw. 2025 (Grünland) eingeräumt.

Weitere Änderungsvorschläge der BLAG:

Dies betrifft unter anderem eine verpflichtende Düngerbedarfsermittlung (N, P), Neuregelungen bei der Feldrandlagerung sowie die Beratungspflicht bei Überschreitung der maximal zulässigen Nährstoff-Salden.

Bewertung der Vorschläge der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLA) zur Novellierung der DVO

Die Vorschläge sind vor dem Hintergrund der Ziele der Nitratrichtlinie bzw. Wasserrahmenrichtlinie grundsätzlich ein Schritt in die richtige Richtung. Im Vergleich zu den Vorschlägen der KOM fallen die Optimierungsansätze der BLAG jedoch weniger ambitioniert aus und die akzeptablen maximalen Phosphatsalden bleiben deutlich hinter den Forderungen der Wissenschaft zurück (VDLUFA, 2012). In der Konsequenz hat dies aktuell dazu geführt, dass die KOM die deutschen Vorschläge als nicht ausreichend erachtet und das BMELV derzeit mit der KOM über Kompromisslinien verhandelt. Wird eine neue DVO nicht mehr im Jahr 2013 verabschiedet, endet zum 1.1.2014 die Derogationsregelung, also die Möglichkeit, auf Antrag auf intensiv genutztem Schnitt-Grünland 230 kg N als organische Dünger zu applizieren.

6. Konsequenzen der BLAG-Vorschläge für die Milchvieh- und Biogasbetriebe in Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein werden ca. 100.000 ha Silomais zur Erzeugung von Biogas angebaut und nach Schätzungen des MELUR noch einmal zusätzlich Flächen-Äquivalente von ca. 20.000 ha Silomais aus Dänemark importiert, ohne dass eine wesentlich Rückführung der Gärreste nach Dänemark erfolgen würde. Auf Basis der BLAG – Vorschläge bedeutet dies, dass diese Flächen in die 170 kg N/ha Gülleregelung neu einbezogen werden, mithin auf solchen Milchvieh-Biogasbetrieben, die derzeit bereits nah an der 170er Grenze liegen, weniger Fläche für die Gülle- und Gärrestapplikation zur Verfügung steht. Zudem wird die Neuregelung des Bilanzierungsverfahrens in Verbindung mit der Reduktion der Verlustkoeffizienten bei Weidenutzung die Situation in den Milchviehhochburgen des Landes auf der Geest deutlich verschärfen. Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Schütte, 2012) wurde in der Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Effekt der BLAG-Vorschläge zur Novellierung der DVO auf Landkreisebene in Schleswig-Holstein untersucht.

Tabelle 1: Anfall an organischen Düngern in Tonnen differenziert nach Rindern, Schweinen und Gärresten (ohne Gülle) in S-H

Landkreis	Gesamtfläche in ha	Futterfläche (Ackerfutter + Grünland) in ha	installierte elektrische Leistung in MW (BGA)	Rinder		Schweine		Gärreste ohne Gülle
				GVE	t N-Anfall	GVE	t N-Anfall	t N-Anfall
Schleswig Holstein ohne Städte	985.949	431.470	251	857.205	93.435	182.432	4.364	19.661
Dithmarschen Herzogtum	100.083	50.424	13,5	98.698	10.758	7.820	187	1057
Lauenburg	67.397	15.723	13,5	21.898	2.387	12.985	311	1057
Nordfriesland	141.925	84.124	61	161.954	17.653	30.116	720	4778
Ostholstein	90.791	14.908	11	19.241	2.097	13.759	329	862
Pinneberg	34.751	19.833	3,5	35.908	3.914	2.323	56	274
Plön	67.998	18.126	8,5	36.679	3.998	9.064	217	666
Rendsburg-Eckernförde	143.358	69.945	27	148.473	16.184	17.675	423	2115
Schleswig-Flensburg	146.406	71.737	80	165.229	18.010	43.964	1.052	6266
Segeberg	76.812	31.333	17	53.343	5.814	20.651	494	1332
Steinburg	68.606	42.004	10	94.663	10.318	13.238	317	783
Stormarn	47.822	13.312	6	21.120	2.302	10.837	259	470

Tabelle 2: N-Anfall in kg/ ha (R = Rind; S = Schwein) in S-H mit und ohne Berücksichtigung der Gärrest - N-Mengen bezogen auf die gesamte LN bzw. auf die Hauptfutterfläche

Landkreis	Gesamtfläche in ha	Futterfläche (Ackerfutter + Grünland) in ha	installierte elektrische Leistung in MW (BGA)	N- Anfall R+S+Gärreste kg/ha Gesamtfläche	N- Anfall R+S+Gärreste kg/ha Futterfläche	N- Anfall R+S kg/ha Futterfläche
Schleswig Holstein ohne Städte	985.949	431.470	251	109	256	214
Dithmarschen Herzogtum	100.083	50.424	13,5	120	238	217
Lauenburg	67.397	15.723	13,5	56	239	172
Nordfriesland	141.925	84.124	61	163	275	218
Ostholstein	90.791	14.908	11	36	221	163
Pinneberg	34.751	19.833	3,5	122	214	200
Plön	67.998	18.126	8,5	72	269	233
Rendsburg-Eckernförde	143.358	69.945	27	131	268	237
Schleswig-Flensburg	146.406	71.737	80	173	353	266
Segeberg	76.812	31.333	17	99	244	201
Steinburg	68.606	42.004	10	166	272	253
Stormarn	47.822	13.312	6	63	228	192

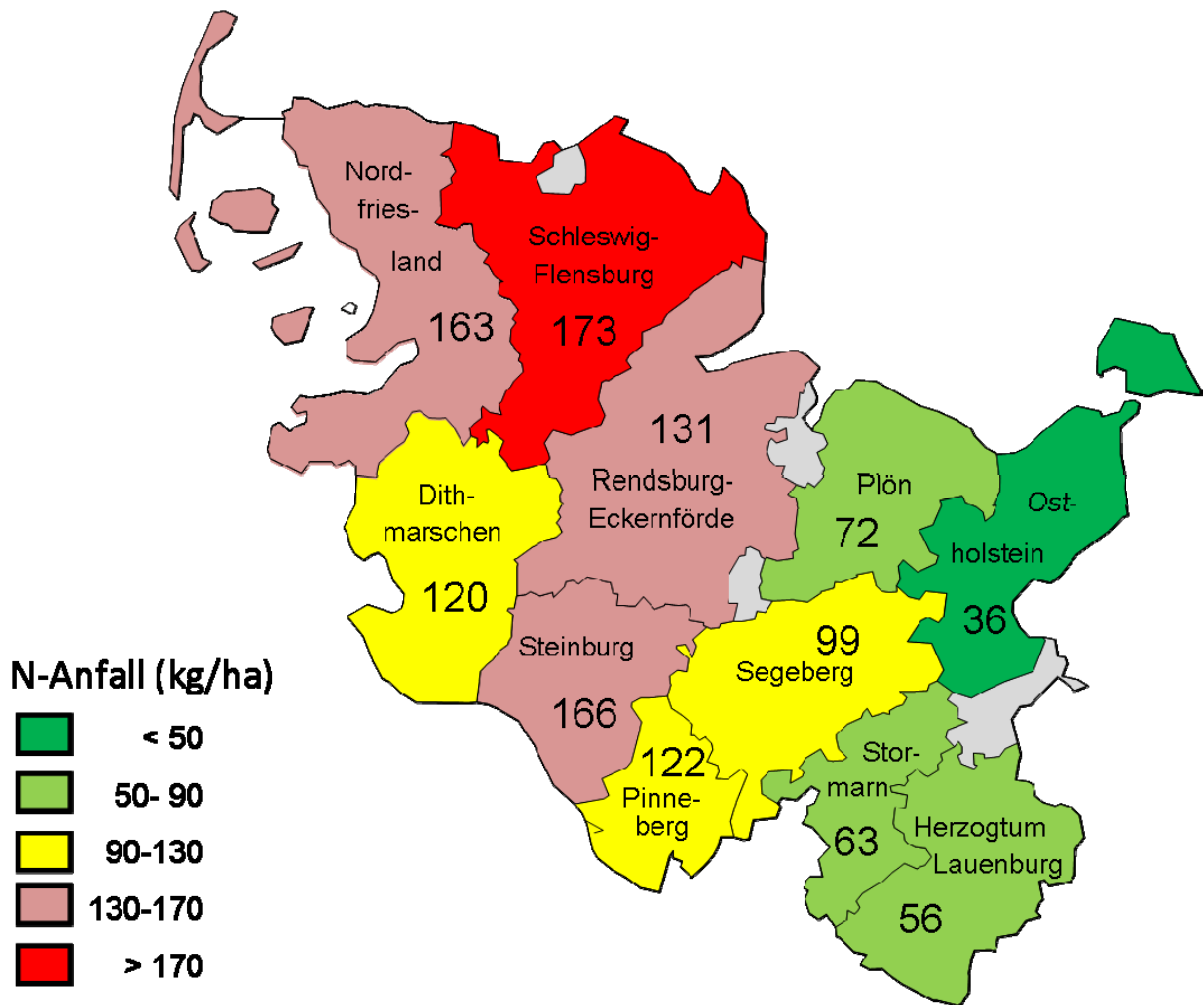


Abb. 1: N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern kalkuliert nach den Vorschlägen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Novellierung der Düngeverordnung

Den in den Tabelle 1 und 2 bzw. Abb. 1 aufgeführten Kalkulationen liegen folgende Berechnungen zugrunde: Es wird die Stickstoffmenge betrachtet, die in den Landkreisen Schleswig-Holsteins aus Wirtschaftsdüngern auf den landwirtschaftlichen Flächen anfällt. Die Städte werden hierbei nicht berücksichtigt. Die Daten zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den Futterflächen stammen aus dem Bericht zur Bodennutzung in Hamburg und Schleswig-Holstein vom Statistikamt Nord, der auf der Landwirtschaftszählung des Jahres 2010 basiert. Zur Futterfläche wurden die Flächen des Dauergrünlandes und der Pflanzen zur Grünenernte gezählt.

Die Daten zu der aus Biogasanlagen installierten elektrischen Leistung in MW auf Landkreisebene wurden vom MELUR 2012 bereitgestellt.

Die Anzahl der Rinder – Großvieheinheiten (GVE) ist errechnet. Sie basiert auf den Tierzahlen für Rinder aus dem Bericht zu Rinderbeständen und Rinderhaltungen in Hamburg und Schleswig-Holstein (Statistikamt Nord 2012) Diesem

Bericht liegt die Auswertung der Daten der HIT-Rinderdatenbank vom Mai 2012 zugrunde (Statistikamt Nord, 2012). Die Tierzahlen hieraus wurden mittels des GVE-Schlüssels des KTBL in Großvieheinheiten umgerechnet. Je Rinder GVE wurde ein N-Anfall von 128 kg angenommen, wovon 85% anzurechnen sind, was einem anzurechnenden N-Anfall von etwa 109 kg je GVE entspricht. Schleswig-Holstein-weit fallen somit 93.435 t Stickstoff aus Rindergülle an (Tabelle 1).

Die Schweine- GVE sind ebenfalls errechnet und basieren auf den Zahlen der Landwirtschaftszählung von 2010 (Statistikamt Nord, 2013). Hier sind lediglich Tierzahlen je Landkreis aufgeführt. Um diese in Großvieheinheiten umzurechnen, wurden die Tierzahlen mit den Zahlen für die unterschiedlichen Größenklassen aus dem Bericht zu den Viehbeständen Schleswig-Holsteins vom Statistikamt Nord vom Mai 2010 (Statistikamt Nord, 2013) gewichtet und anschließend mit dem GVE- Schlüssel vom KTBL (s. o.) in Großvieheinheiten umgerechnet. Je Schweine - GVE wurde ein N-Anfall von 34 kg angenommen, wovon 70% angerechnet werden müssen. Dies entspricht einem anzurechnenden N-Anfall von etwa 23,9 kg je GVE. Dieser Wert wurde vom Institut für Tierwissenschaften der Universität Bonn bestätigt. Es ergibt sich somit für Schleswig-Holstein ein N-Anfall von insgesamt 4.364 t aus Schweinegülle.

Die Anzahl der GVE multipliziert mit dem N-Anfall je GVE ergibt den gesamten aus der Rinder- bzw. Schweinehaltung resultierenden N-Anfall auf Landkreisebene.

Nach den Vorschlägen der BLAG zur Novellierung der Düngeverordnung müssen auch die Gärreste als Wirtschaftsdünger mit angerechnet werden. Hieraus ergibt sich ein zusätzlicher N-Anfall. Da der Stickstoff aus der Gülle schon vollständig bei den GVE angerechnet wurde, muss bei der Berechnung des zusätzlichen N-Anfalls aus Gärresten der Gülle – N – Anteil abgezogen werden. Der zusätzliche N- Anfall ergibt sich folglich aus den Stickstoffgehalten der eingesetzten Substrate (außer Gülle). Der Stickstoff verbleibt bei der Vergärung bis auf vernachlässigswerte NH_3 -Verluste in den Substraten.

Die durchschnittliche Ration der Biogasanlagen besteht der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe zufolge aus 43% Gülle, 49% nachwachsenden Rohstoffen, 7% Bioabfall und 1% industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen. Als nachwachsende Rohstoffe werden einer Umfrage im Rahmen einer Masterarbeit in unserem Institut (Miehe, 2008, Herrmann et al., 2008) zufolge in Schleswig Holstein etwa 95% Mais, 3,1% Getreide - Ganzpflanzensilage und 1,9% Grassilage eingesetzt. Daraus ergibt sich die für Schleswig-Holstein repräsentative Biogasration aus Tabelle 3.

Tabelle 3: Kalkulationsdaten zum N-Anfall aus Gärresten ohne Gülle

Substrat	Anteil der Ration Masse-prozent	m3 Biogas/t	kWh/m3 Biogas	kWh/t Substrat	t Substrat/MW	gelieferte kWh	kg N/ t FM	t N/ MW
Gülle	43,00%	20,2	1,9	38,4	14.433	553.953		
Nawaro SH	49%							
Mais	46,6%	185,3	1,9	352,1	15.629	5.502.536	3,8	59,39
Getreide GPS	1,5%	194,8	1,9	370,1	506	187.311	5,6	2,83
Gras	0,9%	208,3	1,9	395,8	312	123.548	2,2	0,69
Bioabfälle	7,00%	350	1,9	665,0	2.350	1.562.498	6,0	14,10
Reststoffe Landwirtschaft/Industrie	1,00%	110	1,9	209,0	336	70.153	3,9	1,32
Summe	100,00%				33.566	8.000.000		78,33

Die Multiplikation der Masseanteile mit den jeweiligen N-Gehalten je t Frischmasse ergibt den N-Anfall aus den einzelnen Substraten, die für 1MW installierte elektrische Leistung bei 8000 Volllaststunden eingesetzt werden müssen. Je MW installierter elektrischer Leistung fallen bei der angenommenen Ration folglich 78,33 t Stickstoff (exklusive der Gülleanteile) an. Wird dieser Wert mit der installierten Leistung multipliziert, so ergibt sich der N- Anfall aus den Gärresten ohne Gülle für die einzelnen Landkreise. Insgesamt fallen in Schleswig-Holstein somit 19.661 t Stickstoff aus Gärresten an.

Interpretation der Ergebnisse

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass der Großteil des Stickstoffes aus Wirtschaftsdüngern trotz des massiven Zubaus von Biogasanlagen in den letzten Jahren aus der Rinderhaltung stammt. Durch die BLAG – Vorschläge im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung (Gärreste als Wirtschaftsdünger anzurechnen), erhöht sich das Aufkommen an anzurechnendem Stickstoff um etwa 20%.

Auf Basis dieser Kalkulationen ergibt sich ein anzurechnender N-Anfall aus organischen Düngern von durchschnittlich 109 kg je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in Schleswig-Holstein (Tab. 2). Werden diese Kalkulationen auf die Landkreisebene herunter gebrochen, überschreitet der Landkreis Schleswig-Flensburg (173 kg/ha) ab 2014 den zulässigen Höchstwert (170 kg org. N) und die Landkreise Steinburg (166 kg/ha) und Nordfriesland (163 kg/ha) liegen ebenfalls nah an den zulässigen Höchstwerten je ha (Abb. 1). Wird realistisch unterstellt, dass nicht jeder verfügbare ha LN in einem Landkreis für Gülleapplikationen zur Verfügung steht, zumindest nicht in der Größenordnung von 170 kg N/ha, ist festzustellen, dass in den oben genannten drei Landkreisen

Gülleexporte in andere Landkreise notwendig werden. Wird zusätzlich unterstellt, dass ein hoher Spezialisierungsgrad der Milchvieh-/ Futterbaubetriebe gegeben ist und somit auf diesen Betrieben kaum Marktfruchtflächen zur Gülleapplikation zur Verfügung stehen, werden auf einzelbetrieblicher Ebene die in Spalte 6 bzw. 7 der Tabelle 2 aufgeführten anzurechnenden organischen N-Dünger je ha Hauptfutterfläche relevant. Auf Basis dieser Kalkulationsgrundlage liegt der organische N-Anfall der spezialisierten Milchviehbetriebe in allen Landkreisen deutlich oberhalb der 170 kg/ha. Besonders deutlich wird am Vergleich der Spalten 6 und 7 zum Beispiel für den Landkreis Schleswig-Flensburg der zusätzliche Effekt der Gärreste, der sich mit zusätzlich über 80 kg N je ha Hauptfutterfläche niederschlägt. In der Konsequenz bedeutet dies, dass spezialisierte Milchvieh-/Biogasbetriebe in erheblichem Umfang Gülleexporte von den Betrieben vornehmen müssen, um die zu erwartenden Vorgaben einer novellierten DVO erfüllen zu können. Erschwerend dürfte hinzukommen, dass aufgrund der räumlichen Clusterbildung der Milch- und Biogasproduktion (Geeststandorte) der Gülletransport aus den Milchviehregionen heraus führen muss, also relativ große Transportentfernungen relevant werden dürften, um die Gülle- und Gärrestmengen in Ackerbauregionen zu transferieren. Dies ist ein Kostenfaktor, der für die Milchviehbetriebe ebenso evident wird wie die zusätzlichen Investitionskosten für Gülle-/Gärrestlagerraum, da die aus pflanzenbaulicher wie wasserwirtschaftlicher Sicht sinnvolle Ausdehnung der Applikationssperrfristen kompensiert werden muss.

7. Notwendige pflanzenbauliche Anpassungsstrategien der Betriebe

Die oben dargelegten Ausführungen zeigen in Verbindung mit den Daten des LLUR in Flintbek bezüglich der Nitratbelastung des Oberflächen nahen Grundwassers, dass insbesondere auf der Geest weiterhin deutlicher Optimierungsbedarf bezüglich des Düngemanagements in den Milchvieh-Futterbaubetrieben besteht. Es ist davon auszugehen, dass mehr Betriebe als bisher Schwierigkeiten bekommen werden, mit den Neuregelungen des Stickstoff-Bilanzierungsverfahrens im Rahmen der Novellierung der DVO die Einhaltung der maximal erlaubten Salden (+60 kg N/ha) zu gewährleisten. Gleiches dürfte für hoch intensive Betriebe mit hohen Maisanteilen auch bezüglich der verschärften Regelungen zu den akzeptierten Phosphatsalden (max. +20 kg Phospat/ha bei Bodenversorgungsstufe „C“) gelten. Mit dem offensichtlich vom BMELV aus rechtlichen Gründen bevorzugten Ansatz der um die „Grundfutteraufnahme plausibilisierten Feld-Stall Bilanz“ (statt der Hoftorbilanz) soll sicher gestellt werden, dass die von den Betrieben angegebenen Futtererträge der tatsächlich möglichen Grundfutteraufnahme der Tierbestände entsprechen. Das bedeutet in der Konsequenz, dass die Betriebe die Stickstoffnutzungseffizienz, aber auch die Phosphatnutzungseffizienz erhöhen müssen, um den Vorgaben zu entsprechen.

Der zentrale Schlüssel für beide Bereiche (N, P) ist das optimierte Güllemanagement insbesondere zu Mais. Mehrjährige Ergebnisse aus Niedersachsen zeigen, dass die Gülle-Unterfußdüngung zu Mais in der Lage ist, den Zukauf von mineralischen Phosphat- und Stickstoffdüngern durch Gülle zu substituieren, zudem die Ammoniakemissionen nachhaltig zu reduzieren und so die Nährstoffverwertungseffizienz deutlich zu steigern. Da Mais auf der Geest zu großen Anteilen in Selbstfolge angebaut wird, ist zudem der „kritische Rohproteingehalt“ in den Maissilagen als Indikator für die gute fachliche Praxis der Düngung zu nutzen. Der „kritische Rohproteingehalt“ ist der Wert, der den maximalen Trockenmasse-Ertrag sichert. Dieser Wert beträgt nach eigenen Untersuchungen zwischen 6,6 und maximal 7% Rohprotein zur Silomaisernte. Liegen die Rohproteinwerte über 7%, ist von einer Überversorgung der Bestände mit Stickstoff sowie steigenden N-Auswaschungsverlusten auszugehen und es sind Abschläge in der Düngeplanung für das Folgejahr vorzunehmen. Nach Auswertungen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein sind auf dieser Kalkulationsbasis mehr als 70% der Maisbestände im Lande mit Stickstoff überversorgt. Hier bestehen somit erhebliche Reserven für die Betriebe, die zu nutzen sind.

Darüber hinaus zeigen unsere Untersuchungen, dass im Sinne des Wasserschutzes die Derogationsregelung (Ausnahmegenehmigung für höhere Güllemengen (230 statt 170 kg N/ha) auf Grünland) wesentlich intensiver von den Betrieben genutzt werden sollte (vorbehaltlich der Verlängerung dieser Regelung). Mit 230 kg/ha organischer N-Düngung auf intensiv genutztem Grünland (3-4 Schnitte), bodennah (Schleppschuh) zum 1. – 3. Aufwuchs appliziert, besteht keine Gefahr der Nährstoffausträge über das Sickerwasser - also im Sinne des Wasserschutzes: so viel Gülle wie möglich auf das Grünland und so wenig wie unbedingt notwendig zum Mais!

Insgesamt bedeutet ein optimiertes Güllemanagement, dass der Zukauf an mineralischen N- und P-Düngern auf den meisten Betrieben deutlich reduziert werden kann und so das Ziel, die N- und Phosphat-Salden rechtskonform zu gestalten, erreichbar ist.

8. Fazit

Die Kalkulationen zu den Auswirkungen einer erwarteten Ausgestaltung der novellierten DVO zeigen, dass in den Zentren der Milchvieh- und Biogaserzeugung in Schleswig-Holstein auf der Geest eine Modifikation der Wachstumsstrategien der Betriebe notwendig werden dürfte, wenn nicht sogar die weitere Ausweitung der Milchproduktion in diesen Regionen in Frage zu stellen ist. Aus einzelbetriebswirtschaftlicher Perspektive sind steigende Kosten für Güllelagerkapazitäten und Gülletransporte zu kalkulieren. Aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive stellt sich mit der Novellierung der DVO noch deutlicher als bisher

die Frage nach den Vor- und Nachteilen dieser Allokationseffekte, aber auch die Frage nach der Akzeptanz der zunehmenden Konzentration in der Tierhaltung und den damit verbundenen zusätzlichen Transporten von Gülle und Gärresten über weitere Strecken. Aus Sicht des Gewässerschutzes sind diese Limitierungen notwendig, da insbesondere die Geeststandorte die deutlichsten Probleme im Hinblick auf die Erfüllung der EU-Wasserrahmenrichtlinie aufzeigen.

Literatur

Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung (2012): Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Abschlußbericht. http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Bilder/Aktuelles/Downloads_2011/121217_Bericht_Evaluierung_D%C3%BCV.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. http://www.biologischevielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf

Die Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/Nachhaltigkeit-wiederhergestellt/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=2

FNR. (2012). Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen. Abgerufen am 22. November 2012 von <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-in-biogasanlagen.html>

Herrmann, A., Miehe, K. Taube, F. (2008): Potentielle ökologische Konsequenzen der Biogasproduktion – Monitoring zu Substratanbau und Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Bd. 20. Biodiversität in der Pflanzenproduktion. S. 95.

KTBL. (2012). KTBL Feldarbeitsrechner. Abgerufen am 25. November 2012 von <http://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html#0>.

Nitratbericht Deutschland (2012): Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz www.bmu.de/nitratbericht-2012-

Miehe, A.-K. (2008): Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen - Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. Masterarbeit, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel

Schütte, Johan (2012): Analyse der Flächenpotentiale für Milch- und Biogasproduktion in Schleswig-Holstein. Bachelorarbeit, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel

Statistikamt Nord (30. Mai 2011). Landwirtschaftszählung 2010 Schleswig-Holstein. Abgerufen am 10. November 2012 von https://www.statistik-nord.de/uploads/tx-standdocuments/SI-SPEZIAL_V_2011.pdf

Statistikamt Nord (6. September 2012): Statistische Berichte. Die Rinderbestände und Rinderhaltungen in Hamburg und Schleswig-Holstein am 3. Mai 2012 – Endgültiges Ergebnis der Hit-Datenbankauswertung in Hamburg und Schleswig-Holstein – .

Statistikamt Nord (7. März 2013): Statistische Berichte. Die Viehwirtschaft in Hamburg und Schleswig-Holstein 2011.

VDLUFA (2012): Arbeitskreis für Nachhaltige Nährstoffhaushalte. Vorschlag zur Novellierung der Düngeverordnung. März 2012.

http://www.vdlufa.de/download/AK_Nachhaltige_Naehrstoffhaushalte.pdf

Änderungen der MilCHFettzusammensetzung als Indikator für eine negative Energiebilanz bei der Kuh

Max Holstermann, Ralf Blank und Andreas Susenbeth

Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein

Kurzfassung

Die hohe und in Zukunft weiterhin steigende Leistung von Milchkühen ist nur dadurch möglich und vertretbar, wenn die Energie- und Nährstoffversorgung tier- und leistungsgerecht erfolgen kann. Wegen der begrenzten Futteraufnahmekapazität und der notwendigen Strukturversorgung kommt es bei hoher Leistung besonders in der Laktationsspitze zu einer erheblichen energetischen Unterversorgung mit der Folge der Mobilisierung von Körperreserven. Die Höhe dieses energetischen Defizits wird als eine maßgebliche Ursache für Stoffwechselstörungen und verzögerte Fruchtbarkeit angesehen. Bisherige Methoden zur Bestimmung des Umfangs einer solchen Mobilisierung von Körpersubstanz, die unter praxisnahen Haltungsbedingungen eingesetzt werden, können jedoch nur als wenig geeignet angesehen werden. Gegenstand dieses Beitrags ist es, über Untersuchungen zu berichten, die das Ziel verfolgen, das Potential der MilCHFettzusammensetzung als empfindlichen Indikator für Körperfettmobilisierung zu prüfen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Veränderung der Konzentration des C-13-Kohlenstoffisotops und des Fettsäuremusters des MilCHFetts sich als geeignete und sensitive Parameter erwiesen haben. Der Zeitpunkt im Verlauf der Laktation, an dem die Tiere eine ausgeglichene Energiebilanz aufweisen, kann mit beiden Verfahren mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden. Es zeigte sich darüber hinaus, dass die Körperfettmobilisierung weitgehend unabhängig von der Höhe der Milchleistung ist und durch Körperkonditionsparameter nur unzureichend beschrieben wird. Die großen Unterschiede im Umfang und der Dauer der Fettmobilisierung zwischen den untersuchten Tieren weisen darauf hin, dass Tiere sich sehr verschieden an eine hohe Leistung anpassen.

Wie kann mit züchterischen Ansätzen auf die neuen Herausforderungen beim Milchrind reagiert werden?

Regina von Leesen, Astrid Weber, Anne Neitzel und Georg Thaller

Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein

Entwicklungen in der Milchrinderzucht

Durch die planmäßige Züchtung in großen Populationen mit Hilfe modernster Verfahren der Zuchtwertschätzung wurde beim Milchrind mittlerweile eine sehr hohe Milchleistung erreicht. In der landwirtschaftlichen Praxis wird allerdings bemängelt, dass die Gesundheit und Funktionalität der Milchkuh nicht in gleicher Weise Schritt halten konnte. So sind gegenwärtig Abgangsraten von nahezu 40% bei den Kühen zu verzeichnen, wobei als Abgangsgründe zu 21% Probleme der Fruchtbarkeit, zu 14% Probleme mit der Eutergesundheit, zu 10% Klauen- und zu 4% Stoffwechselerkrankungen angegeben werden. Während für Milchleistungsmerkmale flächendeckende Leistungsprüfssysteme etabliert sind, erweist sich die Erfassung von Merkmalen der Funktionalität und der Gesundheit deutlich schwieriger. Zudem bewirkt der Strukturwandel in Schleswig-Holstein bei einer rückläufigen Anzahl von Betrieben eine kontinuierliche Steigerung der durchschnittlichen Bestandsgröße mit der Folge, dass dem Betreuungsaufwand je Kuh Grenzen gesetzt sind. Angesichts dieser Zusammenhänge hat sich der Schwerpunkt in der Zuchtzielsetzung immer stärker auf die funktionalen Merkmale verlagert. Die besondere Herausforderung einer züchterischen Bearbeitung liegt darin, präzise definierte Merkmale zum einen möglichst genau und zum anderen im für die Zuchtwertschätzung erforderlichen Umfang zu erfassen. Die Zucht ist gemeinsam mit den benachbarten Disziplinen gefordert, über neue Forschungsansätze die relevanten Fragestellungen zu bearbeiten. Aus diesem Grund werden am Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel aktuell Forschungsprojekte bearbeitet, in denen neue Möglichkeiten für die Erfassung der wesentlichen funktionalen Merkmale untersucht werden. Vorteile ergeben sich nicht nur aus den effektiveren Möglichkeiten in der Zucht, sondern auch durch die daraus folgenden Verbesserungen in der Tiergesundheit, welche wiederum einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung hat.

Fruchtbarkeit

Im Bereich der Fruchtbarkeit wurden kontinuierliche Messungen von Progesteronwerten durchgeführt, um darauf basierend neue Kennzahlen mit einer möglichst guten Beziehung zur nachfolgenden Trächtigkeit zu entwickeln. Die negative Tendenz der Fruchtbarkeitsleistung spiegelt sich in Form einer verzögerten Zykluswiederaufnahme, unregelmäßigen Brunstzyklen, reduzierten Konzeptionsraten und verlängerten Zwischenkalbezeiten wider. Für den Milchviehhalter bedeutet dies eine Beeinträchtigung der Fruchtbarkeitskontrolle und daraus resultierend wirtschaftliche Nachteile. Züchterische Fortschritte in der Fruchtbarkeit sind durch wenig präzise erfasste Phänotypen und sehr niedrige Heritabilitäten erschwert. Zielführende Ansätze für eine genetische Verbesserung des Fruchtbarkeitsgeschehens werden in neuen, objektiven Merkmalsbeschreibungen abgeleitet aus Progesteronprofilen gesehen. Diese reflektieren die physiologische Ovaraktivität und weisen charakteristische Eigenschaften für spezifische Merkmalsdefinitionen auf. Für das Merkmal der Zykluswiederaufnahme („commencement of luteal activity“, C-LA) wurde eine Erblichkeit von 16 % bis 28 % beschrieben (Abb. 1). Diese ist deutlich höher als die Erblichkeit der traditionellen Fruchtbarkeitsparameter (<9%).

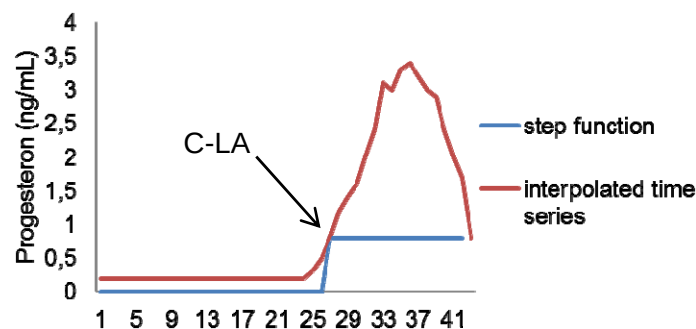


Abbildung 1: Wiederaufnahme der Zyklusaktivität

Das Ziel dieser Studie war es, individuelle Progesteronprofile für moderne Hochleistungskühe zu erstellen. In den zwei Beobachtungszeiträumen von April 2007 bis Dezember 2008 und März 2010 bis Dezember 2011 sind auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zweimal wöchentlich Magermilchproben aus dem Vorgemelk gezogen und mittels ELISA im Labor untersucht worden. Insgesamt standen 823 Kühe mit mindestens 12 Beobachtungen für die Untersuchung zur Verfügung. Die erste Probenahme erfolgte am 6. Laktationstag, die letzte Probenahme 30 Tage nach einer positiven Trächtigkeitsuntersuchung. Die Besamung erfolgte ab dem 100. Laktationstag, bei ET-Tiere später. Ausgehend davon sollten Merkmale für die Beschreibung der Reproduktionsleistung erarbeitet werden, um zwischen überlege-

nen und unterlegenen Tieren in der Fruchtbarkeit zu unterscheiden. Weiterhin sollte ein Zusammenhang zwischen Progesteronprofilen und geschätzten täglichen Zuchtwerten für die Energiebilanz abgeleitet werden.

Es wurden drei mathematische Methoden entwickelt, um niedrige Progesteronkonzentrationen während einer Brunst zu detektieren. Diese Methoden zeichneten sich durch hohe Sensitivitäten von 93,13% bis 100% und Spezifitäten von 99,93% bis 97,92% aus, sowie durch eine Fehlerrate die zwischen 4% bis 22,2% lag. Die erfolgversprechendste Methode wurde ausgewählt und weiter entwickelt. Ausgehend von einer reduzierten Fruchtbarkeitsleistung sind eine normal verlaufende und eine verzögerte Zykluswiederaufnahme definiert worden. Die erste Lutealaktivität wurde mittels der Dauer und der nachweisbaren Menge Progesteron („area under curve“, AUC) beschrieben (Abb. 2). Für diese Merkmale wurden mittels Survivalanalysen die Mittlere Rast- und Güstzeit analysiert. Aufgrund des Reproduktionsmanagements waren hinsichtlich der Rastzeit keine signifikanten Unterschiede festzustellen. In der Güstzeit unterschieden sich die Tiere mit einer normalen und einer verzögerten Zykluswiederaufnahme und anschließenden großen Menge nachweisbaren Progesterons („large area under curve“, LAUC) signifikant ($P=0.0341$), beziehungsweise bei einer verlängerten Lutealphase ($P = 0.0505$).

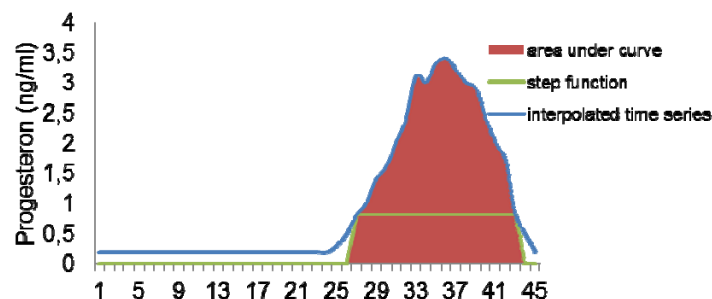


Abbildung 2: AUC der ersten Lutealaktivität

Besonders interessant erweist sich der Zusammenhang mit der Energiebilanz, die gerade zu Beginn der Laktation bei hochleistenden Tieren ein wichtiger Indikator ist. In der Frühlaktation ist bei Hochleistungskühen aufgrund der vorrangigen Nutzung der Energie für die Milchproduktion und einer nicht bedarfsdeckenden Energieaufnahme die Nettoenergiebilanz negativ. Um zusätzliche Energie bereitzustellen kommt es zu einer verstärkten Körperfettmobilisation und Muskelmasseabbau. Um den Effekt dieser metabolischen Belastung auf die Progesteronprofile zu analysieren, wurden für geschätzte tägliche Energiebilanz-zuchtwerte Gruppierungen für die Unterschiede des genetischen Leistungspotentials erstellt und hinsichtlich der Zykluswiederaufnahme, sowie der nachfolgenden Reproduktionsleistung ausgewertet. Anhand des Verlaufs der täglichen

Zuchtwerte, sowie des mittleren Zuchtwertes innerhalb der ersten 55 Tage, wurde eine Gruppeneinteilung vorgenommen. Dazu wurden die Summe aller negativen täglichen Zuchtwerte und die Anzahl negativer täglicher Zuchtwerte zur Gruppierung verwendet. Für die Gruppierungen der geschätzten täglichen Zuchtwerte wurde ein Einfluss auf den Beginn der Zykluswiederaufnahme festgestellt.

Es ist festzuhalten, dass eine objektive Darstellung des Zyklusgeschehens mittels Progesteronmesswerte möglich ist und eine Differenzierung der Kühe hinsichtlich ihrer Fruchtbarkeitsleistung erlaubt. Aus den Kaplan-Meier-Survival Analysen ergibt sich, dass nicht nur der Zeitpunkt der ersten Gelbkörperaktivität, sondern außerdem die nachfolgende Dauer der Gelbkörperaktivität entscheidend sind. Eine verlängerte Gelbkörperphase nach einem normalen Zyklusbeginn ist für den Zeitpunkt der nachfolgenden Trächtigkeit weniger von Bedeutung, als wenn diese nach einer verzögerten Zykluswiederaufnahme stattfindet.

Lahmheiten

Im Weiteren wurden intensive Forschungsarbeiten im Bereich der Klauengesundheit durchgeführt. In der Milchviehhaltung stellen Lahmheiten verbunden mit Klauen- und Gliedmaßenkrankungen sowohl ein tierschutzrelevantes als auch ein ökonomisches Problem dar. Lahmheiten beeinträchtigen das Wohlbefinden der Tiere und führen zu einer Verkürzung der Lebensdauer, sowie einer Reduzierung der Milch- und Reproduktionsleistung (Kossaibati and Esslemont, 1997). Eine direkte Selektion auf Klauengesundheit erscheint infolge der aufwändigen Erfassung zeit- und kostenintensiv. Für eine erfolgreiche indirekte Selektion ist die Kenntnis der Heritabilitäten und der genetischen Korrelation zwischen dem potenziellen Hilfsmerkmal und der Klauengesundheit erforderlich. Als mögliches Hilfsmerkmal könnte das Vorliegen von Lahmheiten dienen. Die Erfassung und Bewertung von Lahmheiten ist mittels sogenannter Locomotion Scoring Systeme, die in den letzten Jahrzehnten stetig weiterentwickelt wurden, mit vertretbarem Aufwand möglich. Das Ziel dieser Studie bestand in der Schätzung von Heritabilitäten für die Merkmale Lahmheit und Klauen- und Gliedmaßenkrankungen, sowie ihrer genetischen Beziehung zueinander. Vorausgehend erfolgt eine Modellentwicklung unter Berücksichtigung systematischer Einflussfaktoren und die Schätzung der relevanten fixen Effekte.

Die Datenerfassung erfolgte im Zeitraum vom September 2010 bis Februar 2012 auf dem Versuchsbetrieb des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung in Karkendamm. Der Lahmheitsstatus von 326 laktierenden Holstein Friesian Kühen wurde wöchentlich mit dem von Sprecher et al. (1997) entwickelten 5-stufigen Locomotion Scoring System beurteilt. 771 Klauen- und Gliedmaßenkrankungen

lagen im gleichen Beobachtungszeitraum von 335 laktierenden Tieren vor. Sohlengeschwür (23,7 %) und Dermatitis Digitalis (21,7 %) gehörten zu den häufigsten Erkrankungen; Erkrankungen der oberen Gliedmaßen traten mit 6,6 % deutlich seltener auf. Die Lahmheit und die Erkrankungen wurden als binäre Merkmale definiert. Kuhtage mit mindestens einer Diagnose bzw. Behandlung, sowie die folgenden acht Tage galten als „krank“ und wurden mit „1“ codiert; alle anderen Tage erhielten den Beobachtungswert „0“. Aufgrund der Verteilung der Locomotion Scores erfolgte eine Dichotomisierung (Abb. 3). Den klinisch lahmen Kühen (score ≥ 3) wurde der Wert „1“ zugeordnet; in der Bewegung nicht beeinträchtigte Kühe (score 1 und 2) erhielten den Wert „0“. Die berücksichtigte Laktationsphase umfasste die Laktationstage 10 bis 350. Zusätzlich wurde eine zweite Auswertungsdatei, in der die Diagnose Dermatitis Digitalis nicht als Erkrankung geführt wurde, erstellt.

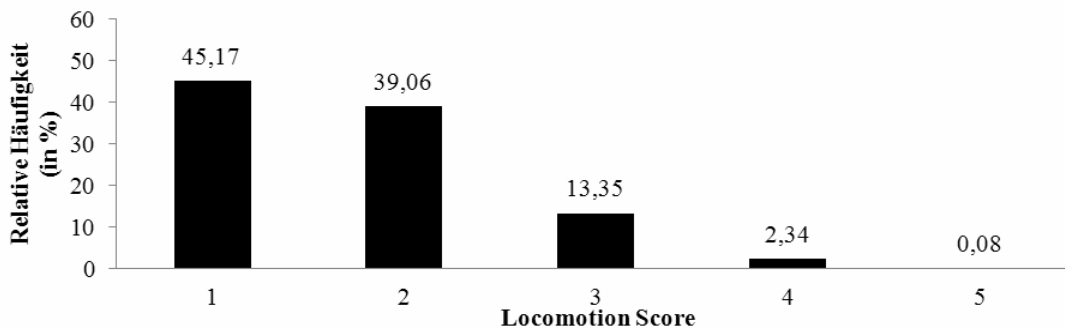


Abbildung 3: Häufigkeit der fünf erfassten Locomotion Scores

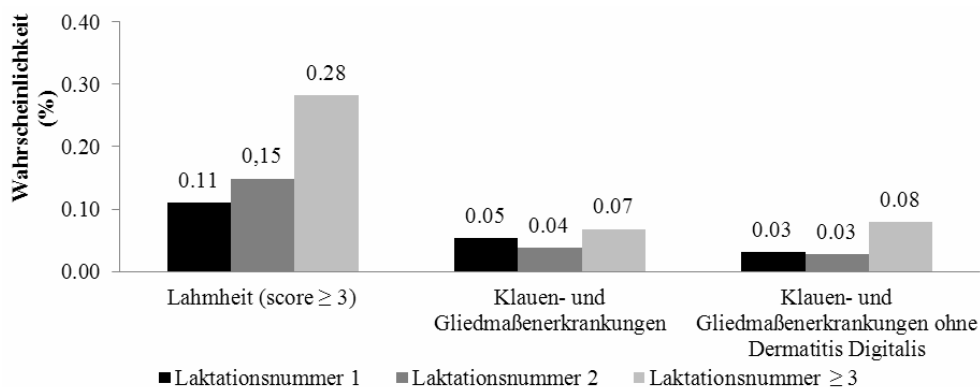


Abbildung 4: Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Lahmheit ($LS \geq 3$) oder einer Klauen- und Gliedmaßenkrankung in Abhängigkeit von der Laktationsnummer (F-Test; $p = 0.0001$; LSQ-Mittelwerte)

Mit zunehmender Laktationsnummer steigen die beobachteten Lahmheiten und ebenfalls die Anfälligkeit für Klauen- und Gliedmaßenkrankungen an (Abb. 4). Als Ursache kann der längere Kontakt der Klauen zum Spaltenboden und daraus resultierend zu Kot und Urin bei pluriparen Kühen gelten; dabei wird die Qualität des Klauenhorns massiv beeinträchtigt. Des Weiteren ist das Klauenhorn durch das höhere Körpergewicht stärkeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Die zunehmende Schädigung des Klauenhorns resultiert in einem Anstieg von Klauenläsionen und Lahmheiten (Rowlands et al., 1985). Die mit dem bivariaten Schwellenwertmodell geschätzten Heritabilitäten zeigen eine ausreichende genetische Variation, so dass eine Zucht im Hinblick auf eine Reduzierung der Klauen- und Gliedmaßenkrankungen, als auch der Lahmheit erfolgversprechend wäre. Die deutlich positiven Korrelationen zwischen der Lahmheit und der Klauengesundheit lassen den Locomotion Score als geeignetes Hilfsmerkmal erscheinen (Weber et al., 2012).

Eutergesundheit

Euterentzündungen sind eine der Hauptabgangsursachen auf Milchviehbetrieben. Die Neuerkrankungsrate liegt bei ca. 38 Prozent der Kühe, die ein- oder mehrmalig pro Laktation aufgrund einer Mastitis behandelt werden (Hinrichs et al., 2005). Im Tiergesundheitsmanagement eines Milchviehbetriebes ist die Eutergesundheit der Milchkühe eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftlich erfolgreiche Führung des Betriebes. Sensoren sind heute nicht mehr nur Bestandteil von automatischen Melksystemen. Sie sind zunehmend auch in konventionellen Melkständen im Einsatz. Um das Herdenmanagement zu verbessern und die Gesundheit seiner Milchkühe in den Fokus der Milchproduktion zu stellen, stehen dem Landwirt verschiedene Sensorprodukte auf dem Markt zur Verfügung. Diese erfassen und analysieren verschiedene Euterentzündungsparameter unterschiedlich erfolgreich, wobei diese Parameter nicht alle gleich aussagekräftig sind. Daten aus Online-Messungen, die während des Melkvorgangs zur Bestimmung der Eutergesundheit dienen, werden bisher für das Herdenmanagement herangezogen, jedoch nicht für die Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung genutzt. In Bezug auf die Erkennung einer Mastitis spielt der somatische Zellgehalt der Milch eine übergeordnete Rolle. Die Messung der Somatischen Zellzahl in der Rohmilch ist als Indikator für Mastitis und Milchqualität weitestgehend akzeptiert (Whyte et al., 2005). Der erhöhte Gehalt an somatischen Zellen, z.B. aufgrund einer Euterentzündung, wird als Ausdruck von Gewebeschäden des Euters gewertet. Die körpereigene Krankheitsabwehr der Kuh ist dabei u.a. durch die Zunahme der körpereigenen Immunzellen (somatische Zellen) gekennzeichnet. Zu den Erregern, die einen starken Anstieg des Zellgehaltes verursachen, gehören z.B. *Staphylokokkus aureus* und *Streptokokkus aga-*

lactiae. KNS (*koagulase-negative Staphylokokken*) verursachen lediglich einen leichten Anstieg der Zellzahlen (Harmon, 1994). Der somatische Zellgehalt wird von der subklinischen Eutergesundheitssituation der Herde im Erzeugerbetrieb bestimmt, da der Gehalt in der Anlieferungsmilch abhängig vom Gehalt somatischer Zellen im Sekret einzelner Euterviertel und ihrer Anteile an der Anlieferungsmilch ist (Krömker, 2007). Es ist nicht der erhöhte Zellgehalt negativ zu beurteilen ist (Immunsystem des Tieres ist intakt!), sondern die Ursache der Zellzahlerhöhung.

Eines der Messgeräte, das sowohl im Melkroboter als auch in konventionellen Melkständen installiert werden kann, ist das Online-Zellzahlmessgerät CellSense™ (LELY/Sensortec). Auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm wurde von April 2011 bis Dezember 2012 CellSense™ auf die Eignung zur Überwachung der Eutergesundheit überprüft. Die Geräte sind an sieben von insgesamt 28 Melkplätzen im Melkkarussell von GEA Farm Technologies an der Milchleitung installiert. Zu jeder Melkzeit misst diese Technik den Eutergesundheitsstatus mittels eines automatisierten California Mastitis Tests (Abb. 5). Der CMT wurde von Schalm and Noorlander (1957) erfunden und beruht auf dem modifizierten Whiteside-Test. Die Viskosität der mit einer Testflüssigkeit versetzten Milch wird als sogenannte Draintime gemessen: die Zeit die eine definierte Milchmenge benötigt, um durch eine genormte Bohrung abzufließen (Whyte et al., 2002). Die Testflüssigkeit bildet einen Komplex mit der DNA aus dem Zellkern; je höher der Zellgehalt, desto höhere Werte nehmen daher die Viskosität der Probe und damit die Höhe der erfassten Draintime an.

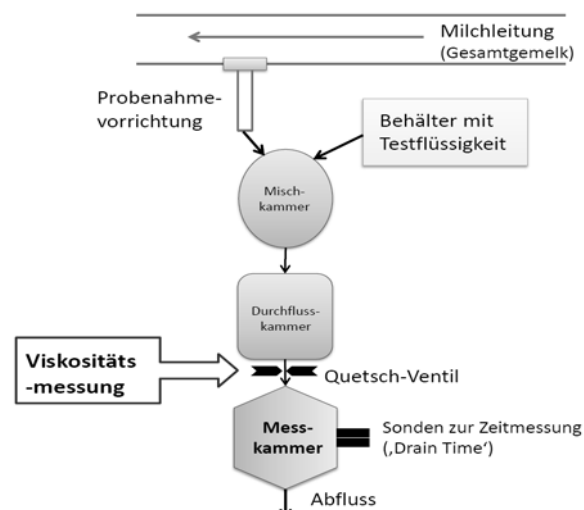


Abbildung 5: Messprinzip von CellSense™

Das Messergebnis wird dem Landwirt bereits im Melkstand farblich angezeigt, bevor die Kuh den Melkplatz verlassen hat. Die Einteilung der Messergebnisse erfolgt farblich unterschieden in vom Hersteller festgelegten Zellzahlklassen. Die Kühe werden zweimal pro Tag in keiner definierten Reihenfolge gemolken. Die Zuordnung der CellSense™-Messwerte zu den Gemelksdaten der Milchmengenmessung erfolgt durch die Analyse der Zeitabstände und Abfolgen der Messwerte an den einzelnen Melkplätzen. Zusätzlich zu den Draintimemessungen werden auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm täglich die Milchleistung und wöchentlich die gemelksweisen Analysedaten durch den LKV erhoben. Für die Analyse des Merkmals Draintime standen 28.369 Messwerte von 324 Holstein-Friesian Kühen zur Verfügung.

Für die experimentelle Verifizierung des Messverfahrens konnte mittels der Streuung, die bei der 4-fachen Messung derselben Mischprobe an allen Plätzen auftritt, die Reproduzierbarkeit der Daten dargestellt werden. Eine hinreichende Linearität besteht und es erscheint vertretbar, dass CellSense™ die Draintime in ein Zellzahlergebnis umrechnet. Anhand gebildeter Zeitreihen sind die von CellSense™ errechneten Zellzahlwerte und LKV-Zellzahlergebnisse (wöchentlich) für einzelne Tiere dargestellt (Abb. 6, Abb. 7, Abb. 8). Die eingesetzten Grenzwerte beschreiben die Zellzahlklassen (>200.000 , >400.000 , >800.000 und $>2.000.000$ Zellen/ml Milch).

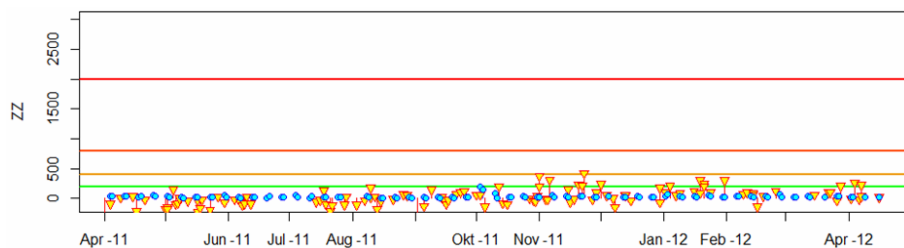


Abbildung 6: Keine Mastitiserkrankung festgestellt

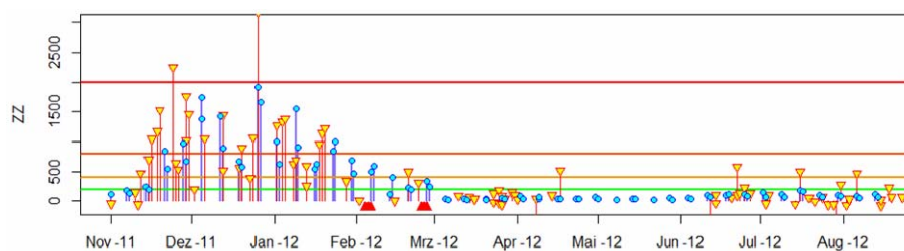


Abbildung 7: Mastitisereignis wurde behandelt (Pfeil).
Messwerte und LKV-Daten kohärent.

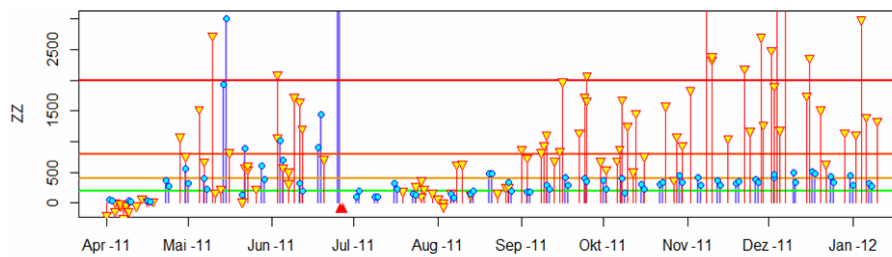


Abbildung 8: Mastitisereignis wurde behandelt (Pfeil).
Messwerte und LKV-Daten nicht kohärent.

In der Studie konnte eine weitgehend gute Übereinstimmung der Zellzahlergebnisse des LKV und von CellSense™ ermittelt werden. Systematische Unterschiede zwischen den Sensoren lassen eine spezifische Kalibrierung notwendig erscheinen. Die mit CellSense™ gewonnenen Daten sind für das Management nutzbar, da diese andere auf dem Betrieb erfasste Gesundheitsparameter für die Überwachung der Herdengesundheit ergänzen können. Die höhere Abtastrate des somatischen Zellgehalts (täglich statt monatlich) ermöglicht eindeutig eine bessere Erkennung von Mastitiden. Weitere Einflussfaktoren auf die Draintime, wie zum Beispiel Protein- und Fettgehalt der Milch und der Milchfluss, werden anhand von Korrelationen betrachtet. Für den züchterischen Ansatz ist die Streuung der Zellzahl als neues Merkmal nicht zu vernachlässigen (Neitzel et al., 2012).

Ausblick und Fazit

Es hat sich gezeigt, dass neue Phänotypen bzw. automatisierte Erfassungssysteme eine präzisere Beschreibung der funktionalen Merkmale ermöglichen. Die Automatisierung im Bereich der Milchrinderhaltung wird in Zukunft zunehmen. Die Herausforderung liegt darin, Datenschnittstellen für eine zentrale Auswertung für die Zuchtwertschätzung zu etablieren und die neuen Kennzahlen und Parameter zu harmonisieren. Dabei muss die Hierarchie der Erfassungsintensitäten geklärt werden (Versuchsbetriebe – Testbetriebe – Produktionsbetriebe). Die Betrachtung der Ergebnisse auf Einzeltierbasis wird für die Umsetzung der Systeme in der Praxis und für den züchterischen Ansatz zur optimalen Nutzung der funktionalen Merkmale von entscheidender Bedeutung sein. Wesentlich für die praktische Zuchtarbeit wird es sein, ob es gelingt, entsprechende Prüfverfahren kostengünstig und flächendeckend in den Milchviehbetrieben zu implementieren.

Literatur

- HARMON, R. J. (1994) Physiology of Mastitis and Factors Affecting Somatic Cell Counts. *Journal of Dairy Science*, 77, 2103-2112.
- HINRICHS, D., STAMER, E., JUNGE, W. & KALM, E. (2005) Genetic Analyses of Mastitis Data Using Animal Threshold Models and Genetic Correlation with Production Traits. *Journal of Dairy Science*, 88, 2260-2268.
- KOSSAIBATI, M. A. & ESSLEMONT, R. J. (1997) The costs of production diseases in dairy herds in England. *Veterinarian Journal*, 154, 41-51.
- KRÖMKER, V. (2007) *Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene*, Stuttgart.
- NEITZEL, A.-C., W. JUNGE & G. THALLER (2012) Online-Erfassung von Eutererkrankungsdaten mit CellSense™. Vortragstagung der DGfZ und GfT am 12./13. September 2012 in Halle/Saale.
- ROWLANDS, G. J., RUSSELL, A. M. & WILLIAMS, L. A. (1985) Effects of stage of lactation, month, age, origin and heart girth on lameness in dairy cattle. *Vet Rec*, 117, 576-80.
- SCHALM, O. W. & NOORLANDER, D. O. (1957) Experiments and observations leading to development of the California mastitis test. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 130, 199-204.
- SPRECHER, D. J., HOSTETLER, D. E. & KANEENE, J. B. (1997) A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47, 1179-1187.
- WEBER, A., E. STAMER, W. JUNGE & G. THALLER (2012) Analyse von Locomotion Scores und Klauen- und Gliedmaßenkrankungen beim Milchrind. Vortragstagung der DGfZ und GfT am 12./13. September 2012 in Halle/Saale.
- WHYTE, D. S., ORCHARD, R. G., CROSS, P. S., FRIETSCH, T., CLAYMOND, R. W. & MEIN, A. G. A. (2002) An on-line somatic cell count sensor. IN MEIJERING, A. H. H. A. C. J. A. M. D. K. (Ed.) *Automatic Milking - a better understanding*. Wageningen, Wageningen Academic Publisher.
- WHYTE, D., WALMSLEY, M., LIEW, A., CLAYCOMB, R. & MEIN, G. (2005) Chemical and rheological aspects of gel formation in the California Mastitis Test. *The Journal of Dairy Research*, 72, 115-121.

Messung von Milchinhaltsstoffen mittels nicht invasiver Sensoren

Angelika Häußermann und Eberhard Hartung

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein

Einleitung

Die Erfassung von Milchinhaltsstoffen kann heutzutage mit Hilfe nicht invasiver Sensoren unmittelbar während des Melkvorgangs oder im direkten Anschluss daran stattfinden. Dies bringt einige Vorteile für den Milcherzeuger mit sich, gleichzeitig entstehen jedoch auch Kosten, u.a. für die Investition in die Messtechnik. Für die Entscheidung für oder gegen diese Investition ist es daher wichtig zu wissen, welche Inhaltsstoffe mit welcher Genauigkeit erfasst werden und wie dieses Mehr an Wissen für ein verbessertes Herdenmanagement genutzt werden kann. Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Kompetenzzentrums Milch Schleswig-Holstein (KMSH) wurde eine spezielle Messzelle entwickelt, die die nicht invasive Erfassung von Milchinhaltsstoffen während des Melkvorgangs ermöglicht. Die Messung der Inhaltstoffe der Rohmilch erfolgte mit einem Nahinfrarotspektrometer der Firma Polytec GmbH (Waldbronn), die chemometrische Kalibration der Mess- und Analyseergebnisse mit dem ‚Calibration Wizard‘ der Firma SensoLogic GmbH (Norderstedt). Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Spezifikationen des Analysegerätes und der Kalibrierung getestet und für den gewünschten Einsatz optimiert. Anschließend wurden die Messzelle, das Nahinfrarotspektrometer und die chemometrische Kalibration auf ihre Eignung für den Einsatz in verschiedenen Melkständen getestet.

Milchinhaltsstoffe als Indikatoren

Die Milch, ihr Erscheinungsbild und ihre Inhaltsstoffe sind für Milcherzeuger eine wichtige Informationsquelle, u.a. um die Eutergesundheit der Tiere zu überwachen. Die Milch klinisch erkrankter Tiere ist in ihrer Homogenität und zum Teil in ihrer Farbe verändert und somit, zumindest durch die melkende Person und im Rahmen einer Vormelkprobe, einfach zu erkennen. Die zunehmende Automatisierung in der Milcherzeugung erschwert die Erkennung visuell veränderter Milch. Gleichzeitig eröffnet sie jedoch die Möglichkeit verschiedene Milchinhaltsstoffe unmittelbar während des Melkvorgangs zu erfassen und so-

mit auch subklinische Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und die Daten für das Herdenmanagement zu nutzen.

Die Erfassung von Milchinhaltsstoffen erfolgt hierbei nicht nur mit dem Ziel, Eutererkrankungen zu erkennen, sondern kann ebenso die frühzeitige Erkennung von Brunstereignissen, Fruchtbarkeits- und Stoffwechselerkrankungen sowie die regelmäßige Anpassung der Fütterung unterstützen (Brandt et al., 2010). In Abbildung 1 ist ein Großteil der bisher untersuchten Milchinhaltsstoffe und ihr potentiellles Anwendungsgebiet zusammengefasst. Als wichtiger Indikator für eine Mastitis dient, neben Flocken und Blut im Vorgemelk klinisch erkrankter Tiere, die Anzahl somatischer Zellen (SCC) in der Milch (IDF 1967, DVG 1994 Hamann, 2010). Sie wird im Rahmen der Milchleistungsprüfung im Regelfall monatlich erfasst und ausgewertet. Durch Mastitis bedingte Veränderungen in den Milchinhaltsstoffen betreffen darüber hinaus unter anderem den Ionengehalt der Milch sowie deren Laktose- und Laktatgehalt. Diese sind auf Änderungen in der physiologischen Integrität der Blut-Euter-Schranke bzw. des sekretorischen Epithels zurückzuführen (Hamann et al., 2002;). Weiterhin verschiebt sich die Proteinzusammensetzung in Richtung der Molkenproteine, es reduziert sich der Gehalt an Caseinen, wodurch die Prozessqualität negativ beeinflusst wird. Als Indikatoren für eine Mastitis können zudem Enzyme, wie NAGase und LDH, die im Rahmen der Immunabwehr freigesetzt werden, dienen (Abb. 1).

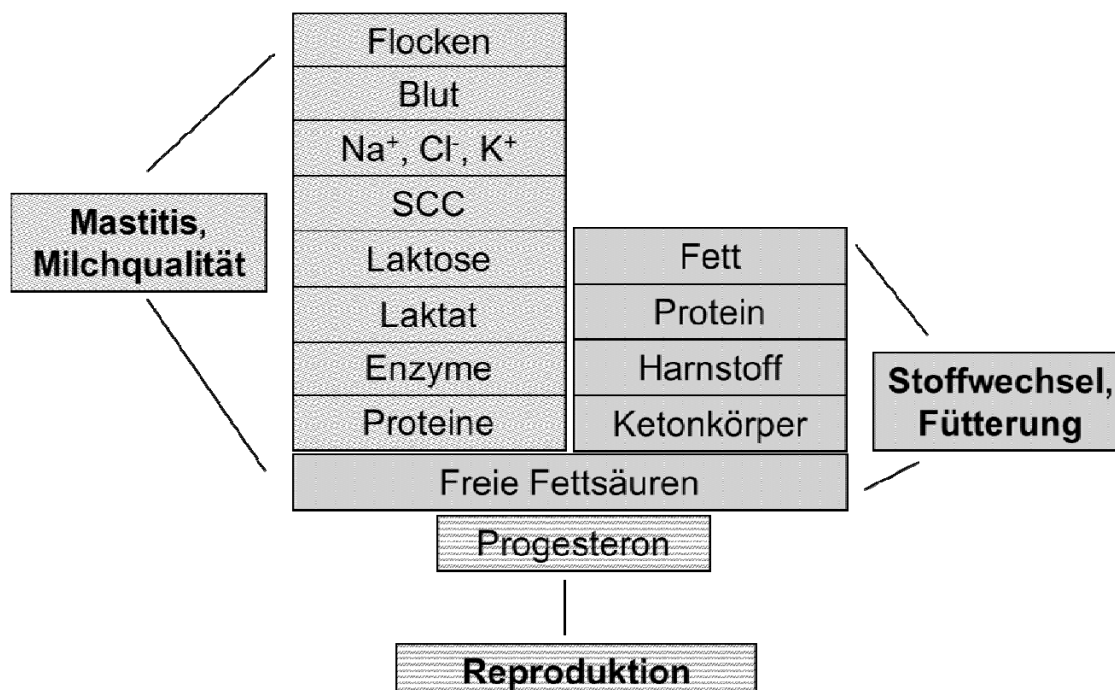


Abb. 1 Indikatoren in der Milch und ihre Anwendungsgebiete

Im Bereich der Fütterung sind in erster Linie das Fett-Protein-Verhältnis und der Harnstoffgehalt in der Milch wichtige Indikatoren für die Erkennung eines Energiedefizits oder auch eines Proteinüberschusses. Sie werden monatlich im Rahmen der Milchleistungsprüfung erfasst und bewertet. Die Erfassung von Ketonkörper in der Milch liefert darüber hinaus wichtige Hinweise auf ketotische Erkrankung im Zeitraum nach der Geburt.

Die Messung des Progesterongehaltes in der Milch dient in erster Linie der Brunsterkennung. Sie kann darüber hinaus Hinweise auf Eierstockzysten geben und unterstützend zur Trächtigkeitskontrolle eingesetzt werden. Am Tag der Brunst fällt der Progesterongehalt der Milch in der Regel auf einen Wert unter 5 ng/ml, bevor er in den folgenden Tagen wieder einen Wert von 10–40 ng/ml Milch einnimmt (Brandt et al., 2010).

Erfassung von Milchinhaltsstoffen beim Melkvorgang

Der Einsatz sensorischer Lösungen für die Milchinhaltsstoffanalyse im Rahmen des Milchentzugs bietet dem Milcherzeuger die Vorteile, dass die Messung bei jedem Melkvorgang stattfinden kann und die Information somit direkt verfügbar und vernetzbar ist. Die eingesetzten Sensoren sollen entweder die visuelle Kontrolle ersetzen (Mastitiserkennung) oder zusätzliche Informationen liefern (Erkennung subklinischer Erkrankungen, Optimierung der Futterration). Werden Informationen auf Basis mehrerer Indikatoren erfasst, erhöht sich häufig die Aussagekraft und Genauigkeit. Hierbei ist mitunter wichtig, dass die darauf beruhenden Alarmmeldungen zum Beispiel vom Herdenmanagementprogramm sinnvoll verknüpft werden und nicht jeder Alarm vom Milcherzeuger separat bewertet werden muss. Vorteile bringen auch Sensorsysteme, die mehr als einen Indikator erfassen können und somit für mehrere Anwendungsgebiete gleichzeitig einsetzbar sind. Hierzu zählen unter anderem spektroskopische Verfahren.

Die Besonderheiten bei Messungen während des Milchentzugs ergeben sich unter anderem durch die Druckverhältnisse in Melkleitungen (variierende Vakuumschichten), die ungleichmäßigen Strömungsbedingungen (Milch-Luft-Gemische) und die chemischen Eigenschaften der Rohmilch (nicht homogenisiert). Eine nicht invasive Erfassung von Milchinhaltsstoffen findet je nach Messverfahren im Milchmengenmessgerät (elektrische Leitfähigkeit) oder im Bereich der Melkleitung (spektroskopische Verfahren) statt. Mitunter ist es nötig, eine Teilprobe des Gemelks abzuzweigen und separat zu analysieren. Bei invasiven Messverfahren findet darüber hinaus, durch die Zugabe von chemischen (SCC-Zählverfahren, Änderung der Viskosität) oder biologischen Substanzen (z.B. Biosensoren), eine Veränderung der Milchprobe statt, die somit im Anschluss an die Messung verworfen werden muss.

Mastitiserkennung in Automatischen Melksystemen

Automatische Melksysteme (AMS) müssen gemäß Verordnung (EG) 853/2004 die Erkennung und Ableitung von Milch mit organoleptischen sowie abnormen physikalisch-chemischen Merkmalen sicherstellen. Die DIN ISO 20966:2008 beschreibt im Anhang C ein Verfahren zur Beurteilung der Erkennungssystem für durch Blutbeimengungen oder Veränderungen der Homogenität als abnormale erachtete Milch und fordert eine Sensitivität von mehr als 70 % und eine Spezifität von über 99 % für deren Erkennung. Genügt die Ausstattung diesen Anforderungen nicht, sind vom Milcherzeuger Maßnahmen zur Sicherstellung der Eutergesundheit durchzuführen (BMELV, 2012). Im Allgemeinen nutzen AMS die Messung der elektrischen Leitfähigkeit oder des elektrischen Leitwerts der Milch je Viertel als Mindestausstattung, um bei Überschreitung des eingestellten Grenzwertes oder einer vorgegebenen Vierteldifferenz Rückschlüsse auf mögliche Euterentzündungen zu ermöglichen. Die Aussagekraft wird je nach System und Ausstattung durch Informationen zur Milchleistung, durch eine Farbmessung (Blutanteile in der Milch) und mitunter durch eine SCC-Messung ergänzt und verbessert.

Die Zuverlässigkeit der Mastitiserkennung auf Basis der derzeit eingesetzten Sensorsysteme wurde im Rahmen einer Studie zur Eutergesundheit und Mastitiserkennung in AMS-Betrieben am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität, in Kooperation mit dem Max-Rubner-Institut in Kiel, überprüft (Brandt et al., 2012a, 2012b). An der Studie nahmen zwölf Milcherzeugerbetriebe teil, die mit einem oder mehreren AMS der Hersteller DeLaval, Lely oder SAC ausgestattet waren. Der Eutergesundheitsstatus der laktierenden Kühe wurde im wöchentlichen Abstand insgesamt dreimal je Betrieb anhand von Viertelgemelksproben untersucht. Die Gewinnung der Proben und deren Untersuchung (SCC und bakteriologische Beschaffenheit) erfolgten in Anlehnung an die Vorgaben der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG, 2009). Das Vorgemelk wurde jeweils in einem Vormelkbecher visuell kontrolliert. Ein Viertel galt als infiziert, wenn der gleiche Erreger in mindestens zwei von drei Proben nachgewiesen wurde. Zudem wurde ein Viertel als infiziert betrachtet, wenn ein Major Pathogen in nur einer der drei Proben nachgewiesen wurde und die SCC über 200.000 Zellen/ml lag. Für die Beurteilung der SCC je Viertel wurde der geometrische Mittelwert aus den Ergebnissen der drei Probenahmen ermittelt (Brandt et al., 2011).

Die Sensitivität, also der Anteil der korrekt als erkrankt erkannten Viertel, sowie die Spezifität, der Anteil korrekt als gesund identifizierten Vierteln, wurde für drei verschiedene Goldstandards berechnet: 1. Klinische Mastitiserkrankungen (Flocken im Vorgemelk), 2. Viertelanfangsgemelke mit einem SCC von mehr

als 100.000 Zellen/ml Milch und bakteriologisch positivem Befund sowie 3. Viertelanfangsgemelke mit einem SCC von mehr als 500.000 Zellen/ml Milch und bakteriologisch positivem Befund. Gewertet wurden Alarmmeldungen, die innerhalb des Beprobungszeitraums von 15 Tagen erfolgten. Die Ergebnisse für alle drei Goldstandards sind in Abbildung 2 dargestellt.

Sensitivität [%]

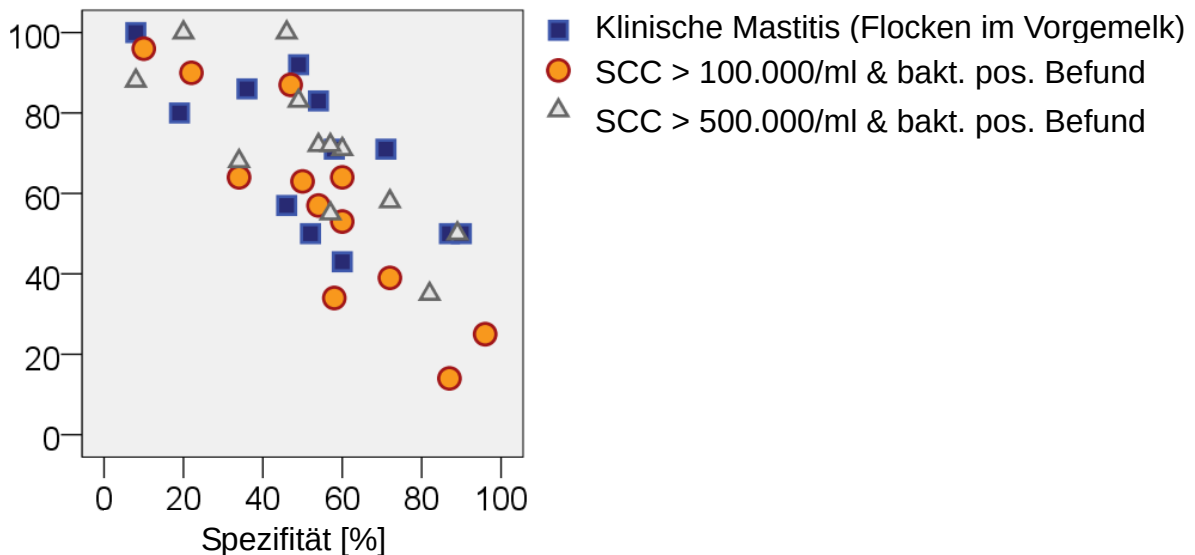


Abb. 2 Sensitivität und Spezifität der Mastitiserkennung in AMS

Die Sensitivität für die Mastitiserkennung variierte je nach Goldstandard und Betrieb zwischen 14 % und 100 %, die Spezifität zwischen 8 % und 96 %. Die in der DIN ISO 20966:2008 geforderten Grenzwerte wurde von keinem der untersuchten System eingehalten. Betriebe, die eine Sensitivität von mehr als 70 % für die Erkennung abnormaler Milch (klinische Mastitis) aufwiesen, erreichten eine Spezifität von nur 8 % bis 71 % (Abb. 2). Alarmmeldungen, die auf einer zusätzliche Messung der SCC beruhten (eine SCC-Messung war auf vier Betrieben installiert), wiesen je nach System und Grenzwert eine höhere Sensitivität oder eine höhere Spezifität auf. Wurden Alarmmeldungen innerhalb eines engeren Zeitraums um die Probenahme herum betrachtet, erhöhte sich zwar im Allgemeinen die Spezifität, gleichzeitig verringerte sich jedoch die Sensitivität erheblich. Vergleichbare Ergebnisse zur Eignung der elektrischen Leitfähigkeit für die Mastitiserkennung wurden bereits in früheren Studien (Hamann & Zeconi, 1998; Rasmussen & Bjerring, 2005) erzielt.

Analyse von Milchinhaltsstoffen mittels Nahinfrarotspektroskopie

Die Eignung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) für den Einsatz während des Melkvorgangs wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „On-farm Analyse von Milchinhaltsstoffen als Basis für ein verbessertes Herdenmanagement“ (Teilprojekt 6.1; Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein KMSH, Melfsen 2012) getestet. Im Fokus des Projektes stand zum einen die Entwicklung einer Messzelle für die nicht-invasive Erfassung von Milchinhaltsstoffen im Bereich der Melkleitung, zum anderen der Test verschiedener Spezifikationen für das verwendete Spektrometer (Diodenzeilenspektrometer, 850-1650 nm, Polytec GmbH, Waldbronn) und die Erstellung der chemometrischen Kalibrationen (SL Calibration Wizard v.1.1.0; SensoLogic GmbH, Norderstedt) für die verschiedenen Milchinhaltsstoffe. Abschließend wurde die Messgenauigkeit der entwickelten und optimierten Messzelle und Kalibration in drei verschiedenen Melkständen überprüft.

In Abbildung 3 ist die Veränderung verschiedener Milchinhaltsstoffe im Verlauf eines Melkvorgangs am Beispiel einer Kuh dargestellt.

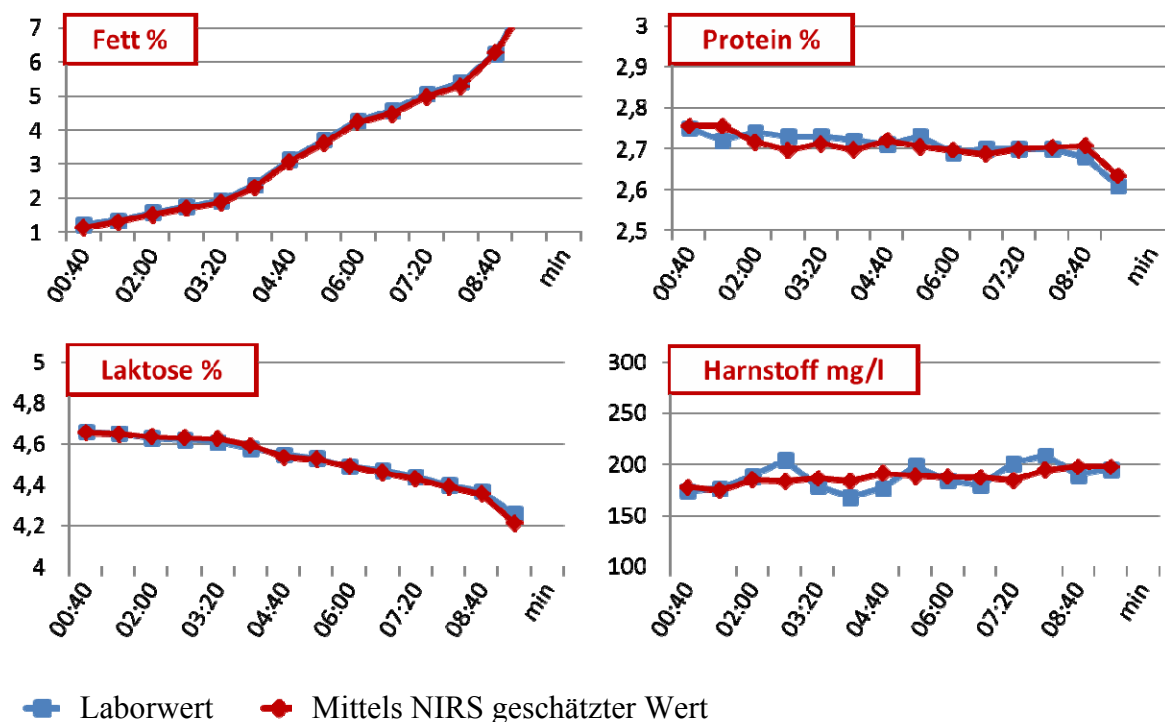


Abb. 3 Veränderung der Milchinhaltsstoffe Fett, Protein, Laktose und Harnstoff im Verlauf eines Melkvorgangs am Beispiel einer Kuh (mittels Nahinfrarotspektroskopie und chemometrischer Kalibration geschätzt und Referenzanalyse derselben Probe im Labor)

Die Abspaltung von Teilgemelksproben in die Durchflussmesszelle erfolgte kontinuierlich während des Melkprozesses mit einem Milchmengenmessgerät (LactoCorder, WMB AG, Balgach, Schweiz). Nach der spektroskopischen Analyse kann die Probe entweder für Kalibrationszwecke in einen Probensammler oder zurück in die Melkleitung geleitet werden.

Im Verlauf der Studie wurden Kalibrationen mit exzellenter bis zufriedenstellender Genauigkeit für die Gehalte an Fett, Eiweiß, Laktose, somatischen Zellen, Harnstoff und freien Fettsäuren in der Rohmilch erstellt (Melfsen et al., 2012a). Die höchste Schätzgenauigkeit wurde mit RPD-Werten von 21,7, 6,4 und 3,5 für die Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Laktose erzielt (Tab. 1), was den Einsatz der NIRS für die tierindividuelle Anpassung der Fütterung oder für eine automatische Gesundheitsüberwachung indiziert.

Tabelle 1 Analyse von Milchinhaltsstoffe mittels Nahinfrarotspektroskopie: Ergebnisse der Kalibration und Validation am LVZ Futterkamp

	Kalibration (n=523)		Validation (n=262)			
	SEC ¹	R ² _{cal} ²	SEP ³	R ² _{val} ⁴	Bias	RPD ⁵
Fett (%)	0,09	0,998	0,09	0,998	-0,0004	21,72
Protein (%)	0,04	0,99	0,05	0,98	0,0003	6,44
Laktose (%)	0,05	0,96	0,06	0,92	-0,0076	3,51
Harnstoff (mg l⁻¹)	15,24	0,89	19,32	0,82	-1,6959	2,36
log SCC	0,15	0,90	0,18	0,85	-0,0119	2,57

¹SEC = Standardfehler der Kalibration; ²R²_{cal} = Bestimmtheitsmaß der Kalibration

³SEP = Standardfehler der Vorhersage; ⁴R²_{val} = Bestimmtheitsmaß der Vorhersage

⁵RPD = Verhältnis der Standardabweichung des Validationssets zum SEP

Die Untersuchungen zeigten, dass tier- und betriebsindividuelle und auch saisonale Anpassungen die Schätzgenauigkeit auf „kalibrationsfremden“ Betrieben erhöhen können (Melfsen et al., 2012b; 2013). Hierzu zählt auch die regelmäßige Analyse von Milchproben im Labor und deren Verwendung für eine betriebsindividuelle Erweiterung der Kalibration.

Insgesamt ergab die Studie, dass die Nahinfrarotspektroskopie bei geeigneter Einbindung in die Melkanlage ein hervorragendes Instrument darstellt, um Messungen von Milchinhaltsstoffen im Melkverlauf nicht invasiv, das heißt ohne den Einsatz von Chemikalien und ohne Milchverluste, durchzuführen. Die Ergebnisse unterstreichen jedoch auch, dass die Aussagekraft der Messwerte sehr deutlich von der verwendeten Messtechnik und der Genauigkeit der Kalibration abhängt.

Literatur

- BMELV (2012): Bekanntmachung zur Durchführung von Artikel 3 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang III Abschnitt IX Kapitel I der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs (ABl. L 226 vom 25.6.2004, S. 22) hinsichtlich der Anwendung bestimmter Maßnahmen in Milcherzeugungsbetrieben mit automatischen Melkverfahren. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Bonn, den 4. September 2012, Bundesministerium der Justiz, www.bundesanzeiger.de
- Brandt, M., A. Haeussermann, E. Hartung (2010): Invited Review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk. *J Dairy Sci* 93 (2): 427-436.
- Brandt, M., A. Haeussermann, K. Knappstein, E. Hartung (2011): Beurteilung aktueller Sensortechnik für die Erkennung von klinischen und subklinischen Mastitiden auf Betrieben mit automatischem Melksystem. 10. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 27.-29. September 2011, Kiel, Germany, S. 111-118
- Brandt, M., A. Haeussermann, K. Knappstein, E. Hartung (2012): State of udder health in twelve farms with automatic milking systems in Northern Germany - a case study. In (Brandt, M): Evaluation of presently used sensor systems for mastitis detection in automatic milking farms in Schleswig-Holstein. Dissertation Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Brandt, M., A. Haeussermann, K. Knappstein, E. Hartung (2012): Detection of mastitis with presently used sensor techniques in AMS farms. In (Brandt, M): Evaluation of presently used sensor systems for mastitis detection in automatic milking farms in Schleswig-Holstein. Dissertation Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- DIN ISO 20966:2008. Automatische Melksysteme – Anforderungen und Prüfung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DVG (1994): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Gießen
- DVG (2009): Sachverständigenausschuss "Subklinische Mastitis": Leitlinien zur Entnahme von Milchproben unter aseptischen Bedingungen und Leitlinien zur Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern 2. Auflage, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG), Gießen
- Hamann, J. (2010): Mastitis and raw milk quality, safety and yield. In Griffiths, M.W. (Ed.): Improving the safety and quality of milk. Volume 1: Milk production and processing. Woodhead publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Number 188, S. 246-263, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Hamann, J., K. Nogai, R. Redetzky, N.T. Grabowski, A. Heide (2002): Milk constituents as tools for mastitis detection. XXII World Buiatrics Congress 2002, Hanover, p. 18-23.
- Hamann, J. & A. Zeconi (1998): Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. Bulletin of the IDF 334, International Dairy Federation, Brussel, Belgium.
- IDF (1967): Definition of mastitis – Influence of cold-storage of raw milk on certain of its properties, Bulletin of the IDF 034, International Dairy Federation, Brussel, Belgium.
- Melfsen, A. (2012): On-farm milk composition analysis with near-infrared spectroscopy. Dissertation Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

- Melfsen, A., E. Hartung, A. Haeussermann (2013): Robustness of near-infrared calibration models for the prediction of milk constituents during the milking process. *Journal of Dairy Research* 80 (1), 103-112.
- Melfsen, A., E. Hartung, A. Haeussermann (2012a): Accuracy of in-line milk composition analysis with diffuse reflectance near-infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.* 95 :6465–6476.
- Melfsen, A., E. Hartung, A. Haeussermann (2012b): Potential of cow individual scatter correction for an improved accuracy of NIR milk composition analysis. *J. Near Infrared Spectrosc.* 20, 477-482.
- Rasmussen, M.D. & M. Bjerring (2005): Detection of clinical mastitis in automatic milking systems. *ICAR Technical Series* 10:117-122.
- Verordnung (EG) NR. 853/2004 des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. ABl. EG Nr. L 226 vom 25.06.2004, S. 22

Milchoriginäre Oligosaccharide als funktionelle Inhaltsstoffe

Ingrid Clawin-Rädecker¹, Katja Zerge¹, Karina Altmann¹, Sebastian Kämpfer²,
Wolfgang Hoffmann¹, Peter Chr. Lorenzen¹

¹Max Rubner-Institut, Standort Kiel, Institut für Sicherheit und Qualität bei
Milch und Fisch

²Unternehmensgruppe Theo Müller, Leppersdorf

1. Einleitung

Humanmilch enthält im Gegensatz zur Milch der meisten bisher untersuchten Säugetiere einen relativ hohen Anteil an komplexen Oligosacchariden, die z. T. gebunden in Glykoproteinen, aber auch frei in der Milch vorliegen. Neuere Studien zeigen, dass komplexen Oligosacchariden aus Milch neben der bifidogenen Wirkung auch eine stimulierende Wirkung auf das Immunsystem und ein Schutz gegen bakterielle und virale Infektionen zugeschrieben werden kann (Bode, L. 2006, Boehm et al. 2007, German et al. 2002, Gibson et.al. 2004, Kunz et al. 1996, 2000, Tao et al. 2008, Urashima et al. 2001). Auf der Basis dieser Ergebnisse erscheint die Entwicklung funktioneller prophylaktisch-aktiver Lebensmittel, die Oligosaccharide enthalten, von besonderem Interesse. Auf Grund der geringen Konzentration an milchoriginären Oligosacchariden in Kuhmilch stellen diese ohne Anreicherung eine eher unbedeutende Quelle für die menschliche Ernährung dar. Im Rahmen des BMBF-geförderten Kompetenznetzwerkes „Food Chain Plus“ sollen daher funktionelle Lebensmittel entwickelt werden, die mit Oligosacchariden aus Milch verschiedener Nutztierarten oder mit aus Lactose enzymatisch synthetisierten Galactooligosacchariden angereichert sind. Die Oligosaccharid-Fractionen werden analytisch charakterisiert und sollen in Zell-basierten Tests *in vitro* auf ihre bifidogene und mögliche antiinflammatorische Wirkung überprüft werden. Eine mögliche gesundheitsfördernde Wirkung der Milcholigosaccharide im Lebensmittel kann letztendlich nur in Humanstudien bewiesen werden.

2. Analytische Charakterisierung der milchoriginären Oligosaccharide

Zur Charakterisierung der angereicherten Oligosaccharid-Fractionen wurde eine hochauflösende Anionenaustauschchromatographie mit gepulster amperometrischer Detektion und online gekoppeltem Massendetektor (HPAEC-PAD/MS) etabliert (Bruggink et al. 2005). Durch die Kombination der selektiven Trennung an einer Anionenaustauschersäule mit der sensitiven elektrochemischen Detekti-

on (HPAEC/PAD-Analysenmethode) und der eindeutigen Identifizierung mithilfe der Strukturinformationen aus den Massenspektren (MS^n) können so komplexe Oligosaccharidmischungen direkt, also ohne weitere Separation, Anreicherung und Derivatisierung analysiert und im Vergleich zu Standardsubstanzen quantifiziert werden (Abb.1).

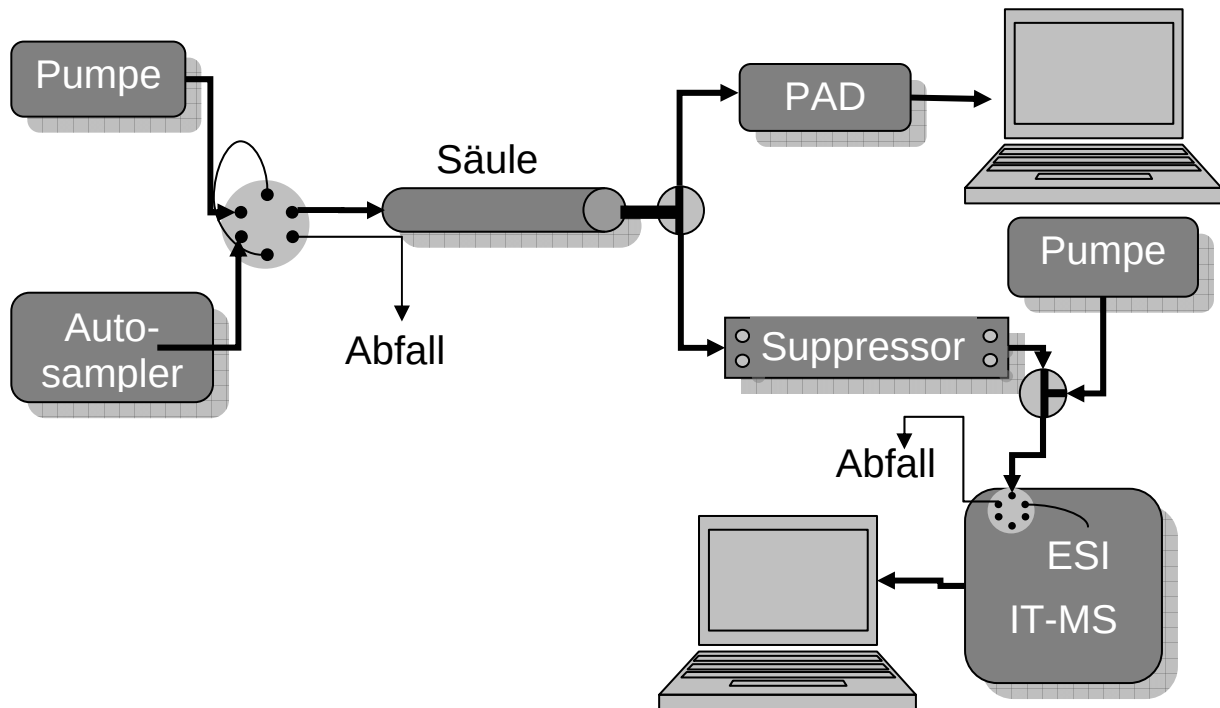


Abb.1: Konfiguration des Analysensystems (HPAEC-PAD/MS)

Zur Klärung der Fragestellung, inwieweit die Milch verschiedener Nutztierarten als Quelle milchoriginärer Oligosaccharide genutzt werden kann, wurden Milchproben unterschiedlicher Tierarten (Kuh, Ziege, Schaf, Stute und Kamel) auf ihre Oligosaccharidzusammensetzung untersucht. Die Zusammensetzung der Milch der verschiedenen Tierarten unterscheidet sich insbesondere im Protein- und im Lactosegehalt maßgeblich von der Humanmilch (Tab.1).

Tab. 1: Zusammensetzung und Oligosaccharid-Gehalte von Milch verschiedener Tierarten im Vergleich zu Humanmilch (Mittelwerte nach El-Agamy 2006, Martinez-Ferez et al. 2006)

Spezies	Protein (%)	Fett (%)	Asche (%)	Lactose (%)	Oligosaccharide (g/l)
Human	1.97	2.80	0.27	6.30	5-8
Kuh	3.24	3.60	0.76	4.65	0.03-0.06
Ziege	3.02	4.15	0.74	4.21	0.25-0.30
Schaf	5.25	5.95	0.94	4.91	0.02-0.04
Kamel	3.22	3.96	0.79	4.56	keine Daten
Stute	2.31	1.01	0.44	6.40	keine Daten

Lediglich Stutenmilch weist einen ähnlich geringen Protein- und hohen Lactose-Gehalt wie Humanmilch auf. Zum Oligosaccharidgehalt der Milch der verschiedenen Tierarten gibt es bis jetzt nur wenige Daten.

Die Analyse der Milch von Kuh, Schaf, Ziege, Stute und Kamel im Vergleich zur Humanmilch zeigt komplexe Muster der verschiedensten Oligosaccharide mit deutlichen Spezies-abhängigen Unterschieden in der Zusammensetzung (Abb.2). Im direkten Vergleich zur Humanmilch liegen die Gehalte der einzelnen Oligosaccharide in der Milch der verschiedenen Tierarten ca. 10-100fach niedriger und sind insbesondere in Bezug auf die neutralen Oligosaccharide deutlich weniger komplex. Es zeigte sich, dass jede Milch einzigartig ist, da verschiedenartige Milcholigosaccharide in unterschiedlichsten Konzentrationen gemessen werden konnten. In Schaf- und Ziegenmilch wurden auch N-Glycolylneuraminsäure-haltige Oligosaccharide nachgewiesen, die in Humanmilch nicht vorkommen. In Stuten- und insbesondere in Kamelmilch konnten dagegen relativ hohe Gehalte des auch in Humanmilch vorkommenden neutralen Oligosaccharids bestimmt werden. In Bezug auf mögliche ernährungsphysiologische Wirkungen stellen komplexe Oligosaccharide aus der Milch der verschiedenen Tierarten eine attraktive Quelle für neuartige, funktionelle Inhaltsstoffe in der menschlichen Ernährung da. Vor allem die Spezies-abhängige unterschiedliche Zusammensetzung der Oligosaccharide könnte zur Untersuchung von Struktur/Wirkungsbeziehungen interessant sein.

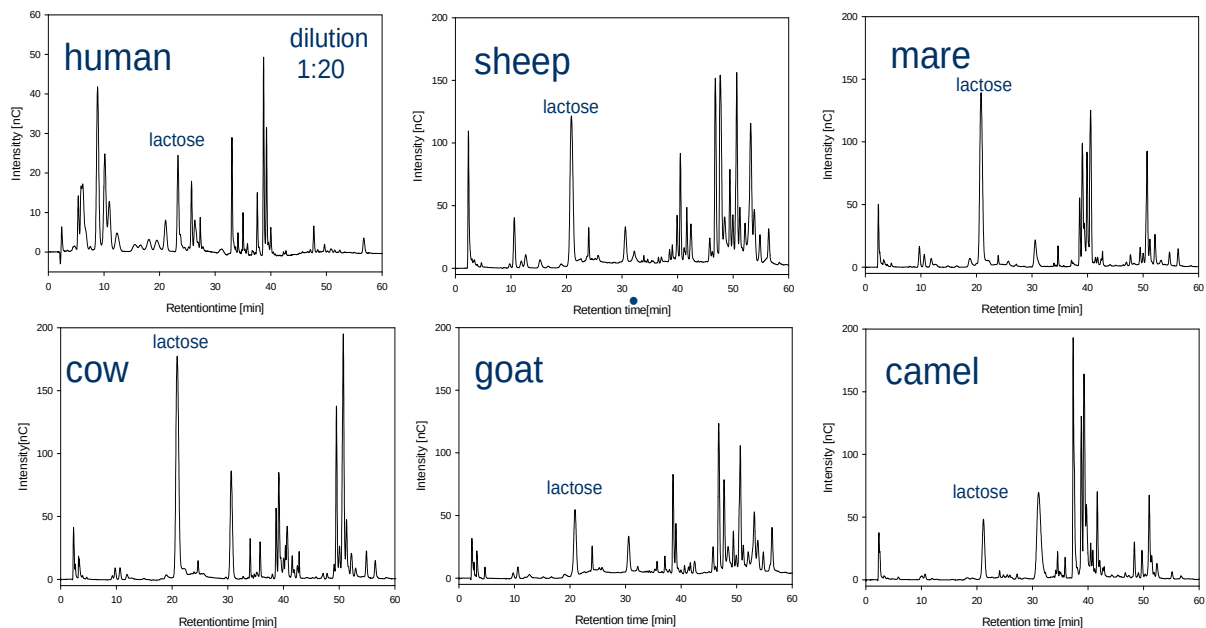


Abb. 2: Vergleich der Milcholigosaccharidfraktionen aus der Milch verschiedener Tierarten mit Humanmilch (HPAEC/PAD-Chromatogramme)

3. Anreicherung der milchoriginären Oligosaccharide mittels Membrantrennverfahren

Aufgrund der im Vergleich zur Humanmilch deutlich geringeren Konzentration an milchoriginären Oligosacchariden in Kuhmilch oder Milch anderer Nutztierarten müssen diese zum Einsatz in funktionellen Lebensmitteln angereichert werden. Dies könnte unter anderem mittels Membrantrennverfahren erfolgen (Barile et al. 2009, Goulas et al. 2002, Hernandez 2009, Martinez-Ferez 2006). Die Analyse verschiedener Produktströme aus der Molkereipraxis zeigte einen nur geringen Einfluss der technologischen Verfahrensschritte auf die Oligosaccharid-Fraktion. Vergleichbare Oligosaccharid-Muster wie in Kuhrohmlch konnten auch in Süß-, Sauermolke und Melasse nachgewiesen werden. Zur Gewinnung von Oligosacchariden als funktionelle Ingredienzien bietet sich der Einsatz von Molke an und wäre sicherlich in Hinblick auf eine verbesserte Wertschöpfung in der Molkeverarbeitung interessant.

Zur Anreicherung von Oligosacchariden mittels Nanofiltration wurden zunächst verschiedene Flachmembranen mithilfe einer Galactooligosaccharidmischung auf ihre Trenneigenschaften im Bereich von 100-1000 Dalton getestet. In diesen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass einige Membranen eine Anreicherung von Disacchariden und Galactooligosacchariden bei gleichzeitiger fast vollständiger Abtrennung der Monosaccharide ermöglichen.

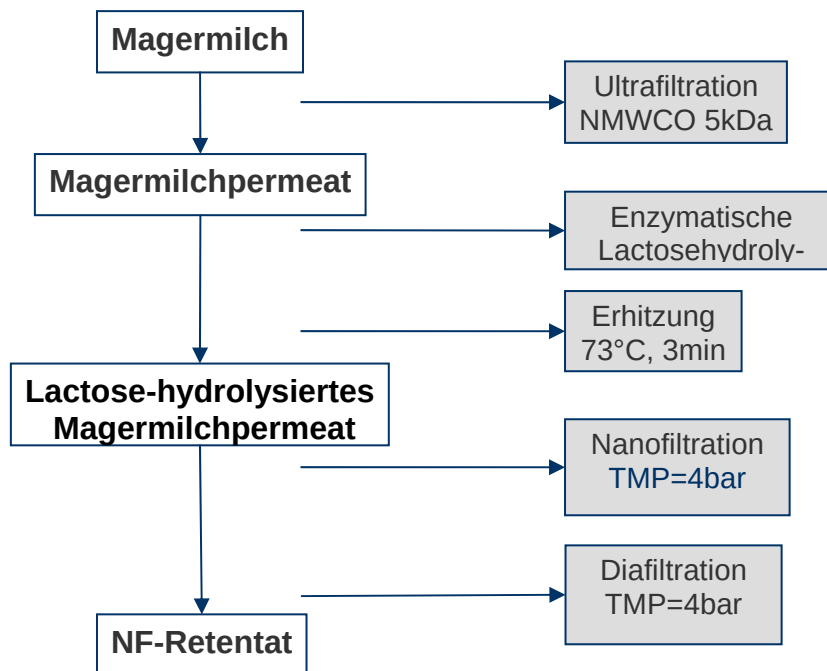


Abb.3: Membranfiltration zur Anreicherung von Milcholigosacchariden nach enzymatischer Lactosehydrolyse aus Kuhmilch (Nanofiltration mit verschiedenen Flachmembranen im Labormaßstab)

Zur Anreicherung von Milcholigosacchariden aus Magermilchpermeat wurde daher die Lactose vor der Nanofiltration enzymatisch mittels β -Galactosidase in die Monosaccharide gespalten (Abb.3).

Untersuchungen unterschiedlicher Nanofiltrationsmembranen ließen ein unterschiedliches Retentionsverhalten der einzelnen neutralen und sauren Oligosaccharide erkennen. Je nach eingesetzter Membran konnte eine Wiederfindung der einzelnen Oligosaccharide von bis zu 60-80% im Nanofiltrationsretentat bei gleichzeitiger, nahezu vollständiger Abtrennung der im hohen Überschuss vorhandenen Monosaccharide erzielt werden (Abb.4).

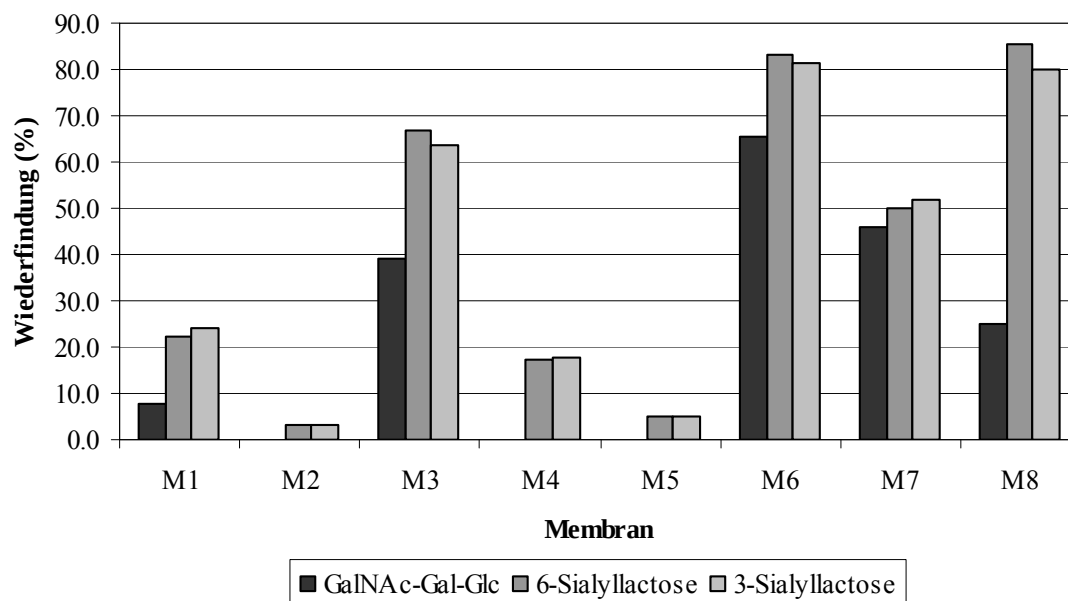


Abb.4: Wiederfindung einzelner Milcholigosaccharide im Nanofiltrationsretentat mit unterschiedlichen Flachmembranen

4. Ausblick

Um Milcholigosaccharide als funktionelle Inhaltsstoffe einsetzen zu können, muss im Weiteren ein Upscaling der im Labormaßstab etablierten Membrantrennungsverfahren in einen Produktionsmaßstab erfolgen. Nach der analytischen Charakterisierung der gewonnenen Milcholigosaccharidfraktionen ist geplant, eine gesundheitsfördernde Wirkung durch Screening einer möglichen antiinflammatorischen Wirkung in Zell-basierten Assays und Analyse ihrer bifidogenen Wirkung *in vitro* zu untersuchen und Fraktionen mit einem möglichen gesundheitsfördernden Potential in einem Milcholigosaccharid-angereicherten, funktionellen Lebensmittel einzusetzen. Des Weiteren müssen bei der Entwicklung eines funktionellen Lebensmittels auch mögliche Einflüsse der Lebensmittelmatrix und der Lebensmittelverarbeitung auf Stabilität und Bioverfügbarkeit der Oligosaccharide erfasst werden.

Literatur

1. Barile, D., Tao, N., Lebrilla, C. B., Coisson, J.-D., Arlorio, M., & German, J. B. (2009). Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk oligosaccharides. *International Dairy Journal* 19, 524-530
2. Bode, L. (2006). Recent advances on structure, metabolism, and function of human milk oligosaccharides. *Journal of Nutrition* 136, 2127-2130

3. Boehm, G., Stahl, B. (2007). Oligosaccharides from milk. *Journal of Nutrition* 137, 847S-849S
4. Bruggink, C., Maurer, R., Herrmann, H., Cavalli, S., & Hoefler, F. (2005). Analysis of carbohydrates by anion exchange chromatography and mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1085, 104-109
5. El-Sayed I.El-Agamy (2006) in *Handbook of milk of non-bovine mammals*, Eds. Y.W. Park and G. F. W. Haenlein, Blackwell Publishing, 297-344
6. German, J. B., Dillard, C. J., & Ward, R. E. (2002). Bioactive components in milk. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 5, 653-658.
7. Gibson, G. R., Probert, H. M., Loo, J. V., Rastall, R. A., & Roberfroid, M. B. (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17, 259.
8. 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.
9. 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.
10. Kunz, C., Rudloff, S., Hintelmann, A., Pohlentz, G., & Egge, H. (1996). High-pH anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection and molar response factors of human milk oligosaccharides. *Journal of Chromatography B-Biomedical Applications*, 685, 211-221.
11. Kunz, C., Rudloff, S., Baier, W., Klein, N., & Strobel, S. (2000). Oligosaccharides in human milk: Structural, functional, and metabolic aspects. *Annual Review of Nutrition*, 20, 699-722.
12. Martinez-Ferez, A., Rudloff, S., Guadix, A., Henkel, C., Pohlentz, G., Boza, J., Guadix, E., & Kunz, C. (2006). Goats' milk as a natural source of lactose-derived oligosaccharides: Isolation by membrane technology. *International Dairy Journal*, 16, 173-181.
13. Tao, N., DePeters, E. J., Freeman, S., German, J. B. Grimm, R., & Lebrilla, C. B. (2008) Bovine milk glycome. *Journal of Dairy Science* 91, 3768-3778
14. Urashima, T., Saito, T., Nakamura, T., Messer, M. (2001). Oligosaccharides of milk and colostrum in non-human mammals. *Glycoconjugate Journal* 18, 357-371

PECKISH – eine Kieler Pflanzenextraktbibliothek für funktionelle Lebensmittel

Simone Onur und Frank Döring

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Funktionelle Lebensmittel sind per Definition Nahrungsmittel, die mit zusätzlichen Inhaltsstoffen angereichert sind und positive Effekte auf Gesundheit und Wohlbefinden zeigen. Man unterscheidet hierbei natürliche funktionelle Lebensmittel (z.B. Sauerkraut, Fisch), klassische funktionelle Lebensmittel (z.B. mit Phytosterolen angereicherte Margarine) und sogenannter Nutraceuticals bzw. Nahrungsergänzungsmittel, die z.B. in Kapselform konsumiert werden können.

Die Suche nach neuen bioaktiven Substanzen für die Entwicklung innovativer funktioneller Lebensmittel stellt sich oft als große Herausforderung heraus. Pflanzen und ihre Extrakte sind hierbei eine potente Ressource für bioaktive Substanzen. Der Vorteil von Pflanzenextrakten ist, dass sie aus frei verfügbaren Rohstoffen hergestellt werden können. Zudem sind die Extrakte gut reproduzierbar, hoch divers, screening-geeignet und einsetzbar in Lebensmitteln. Eine Recherche nach bereits vorhandenen Extraktsammlungen ergab, dass es zum einen sogenannte „Compound-libraries“ für pharmazeutische Zwecke gibt und zum anderen zwar kleinere Extraktsammlungen (z.B. Kräuter der traditionellen chinesischen Medizin), diese aber nicht frei verfügbar sind. Daher haben wir mit PECKISH (**P**lant **E**xtrakt **C**ollection **K**iel in **S**chleswig-**H**olstein) im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes „Vision Epifood“ eine frei zugängliche Screening-Bibliothek für die Entwicklung neuer funktioneller Lebensmittel aufgebaut. PECKISH beinhaltet über 4600 Extrakte, die ihren Ursprung in >850 verschiedenen Pflanzen finden, welche wiederum aus mehr als 190 Pflanzenfamilien stammen. Es wurden mehr als 11 verschiedene Pflanzengewebe/-teile zur Extraktion genutzt. Ca. 63 % der Extrakte sind auf Wasserbasis und ca. 32% auf Ethanolbasis hergestellt. Ca. 5% der Extrakte basieren auf unterschiedlichen Lösungsmitteln. Die Rohstoffe zur Extraktion stellen u.a. herkömmliche Pflanzen aus Kräutershops, extra angebauten hiesigen Pflanzen, marinen Algen, Kräuter der traditionellen Chinesischen Medizin und Pflanzen afrikanischen Ursprungs dar. >95% der Extrakte sind nach dem gleichen Standardprotokoll produziert worden. Die konzentrierten und sterilisierten Extrakte werden bei -80°C im 96-

well Format gelagert. Informationen zu Rohstoffen, Extraktionsprozedur, Konzentrationen etc. sind in eine internetbasierte Datenbank eingespeist. Das Format der Bibliothek ermöglicht *medium throughput screenings* in enzymatischen Assays, zellbasierten Assays oder phänotypische read-outs in Modellorganismen (z.B. *C. elegans*, *Drosophila melanogaster*). Sie ist geeignet für die Suche nach neuen bioaktiven Substanzen/Wirkungen sowie zur weiteren Erforschung oder Bestätigung bereits bekannter Wirkungen und für den Einsatz in funktionellen Lebensmitteln. Es gibt erste Hinweise, dass ausgewählte Pflanzenextrakte eine Lebensverlängerung bei der Fruchtfliege bewirken und somit als potentiell Mimetikum für kalorische Restriktion genutzt werden könnten. Weitere Versuche auf diesem Gebiet sind derzeit noch nicht abgeschlossen. Die Besonderheit dieser Sammlung ist die Diversität der Extrakte sowie ihr *open access*-Charakter.

Gelbwurz (*Curcuma longa*) – Gewürz, Farbstoff oder Antioxidans?

Tuba Esatbeyoglu

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Seit dem 13. Jahrhundert ist *Curcuma longa* L. (dt. Kurkuma, Gelbwurz(el)) als Würz-, Heil- sowie Färbemittel bekannt.^{[1], [2]} Damals brachten arabische Kaufmänner *Curcuma* von Indien auf den europäischen Markt.^{[1], [2]} Der lateinische Name *Curcuma* leitet sich von dem arabischen Wort Kourkoum ab, das ursprünglich Safran bedeutete.^[3] Da die intensiv goldene Farbe an Safran erinnert, wurde *Curcuma* in Europa auch als „Indischer Safran“ bezeichnet. *Curcuma* wurde somit als billiger Ersatz für den teuren Safran verwendet.^{[1], [3]}

Curcuma longa L. gehört zu den Ingwergewächsen (Zingiberaceae). Die *Curcuma*-Pflanze trägt sechs bis zehn bis zu einem Meter lange zweizeilig angeordnete elliptische Blätter. Von Ende Herbst bis Mitte Sommer trägt *Curcuma* 10-15cm große gelbe Blüten, die in spiralförmig angeordneten zapfenähnlichen „Ähren“ angeordnet sind. *Curcuma* trägt keine Früchte. Die intensiv gelben Wurzelknollen sind äußerlich der Ingwerwurzel sehr ähnlich. Das Gewürz *Curcuma* wird aus dem Rhizom gewonnen.^{[3], [2]} *Curcuma* ist in tropischen und subtropischen Regionen wie Indien, China und Südostasien weit verbreitet.^{[2], [4]} Indien ist der weltweit größte *Curcuma*-Produzent, Verbraucher und Exporteur zugleich.^{[2], [5]}

Der Curcuminoidgehalt in *Curcuma* beträgt 3–5% Curcuminoiden. Die Hauptcurcuminoiden sind Curcumin (Diferuloylmethan), Demethoxycurcumin (Feruloyl-4-hydroxycinnamoylmethan) und Bisdemethoxycurcumin (Bis-4-hydroxycinnamoylmethan), die der Gruppe der Diarylheptanoide zugeordnet werden. Bei diesen Curcuminoiden handelt es sich um bis- α,β -ungesättigte β -Diketone aus zwei Ferulasäureeinheiten, die über eine Methylengruppe miteinander verknüpft sind. Das Curcumin-Molekül zeigt Keto-Enol-Tautomerie (Abbildung 1).^{[2], [6], [7], [8]} Relativ neu bekannt ist das Cyclocurcumin, welches einen α,β -ungesättigten Dihydropyranon-Ring besitzt.^{[2], [9]}

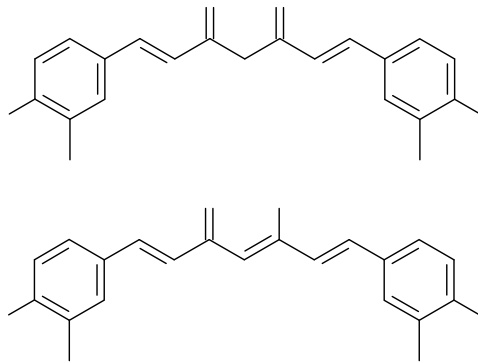


Abbildung 1: Chemische Struktur des Curcumins (Keto-Enol-Tautomer).

Darüber hinaus sind in *Curcuma* ätherische Öle in Mengen von 1 bis 5% enthalten. Hier sind vor allem Mono- und Sesquiterpene wie α - und β -Turmeron, ar-Turmeron, Turmerol, Zingiberen, Zingiberol, Curcumol, β -Curcumen und Xanthorrhizol zu erwähnen. ^{[2], [8]}

Seine gelbe Farbe hat das hydrophobe Curcumin, welches sein höchstes Absorptionsmaximum bei 420 nm aufweist, den beiden symmetrisch angeordneten Chromophoren des Strukturelements $C=O-C=C$ und den konjugierten Doppelbindungen zu verdanken. ^{[2], [10], [11]} Die Absorptionsspektren von Curcumin zeigen einen pH-abhängigen Verlauf. In saurer Lösung ist eine hypsochrome Verschiebung des Absorptionsmaximum (kurzwelliger Bereich; Blauverschiebung) zu erkennen; wohingegen in alkalischer Lösung eine bathochrome Verschiebung eintritt (langwelliger Bereich; Rotverschiebung). ^{[12], [13]}

Curcumin fungiert zudem als Säure-Base-Indikator. Bei $pH < 1$ löst sich Curcumin mit roter Farbe und liegt in protonierter Form vor. Eine leuchtend gelbe Farbe weist Curcumin bei $pH 1-7$ auf (neutrale Form). Dagegen zeigt deprotoniertes Curcumin bei $pH > 7$ eine rote Farbe. ^{[2], [12]}

Curcuma ist als Einzelgewürz in vielen europäischen Ländern relativ unbekannt. Vielmehr ist *Curcuma* heutzutage ein Bestandteil von Gewürzmischungen, vor allem von Currypulver und verleiht ihm seine gelbe Farbe. *Curcuma* wird zum Färben von Senf, Backwaren, Schmelzkäse und Fischkonserven verwendet. So dient *Curcuma* als billiger Ersatz für den teuren Safran. Im Gegensatz zu Safran weist *Curcuma* einen etwas herben, bitteren Geschmack sowie einen aromatisch-würzigen Geruch auf. ^{[2], [14]} Gelbwurzpulver hat im Vergleich zu Currypulver und Senf mit Abstand den höchsten Curcuminoidgehalt. ^[2]

Wie die anderen natürlich vorkommenden Farbstoffe (z. B. Riboflavin (E101i-ii), Echtes Karmin (E120), Carotinoide (E160a-f, E161b, E161g), Betanin (E162) und Anthocyane (E163)), ist auch Curcumin (E100) als Farbstoff nach der Zusatzstoffzulassungsverordnung (ZZuLV) zugelassen. In den Anlagen 1B (Farbstoffe, die für bestimmte Lebensmittel zugelassen sind) und 1C (Lebensmittel, für die nur bestimmte Farbstoffe zugelassen sind) der ZZuLV wird geregelt, welche Lebensmittel in welchen Mengen gefärbt werden dürfen. In Margarine darf Curcumin sogar „quantum satis“ zugesetzt werden. ^{[2], [15]}

Bereits seit mehreren Jahren werden mögliche gesundheitsfördernde Wirkungen von *Curcuma* bzw. seinem Hauptcurcuminoid Curcumin diskutiert. Bis zum Jahr 1990 finden sich in der medizinischen Datenbank Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=curcumin>, zuletzt aufgerufen am 18.02.2013) zum Thema „Curcumin“ nur 73 Artikel. Bis vor 10 Jahren hat man Curcumin kaum Beachtung geschenkt, doch ist die Anzahl an Publikationen ab dem Jahr 2001 rasant angestiegen. ^[2] Nur für das Jahr 2011 sind ca. 800 Artikel zum Schlagwort „Curcumin“ veröffentlicht. *Curcuma* werden viele potentielle protektive Effekte wie antioxidative, entzündungshemmende und antikanzerogene Wirkungen zugesprochen. ^{[2], [6]}

In eigenen Studien wurden die radikalfangenden Eigenschaften des Curcumins sowie die seines Monomers Ferulasäure untersucht. Ob Curcumin in der Lage ist reaktive Sauerstoff- oder Stickstoffspezies einzufangen, kann mittels verschiedener voneinander unabhängigen Tests wie TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) und ORAC (oxygen radical absorbance capacity) ermittelt werden. Die radikalfangenden Eigenschaften des Curcumins sind geringer als die seines Monomers Ferulasäure. So scheint Curcumin als dimeres Molekül nur bedingt ein „free radical scavenger“ zu sein. ^[2]

Dennoch wurde in eigenen Zellkulturstudien gezeigt, dass Curcumin in der Lage ist, endogene antioxidative Schutzsysteme über genregulatorische Mechanismen wie den redoxregulierten Transkriptionsfaktor Nuclear factor (erythroid-derived 2)-like 2 (Nrf2) zu induzieren. Zielgene dieses Transkriptionsfaktors sind u. a. die Hämoxxygenase 1 (HO1). Auch das antioxidative Enzym Paraoxonase 1 (PON1) sowie Glutathion, eines der wichtigsten cytosolischen Antioxidantien, werden durch Curcumin induziert. ^[2]

Bei der Regulation der Genexpression von antioxidativen Enzymen spielt der redoxsensitive Transkriptionsfaktor Nrf2 eine entscheidende Rolle. Nrf2 ist im basalen Zustand im Cytoplasma an seinen Inhibitor Keap1 (Kelch-like ECH-associated protein1) gebunden. So vorliegendes Nrf2 wird laufend über das Proteasom degradiert und muss neu synthetisiert werden. Durch die Modifikation

der Cysteinreste des Keap1 wird Nrf2 aktiviert, indem es vom Keap1 abgespalten wird und in den Zellkern transloziert, wo es als Heterodimer an das antioxidativ responsive Element (ARE) der DNA bindet und die Zielgenexpression u. a. von HO1, γ Glutamylcysteinsynthetase (γ GCS), welches das Schlüsselenzym der Glutathionbiosynthese ist, und PON1 initiiert. [16], [17], [18], [19] Abbildung 2 zeigt die Signaltransduktionskaskade von Nrf2.

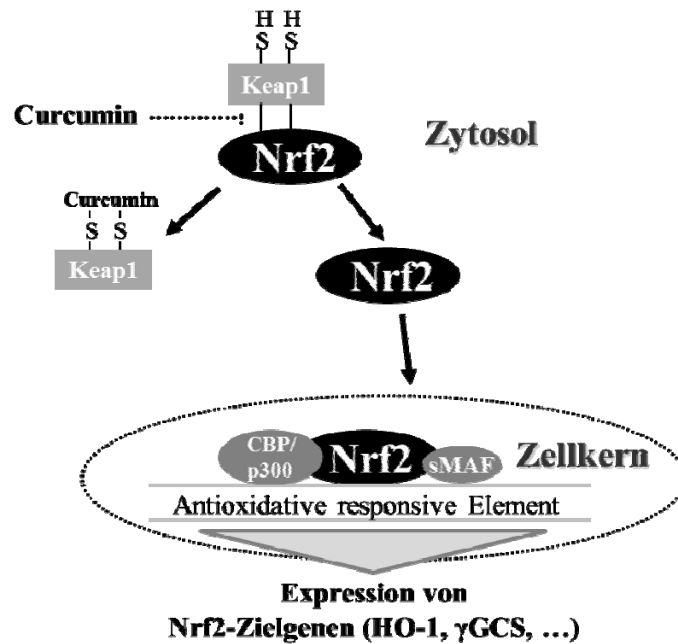


Abbildung 2: Einfluss von Curcumin auf Nrf2 abhängige Signaltransduktion. Der Transkriptionsfaktor Nrf2 ist durch das Inhibitorprotein Keap1 im Zytosol reteniert. Curcumin löst die Bindung zwischen Nrf2 und Keap1 und induziert damit Nrf2-abhängige Zielgenexpression. Wichtige Zielgene von Nrf2 sind u. a. Hämoxygenase 1 und γ Glutamylcysteinsynthetase. Modifiziert nach [2].

In murinen NIH3T3-Fibroblasten, die mit einem Nrf2-abhängigen Luciferase-Plasmid transfiziert wurden, wurde auf eine potentielle Nrf2-transaktivierende Wirkung von Curcumin untersucht. Die Zellen wurden mit unterschiedlichen nicht cytotoxischen Konzentrationen von Curcumin (1, 10 und 20 μ mol/L) und Ferulasäure (1, 10 und 20 μ mol/L) inkubiert. Im Gegensatz zum Monomer Ferulasäure führte Curcumin im Vergleich zu unbehandelten Kontrollzellen zu einem signifikanten dosisabhängigen Anstieg der Nrf2-Transaktivierung. Dieses konnte ebenso auf Proteinebene mittels Western-Blot-Verfahren bestätigt werden. Eine Behandlung der NIH3T3-Zellen mit Curcumin oder Ferulasäure führte nur unter Curcumin-Behandlung zu einem deutlichen Anstieg der Nrf2-Proteinspiegel im Kern. [2]

HO1 ist ein antioxidativ wirksames Enzym, welches über die Aktivierung von Nrf2 induziert werden kann. Die Inkubation der murinen NIH3T3-Fibroblasten mit Curcumin führte zu einem signifikanten dosisabhängigen Anstieg der mRNA-Spiegel von HO1 im Vergleich zu unbehandelten Zellen. Die Ergebnisse auf mRNA-Ebene konnten ebenso auf Proteinebene, mittels Western-Blot, verifiziert werden. Hier wurden unter Curcumin-Behandlung ebenfalls deutlich höhere HO1-Proteinspiegel gefunden. Eine Behandlung der Zellen mit Ferulasäure zeigte keinen Effekt.^[2]

Ein weiteres wichtiges antioxidatives Enzym ist die Paraoxonase 1 (PON1). Die genaue, physiologische Funktion dieses Enzyms ist noch unklar. PON1 katalysiert die Hydrolyse oxidierten Lipide, v.a. in LDL-Partikeln und wirkt somit vermutlich anti-atherogen.^[20] Eine Behandlung humaner Huh7-Leberzellen mit Curcumin führte im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollzellen zu einem signifikanten dosisabhängigen Anstieg der PON1-Aktivität, wohingegen auch hier kein Effekt von Ferulasäure auf die Aktivität von PON1 gezeigt werden konnte.^[20]

Eines der wichtigsten cytosolischen Antioxidantien ist das Glutathion (GSH). Das Schlüsselenzym der GSH-Biosynthese ist die γ GCS, welche wie HO1 unter transkriptioneller Kontrolle von Nrf2 steht. In humanen Huh7-Leberzellen konnte gezeigt werden, dass GSH durch Curcumin, jedoch nicht durch Ferulasäure induziert wird.

Zusammenfassung

Curcuma ist schon seit dem 13. Jahrhundert als Gewürz bekannt. Neben seinen würzenden Eigenschaften weist *Curcuma* auch färbende Eigenschaften auf. So ist sein Inhaltsstoff Curcumin nach der Zusatzstoffzulassungsverordnung als gelber Farbstoff E100 zugelassen. Zwar ist Curcumin nur bedingt ein „free radical scavenger“, ist aber als dimeres Molekül im Gegensatz zu seinem Monomer Ferulasäure in der Lage endogene antioxidative Schutzsysteme wie Nrf2, HO1, PON1 und GSH zu induzieren. *Curcuma* ist sowohl Gewürz als auch Farbstoff und Antioxidans.

Literatur

- [1] B. B. Aggarwal, C. Sundaram, N. Malani, H. Ichikawa, *Adv. Exp. Med. Biol.* **2007**, 595, 1-75.
- [2] T. Esatbeyoglu, Hübbe, P., Ernst, I. M. A., Chin, D., Wagner, A. E., Rimbach, G., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **2012**, 51, 5308-5332.
- [3] P. Scartezzini, E. Speroni, *J. Ethnopharmacol.* **2000**, 71, 23-43.
- [4] B. Sasikumar, *Plant Genet. Resour.* **2005**, 3, 230-251.

- [5] SpiceBoardIndia, New Delhi (India): Ministry of Commerce, Government of India. http://www.indianspices.com/html/maj_impcon.htm (zuletzt aufgerufen am 18.02.2013), **2013**.
- [6] P. Chaudhary, P. K. Sharma, V. K. Garg, J. Varshney, *Pharmacologyonline* **2010**, 3, 193-199.
- [7] D. K. Agrawal, P. K. Mishra, *Med. Res. Rew.* **2010**, 30, 818-860.
- [8] S. Büechi, R. Bolli, *Phytotherapie* **2004**, 4, 26-31.
- [9] F. Kiuchi, Y. Goto, N. Sugimoto, N. Akao, K. Kondo, Y. Tsuda, *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)* **1993**, 41, 1640-1643.
- [10] J. Milobedzka, S. v. Kostanecki, V. Lampe, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1910**, 43, 2163–2170.
- [11] J. H. Lee, M. G. Choung, *Food Chem.* **2011**, 124, 1217-1222.
- [12] M. Bernabé-Pineda, M. T. Ramírez-Silva, M. Romero-Romo, E. González-Vergara, A. Rojas-Hernández, *Spectrochim. Acta* **2004**, 60, 1091-1097.
- [13] B. Tang, L. Ma, H.-Y. Wang, G.-Y. Zhang, *J. Agric. Food Chem.* **2002**, 50, 1355-1361.
- [14] H. Schmandke, *Ernaehr.-Umsch.* **2003**, 50, 134-136.
- [15] M. J. Scotter, *Food Addit. Contam., Part A* **2011**, 28, 527-596.
- [16] K. Itoh, N. Wakabayashi, Y. Katoh, T. Ishii, K. Igarashi, J. D. Engel, M. Yamamoto, *Genes Dev.* **1999**, 13, 76-86.
- [17] I. M. Ernst, A. E. Wagner, S. Lipinski, S. Skrbek, C. E. Ruefer, C. Desel, G. Rimbach, *Pharmacol. Res.* **2010**, 61, 253-258.
- [18] N. Wakabayashi, A. T. Dinkova-Kostova, W. D. Holtzclaw, M. I. Kang, A. Kobayashi, M. Yamamoto, T. W. Kensler, P. Talalay, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2004**, 101, 2040-2045.
- [19] U. Boettler, K. Sommerfeld, N. Volz, G. Pahlke, N. Teller, V. Somoza, R. Lang, T. Hofmann, D. Marko, *J. Nutr. Biochem.* **2011**, 22, 426-440.
- [20] C. Schrader, G. Rimbach, *Curr. Med. Chem.* **2011**, 18, 5624-5643.

„Coated Liposomes“ als Träger für bioaktive Substanzen

Monika Frenzel, Anja Steffen-Heins

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Der gesundheitsbewusste Verbraucher stellt immer größere Ansprüche an den Nutzen von Lebensmitteln, die über den rein nutritiven Wert hinausgehen. Funktionelle Lebensmittel sollen einen gesundheitlichen Zusatznutzen leisten. Die Entwicklung solcher Produkte bringt jedoch ganz neue Herausforderungen mit sich, handelt es sich doch häufig um anzureichernde Wirkstoffe, die nicht ohne weiteres in das Lebensmittel eingebracht werden können, da ihre Löslichkeit und Stabilität im Lebensmittel begrenzt sind. Trägersysteme wie Liposome können diese Probleme lösen.

Bioaktive Wirkstoffe in Lebensmitteln und Trägersysteme. Bioaktive Wirkstoffe sind Lebensmittelinhaltsstoffe, die einen möglichen positiven Zusatznutzen für die Gesundheit aufweisen. Beispiele für bioaktive Wirkstoffe sind Polyphenole und n-3-Fettsäuren (Rajasekaran und Kalaiani, 2013). Die hier beispielhaft genannten bioaktiven Wirkstoffe können in anderen Lebensmitteln angereichert werden und so der Entwicklung eines funktionellen Lebensmittels dienen. Eine Herausforderung ist die Löslichkeit und Stabilität im angereicherten Lebensmittel sowie die Freisetzung der Wirkstoffe am gewünschten Zielort im menschlichen Körper. Durch Verkapselung der Wirkstoffe in Transportern können die genannten Probleme gelöst werden. Insbesondere ist die Verkapselung sinnvoll, wenn schlecht bioverfügbare Wirkstoffe eingesetzt oder unangenehme sensorische Eigenschaften maskiert werden sollen (Keller, 2001). Trägersysteme für bioaktive Wirkstoffe lassen sich auf Basis ihrer chemischen Zusammensetzung klassifizieren. Es können proteinbasierte, polysaccharidbasierte und lipidbasierte Systeme unterschieden werden. Eine Einteilung der Systeme kann auch über die Größe erfolgen. Nanopartikel weisen einen Durchmesser von unter 100 nm auf, Mikropartikel von 100 bis 1000 nm (Fathi et al. 2012).

Liposome. Liposome gehören zur Gruppe der lipidbasierten Trägersysteme. Sie bestehen aus Phospholipiden, die sich in wässrigen Medien spontan zu Doppelmembranen zusammenlagern. Liposome bieten den Vorteil, dass sie einen mit wässrigem Medium gefüllten Innenraum aufweisen, in dem bioaktive Wirkstoffe mit wasserlöslichen Eigenschaften verkapselt werden können. Gleichzeitig kön-

nen im Bereich der Doppelmembran, die aus den Fettsäuren der Phospholipide besteht, fettlösliche Wirkstoffe eingeschlossen werden (Keller, 2001).

Liposome können mit der Dünnschicht-Rehydrierungsmethode nach Bangham (1965) hergestellt werden. Hier wird ein dünner Lipidfilm gebildet und rehydriert. Ein wichtiger Teil der Charakterisierung von Liposomen ist die Ermittlung der Partikelgrößenverteilung. Hierzu kann die Dynamische Lichtstreuung (DLS) als Messmethode herangezogen werden. Zur Verifizierung der auf Basis der DLS ermittelten Daten können verschiedene mikroskopische Techniken eingesetzt werden. Durch Messung des Zetapotentials kann die Oberflächenladung der Liposome bestimmt werden, die Aufschlüsse über die Stabilität der Systeme gibt (Peters et al. 2011).

Verkapselung von Quercetin in Liposomen. Quercetin gehört zur Gruppe der Polyphenole, genauer zur Gruppe der Flavonole. Quercetin kommt natürlicherweise in der Schale von Äpfeln und Zwiebeln vor und weist vermutlich zahlreiche gesundheitsfördernde Eigenschaften auf (Boots et al. 2008). Aufgrund seiner schlechten Löslichkeit in Wasser ist Quercetin jedoch schwer in funktionellen Lebensmitteln einsetzbar und zudem für den menschlichen Körper schlecht bioverfügbar. Eine Verkapselung des Quercetins in Liposomen kann die Löslichkeit und so möglicherweise auch die Bioverfügbarkeit erhöhen. Um reproduzierbare und definierte mit Quercetin beladene Liposome herstellen zu können, ist es notwendig, die Verkapselungs- und Beladungseffizienz der Träger zu kennen. Eine Möglichkeit zur Bestimmung dieser Parameter ist die Größenausschlusschromatographie an quervernetztem Dextran mittels Minisäulen-Zentrifugationsmethode (modifiziert nach Fry et al. 1978). Diese Methode ermöglicht die Trennung von unverkapseltem Quercetin von den mit Quercetin beladenen Liposomen. Anschließend kann der Quercetiningehalt in den Liposomen erfasst werden. Mit dieser Methode wurden die Verkapselungseffizienz und die Beladungskapazität von Quercetin-Liposomen gemessen. Abbildung 1 zeigt die prozentuale und absolute Verkapselung von 800 μM Quercetin in 20-300 mg Phospholipid in 10 ml Puffer. Es konnte festgestellt werden, dass unter Einsatz von 120 mg Phospholipid bei 82 % ein Plateau in der Verkapselungseffizienz von Quercetin erreicht wurde. Dies entsprach einer absoluten Quercetinmenge von 2 mg.

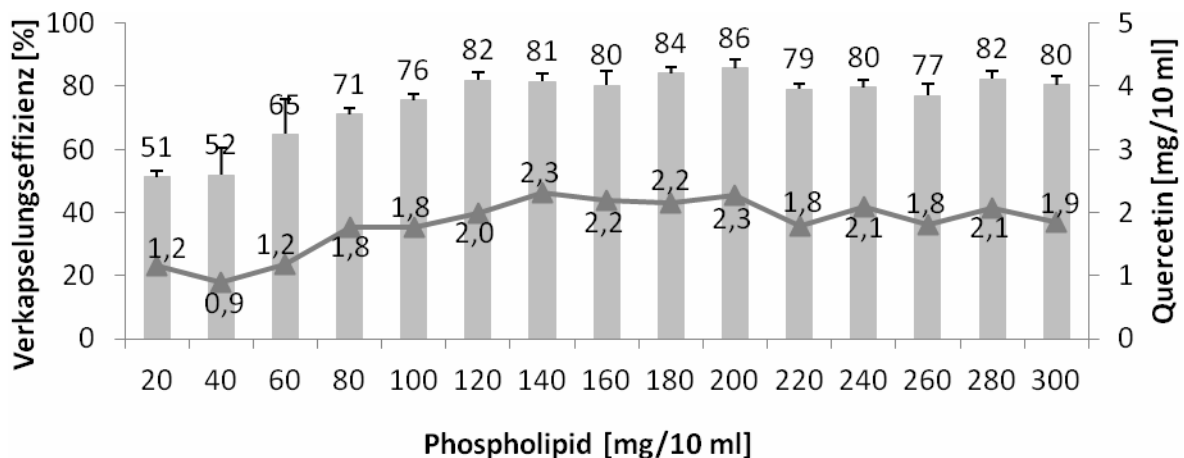


Abbildung 1: Prozentuale Verkapselungseffizienz und absolute Menge an verkapseltem Quercetin unter Einsatz von 20-300mg Phospholipid/10 ml Puffer und 800 μ M Quercetin

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der prozentualen und absoluten Verkapselungseffizienz unter Einsatz einer höheren, fixen Phospholipidmenge von 300 mg pro 10 ml Puffer bei zwischen 800 und 3600 μ M variierender Quercetin-Konzentration. Es wurde festgestellt, dass bis zu 3200 μ M Quercetin (entspricht 7,4 mg Quercetin) immer noch mit einer Verkapselungseffizienz von 74 % verkapselt werden konnten. Dies entspricht einer Beladungskapazität von 2,5 % w/w (mg Quercetin auf mg Phospholipid).

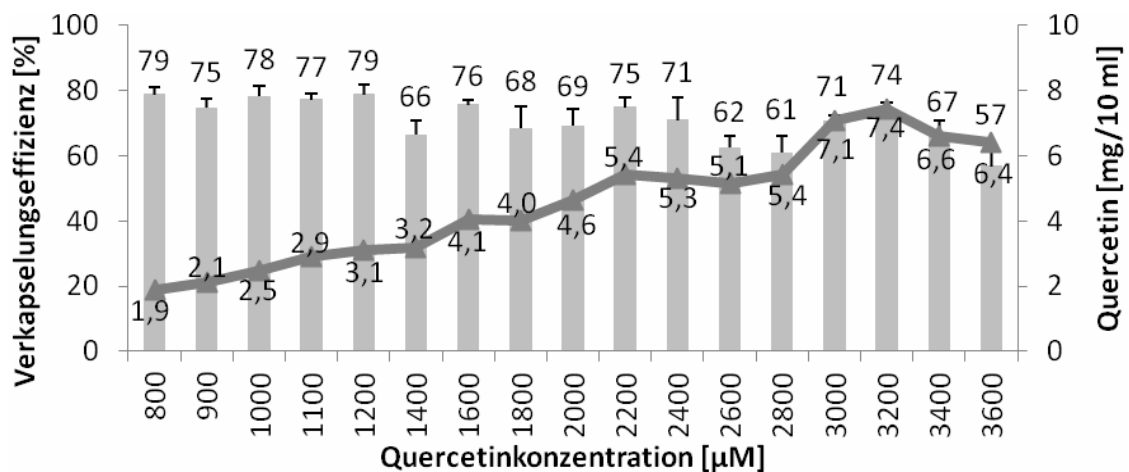


Abbildung 2: Prozentuale Verkapselungseffizienz und absolute Menge an verkapseltem Quercetin unter Einsatz von 300 mg Phospholipid/10 ml Puffer und 800-3600 μ M Quercetin

Das gefundene Optimum von 3200 μ M Quercetin auf 300 mg Phospholipid konnte durch Ergebnisse der Partikelgrößenbestimmung durch DLS bestätigt werden. Es konnte ein Anstieg der Partikelgröße und des Partikelverteilungsinde-
 x, der ein Maß für die Homogenität eines Systems darstellt, ab einer Konzen-

tration von 3400 μM festgestellt werden (ohne Abb.). Dies könnte durch Aggregation überschüssigen Quercetins erklärt werden.

Verkapselung von Fischöl in Liposomen. Fischöl ist ein wertvoller Lieferant der n-3-Fettsäuren DHA und EPA. Es liefert einen wichtigen Beitrag zur Prävention koronarer Herzerkrankungen (Severcan et al. 1999). Fischöl kann wie Quercetin in der Doppelmembran der Liposome verkapselt werden. Um den Einfluss des Fischöls auf die Membraneigenschaften der Liposome zu untersuchen, wurde die lipophile Spinsonde Tempolbenzoat eingesetzt und mittels Elektronenspinresonanzspektroskopie (ESR) vermessen. Unter Einsatz von 0-22,5 % w/w Fischöl und Tempolbenzoat wurden Liposome nach oben beschriebener Methode hergestellt. Es wurden ESR Spektren aufgenommen und die Peakform des letzten Hochfeld-Peaks des Triplett-Signals von Tempolbenzoat verglichen.

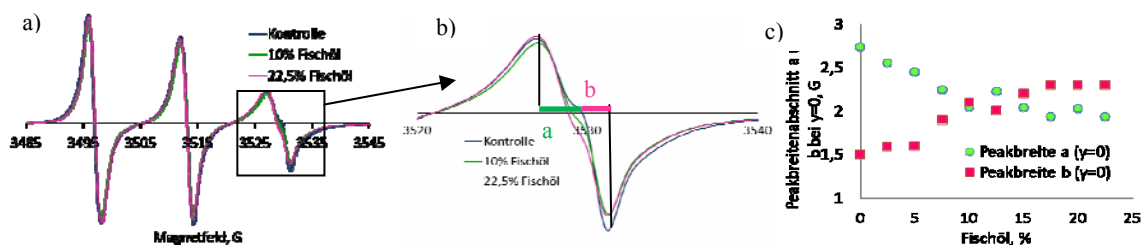


Abbildung 3: a) ESR-Spektrum von mit 0-22,5 % w/w Fischöl beladenen Liposomen und Tempolbenzoat als Spinsonde. b) stellt den Hochfeld-Peak aus a) vergrößert dar, c) stellt die Veränderung der Abschnitte a und b aus b) graphisch dar.

Im letzten Peak des Spektrums konnte mit steigendem Fischölgehalt eine Versmälerung der Peakschulter beobachtet werden (Abbildung 3a). Dies ist in Abbildung 3b vergrößert dargestellt. Abbildung 3c zeigt die graphische Darstellung der Peakbreitenabschnitte a und b in Abbildung 3b. Aus Abbildung 3c lässt sich schlussfolgern, dass ein Zusatz von bis zu 12,5 % w/w Fischöl die Membraneigenschaften der Liposome verändern.

Stabilisierung der Liposome – Coating. Um die Stabilität von liposomalen Trägern zu verbessern und eine gezielte Freisetzung im Körper zu ermöglichen, können diese mit Biopolymeren ummantelt werden (sog. Coatings). Eine Methode zum Coaten von Liposomen ist das Layer-by-Layer-Verfahren. Aufgrund der natürlichen Oberflächenladung einiger Phospholipide können sich an der Liposomenoberfläche entgegengesetzt geladene Biopolymere wie Chitosan oder Proteine durch elektrostatische Anziehung anlagern (Ariga et al. 2011).

Zur Stabilisierung von mit Quercetin beladenen Liposomen wurden das Polysaccharid Chitosan und das Molkenprotein β -Lactoglobulin eingesetzt. Beide

Substanzen sind positiv geladen und können sich an der negativ geladenen Liposomenoberfläche anlagern. β -Lactoglobulin ist ein globuläres Protein, das in nativer Form oder aber in denaturierter Form eingesetzt werden kann. Eine Denaturierung kann unter anderem durch Hitze erfolgen und bewirkt eine Auffaltung des Proteins, die die Oberflächenaktivität verbessern soll (de Wit, 2009).

Für die Coatingversuche mit β -Lactoglobulin wurden Liposome wie oben beschrieben hergestellt und 1:1 mit 0,01-5 % β -Lactoglobulin nativ oder denaturiert unter Rühren vermischt. Abbildung 4 zeigt die Messung der Größe der mit β -Lactoglobulin gecoateten Liposome. Es konnte kein wesentlicher Einfluss der Denaturierung auf die Größe der gecoateten Liposome festgestellt werden. Eine 3,5 % ige β -Lactoglobulin-Lösung bei einer initialen Phospholipidkonzentration von 1 % wurde als optimal ermittelt. Hier war das System homogen und es wurde die kleinste Partikelgröße erreicht. β -Lactoglobulin-Konzentrationen unterhalb von 0,6 % führten zur Flockung der Systeme und konnten teilweise nicht durch DLS erfasst werden.

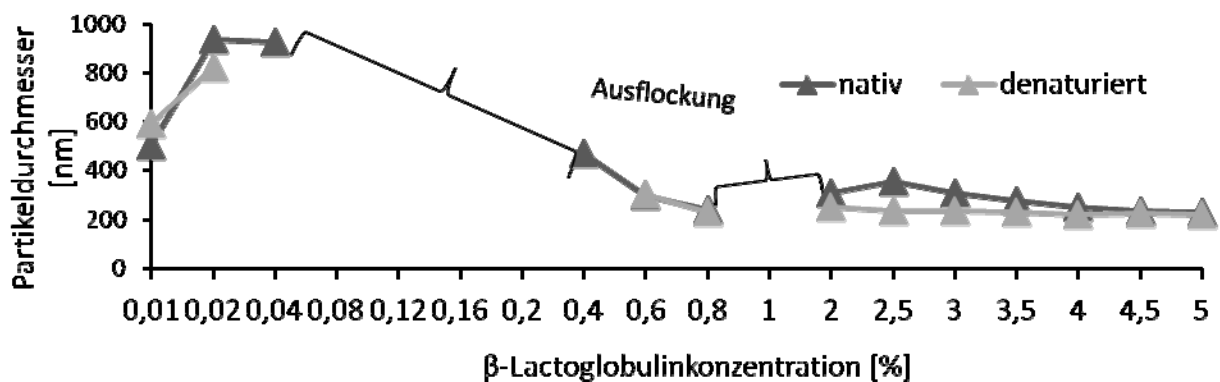


Abbildung 4: DLS-Messung von mit β -Lactoglobulin gecoateten Liposomen. Initialer Phospholipidgehalt 1% w/v. Denaturierung bei 90°C, 60 min

Ähnliche Coatingversuche wurden auch mit Chitosan durchgeführt. In Vorversuchen wurde, wie am Beispiel β -Lactoglobulin, das optimale Verhältnis von Phospholipid zu Chitosan ermittelt. Dem Coating mit Chitosan wurden Homogenisierungsschritte angeschlossen, um gebildete Aggregate aufzuschließen. Die Lösung wurde anschließend gefriergetrocknet und wieder rekonstituiert. Die Entwicklung der Partikelgröße und des Zetapotentials über die verschiedenen Herstellungsschritte ist in Abbildung 5 dargestellt. Die ungecoateten Liposome wiesen einen Durchmesser von unter 200 nm auf. Dieser vergrößerte sich durch das Coating auf ein Vielfaches, was vermutlich durch Quervernetzungen zu begründen ist. Nach der Homogenisierung lag der Liposomendurchmesser bei ca. 230 nm, nach Gefriertrocknung und Rekonstitution bei 350 nm. Dies liegt vermutlich an einer leichten Aggregation bei der Rekonstitution.

Abbildung 5 zeigt ebenfalls den für ein erfolgreiches Coating charakteristischen Umschwung des Zetapotentials aufgrund der Umkehrung der Oberflächenladung. Durch Fluoreszenzmikroskopie und Gefrierbruch-Transmissions-elektronenmikroskopie konnten die Größen visualisiert werden (o. Abbildung).

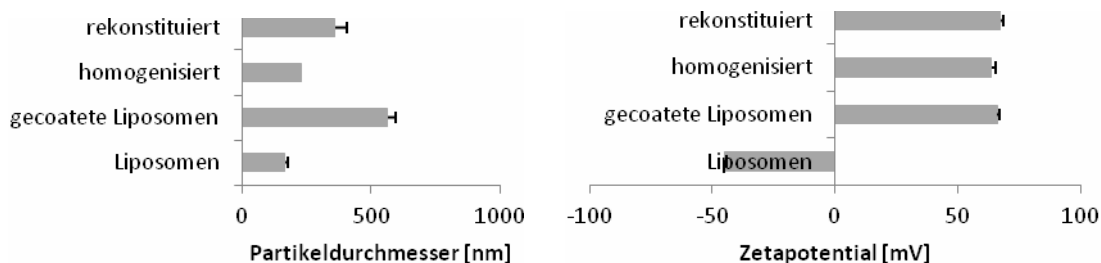


Abbildung 5: DLS-Messung und Zetapotential ungecoateter, mit Chitosan gecoateter und anschließend homogenisierter, gefriergetrockneter und rekonstituierter Liposome. Initialer Phospholipidgehalt 3% w/v; Chitosangehalt 0,8% w/v

Fazit. Zur Anreicherung schwerlöslicher bioaktiver Wirkstoffe in Lebensmitteln ist die Verwendung von Trägern wie Liposome oftmals unumgänglich. Hier wurde beispielhaft gezeigt, wie liposomale Trägersysteme aus zugelassenen Lebensmittelinhaltsstoffen bzw. Zusatzstoffen hergestellt werden können. Es konnten 2,5 % w/w Quercetin und 12,5 % w/w Fischöl in Liposomen verkapselt werden. Die Träger wurden erfolgreich mit Chitosan und β -Lactoglobulin gecoatet. Es wird die *in vitro* Freisetzung der gecoateten und ungecoateten liposomalen Systeme überprüft. Mit den entwickelten gecoateten und mit Quercetin beladenen liposomalen Systemen soll ein funktionelles Milchprodukt entwickelt werden. In einer pharmakokinetischen Studie an Menschen wird die Bioverfügbarkeit von Quercetin aus herkömmlichen Kapseln und verkapselt in ungecoateten und gecoateten Liposomen getestet.

Liposome werden bislang in kosmetischen und pharmazeutischen Produkten verwendet. Funktionelle Lebensmittel angereichert mit Liposomen sind derzeit noch nicht auf dem deutschen Markt erhältlich.

Literatur

- Ariga, Katsuhiko; Lvov, Yuri M.; Kawakami, Kohsaku; Ji, Qingmin; Hill, Jonathan P. (2011): Layer-by-layer self-assembled shells for drug delivery. In: *Advanced Drug Delivery Reviews* 63 (9), S. 762–771.
- Bangham, A. D.; Standish, M. M.; Watkins, J. C. (1965): Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. In: *J. Mol. Biol.* 13 (1), S. 238–252.
- Boots, Agnes W.; Haenen, Guido R.M.M; Bast, Aalt (2008): Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. In: *European Journal of Pharmacology* 585 (2-3), S. 325–337.
- Wit, J.N de (2009): Thermal behaviour of bovine β -lactoglobulin at temperatures up to 150°C. a review. In: *Trends in Food Science & Technology* 20 (1), S. 27–34.
- Fathi, Milad; Mozafari, M.R; Mohebbi, M. (2012): Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems. In: *Trends in Food Science & Technology* 23 (1), S. 13–27.
- Fry, D. W.; White, J. C.; Goldman, I. D. (1978): Rapid Separation of Low Molecular Weight Solutes from Liposomes without dilution. In: *Fed Proc* 37, S. 1708-1708.
- Keller, B. C. (2001): Liposomes in nutrition. In: *Trends Food Sci Tech* 12, S. 25–31.
- Peters, Ruud; Dam, Guillaume ten; Bouwmeester, Hans; Helsper, Hans; Allmaier, Günter; Kammer, Frank vd et al. (2011): Identification and characterization of organic nanoparticles in food. In: *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 30 (1), S. 100–112.
- Rajasekaran, A.; Kalaivani, M. (2013): Designer foods and their benefits: A review. In: *J Food Sci Technol* 50 (1), S. 1–16.
- Severcan, F. Bayari S. Karahan D.: FTIR and turbidity studies of fish oil-dipalmitoylphosphatidylcholine model membrane interactions. In: *Journal of Molecular Structure* 1999, S. 413–416.

Neue Analysetechniken - mehr Daten, mehr Informationen

Tobias Demetrowitsch und Karin Schwarz

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,

1. Skizzierung neuer chemischer Analysetechniken im historischen Kontext

Zu Beginn dieses Beitrages wird kurz die Entwicklung der wichtigsten Meilensteine innerhalb der chemischen Analysetechniken skizziert. Die Chemie als Wissenschaftsform und somit die noch heute anerkannte Analysetechnik begann im Jahr 1609 mit der Begründung des ersten Lehrstuhls für Chemie an der Universität Marburg durch Johannes Hartmann [1]. Alle vorigen Beobachtungen und Experimente werden unter dem Begriff Alchemie zusammengefasst.

Die Chemie entwickelte sich durch die Entwicklung und den Einsatz von Pendelwaagen durch Lavoisier im 18. Jahrhundert weiter. Dadurch wurde es den Chemikern ermöglicht, auch quantitativ zu arbeiten [2]. 1906 gelang dem russischen Biologen Michail Semjonwitsch Tswett die erste chromatographische Auftrennung eines Chlorophyll-Extraktes durch eine mit Inulin gefüllte Glassäule [3].

Die Analysetechniken erlebten ab 1950 einen sogenannten Quantensprung. Durch die Einführung der elektronischen Prozessführung und Datenverarbeitung konnten die Kosten für einzelne Analysen deutlich gesenkt, der Probendurchsatz durch Autosampler erhöht und die Empfindlichkeit der genutzten Detektoren drastisch gesteigert werden. Von dieser Entwicklung waren vor allem die Analysegebiete der Spektroskopie, Volumetrie und Chromatographie begünstigt. Diese Symbiose entwickelt sich laufend weiter, so werden alle Bauteile weiter optimiert, dadurch schneller und effizienter. Am Beispiel der Prozessortaktung kann man recht eindrucksvoll erkennen, wie die Entwicklung verlief. Der erste kommerzielle Prozessor von Intel besaß eine Taktung von 740.000 Berechnungen pro Sekunde, heutige Prozessoren von Intel mit den neusten Techniken schaffen pro Kerneinheit bereits 3.600.000 Berechnungen pro Sekunde [4].

2. Einsatzgebiete neuer Analysetechniken

Die elektronisch geführten Analysetechniken haben in viele verschiedene Bereiche der Wirtschaft und Forschung Einzug erhalten. Exemplarisch dafür werden hier die wichtigsten Bereiche dargestellt.

Als wichtigster Vertreter ist die Pharmaindustrie zu nennen. Bei der Suche nach neuen, wirksamen Medikamenten wird eine Vielzahl von verschiedenen Substanzen auf die Wirksamkeit einzelner Krankheitsparameter hin untersucht. Dieses Screening wird auch mit der Suche nach der „Nadel im Heuhaufen“- Problematik umschrieben. Da bei dieser Suche oftmals die Parameter nicht verändert werden, dafür aber eine sehr hohe Anzahl an Versuchsproben mit Wiederholungen durchgeführt wird, bietet sich der Einsatz von automatisierten Systemen an. Auch in der Routineanalytik, wie beispielsweise der Klinischen Diagnostik oder Rückstandsanalytik, werden viele Proben mit konstanten Parametern analysiert, sodass auch dieser Bereich durch den Einsatz der neuen Analysetechniken vereinfacht werden konnte. Als einen weiteren Bereich, der durch diese Entwicklung positiv begünstigt wurde, ist die Grundlagenforschung zu nennen. Gerade im Bereich der Genom- und Stoffwechselforschung haben sich grundlegende Fortschritte ergeben. So konnte das Genom des Menschen in einem großen, multinationalen Verbundprojekt vom 1990 bis 2011 fast vollständig aufgeklärt werden [5]. Im Zuge dieser Entwicklung wurde auch das relativ neue und junge Forschungsfeld der Metabolomik initiiert.

Metabolomik leitet sich vom Wort Metabolismus ab und beschreibt die wissenschaftliche Disziplin der Aufklärung, Identifizierung und Quantifizierung von Stoffwechselprodukten[6]. Dabei besitzen alle pro- und eukaryotischen Organismen ein eigenes spezifisches Metabolom, welches sich intra- und interindividuell, tageszeit- und altersabhängig unterscheidet. Zusätzlich kommen noch weitere exogene Faktoren dazu, die das Metabolom verändern können, wie klimatische Bedingungen und Ernährungsgewohnheiten. Dadurch ist die Metabolomik ein sehr komplexes Forschungsfeld, welches das Ziel verfolgt, alle Metaboliten zu katalogisieren, um ein noch umfassenderes Bild der betrachteten Organismen zu erlangen [6].

Innerhalb der Disziplin der Metabolomik wurde das Versuchsdesign auf diese neue Fragestellung hin angepasst und verändert. Der klassische Ansatz erfasst einzelne Parameter, die gewonnene Datenmenge wird möglichst minimiert. Der neue Ansatz versucht so viele Daten wie möglich pro Versuch zu erfassen. Als direkte Folge dieser Entwicklung kann man die deutlich reduzierte Versuchszahl sehen. Dabei wird dieser neue Ansatz als Ergänzung zum klassischen Ansatz betrachtet.

Im Bereich der Metabolomik werden zur Analyse komplexer biologischer Proben für die Auftrennung vor allem zwei unterschiedliche Systeme eingesetzt. Zum einen die Flüssigkeits- und zum anderen die Gaschromatographie. Als Detektoren dominieren wiederum ebenfalls zwei unterschiedliche Systeme die Forschung. An die Chromatographie-Systeme werden vor allem entweder Kernspinresonanzspektroscopie oder aber Massenspektrometer gekoppelt. Auf das Prinzip eines hochauflösenden Massenspektrometers wird im Folgenden näher eingegangen.

3. Massenspektrometrie

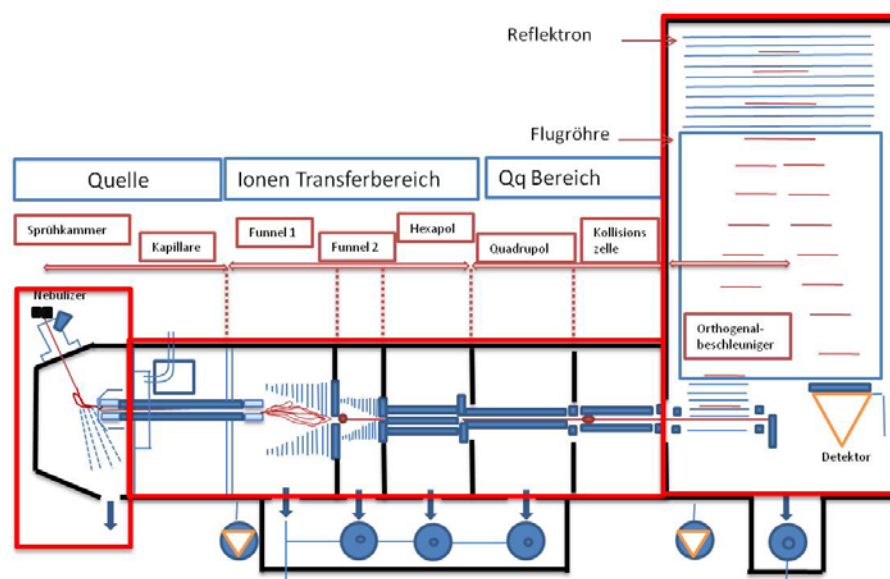


Abbildung 1: Schematischer Querschnitt eines "microToF Q-II" Massenspektrometers (Quadrupol- Flugzeit) der Firma Bruker Daltonic, Bremen

Abbildung 1 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Quadrupol-Flugzeit-Massenspektrometers der Firma Bruker Daltonic, Bremen. Die Anlage ist mit einer Elektronen-Spray-Ionisierungsquelle ausgerüstet. Dabei wird die Probe mit dieser Technik im Quellenbereich der Anlage vernebelt und in einem Gegenstromprinzip mit Hilfe eines Neutralgases (bspw. hochreiner Stickstoff) getrocknet. Mittels einer Spannung innerhalb eines hochelektrischen Feldes wird die Probe ionisiert. Den Molekülen in der Probe wird entweder ein Proton zu addiert (positiver Modus) oder ein Proton entzogen (negativer Modus). Das Verfahren ist ein sogenanntes weiches Ionisierungsverfahren, das heißt, dass die meisten Moleküle unfragmentiert in das System gelangen. Im Ionentransferbereich wird die ionisierte Probe durch das Gerät transferiert, weiter aufgereinigt (bspw. durch die Abscheidung störender Lösungsmittelmoleküle), bevor sie am Ende des Ionenweges in den Flugzeitdetektor gelangen.

In dem Flugzeitdetektor werden die Ionen im linken, unteren Bereich gesammelt, bevor sie im Orthogonalbeschleuniger durch die Einwirkung von Energie beschleunigt werden (siehe Abbildung 1). Das Ionenbündel fliegt über die gesamte Wegstrecke in den oberen Bereich des Detektors, das sogenannte Reflektion. Hier werden die Ionen abgebremst (bis zum Stillstand), abgelenkt und dann wieder auf den Detektor im rechten, unteren Bereich beschleunigt.

Ionen mit unterschiedlichen Massen weisen unterschiedliche Endgeschwindigkeiten auf. Für die Messung ist es entscheidend, dass alle Ionen mit der gleichen Masse beim Verlassen des Reflektors dieselbe Endgeschwindigkeit besitzen. Resultierend können die Massen der einzelnen Verbindungen durch die bekannte Flugdistanz und -zeit, sowie die gewonnenen Informationen zur Eindringtiefe auf den Detektor abgeleitet werden.

Mit Hilfe eines Algorithmus werden passende Summenformeln aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff generiert und mit der gemessenen Masse verglichen. Hierbei ist zu beachten, dass das Isotopenverhältnis innerhalb der generierten Summenformeln mit der gemessenen Masse verglichen wird. Durch die Empfindlichkeit von bis zu vier Nachkommastellen wird die Anzahl an möglichen, passenden Verbindungen auf circa 20 bis 30 unterschiedliche Summenformeln reduziert. Bei einem Massenspektrometer mit einer Empfindlichkeit von nur einer Nachkommastelle kommen jeweils noch weit über 200 unterschiedliche Summenformeln in Frage.

4. Auswertungsverfahren

Moderne Analysetechniken mit Hilfe elektronischer Prozessführung und Datenverarbeitung generieren ein Vielfaches an Daten. Um die Daten effektiv auszuwerten, wird oftmals auf computergestützte Auswertungsverfahren zurückgegriffen.

In diesem Zusammenhang werden nun die zwei wichtigsten Verfahren vorgestellt. Generell unterscheidet man zwischen dem hypothesengestützten und hypothesenfreien Ansatz.

4.1. Gezieltes Verfahren

Bei dem gezielten, hypothesengestützten Verfahren werden die Messergebnisse auf erwartete Verbindungen hin analysiert. Wenn man dieses Verfahren am Beispiel der Massenspektrometrie betrachtet, so müssen für diese Auswertungsart sowohl der Name als auch die Summenformel der erwarteten Verbindung als Mindestinformation bekannt sein. Aus der Summenformel leitet der Algorith-

mus die Neutralmasse ab und passt dann, je nach Ionisierungsform, die molare Masse auf den Modus an.

Das Vorgehen des Algorithmus bei der Datenauswertung erfolgt auf dem Prinzip der Ausblendung. Als Vergleichspunkt dient dabei eine lokale, selbstgenerierte Datenbank, die die benötigten Informationen enthält. Der Algorithmus blendet in einem ersten Schritt alle Massen aus, die nicht mit denen in der Datenbank übereinstimmen. Dabei gibt der Anwender gewisse Bereichsparameter vor, die toleriert werden. Üblich hierbei ist beispielsweise ein tolerierter Fehler von 10 mDa bei der Masse.

In einem Folgeschritt generiert der Algorithmus aus der Referenzdatenbank und den enthaltenden Summenformeln ein jeweiliges Isotopenmuster. Dieses Muster, was einer Zahl entspricht, gleicht er mit der gemessenen Masse ab. Passt diese Masse mit der gemessenen Masse überein bzw. liegt diese innerhalb eines definierten Toleranzbereiches, so wird eine positive Antwort für diese Verbindung ausgegeben

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass große Datenfiles mit vielen Masseereignissen schnell analysiert werden können. Dieses Verfahren ist besonders effektiv bei Screening- und Spurenanalysen. Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es nur bei erwarteten Substanzen angewandt werden kann. Zusätzlich benötigt der Algorithmus eine hohe Rechnerkapazität, da sehr viele Berechnungen parallel durchgeführt werden müssen.

4.2. Ungezieltes Verfahren

Bei dem ungezielten Verfahren, auch „fingerprinting“ bzw. hypothesenfreier Ansatz genannt, werden alle gewonnenen Informationen für die Auswertung herangezogen. Da keinerlei Informationen dabei ausgeblendet werden, spricht man bei diesem Verfahren auch von einem metabolomischen Verfahren.

Theoretisch kann man so aus einer gewonnenen Humanprobe den kompletten Metabolismus des Menschen skizzieren. Da sowohl die Probenart als auch die Anzahl an Masseereignissen extrem komplex ist, ist eine manuelle Auswertung, wie sie früher vor allem eingesetzt worden ist, nicht mehr sinnvoll. Aus diesem Grund werden heutzutage meist computergestützte, statistische Verfahren für den ungezielten Ansatz verwandt. Diese Verfahren werden am Beispiel der Hauptkomponentenanalyse erläutert.

Da im Bereich der Metabolomik immer mehrere bis viele unterschiedliche Probandenproben analysiert werden, erhält man viele unterschiedliche Massenchromatogramme. Jede Masse enthält somit Informationen zu den Probanden, die Summenformel, das Isotopenmuster usw. Dadurch erlangt man eine multidimensionale Punktwolke an Ergebnissen.

Die Hauptkomponentenanalyse, englisch auch „principal component analysis“ benannt, hat das Ziel, aus allen gewonnenen Informationen, die Verbindungen zu identifizieren, die die höchste Abweichung zu den anderen Verbindungen besitzt. Diese Verbindungen könnten potentielle Biomarker sein. Dafür reduziert der Algorithmus die n-dimensionale Punktwolke auf wenige Dimensionen. Durch die Punktwolke wird eine Achse gezogen, die von den einzelnen Punkten am weitesten entfernt liegt. Diese Achse bestimmt die erste Hauptkomponente. Orthogonal auf diese Achse wird eine zweite Achse gesetzt, die ebenfalls am weitesten entfernt zu den einzelnen Punkten liegt. Diese Achse ist dann die zweite Hauptkomponente. Dieses Verfahren wird immer wieder orthogonal für alle gemessenen Substanzen bzw. Punkte innerhalb der Wolke fortgeführt. Der Informationszugewinn pro zusätzliche Achse nimmt rasch ab. Meist decken die ersten vier bis fünf Hauptkomponenten >99 % aller Informationen ab.

Der Vorteil des „fingerprinting“-Ansatzes ist, dass Zusammenhänge sowohl von erwarteten als auch unerwarteten Verbindungen dargestellt werden. Durch die Ermittlung der Verbindungen mit der höchsten statistischen Abweichung werden potentielle Biomarker identifiziert, die dann in Folgeexperimenten aufgeklärt bzw. quantitativ erfasst werden können.

Als Hauptnachteil ist auch hier die benötigte hohe Rechnerkapazität zu nennen, da die statistischen Auswertungen komplexe Berechnungen benötigen.

5. Beispiel aus der Literatur

Die vorgestellten Analyse- und Auswertungstechniken werden bereits vielfach in der Forschung eingesetzt. Exemplarisch wird hier eine Studie vorgestellt, die erstaunliche Ergebnisse durch die Kombination von Massenspektrometrie und computergestützten Auswertungsverfahren erzielt hat. Die Studie von Fardet & Scalbert et al. aus dem Jahr 2008 [7] analysierte die Wirkung von Catechin im Rattenmodell. In „*in vitro*“ Versuchen zeigte Catechin eine positive Wirkung auf den oxidativen Stress und eine Wirkung als Antioxidans. Zur Analyse wurden Ratten mit normalen Blutfettwerten und Ratten mit deutlich erhöhten Blutfettwerten verglichen.

Als Ergebnis wurde gezeigt, dass der Urin von Ratten mehr als 5000 verschiedene Metaboliten enthält. 76 der untersuchten Ratten wiesen signifikant erhöhte Blutfettwerte auf. Durch den Einsatz von Catechin wurden vier weitere Metabolite identifiziert, die signifikant erhöht ausgeschieden worden sind. Dabei zeigte sich, dass Catechin keine direkte Wirkung auf den oxidativen Stress besitzt, sondern u.a. die Sekretion von Vitamin B3 (Niacin) verstärkt. Dieses Vitamin wirkt als Präkursor eines Co-Enzyms für die DNA-Reparatur und wirkt daher positiv in Ratten mit hohem Blutfettwert. Ohne Supplemente erfolgte eine ähnlich hohe Sekretion wie bei normalen Blutfettwerten [7].

6. Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass durch elektronische Prozessführung mehr Daten generiert werden können. Es bietet sich die Möglichkeit, auf den einzelnen substanzbezogenen Versuch zu verzichten, da die Datendichte bzw. Zahl an Substanzen, die parallel gemessen werden, deutlich erhöht ist.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz computergestützter Auswertungsverfahren aus den gewonnenen Daten auch mehr Informationen abgeleitet werden können. Allerdings müssen dafür die experimentellen Fragestellungen angepasst werden.

Schlussfolgernd kann allerdings die Frage, ob aus diesem „Mehr“ an Daten und Informationen auch ein „Mehr“ an Wissen generiert wird, nicht uneingeschränkt beantwortet werden. Wissen kann nicht über Algorithmen generiert werden, dafür benötigt es Wissenschaftler, die die Informationen bewerten und das Wissen extrahieren. Allerdings sind alle Vorzeichen dafür, dass mehr Wissen geschaffen werden kann, positiv.

Literatur:

- [1] Reichardt et al., Kurze Übersicht über die Entwicklung des Fachs Chemie an der Philipps-Universität Marburg von 1609 bis zur Gegenwart, 2012
- [2] Volhard, Die Begründung der Chemie durch Lavoisier, 2004
- [3] Beneke, Biographien und wissenschaftliche Lebensläufe von Kolloid-wissenschaftlern, deren Lebensdaten mit 1996 in Verbindung stehen, 1999
- [4] Pfeffer, Simulationsgestützte Untersuchung von logistischen Optimierungs-strategien bei Halbleiterfertigungsprozessen, 2012
- [5] http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/about.shtml
- [6] Dettmer et al. Mass Spectrometry-Based Metabolomics, Mass Spectrom. Rev. 2007; 26(1): 51–78
- [7] Fardet, Scalbert et al., A Liquid Chromatography–Quadrupole Time-of-Flight (LC–QTOF)-based Metabolomic Approach Reveals New Metabolic Effects of Catechin in Rats Fed High-Fat Diets J. Proteome Res. 2008; 6: 2388–2398

Praxisrelevante Aspekte zum Hemmstoffnachweis in Milch

Karin Knappstein, Hans-Georg Walte

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

Einleitung

Die Vermeidung von Hemmstoffen in Milch ist von Bedeutung, da sie die Verarbeitungsfähigkeit der Milch und die Gesundheit der Verbraucher beeinträchtigen können. Wichtigste Hemmstoffe sind Rückstände von Antibiotika nach tierärztlicher Behandlung von Milchkühen. Für Tierarzneimittel sind gemäß VO (EU) Nr. 37/2010 Maximale Rückstandskonzentrationen (MRL, engl. Maximum Residue Limit) in Milch festgelegt. Zur Überprüfung von Milch ist in Deutschland ein Integriertes Nachweissystem für Hemmstoffe etabliert (Heeschen und Suhren, 1995). Untersuchungen auf verschiedenen Ebenen der Produktion zielen darauf ab, hemmstoffhaltige Milch so früh wie möglich aus der Verarbeitungskette auszuschließen. Neben Testverfahren mit breitem Wirkungsspektrum, die einfach und kostengünstig zu verwenden sind, kommen auch gruppen- oder substanzspezifische Testverfahren als Schnelltests sowie hochspezifische Methoden als Bestätigungsverfahren zum Einsatz. Neue Verfahren zum quantitativen Nachweis mehrerer Substanzen sind in der Erprobung (Kloth et al., 2009). Verstöße werden nach der Milch-Güteverordnung durch Preisabzüge sanktioniert.

Wichtigste Maßnahme auf Erzeugerebene ist die Einhaltung der Wartezeit nach der Behandlung von Milchkühen. Immer wieder wird aus der Praxis berichtet, dass die Tankmilch positiv getestet wurde, obwohl alle Vorschriften eingehalten wurden. Im Verdacht steht dabei eine verlängerte Ausscheidung von Rückständen in der Milch über die Wartezeit hinaus. In eigenen Untersuchungen wurde daher geprüft, welche Faktoren die Dauer der Ausscheidung in der Milch beeinflussen können.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Schädtebek wurden unter kontrollierten Bedingungen Versuche zur Ausscheidungsdauer von Rückständen in Milch nach der Behandlung von Milchkühen (Deutsche Holstein Schwarzbunt) durchgeführt. Dabei wurden verschiedene mögliche Einflussfaktoren berücksichtigt. Die Identifizierung und Quantifizierung von Rückständen in der Milch erfolgte mittels HPLC-

Methoden (Suhren und Knappstein, 1998; Pedersen und Suhren, 2000; Suhren und Knappstein, 2003; Suhren und Walte, 2003).

Ergebnisse und Diskussion

Melkfrequenz

Beim Einsatz von Automatischen Melksystemen besteht die Möglichkeit, dass die Anzahl freiwilliger Besuche des Melksystems bei erkrankten Tieren auf Grund von Schmerzen beim Melken oder von Allgemeinstörungen abnimmt. Daher wurde die Ausscheidung bei Zwischenmelkzeiten von 8 Stunden (3 x tägliches Melken), 12 Stunden (2 x täglich) und 16 Stunden (1,5 x täglich) miteinander verglichen. Im Sinne eines "Worst-case"-Versuches wurden jeweils alle vier Viertel von fünf Kühen pro Gruppe mit dem Präparat Procain-Penicillin G 3 Mio Euterinjektor (WDT, Garbsen) dreimal innerhalb von 48 Stunden behandelt. Die Wartezeit für Milch beträgt für das Präparat 5 Tage, der MRL für Penicillin G in Milch 4 µg/kg. Die Versuche wurden an eutergesunden Kühen durchgeführt, um tierindividuelle Unterschiede auf Grund verschiedener Schweregrade von Erkrankungen auszuschließen.

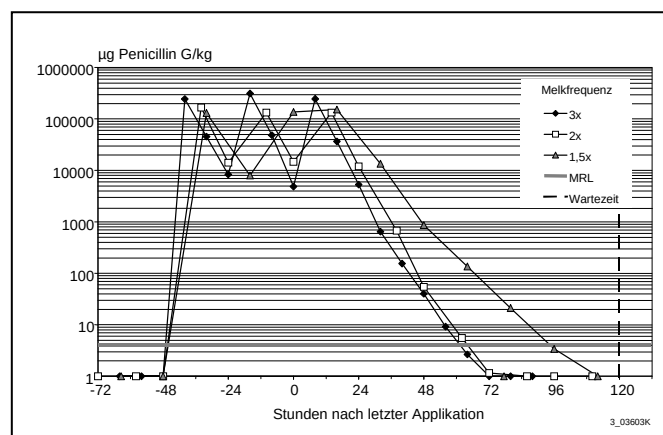


Abb. 1: Ausscheidung von Penicillin G in Milch in Abhängigkeit von der Melkfrequenz pro Tag - Mittelwerte von 5 Kühen pro Gruppe, MRL 4 µg/kg

Tendenziell war mit herabgesetzter Melkfrequenz eine Verlängerung der Ausscheidungsdauer von Rückständen in der Milch zu beobachten (Abb. 1). Die Unterschiede zwischen 3 x täglichem und 1,5 x täglichem Melken waren signifikant ($p < 0,05$). Allerdings wurde trotz verlängerter Ausscheidung keine Überschreitung des MRL nach Ende der Wartezeit beobachtet. Die Wartezeit kann somit auch bei reduzierter Melkfrequenz als ausreichend betrachtet werden.

Dosierung

Für die Festlegung der Wartezeit wird eine vorgegebene Dosierung zu Grunde gelegt. Bei einer Kuh wurde eine Uterusbehandlung mit Tetracyclin-haltigen Stäben durchgeführt, wobei entgegen der Herstellerempfehlung von ein bis zwei Stäben pro Behandlung sechs Stäbe verabreicht wurden.

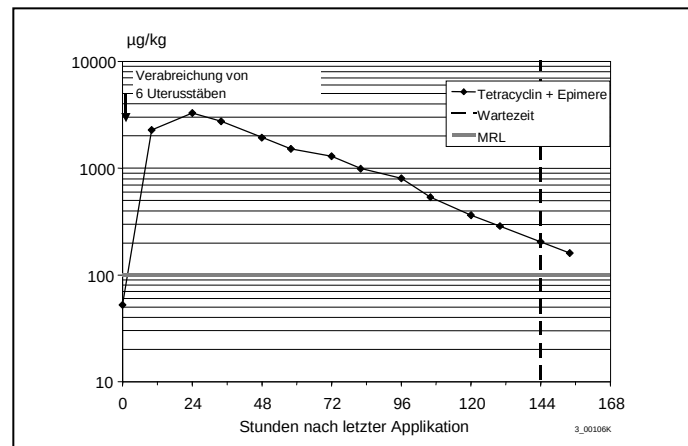


Abb. 2: Ausscheidung von Tetracyclin und Epimeren in Milch nach Überdosierung von Uterusstäben, MRL 100 µg/kg

Auf Grund der höheren Dosierung lag die Rückstandskonzentration in der Milch nach Ende der Wartezeit von 6 Tagen noch oberhalb des MRL von 100 µg/kg (Abb. 2). Dieses Beispiel zeigt, dass bei Abweichungen von Behandlungsempfehlungen unbedingt auf eine Anpassung der Wartezeit zu achten ist. Der behandelnde Tierarzt ist verantwortlich für die Festlegung einer entsprechenden Wartezeit.

Antibiotika-haltige Trockenstellpräparate

Die antibiotische Trockenstelltherapie zielt darauf ab, chronische Eutererkrankungen durch die Anwendung langwirksamer Präparate zu kurieren. Für die Anwendung von Antibiotika-haltigen Trockenstellpräparaten gilt eine Wartezeit für Milch nach der Kalbung, die in der Regel in Verbindung mit einer Mindestdauer für die Trockenstehzeit angegeben wird. Wenn Kühe früher als erwartet kalben, muss die Wartezeit entsprechend verlängert werden. In den eigenen Untersuchungen wurden vier verschiedene Präparate getestet. Nur bei einem Präparat wurde bei einer Kuh nach Ende der fünftägigen Wartezeit noch in einer Melkzeit eine Konzentration oberhalb des MRL festgestellt (Tab. 1).

Tab. 1: Rückstände in Milch nach Anwendung von Antibiotika-haltigen Trockenstellpräparaten			
Präparat	Wirkstoff(e)	Anzahl Kühe n	MRL-Überschreitung nach Ende der Warte- zeit n
Vetriclox [®] TS	Cloxacillin	37	0
Orbenin [®] extra	Cloxacillin	11	1
Cobactan [®] DC	Cefquinom	30	0
Pronafcin [®] TS	Penicillin G, Nafcillin, Dihydrostreptomycin	23	0

Auf Grund der Methode zur Festlegung von Wartezeiten ist in Einzelfällen die Überschreitung von MRLs nach Ende der Wartezeit nicht vollständig ausgeschlossen (EMA, 2000). Als Ursache für Hemmstoffbefunde in Tankmilch haben entsprechende Fälle vermutlich nur geringe Bedeutung, da die Konzentration in Milch nur geringfügig erhöht war. Nach entsprechender Vermischung in der Sammelmilch wäre die Substanz nicht mehr nachweisbar gewesen.

Bei einer Kuh wurden nach vorzeitiger Kalbung am 33. Tag nach der Trockenstellbehandlung deutlich erhöhte Wirkstoffspiegel in der Milch festgestellt, die auch am 5. Tag nach der Kalbung noch geringfügig oberhalb des MRL lagen. Allerdings war hier eine Gesamt-Wartezeit für Milch von 50 Tagen anzuwenden, so dass nach Ende der Wartezeit nicht mehr mit erhöhten Konzentrationen zu rechnen war. Bei korrekter Beachtung der Wartezeit stellen auch solche Fälle kein Risiko für eine Kontamination der Tankmilch dar.

Lagerung von Euterinjektoren

Um die Bedeutung der Lagerungstemperatur für die Ausscheidungsdauer von Rückständen in Milch zu ermitteln wurden jeweils alle vier Viertel von fünf bzw. sechs eutergesunden Kühen mit Euterinjektoren (Präparat Cobactan[®] LC, Wirkstoff Cefquinom, Wartezeit für Milch 5 Tage, MRL 20 µg/kg) behandelt, die entweder nach Angaben des Herstellers bei unter 20 °C oder zu heiß gelagert wurden.

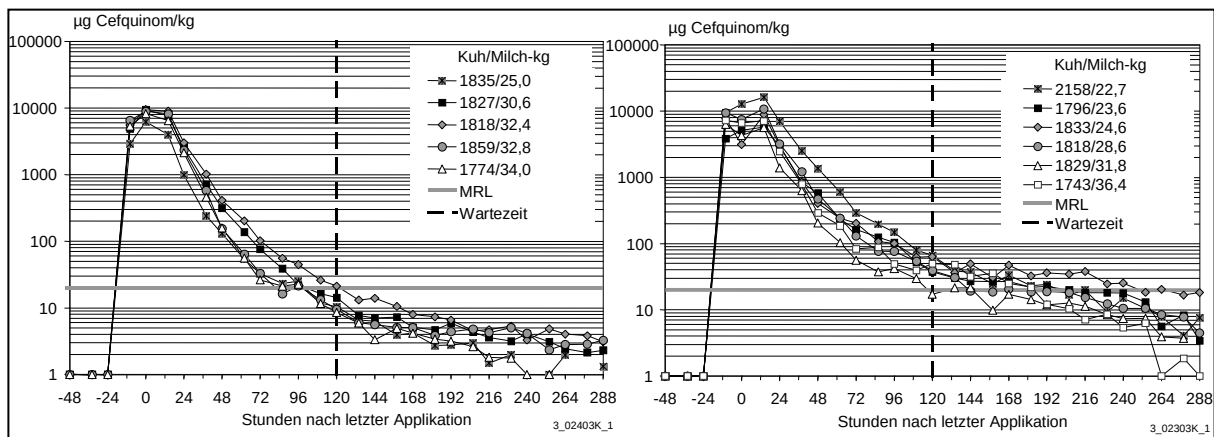


Abb. 3: Ausscheidung von Cefquinom-Rückständen in Milch nach Behandlung mit Cobactan® LC;

links: Injektoren korrekt bei 6 °C gelagert, rechts: hitzebehandelte Injektoren (>70 °C), MRL von 20 µg/kg

Nach Behandlung mit den fehlgelagerten Injektoren war die Ausscheidung von Rückständen in der Milch deutlich verlängert (Abb. 3). Konzentrationen oberhalb des MRL von 20 µg/kg wurden bei allen Kühen nach Ende der Wartezeit, in einem Fall sogar bis zu 120 Stunden nach Ende der Wartezeit nachgewiesen.

Andere Ursachen für Hemmstoffbefunde

Bei der Untersuchung von Einzelgemelken ist zu beachten, dass durch milchoriginäre Hemmstoffe wie Lysozym, Lactoferrin oder Immunglobuline insbesondere in Kolostrum oder in der Milch von Kühen mit schwerer klinischer Mastitis Hemmstofftests positiv oder fraglich reagieren können, ohne dass Antibiotikarückstände nachzuweisen sind. Die Identifizierung von Antibiotikarückständen bei unklaren Fällen kann dazu beitragen, die Ursache von Hemmstoffnachweisen aufzudecken. Dazu ist das Bestandsbuch heranzuziehen, in dem alle Behandlungen von lebensmittelliefernden Tieren zu dokumentieren sind (Tierhalter-Arzneimittel-Nachweisverordnung). In einem Fall konnte so nach Anfrage von einem Praxisbetrieb nachgewiesen werden, dass versehentlich eine laktierende Kuh mit einem Trockenstellpräparat behandelt wurde, da der Wirkstoff Cloxacillin auf diesem Betrieb nur als Trockenstellpräparat eingesetzt wurde. In einem anderen Fall konnte der Nachweis von Amoxicillin in Milchproben auf eine Verschleppung von Medizinalfutter aus dem Ferkelbestand des gleichen Betriebes zurückgeführt werden. Wichtigste Ursachen für Hemmstoffe in der Herdensammelmilch sind jedoch das versehentliche Melken behandelter Kühe und die Nicht-Einhaltung der Wartezeit (Fabre et al., 1995).

Schlussfolgerungen

Der sicherste Ansatz zur Vermeidung von Hemmstoffen in der Milch ist die generelle Vermeidung der Behandlung von Kühen durch ein adäquates Gesundheitsmanagement. Bei der Behandlung von Milchkühen mit Tierarzneimitteln sind die Grundsätze für sachgemäßen Einsatz zu berücksichtigen ("Prudent use"). Nach den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen sind die Wartezeiten für Milch unter Praxisbedingungen ausreichend. Eine verlängerte Ausscheidung in der Milch kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, jedoch handelt es sich dabei um Einzelfälle, bei denen allenfalls mit geringer Überschreitung des MRL zu rechnen ist. Als Ursache für Hemmstoffbefunde in Herdensammelmilch sind diese Fälle auszuschließen. Dagegen sind gravierende Fehler wie Verwechslung von Kühen, Nicht-Beachtung der Wartezeit oder Verschleppungen zu vermuten. Insgesamt konnte in Deutschland durch die Anwendung eines integrierten Systems zum Hemmstoffnachweis in Milch und durch entsprechende Anstrengungen der Milchviehbetriebe das Vorkommen von Hemmstoffen in Milch auf 0,03 % der untersuchten Proben gesenkt werden (ADR, 2012).

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (2012): Rinderproduktion in Deutschland 2011. Ausgabe 2012, ISSN 1439-8745
- European Agency for the Evaluation of Medicinal Products (EMA) (2000) – Committee for Veterinary Medicinal Products: Note for Guidance for the Determination of Withdrawal Periods for Milk. EMA/CVMP/473/98-final
- Fabre, J.M., Moretain, J.P., Ascher, F., Brouillet, P., Berthelot, X. (1995): Main causes of inhibitors in milk. A survey in one thousand French dairy farms. Proc. IDF Symposium on Residues of Antimicrobial Drugs and Other Inhibitors in Milk. Kiel, Germany, 28-31 August, 1995, pp. 27-31
- Heeschen, W., Suhren, G. (1995): IDF integrated detection system for antimicrobials: Introductory statement and practical experiences in Germany. Proc. IDF Symposium on Residues of Antimicrobial Drugs and Other Inhibitors in Milk. Kiel, Germany, 28-31 August, 1995, pp. 310-318
- Kloth, K., Rye-Johnsen, M., Didier, A., Dietrich, R., Märklbauer, E., Niessner, R., Seidel, M. (2009): A regenerable immunochip for the rapid determination of 13 different antibiotics in raw milk. Analyst 134, 1433-1439
- Pedersen, M., Suhren, G. (2000): Chemical-physical confirmation tests ("Higher" validation level) for the detection of residues of antimicrobials in milk. Bulletin of the International Dairy Federation No. 358, p. 29-35
- Suhren, G., Knappstein, K. (1998): Detection of incurred dihydrostreptomycin residues in milk by liquid chromatography and preliminary confirmation methods. Analyst 23, 2797-2801
- Suhren, G., Knappstein, K. (2003): Detection of cefquinome in milk by liquid chromatography and screening methods. Anal. Chim. Acta 483, 363-372
- Suhren, G., Walte, H.-G. (2003): Experiences with the application of method combinations for the detection of residues of antimicrobial drugs in milk from collecting tankers. Milchwiss. 58, 536-540

- Verordnung (EU) Nr. 37/2010 der Kommission über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs vom 22.12.2009. ABl. EU L 15, 1-72
- Verordnung über Nachweispflichten der Tierhalter für Arzneimittel, die zur Anwendung bei Tieren bestimmt sind (Tierhalter-Arzneimittel-Nachweisverordnung) vom 20.12.2006, BGBl. I, Nr. 66, 3450
- Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch (Milch-Güteverordnung) vom 22.12.2010, BGBl I, Nr. 66, 2132

Globale Trends der Milchwirtschaft und Perspektiven für Schleswig-Holstein

Torsten Hemme

IFCN Dairy Research Center
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein

Einleitung

Das IFCN ist ein weltweites Netzwerk von Wissenschaftlern aus 90 Ländern sowie 95 Unternehmen der Milchwirtschaft. Das IFCN Dairy Research Center in Kiel koordiniert die wissenschaftliche Arbeit. Seit dem Jahr 2000 analysiert das IFCN die globalen Trends in der Milchwirtschaft. Der Dairy Report 2012 bildet die Grundlage dieses Vortrages.

Kernaussagen des Vortrages

1. Milchproduktion und Verarbeitung

Deutschland ist, bezogen auf Milchproduktion, weltweit nach Indien, USA, Pakistan, China, Brasilien das sechst größte Land. Gemessen an der Milchverarbeitungsmenge ist Deutschland nach den USA die Nummer 2. Weltweit erreichen 62% der produzierten Milch eine Molkerei, die übrigen 38% der Milch werden entweder auf den Betrieben konsumiert oder informell verkauft. Detail s. Abb. 1.

Milk production 2011
in mill tons ECM

Legend:

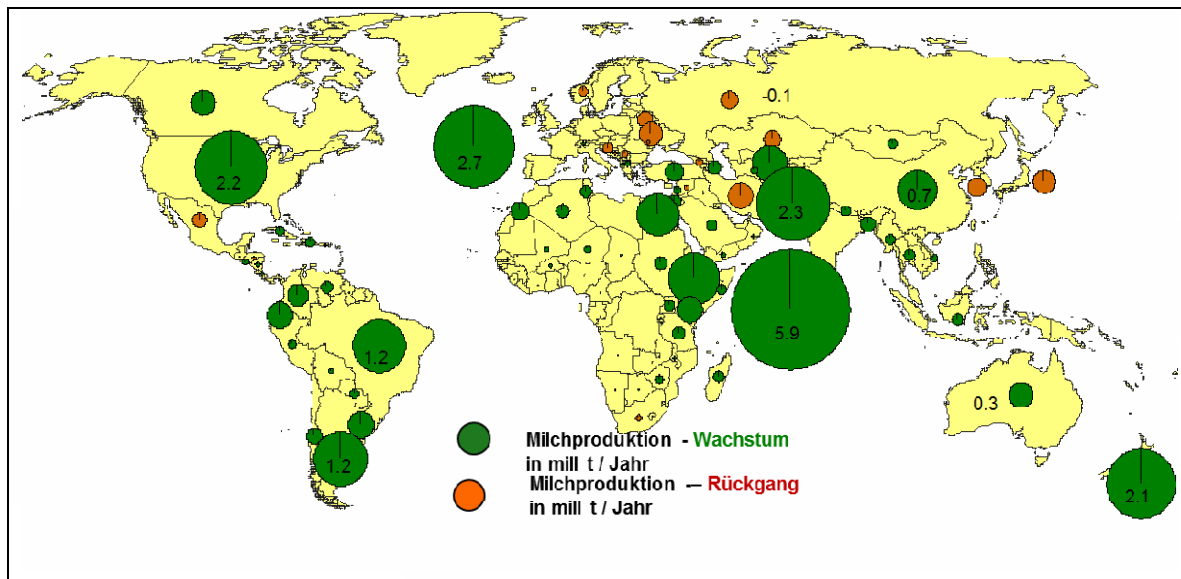
Region/Country	Milk Production (mill tons ECM)
USA	84
EU-27	153
China	138
India	42
France	30
Germany	34
UK	32
Italy	11
Australia	10
Japan	21

Quelle: IFCN Dairy Report 2012

2. Milchproduktionsentwicklung

Das Jahr 2011 kann als Rekordjahr bezeichnet werden. Die Milchproduktion weltweit stieg um 23.4 Mill. t oder 3,3 % - das übersteigt die Jahresmilchmenge von Neuseeland. Dieses Wachstum wurde maßgeblich in den folgenden Ländern / Regionen erzielt: Indien, EU-27, Pakistan, USA, Neuseeland, Argentinien und Brasilien. Grund für den starken Anstieg waren relativ hohe Milchpreise, moderate Futterpreise und vor allem vorteilhafte Wetterbedingungen in vielen Teilen der Welt. Neben den Wachstumsregionen war die Milchproduktion in den folgenden Regionen rückläufig: GUS, Iran, Mexiko, Korea und Japan. Nach vorläufigen Schätzungen liegt das Wachstum in 2012 mit ca. 20 Mill. t deutlich niedriger. Für das Jahr 2013 wird mit einem niedrigeren Wachstum als 2012 und auch 2011 gerechnet.

Abb.2: Veränderung der Milchproduktion im Jahre 2011



Quelle: IFCN Dairy Report 2012

3. Top Molkereien weltweit

Die Top 20 Molkereien der Welt verarbeiten 24% der Milchproduktion. Damit ist die Milchwirtschaft trotz ihrer großen Unternehmen eher als fragmentiert einzustufen. Die größte Molkerei, Fonterra, verarbeitet 3% der Weltmilchmenge. In der Top Liste rangieren die deutschen Unternehmen DMK auf Platz 10 und Müller, nach der Übernahme von Wiseman in Großbritannien, auf Rang 15. Unter den 20 Molkereien variiert der generierte Umsatz je kg Verarbeiteter Milch von 0,65 – 1,53 US-\$ je kg Milch. Das IFCN arbeitet an der Verfeinerung dieses Indikators da er ein Indiz für die Leistungskraft in der Milchverarbeitung angesehen werden kann.

Abb.3: Die Top-Milchverarbeitungsunternehmen im Jahre 2011/21

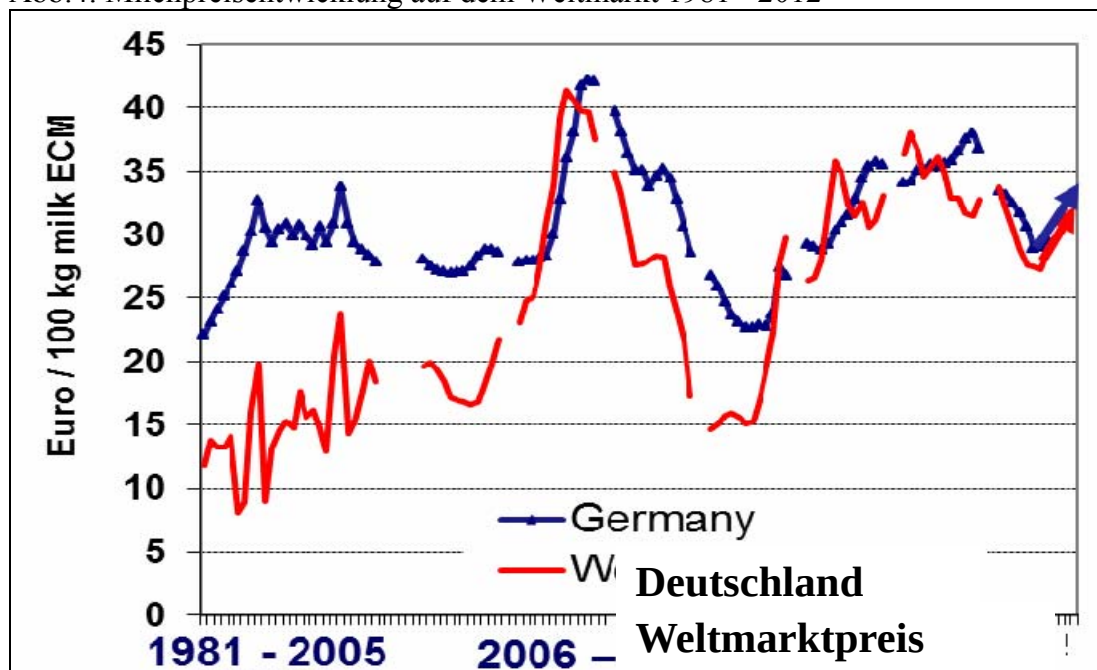
Rank	Company name	Country	Dairy processing plants main location	Market share in % of world milk production	Milk intake, in mill. t	Dairy turnover, US-\$ bill.
1	Fonterra Co-operative Group	New Zealand	international	3.0%	21.6	16.4
2	Dairy Farmers of America	USA	USA	2.4%	17.1	13.0
3	Groupe Lactalis (Parmalat)	France	international	2.1%	15.0	16.9
4	Nestlé	Switzerland	international	2.1%	14.9*	19.1
5	Dean Foods	USA	USA	1.7%	12.0	13.1
6	Arla Foods/MUH/Milk Link	Denmark/Sweden	DK/SE/DE/UK	1.7%	12.0	12.0
7	FrieslandCampina	The Netherlands	NL/DE	1.4%	10.1	13.4
8	Danone	France	international	1.1%	8.2	15.6
9	Kraft Foods	USA	international	1.1%	7.8	7.5
10	DMK	Germany	Germany	1.0%	6.9	6.4
11	Saputo Inc.	Canada/USA	Canada/USA/Argentina	0.9%	6.3	7.0
12	Glanbia Group	Ireland	international	0.8%	6.0	3.9
13	Land O' Lakes Inc.	USA	USA	0.8%	5.9	4.3
14	California Dairies Inc.	USA	USA	0.6%	4.6	3.0
15	Unternehmensgruppe Theo Müller	Germany	international	0.6%	4.4	6.5
16	Groupe Sodiaal	France	France	0.6%	4.1	5.7
17	Mengniu Dairy Company Ltd.	China	China	0.6%	4.1**	5.8
18	GCMMF (Amul)	India	India	0.6%	4.0	2.5
19	Yili Group	China	China	0.6%	4.0**	5.8
20	Bongrain SA	France	international	0.5%	3.6	5.5
Sum of Top 20				24%	172.8	183.4

Quelle: IFCN Analysen 2012

4. Weltmilchpreisentwicklung

Das IFCN errechnet diesen Preis auf Basis der am Weltmarkt gehandelten Milchprodukte. Im Durchschnitt lag der Weltmarktpreis in den vergangenen drei Jahren bei 30,2 Euro/kg Milch. Die Schwankungsbreite 27 – 35 Euro je kg Milch war im Vergleich zu den Vorjahren moderat. Derzeit liegt der Weltmarktpreis bei leicht über 30 Euro je kg Milch (Januar 2013).

Abb.4: Milchpreisentwicklung auf dem Weltmarkt 1981 - 2012

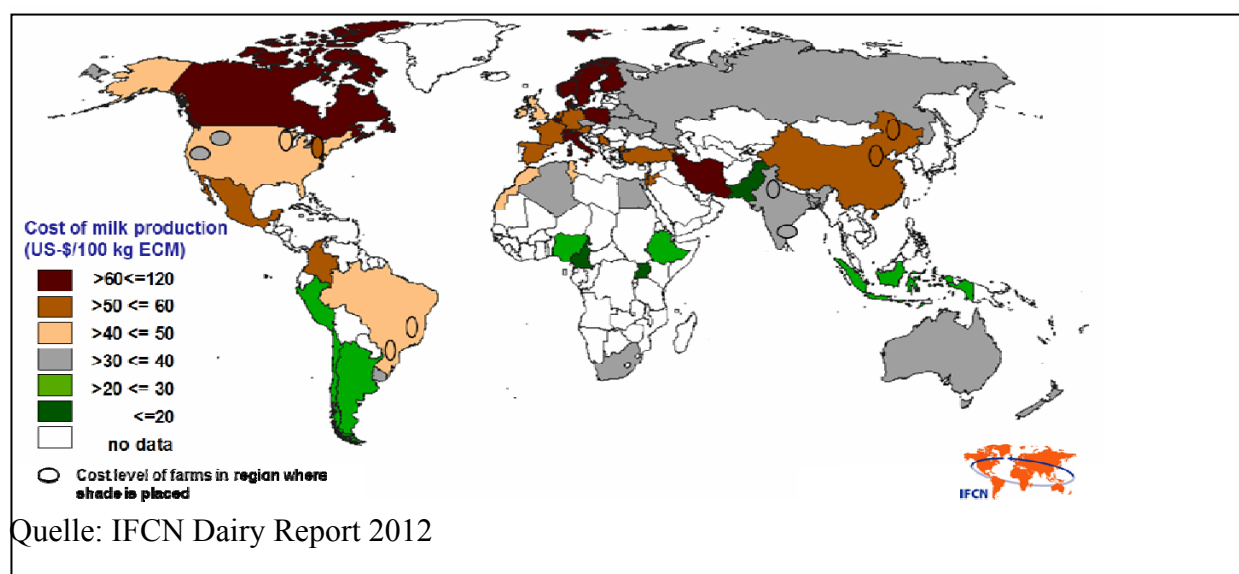


Quelle: IFCN Analysen 2012

5. Produktionskosten je kg Milch

Die Kosten um 100 kg Milch zu produzieren schwankt von 4 Euro in Kamerun bis 77 Euro in der Schweiz. Die Kosten in Norddeutschland bei durchschnittlich großen Betrieben und durchschnittlich gutem Management lagen 2011 bei 34 Euro je kg Milch. Im Vergleich dazu lagen die Kosten in den USA (Wisconsin) bei ca. 30 Euro und in Neuseeland bei 25 Euro je kg Milch. Bei Betrachtung der Kostenentwicklung ist festzustellen dass diese in den USA und der EU weniger schnell steigen als in Ländern wie Brasilien, Indien, China.

Abb.5: Produktionskosten Milch 2011 – Analysen basieren auf durchschnittlich großen Betrieben



Quelle: IFCN Dairy Report 2012

6. Futterpreisentwicklung

Das IFCN ermittelt monatlich aus dem Preis für Mais und Sojaschrot einen Indikator der als „Weltmarktpreis für Kraftfutter“ interpretiert werden kann. Dieser Preis hat sich seit Januar 2006 bis August 2012 verdreifacht (auf US-Dollar Basis). Im Zeitraum Juli – Oktober 2012 lag der Preis für ein kg Kraftfutter über dem Preis für ein kg Milch und hat in allen Teilen der Welt zu einer erheblichen Verschlechterung der Profitabilität geführt. Am stärksten betroffen waren Regionen:

- a) in denen die nationalen Preise den Weltmarktpreisen sehr schnell folgen
- b) mit intensiven Produktionssystemen und hohem Kraftfuttereinsatz und
- c) in denen die Betriebe in geringem Masse ihr Futter selbst erzeugen.

7. Ausblick Milchpreis

Sofern der Weltmarktfutterpreis auf dem jetzigen Niveau bleibt (Dezember 2013: 27,3 Euro/100 kg Futter) ist langfristig mit Weltmilchpreisen von über 33 Euro/ 100 kg Milch zu rechnen.

8. Ausblick Milchproduktion in Schleswig- Holstein

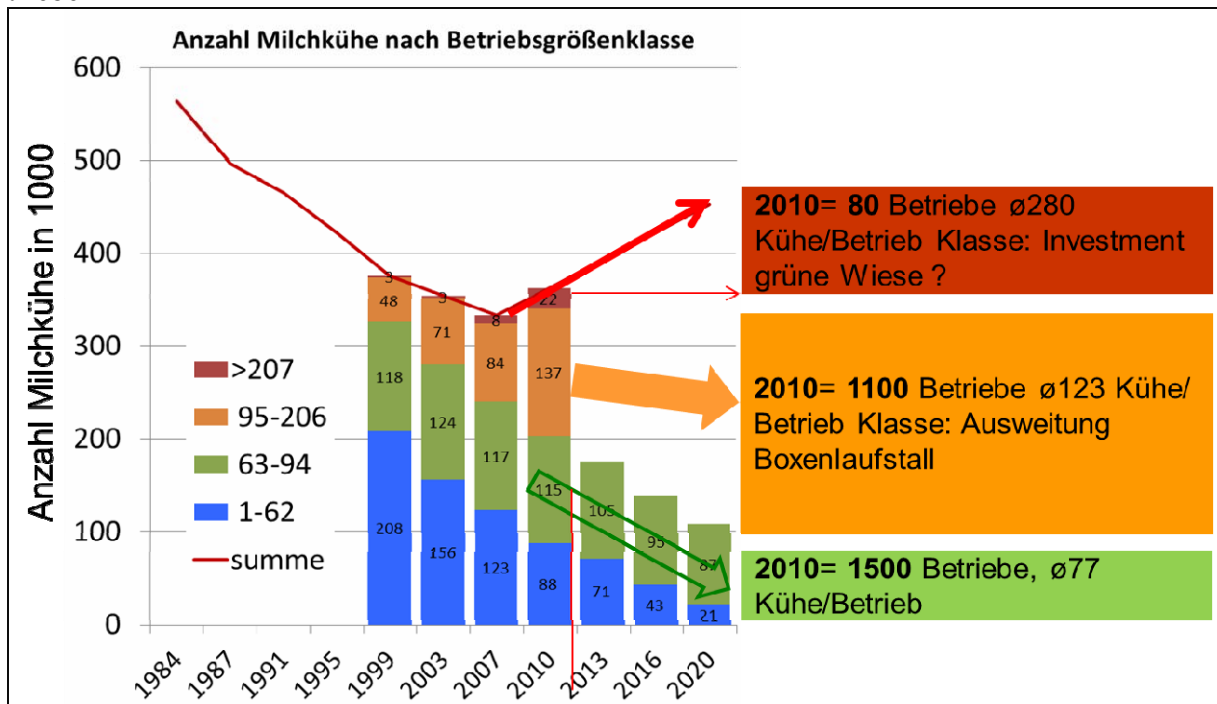
Ob in Schleswig-Holstein künftig mehr Milch produziert wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Grundsätzlich haben IFCN Analysen im Rahmen des KMSH gezeigt, dass es bei einer aufgeschlossenen Risiko-, Änderungs- und Anpassungsbereitschaft durchaus möglich ist, auch künftig rentabel Milch zu erzeugen. Wenn es gelingt, die Vollkosten gemäß den Zielbetriebstypen zu senken und die Produktivität entsprechend zu steigern, dann ist die Milchproduktion in Schleswig-Holstein auf dem Faktormarkt und dem globalen Milchmarkt wettbewerbsfähig.

Gelingt dies alles hingegen nicht, kann es durchaus sein, dass die Milchproduktion in Schleswig-Holstein zurückgeht. Des Weiteren hat die Politik durch eine Vielzahl von Eingriffspunkten, wie zum Beispiel die Entscheidungen zur Quotenpolitik oder der einseitigen Förderung der erneuerbaren Energien, durchaus Möglichkeiten eine positive Entwicklung des Milcherzeugungssektors zu konkretisieren.

Sollte sich ein Positivszenario entwickeln so kann die Milchproduktion um 3 bis 4 % pro Jahr ansteigen. Dies setzt allerdings zum einen voraus, dass die wachsenden Betriebe in der Bestandsgrößen-Klasse 95 – 206 Kühe die Milchproduktion mindestens in dem Masse ausdehnen wie das Volumen in den Bestandsgrößen-Klassen <95 Kühe zurückgeht. Zum anderen wären beachtliche Investitionen in neue Ställe mit einer Kapazität von 300 – 600 Kühen notwendig. Sollte

letzteres nicht realisiert werden so ist damit zu rechnen das die Milchproduktion stagniert.

Abb.6: Produktionskosten Milch 2011 – Analysen basieren auf durchschnittlich großen Betrieben



Quelle: IFCN Analysen im Rahmen des KMSH Projektes

Preisbildung im Lebensmitteleinzelhandel bei Bio-Milch

Thore Holm und Jens-Peter Loy

Abteilung Marktlehre, Institut für Agrarökonomie

Einleitung

In Zeiten stagnierender Umsätze im deutschen Einzelhandel und Lebensmitteleinzelhandel (LEH) in den letzten 10 Jahren sind Wachstumsmärkte in diesem Bereich von besonderem Interesse. Ein solcher Wachstumsmarkt ist das Bio-Produkte-Segment, das im letzten Jahrzehnt fast durchweg zweistellige Umsatzsteigerungen aufweist. Schon zu Beginn des Jahrtausends hat der traditionelle Lebensmitteleinzelhandel in Form eines steigenden Angebots in diesem Bereich auf diese Tendenz reagiert. Während 1999 der traditionelle LEH in Deutschland ca. 26 % der Bio-Lebensmittel angeboten hat, sind es heute über 50 % (Spiller 2001, Hamm und Michelsen (1999); BÖLW 2012). Neben der Teilnahme an diesem Wachstumsmarkt nutzt der traditionelle LEH durch Schaffung eigener Handelsmarken die Bio-Produkte zur Imagepflege, um sein Angebot an gesunden, qualitativ hochwertigen und nachhaltigen Lebensmitteln zu betonen. Das ist nicht nur für viele Discounter von besonderem Interesse. Diese Entwicklung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Bio-Produkte auch noch in 2011 nur rund 3,7 % des Gesamtabsatzes an Lebensmitteln auf dem deutschen Markt ausmachen. Vorreiter in Europa sind hierbei die Schweiz, Österreich oder Dänemark. Deutschland erreicht gerade mal die Hälfte der Pro-Kopf Ausgaben für Bio-Lebensmittel in diesen Ländern. Bio-Milch hat in der Produktion in Deutschland einen Anteil von weniger als 2 %. Beim Konsum von Frischmilch erreicht Bio-Milch einen Anteil von 10 %. Wenn man allerdings den Konsum von H-Milch berücksichtigt, sinkt der Anteil auf 3,7 %. Milchprodukte der weißen Linie machen etwa 10 % des Umsatzes von Bio-Produkten aus. Damit gehören Milchprodukte zusammen mit Obst, Gemüse sowie Brot und Backwaren zu den umsatzstärksten Segmenten im Bio-Markt (BÖLW 2012). In Dänemark macht der Bio-Milch-Anteil über 30 % und in Österreich über 15 % aus (BLFUW, 2011). Spiller legt 2001 eine erste Untersuchung der Preissetzung bei Bio-Produkten im deutschen LEH vor und folgert, dass hohe Preise für Bio-Produkte die zentrale Barriere für die weitere Verbreitung und deren geringen Markterfolg in Deutschland darstellen. Die Ursache dafür ist seiner Auffassung nach eine geringe Intensität des Wettbewerbs, infolge derer die hohen Preise für

Bio-Produkte nur zum Teil auf höhere Produktionskosten zurückzuführen sind, preispolitische Instrumente von allen Anbietern nur in geringem Maße eingesetzt werden und nur eine geringe Preistransmission entlang der Wertschöpfungskette zu beobachten ist. Zudem hält Spiller (2001) diese Preispolitik für betriebswirtschaftlich suboptimal, da sie nicht an dem Nachfrageverhalten der Konsumenten ausgerichtet wird. Als Erklärung führt Spiller (2001) neben der Angst vor Preiskriegen und der Rolle des Preises als Qualitätssignal insbesondere das Imitationsverhalten der Einzelhändler bei der Gestaltung der Preispolitik an.

In diesem Beitrag gehen wir der These der geringen Wettbewerbsintensität erneut unter Verwendung eines detaillierten, aktuellen Datensatzes nach. Dazu werden die Preise auf allen Wertschöpfungsstufen im Zeitraum von 2009 und 2010 für den deutschen Markt in Bezug auf das Niveau, die Relation untereinander und die dynamischen Beziehungen hin untersucht und zum Teil mit Daten aus Österreich verglichen. Weiterhin werden die absatzpolitischen Instrumente analysiert. Die Anzahl und Ausprägung von Preisaktionen sowie deren Wirkungen auf den Absatz stehen dabei im Vordergrund der Betrachtungen. Abschließend werden einige Schlussfolgerungen gezogen.

Die Datenbasis

Bei den hier vorgestellten Analysen werden die Jahre 2009 und 2010 betrachtet. Die verwendeten Erzeugerpreise für konventionelle Milch stammen aus den statistischen Monatsberichten des BMELVs (BMELV, verschiedene Jahrgänge). Im Detail handelt es sich dabei um Preise für Vollmilch frei Molkerei mit einem Fettgehalt von 3,7 % und einem Eiweißgehalt von 3,4 %. Für die Erzeugerpreise ökologisch produzierter Milch wurden Daten von Bioland (AMI, 2012) verwendet. Bei diesen Preisen handelt es sich um die durchschnittlichen Erzeugerpreise ab Hof für deutsche Bio-Milch mit einem 4,2 %igen Fettgehalt und einem Eiweißgehalt von 3,4 %.

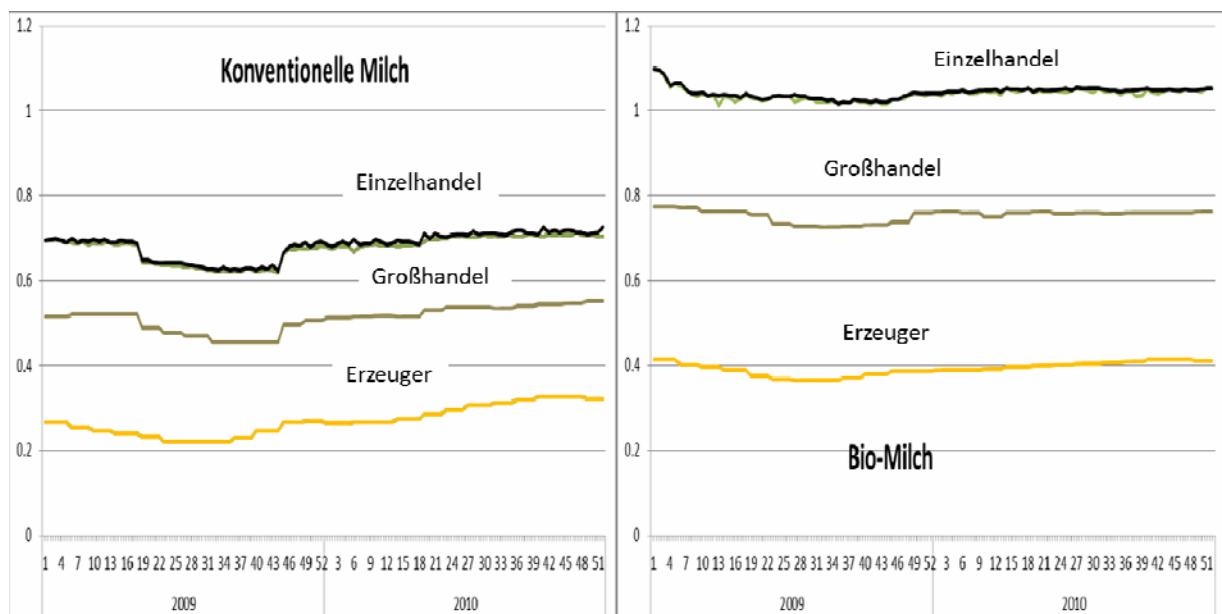
Auf Molkereiebene werden Daten der BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) verwendet. Die Preise sind frei Abnehmer und stellen einen mit den Absatzmengen gewichteten Durchschnittspreis über alle Absatzwege für konventionell bzw. ökologisch erzeugte Milch mit einem Fettgehalt von 3,5 % dar. Die Verbraucherpreise stammen aus dem Retail-Scanner-Daten-Panel der SymphonyIRI Group GmbH (SIG, 2011). Dieses Retail-Scanner-Daten-Panel beinhaltet für den beobachteten Zeitraum (2009-2010) wöchentliche Preisbeobachtungen tatsächlich getätigter Käufe in einzelnen Geschäften des LEH. Es werden ausschließlich die Produkte betrachtet, die im 1 Liter Gebinde verkauft werden und einen Fettgehalt von mindestens 3,5 % und maximal 3,9 % Fett aufweisen. In diesem Datensatz sind die einzelnen Geschäfte und auch die jeweili-

gen Key Accounts kodiert, so dass es nicht möglich ist, den Namen bestimmter Ketten zu identifizieren. Eine Zuordnung zu einem bestimmten Distributionskanal ist allerdings möglich, folglich liegen Informationen darüber vor, ob es sich bei dem jeweiligen Geschäft um einen Discounter, Supermarkt, Verbrauchermarkt oder aber um ein SB-Warenhaus handelt. Insgesamt liegen so über 2,2 Millionen Preisbeobachtungen vor. Es gilt zu beachten, dass aufgrund der individuellen Firmenpolitiken mit Aldi und Lidl die bedeutendsten Discounter nicht in dem Datensatz enthalten sind, da diese grundsätzlich davon absehen die eigenen Preisdaten zu veröffentlichen. Folglich sind die Discounter im Vergleich zu den anderen Distributionskanälen etwas unterrepräsentiert.

Preisentwicklungen und Preisrelationen

In Abbildung 1 werden zunächst die Preisentwicklungen auf den drei Stufen der Wertschöpfungskette im Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2010 auf wöchentlicher Basis dargestellt.

Abbildung 1: Preisentwicklungen in der Wertschöpfungskette Milch in €/L.



Legende: Einzel- und Großhandel in €/L. im Tetrapack mit 3,5 % Fett. Erzeuger in €/Kg Milch mit 3,7 % Fett (4,2 % Fett bei Biomilch).

Quelle: Eigene Darstellung, Daten von SIG 2011, BLE 2012, BÖLW 2012.

Es handelt sich dabei um gewichtete Durchschnittspreise über alle Molkereien bzw. alle Lebensmitteleinzelhändler. Bei den Preisen im Einzelhandel werden zwei Zeitreihen erstellt; zum einen wird das gewichtete Mittel aller Preise (inkl. Sonderangebote) berechnet, zum anderen wird das gewichtete Mittel über alle

Preise ohne Sonderangebote dargestellt. Aufgrund des geringen Anteils von Sonderangeboten sind die Unterschiede aber gering. Im linken Teil der Abbildung 1 sind die Daten für konventionelle Milch, auf der rechten Seite die Daten für Bio-Milch abgetragen. Auf allen Stufen weisen die Preise für Bio-Milch einen Aufschlag gegenüber den Preisen für konventionelle Milch auf. Dieser steigt entlang der Wertschöpfungskette an. Die Preisveränderungen sind bei konventioneller Milch sowohl absolut als auch relativ ausgeprägter als bei Bio-Milch. Die Preisentwicklungen bei Bio-Milch sind demzufolge auf allen Stufen deutlich stabiler im Zeitablauf.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der Preise über die Zeit auf den Stufen für Deutschland und Österreich für den Beobachtungszeitraum 2009/10 dargestellt. Als weitere Referenz sind die Daten für 2003 hinzugefügt. Für 2009/10 ergibt sich in Deutschland ein absoluter Preisaufschlag auf der Erzeugerstufe zwischen Bio-Milch und konventioneller Milch von 13 Eurocent pro Kg. Das entspricht einem relativen Aufschlag von 46 %. Diese Aufschläge liegen für die weiteren Stufen der Wertschöpfungskette noch leicht höher.

Tabelle 1: Preisaufschläge in der Wertschöpfungskette Milch

	Deutschland			Österreich		
	Konv. (k)	Bio (b)	Aufschlag b/k	Konv. (k)	Bio (b)	Aufschlag b/k
	2003			2003		
Erzeuger (e)	0.29	0.34	17%	0.33	0.38	16%
Großhandel (g)	--	--	--	--	--	--
Verbraucher (v)	0.58	0.98	69%	0.65	0.97	49%
Aufschlag g/e	--	--	--	--	--	--
Aufschlag v/g	--	--	--	--	--	--
Aufschlag v/e	100%	188%	--	98%	155%	--
	2009/10			2009/10		
Erzeuger (e)	0.29	0.42	46%	0.33	0.40	22%
Großhandel (g)	0.51	0.75	48%	--	--	--
Verbraucher (v)	0.68	1.04	54%	0.82	1.00	22%
Aufschlag g/e	77%	79%	--	--	--	--
Aufschlag v/g	33%	38%	--	--	--	--
Aufschlag v/e	135%	147%	--	148%	149%	--

Quelle und Legende s. Abb. 1.

Für Österreich sind die horizontalen Preisaufschläge relativ gesehen deutlich geringer. Ursache dafür sind nicht die hohen Preise für Bio-Milch in Deutschland, sondern die geringen Preise für konventionelle Milch, insbesondere im LEH. Konventionelle Milch kostete in den Jahren 2009/2010 im Durchschnitt nur 68 Eurocent in Deutschland, in Österreich liegt der Preis bei 82 Eurocent. Dabei sind die Preise im deutschen LEH nicht generell günstiger. Zu relativ niedrigen Preisen werden vorwiegend Handelsmarken angeboten, die einen hohen Anteil

am Gesamtabsatz haben. So ergibt sich für das nicht mit den Absatzmengen gewichtete Preismittel ein Wert von 88 Eurocent auf dem deutschen Markt. Die Gewichtung spielt bei Bio-Milch fast keine Rolle, da die Handelsmarken zu meist nicht so viel billiger als Herstellermarken sind und Herstellermarken eine relativ stärkere Verbreitung im Bio-Segment haben.

Im Vergleich zu 2003, als die Preisstruktur in Deutschland und Österreich noch nahezu gleich war, hat sich der Preisaufschlag für die Produzenten erhöht, und der Preis für konventionelle Milch im LEH ist in Österreich deutlich stärker gestiegen als in Deutschland. Dies deutet darauf hin, dass Milch im deutschen LEH als Lockvogelprodukt verwendet wird, das als Dauerniedrigpreisprodukt Kunden in den Laden bringen soll.

Dynamische Preisbeziehungen

Die dynamischen Beziehungen werden mithilfe von Fehlerkorrekturmodellen für die aggregierten Zeitreihen in Abbildung 1 ermittelt. Die vertikalen Beziehungen zwischen Erzeugerpreisen und Großhandelspreisen sowie zwischen Großhandelspreisen und Einzelhandelspreisen zeigen sowohl für konventionelle Milch als auch für Bio-Milch signifikante Anpassungsprozesse. Das heißt, Kostenänderungen werden in der Wertschöpfungskette vom Erzeuger zum Verbraucher weitergegeben. Die Prozesse laufen bei konventioneller Milch schneller ab, und es lässt sich eine zum Teil vollständige Kostenweitergabe wie z.B. zwischen Groß- und Einzelhandelspreisen feststellen. Asymmetrische Preistransmissionen sind in diesem Untersuchungszeitraum nicht festzustellen. Bei konventionellen Handelsmarken laufen die Prozesse am schnellsten ab; es lässt sich bei diesen Marken zum Teil sogar ein Überschießen in den Kostenanpassungen beobachten, d.h. die Verbraucherpreise ändern sich stärker, als es für eine reine Kostenanpassung notwendig wäre.

Auf horizontaler Ebene zeigen sich ebenfalls signifikante Preiszusammenhänge. Allerdings werden Preisschocks auf den konventionellen Märkten nur zum Teil auf den Bio-Markt übertragen. Die von Spiller (2001) vermutete fehlende Preistransmission kann anhand des hier vorliegen Datensatzes nicht bestätigt werden.

Marken und absatzfördernde Maßnahmen

Im Mittel gibt es in jedem Einzelhandelsgeschäft 10 verschiedene Marken an frischer Voll- oder H-Milch mit einem Fettgehalt von 3,5 % und mehr. Davon sind im Mittel 1,5 ökologische Marken und 8,5 konventionelle, die wiederum im Mittel von 4,6 verschiedenen Herstellern produziert werden. Von den 10 Marken sind rund 7 Herstellermarken und 3 Handelsmarken, wobei der Anteil von

Handelsmarken im konventionellen Markt bei 25 und im Bio-Markt bei fast 40 % liegt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass trotz ihrer geringen zahlenmäßigen Bedeutung, rund 60 % der verbrauchten konventionellen Milch auf Handelsmarken entfällt. Der Anteil von Bio-Handelsmarkenmilch liegt bei 65 %. Auf beiden Märkten wird überwiegend Milch im Tetra-Pack verkauft (>90 %). H-Milch macht rund 60 % des Absatzes bei konventioneller Milch aus, bei Bio-Milch liegt der Anteil bei 12 %.

Das wesentliche absatzpolitische Instrument ist die Preisaktion. Daneben gibt es besondere Formen der Auszeichnung und der Werbeunterstützung z.B. in Form von Handzetteln. Der Anteil aller absatzpolitischen Aktionen liegt bei 3 bis 4 %. Demnach werden über alle Marken nur rund 2 Aktionen pro Jahr lanciert. Der überwiegenden Teil davon sind Preisaktionen. Bei Bio-Milch werden geringfügig weniger Aktionen gefahren, was unter anderem an der großen Anzahl an Handelsmarken liegen kann, die in der Regel ein deutlich geringes Niveau an Promotionsaktionen aufweisen. Der von Spiller (2001) vermutete geringere Einsatz solcher Instrumente im Bio-Markt lässt sich also bei Milch nur tendenziell bestätigen.

Schlussfolgerungen

In Deutschland ist Bio-Milch auf allen Vermarktungsstufen ca. 50 % teurer als konventionelle Milch. Für viele Marken lassen sich dabei signifikante preispolitische Spielräume beobachten, auch wenn die absatzpolitische Hoheit bei den günstigeren Handelsmarken liegt. Insbesondere bei konventioneller Milch ist der Preisunterschied zwischen den Herstellermarken und den Handelsmarken besonders ausgeprägt. Handelsmarken sind im Mittel über alle Geschäfte um mehr als 40 % billiger als die Herstellermarken. Eine solche Preisdifferenz lässt sich in anderen Ländern wie z.B. Österreich nicht beobachten. Der Grund dafür könnte in dem harten Wettbewerb im deutschen Lebensmitteleinzelhandel liegen, der sich zunehmend auf bestimmte Eckprodukte konzentriert, die für die Wahl der Einkaufsstätte von besonderer Bedeutung sind. Dies würde auch erklären, warum trotz dieser Preisdifferenzen die Preise für Bio-Milch auf gleichem Niveau wie in Österreich liegen.

Es lässt sich weiter zeigen, dass zwischen den einzelnen Märkten und innerhalb der Wertschöpfungsketten signifikante Preisbeziehungen existieren. Auch werden keine grundlegenden Unterschiede in der Anwendung von absatzpolitischen Instrumenten gefunden. Neben möglichen Unterschieden in den Verbrauchereinstellungen zwischen Deutschland und Österreich könnte die Preisstruktur, insbesondere die niedrigen Preise für die konventionelle Handelsmarkenmilch die Ursache für die geringe Bedeutung der Bio-Milch in Deutschland sein. Auch

wenn die Preisstrukturen nicht notwendigerweise zum Nachteil der Erzeuger sein müssen, so bilden sie doch vielleicht das wesentliche Hindernis zur Weiterentwicklung des Bio-Marktes.

Literatur

AMI: Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (Ed.) (2012): AMI Marktbilanz Öko-Landbau 2012. Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH. Bonn.

BLE: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2012): Auszug aus den Rohdaten im Rahmen der Meldeverordnung. Bonn.

BLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2011): Produktion und Vermarktung von Bio-Milch in Österreich und Europa. Wien.

BMELV: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (verschiedene Jahrgänge): Statistischer Monatsbericht. Bonn.

BÖLW (Bund für ökologische Lebensmittelwirtschaft) (2012) Zahlen – Daten – Fakten: Die Bio-Branche 2012. Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. Berlin. www.boelw.de

Hamm U. und J. Michelsen (1999): Der Markt für Ökolebensmittel in Europa. Agra-Europe 38, H. 43, Dokumentation, S. 1–19.

Spiller A. (2001): Preispolitik für ökologische Lebensmittel: Eine neo-institutionalistische Analyse. Agrarwirtschaft Heft 50 Nr. 7: 451-61.

SIG (SymphonyIRI Group) (2012): Retail Scanner Data. SymphonyIRI Group GmbH. Düsseldorf.

Schleswig-Holsteinische Milchverarbeiter im internationalen Wettbewerb

Renke Ackermann und Johannes Sauer

Institut für Agrarökonomie
Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein

Zusammenfassung

In dieser empirischen Studie wird die Internationalisierung der deutschen Milchindustrie analysiert. Ausgehend von den veröffentlichten Jahresabschlüssen von 47 Molkereiunternehmen aus den Jahren 2006 bis 2011 werden verschiedene Einflussfaktoren auf die Internationalisierung der Unternehmen untersucht. In einem zweiten Schritt wird der Einfluss von Internationalisierung und weiterer Faktoren auf den Unternehmenserfolg überprüft. Die Ergebnisse werden dann in Bezug zu der Struktur der schleswig-holsteinischen Milchwirtschaft gesetzt.

Schlüsselwörter:

Internationalisierung, Milchindustrie, Genossenschaften, Unternehmenserfolg

1. Einleitung

Die Milchwirtschaft in Schleswig-Holstein steht in einem zunehmenden Wettbewerb um nationale und internationale Marktanteile. Dabei sind die natürlichen Ausgangsvoraussetzungen für diesen Wettbewerb gut. 4862 Milcherzeuger haben im Jahr 2012 die Molkereien in Schleswig-Holstein und den angrenzenden Bundesländern beliefert. Sie hielten im Jahresschnitt 77,3 Kühe (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2012). Auf 3646 der Betriebe wurde im Jahr 2012 die Milchleistungsprüfung durchgeführt. Die kontrollierten Kühe erzielten dabei eine Milchmenge von 8.243 kg (Landeskontrollverband, 2012). Dies entspricht einer Gesamterzeugung von etwa 2,6 Mrd. kg für Schleswig-Holstein. Als Futtergrundlage dienen 371.000 ha Dauergrünland sowie 238.000 ha im Ackerfutterbau, wovon ein Anteil von 76% auf Silomais entfällt (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2012). Auf Grund der guten natürlichen Produktionsbedingungen und der im Vergleich zu den anderen alten Bundesländern großen Struktur der Betriebe gilt Schleswig-Holstein als Gunstregion für die Milcherzeugung. Für die Zukunft kann von einem weiteren Wachstum der Milchmenge ausgegangen werden, eine Potentialstudie im Auf-

trag des Kieler Landwirtschaftsministerium kam zur Prognose von 2,9 bis 3,8 Mrd. kg Milch im Jahr 2020 (Thiele & Richarts, 2009)

Die Molkereiunternehmen in Schleswig-Holstein stehen also vor der Herausforderung eine stetig wachsende Milchmenge zu verarbeiten und zu vermarkten. Auch für die gesamte Bundesrepublik gilt, dass die Milchmengen in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen sind. So stieg die Anlieferungsmenge von 27,0 Mrd. kg im Jahr 2000 auf 29,3 Mrd. kg im Jahr 2011 (MIV, 2012). Die politischen Rahmenbedingungen begünstigen auch in den nächsten Jahren ein weiteres Wachstum. So wurde 2008 beschlossen die Milchquote in den Milchwirtschaftsjahren 2009/10 bis 2013/14 jeweils um 1% zu erhöhen. Mit dem Auslaufen der bestehenden Milchgarantiemengenregelung im Jahr 2015 endet dann der direkte politische Einfluss auf die Steuerung der Milchmengen.

Im Gegensatz zum Angebot wächst der Konsum pro Kopf allenfalls moderat. Dabei ist die Entwicklung in den einzelnen Segmenten des Milchmarkts uneinheitlich, lediglich für Käse konnten in den letzten Jahren konstant Zunahmen verzeichnet werden. (BMELV, 2013). Neben dem pro Kopf Verbrauch bestimmen die Zahl der Konsumenten und ihre Konsumgewohnheiten den Inlandsabsatz von Milchprodukten. Schon seit 2003 nimmt die Bevölkerungszahl in Deutschland ab. Das Statistische Bundesamt prognostiziert einen Rückgang um ca. 2% bis 2020. Dabei verschiebt sich in Zukunft die Altersstruktur in Richtung eines deutlich größeren Anteils der über 60 Jährigen (Statistisches Bundesamt, 2009). Schon heute liegen die Selbstversorgungsgrade für viele Milchprodukte über 100%. Treffen die vorgestellten Annahmen über Die Entwicklung von Angebot und Nachfrage von Milchprodukten ein, wird der Selbstversorgungsgrad mit Milchprodukten weiter steigen. Das bedeutet, dass die zusätzliche erzeugte Milchmenge auf dem Exportmarkt verwertet werden muss. Chancen bietet eine wachsende Weltmarktnachfrage. Diese wurde in den letzten Jahren insbesondere durch die wachsende chinesische Nachfrage nach Milchpulver getrieben (Hellberg-Bahr, Fahlbusch, Brümmer, & Spiller, 2012).

2. Internationalisierung und Unternehmenserfolg in der Milchindustrie

Die Erschließung neuer Märkte ist also von großer Bedeutung für die deutsche Milchindustrie. Eine von Bijman und Westers 1998 an großen europäischen Molkereiunternehmen durchgeführte Studie beschäftigt sich mit der Frage welche Strategien die Unternehmen dabei anwenden. Sie stellen fest, dass ein wesentlicher Einfluss auf die Internationalisierungsstrategie von der Besitzstruktur der Unternehmen ausgeht. Genossenschaftlich organisierte Unternehmen stehen laut den Autoren vor der Herausforderung auch weiterhin die Milchmenge ihrer Eigentümer zu verarbeiten und ausreichend Kapital für ihre internationale Ex-

pansion zu beschaffen. In familiengeführten Unternehmen sowie Kapitalgesellschaften herrschen dagegen Strategien vor die Direktinvestitionen im Ausland beinhalten (Bijman & Westers, 1998). Weitere wichtige Punkte hinsichtlich der Wahl der Internationalisierungsstrategie sind die generelle strategische Ausrichtung des Unternehmens sowie die zugehörige Ressourcenausstattung. Insbesondere ist hier die Rohstoffverfügbarkeit im Heimatland und angrenzenden Gebieten zu nennen. Darüber hinaus entscheidet das Potential des Heimatmarktes über die Wahl der Internationalisierungsstrategie (Guillouzo & Ruffio, 2005). So unterscheiden sich die Internationalisierungsstrategien von Unternehmen die in Ländern mit einem niedrigen Selbstversorgungsgrad wie zum Beispiel Italien beheimatet sind von denen in Ländern mit einem großen Milchangebot. Während für italienische Unternehmen die Rohstoffversorgung aus dem Ausland im Vordergrund steht, verfolgen Unternehmen wie FrieslandCampina oder Arla Marktexpansionsstrategien auf europäischer und weltweiter Ebene. Dabei unterhalten sie neben Vertriebsniederlassungen auch Produktionsstandorte außerhalb ihrer Heimatländer. Im Vergleich zu diesen Unternehmen sind die deutschen Molkereigenossenschaften wenig internationalisiert (Ebneith & Theuvsen, 2006). Obwohl es Anhaltspunkt dafür gibt, dass sich auch für Molkereigenossenschaften eine positive Auswirkung auf den Unternehmenserfolg einstellt (Markus, 2011). In dieser Untersuchung europäischer Molkerei- und Fleischgenossenschaften wurde ein linearer Zusammenhang zwischen Internationalisierung und Erfolg festgestellt. Durch die Beschränkung auf Genossenschaften bzw. Unternehmen die mehrheitlich im Besitz von Landwirten sind, werden privat geführte Unternehmen vernachlässigt. Dabei gilt zumindest für Deutschland, dass ein erheblicher Anteil der Milchmenge in anderen Unternehmensformen verarbeitet wird (Friedrich, 2010). Auch werden nur die größten Unternehmen in ihren jeweiligen Heimatländern berücksichtigt. Während die großen Genossenschaften in Skandinavien und den Niederlanden über 90% des Molkereisektors abbilden, liegt in Deutschland, Frankreich und Italien der Anteil der größten fünf Unternehmen an der nationalen Milchmenge unter 50% (Riemann & Artmeier, 2009).

3. Empirische Analyse der deutschen Milchindustrie

Anhand von Buchführungsdaten aus den Jahren 2006 bis 2011 wird für deutsche Molkereiunternehmen untersucht, welchen Unternehmen es gelingt ihre Produkte auf den Auslandsmärkten abzusetzen und wie erfolgreich sie dabei agieren. Insgesamt werden 47 Unternehmen in die Studie einbezogen. Vier der betrachteten Unternehmen verfügen über Produktionsstandorte in Schleswig-Holstein, zwei weitere Unternehmen decken einen wesentlichen Teil ihres Rohmilchbedarfs im Land. Im Durchschnitt beschäftigten die Unternehmen 632 Mitarbeiter und erzielten einen Umsatz von 397 Millionen Euro. 30% der Umsätze wurden

im Ausland erzielt. Neben 21 Genossenschaftlich organisierten Unternehmen, fließen die Daten von 26 privaten Unternehmen in die Untersuchung ein. Als Genossenschaften werden in diesem Fall auch jene Unternehmen betrachtet, welche das operative Geschäft in eine Kapitalgesellschaft ausgegliedert haben, jedoch weiterhin im Besitz der Milcherzeuger sind.

3.1. Messung von Internationalisierung

Die internationalen Aktivitäten von Unternehmen können viele verschiedenen Formen annehmen die sich hinsichtlich Intensität, Reichweite und dem mit der Internationalisierung verbundenen Risiko unterscheiden. Mit einem relativ niedrigen Ressourcenaufwand verbunden und dementsprechend geringem Risiko sind Aktivitäten wie direkter und indirekter Export, Franchising und die Vergabe von Lizenzen. Weiter fortgeschrittene Internationalisierungsformen wie Joint Ventures und Direktinvestitionen sind dementsprechend mit höherem Aufwand und größeren Risiken verbunden. Insbesondere eindimensionale Messkonzepte, die z.B. ausschließlich den Auslandsumsatz im Verhältnis zum Gesamtumsatz betrachten, sind nicht in der Lage diesen komplexen Sachverhalt zu erfassen. Verschiedene Autoren haben daher multidimensionale Messkonzepte entwickelt. Sobald jedoch mehr als eine Dimension betrachtet wird, stellt sich die Frage nach der angemessenen Gewichtung der einzelnen Dimensionen von Internationalisierung. Zudem steigen mit der Anzahl der Dimensionen die Anforderungen an die verwendeten Daten (Fisch & Oesterle, 2003). Ein Beispiel für ein multidimensionales Konzept ist der transnationality index der UNCTAD. Dieser berücksichtigt neben dem Anteil des Auslandsumsatzes auch den Anteil des im Ausland gebundenen Kapitals und den Anteil der im Ausland beschäftigten Mitarbeiter. Als Index wird dabei der Mittelwert über die drei Verhältnisse gebildet (UNCTAD, 1995). Da Daten zum im Ausland gebundenen Kapital und zu den dort beschäftigten Arbeitnehmern nicht für alle Unternehmen zur Verfügung stehen, wird als Maß der Internationalisierungsgrad (IGRAD) nach Theuvsen und Ebneith (2005) verwendet. Dazu wird für die Unternehmen der Foreign Sales Index (FSI) und der Network Spread Index (NSI) berechnet:

$$FSI = \frac{\text{Umsatz im Ausland}}{\text{Gesamtumsatz des Unternehmens}}$$

und

$$NSI = \frac{n}{n^s} = \text{Network Spread Index}$$

Der NSI trifft eine Aussage über die geografische Ausbreitung der internationalen Aktivitäten eines Unternehmens. Dabei ist n die Anzahl der Länder in denen ein Unternehmen Tochtergesellschaften unterhält und n^* gibt die Anzahl der Länder an in denen die Gründung einer Tochtergesellschaft möglich wäre. Für n^* wird in dieser Untersuchung 193 angenommen, dies sind alle von den Vereinten Nationen anerkannten Staaten. Die Formel für den Internationalisierungsgrad ist dann:

$$\text{IGRAD} = \frac{\text{FSI} + \text{NSI}}{2}$$

3.2. Analyse des Internationalisierungsgrades

Die höchsten Werte für den FSI erreichen die auf Milcheiweißprodukte spezialisierte MGL Lauingen mit 0,95 in den Jahren 2006 und 2007 und die Bezirksmolkerei Ansbach mit 0,91 im Jahr 2010. Eine Genossenschaft die mittlerweile Teil der Omira Gruppe ist und deren Kerngeschäft der Milchversand nach Italien war. Die niedrigsten Werte weisen die Meierei-Genossenschaft Schmalfeld-Hasenmoor, die Molkerei Lamstedt, die Herzgut Landmolkerei, die Hohenloher Molkerei und die Hansa Milch auf. Die drei letztgenannten Unternehmen erzielen den größten Anteil ihrer Umsätze mit Produkten der weißen Linie. Bei Schmalfeld-Hasenmoor und der Molkerei Lamstedt, handelt es sich um kleinere norddeutsche Molkereigenossenschaften deren Schwerpunkt der Versand von Rohmilch bzw. Rahm und Magermilchkonzentrat ist. Während die meisten Unternehmen der deutschen Milchindustrie im Untersuchungszeitraum keine Tochterunternehmen im Ausland unterhielten und somit einen NSI von 0 aufweisen, haben einige in Süddeutschland beheimate Unternehmen insbesondere in Süd- und Osteuropa ein Netz von Vertriebsniederlassungen und Produktionsstandorten aufbaut. Mit deutlichem Abstand führt hier die Molkerei Meggle die im Jahr 2010 in 18 Ländern Tochtergesellschaften besaß. Dies entspricht einem NSI von 0,09. Auf dem zweiten Platz rangiert der Käsespezialist Hochland, mit 8 Ländern bzw. einem NSI von 0,04. Die höchsten Internationalisierungsgrade wurden von den Unternehmen mit den höchsten Auslandsanteilen am Umsatz erreicht. Die Entwicklung von FSI, NSI und Internationalisierungsgrad können Abbildung 1 entnommen werden. Es lassen sich keine signifikanten Veränderungen im Zeitablauf feststellen.

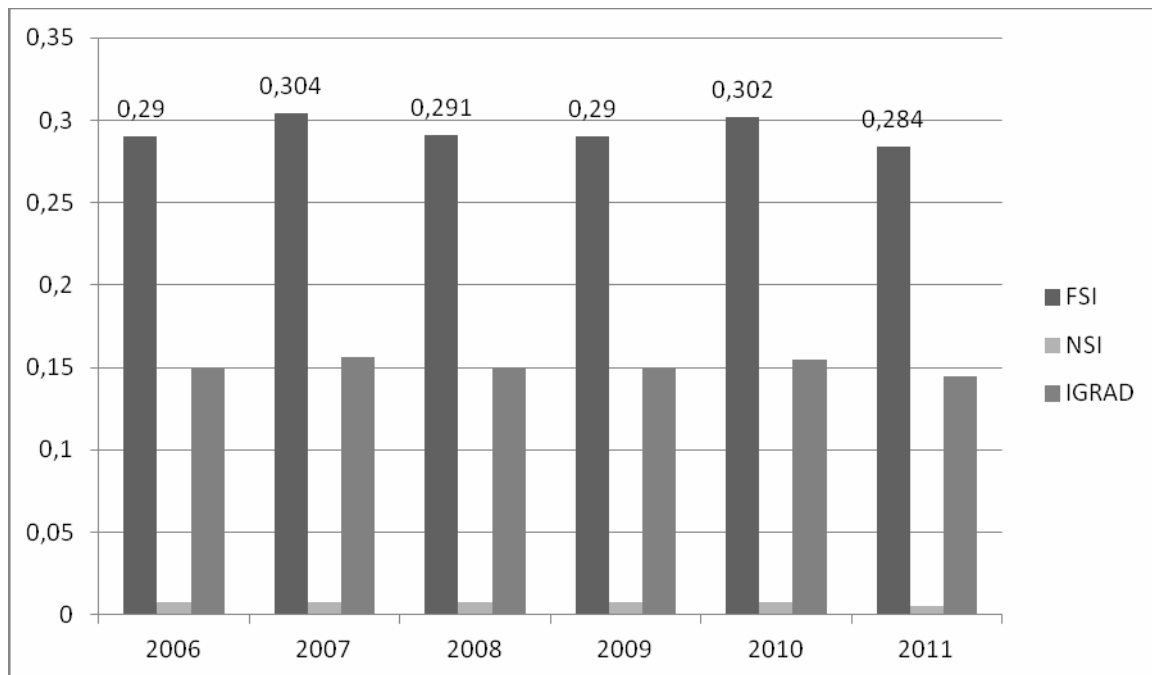


Abbildung 1: Entwicklung der Internationalisierungsmaße

Quelle: Eigene Darstellung

Im Anschluss an die Berechnung der Internationalisierungsgrade werden Einflussfaktoren auf die Internationalisierung untersucht. Ein besonderer Focus liegt hier auf der Rolle von Genossenschaften. Genossenschaften unterscheiden sich in wichtigen Punkten ihrer Organisationsform von Personen- und Kapitalgesellschaften. Die Ursachen für diese Unterschiede sind wesentlich in der Entstehungsgeschichte und den damit verbundenen Zielen der Genossenschaften begründet.

Die Probleme von Genossenschaften können in die drei Kategorien Eigentum, Investitionsanreize und Entscheidungsfindung unterteilt werden. Das Eigentumsproblem ist eng verknüpft mit der Kapitalstruktur von Genossenschaften und der Verteilung der durch die Genossenschaft entstehenden Vorteile. Das Eigenkapital einer Genossenschaft setzt sich aus dem von den Mitgliedern gezeichneten Geschäftsguthaben und den durch das Unternehmen gebildeten Rücklagen zusammen. Wenn neue Mitglieder in die Genossenschaft eintreten, kann so innerhalb der Genossenschaft ein free-rider Problem entstehen. Neue Genossen profitieren in vollem Umfang von den Vorteilen der Genossenschaft und müssen dafür lediglich ihre Geschäftsanteile zeichnen, während die Rücklagen durch die Aktivitäten der bisherigen Mitglieder entstanden sind. Dies bezeichnet man als internes free-riding. Auch außerhalb der Genossenschaft kann es zu free-riding kommen. Wenn zum Beispiel die Genossenschaften im Molke-reisektor ihre Gewinne aus der Milchverarbeitung über den Milchpreis an ihre Mitglieder weitergeben und private Molkereien den gleichen Milchpreis zahlen

müssen um ihre Rohstoffbasis zu sichern, profitieren die Lieferanten der Privatomolkereien indirekt von den Genossenschaften (Van Bekkum, 2001). Die Finanzierung über Rücklagen und Geschäftsguthaben führt zu weiteren Problemen. Da Mitglieder nur solange von durch die Genossenschaft getätigten Investitionen profitieren wie ihre Mitgliedschaft besteht und bei verlassen der Genossenschaft nur ihr Geschäftsguthaben ausgezahlt bekommen, haben insbesondere Mitglieder die kurz vor der Rente stehen nur geringe Anreize langfristige Investitionen mitzutragen. Die finanzielle Ausstattung der Unternehmen berücksichtigen wir über den Anteil des Eigenkapitals am Gesamtkapital der Unternehmen.

Um den Effekt unterschiedlicher Unternehmensstrategien auf Internationalisierung zu untersuchen werden strategische Gruppen gebildet. In der Milchindustrie können die Unternehmen unter anderem hinsichtlich ihres Produktionsprogramms unterschieden werden (Gloy, 1995). Im verwendeten Datensatz liegen für 25 Informationen zu den mit verschiedenen Milchprodukten erzielten Umsätzen vor. In Anlehnung an Gloy werden 6 Oberkategorien gebildet, denen die ausgewiesenen Umsätze mit einzelnen Produkten zugeordnet werden können. Um die Unternehmen zu gruppieren wird eine Clusteranalyse nach dem Ward-Verfahren durchgeführt. Als optimale Lösung können sieben Produktionscluster identifiziert werden. Diese werden nach dem Produktionsschwerpunkt der enthaltenen Unternehmen bezeichnet. Die Cluster Versand, Trockenprodukte, Käse, Eis und Weiße-Linie bestehen aus stark spezialisierten Produzenten, während die Cluster Käse+ und Weiße-Linie+ eher diversifizierte Unternehmen enthalten. Um möglichst viele Beobachtungen für die weiteren Analysen nutzen zu können, werden 11 weitere Unternehmen nachträglich den gefundenen Clustern zugeordnet. Diese Unternehmen geben zwar keine nach Produkten differenzierten Umsätze an, veröffentlichen jedoch die Produktionsmengen einzelner Produkte oder die für bestimmte Produkte verwendete Rohstoffmenge. Häufig wird die Größe von Molkereiunternehmen als entscheidend für ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit genannt. Um den Einfluss der Unternehmensgröße zu berücksichtigen verwenden wir die Umsatzerlöse der Unternehmen. Anhand der vorliegenden Paneldatenstruktur wird ein Random-Effects-Modell geschätzt. So können auch die zeitinvarianten Effekte der Unternehmensform und Produktionsausrichtung im Modell berücksichtigt werden.

3.3. Empirische Analyse des Unternehmenserfolgs

Ein entscheidendes Ziel der Internationalisierung von Molkereiunternehmen ist die Erschließung neuer Absatzmärkte. Dies kann als Reaktion auf die hohe Wettbewerbsintensität auf dem deutschen Markt für Milchprodukte gesehen werden. Während sich der Molkereisektor in einer anhaltenden Konsolidierungsphase befindet, ist diese im Lebensmitteleinzelhandel weitestgehend abge-

schlossen. daher wird in einem zweiten Schritt überprüft, inwiefern sich die Internationalisierung auf den Unternehmenserfolg auswirkt. Eine umfassende Theorie zu diesem Zusammenhang ist das 3 Phasen Model. Im Zuge ihrer Internationalisierung können Unternehmen bis zu drei Phasen durchlaufen (Lu & Beamish, 2004). In der ersten Phase überwiegen die Kosten des Internationalisierungsprozesses die zusätzlichen Erlöse. Ursachen sind mangelnde Erfahrung des Managements mit der neuen Aktivität und Nachteile gegenüber einheimischen Firmen auf Auslandsmärkten (Hymer, 1976). Durch einen Lernprozess im Laufe der voranschreitenden Internationalisierung des Unternehmens können diese Kosten reduziert werden, gleichzeitig können die Unternehmen ihre vorhandenen Ressourcen besser nutzen und so Skalenvorteile erzielen. Dadurch gelangen die Unternehmen in eine zweite Phase in der die Erlöse der Internationalisierung ihre Kosten übersteigen. Zunehmende Internationalisierung führt dann solange zu einem positiven Beitrag zum Unternehmensergebnis, bis die mit ihr verbunden Koordinations- und Transaktionskosten in zunehmend komplexer werdenden Unternehmen die zusätzlichen Erlöse übersteigen. In dieser dritten Phase wirkt sich sehr starke Internationalisierung als negativ auf den Unternehmenserfolg aus.

Um den Erfolg eines Unternehmens zu bestimmen können bilanzorientierte oder kapitalmarktorientierte Kennzahlen herangezogen werden. Da keines der betrachteten Unternehmen börsennotiert ist, beschränkt sich die Auswahl auf bilanzorientierte Kennzahlen. Der Erfolg wird in diesem Fall über das EBIT (Earnings Before Interest and Taxes), also den um Steuern und das Finanzergebnis bereinigten Jahresüberschuss aus der Gewinn- und Verlustrechnung berechnet. Dieses hat gegenüber dem Jahresüberschuss den Vorteil, dass Effekte unterschiedlicher Besteuerung und der Unternehmensfinanzierung nicht mehr zur Geltung kommen. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Unternehmen herzustellen wird das EBIT in Bezug zu Gesamtkapital und Umsatz gesetzt, sodass sich die Gesamtkapitalrendite bzw. Umsatzrendite ergibt. Einen Überblick über die Entwicklung von Umsatz- und Gesamtkapitalrendite gibt Tabelle 2. Als exogene Variable gehen in das Modell der Internationalisierungsgrad, das Quadrat des Internationalisierungsgrads, die dritte Potenz des Internationalisierungsgrads und die Unternehmensgröße ein. Als am besten geeignet erwies sich ein Fixed-Effects-Modell, in dem durch das Einführen von Dummy-Variablen auf den Effekt der betrachteten Wirtschaftsjahre kontrolliert wurde.

Tabelle 2: Erfolgsindikatoren in der Milchindustrie

		2011	2010	2009	2008	2007	2006
Gesamtkapitalrendite	Mittelwert	0,007	0,039	0,047	0,041	0,49	0,033
	Standardabweichung	0,030	0,008	0,008	0,011	0,009	0,007
Umsatzrendite	Mittelwert	0,006	0,016	0,020	0,014	0,016	0,012
	Standardabweichung	0,007	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003

Quelle: eigene Berechnungen

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse für die Analyse der Bestimmungsfaktoren der Internationalisierung finden sich in Tabelle 3. Wie erwartet schneiden Genossenschaften hinsichtlich der Internationalisierung schlechter ab als. Dagegen erweisen sich die an den Umsatzerlösen gemessene Unternehmensgröße und eine hohe Eigenkapitalausstattung als förderlich für den Internationalisierungsprozess. Ein Einfluss des Produktionsprogramms im Vergleich zur Referenzsituation der Molkereien der Weißen Linie kann nicht festgestellt werden. Hier muss auf die zur Verfügung stehenden Daten und einige Besonderheiten der deutschen Milchindustrie hingewiesen werden. In diese Schätzung fließen nur die Informationen von 25 der 47 untersuchten Unternehmen ein. Es ist zu erwarten, dass durch die Einbeziehung von Informationen weiterer Unternehmen die Genauigkeit verbessert werden könnte.

Tabelle 3: Einflussfaktoren auf die Internationalisierung

		Internationalisierungsgrad (n=191)	P-Wert
eG		-0,055*	0,098
Umsatzerlöse ^a		0,025**	0,021
Eigenkapitalanteil		0,059**	0,019
Produktionscluster	Käse+	0,049	0,225
	Weiß-Linie+	0,041	0,451
	Eis	-0,008	0,936
	Trockenprodukte	0,010	0,868
	Versand	0,069	0,253
	Käse	0,026	0,491
R2			0.24
Wald chi2			18.46
*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01			

^a Werte sind logarithmiert

Quelle: eigene Berechnungen

Es mussten neue Verwertungsmöglichkeiten für die vorhandene Milchmenge geschaffen werden. Eine Möglichkeit boten die EU-Osterweiterungen in den Jahren 2004 und 2007. Eine verstärkte Internationalisierung innerhalb der erweiterten EU war die Folge. So unterhielten im Jahr 2010 nur 6 der untersuchten 47 Unternehmen Tochtergesellschaften außerhalb Europas. Es kann vermutet werden, dass sich der EU-Binnenmarkt dämpfend auf den mit Internationalisierung einhergehenden Anstieg von Koordinations- und Kontrollkosten ausgewirkt hat. Zudem liegt der Schwerpunkt der Internationalen Aktivitäten der Molkereien bisher auf dem Export von Milchprodukten, eine mit höherem Koordinationsaufwand verbundene Produktion im Ausland findet nur in wenigen Fällen statt. Trotz der durch die EU-Erweiterung verbesserten Investitionsmöglichkeiten erzielen die Molkereiunternehmen noch 70 % ihres Umsatzes in Deutschland. All dies spricht dafür, dass sich die Milchwirtschaft in der 2. Phase des Internationalisierungsprozesses befindet und es noch keine Anzeichen für eine zu starke Internationalisierung gibt.

Tabelle 4 zeigt die Erfolgswirkung der Internationalisierung. Für beide Erfolgsmaße lässt sich ein U-förmiger Zusammenhang zwischen dem Internationalisierungsgrad und dem Unternehmenserfolg feststellen. Das bedeutet, Molkereigenossenschaften sollten versuchen ihre internationalen Aktivitäten weiter auszubauen. So können fixe Kosten der Internationalisierung auf ein größeres Umsatzvolumen verteilt werden und Skaleneffekte genutzt werden. Die alternativen Hypothesen eines linearen Zusammenhanges bzw. eines S-förmigen Zusammenhanges können für die deutsche Milchindustrie abgelehnt werden. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit der historischen Entwicklung im Molkereisektor. Die Reformen der Gemeinsamen Marktordnung für Milch mit der Absenkung der Interventionspreise für Magermilchpulver und Butter im Zug der Agenda 2000 um 16 % bzw. 25 % senkte die Attraktivität dieser Absatzkanäle für den Molkereisektor deutlich. Es mussten neue Verwertungsmöglichkeiten für die vorhandene Milchmenge geschaffen werden. Eine Möglichkeit boten die EU-Osterweiterungen in den Jahren 2004 und 2007. Eine verstärkte Internationalisierung innerhalb der erweiterten EU war die Folge. So unterhielten im Jahr 2010 nur 6 der untersuchten 47 Unternehmen Tochtergesellschaften außerhalb Europas. Es kann vermutet werden, dass sich der EU-Binnenmarkt dämpfend auf den mit Internationalisierung einhergehenden Anstieg von Koordinations- und Kontrollkosten ausgewirkt hat. Zudem liegt der Schwerpunkt der Internationalen Aktivitäten der Molkereien bisher auf dem Export von Milchprodukten, eine mit höherem Koordinationsaufwand verbundene Produktion im Ausland findet nur in wenigen Fällen statt. Trotz der durch die EU-Erweiterung verbesserten Investitionsmöglichkeiten erzielen die Molkereiunternehmen noch 70 % ihres Umsatzes in Deutschland. All dies spricht dafür, dass sich die Milchwirt-

schaft in der 2. Phase des Internationalisierungsprozesses befindet und es noch keine Anzeichen für eine zu starke Internationalisierung gibt.

Tabelle 4: Erfolgswirkung der Internationalisierung

	Gesamtkapitalrendite (n=246)	P-Wert	Umsatzrendite (n=173)	P-Wert
2011	-0,031*	0,060	-0,007	0,121
2010	-0,008	0,558	-0,000	0,856
2009	0,017	0,194	-0,007*	0,054
2008	0,004	0,763	-0,000	0,866
2007	0,004	0,756	0,000	0,946
Internationalisierungsgrad	-1,487***	0,000	-0,269**	0,014
Internationalisierungsgrad ²	5,489***	0,000	1,002***	0,000
Umsatzerlöse ^a	0,188**	0,027	0,041*	0,078
R2		0,07		0,11
F-Wert		8.89		4,71
*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01				

^a Werte sind logarithmiert

Quelle: eigene Berechnungen

Neben der Internationalisierung konnte auch für die Unternehmensgröße ein positiver Einfluss auf die Internationalisierung festgestellt werden. Für die Gesamtkapitalrendite ist dieser Effekt stärker ausgeprägt als für die Umsatzrendite. Im Vergleich der einzelnen Wirtschaftsjahre mit der Referenzsituation im Jahr 2006 ergibt sich ein auf dem 10 % Niveau signifikanter negativer Effekt des Jahres 2009 auf die Umsatzrendite und für das Jahr 2011 ein negativer Effekt auf die Gesamtkapitalrendite.

Für Schleswig-Holstein lässt sich aus diesen Ergebnissen folgern, dass die Möglichkeit einer weiteren Konsolidierung der Molkereien überprüft werden sollte. Denn die Milchindustrie in Schleswig-Holstein weist heute eine sehr heterogene Struktur auf. Auf der einen Seite gibt es große (multi-)nationale Unternehmen, die durch ihre Größe in der Lage sind die nötigen Ressourcen aufzubringen um Exportmärkte erfolgreich zu bearbeiten. Andererseits wird ein großer Teil der Milch noch von kleinen und mittleren Unternehmen erfasst. Während die deutschen Molkereien im Durchschnitt einen Umsatz von 397 Mio. € erzielen, liegt dieser für die Schleswig-Holsteinischen Unternehmen ohne die überregionale Genossenschaft DMK bei 72 Mio. €. Dabei gilt es innovative Antworten auf die Probleme klassischer Genossenschaften zu finden. Dies betrifft zum einen die Finanzierung von mit höherem Risiko verbundenen Investitionen im Ausland, zum anderen die Mitwirkung der Genossenschaftsmitglieder an der langfristigen Unternehmensstrategie.

5. Zusammenfassung

Der zunehmende Wettbewerb auf dem Milchmarkt stellt für die schleswig-holsteinische Milchwirtschaft eine große Herausforderung dar. Treffen die Prognosen zum Wachstum der Milcherzeugung ein, müssen mindestens 1,3 Milliarden kg mehr Milch vermarktet werden als bisher. Aufgrund der erwarteten Entwicklung im Verbrauch wird der größte Teil dieser Mengen exportiert werden müssen. Neben dem Größenwachstum der Verarbeitungsunternehmen kann die Internationalisierung einen Beitrag zur Steigerung des Unternehmenserfolges leisten. Auch die strategische Ausrichtung der Produktion muss vor dem Hintergrund eines erhöhten Internationalisierungsbedarfs erfolgen. Bisher konnte mit verschiedenen Strategien eine erfolgreiche Internationalisierung betrieben werden. Zukünftig wird es darauf ankommen, die Produktion so auszurichten, dass sich bietende Chancen auf den Exportmärkten flexibel genutzt werden können. Eine tiefere Analyse der verschiedenen Unternehmensstrategien könnte hier wertvolle Hinweise liefern.

Literatur

- Bijman, W., & Westers, G. (1998). *Internationalisering van de Europese Zuivelindustrie*. Den Haag: Landbouw-Economisch Instituut.
- BMELV. (2013). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten 2012*. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- Ebneth, O., & Theuvsen, L. (2006). Internationalization and cooperate Success- Empirical Evidence from the European Dairy Sector. In O. Ebneth, *Internationalisierung und Unternehmenserfolg börsennotierter Braukonzerne* (S. 327-337). Göttingen.
- Fisch, J. H., & Oesterle, M.-J. (2003). Exploring the Globalisation of German MNCs with the Complex Spread and Diversity Measure. *Schmalenbach Business Review*, Vol. 55, S. 2-21.
- Friedrich, C. (2010). *Milchverarbeitung und -vermarktung in Deutschland - eine deskriptive Analyse der Wertschöpfungskette*. Braunschweig.
- Gloy, D. (1995). *Wettbewerbs- und Unternehmensentwicklungsstrategien in der europäischen Molkereiwirtschaft*. Aachen: Shaker.
- Guillouzo, R., & Ruffio, P. (2005). Internationalisation of European dairy co-operatives. *International Journal of Co-operative Management* Vol.2 Nr. 2, S. 25-32.

- Hellberg-Bahr, A., Fahlbusch, M., Brümmer, B., & Spiller, A. (2012). Der markt für Milch und Milcherzeugnisse. *German Journal of Agricultural Economics* 61, Supplement, *Die landwirtschaftlichen märkte an der Jahreswende 2011/12*, S. 41-59.
- Hymer, S. .. (1976). *A study of direct foreign investment*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Landeskontrollverband. (2012). *Jahresbericht 2011*. Kiel.
- Lu, J. W., & Beamish, P. W. (2004). International Diversification and Firm Performance: The S-Curve Hypothesis. *Academy of Management Journal*, Vol. 47 No.4, S. 598-609.
- Markus, C. (2011). *Internationalisierung und Unternehmenserfolg in der genossenschaftlichen Molkerei- und Fleischwirtschaft*. Von www.agi-genoforschung.de/files/beitrag_makus_nwt_2011.pdf abgerufen
- MIV. (2012). *Beilage zum Geschäftsbericht 2011/2012*. Berlin.
- Riemann, M., & Artmeier, M. (2009). Die deutsche molkereibranche im Strukturwandel: Ausgangslage und strategische Optionen. *Deutsche Molkerei Zeitung* 17/2009, S. 22-24.
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2012). *Die Rinderbestände und Rinderhaltungen in Hamburg und Schleswig-Holstein am 3 Mai 2012*. Hamburg.
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2012). *Landwirtschaftliche Bodennutzung in Schleswig-Holstein 2012*. Hamburg.
- Statistisches Bundesamt. (2009). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060- 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Wiesbaden.
- Theuvsen, L., & Ebneith, O. (2005). Internationalization of Cooperatives in the Agribusiness - Concepts of Measurement and their Application. In T. Theurl, & E. C. Meyer, *Strategies for Cooperation* (S. 395-419). Aachen.
- Thiele, H., & Richarts, E. (2009). *Milcherzeugungspotential in Schleswig-Holstein*. Kiel.
- UNCTAD. (1995). *World Investment Report*. New York: UN.
- Van Bakkum, O.-F. (2001). *Cooperative Models and Farm policy Reform*. Assen: Van Gorcum.

Wirtschaftliche Steuerung von Biogasbetrieben

H.-H. Sundermeier*, O. Nielsen, A. Otte, J. Steffens und J. A. Reiter

*Institut für Agrarökonomie bzw.
Landwirtschaftlicher Buchführungsverband, Kiel

1 Einführung

Die EEG-Novellierungen 2004 und 2009 bewirkten bundesweit einen Investitionsboom für Biogasanlagen. Die über eine lange Zeitspanne staatlich garantierten Einspeisevergütungen lassen auf ein wirtschaftlich attraktives Geschäftsfeld mit hoher Investitionssicherheit schließen; die große Bandbreite des Wirtschaftserfolgs von Biogasbetrieben zeigt jedoch, dass ein dauerhaft rentabler Betrieb einer Biogasanlage eine unterbrechungsfreie technische Überwachung (Monitoring) einerseits und wirtschaftliche Feinsteuerung (Controlling) andererseits erfordert. Bei niedrigen Agrarpreisen ist der Substratpflanzenanbau für die Biogasproduktion mit anschließender Verstromung vielen Anbaualternativen wirtschaftlich überlegen. Steigen die landwirtschaftlichen Erzeugerpreise, verteuert sich durch den Wettbewerb um die Flächen die Produktion von Substratpflanzen: Die wirtschaftliche Steuerung von Biogasbetrieben wird zu einer anspruchsvollen Managementaufgabe.

Die folgenden Ausführungen umreißen die Ergebnisse von drei Studien aus dem Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität sowie einer Machbarkeitsstudie für den Landwirtschaftlichen Buchführungsverband. Sie beschreiben Lösungsbausteine für ein produktionswirtschaftlichen Biogas-Controlling-Konzept: a) ein Buchführungssystem, das auf die spezifischen Anforderungen von Biogasbetrieben ausgerichtet ist (Nielsen, 2008), b) einen Betriebsvergleich, der auf dem Buchführungssystem aufbaut (Nielsen, 2010), c) eine strukturierte Zusammenstellung für Substrat-Lieferverträge (Vertragsmanagement; Reiter, 2009), und d) ein Optimal-Planungsmodell, das mit Methoden mathematischer Entscheidungsvorbereitung (hier: gemischt-ganzzahlige, mehrperiodige Lineare Programmierung) die optimale Steuerung von Biogasbetrieben unterstützt (beispielhaft für den Rechtsrahmen des EEG 2009; Otte, 2012, und Steffens, 2012).

2 Standardisierung der Finanzbuchführung in einer „Branchenlösung“

Gewerbliche Systeme für die Finanzbuchführung basieren in der Regel auf branchenneutralen Kontenrahmen, die den Buchungsstoff nach allgemeinen gesetzlichen Erfordernissen zur Rechnungslegung abstrakt kategorisieren. Branchenlösungen für die Finanzbuchführung stellen zusätzlich die Konten bereit, die man für die Wiedererkennung der jeweils typischen Wirtschaftsgüter des Anlage- und Umlaufvermögens, der spezifischen Güterströme sowie betriebsrelevanten Erträge und Aufwendungen benötigt. Diese branchenspezifische Kontendifferenzierung („Kontenrahmenergänzung Biogas“, Nielsen 2008) ist gleichzeitig auch die Grundlage für ein differenziertes Berichtswesen, d. h. die Schlüsselfaktoren für den Wirtschaftserfolg können im Detail ausgewiesen bzw. hervorgehoben werden (s. Abbildung 1).

29098/11113/2009 Peter Möller Biogas GmbH & Co. KG		Kanzlei-Rechnungswesen Jahresübersicht (Monatswerte) [SKR 4 BWA-Nr. 10 BWA-Form St				
Bezeichnung	Jan/2009	Feb/2009	Mrz/2009	Apr/2009	Mai/2009	Jun/2009
Stromerlöse (4401)	58.159,66	57.158,82	58.238,66	58.104,20	58.539,50	58.463,87
KWK-Bonus (4402)	2.852,40	2.888,20	1.920,80	701,00	408,80	93,80
Formaldehydbonus (4406)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wärme (4404)	4.917,65	5.249,58	3.311,76	1.208,40	705,04	162,18
Gärrest (4305, 4306)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gas (4407)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dienstleistungen (4408)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Substrate (4309)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonstige Erlöse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UMSATZERLÖSE	65.929,71	65.296,60	63.471,22	60.013,60	59.653,34	58.719,85
BV FE/UE, akt Eigenl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GESAMTLEISTUNG	65.929,71	65.296,60	63.471,22	60.013,60	59.653,34	58.719,85
Substratverbrauch (5881-5894)	28.559,56	27.572,40	28.593,60	28.559,56	27.572,40	28.253,20
Sonst. Mat.verbrauch	58,34	183,44	285,00	48,34	289,45	390,45
RHB insgesamt	28.617,90	27.755,84	28.878,60	28.607,90	27.861,85	28.643,65
ROHERTRAG	37.311,81	37.540,76	34.592,62	31.405,70	31.791,49	30.076,20
So. betr. Erlöse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BETRIEBL. ROHERTRAG	37.311,81	37.540,76	34.592,62	31.405,70	31.791,49	30.076,20

Abbildung 1: Kurzfristige Erfolgsrechnung f. Biogasbetriebe (Muster); nach Nielsen (2008)

Die Entwicklung orientierte sich zwar an den Vorstellungen des DLG-Standards (Jochimsen 2006); besondere Priorität hatten jedoch Einfachheit und Praktikabilität bei den Buchführungsabläufen. Inzwischen liegen auch weitere Lösungsvorschläge der Softwarehäuser für landwirtschaftliche Buchführungssysteme vor, die teils in die Betriebszweigauswertung nach dem DLG-Auswertungsschema münden,

Gewerbliche Buchführungssysteme bieten normalerweise keine parallele Mengenbuchführung, wie wir sie aus dem landwirtschaftlichen Rechnungswesen

sen kennen. Das Finanzbuchführungssystem der DATEV eG kann jedoch betriebliche Kennzahlen (in geringer Anzahl) für betriebswirtschaftliche Auswertungszwecke berücksichtigen: Mit der vorhandenen Aufzeichnungslogik („statistische Konten“, SKR04-Konten 9100ff) kann man in der Finanzbuchführung mengenmäßige Schlüsselgrößen „buchen“ (z. B. kWh eingespeist, kWh verbraucht, begünstigte Wärme, Substratverbrauch, Betriebszeit BHKW, etc.), die die produktionswirtschaftlichen Eckdaten eines Biogasbetriebs grob dokumentieren können.

Diese Kontenbereiche werden in der gewerblichen Buchungspraxis äußerst selten genutzt; die sichere Handhabung unterstützt daher ein Hilfsbeleg, über den die produktionstechnischen Daten in die Finanzbuchführung einfließen. Voraussetzung hierfür ist die Mitwirkung der Betriebsleiter von Biogasbetrieben, die lediglich die ohnehin notwendigen Mengenaufzeichnungen (z. B. für den Substrateinsatz) auf monatliche Angaben verdichten und in den Hilfsbeleg übertragen müssen.

Sind die Geschäftsvorfälle beim Betrieb der Biogasanlage korrekt gebucht – nach Möglichkeit mit den wenigen produktionstechnischen Angaben – lässt sich der „branchentypische“ Informationsbedarf durch ein maßgeschneidertes Berichtswesen auf einfache Weise befriedigen. Hierfür wurden die Konfigurationsmöglichkeiten für betriebswirtschaftliche Auswertungen (BWA) des Systems Kanzlei-Rechnungswesen Pro der Datev eG genutzt. Der „SHBB-Biogas-Report“ (die SHBB-Steuerberatungsgesellschaft mbH ist eine Tochtergesellschaft des Landwirtschaftlichen Buchführungsverbandes) ist als Anpassung der kurzfristigen Erfolgsrechnung mit den differenzierten Erfolgsquellen deutlich aussagekräftiger als eine Standard-BWA, die vornehmlich auf Handelsbetriebe ausgerichtet ist. Als maßgeschneiderte Auswertung entwickelt sie ähnlich der kurzfristigen Erfolgsrechnung in der BWA auf der ersten Seite die Kennzahlen der Erfolgsentstehung bis zum vorläufigen Ergebnis

Dieses Aufzeichnungssystem ersetzt nicht produktionstechnische Meß-, Überwachungs- und Regelsysteme, die für die laufende Optimierung der Prozessbiologie (Monitoring) im Einsatz sind. Es kann jedoch – etwa bei einem Betriebsvergleich – anhand der Leistungs-Eckdaten eine erste Ursachenanalyse der Erfolgsunterschiede erleichtern.

Wurden die produktionstechnischen Größen mit dem Hilfsbeleg erhoben, schließen sich einige Spitzenkennzahlen an, die im Wesentlichen die erzeugte Energie und die BHKW-Laufzeit als Schlüsselgrößen beinhalten. Bereits hiermit sind wichtige Rückschlüsse auf den technischen Betrieb der Anlage möglich.

Eine weitere Besonderheit bietet der sogenannte „SHBB-Vorrätebericht“: Liegen Aufzeichnungen über den Anfangsbestand und die verbrauchten Mengen an Biomasse vor (in Norddeutschland zumeist Maissilage), lässt sich anhand einer „Lagerbuchführung“ leicht ermitteln, welche Substratmengen bis zur neu-

en Ernte noch zur Verfügung stehen. In Extrem-jahren (besonders niedrige bzw. hohe Erntemengen an Biomasse) erhält man so frühzeitig einen Hinweis über zusätzliche Bedarfsmengen bzw. über veräußerbare Substratüberschüsse.

Eine zusammenfassende Darstellung des Rechnungswesens für Biogasbetriebe zeigt Abbildung 2.



Abbildung 2: SHBB-Rechnungswesen für Biogasbetriebe im Überblick (Quelle: Nielsen 2010)

3 Betriebsvergleich

Das oben skizzierte Buchführungssystem wird seit 2009 vielfach in der Buchführungspraxis eingesetzt und hat sich bewährt. Die standardisierte Buchführung ist eine ideale Voraussetzung für die Erstellung eines Betriebsvergleichs für Biogasbetriebe. Ohne weitere Überleitungsrechnungen kann man die Buchführungsdaten überbetrieblich auswerten und für Benchmarkingzwecke aufbereiten, sofern die Betriebsinhaber einer Datennutzung zustimmen.

Anders als in der Landwirtschaft war in der Vergangenheit eine gewisse Reserviertheit zu verzeichnen, die eigenen Daten von Biogasbetrieben in einen Betriebsvergleich einfließen zu lassen – bzw. die Daten wurden nur in Spezialberatungsringen aufbereitet. Das Interesse an Vergleichszahlen ist groß – die Abneigung gegenüber einer Datenbereitstellung allerdings auch!

Gestiegene Preise für Agrarprodukte verteuerten in letzter Zeit die Rohstoffbeschaffung für die Biogasbetriebe und verminderten vielfach die Erfolgsaussichten. Aktuell scheint das Interesse an Betriebsvergleichen für Biogasbetriebe zuzunehmen. Ein entsprechendes Auswertungsverfahren für Buchführungen, die die SHBB-Branchenlösung Biogas benutzen wurde daher installiert und hat den Probebetrieb – zunächst für die Auswertung der Wirtschaftssperiode 2011 - aufgenommen. Die ersten Ergebnisse zeigen große Schwankungen beim Wirtschaftserfolg.

Peter Muster

Verzeichnis Substratanbau- und -lieferverträge (Entwurf) *

Zeitraum: 01.2009 bis 12.2009

Vertragsbindung			Kündigung	Vertrags-Objekt	Masse / Fläche		Grundpreis		Preis Anpassungsklausel		Gärrestabnahme	
Nr.	Art	Partner			t	ha t/ha(RM)	€t FM (netto)	Refer.-kultur	IV	€t (netto)	%SM	%AF
		Beginn VIV	E ZP	Substrat	min. M.	max. M.	%TS	MJNEL/kg	d/ha	€/dt		
		Ablauf	Frst	Lieferbed.								
1	AV	2007 1 J.	2016	Mais		22,10		36,50	Weizen	1 J.		
		2016	1 J. frei SP		19,89	24,31	31-35		92	15,50		85
2	AV	2008 1 J.	2015	Mais		26,85		37,00		1 J.		
		2015	2 J. frei SP		24,17	29,54	32-35					85
3	AV	2008 1 J.	2015	Mais		45,24		37,00	Weizen	1 J.		
		2015	1 J. frei SP		40,72	49,76	31-35		83	14,00		75
4	AV	2007 1 J.	2013	Mais		14,25		35,00		1 J.		
		2013	2 J. frei SP		12,83	15,68	31-35	6,2-6,5				60
5	AV	2007 1 J.	2012	Mais		16,12	32,50	38,00	Weizen	1 J.		
		2012	2 J. frei SP		14,51	17,73	33-35		95	15,00		110
6	AV	2007 1 J.	2012	Mais		14,65	33,50	37,00		1 J.		
		2012	1 J. frei SP		13,19	16,12	33-35					110
7	AV	2007 1 J.	2012	Mais		6,78	32,60	36,00		1 J.		
		2012	1 J. frei SP		6,10	7,46	32-35					110

Abbildung 3: Verzeichnis über Substratlieferverträge (Muster); Quelle: Reiter (2009)

4 Verzeichnis über Substrat-Lieferverträge

Biogasanlagen laufen insbesondere dann mit hohem technischen Wirkungsgrad, wenn sie bedarfsgerecht mit gleichbleibenden Mengen und hohen Qualitäten an Biomasse „gefüttert“ werden. Verfügt der Betreiber selbst über die notwendigen Flächen zur Erzeugung dieser Bio-masse, so ist eine „punktgenaue“ Produktion der optimalen Menge bereits eine große Herausforderung für das Management. Schwankende Mengen und unterschiedliche Qualitäten – resultierend aus wechselnden Bodenqualitäten, Wachstums-, Witterungs- und Erntebedingungen – dürften jedoch die Regelsituation darstellen.

Ungleich schwerer wird diese Mengensteuerung, wenn die Substratversorgung über Anbau- oder Lieferverträge mit Dritten sichergestellt werden muss. Um auch bei komplexen Verhältnissen die Übersicht zu behalten, wurde in einer Machbarkeitsstudie (Reiter 2009) der Prototyp für ein strukturiertes Verzeichnis von Substratlieferverträgen entworfen, das einen schnellen Überblick über die wirtschaftlichen Eckdaten der Lieferbeziehungen gestattet. Die

zusammenfassende Darstellung wesentlicher Vertragsdaten (Vertragspartner, Laufzeit, Kündigungsfrist, Liefermengen oder Anbauflächen) lässt eine schnelle und sichere Einschätzung zu, ob Versorgungssicherheit für die nächste Planungszeitspanne gegeben ist, oder ob Handlungsbedarf für den Abschluss neuer Verträge besteht.

Softwaresysteme zur Unterstützung des Vertragsmanagements sind in der Landwirtschaft bisher nicht bekannt geworden, eine zunehmende Befassung mit diesem neuen Gebiet des Rechnungswesens scheint bevorzustehen (Reiter und Sundermeier 2013).

5 Optimalplanung für Biogasbetriebe

Schwankende Versorgungslagen, Preise und Qualitäten von Substrate, zeitlich differenzierte Absatzmöglichkeiten für Gärrest und knappere Margen ergeben eine Planungssituation, die insbesondere bei kurzfristigen Änderungen schwer zu überschauen ist. In dieser Situation wünscht man sich eine Planungs- und Entscheidungshilfe, die die wichtigsten wirtschaftlichen, technischen und biologischen Parameter des Biogasbetriebs in ihrem Zusammenspiel und den Aktionsraum der Betriebsführung wirklichkeitsnah abbildet und mit mathematischen Methoden eine wirtschaftlich optimale Fütterungs- und Betriebsführungsstrategie ermittelt. Nach unserer Auffassung sollte eine Planungshilfe für den laufenden Betrieb einer Biogasanlage insbesondere den mengenmäßigen Einsatz und die zeitliche Allokation der Substrate, die optimale Stromerzeugung des BHKWs unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Gegebenheiten und Lagerkapazitäten adressieren. Planungsprobleme mit diesen Eigenschaften hat man in der Vergangenheit vielfach mit der Methode der Linearen Programmierung erfolgreich bearbeitet.

In zwei Masterarbeiten aus dem Institut für Agrarökonomie (Otte, 2012, und Steffens, 2012) ist ein Planungsmodell basierend auf mehrperiodiger gemischt-ganzzahliger Programmierung entwickelt und verprobt worden. Dieses neue Planungsinstrument für Biogasbetriebe – ähnliche auf Methoden der Unternehmensforschung beruhende Ansätze für die operative Optimalplanung von Biogasbetrieben sind bisher nicht publiziert worden - ermittelt u. a. den zeitlich optimalen Einsatz vorhandener Substratvorräte, berücksichtigt die technischen Restriktionen von Biogasanlage, Fermenter und Wärmenutzung (BHKW, Fermenter, Nachgärer, Endlager), prozessbiologische Restriktionen (z. B. Raumbelastung, Verweilzeit, Viskosität), Substrateigenschaften (oTS-Menge und Biogaspotential, TS-Gehalt nach der Vergärung, Gasproduktion im Zeitverlauf), den saisonalen Eigenstrom- und Eigenwärmebedarf sowie monatlich differenzierbare Preisangaben für zukaufbare Substrate und absetzbare Produkte (Wärme, Gärreste, überschüssige Substratvorräte).

Umfangreiche Szenario-Testrechnungen belegen die Reagibilität des Planungsmodells und zeigen, wie die Betreiber von Biogasanlagen von der neu entwickelten Entscheidungshilfe profitieren könnten; besonders interessant ist z. B. die anzustrebende Arbeitsausnutzung des BHKWs bei Missernten: Im Gegensatz zu der in der Praxis weit verbreiteten Meinung sollte man das BHKW bei steigenden Substratpreisen in seiner Laufzeit drosseln. Die Optimierungsrechnungen quantifizieren nicht nur den kostenminimalen Substratmix im Zeitablauf sondern auch Zeitraum und Ausmaß einer etwaigen Drosselung.

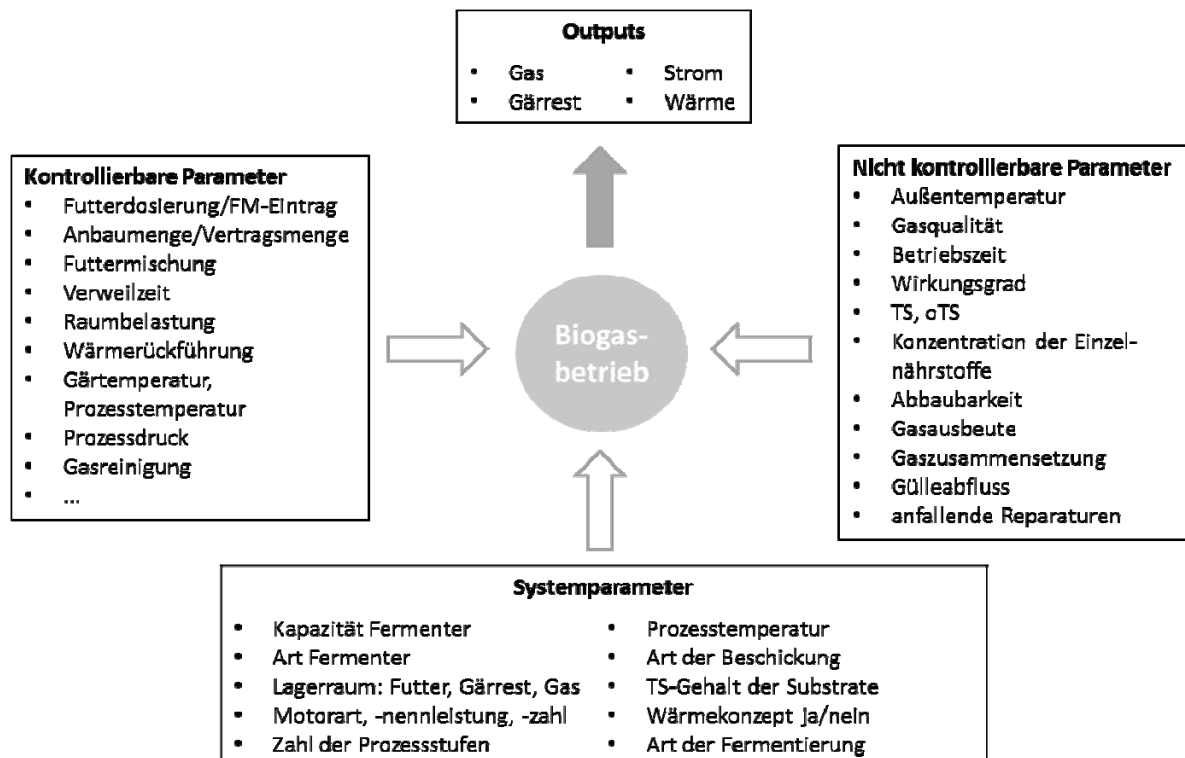


Abbildung 4: Systemmodell Biogasbetrieb (vereinfacht) – in Anlehnung an Nielsen (2008)

6 Fazit

Standardisierte Kontierungs- und Auswertungssysteme für wirtschaftlich ähnlich gelagerte Unternehmen („Branchenlösungen“) sind ein sinnvoller Weg, bereits in der Buchführung die Grundlagen für Auswertungsmöglichkeiten mit hohem Informationsgehalt zu schaffen. Der SHBB-Biogas-Standard ist ein Beispiel für das Zusammenwirken der wichtigsten Bausteine:

- Eine Kontenrahmengergänzung differenziert die benötigten Konten in einheitlicher Weise für die typischen Wirtschaftsgüter und Geschäftsvorfälle der Gruppe („Branche“),
- wenige grundlegende produktionstechnische Kennzahlen können die betriebswirtschaftlich bedeutsamen Mengen- und Güterströme abbilden, ohne dass ein Warenwirtschaftssystem nötig wird,
- das gefächerte Kontenangebot befriedigt spezifische Auswertungswünsche („SHBB-Biogas-Report“, „SHBB-Vorrätebericht“) für die kurzfristige Erfolgsrechnung,
- die einheitliche Kontierung erlaubt einen methodisch einfachen Betriebsvergleich und damit eine sichere Bestimmung der einzelbetrieblichen Wettbewerbsposition,
- ein strukturiertes Verzeichnis der Substrat-Lieferverträge kann das Vertragsmanagement zur Sicherstellung der Biomasseversorgung unterstützen.

Standardisierte Auswertungen mit hohem spezifischem Informationsangebot erleichtern die Betriebs- als auch Unternehmensführung und eröffnen gleichzeitig Möglichkeiten für ein wirtschaftlich attraktives Beratungsangebot. Auch nicht unmittelbar an der Unternehmensführung Beteiligte, die ein großes Interesse an den wirtschaftlichen Verhältnissen eines Biogasbetriebs haben (z. B. Mitunternehmer, Gesellschafter, Finanzinstitute), erhalten Auswertungen mit hohem Informationsgehalt.

Die prototypische Entwicklung eines mehrperiodigen gemischt-ganzzahligen LP-Planungsansatzes für einen Biogasbetrieb konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Umfangreiche Szenariokalkulationen haben die Reagibilität des Ansatzes ausgelotet und zu theoretisch nachvollziehbaren Ergebnissen geführt. Eine leicht interpretierbare Ergebnisaufbereitung ist wichtig für Akzeptanz beim Endanwender. Zur abschließenden Validierung des Modells ist eine weitere Verprobung in geeigneten Praxis-Betrieben notwendig.

7 Literatur

- Jochimsen, Halvor (2006): Betriebszweigabrechnung für Biogasanlagen, DLG-Verlag, Frankfurt
- Nielsen, Olaf (2008): Rechnungswesen und Controlling für Biogasbetriebe, Masterarbeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie
- Nielsen, Olaf (2008a): Rechnungswesen und Controlling für Biogasbetriebe, in: Landwirtschaftlicher Buchführungsverband (Hrsg.): Kurzauswertung Heft 54 – Wirtschaftsergebnisse 2007/08, Kiel, S. 55-63
- Nielsen, Olaf (2010): Controlling für Biogasbetriebe: Branchenlösung wurde weiterentwickelt; in: Landwirtschaftlicher Buchführungsverband (Hrsg.): Kurzauswertung Heft 56 – Wirtschaftsergebnisse 2009/10, Kiel, S. 57-64

- Otte, Andreas (2012): Matrizengenerierung für eine LP-gestützte operative Optimalplanung von Biogasbetrieben (Prototyp), Masterarbeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie
- Reiter, Jan Arne (2009): Verzeichnis der Substratanbau- und –lieferverträge von Biogasanlagen, Machbarkeitsstudie, Treurat und Partner Unternehmensberatungsgesellschaft mbH, Kiel
- Reiter, Jan Arne und Hans-Hennig Sundermeier (2013): Integration des Vertragsmanagements in das landwirtschaftliche Rechnungswesen; Vortrag auf der GIL-Jahrestagung 2013 in Potsdam (im Druck)
- Steffens, Johannes (2012): Ergebnisaufbereitung und Szenarienkalkulation für eine LP-gestützte operative Optimalplanung von Biogasbetrieben (Prototyp), Masterarbeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie

Wie wirkt sich das Greening der Direktzahlungen in den Betrieben aus?

Uwe Latacz-Lohmann und Norbert Schulz

Institut für Agrarökonomie

1. Einleitung

Dass das Greening kommen wird, daran zweifelt kaum noch jemand. Gestritten wird nur noch über die Details, und hier haben sich die Politiker im letzten Jahr mit immer neuen Vorschlägen überschlagen. In Schleswig-Holstein ist vor allem eine Gruppe von Betrieben betroffen: die intensiven Milchviehbetriebe auf der Geest. Denn die bauen auf ihrer knappen und teuren Ackerfläche Mais nach Mais - und sonst nichts. Das soll so in Zukunft nicht mehr gehen, wenn es nach dem Willen der EU-Kommission geht. Dieser Beitrag untersucht, ob das Greening für die intensiven Milchviehbetriebe eine kostenwirksame Verpflichtung ist oder alles nur halb so wild ist.

2. Greening-Auflagen

Es sollen mindestens drei Früchte angebaut werden. Jede einzelne Frucht muss mindestens 5% der Ackerfläche einnehmen, darf aber andererseits 70% nicht überschreiten. Außerdem sollen Landwirte 7% ihrer Ackerfläche als „ökologische Vorrangflächen“ zur Verfügung stellen. Vorhandene Knickflächen, Randstreifen, Hecken etc. können angerechnet werden. „Flächenstilllegung“ nennen das die meisten Landwirte, obwohl Agrarkommissar Ciolos stets betont, dass es sich eben nicht um Flächenstilllegung handele. Hinzu kommt ein einzelbetriebliches Grünlandumbruchverbot ab 2014 mit einem Puffer von 5%, das heißt, 5% Abnahme betriebsbezogen sind tolerabel. Wer sich an diese Grundregeln nicht hält, dem droht der Verlust oder zumindest die Kürzung der sogenannten Greening-Prämie (30% der Direktzahlungen). Ob bei Nicht-Einhaltung der Greening-Auflagen auch die Grundprämie (70% der Direktzahlungen) in Gefahr ist, ist noch nicht abschließend geklärt. Vom Greening ausgenommen sind Ökobetriebe. Betriebe mit weniger als 15 ha sollen nach dem aktuellen Diskussionsstand ebenfalls komplett vom Greening befreit werden. Für schleswig-holsteinische Milchviehbetriebe ist folgender Vorschlag interessant: Betriebe mit mindestens 50% Grünland sollen von der Auflage, mindestens drei Früchte anzubauen, befreit werden.

3. Der Beispielbetrieb

Wir haben für einen typischen Milchviehbetrieb auf der Geest die einzelbetrieblichen Auswirkungen des Greenings untersucht: Wie hoch ist der jährliche Einkommensverlust durch die Einhaltung der Greening-Auflagen? Und: Lohnt es sich vielleicht, auf das Greening und somit auf einen Teil der Direktzahlungen zu verzichten?

Unser Milchviehbetrieb wirtschaftet hält 120 Kühe im Boxenlaufstall und bewirtschaftet 119 ha Fläche, davon 65 ha Ackerland auf leichten Böden. Ein Betrieb, wie er für die Milcherzeugung auf der Geest typisch ist. Das Problem: Wegen der Flächenknappheit (für Neupachten werden nicht selten 800 €/ha gezahlt) baut der Betrieb auf den Ackerflächen ausschließlich Mais an. Damit verletzt er die Greening-Bedingung, mindestens drei Früchte anzubauen. Zusätzlich zur erforderlichen Fruchtfolgeerweiterung müsste der Betrieb 4% seiner Ackerfläche in ökologische Vorrangflächen überführen. Die fehlenden 3% erbringt er bereits durch Knicks, die auf die 7% ökologische Vorrangflächen angerechnet werden.

4. Anpassungsmöglichkeiten

In unserem Beispielbetrieb entsteht durch das Greening eine Futterlücke, denn der Maisanbau muss zur Aufnahme zweier weiterer Früchte und zur Integration der ökologischen Vorrangflächen eingeschränkt werden. Mais kann nur noch auf 70% der Ackerfläche (45,5 ha) angebaut werden. Auf den verbleibenden 30% der Ackerfläche würde dann Roggen-Ganzpflanzensilage (13,65 ha) sowie Ackergras (3,25 ha) angebaut werden, letzteres aber nur auf 5% der Ackerfläche, gemäß Greening-Vorgabe. 2,6 ha (= 4% der Ackerfläche) werden als ökologische Vorrangflächen aus der Produktion genommen und jährlich einmal gemulcht. Zur Schließung der Futterlücke kommen zwei Alternativen in Frage: Erstens der Zukauf von Maissilage. Rechnerisch sind das ca. 387 t Frischsubstanz (FS) Mais zum aktuellen Preis von 42 €/t FS frei Hof. Damit ließe sich das Leistungsniveau der Herde halten. Zweitens die Eigenerzeugung des fehlenden Futters auf neu zugepachteten Ackerflächen. Natürlich müssten die Greening-Auflagen auch auf den Zupachtflächen eingehalten werden, so dass Mono-Mais auch hier nicht möglich wäre. Angesichts der hohen Pachtpreise haben wir in den folgenden Berechnungen die Zupacht nicht mehr berücksichtigt. Eine Reduzierung des Viehbestandes (als Alternative zur Ersatzfutterbeschaffung) kommt für die meisten Landwirte wohl ebenfalls nicht in Frage.

5. Erwerbsverlust durch Greening

Tabelle 1 zeigt die komplette Kalkulation für den Beispielbetrieb unter der Annahme der Ersatzfutterbeschaffung durch Maiszukauf. Der Betrieb verliert ca.

9600 € an Einkommen in Folge gestiegener Kosten der Grundfutterbeschaffung. Das sind rund 80€/ha Betriebsfläche. In den Berechnungen wurde angenommen, dass durchschnittlich ertragsreiche Fläche in ökologische Vorrangfläche überführt wird. In der Praxis dürften Betriebe die ertragsschwächsten Standorte aus der Produktion nehmen und dadurch den Erwerbsverlust tendenziell etwas drücken.

Damit stellt sich die Frage, ob der Betrieb überhaupt am Greening teilnehmen sollte. Man könnte ja freiwillig auf die Greening-Prämie verzichten. Diese Frage lässt sich schnell beantworten: Bei Nicht-Einhaltung des Greenings würde der Betrieb die Greening-Prämie (30% der Direktzahlungen ab 2014) verlieren. Bei einer angenommenen Prämienhöhe von 300 €/ha und 119 ha Betriebsfläche beläuft sich die Greening-Prämie für den Betrieb auf 10.710€ pro Jahr (30% von 300 €/ha mal 119 ha). Nüchtern gerechnet kommt man zu dem Schluss, dass sich die Einhaltung der Greening-Auflagen empfiehlt: 9624 € pro Jahr weniger zu verdienen, ist immer noch besser, als jährlich auf 10.710 € Greening-Prämie zu verzichten.

Tab. 1: So wirkt sich das Greening im Beispielbetrieb aus

Frucht	Ertrag (t TS/ha)	Energie- gehalt (MJ NEL pro kg TS)	Variable Kosten (€/ha) (gerundet)	Umfang heute (ha)	variable Kosten heute (€/Jahr)	Umfang nach 2013 (ha)	variable Kosten nach 2013 (€/Jahr)
Mähweide	9,5	5,8	876	54	47.309	54	47.309
Silomais	14,9	6,5	1280	65	83.195	45,5	58.236
GPS	9,5	6,6	1013	0	0	13,65	13.834
Ackergras	10,3	5,8	1355	0	0	3,25	4.404
Greening			35 ¹⁾	0	0	2,6	91
Summe				119	130.504	119	123.874
Zukauf Mais: 387 t Frischmasse zu 42 €/t zur Schließung der Futterlücke							16.254
Kosten gesamt					130.504		140.128
Kostensteigerung in der Futtergewinnung durch Greening					9.624 € pro Jahr oder ca. 81 €/ha		

¹⁾ Jährliche Kosten für das Mulchen der ökologischen Vorrangflächen

Quelle: Eigene Berechnungen

6. 50% Grünland-Regelung

Ob die Regelung kommt, ist noch nicht entschieden, aber helfen würde sie unserem Beispielbetrieb auf jeden Fall: Wenn ein Betrieb mindestens 50% seiner Flächen als Grünland bewirtschaftet, ist er von der Forderung, mindestens drei Früchte anzubauen, ausgenommen. Unser Beispielbetrieb hat in der Ausgangssituation 65 ha Ackerland und 54 ha Grünland. Das entspricht einem Grünlandanteil von gut 45% - nicht sehr weit entfernt von der magischen 50%-Grenze. Unser Betrieb hat nun folgende Möglichkeiten, diese Grenze zu erreichen:

- 1) Er könnte 11 ha Grünland pachten. Dann hätte er genauso viel Grünland (65 ha) wie Ackerland und würde von der Fruchtfolgeregelung befreit werden, könnte also auf dem Acker wie gehabt Mono-Mais anbauen. Diese Option kommt vor allem für wachstumswillige Betriebe in Frage, denn sie hätte zur Folge, dass mehr Futter als in der Ausgangssituation produziert würde.
- 2) Er könnte 5,5 ha seiner Ackerfläche einsäen. Dann hätte er nur noch 59,5 ha Ackerland und genauso viel Grünland. Bedenkt man, dass von der verbleibenden Ackerfläche auch noch der Flächenanteil für ökologische Vorrangflächen abgeht, entsteht eine deutliche Futterlücke, die über teuren Maiszukauf geschlossen werden müsste.
- 3) Er könnte eine Kombination aus 1) und 2) durchführen. Unser Beispiel-Landwirt würde einen Teil seiner Ackerfläche in Grünland überführen und weitere Grünlandflächen zupachten, so dass er genau den Futterbedarf seiner Tiere decken kann. Dabei ist zu beachten, dass sich dabei das Verhältnis von Grassilage und Maissilage in der Ration leicht verschiebt (Maisanteil sinkt, Grassilageanteil steigt), ohne dass dies jedoch Rückwirkungen auf die Milchleistung haben sollte.

Mancher mag zögern beim Gedanken, Ackerland in Grünland umzuwandeln, denn man bekommt das wahrscheinlich so schnell nicht wieder rückumgewandelt. Wir haben die Option 3) dennoch einmal durchgerechnet. Konkret würde unser Landwirt 2,4 ha Grünland neu anlegen. Von den verbleibenden 62,6 ha Ackerland müssten 2,5 ha (4%) in ökologische Vorrangflächen überführt werden. Auf den weiteren 60,1 ha würde er Mono-Mais anbauen. Um die 50% Grünlandfläche im Betrieb zu erreichen und weiterhin genügend Grundfutter produzieren zu können, pachtet er 6,2 ha Grünland zu 450 €/ha (ohne Prämie) zu. Seine Ackerfläche besteht dann aus 62,6 ha (60,1 ha Mais + 2,5 ha ökologische Vorrangfläche) und seine Grünlandfläche umfasst ebenfalls 62,6 ha (54 ha ursprünglich + 2,4 ha Neuansaat + 6,2 ha Pacht = 62,6 ha). Daraus ergibt sich die folgende Kalkulation:

Tab. 2: So wirkt das Greening im Beispielbetrieb unter Nutzung der 50% Grünland-Regelung

Frucht	Variable Kosten (€/ha) (gerundet)	Umfang heute (ha)	variable Kosten heute (€/Jahr)	Umfang nach 2013 (ha)	variable Kosten nach 2013 (€/Jahr)
Mähweide	876	54	47.309	54	47.309
Mähweide Neuansaat	876	0	0	2,4	2.102
Mähweide auf Pachtfläche	1326 ¹⁾	0	0	6,2	8.221
Silomais	1280	65	83.195	60,1	76.928
Greening	35 ²⁾	0	0	2,5	88
Summe		119	130.504	125,2	134.648
Kostensteigerung in der Futtergewinnung durch Greening			4144 €/Jahr oder ca. 35 €/ha		

¹⁾ Variable Kosten (876 €/ha) plus Pachtpreis ohne Prämie (450 €/ha)

²⁾ Jährliche Kosten für das Mulchen der ökologischen Vorrangflächen

Quelle: Eigene Berechnungen

Bei Nutzung der 50%-Grünland-Regelung könnte der Betrieb seinen Einkommensverlust gegenüber der Kalkulation in Tabelle 1 mehr als halbieren. Gedanken, von vornherein auf das Greening zu verzichten, dürften hier erst gar nicht aufkommen, denn der Verlust an Greening-Prämie wäre deutlich höher als der Einkommensentgang durch die Einhaltung der Greening-Auflagen in Tabelle 2.

7. Fazit

Die Berechnungen haben gezeigt, dass sich das Einhalten der Greening-Vorgaben in unserem Beispielbetrieb (und somit in vielen ähnlich gelagerten Milchviehbetrieben auf der schleswig-holsteinischen Geest) lohnen dürfte, wenn auch nur knapp. Die von der Politik in Aussicht gestellte Freistellung grünlandstarker Betriebe würde den finanziellen Schmerz für viele Betriebe deutlich lindern. Sollten die neuen Zahlungsansprüche (ab 2014) deutlich geringer ausfallen als die hier angenommenen 300€/ha, könnten die vom Greening stark betroffenen Milchviehbetriebe ausscheren und freiwillig auf die 30 % Greening-Prämie verzichten. Dann würden die Direktzahlungen ihre Hebelkraft für die Umwelt verlieren.

8. Weiterführende Literatur

BREUSTEDT, G., SCHULZ, N. UND U. LATACZ-LOHMANN (2013): Assessing farmers' willingness to accept 'greening': insights from a discrete choice experiment in Germany. Unpublished manuscript.

LATACZ-LOHMANN, U. UND N. SCHULZ (2012): Greening: Was wird kommen? Land & Forst Nr. 31, 02.08.2012, S.12-13.

LATACZ-LOHMANN, U. UND N. SCHULZ (2012): Was das Greening kostet. Topagrar Heft 7/2012, S. 22-27.

SCHULZ, N. UND LATACZ-LOHMANN, U. (2012): Wie teuer wird das Greening? Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg, Ausgabe 30. 28.07.2012

Wie wirken sich Netzwerkbeziehungen auf die Nachfrage nach funktionellen Lebensmitteln aus?

Christian Henning und Nana Zarnekow

Institut für Agrarökonomie

Einleitung

Ernährungsbedingte Krankheiten haben eine rasant zunehmende Bedeutung besonders in Industrienationen und verursachen wachsende gesellschaftliche Kosten. Entsprechend wichtig ist die Erforschung der ernährungstechnischen und –medizinischen Zusammenhänge. Eine vielversprechende Innovation stellen dabei die sogenannten funktionellen Lebensmittel dar. Das sind Lebensmittel, die Bestandteile enthalten, wie beispielsweise Omega-3-Fettsäuren oder Ballaststoffe, die ernährungsbedingte Krankheiten vorbeugen, ihr Auftreten verzögern oder deren Verlauf günstig beeinflussen und somit einen zusätzlichen Gesundheitsnutzen für den Verbraucher implizieren. Paradoxer Weise finden trotz wissenschaftlich nachgewiesener Wirkungen sowohl funktionelle Nahrungsmittel als auch medizinisch empfohlene Ernährungsstile nur eine sehr geringe Akzeptanz bei den Verbrauchern. Die Mehrheit der Menschen ernährt sich falsch und es entscheiden sich lediglich 27 Prozent der Konsumenten für den Kauf von funktionellen Lebensmitteln. Weiterhin scheint die Umstellung der Ernährungsmuster durch klassische ökonomische Anreize (zum Beispiel einer Fettsteuer), wie Erfahrungen mit der Tabak- oder Alkoholsteuer zeigen, nur sehr bedingt steuerbar. Berücksichtigt man, dass Gesundheit für die Mehrheit der Verbraucher ein sehr wertvolles Gut ist, dies belegen eine Reihe von Umfragestudien, so erscheint ein Ernährungsverhalten, welches verfügbare wissenschaftliche Erkenntnisse hinsichtlich eines gesunden Ernährungsmusters nachhaltig ignoriert, paradox. Gesunde Ernährung ist offensichtlich nicht nur ein ernährungswissenschaftliches, sondern vor allem auch ein verhaltenswissenschaftliches Phänomen und es werden adäquate Modelle benötigt, die dieses scheinbar paradoxe Ernährungsverhalten erklären können. In diesem Zusammenhang wird ein innovatives Verbrauchermodell entwickelt, das ein Agenten-basiertes Modell, in dem die Bildung naiver Verbrauchervorstellungen (Beliefs) hinsichtlich der technischen Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit in sozialen Netzwerken abgebildet wird, in einen zweistufigen mikroökonomischen Haushaltsproduktionsfunktionsansatz integriert. Das Modell kann das scheinbar paradoxe Ernäh-

rungsverhalten über verzerrte Verbraucher-Beliefs erklären. Theoretische Implikationen des Modells werden in einer ersten empirischen Analyse auf der Grundlage von Choice-Experimentdaten, die im Rahmen des Fokusprojektes erhoben worden sind, überprüft.

Ernährungsverhalten als eingeschränkt rationales Choice-Problem: Ein kombinierter Agenten-basierter und Haushaltsproduktionsfunktionsansatz

Es ist allgemein akzeptiert in der wissenschaftlichen Literatur, dass die starke Zunahme von Adipositas und die damit verbundene starke Zunahme der ernährungsbedingten Krankheiten, die gerade in Industrieländern praktisch einen epidemischen Status angenommen haben, nicht allein durch genetische Faktoren erklärt werden kann, sondern auch sozio-ökonomische Ursachen hat.

Ernährungsmedizinisch ist weiterhin belegt, dass Adipositas im Wesentlichen auf ein ungünstiges Ernährungs- und Freizeitverhalten zurückzuführen ist. Versteht man Ernährungs- und Freizeitverhalten als Entscheidungsproblem von einzelnen Individuen, so bietet der Haushaltsproduktionsfunktionsansatz von Gary S. Becker (1982) ein generelles mikroökonomisches Erklärungsmodell.

Nach der generalisierten mikroökonomischen Konsumtheorie von Becker erklärt sich das Verbraucherverhalten, d.h. der Konsum von Gütern sowie die Allokation der verfügbaren Zeit auf Freizeit und Arbeitsaktivitäten, aus einer zweistufigen Nutzenmaximierung. Grundsätzlich stiften sogenannte Z-Güter dem Verbraucher Nutzen. Z-Güter sind komplexe Konstrukte wie spezielle Lebensstile, leibliches Wohlbefinden, Gesundheit, soziale Anerkennung oder auch ein intaktes Familienleben, die von dem Konsumenten produziert werden, wobei herkömmliche Konsumgüter wie auch Zeit als Inputs in diesen Haushaltsproduktionsprozess eingehen. Ein individueller Haushalt leitet also seine Präferenz für bestimmte Konsumgüter aus den Präferenzen für damit produzierte Z-Güter entsprechend des folgenden zweistufigen Nutzenmaximierungsproblems ab:

$$(1) \quad \underset{x}{\text{Max}} \quad V(Z) \text{ s.t. } F(Z, X, E) = 0$$

F bezeichnet dabei die Haushaltsproduktionsfunktion, d.h. die technische Transformation von Konsumgütern und Freizeit in Z-Güter. Im einfachsten Fall ist F eine lineare Funktion, d.h. es gilt $Z = A X$, wobei A eine Matrix der technischen Beziehungen zwischen den Konsumgütern und Zeit als Inputs X und den Z-Gütern als Outputs darstellt. Die Wahl bestimmter Konsumgüter wird also durch zwei Komponenten bestimmt. Einerseits die individuellen Präferenzen für Z-Güter, zum Beispiel kann ein individueller Haushalt relativ hohe Präferenzen für Gesundheit haben, während ein anderer Akteur hohe Präferenzen für kulinarische Genüsse hat. Insofern ergibt sich ein unterschiedliches Ernährungs- und Freizeitverhalten aus unterschiedlichen Z-Gut-Präferenzen. Andererseits sind die Konsum- und Freizeitentscheidungen durch die technische Transformation, d.h.

die Haushaltsproduktionsfunktion „F“ bestimmt. Beispielsweise kann in einem bestimmten gesellschaftlichen Umfeld soziale Reputation durch ein engagiertes Sportverhalten erreicht werden, während in einem anderen Umfeld soziale Reputation vor allem durch opulente Essenseinladungen erzielt wird. Entsprechend ist der Verzehr bestimmter Nahrungsmittel, wie z.B. funktioneller Nahrungsmittel, von ihrer technischen Gesundheitswirkung sowie ihrer Wirkung auf Geschmack und Convenience abhängig.

Ein fundamentales Problem der Konsumenten ist nun, dass sie die technischen Relation F nicht kennen. Beispielsweise wissen Verbraucher in der Regel nicht wie neue innovative Produkte auf für sie relevante Z-Güter, z.B. Gesundheit wirken. Insofern bilden Verbraucher vereinfachte mentale Modelle, sogenannte Verbraucherbeliefs, wie bestimmte Konsumgüter oder Freizeitgestaltungen auf die Produktion von Z-Gütern wirken. Da individuelle Konsumenten fundamental unsicher hinsichtlich der wahren technologischen Konsumbeziehungen sind, bilden sie ihre individuellen Beliefs in einem kollektiven Kommunikationsprozess. Das Ergebnis solcher kollektiven Belief-Formationsprozesse hängt dabei unmittelbar von den Kommunikationsstrukturen zwischen den Verbrauchern ab. Dies lässt sich mit Hilfe von sozialen Netzwerkmodellen wie dem Model von Friedkin und Johnsen (1990) abbilden.

Empirische Analyse

Um die Bedeutung von sozialen Netzwerkstrukturen als Determinante von Verbraucherbeliefs und -präferenzen für funktionelle Lebensmittel empirisch zu ermitteln, wurden im Rahmen des Fokusprojektes zweistufige Choice-Experimente anhand der Teilnehmer der KIK-Kohorte durchgeführt. Weiterhin wurden mit Hilfe von Online-Namen-Generatoren EGO-zentrierte Netzwerke von allen Teilnehmern erhoben. Die gesamte Kohorte, die im Rahmen des Fokusprojektes bis Ende des Jahres 2014 erhoben werden wird, umfasst 2000 Teilnehmer, für die im Folgenden dargestellte Untersuchung konnten allerdings erst 380 Teilnehmer verwendet werden.

In den zweistufigen Choice-Experimenten wurden die individuellen Zahlungsbereitschaften zunächst auf der Makrostufe für die Z-Güter Gesundheit, Geschmack sowie Convenience erhoben. Auf der Mikrostufe wurde dann die Zahlungsbereitschaft für funktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln erhoben. Auf der Grundlage der Choice-Experimentdaten konnten dann jeweils die folgenden linearen Nutzenfunktionen ökonometrisch geschätzt werden:

$$(2) \quad V(Z) = \sum_z \beta_z Z - \beta_e E_z$$

$$(3) \quad V(X) = \sum_x \alpha_x X - \alpha_e E_x$$

Z ist die Versorgung mit Z -Gütern, E_z sind die korrespondierenden Haushaltsausgaben. X misst die Eigenschaften (u.a. funktionelle Eigenschaften) eines speziellen Nahrungsmittelprodukts, z.B. Joghurt, und E_x ist der Preis des Produktes.

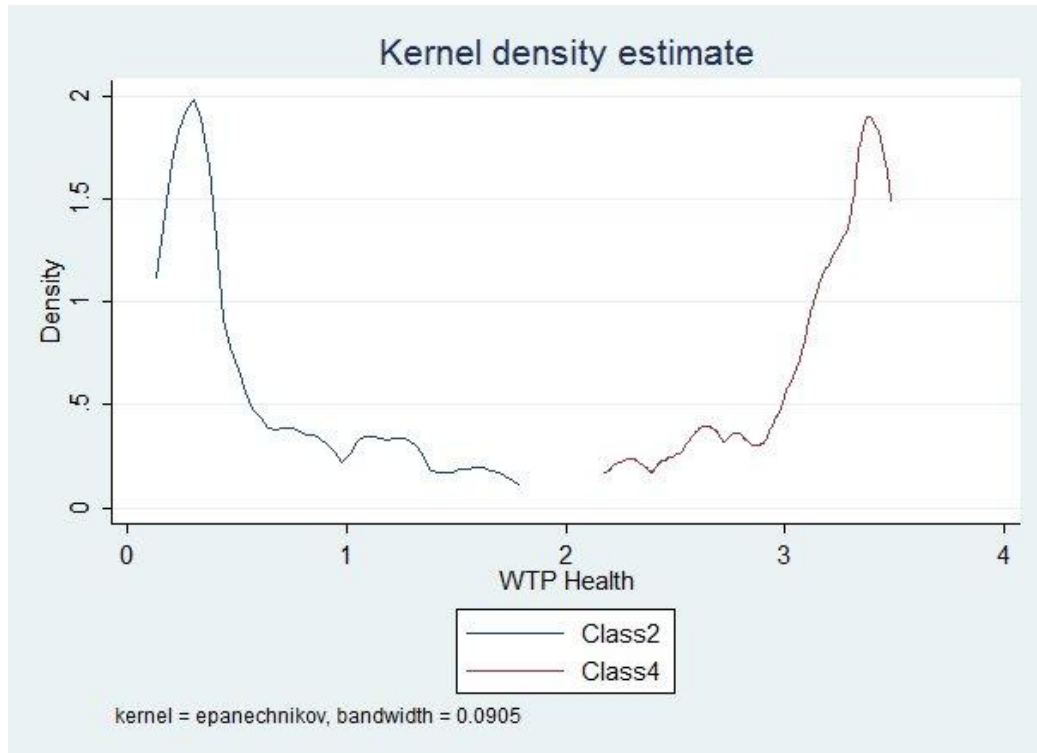


Abbildung 1: Kernel Dichteverteilung der Willingness-To-Pay für Gesundheit.

Um Heterogenität der Verbraucherpräferenzen adäquat zu berücksichtigen, wurde eine Latent Class Schätzung durchgeführt. Es ergab sich jeweils eine vier Klassenlösung auf der Marko- und Mikrostufe. Auf der Grundlage der Schätzungen konnte die Willingness-To-Pay (WTP) für Z -Güter (Z) wie auch für funktionelle Attribute von Lebensmitteln (X) für individuelle Verbraucher bestimmt werden, die in Abbildung 1 bzw. 2 dargestellt sind. Man erkennt deutlich, dass es zwei unterschiedliche Gruppen von Verbrauchern gibt, eine Gruppe mit hohen Präferenzen für Gesundheit und eine andere mit eher moderaten Gesundheitspräferenzen.

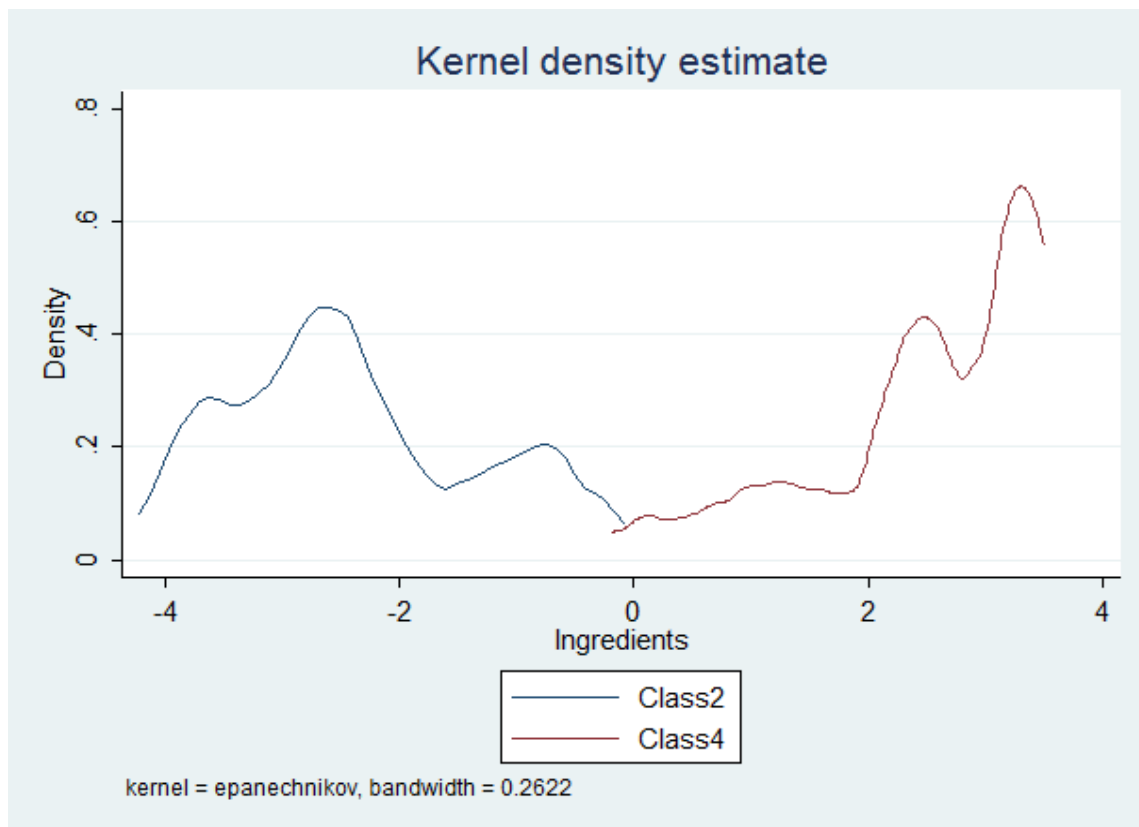


Abbildung 2: Kernel Dichteverteilung der Willingness-To-Pay für funktionelle Eigenschaften.

Analog lassen sich auch für die WTP für funktionelle Eigenschaften zwei Verbrauchergruppen identifizieren (siehe Abbildung 2). Eine Gruppe hat klare Präferenzen für funktionelle Eigenschaften, was sich in einer entsprechend positiven Zahlungsbereitschaft ausdrückt. Hingegen ergeben sich für eine zweite Gruppe negative Zahlungsbereitschaften, d.h. Verbraucher müssen für den Konsum von Nahrungsmitteln mit funktionellen Eigenschaften kompensiert werden. Berücksichtigt man, dass sich für alle Verbraucher positive Zahlungsbereitschaften für Gesundheit ergeben, so lässt sich eine negative Zahlungsbereitschaft für funktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln nur über entsprechend negative Verbraucherbeliefs erklären, d.h. Verbraucher glauben, dass entsprechende funktionelle Wirkstoffe *disutilities* hervorrufen, da diese negativ auf ihre Gesundheit wirken. Tatsächlich ergeben sich für die aus unseren ökonometrischen Analysen berechneten Verbraucherbeliefs korrespondierende positive und negative Beliefs (siehe Abbildung 3).

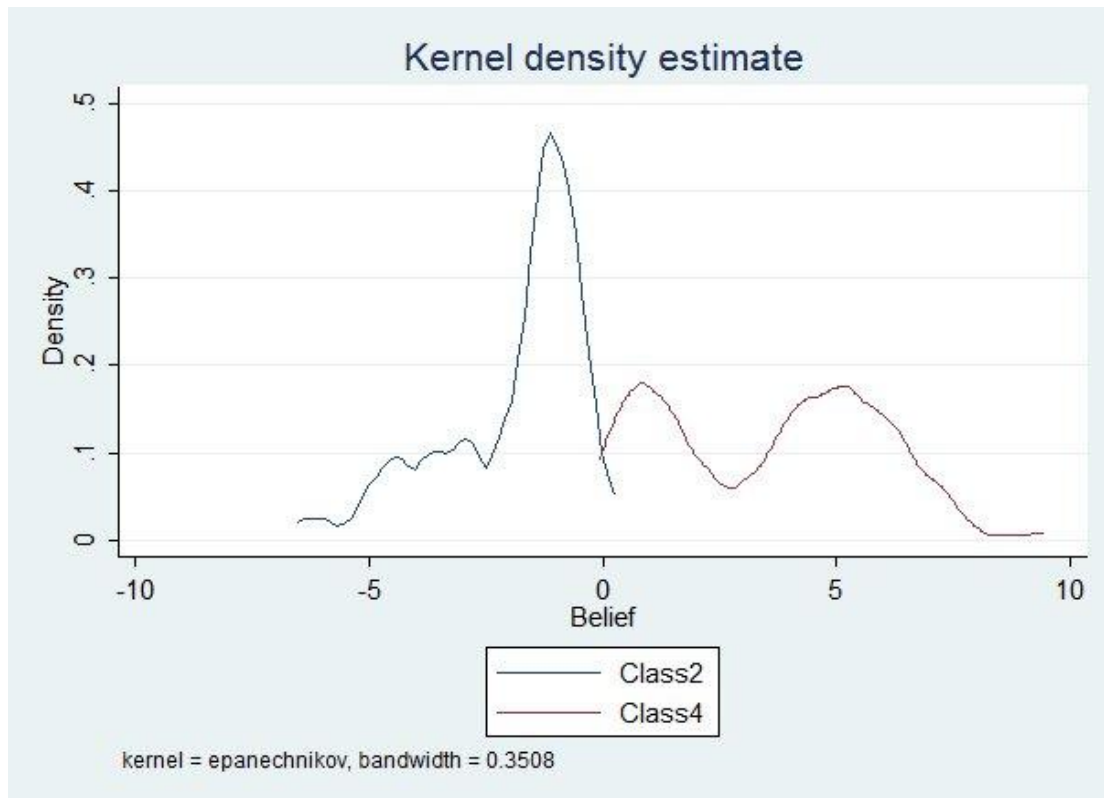


Abbildung 3: *Kernel Dichteverteilung der Verbraucherbeliefs hinsichtlich der Gesundheitswirkung funktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln*

Stellt man die ermittelten WTPs für funktionelle Eigenschaften den geschätzten Verbraucherbeliefs gegenüber, so ergibt sich ein linearer Zusammenhang (siehe Abbildung 4).

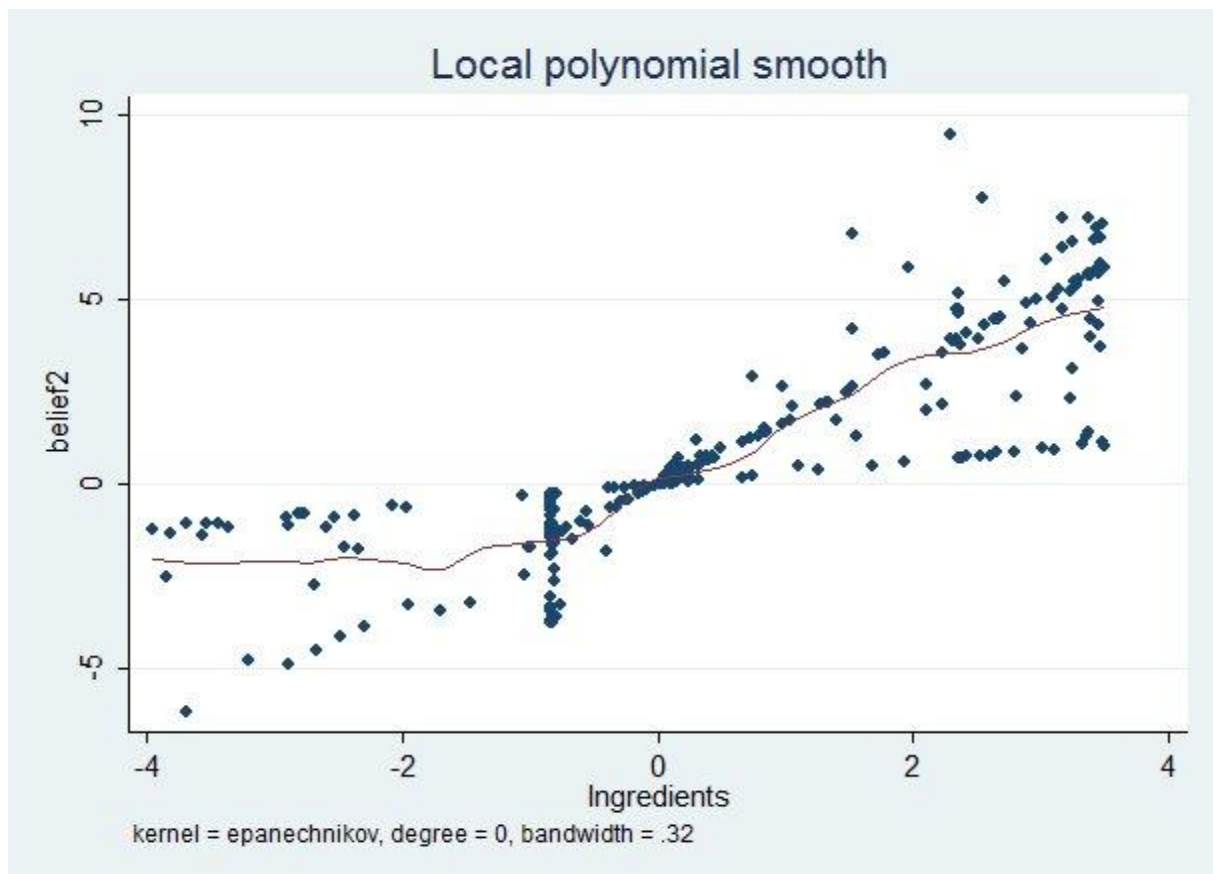


Abbildung4: Verbraucherbeliefs und WTP für funktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln

Aus Abbildung 4 geht nicht klar hervor, dass die grundlegende Einstellung der Verbraucher gegenüber funktionellen Lebensmitteln, d.h. diese werden als Zusatznutzen (positive WTP) oder aber als Zusatzschaden (negative WTP) eingeschätzt, durch die Verbraucherbeliefs determiniert sind. Interessanter Weise ergibt sich darüber hinaus aber auch ein klarer linearer Zusammenhang zwischen Zahlungsbereitschaft (bzw. Kompensationsforderung) und Verbraucherbelief.

Die letzte interessante Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist die Frage wie sich die unterschiedlichen Verbraucherbeliefs erklären lassen. Hierzu haben wir in einer ersten einfachen Analyse die ermittelten individuellen Beliefs auf sozio-ökonomische und antropometrische Eigenschaften sowie auf EGO-zentrierte Netzwerkstrukturen regressiert. Das Ergebnis dieser Analyse ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Regressionsanalyse der Verbraucherbeliefs

Variable	Coefficient	(Std. Err.)
Net-Size	-0.127	(0.017)
Income	-0.033	(0.008)
Education	0.129	(0.018)
BMI	0.051	(0.003)
Age	-0.052	(0.003)
Intercept	1.677	(0.225)

N	4875
R ²	0.135
F (5,4869)	152.04

Wie man aus Tabelle 1 ersehen kann haben tendenziell eher jüngere und gebildete Verbraucher positive Beliefs hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung funktioneller Eigenschaften von Lebensmitteln, während ein höheres Einkommen eher negativ auf die Verbraucherbeliefs wirkt. Interessant ist, dass sich nicht nur signifikante Effekte auf die Beliefs für die Größe der Peer-Gruppen-Netzwerke ergeben, sondern auch für den BMI. Allerdings müssen diese vorläufigen Ergebnisse erst noch durch weitere detaillierte Analysen auf der Grundlage einer größeren Datenstichprobe verfestigt werden, um grundlegende inhaltliche Rückschlüsse aus diesen ziehen zu können.

Fazit

In diesem Beitrag haben wir ein theoretisches Modell entwickelt, in dem Verbraucher naive Vorstellungen, Beliefs, entwickeln, um trotz fundamentaler Unsicherheit rationale Konsumententscheidungen treffen zu können. Unser theoretisches Modell wurde anhand von eigenen Choice-Experimentdaten aus dem Fokusprojekt empirisch getestet. Dabei konnten wir erstens Verbraucherbeliefs ökonometrisch schätzen. Zweitens konnten wir diese als zentralen Bestimmungsfaktor des Ernährungsverhaltens nachweisen und drittens ergab sich aus unseren Schätzungen ein signifikanter Einfluss von Peer-Group-Netzwerkstrukturen auf die Verbraucherbeliefs. Damit liefert unser theoretisches Modell auch eine Mikrofundierung für die viel zitierte Framingham Studie, wel-

che den Zusammenhang zwischen sozialen Netzwerken und Übergewicht als erste Studie statistisch nachgewiesen hat.

Literatur

Becker, G.S. (1982): „Der ökonomische Ansatz zur Erklärung menschlichen Verhaltens. Tübingen Mohr Verlag, Tübingen.

Friedkin and Johnsen (1990), ‘Social influence and opinions’, Journal of Mathematical Sociology 15, 193–205.