

Die wichtige Rolle des Calciums (Ca) für den Aufbau und den Erhalt der Knochensubstanz ist hinreichend bekannt. Darüber hinaus ist Ca ein wichtiger intrazellulärer Botenstoff und beispielsweise an der Steuerung resorptiver und sekretorischer Vorgänge in der Darmschleimhaut beteiligt. Der aktuelle Kenntnisstand über Regulation und Mechanismen der gastrointestinalen Ca-Resorption basiert allerdings vor allem auf Untersuchungen an Monogastriern und Labortieren. Inwieweit diese Ergebnisse auf Wiederkäuer übertragbar sind, untersuchen **Prof. Gerhard Breves** und **Prof. Bernd Schröder (Hannover)** in ihren Ausführungen zum Thema „**Vergleichende Aspekte der gastrointestinalen Calcium-Umsetzungen beim Schwein und Wiederkäuer**“.

Einseitig auf Leistungsmerkmale ausgerichtete Zuchtziele bergen die Gefahr, dass die Fitness und Tiergesundheit negativ beeinflusst wird. So bewirkt die alleinige Selektion auf hohe Leistung bei Milchkühen nachweislich ein verstärktes Auftreten von Eutererkrankungen. Über die Möglichkeit, Merkmale der Tiergesundheit in Zuchtprogramme für Milchkühe zu integrieren berichten **Dr. Wolfgang Junge**, **Dr. Eckhard Stamer** und **Prof. Ernst Kalm (Kiel)** in ihrem Beitrag „**Neue Zuchtkonzepte für die Gesundheit der Milchkuh**“. Voraussetzung dafür ist eine systematische Erfassung von Behandlungsdaten, was aber nach Auffassung der Autoren durch die Nutzung der verfügbaren Kommunikationstechnologie kein Problem darstellen sollte.

Das Riechen stellt für jeden von uns eine alltägliche Sinneswahrnehmung dar, die allerdings in der Vergangenheit relativ wenig Beachtung fand. Aber wussten Sie, dass die Riechrezeptoren die größte Genfamilie im menschlichen Genom darstellen und dass Spermien riechen können? **Victoria von Grafenstein (Cuxhaven)** führt uns in ihrem Artikel „**Über die Bedeutung des Riechens**“ in die faszinierende Welt dieser Sinneswahrnehmung ein. Die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Riechrezeptoren ermöglichen verschiedene interessante Anwendungen in der Praxis, auf die die Autorin anhand von Beispielen eingeht.

Die ständige Beschäftigung mit einem Thema kann leicht zur Betriebsblindheit führen. Hier kann die Bewertung von Außenstehenden helfen, den eigenen Horizont zu erweitern. **Prof. Josef H. Reichholf (München)** wagt in seinem Beitrag „**Die Viehhaltung, der ‚Erstickstoff‘ und die Natur**“ den Versuch, den Eindruck unseres Planeten auf außerirdische Wesen abzuschätzen. In diesem Zusammenhang diskutiert der Autor die Auswirkungen der tierischen Veredelung im Hinblick auf Natur und Umwelt unter besonderer Berücksichtigung der „Nachhaltigkeit“, Verschiedene Lösungsansätze zur Verminderung der Probleme, die mit der intensiven Tierproduktion einhergehen, werden aufgezeigt.

Vom Landwirt zum Energiewirt - unter welchen Bedingungen ist dieser Schritt sinnvoll? **Prof. Alois Heißenhuber** und **Stefan Berenz (München)** beleuchten diese Fragestellung unter den gegenwärtigen gesetzlichen Rahmenbedingungen und unter betriebswirtschaftlichen Aspekten. Ihre Ausführungen zu dem Thema „**Energieproduktion als Managementaufgabe in landwirtschaftlichen Unternehmen – organisatorische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen**“ ergibt eindeutig, dass die Entscheidung für

einen weiteren Produktionszweig im Bereich der alternativen Energieerzeugung entscheidend von der Verfügbarkeit von Kapital und freien Arbeitskapazitäten abhängig ist.

Vergleichende Aspekte der gastrointestinalen Calcium-Umsetzungen beim Schwein und Wiederkäuer

Prof. Gerhard Breves und Prof. Bernd Schröder (Hannover)

Einleitung und Problematik

Aufgrund seiner vielfältigen Aufgaben im Organismus kommt dem Mengenelement Calcium (Ca) eine besondere Bedeutung in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere zu. Über seine Beteiligung am Knochenaufbau hinaus ist Ca ein wichtiger intrazellulärer Botenstoff, z. B. bei der Muskelkontraktion, bei der Regulation der Sekretion von Neurotransmittern und verschiedener Hormone sowie bei der Steuerung resorptiver und sekretorischer Vorgänge an der Darmschleimhaut. Es ist deshalb mehr als verständlich, dass zur Aufrechterhaltung dieser Funktionen der Ca-Spiegel im Blut, genauer gesagt die Konzentration des ionisierten Ca und damit ca. 60 % des Gesamt-Ca, in engen Grenzen reguliert werden muss.

An diesen Vorgängen sind nach heutigem Wissensstand die Hormone Parathormon (PTH), Calcitriol (1,25-Dihydroxyvitamin D₃) und Calcitonin beteiligt, die ihre regulatorischen Funktionen über zelluläre Wirkungen am Gastrointestinaltrakt, den Nieren und dem Knochen bewerkstelligen. Dem Verdauungstrakt kommt dabei eine zentrale Rolle zu, da er nicht nur die Resorption des Ca über die Darmwand reguliert, sondern auch das Hauptausscheidungsorgan des Ca darstellt. Der aktuelle Kenntnisstand über Regulation und Mechanismen der gastrointestinalen Ca-Resorption basiert vor allem auf Untersuchungen an monogastrischen Spezies wie z. B. Labortieren und dem Schwein. Lange Zeit wurden die daran erarbeiteten Konzepte auf den Wiederkäuer übertragen, ohne dass dies experimentell ausreichend belegt war, und außerdem gab es schon frühzeitig zahlreiche Befunde, z. B. aus Versuchen mit fistulierten Tieren, die auf wesentliche Unterschiede zwischen Nicht-Wiederkäuern und Wiederkäuern hinwiesen. Es ist deshalb Ziel dieser Übersicht, einen Überblick über das derzeitige Wissen zu den Mechanismen und der Regulation der gastrointestinalen Ca-Resorption beim Schwein im Vergleich mit Wiederkäuern, wie z. B. dem Schaf, zu geben.

Hauptorte der Ca-Resorption

In In-vivo-Untersuchungen mit Schweinen, Schafen und Rindern, die mit Kanülen in unterschiedlichen Segmenten des Verdauungstraktes versehen wurden, wurden die jeweiligen Anteile des Gastrointestinaltraktes an der Ca-Nettoresorption ermittelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Daten aus jeweils mehreren repräsentativen Untersuchungen mit Schweinen und Schafen in Tabelle 1 zusammengefasst.

Beim Schwein spielen der Magen und der Dickdarm für die Ca-Nettoresorption nur eine untergeordnete Rolle, denn über 90 % der täglichen Ca-Nettoresorption finden im Dünndarm statt. In Abhängigkeit von der Futterzusammensetzung sind hierbei besonders die vorderen Dünndarmabschnitte beteiligt. Beim Schaf ergibt sich nach den vorliegenden In-vivo-Untersuchungen kein vergleichbar klares Bild, denn es scheinen alle Segmente des Gastrointestinaltraktes mehr oder weniger an der Ca-Nettoresorption beteiligt zu sein. Bemerkenswert ist, dass offensichtlich der Anteil der vor dem Dünndarm ablaufenden Ca-Nettoresorption mit steigender täglicher Ca-Aufnahme zunimmt, wobei eine relevante Beteiligung des

Tabelle 1: Tägliche Ca-Nettoabsorption in den unterschiedlichen Abschnitten des Gastrointestinaltraktes

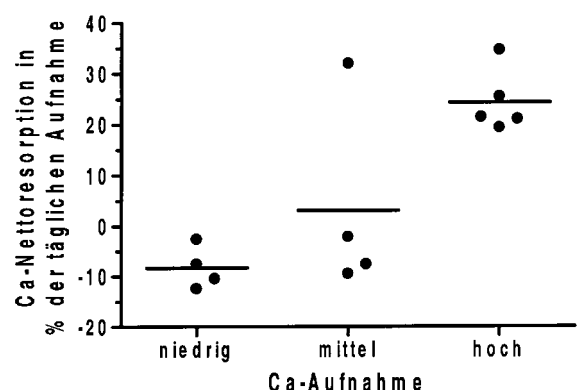
(Mittelwerte aus Literaturdaten: Schwein 30-70 kg Lebendmasse, 7 Publikationen ausgewertet; Schaf 40-60 kg Lebendmasse, 8 Publikationen ausgewertet)

Schwein			Schaf		
Ca-Aufnahme über Futter 11,7 (9,2-15,1) g			Ca-Aufnahme über Futter 5,3 (2,7-8,6) g		
Lokalisation	Ca in g	% Anteil der Ca-Gesamt-Nettoresorption	Lokalisation	Ca in g	% Anteil der Ca-Gesamt-Nettoresorption
Magen	0,2	4	Vormägen+ Labmagen	0,5	50
Dünndarm	4,4	94	Dünndarm	0,3	30
Dickdarm	0,1	2	Dickdarm	0,2	20
Ca-Ausscheidung mit Faeces 7,2 g scheinbare Verdaulichkeit 38,5 %			Ca-Ausscheidung mit Faeces 4,3 g scheinbare Verdaulichkeit 18,9 %		

Labmagens als eher unwahrscheinlich anzusehen ist (eigene Untersuchungen, unveröffentlicht).

In Bezug auf die Ca-Aufnahme kommt dem Vormagensystem der Wiederkäuer demnach eine besondere Rolle zu. Im Prinzip konnten die an Schafen gemachten Beobachtungen einer relevanten präintestinalen Ca-Nettoresorption zumindest bei Fällen mit hoher alimentärer Ca-Versorgung auch für das Rind bestätigt werden. Als ein Beispiel hierfür sind in Tabelle 2 Daten aus Bilanzversuchen an Milchkühen gezeigt, die mit Duodenalkanülen ausgestattet waren.

Abbildung 1: Präduodenale Ca-Nettoabsorption bei laktierenden Milchkühen mit unterschiedlicher täglicher Ca-Aufnahme



niedrig = 62 g, mittel = 98 g, hoch = 165 g (SCHRÖDER & BREVES (2005) unveröffentlicht)

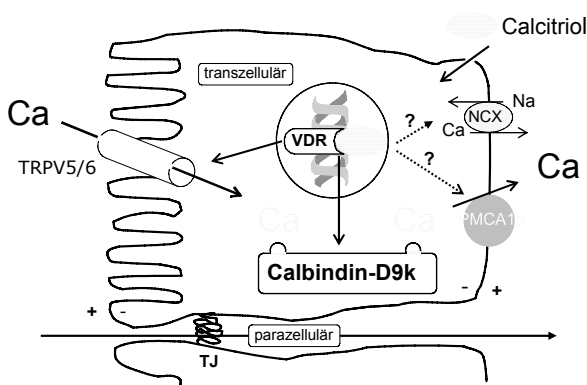
Mechanismen der Ca-Resorption beim Schwein

Das mit dem Futter aufgenommene Ca kann in seiner löslichen Form durch passive Diffusion parazellulär entlang chemischer Gradienten in die Blutbahn gelangen oder wird mittels eines aktiven transzellulären Mechanismus über die Darmschleimhaut transportiert. Über die jeweiligen quantitativen Anteile der beiden Mechanismen in den verschiedenen Segmenten des Gastrointestinaltraktes liegen nur wenige Daten vor. Aus Versuchen an Ratten wurde abgeleitet, dass zumindest bei calciumreicher Diät der überwiegende Teil des Calciums passiv resorbiert wird. Dabei soll dieser Vorgang eher im distalen Bereich des Jejunums und im Ileum stattfinden, während der aktive Transport im Duodenum und im vorderen Jejunum abläuft. Diese Annahme basiert auf der Beobachtung, dass fast 90 % der Zeit, die der Chymus im Dünndarm verweilt, auf das hintere Jejunum und Ileum entfällt und weniger als 2 % der intestinalen Verweilzeit auf das Duodenum.

Unabhängig von seinem quantitativen Anteil ist aber der aktive Ca-Transport für die Aufrechterhaltung der systemischen Ca-Homöostase essentiell und wird dazu effektiv durch die biologisch aktive Form des Vitamins D₃, das Calcitriol, reguliert. Dies wird z. B. deutlich bei Schweinen mit erblichem Calcitriolmangel, die im Absetzalter eine signifikante Hypocalcämie mit allen klinischen Zeichen einer Rachitis entwickeln. Auch beim Wiederkäuer stimuliert Vitamin D die Ca-Nettoresorption aus dem Gastrointestinaltrakt.

Die klassische Vorstellung über den Mechanismus der aktiven Ca-Resorption ist aus zahlreichen Studien am Dünndarm monogastrischer Spezies abgeleitet worden und ist nach heutigem Kenntnisstand im Gegensatz zu früheren Annahmen nur bedingt auf Wiederkäuer übertragbar. Für monogastrische Tiere einschließlich des Schweins besteht Einigkeit darüber, dass die transzelluläre Ca-Resorption einen Prozess mit mindestens drei Teilschritten darstellt (Abb. 2).

Abbildung 2: Mechanismen der Ca-Resorption im vorderen Dünndarm des Schweines



Der transzelluläre Ca-Transport erfolgt aktiv unter Kontrolle des Vitamin D-Hormons Calcitriol, das durch seine Bindung an den kernständigen Vitamin D-Rezeptor die Synthese von Ca-Transportkomponenten induziert. Der parazelluläre Ca-Transport kann entlang eines chemischen Gradienten durch die Tight Junctions, die die Epithelzellen verbinden, erfolgen. TRPV5 bzw. 6 = Ca-Kanäle, VDR = Vitamin D-Rezeptor, TJ = Tight Junctions, Calbindin-D9k = Vitamin D-abhängiges Ca-bindendes Protein mit 9 kDa Molekulargewicht, PMCA1b = Plasmamembran Ca-Pumpe 1b, NCX = Na/Ca-Austauscher, TJ = Tight Junction.

Im ersten Schritt erfolgt dabei die passive Aufnahme von Ca ins Cytosol, getrieben durch einen elektrochemischen Gradienten, über spezifische Ca-Membrankanäle, von denen mittlerweile zwei eng verwandte Typen (TRPV5 bzw. TRPV6) bekannt sind. Es wird angenommen, dass die Ca-Aufnahme durch die TRPV-Kanäle den geschwindigkeitsbestimmenden Schritt des gesamten transzellulären Ca-Transportes darstellt. Deshalb erscheint es sinnvoll, dass dieser Prozess reguliert wird. Zumindest für einige Spezies wurde schon ein Einfluss von Calcitriol auf die Expression dieser Kanäle nachgewiesen.

Der zweite Teilschritt beschreibt den Transport des Calciums durch das Cytosol. Da freie Ca-Ionen innerhalb der Zelle auch als Second-Messenger für weitere Zellfunktionen von zentraler Bedeutung sind, muss gewährleistet sein, dass die Konzentration freier Ca-Ionen nicht über einen bestimmten Wert hinaus ansteigt. Dazu wird das durchzuschleusende Ca an CalbindinD_{9k} gebunden. Die genaue Art und Weise, wie dieses Protein anschließend den Ca-Transport durch das Cytosol vermittelt, ist noch nicht abschließend geklärt.

Den dritten Teilschritt stellt die Ca-Abgabe über die basolaterale Membran dar. Im Gegensatz zur apikalen Aufnahme ist dieser Prozess energieabhängig, da die Ausschleusung gegen einen elektrochemischen Gradienten („Bergauf-Transport“) erfolgen muss. Hierfür exprimieren die Zellen eine ATP-verbrauchende Plasmamembran-Ca-ATPase (PMCA1b) und einen Na/Ca-Austauscher (NCX1). Es ist zurzeit noch umstritten, inwiefern diese Transporter durch Calcitriol reguliert werden können. Aber es ist davon auszugehen, dass die PMCA am Enterozyten für den basolateralen Ca²⁺-Auswärtstransport essentiell ist, während der NCX eher von untergeordneter Bedeutung zu sein scheint.

Mechanismen der Ca-Resorption beim Wiederkäuer

Ob die allgemein für monogastrische Spezies beschriebenen zellulären Mechanismen der Ca-Resorption auch für Wiederkäuer gelten, muss erst noch geklärt werden. So wurde z. B. die Existenz von Ca-Kanälen wie bei den monogastrischen Spezies bis auf wenige Ausnahmen noch nicht gezeigt (Tab. 2). Die bislang vorliegenden Daten, die überwiegend aus Untersuchungen an Schafen und Ziegen stammen, weisen zudem auf auffällige Speziesunterschiede hin. So war bei Ziegen mit alimentärer Ca-Depletion die aktive Ca-Resorption im Pansen um 50 % erhöht, während der gleiche Versuchsansatz bei Schafen keine Stimulation der Ca-Resorption hervorrief. Dabei wiesen nicht nur die Ziegen, sondern auch die Schafe als regulatorische Antwort auf die Ca-Depletion erhöhte Plasma-Calcitriolspiegel auf. Auch bei Schafen in der frühen Laktation und bei trockenstehenden Schafen mit pharmakologischer Vitamin D₃-Behandlung war keine Stimulation der ruminalen Ca-Resorption zu beobachten. Interessanterweise konnte Calbindin-D_{9k} im Pansenepithel von Schafen nicht nachgewiesen werden, was möglicherweise im Zusammenhang mit dem im Vergleich zum Jejunum relativ niedrigen Gehalt an Vitamin D-Rezeptoren zu sehen ist (Tab. 2).

Während die ruminale Ca-Resorption bei den Ziegen mit erhöhter Plasma-Calcitriolkonzentration stimuliert wurde, ergab sich kein fördernder Effekt auf den Ca-Transport im Duodenum. Sowohl bei den Untersuchungen am Pansen von Schafen als auch von Ziegen war aktive Ca-Resorption nur in Gegenwart kurzkettiger Fettsäuren (short

Tabelle 2: Nachweis der relevanten Komponenten des Vitamin D-abhängigen aktiven Ca-Transportes in unterschiedlichen Segmenten des Gastrointestinaltraktes von Ziegen und Schafen

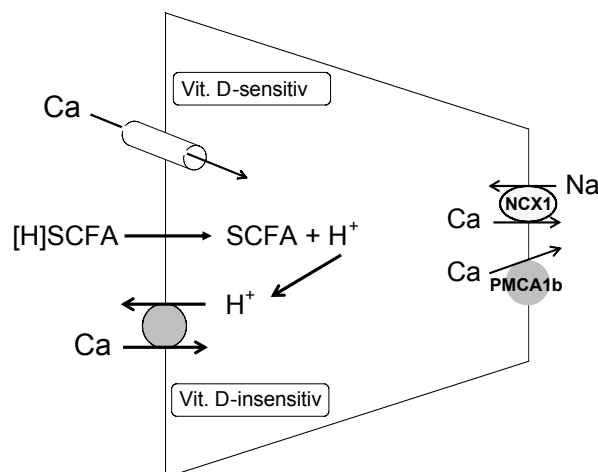
(Zusammenfassung aus eigenen Arbeiten;
+ = Existenz nachgewiesen, - = Existenz nicht nachgewiesen, n. u. = nicht untersucht)

Segment	Spezies	aktive Ca-Resorption	Vitamin D-Rezeptor	Calbindin-D9k	TRPV5/6
Pansen	Ziege	+	n.u.	n.u.	n.u.
Duodenum	Ziege	+	+	n.u.	+
Jejunum	Ziege	+	+	n.u.	+
Pansen	Schaf	+	+	-	n.u.
Duodenum	Schaf	-	n.u.	n.u.	n.u.
Jejunum	Schaf	+	+	+	n.u.

*Expression auf mRNA-Ebene; mündliche Mitteilung, HUBER (2005)

chain fatty acids, SCFA) zu beobachten. Dieser Effekt könnte durch die Beteiligung eines Ca-Protonen-Austauschers an der Ca-Aufnahme aus dem Lumen erklärt werden, wie er auch für den Dickdarm postuliert wurde (Abb. 3). Wenn man unterstellt, dass im Schafpansen der Vitamin D-insensitive Ca-Transportweg überwiegt oder sogar allein ausgebildet wird, wäre dadurch der ausbleibende Effekt von Calcitriol zu erklären.

Die Annahme, dass beim Wiederkäuer der vordere Dünndarm keine vergleichsweise dominante Rolle für die aktive Ca-Resorption spielt wie beim Schwein, wird durch Befunde aus vergleichenden In-vitro-Untersuchungen zur aktiven Ca-Resorption unterstützt, bei denen unter identischen Versuchsbedingungen die Dünndarmsegmente der Wiederkäuer sehr viel niedrigere Ca-Nettotransportraten aufwiesen als die der Schweine.

Abbildung 3: Mögliche Mechanismen der aktiven Ca-Resorption aus dem Vormagensystem der Wiederkäuer

[H]SCFA = nicht dissoziierte kurzkettige Fettsäuren, PMCA1b = Plasmamembran Ca-Pumpe 1b, NCX = Na/Ca-Austauscher

Zusammenfassend weisen die vorliegenden Befunde zur gastrointestinalen Ca-Resorption beim Wiederkäuer auf die Beteiligung sowohl Vitamin D-sensitiver als auch -insensitiver Mechanismen hin. Eine dominierende Rolle des vorderen Dünndarms für die Ca-Resorption muss in Frage gestellt werden. Allerdings scheint zumindest das Jejunum die für calcitriolabhängige Ca-Resorption typischen Komponenten, wie sie für monogastrische Spezies beschrieben wurden, aufzuweisen.

Literatur

Die zitierten Literaturquellen sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Gerhard Breves
Prof. Dr. Bernd Schröder
Physiologisches Institut
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

E-Mail: gerhard.breves@tiho-hannover.de

Neue Zuchtkonzepte für die Gesundheit der Milchkuh

Dr. Wolfgang Junge, Dr. Eckhard Stamer, Prof. Ernst Kalm (Kiel)

Einleitung

In Zuchtprogrammen für Milchvieh liegt traditionell ein hohes Gewicht auf Merkmalen, die eine Erhöhung der Einnahmen über den Milchverkauf ermöglichen. Durch züchterische Erfolge und konsequente Verbesserungen in den Bereichen Fütterung und Haltung sind in den letzten Jahrzehnten die Einzeltierleistungen bezogen auf die produzierten Fett- und Eiweißkilogramm stark angestiegen. Weit weniger im Fokus der züchterischen Bemühungen stehen die potenziell kostensenkenden Merkmale, zu denen vor allem auch die Resistenz gegen Erkrankungen zählt. Diese Merkmale werden zurzeit nur über Hilfsmerkmale wie z. B. der somatischen Zellzahl als Indikator für Eutergesundheit züchterisch bearbeitet. Weiterhin werden eine ganze Reihe von Exterieurmerkmalen als Indikatoren für Krankheitsanfälligkeit an Einzeltieren oder Nachkommen Gruppen erhoben und dafür Zuchtwerte berechnet.

Es stehen zurzeit für Selektionsentscheidungen jedoch nur **Hilfsmerkmale** zur Verfügung. Die wirklichen **Zielmerkmale** Mastitisresistenz oder Klauengesundheit lassen sich nur über eine einzeltierbezogene Erhebung von Behandlungsdaten erfassen und züchterisch nutzbar machen.

Die Notwendigkeit einer züchterischen Bearbeitung von Gesundheitsmerkmalen bei Milchkühen wird von Milchviehhaltern durch die Forderung nach einer hochleistenden „problemlosen“ Kuh artikuliert. Aus züchterischer Sicht ist auch der Frage nachzugehen, ob mit weiter steigenden Leistungen eine höhere Anfälligkeit für Erkrankungen verbunden ist.

In diesem Beitrag sollen folgende Aspekte der Zucht auf Krankheitsresistenz näher analysiert werden:

- Sind genetisch höhere Leistungen mit mehr Erkrankungen gekoppelt?
- Welche Voraussetzungen sind für die Nutzung von Behandlungsdaten für die Zuchtwertschätzung nötig?
- Wie hoch ist die Erblichkeit der Merkmale für Krankheitsresistenz und lassen sich Zuchtwerte dafür berechnen?

Leistungshöhe und Eutergesundheit

In der Literatur wird heute eindeutig davon ausgegangen, dass eine genetisch bedingte Leistungssteigerung zu höheren Mastitisraten führt. Die genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen liegen heute bei $r_g = 0,2$ bis $0,4$. Berücksichtigt man diesen Zusammenhang in Planungsrechnungen, so führt der normale Zuchtfortschritt in der Milchleistung dazu, dass die Behandlungsrate in einer 100er Kuhherde genetisch jährlich um einen Mastitisfall zunehmen wird.

Auch in norwegischen Selektionsexperimenten konnte deutlich gezeigt werden, dass eine alleinige Selektion auf hohe Leistung zu mehr Behandlungen wegen Eutererkrankungen führt. Zu Beginn des Versuches lag die Behandlungsfrequenz bei 10 Prozent, nach 11 Jahren Selektion auf Leistung mussten mehr als 25 Prozent der Kühe aufgrund von Mastitis behandelt werden (HERINGSTAD et al., 2003).

Für andere Krankheitskomplexe sind die Zusammenhänge zwischen Leistung und Gesundheit nicht so klar belegt, die Ergebnisse weisen aber in die gleiche Richtung. Eine gleichzeitige züchterische Bearbeitung von Leistungs- und Gesundheitsmerkmalen erscheint für die Zukunft also dringend erforderlich.

Möglichkeiten der Erfassung von Behandlungsdaten

Das Gesetz schreibt heute für alle Milchvieh haltenden Betriebe zwingend ein Bestandsregister vor, in dem alle Behandlungen einzeltierbezogen dokumentiert werden müssen. Allerdings sind diese Aufzeichnungen bisher nicht für die Leistungsprüfung nutzbar, weil ein einheitlicher Schlüssel fehlt, mit dessen Hilfe die Behandlungen eindeutig einem Komplex zugeordnet werden können. Heute ist jedoch ein derartiger Schlüssel verfügbar und wird in Managementprogrammen verwendet. Außerdem sind die Behandlungsinformationen auf vielfältige Weise gespeichert (Papier, Excel, Programm) und werden zum Teil nicht vom Landwirt geführt, sondern von seinem Tierarzt oder auch einem Berater. In keinem Fall hat der Landeskontrollverband die Möglichkeit, diese Daten zu nutzen; sie finden zurzeit nur für sanktionsauslösende Überwachungsmaßnahmen Verwendung.

Eine Integration von Behandlungsmaßnahmen in die Leistungsprüfung ist nur möglich, wenn von den beteiligten Betrieben ein gleicher Schlüssel für die Erfassung genutzt würde und ein zentrales internetbasiertes EDV-System existierte, in das diese Daten sofort nach der Behandlung eingegeben würden. Wenn diese Rahmenbedingungen vorhanden sind, ist eine Erfassung von Behandlungen in Betrieben, die sich zu einer Mitarbeit in einem derartigen Programm entschließen, durchaus möglich.

In einer vom Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Universität Kiel und den Zuchtverbänden der Nord-Ost Genetic GmbH durchgeführten Pilotstudie werden solche Behandlungsmaßnahmen bereits seit 1998 auf drei Betrieben mit einem Gesamtbestand von ca. 3.000 Kühen protokolliert. Diese werden dann einem der Behandlungskomplexe Mastitiserkrankungen, Stoffwechselstörungen, Fruchtbarkeitsstörungen sowie Klauen- und Gliedmaßenkrankungen zugeordnet. Im Zeitraum 1998 bis Ende 2003 konnten 9300 Laktationen von Kühen in die Auswertung einbezogen werden.

Da in den beteiligten Betrieben gezielt Nachkommen (ca. 80-90 Töchter) von Bullen erzeugt wurden, können sowohl die Erblichkeiten der Merkmale analysiert als auch Zuchtwerte für die einzelnen Merkmale ausgewiesen werden. Die Behandlungsfrequenzen als prozentualer Anteil befallener Laktationen sind in der Tabelle 1 dargestellt. Es zeigte sich, dass die meisten Behandlungen im Komplex der Fruchtbarkeitserkrankungen durchgeführt wurden, gefolgt von Mastitiden. Stoffwechselstörungen oder Klauen- und Gliedmaßenkrankungen kamen in 13 bis 14 Prozent der Laktationen vor.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über ein ähnliches Datenmaterial aus einer Studie aus den USA, an der sich insgesamt mehr als 300 Betriebe beteiligten, und ca. 75.000 Laktationen ausgewertet werden konnten.

Tabelle 1: Behandlungsfrequenzen in den Erkrankungskategorien

Kategorie	Laktationen mit Behandlung (%)
Mastitis	44
Stoffwechsel	14
Fruchtbarkeit	51
Klauen und Gliedmaßen	13

Tabelle 2: Behandlungsfrequenzen in den Erkrankungskategorien – USA

Kategorie	Laktationen mit Behandlung (%)	Herden mit Information (%)
Mastitis	20	59
Labmagenverlagerung	3	83
Ketose	10	47
Lahmheit	10	36
Zyklusstörungen	8	41
Metritis	21	65

Quelle: ZWALD et al. (2004)

Im Vergleich zu den Behandlungsfrequenzen in den deutschen Herden liegen die Werte für die amerikanischen Herden auf einem niedrigeren Niveau. Allerdings mussten in dieser Untersuchung je nach Merkmal bis maximal 64 Prozent (Merkmal Lahmheit) der Herden von der Analyse wegen mangelnder Datenqualität ausgeschlossen werden. Diese Werte zeigen deutlich, dass Betriebe, die an einem derartigen Erfassungssystem teilnehmen, nach der Bereitschaft zur Datenerhebung ausgewählt werden müssen, um eine hohe Erfassungsqualität zu gewährleisten.

Erblichkeit von Behandlungsfrequenzen

Merkmale lassen sich züchterisch nur bearbeiten, wenn sie eine erbliche Disposition aufweisen. In Tabelle 3 sind die Heritabilitätswerte für die einzelnen Behandlungsmaßnahmen vergleichend für die deutsche und die amerikanische Studie aufgeführt. Die Behandlungen gegen Eutererkrankungen und Stoffwechselstörungen weisen Heritabilitäten von 8 bis 9 Prozent auf, während die Maßnahmen gegen Fruchtbarkeitsstörungen und Lahmheiten nur zu etwa 4 Prozent erblich sind. Auch in vielen anderen Untersuchungen wird darauf hingewiesen, dass Merkmale im Bereich der Erkrankungen deutlich niedrigere Erblichkeiten im Vergleich zu Produktionsmerkmalen aufweisen.

Allerdings sind diese Merkmale durch eine erhebliche genetische Varianz zwischen Nachkommengruppen gekennzeichnet, die eine Selektion von genetisch überlegenen Vätertieren möglich macht. Da die Höhe der Erblichkeit auch immer von der Genauigkeit der Datenerfassung abhängig ist, machen auch diese Werte deutlich,

Tabelle 3: Heritabilitäten der Erkrankungskategorien (Schwellenwert-Vatermodell, 1.-3. Laktation)

Kategorie	Projekt Deutschland	USA
Eutererkrankungen	0,08	0,09
Stoffwechsel, Ketose	0,08	0,06
Klauen/Lahmheit	0,04	0,06
Fruchtbarkeit	0,04	0,05

Quellen: HARDER und BENNEWITZ (2005); ZWALD et al. (2004)

dass man in ein System zur Nutzung von Behandlungsdaten nur Betriebe einbeziehen sollte, die eine exakte Datenerfassung garantieren.

Die Höhe der Erblichkeiten und die vorgefundene genetische Variation sind für eine Zucht auf Krankheitsresistenz ausreichend.

Zuchtwertschätzung für Behandlungsfrequenzen

In Tabelle 4 sind die geschätzten Zuchtwerte für die Behandlungsfrequenzen der verschiedenen Merkmale aus der amerikanischen Untersuchung für die zehn besten und zehn schlechtesten Vererber dargestellt. Es lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den Zuchtwerten der Bullengruppen feststellen. Im Merkmal Mastitisbehandlungen haben die besten Vererber einen Zuchtwert für die Behandlungsfrequenz von 13 Prozent gegenüber einem Zuchtwert von 26 Prozent im Mittel der zehn schlechtesten Vererber. Die phänotypisch beobachteten mittleren Behandlungsfrequenzen der Töchter sind in der unteren Tabellenhälfte angegeben. Von den Töchtern der besten zehn Vererber werden im Mittel neun Prozent behandelt, während die Töchter der schlechtesten Vererber eine Behandlungsfrequenz von fast 35 Prozent aufweisen. Die weiteren in der Tabelle angeführten Merkmale zeigen ähnlich hohe Differenzen zwischen guten und schlechten Vererbern, sowohl in den Zuchtwerten als auch bei den mittleren Behandlungsfrequenzen der Töchter auf der phänotypischen Ebene.

Tabelle 4: Zuchtwerte für Behandlungsfrequenzen (Bullen) und mittlere phänotypische Behandlungsfrequenzen (Töchter) – USA

	Ketose	Mastitis	Lahmheit	Fruchtbarkeitsstörungen
Zuchtwert (%)				
10 besten Bullen	6,3	12,9	7,7	5,2
10 schlechtesten Bullen	13,2	25,9	13,1	9,1
Behandlungsfrequenzen (% Laktationen)				
10 besten Bullen	6,6	8,7	5,1	3,2
10 schlechtesten Bullen	12,2	34,6	9,1	6,7

Quelle: ZWALD et al. (2004)

Ähnliche Auswertungen wurden auch in der deutschen Pilotstudie durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 5 aufgeführt sind. Die Zuchtwerte für die besten und schlechtesten Bullen sind hier jedoch als prozentuale Abweichungen vom Mittelwert in positive und negative Richtung ausgewiesen. Genetisch weichen die Töchter der besten Bullen um neun Prozent vom Mittel der Behandlungsfrequenzen gegen Mastitiden ab, während die schlechtesten Vererber um zehn Prozent nach oben abweichen. Die phänotypischen Behandlungsfrequenzen unterscheiden sich wiederum deutlich zwischen den Bullengruppen. Die Nachkommen der besten Vererber weisen in 29 Prozent der Laktationen eine Behandlung gegen Mastitis auf, während fast die Hälfte der Töchter der schlechtesten Vererber gegen Mastitis behandelt werden.

Auch in anderen Behandlungskomplexen lassen sich deutliche Unterschiede zwischen guten und schlechten Vererbern sowohl auf der genetischen als auch auf der phänotypischen Ebene feststellen.

Tabelle 5: Zuchtwerte für Behandlungsfrequenzen (Bullen) und mittlere phänotypische Behandlungsfrequenzen (mind. 75 Töchter je Bulle) - Deutschland

	Stoffwechsel	Mastitis	Lahmheit	Fruchtbarkeitsstörungen
	Zuchtwert (% Abweichung vom Mittel)			
10 besten Bullen	-12	-9	-7	-5
10 schlechtesten Bullen	+14	+10	+5	+5
	Behandlungsfrequenzen (% Laktationen)			
Mittelwert	14	44	13	51
10 besten Bullen	6	24	9	46
10 schlechtesten Bullen	17	49	13	64

Quelle: HARDER und BENNEWITZ (2005)

Die Sicherheiten der Zuchtwerte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Töchterzahlen sind in Tabelle 6 dargestellt. Daraus ist die notwendige Anzahl Töchter für die Nachkommenschaftsprüfung abzuleiten. Die Sicherheit der Zuchtwerte hängt sehr stark von der Heritabilität ab. So sind sichere Zuchtwerte für Behandlungsfrequenzen gegen Mastitis anhand von mindestens 100 bis 120 Töchtern zu schätzen. Für sichere Zuchtwerte der Behandlungsfrequenzen gegen Fruchtbarkeitsstörungen sind etwa Töchtergruppen in einer Größe von 150 bis 160 Tieren erforderlich.

Zusammenfassung

Aufgrund der genetischen Zusammenhänge zwischen Leistungssteigerung und Erkrankungshäufigkeiten, die für die Mastitis in mehreren Studien sicher nachgewiesen werden konnte, und der Forderung nach problemlosen Kühen der Milchviehhalter sind Behandlungsfrequenzen in

Tabelle 6: Sicherheiten der Zuchtwerte in Abhängigkeit von der Anzahl der Töchter (direkt im Schätzlauf berechnet)

	Sicherheit der Zuchtwerte (R^2 in %)	
Töchter je Bulle	Mastitis	Fruchtbarkeit
50	50	31
100	70	46
160	84	71

Quelle: HARDER und BENNEWITZ (2005)

Zukunft gezielt für Selektionsentscheidungen zu nutzen. Dabei sind die wirklichen Zielmerkmale wie z. B. weniger Behandlungen gegen Klauenerkrankungen, den etablierten Hilfsmerkmalen im Bereich der Exterieurbeurteilung vorzuziehen.

Die Erfassung von Behandlungsfrequenzen erfordert eine eindeutige Zuordnung der einzelnen Behandlungsmaßnahme zu einer Schlüsselkategorie wie Mastitis oder Stoffwechselstörung. Derartige Schlüssel sind heute entwickelt und können genutzt werden. Die im Rahmen des gesetzlich vorgeschriebenen Bestandsregisters dokumentierten Behandlungsmaßnahmen sind zurzeit nicht für die Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung nutzbar, da sie in vielfältiger Form vorliegen und nicht mit vertretbarem Aufwand der weiteren Verarbeitung zugeführt werden können. Die Entwicklung von serverbasierten Lösungen, die dem Landwirt die Dokumentation erleichtern, sind dringend voranzutreiben und unverzichtbar, um Behandlungsdaten zu nutzen.

Die Ergebnisse von Pilotstudien zeigen deutlich, dass die Merkmale der Behandlungsfrequenzen eine erbliche Disposition aufweisen. Bei Töchterzahlen von 100 bis 150 Tieren je Vererber können sichere Zuchtwerte ausgewiesen werden, die den Landwirten in den einzelnen Erkrankungskategorien Vererber zur Verfügung stellen, deren Töchter eine niedrigere Behandlungsfrequenz erwarten lassen.

Literatur

- HARDER, B., J. BENNEWITZ (2005): Persönliche Mitteilungen
 HERINGSTAD, B., G. KLEMETSDAL, T. STEINE (2003): Selection Responses for Clinical Mastitis and Protein Yield in Two Norwegian Dairy Cattle Selection Experiments. J. Dairy Sci., 86: 2990-2999
 ZWALD, N. R., K. A. WEIGEL, Y. M. CHANG, R. D. WELPER, J. S. CLAY (2004): Genetic Selection for Health Traits using Producer-Recorded Data. I. Incidence Rates, Heritability Estimates and Sire Breeding Values. J. Dairy Sci., 87: 4287-4294

Anschrift der Verfasser

Institut für Tierzucht und Tierhaltung
 Christian-Albrechts-Universität
 Olshausenstr. 40
 24098 Kiel

E-Mail: wjunge@tierzucht.uni-kiel.de

Über die Bedeutung des „Riechens“

Victoria von Grafenstein (Cuxhaven)

Beim „Riechen“ handelt es sich um eine Sinneswahrnehmung, die in der Vergangenheit wenig erforscht und stiefmütterlich behandelt wurde. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass der Geruchssinn unter den fünf Sinnen nicht als „niederer Sinn“ einzustufen ist. Beim Menschen wurde dieser schon als der verlorene Sinn bezeichnet. Es ist wissenschaftlich belegt, dass im Laufe der Evolution zwei Drittel der Riechrezeptoren beim Menschen im Vergleich zu anderen höheren Säugetieren (z. B. Affen, Katzen, Hunde) verkümmerten. Für die Erforschung wichtiger wissenschaftlicher Grundlagen über das Riechen erhielten im Jahr 2004 Richard Axel und Linda Buck den Nobelpreis (AXEL und BUCK, 2004). Darüber hinaus wurde inzwischen nachgewiesen, dass die Riechrezeptoren die größte Genfamilie im menschlichen Genom darstellen. Die Rezeptoren kommen nicht nur in der Nase vor, sondern auch in der Zellmembran von Spermien (SPEHR et al., 2004). Diese Entdeckung könnte weit reichende Bedeutung erlangen.

Riechen mit der Nase

Alles was duftet, gibt flüchtige Moleküle in die umgebene Luft ab. Diese Substanzen werden durch die Atemluft über die Nase sowie über die Luft im Mund- und Rachenraum zu dem in der Nase liegenden Riechepithel transportiert. Dort werden sie von den Proteinen im Nasenschleim zu den feinen Sinneshärchen der Riechzellen befördert. In der Zellmembran dieser Härchen befinden sich spezialisierte Proteine, die Riechrezeptoren. An einer kleinen Fläche auf dem Rezeptor kann das Geruchsmolekül andocken, vorausgesetzt beide passen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip zusammen. Wenn diese zusammen gehören, verändert sich die Struktur des Rezeptors, so dass im Zellinneren ein Signalstoff aktiviert wird, der wieder andere aktiviert und so weiter. Am Ende wird in großer Menge ein so genannter Botenstoff (zyklisches Adenosinmonophosphat, cAMP) produziert, durch den sich die Kanäle des Rezeptors öffnen. So können positiv geladene Natrium- und Kalziumionen in die Zelle eintreten. Diese wird immer positiver und dadurch immer mehr in Erregung versetzt bis ein Signal als elektrischer Impuls entlang des Nervenfortsatzes direkt ins Gehirn geleitet wird.

Verteilt über fast alle Chromosomen gibt es 347 funktionsfähige Gene für Riechrezeptoren, die 347 verschiedenen Duftmoleküle erkennen können. Mischungen von Molekülen werden als zusätzliche Noten registriert, so dass etwa eine Million verschiedene Düfte wahrgenommen werden können.

Funktionen des Riechens

Alle Lebewesen sind für ihr Überleben auf die chemorezeptive Prüfung der Umwelt angewiesen:

- bei der Suche nach Nahrungsquellen und der Prüfung des Qualitätszustands der aufzunehmenden Nahrung in Verbindung mit dem Geschmackssinn und der visuellen Kontrolle,
- zur Identifizierung von Artgenossen und Feinden zur Vermeidung potenzieller Lebensgefahren,

- bei der Kommunikation und beim Sozialverhalten wie auch bei der Orientierung.

Gemäß neueren Forschungsergebnissen an Mäusen entscheidet der Geruchssinn durch das Aussenden von Sexuallockstoffen (Pheromone), die bei den meisten Säugetieren über das chemosensorische Epithel in der Nasenhöhle wahrgenommen werden (RÜLICHE, 2002), auch über die Wahl des Sexualpartners. Inwiefern der „Geruchssinn“ auch bei der menschlichen Fortpflanzung eine Rolle spielt, wurde am Lehrstuhl für Zellphysiologie an der Ruhr Universität Bochum erforscht. Dabei wurden auch einige neue Funktionen von Riechrezeptoren aufgedeckt, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Der „Geruchssinn“ der Spermien

SPEHR und Mitarbeiter (2004) konnten erstmals nachweisen, dass in der Spermienmembran Riechrezeptoren (u. a. hOR17-4) vorkommen, die auch im Riechepithel der Nase zu finden sind. Die Wegfindung der Spermien läuft dabei nach folgendem Schema ab:

Die Eizelle reift in den Follikeln in einer wässrigen Lösung heran. Nach dem Platzen des reifen Follikels gelangt das Ei in den Eileiter, zusammen mit etwas Follikelflüssigkeit. In einem Test wurde festgestellt, dass der entdeckte Rezeptor im Spermium durch diese Flüssigkeit aktiviert werden konnte. Die Schlussfolgerung ist, dass die Flüssigkeit einen Duftstoff beinhaltet und dieser als chemisches Signal dient. Beim Andocken des Duftmoleküls an den Rezeptor des Spermiums werden nun die gleichen Vorgänge ausgelöst wie beim Riechen mit der Nase. Der entstandene elektrische Impuls aktiviert Ionenkanäle (Kalzium) im Anfangsteil des Spermiumschwanzes, so dass sich die Geißelbewegungen erhöhen und als Antriebsmotor für das Spermium wirken. Deshalb wird die eine Zelle von der anderen angezogen, ohne dass die Signale durch ein Gehirn gedeutet werden müssen. Dies ist ein neuer molekularer Erklärungsansatz für die Wegfindung der Spermien.

Mit Hilfe modernster Technik in der Molekularbiologie gelang es SPEHR und seinem Forscherteam, ein genaues molekulares Duftprofil herzustellen. Als höchst wirksame Düfte stellten sich Bourgeonal und Zyklamal heraus. Diese beiden Substanzen sind charakteristisch für den Duft von Maiglöckchen und werden deshalb auch in großen Mengen für die Riechstoffindustrie hergestellt.

Die Wege der Samenzelle und der Eizelle sind im Eileiter entgegengesetzt, d. h. sie bewegen sich aufeinander zu. Idealerweise treffen sie sich im ersten Abschnitt des Eileiters. Man geht davon aus, dass Zufallstreffer sehr unwahrscheinlich sind. Von 300 Millionen Spermien schaffen es nur 200 bis 300 Spermien durch Muttermund und Gebärmutter. Die Überlebenden müssen weiter durch den Eileiter und dann mit Präzision auf die Eizelle treffen. Durch die chemischen Substanzen, die von der Eizelle abgegeben werden, lässt sich ein gezieltes Zusammentreffen der Zellen in den Weiten des Eileiters erklären.

Durch jahrelanges Untersuchen des Riechsystems gelang es SPEHR und seinen Mitarbeitern einige Riechrezeptoren aus dem menschlichen Genom zu isolieren und

zu charakterisieren. Unter anderen wurde der Rezeptor für Maiglöckchenduft identifiziert, der auch im Hodengewebe nachgewiesen wurde.

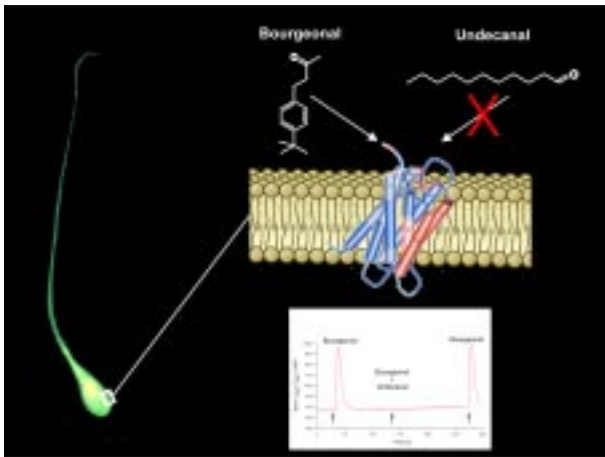
Warum befinden sich Riechrezeptoren im Hoden?

Zur Klärung dieser Frage wurden die Spermien genauer auf die in Frage kommenden Rezeptoren untersucht. Schließlich konnten Rezeptoren identifiziert werden, die in Anwesenheit eines Maiglöckchen-ähnlichen Dufts einen verräterischen Kalziumanstieg induzierten. Dieser Vorgang ließ sich durch eine Farbreaktion in den Zellen nachweisen. Nun fehlt nur noch der Nachweis dieser Substanz in der Follikelflüssigkeit oder in der näheren Umgebung der Eizelle. Daraus ließe sich dann ableiten, dass die Spermien ihr Ziel, die Eizelle, über Duftsignale lokalisieren.

Düfte und Fertilitätsstörungen

Genauso interessant ist der Befund, dass es auch hemmende Duftmoleküle gibt, die selektiv nur den Rezeptor für den Maiglöckchenduft hemmen. Zum Beispiel ist in Gegenwart von Undecanal ($C_{11}H_{22}O$), das fruchtig riecht, kein Maiglöckchenduft wahrzunehmen, und die elektrischen Impulse in der Riechschleimhaut finden nicht mehr statt. Dieses Duftmolekül wirkt in diesem Fall wie ein Schlüssel, der in das Schloss passt, es aber nicht aufschließen kann. Außerdem wird das Schloss für andere Schlüssel blockiert (vergl. Abb. 1).

Abbildung 1: „Riechblockade“ am Beispiel der Zellmembran eines menschlichen Spermiums



Quelle: SPEHR et al. (2003)

Welche Anwendungen ergeben sich aus der Erforschung der Riechrezeptoren?

Durch den Nachweis der Existenz und der Funktion von Riechrezeptoren in der Zellmembran der menschlichen Spermien könnten in Zukunft Fertilitätsstörungen durch einen einfachen Riechtest diagnostiziert werden. Wird ein genetischer Fehler des entsprechenden Rezeptors festgestellt, soll die Wahrnehmung für das relevante Geruchsmolekül weder im Riechepithel der Nase noch in den Spermien zu finden sein. Die Forscher vermuten, dass dies ein Verschmelzen der Eizelle und der Samenzelle sehr unwahrscheinlich macht. Wenn es gelingt, weitere in Spermien vorkommende Riechrezeptoren mit ihren Funktionen zu erforschen, könnten damit anhand der entspre-

chenden Düfte weitere Ursachen einer Unfruchtbarkeit erkannt werden. Die Verwendung von Lockstoffen könnte dann von großer Bedeutung für eine erfolgreiche in vitro-Fertilisations-Therapie werden, um damit nicht erfüllte Kinderwünsche zu ermöglichen. Andererseits erscheint es möglich, durch den Einsatz von blockierenden Düften eine neue empfängnisverhütende Therapie zu entwickeln, die für Frauen nicht belastend und hormonfrei ist.

Mit Hilfe von hemmenden Geruchsmolekülen, die selektiv Rezeptoren blockieren, eröffnet sich auch die Möglichkeit, unangenehme Gerüche in der Umgebung selektiv zu blockieren (z. B. durch das Zuhalten der Nase), ohne den gesamten Geruchssinn „auszuschalten“. Über diese Möglichkeit würde sich so mancher Industriearbeiter freuen.

Diese Entdeckungen könnten in Zukunft weit reichende Folgen für das menschliche Leben haben, uns aber auch in kleinen alltäglichen Situationen Erleichterungen bringen. Wir können gespannt sein, was die zukünftige Forschung und Entwicklung uns für Anwendungen bringen wird.

Neben den spektakulären neuen Entdeckungen in der Wissenschaft über die Funktion der Riechrezeptoren bei der Fortpflanzung kann aber auch kein Lebewesen auf die Aufgabe dieser Rezeptoren in der Nase bei der Nahrungsaufnahme verzichten. Alle bekannten Lebewesen sind für ihr Überleben auf die chemorezeptive Prüfung der Umwelt angewiesen. Die Suche nach Nahrungsquellen und die Prüfung des Qualitätszustands der aufzunehmenden Nahrung werden gemeinsam durch den Geruchs- und Geschmackssinn ermöglicht. So ist es auch zu erklären, dass bei der industriellen Herstellung von Lebens- und Futtermitteln der Zusatz von Aromastoffen schon beinahe Standard ist. Auf diese Weise können bereits vorhandene natürliche Aromakomponenten betont oder fehlende Elemente gezielt ergänzt werden. Durch die Kreation neuer Aromakompositionen auf der einen Seite und die Standardisierung gewohnter und beliebter Aromaprofile auf der anderen Seite wird Mensch und Tier die Nahrung schmackhaft gemacht.

Literaturverzeichnis

- BUCK, L., AXEL, R. (2004): Der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 2004, <http://www.nobelpreis.org/medizin/buck.htm>
- SPEHR, M., G. GISELMANN, A. POPLAWSKI, J.A. RIFFELL, C.H. WETZEL, R.K. ZIMMER, H. HATT (2003): Identification of a testicular odorant receptor mediating human sperm chemotaxis. *Science* 299: 2054-2058
- SPEHR, M., K. SCHWANE, S. HEILMANN, G. GISELMANN, T. HUMMEL, H. HATT (2004): Dual capacity of a human olfactory receptor. *Current Biology* Vol. 14, Issue 19: R832-R833
- RÜLICHE, T. (2002): MHC-korrelierte sexuelle Selektion bei Mäusen und Menschen: Mechanismen und Beispiele. *Lohmann Information* 4/2002, S. 19-26

Anschrift der Autorin

Victoria von Grafenstein
Heinz-Lohmann-Straße 4
27472 Cuxhaven

E-Mail: victoria.von.grafenstein@lah.de

Die Viehhaltung, der „Erstick-Stoff“ und die Natur

Prof. Josef H. Reichholf (München)

1. Einleitung: Menschen, Rinder und andere Nutztiere

Welche Eindrücke würde wohl ein außerirdischer Besucher beim ersten Betrachten der Erde gewinnen? Gewiss würde er feststellen, dass es sich um einen von Zweibeinern stark geprägten Planeten handelt, auf dem Technik und Verkehr fast überall an Land und zu Wasser vorherrschen. Ebenso sicher müssten Außerirdische bemerken, dass die Landflächen im Tropengürtel beiderseits des Äquators und darüber hinaus alljährlich weithin brennen. Sie könnten die Erde deshalb den „flambierten Planeten“ nennen. Schließlich würden sie finden, dass die auffälligsten und in ihrem Gewicht bedeutsamsten Lebewesen, die sich auf den Ländereien befinden und fortbewegen (können), kräftige vierfüßige Tiere mit breiter, weicher Schnauze und „sanftem Blick“ sind. Ja richtig, nicht die rastlosen, fast allgegenwärtigen Zweibeiner, die Menschen, nähmen mit ihrer Kopffzahl von mehr als 6 Milliarden den ersten Rang ein, sondern die rund 1,5 Milliarden Rinder. Denn Rinder sind ganz erheblich schwerer als Menschen. Sogar die Milliarde Schweine übertrifft das Lebendgewicht aller Menschen weltweit. Die Schafe würden mit ähnlicher Gesamtzahl wie die Schweine in der Rangfolge nach den Menschen kommen. Zusammen übertreffen in der Globalbilanz die Rinder, Schweine und Schafe das Lebendgewicht aller Menschen um das Drei- bis Fünffache. Was bedeutet das? Handelt es sich um bloße Zahlenspielerereien in einer Welt, die voller ernster Probleme steckt? Sehen wir uns dazu die entsprechenden Verhältnisse im statistisch bestens erfassten Deutschland an.

Mit 357.000 km² Fläche nimmt Deutschland global den 61. Rang unter den Staaten ein. Der Bevölkerungszahl von 82 Millionen Menschen nach jedoch liegt unser Land auf Platz 12. Es ist also dicht besiedelt, nämlich mit rund 230 Menschen pro Quadratkilometer. Das bevölkerungsreichste Land, China, bringt es auf eine nur halb so hohe Siedlungsdichte an Menschen und die Nummer 2, Indien, auf ein Viertel mehr, nämlich 290 pro Quadratkilometer. Gewiss, es gibt weitere, insbesondere kleinere Länder mit erheblich höherer Siedlungsdichte an Menschen, doch liegen diese dann am Meer, wie Bangla Desh oder die Niederlande. Unter den Flächenstaaten nimmt Deutschland in der Tat eine Spitzenposition bei der Bevölkerungsdichte ein. Diese Gegebenheit hat zwei ganz wesentliche Konsequenzen: Ein Staat wie Deutschland tut sich schwer mit der Eigenversorgung an Nahrungsmitteln, und mit der Gesamtheit der Lebenstätigkeiten und dem Wirtschaften seiner 82 Millionen Menschen wird das eigene Land und sein Naturhaushalt (sehr) stark belastet. Insofern drücken solche statistischen Vergleichszahlen durchaus entscheidend wichtige Grundgegebenheiten aus. Diese müssen beachtet werden, um die damit verbundenen Probleme lösen zu können. Denn Probleme gibt es wirklich viele. Das wurde uns in den letzten Jahrzehnten deutlich gemacht, und es waren insbesondere auch die Umweltprobleme, welche die Politik der jüngeren Vergangenheit bis in die Gegenwart prägten.

Doch nicht allein die Menschen ganz unmittelbar verursachen Probleme. Das tun selbstverständlich auch die Nutztiere. Und diese weisen in Deutschland ein noch größeres „Übergewicht“ als global auf. Denn es leben hier rund 23 Millionen Schweine, 1,4 Millionen Rinder, Hunderte Millionen Hühner und große Mengen anderer Nutz-

tiere. Und wenn die Nutztiere auch „nur“ etwa das dreifache Lebendgewicht aller Menschen in Deutschland ausmachen, so liegt ihr „Umsatz“ weitaus höher, weil sie in sehr kurzer Zeit herangemästet werden. Viel schneller soll ihre Gewichtszunahme verlaufen als beim Menschen. Dieser Umstand unterscheidet etwa die Rinder Indiens und die Schweine Südostasiens außerordentlich stark von unseren hier, weil jene kaum eine „Zufütterung“ von den Menschen erhalten oder nur die anfallenden Essensreste. Eine „Heilige Kuh“ ist in Indien gleichsam „umweltneutral“ einzustufen, weil sie sich von dem ernährt, was sie selbst an fast verdorrttem Gras oder sonstigen, gerade noch von Rindern verwertbaren Pflanzenstoffen findet. Sie gibt dabei auch nicht mehr „Abgase“ von sich als die Termiten erzeugten, würde nicht die Kuh die Pflanzenstoffe verwerten, sondern diese Insekten. Und nachdem ihr Dung von den Menschen zur Feuerung oder zur Mischung mit Lehm verwertet wird, mit dem Hütten gebaut werden, bleiben die direkt vom Land aufgenommenen Stoffe im Naturkreislauf oder sie werden sogar ein wenig verzögert wieder in die Ausgangsstoffe, vor allem in Kohlendioxid, zurück geführt. Was die Kuh für die Menschen - unter Umständen jahrelang - liefert, ist etwas Milch. Somit können die mehr als 180 Millionen Heiligen Kühe Indiens in der Tat als „umweltneutral“ angesehen werden.

Doch was für die „Heiligen“ gilt, das verhält sich ganz anders bei den „profanen Kühen“ unserer Viehweiden und Ställe. Darin steckt das eigentliche Problem, nämlich auf welche Weise und von welchen Flächen wie viel Vieh ernährt wird. Das ist beim Menschen grundsätzlich nicht so anders. Von den 82 Millionen Deutschen lebt nur ein ganz geringer Teil, nämlich inzwischen weniger als ein Prozent der Bevölkerung, direkt von der Produktion des eigenen Landes, von der Landwirtschaft. 99 Prozent sind darauf angewiesen, die Nahrung zu kaufen, die von anderen Menschen an anderen Orten erzeugt worden ist. Wir nennen dies arbeitsteilig und wir finden nichts daran aussetzen, dass dies so ist - zumal in einem Industrieland, das zu den drei führenden weltweit gehört. Da geht es vornehmlich um industrielle Produktion, um Exporte und um Kapitalmärkte als „Ressourcen“, nicht um Land, um Landflächen oder - wie es noch vor einem Dreivierteljahrhundert hieß und eine Art von Rechtfertigung für den großen, expansiven Krieg gewesen war - um „Lebensraum“. Produktion (von Nahrung) und Verbrauch finden im Wesentlichen längst nicht mehr auf gleicher Fläche statt. Das hat zur Folge, dass Transport und Verteilung heute eine unter Umständen weit größere (wirtschaftliche) Rollen spielen als die Produktion selbst. Für die Verbraucher ergeben sich aus diesem System die bekannten (und begehrten) „Schnäppchen“ im Preis äußerst günstiger Nahrungsmittel.

Für die Grundversorgung mit Nahrung muss inzwischen weniger als ein Viertel des Einkommens ausgegeben werden. Vielfach kommt das Autofahren teurer als das Essen. Woher die Produkte stammen, entzieht sich nicht selten der direkten Beurteilung durch die Verbraucher, weil die Grundnahrungsmittel bekanntlich nicht so etikettiert sind wie etwa der Flaschenwein. Es führen höchst verschlungene Pfade zum Endprodukt, das in die Regale und Fleischtheken der Supermärkte gelangt. Auch dies ist längst bekannt, durch umfangreiche, beständig fortgeschriebene Statistiken belegt und eines der Kennzeichen

einer nach wie vor im Überfluss lebenden Konsumgesellschaft. Gelegentliche Pannen und Proteste bewirken kaum mehr als ein hohles Echo in den Medien, das schnell verklingt und bedeutungslos wird, weil das Handeln der allermeisten Menschen von einem zentralen Gesichtspunkt bestimmt wird: Was kostet es (mich)?

Was es uns alle indirekt kostet, was es für die Menschheit, für den Globus und für die Natur bedeutet, wird kaum einmal nachgefragt. Denn dieses „es“ ist unser täglich Fleisch. Wir wollen es, wir brauchen es, und wir lassen „es“ uns sehr viel kosten, ohne zu wissen, auf welche andere Weise wir dafür „bezahlen“, Fleisch, tierische Proteine, im Überfluss zu haben. Um diese andere Seite geht es in den nachfolgenden Ausführungen.

2. Futter für den Tierbestand und die Nachhaltigkeit

Die Versorgung des Viehbestandes mit Futter gehört zu den am besten untersuchten Bereichen der Tierproduktion. Zahllose Erfahrungswerte, Experimente und wissenschaftliche Untersuchungen sind vorhanden. Aus ihnen geht hervor, wie viel Futter welcher Art ein Schwein, ein Stück Milchvieh oder die Jungbullenmast benötigen. Darum geht es hier nicht. Die Fragestellung ist vielmehr, woher das Futter kommt. Auf welchen Flächen wächst es heran? Aus welchen Gebieten und über welche Entfernungen wird es transportiert, bis es in die Futtertröge gelangt. Und was geschieht mit den vom Vieh nicht verwerteten Anteilen des Futters, die als Mist und Gülle anfallen? Was bewirken sie?

Die beiden Kernfragestellungen lassen sich ganz stark vereinfacht also so formulieren:

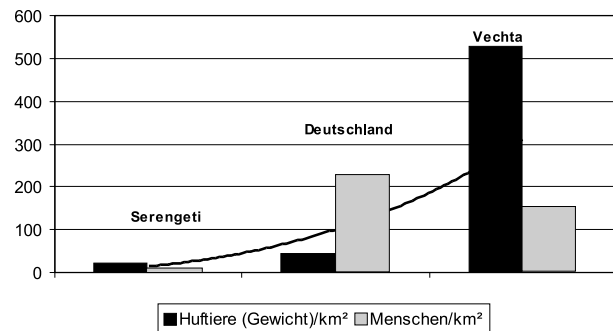
- (1) Wie verhält es sich mit Ein-Satz (Input), Um-Satz (Produktion) und Aus-„Satz“ (Output)?
- (2) Welche Folgen zeitigen die Erzeugung von Tierfutter vor Ort und deren Abfälle nach der Nutzung?

Oder, anders ausgedrückt, wie sehen die gesamtwirtschaftlichen und ökologischen Bilanzen betriebswirtschaftlicher Leistungssteigerungen aus? Die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte, wie Kosten-Nutzen-Bilanzen oder optimierter Einsatz der Mittel als Grundlage eines erfolgreichen Wirtschaftens stehen hier nicht zur Debatte. Daher geht es auch nicht um den „Einsatz“ von Betriebsmitteln oder um die Bewertung von Betriebskosten, sondern um das „Externe“ und seine Wirkungen. Wie sehen diese aus?

Um diese ermitteln und beurteilen zu können, ist es nötig, eine „Bezugsbasis“ zu schaffen. Im Grundansatz unterscheidet sich hierin die ökologische, also auf die Umweltwirkungen bezogene Betrachtungsweise, von der betriebswirtschaftlichen Sicht ganz massiv. Die betriebswirtschaftliche Bewertung geht von Erträgen und Gewinnen aus; also von dem, was nach dem Einsatz der Betriebsmittel gleichsam „herauskommt“. Die ökologische Bewertung hingegen stützt sich auf Zustände und Zustandsveränderungen. Der „moderne“ Begriff heißt bekanntlich „Nachhaltigkeit“. Die Kehrseite gilt als Gesamtheit der „ökologischen Belastungen“ (Abb. 1).

Nachhaltig sei ein Wirtschaften, das langfristig Erträge erzielt, ohne die Grundlagen der Naturnutzung, die Ressourcen, zu schmälern oder zu schädigen. So lautet in Kurzform die gängige Erläuterung von „Nachhaltigkeit“, wie sie als „nachhaltige Entwicklung“ (sustainable development) auf dem so genannten Erdgipfel von Rio de

Abbildung 1: Das Lebendgewicht von Wildtieren, Vieh und Menschen als Grundmaß für die flächenbezogene Belastung des „Naturhaushaltes“



Janeiro 1992 von der Staatengemeinschaft der Erde als allgemeine Zielsetzung beschlossen worden war. Diese Nachhaltigkeit meint jedoch nicht das langfristige Erwirtschaften hoher Erträge allein, kostete es was es wolle, sondern sie bezieht von vornherein die Gesamtkosten (den Gesamtaufwand) mit in die Bewertung ein. Ein Jahrzehnte lang intensiv bewirtschaftetes und sehr ertragreiches Maisfeld ist dann zum Beispiel keineswegs „nachhaltig“, wenn Dünge- und Pflanzenschutzmittel, die mit hohem (externen) Energieaufwand zunächst hergestellt werden müssen, für die Erträge vonnöten sind und wenn die Belastungen von Boden und vor allem auch des Grundwassers, der Oberflächengewässer und der Luft, die von den Rückständen verursacht werden, nicht berücksichtigt sind. Müssten diese Umweltbelastungen ausgeglichen und die Energiekosten in die Maiserträge mit eingerechnet werden, kann sich schnell herausstellen, dass so ein „System“ nicht nachhaltig ist. Dieser Ansatz gilt in gleicher Weise für etwa eine industrielle Produktion - oder eben auch für die Tierproduktion.

Die Schwierigkeit für eine einheitliche (und hinreichend objektive) Bewertung liegt nun aber darin, dass die Festlegung einer Bezugsbasis umstritten ist. Worauf soll sich denn etwa die Produktion von Mais in Europa beziehen, wenn dieser gar nicht hier heimisch war und für ein Maisfeld alle übrigen Pflanzen vom Feld erst vollständig entfernt (und weiterhin ferngehalten) werden müssen? Auf das Grundwasser (oder die Bodenerosion) bezogen, wird es so gut wie immer eine mehr oder minder starke Belastung darstellen und nicht nachhaltig sein können. Landwirtschaft verändert zwangsläufig den Naturzustand. Beurteilungen der Folgen werden daher immer problematisch und umstritten bleiben, weil den Erwartungen, Erträgen und Gewinnen stets Verluste, Kosten und Belastungen gegenüber stehen. Ist somit Nachhaltigkeit nicht viel mehr als ein schöner Wunschtraum von einer heilen Welt? Geht es in der Praxis nicht weit mehr um das sinnvolle und machbare Vermindern oder Vermeiden von Belastungen und Schäden? Genau darum soll es nun in der Betrachtung der Folgen gehen, die von der globalen und nationalen Tierproduktion ausgehen. Und nicht darum, diese „anzuprangern“. Vielmehr soll auf Schwierigkeiten und Folgen hingewiesen werden, deren Bekämpfung und Behebung anstehen.

3. Tierbestand und Flächenbedarf

Greifen wir zurück zu den eingangs angeführten Zahlen zum globalen Nutztierbestand und zu den Verhältnissen in

Deutschland. Was bedeuten solche Angaben, wie 1,5 Milliarden Rinder (einschließlich der südostasiatischen Hausbüffel) weltweit oder 23 Millionen Schweine in Deutschland? Was soll der Vergleich mit dem Lebendgewicht der Menschen? Um hierzu eine erste Vorstellung zu gewinnen, empfiehlt sich ein kurzer Blick auf die so genannten natürlichen Verhältnisse. So lebten im 17. und 18. Jahrhundert auf den Prärien Nordamerikas etwa 60 Millionen Bisons, die „Indianerbüffel“. Unter ihren Hufen erzitterte die Prärie, so lautet eine der gängigen Phrasen zur mit den Büffeln verbundenen Indianerromantik. Die fast vollständige Ausrottung der Bisons durch die Europäer bedeutete die entscheidende Schwächung der Lebensgrundlagen der Prärieindianer und in Verbindung mit Krankheiten, die von den Europäern kamen, schwanden sie wie die Büffel bis fast zur völligen Vernichtung dahin.

Doch dieses markante Stück nordamerikanischer Geschichte hat auch eine Fortsetzung. Die Bisons wurden „ersetzt“. Längst leben weit mehr Rinder (und Menschen europäischen Ursprungs als vordem Indianer) als früher Bisons in den amerikanischen Prärieprovinzen. Gegenwärtig sind es rund 100 Millionen Rinder, die mit ihrem Gesamtgewicht die ehemaligen Bisons wohl um mindestens das Doppelte übertreffen. Zu ihrem Leben brauchen sie wie diese entsprechendes Futter. Hatten die Büffel mit ihren 50 bis 60 Millionen Köpfen wahrscheinlich die natürliche Kapazität des nordamerikanischen Grasmeeres der Prärien ausgeschöpft, so bedurfte es für die Ernährung der verdoppelten Rinderzahl einer entsprechenden Ausweitung der Anbauflächen und einer starken Erhöhung der Flächenproduktion. Dies geschah auf Kosten des Waldes. Das Staatsgebiet der heutigen USA wurde in den zweieinhalb Jahrhunderten der Verminderung und Vernichtung der Bisons weithin entwaldet. Im Vergleich zur „Indianerzeit“ verlor die Waldfläche rund 90 % an Bestand. Gegenwärtig leben in den USA nun im Durchschnitt rund 10 Rinder auf jedem Quadratkilometer. Ist das (zu) viel, in etwa „angemessen“ oder wenig? Bezogen auf die ehemaligen Prärien und die Indianerbüffel entspricht der heutige Durchschnitt im Wesentlichen wohl ziemlich gut den früheren natürlichen Verhältnissen. Der „Preis“ für die Vergrößerung der Kopfzahl (und die Leistungssteigerung an Fleischproduktion) lag in der Vergrößerung der Flächen, die für die Versorgung des Viehbestandes eingesetzt werden müssen. Land wurde direkt oder indirekt (über den Anbau von Futtermitteln) zu Weideland. Es war als Naturland „vorhanden“ und wurde lediglich in der Nutzungsform „umgewidmet“.

Eine solche Umwidmung hatte das „klassische Rinderland“ Argentinien gar nicht erst nötig. Auf den Weiten der Pampa gab es von Natur aus keine Rinder oder Verwandte von ihnen. Die zu den Kamelen gehörigen Guanacos beweideten dieses riesige Grasland ursprünglich in weit geringerer Weise als Rinder das zu tun pflegen. Mit der Einführung von Rindern (und Schafen) aus Europa kurz nach der Entdeckung (Süd)Amerikas durch Kolumbus und mit der Inbesitznahme durch die Spanier entstand fast ganz von selbst in der Pampa Argentiniens und Uruguays ein riesiger Rinderbestand, der in der Kopfzahl durchaus den Indianerbüffeln Nordamerikas gleich kam. Argentinien hat rund 50 Millionen Rinder, das kleine Uruguay über 10 Millionen. Brasilien schloss sich mit erheblicher „Verspätung“ als Rinderland an, holte dafür aber umso schneller auf und ist gegenwärtig global die Nummer 1. Es dürfte sogar Indien übertreffen haben, das jedoch nicht zu vergleichen ist, weil die dortigen Heiligen Kühe, wie schon angeführt, andere Funktionen haben als die Fleischrinder Südamerikas.

An natürlichem Grasland hatte Brasilien jedoch nur mit den nördlichen Ausläufern der Pampa in Rio Grande do Sul und im südlichen Mato Grosso vergleichsweise geringe Flächen zur Verfügung. Wie in Nordamerika, jedoch in anteilmäßig viel größerem Umfang, wurde Weideland durch Rodungen von Wäldern neu geschaffen und nicht einfach, wie in den Nachbarstaaten Uruguay und Argentinien, von natürlichem Grasland übernommen. Pro Quadratkilometer (auf die ganze Landfläche bezogen) gibt es jedoch inzwischen in Brasilien mit etwa 20 Rindern bereits mehr als in Argentinien (18). Das kleine Uruguay aber weist mit seinen 10 Millionen Rindern eine Häufigkeit pro Quadratkilometer auf, die genau der von Indien entspricht (59). Mit Menschen sehr dünn besiedelt, ist Uruguay fast auf ganzer Landesfläche ein wirklich so zu bezeichnendes „reines Rinderland“.

Wir können dieses Land zum Ansatz benutzen, ganz andere „Rinderländer“ vergleichend zu betrachten. Solche nämlich, wo Rinder und andere Weidetiere, die von der natürlichen Produktion der Steppen und Savannen leben, ohne unter Kontrolle von Menschen zu stehen und Nutzungen unterworfen zu sein, „ganz der Natur nach leben“. Das am besten erforschte Gebiet ist in dieser Hinsicht das weite natürliche Grasland der Serengeti (Abb. 1) in Ostafrika (Tansania). Seit rund einem halben Jahrhundert unter Schutz und seit Jahrzehnten einer der bekanntesten Nationalparks der Welt, sind Bestand und Entwicklung der Großtiere der Serengeti besonders gut erforscht. Auf den rund 16.000 Quadratkilometern Fläche lebten Ende des 20. Jahrhunderts etwa 1,5 Millionen Huftiere, die sich vom natürlichen Pflanzenwuchs der Serengeti dauerhaft ernähren. Das macht knapp 100 Stück (oder 20 Tonnen Lebendgewicht) pro Quadratkilometer aus und es entspricht, umgerechnet auf das Durchschnittsgewicht der Rinder der Pampa, in etwa den Verhältnissen von Uruguay. Auf viel kleineren Flächen bringen es die Rinder des produktiven englischen Weidelandes zu ähnlichen Werten. Somit können wir ganz grob davon ausgehen, dass eine solche Häufigkeit von Huftieren mit einem Lebendgewicht von 20 Tonnen pro Quadratkilometer ungefähr der natürlichen Produktivität („Tragkraft“) besten Weidelandes entspricht.

Ohne Menschen und andere Nutzungen auf diesen Weideflächen allerdings, das muss betont werden! Denn die Serengeti ist Nationalpark ohne nennenswerte menschliche Besiedlung und die Bewohner Uruguays konzentrieren sich auf wenige Städte an der Küste (Montevideo mit allein der Hälfte der gut 3,2 Millionen Uruguayer), so dass auf das Land bezogen eine Siedlungsdichte von nicht einmal 5 Menschen pro Quadratkilometer zustande kommt. Unter Abzug der Städte entlang des Uruguay-Flusses sinkt die Siedlungsdichte auf <1 Menschen/km² und entspricht damit in etwa den Verhältnisse in großen Wüsten, wie der Sahara - oder eben der Serengeti.

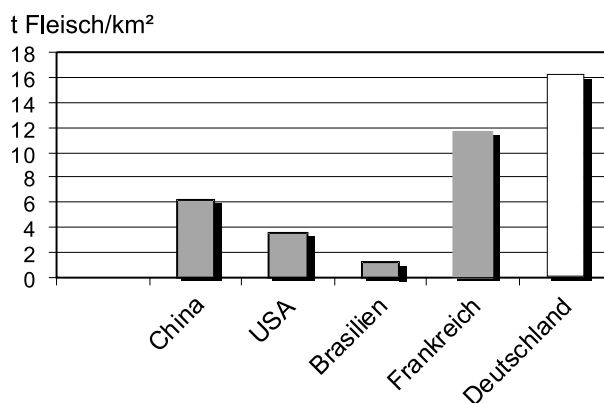
Die Betrachtung der menschlichen Bevölkerung ist natürlich außerordentlich wichtig, da sich hieraus nicht nur das Verhältnis von Überschuss (Rinder pro Menschen) und Bedarf (Fleischimporte ggf.), sondern auch die ökologischen Belastungen ergeben. Ein Huftierbestand, der direkt (und ohne Zufütterung) von der Eigenproduktion der Flächen lebt, auf denen er sich befindet, stellt ökologisch keine Belastung dar. Denn er fügt dem betreffenden Gelände nicht mehr zu als aus ihm selbst stammt! Hierin verhält es sich ganz anders, wenn wir nun Deutschland (und andere Länder der Europäischen Union) betrachten.

4. Nutztierbestände in Deutschland

Vergleicht man nun auf dieser Basis die Zahl der Nutztiere Deutschlands, so kommen Befunde zutage, die an sich gar nicht so überraschend sind (weil die Landwirtschaft das natürlich weiß und praktiziert), aber in ihren Konsequenzen offenbar kaum bedacht werden. In Deutschland leben etwa 44 Rinder und fast 75 Schweine pro Quadratkilometer. Zusammen mit den übrigen Nutztieren übertrifft der Tierbestand die Serengeti (oder Uruguay) um mindestens das Dreifache, bei Berücksichtigung der Intensität der hiesigen Tierproduktion aber um mehr als das Fünffache. Selbst unter günstigsten Bedingungen könnten die Landflächen Mitteleuropas einen derart hohen Tierbestand nicht ernähren. Entsprechend große Mengen an Futtermitteln müssen importiert oder der möglichen Verwertung durch Menschen entzogen und als Futtergetreide eingesetzt werden. Entsprechend hoch sind darüber hinaus die Einsätze an Düngemitteln, um dem Land die hohe Produktivität zu geben, welche die Böden aus eigenem Vermögen (und Recycling) heraus nicht zu erbringen imstande wären. In Zentren der Tierproduktion, wie in manchen Landkreisen Norddeutschland, übersteigen die pro Flächeneinheit vorhandenen und zu ernährenden Tierzahlen die Serengeti um das Zwanzigfache (Abb. 1).

Deutschland als Ganzes übertrifft die USA an Rindern pro Fläche um das Viereinhalbfache, Argentinien um das mehr als Doppelte und wenn die Schweinehaltung mit einbezogen wird, beide um das beinahe Fünffache, Russland, das mit über 17 Millionen Quadratkilometern größte Land, aber um das mehr als 30fache. Sogar Frankreich (37 Rinder/km²) wird von Deutschland noch um ein Fünftel übertroffen; Österreich um fast das Doppelte. An Fleischproduktion insgesamt steht Deutschland an 5. Stelle weltweit, aber an Fläche an 61. Auf die Landesflächen bezogen übertrifft die Fleischproduktion in Deutschland und Frankreich somit die drei Hauptproduzenten ganz erheblich (Abb. 2).

Abbildung 2: Flächenbezogene Fleischproduktion der fünf globalen Haupterzeuger



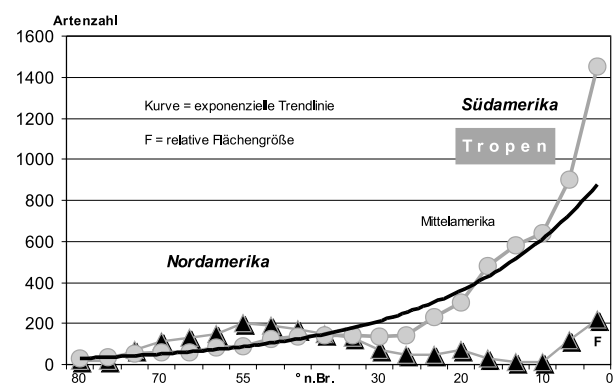
Die hohe Position, die Deutschland und Frankreich in der Fleischproduktion einnehmen, geht jedoch nicht auf Kosten ihrer Getreideproduktion, die mit mehr als 45 Millionen Tonnen (D) bzw. 62 Millionen (F) Ende der 1990er Jahre zu Überschüssen und Exporten geführt hatte. Somit kommt es auch nicht zu einer Art von Kreislauf in der landwirtschaftlichen Gesamtproduktion, bei der lediglich die nicht für den menschlichen Verzehr benötigten Getreidemengen als Viehfutter in die Fleischproduktion ein-

gehen und somit „veredelt“ werden. Große Mengen Futtermittelimporte sind unerlässlich, um diese extrem hohen Produktionsleistungen erbringen zu können. Woher sie kommen und welche Wirkungen sie nach sich ziehen, wird nachfolgend behandelt.

5. Rinder fressen Tropenwälder

Die Tropen sind die mit Abstand artenreichsten Regionen der Erde. Ein Großteil der verschiedenen Arten von Pflanzen und Tieren konzentriert sich in der Tropenwelt; vor allem in den Wäldern der unterschiedlichsten Typen. Im Durchschnitt übertreffen diese die außertropischen Regionen an Artenreichtum pro Fläche um das Zehn- bis Hundertfache (Abb. 3). Der Erhaltung der Biodiversität der Tropen kommt daher eine Schlüsselrolle in der Sicherung der globalen Biodiversität insgesamt zu. Darauf bezieht sich das andere erklärte Ziel der Konvention von Rio 1992 und der Nachfolgekonferenz von Johannesburg 2002, die „Biodiversitätskonvention“. Der Fremdf Flächenbedarf für die Erzeugung der Futtermittel, welche die hoch entwickelte Tierproduktion vor allem in der EU benötigt, kann jedoch längst nicht mehr innerhalb dieses Wirtschaftsraumes (wie in den USA) gedeckt werden, da keine entsprechend nutzbaren Flächen mehr zur Verfügung stehen. So wird Tropenland dafür in Anspruch genommen und Futtermittel von dort in vielen Millionen Tonnen in die EU importiert - damit im „Gegenzug“ die EU wieder Fleischprodukte exportieren kann.

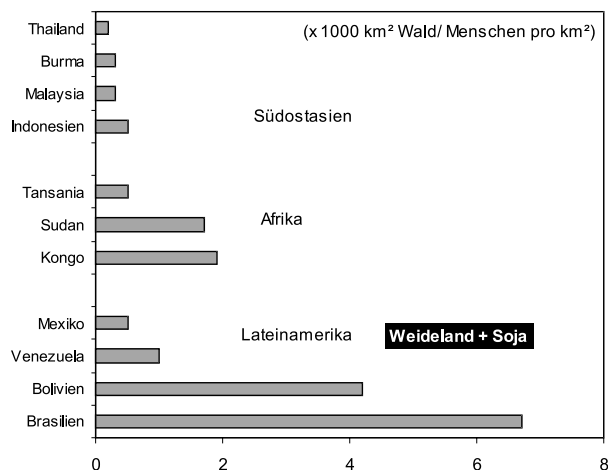
Abbildung 3: Zunahme des Artenreichtums (Biodiversität) zu den Tropen hin, illustriert an der bestuntersuchten Tiergruppe, den Vögeln. Der Anstieg erfolgt noch schneller als in einer normalen Exponentialfunktion. Daraus geht die überragende Bedeutung der Tropen für die Erhaltung der Biodiversität der Erde hervor.



Die politischen und sozialen Dimensionen dieser Vorgänge werden seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert, wogegen die globalen ökologischen Folgen kaum Beachtung gefunden haben. So etwa dass der weitaus größte Teil der in den vergangenen zweieinhalb bis drei Jahrzehnten vernichteten Tropenwälder nicht dem Landbedarf einer (zu rasch) wachsenden Bevölkerung zum Opfer fiel, sondern für Rinderweiden und Anbauflächen für Futtermittel Verwendung fand (Abb. 4). Seit den 1980er Jahren wird in den Tropen und Subtropen alljährlich eine Gesamtfläche von der Größe Australiens abgebrannt. Die Erde ist dann in der Tat der „flammierte Planet“, als den sie sich für Ex-

traterrestrische darstellen würde. Die dabei frei gesetzte Energiemenge übertrifft mit rund 500 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten den gesamten jährlichen Energieumsatz von Deutschland, der drittgrößten Industrienation, ganz beträchtlich. Alle Energie-Einsparmaßnahmen Deutschlands relativieren sich vor diesem Hintergrund zur globalklimatischen Bedeutungslosigkeit! Tatsächlich stiegen auch die Durchschnittstemperaturen im Zuge des gegenwärtigen Klimawandels in den Tropen weit stärker als in den gemäßigten Breiten an. Kein Wunder, denn wo unter Waldbedeckung die Tageshöchstwerte kaum über 30 Grad Celsius ansteigen, nehmen sie auf den gleichen, waldfrei gemachten Flächen um mehr als 10 Grad zu. Gleichzeitig geht das in den Tropenwäldern in Form von Holz längerfristig gebundene Kohlendioxid schlagartig in die Atmosphäre - und zwar im Gegenwert von vielleicht 1000 Tonnen Pflanzenmasse pro Hektar, wenn diese durch dürftiges Grasland mit einem Hundertstel an Biomasse ersetzt worden ist. Artenverluste unbekannten Ausmaßes verbinden sich bei diesem Raubbau an Tropenwald, bei dem alleine in Brasilien zwischen 1990 und 1995 eine Fläche von 128.000 Quadratkilometern nach Angaben des World Resource Center in New York entwaldet worden ist, mit Belastungen der Erdatmosphäre, die weit größer sind als sie vom Gesamtenergieumsatz solcher Industriestaaten wie Deutschland ausgehen.

Abbildung 4: Vergleichende Darstellung des Ausmaßes zerstörter Tropenwaldflächen in Südostasien, Afrika und Südamerika (1990 - 1995), bezogen auf die Bevölkerungsdichte (Menschen pro Quadratkilometer). Tropenwälder wurden demnach nicht vorrangig gerodet, um Siedlungsland für Menschen, sondern für Weiden für Rinder und Anbauflächen für Futtermittel zu gewinnen.



Gegenwärtig dürfte, grob kalkuliert, rund ein Drittel der Rinder, die in Deutschland leben, von tropischer und nicht von hiesiger Pflanzenproduktion leben. Bei eineinhalb Milliarden Rindern weltweit und gut einer Milliarde Schweine summieren sich diese Effekte zu einer gewaltigen, noch kaum abschätzbaren Größe auf. Im Hinblick auf die Klimaproblematik müssen vor allem die Rinder und ihr tropisch-subtropisches, von Termiten besiedeltes Weideland weit mehr Beachtung finden als bisher. Produzieren doch beide das klimaschädliche Gas Methan in riesigen Mengen, das pro Molekül über zwanzigmal stärker wirksam wird als der bekanntere „Klimafaktor Nr. 1“, das Kohlen-

dioxid. Im Gegensatz zum Kohlendioxid, das als Nährstoff direkt wieder in die Pflanzenproduktion eingehen kann (und so effektiv und ausgewogen recycelt werden könnte, wenn die Mengenverhältnisse stimmen), geht dies beim Methan nicht. Dieses lässt sich günstigstenfalls, so es entsprechend aufgefangen werden kann, zur Energieerzeugung (wie Erdgas, das zum größten Teil aus Methan besteht) nutzen. Damit ist bereits eine der, allerdings globalen, Folgewirkungen angeschnitten, die im nächsten Abschnitt behandelt werden sollen.

An dieser Stelle ist zusammenfassend festzuhalten, dass die weit über die vorhandenen Kapazitäten der mitteleuropäischen Landflächen hinausgehende Tierproduktion den Import von Futtermitteln erfordert, deren gegenwärtige Bereitstellung in fernen Tropengebieten Biodiversität vernichtet, klimabeeinflussend wirkt und zudem mit einem hohen Einsatz von Transportenergien verbunden ist, die in die Ökobilanz selbstverständlich auch eingerechnet werden müssten.

6. Belastung von Natur und Umwelt in Mitteleuropa

Die ideale, alle zugeführten Stoffe vollständig verwertende Tierproduktion gibt es bekanntlich nicht. Jeder lebende Organismus, ob Mensch, Vieh oder andere Lebewesen, erzeugen mit ihrem Stoffwechsel Abfälle, die sie ausscheiden müssen. Bei den Pflanzen ist der Hauptstoff, der ausgeschieden wird, zwar unser Lebensspender Sauerstoff. Aber auch die Pflanzen geben darüber hinaus jede Menge weiterer Substanzen an ihre Umwelt ab, etwa in Form ätherischer Öle oder anderer Inhaltsstoffe z. B. als Fraßschutz gegen Tiere. Viele Pflanzen sind giftig oder enthalten Stoffe, die in zu großen Mengen genossen giftig wirken können. Das ist von Natur aus so und somit durchaus „normal“. Ohne „Abfall“ geht das Leben nicht, auch wenn es dafür gute Möglichkeiten zur Weiterverwertung gibt.

Alle tierischen Lebewesen scheiden in noch viel größerem Umfang als die Pflanzen Abfallstoffe aus, die überwiegend aus nicht verwerteter Nahrung stammen. Je größer die Organismen sind und je intensiver ihr Stoffwechsel läuft, desto größer sind auch die Mengen an Exkrementen. Eine Kuh oder ein Schwein geben wiederum von Natur aus, ihrer Körpermasse entsprechend, mehr Exkremente von sich als ein Mensch. Die Menge bestimmt aber im Endeffekt die Umweltbelastungen, die davon ausgehen. Rinder und Schweine, aber auch Hühner, sind Lebewesen mit dauerhaft hoher Körpertemperatur (so genannte Warmblüter) wie wir Menschen. Ihr (und unser) Stoffwechsel setzt pro Tag größenordnungsmäßig das Zehnfache an Nahrung um, die ein gleich schweres wechselwarmes Tier, ein Reptil zum Beispiel, benötigen würde. Deshalb lassen sich Nutztiere und Menschen auch grundsätzlich ganz gut vergleichen. Man kann ihr Lebendgewicht zugrunde legen und daraus die so genannten Einwohnergleichwerte in der Erzeugung von Abwasser (Gülle) berechnen. Auch wenn es im Detail Unterschiede gibt, die örtlich und regional von Bedeutung sein können, stimmt der große Zusammenhang. Eine Tonne Lebendgewicht an Vieh erzeugt ähnlich viele Abfallstoffe wie eine Tonne Menschen. Landkreise mit ausgeglichener Massentierhaltung können mit einer geringen menschlichen Bevölkerung von vielleicht nur 30.000 Personen bei einem Millionenbestand an Vieh aus diesem Grund selbst Millionenstädte wie Berlin bei der Abwasserproduktion übertreffen oder mit der Freisetzung von Methan und dem Verbrauch von Energie wie Großstädte in die nationale Bilanz eingehen.

Dass dies keine „theoretischen Überlegungen“ sind, sondern Fakten mit Konsequenzen, ergibt die genauere Betrachtung der Umweltveränderungen in Deutschland. So lässt sich bekanntlich in weiten Regionen das Grundwasser nicht mehr als direkte Quelle von Trinkwasser nutzen, weil es viel zu stark mit Nitraten oder Stoffen aus der landwirtschaftlichen Produktion belastet ist. Entsprechend hoch fallen die Kosten für Trinkwasser in den kommunalen Wasserversorgungen aus. Inzwischen weiß man auch, dass es sich bei Geruchsbelästigungen, verursacht von Ammoniak, Mercaptanen oder Schwefelwasserstoff nicht einfach bloß um eine „Belästigung“ empfindlicher Nasen handelt, sondern um eine echte Belastungen der Luft, wie sie auf andere Weise von Industrie und Verkehr erzeugt und dort zumeist auch bereits über Grenzwerte geregelt werden (Abgasverordnungen).

Zum Hauptproblem für den Umwelt- und Naturschutz unserer Zeit entwickelte sich jedoch die Gülle. Mengenmäßig übertrifft sie die direkt vom Menschen abgegebenen „Abwässer“ um das Drei- bis Fünffache, je nach Region in Deutschland; lokal um ein Vielfaches davon. Doch anders als menschliche Abwässer wird die Gülle nicht über Kläranlagen entsorgt, sondern als „Dünger“ auf das Land ausgebracht. Dass sie dabei die Fluren weit mehr belastet als düngt, liegt an zwei Umständen.

- Erstens fällt sie in flüssiger Form an und wird daher nach der Ausbringung schnell und leicht ausgewaschen, wobei sie in die Oberflächengewässer oder ins Grundwasser gelangen kann.
- Zweitens konzentriert sich die Ausbringung der Gülle auf Zeiten, in denen die Pflanzen kaum oder gar nicht wachsen; im Frühjahr nach der Schneeschmelze nämlich, im Hochsommer nach der Ernte der Getreidefelder und im Spätherbst vor Beginn des Winters. Gülle kommt damit in Mengen und zu Zeiten auf die Fluren, in denen sie schlecht von den Pflanzen verwertet werden kann. Darin unterscheidet sie sich als „Düngung“ grundsätzlich von der beständigen Beweidung der betreffenden Flächen durch das Vieh, bei der die Inhaltsstoffe der Ausscheidungen kontinuierlich und gleichmäßig verteilt anfallen, so dass sie der Pflanzenverwertung ungleich besser zugänglich sind.
- Ein dritter Aspekt kommt hinzu, seit in großem Umfang Futtermittel eingeführt werden. Die Reststoffe daraus, die auf die Fluren ausgebracht werden, stammen nun nicht mehr aus der Eigenproduktion der Flächen, sondern sie kommen von weit her.

Damit akkumulieren sich die Nachwirkungen dieser Art von Düngung, die zur Überdüngung wird, wenn die Nutzungen in der Jahresbilanz den Flächen (weit) weniger entziehen als sie ihnen „gegeben“ haben. Input und Nutzung gleichen einander daher nicht mehr einigermaßen regelmäßig aus, sondern es entstehen ungenutzte Überschüsse als Output. Unsere derzeitige Situation in Mitteleuropa ist gekennzeichnet von einer massiven, anhaltenden Überdüngung von rund 100 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr. Dieses Zuviel, Eutrophierung genannt, belastet den Naturhaushalt in Deutschland inzwischen mehr als jede andere Umweltbelastung. Sie ist die Hauptursache für die Artenrückgänge. Den wichtigsten „Stoff“ darin stellen die Stickstoffverbindungen dar (Nitrate, Nitrite, Ammoniak und andere Aminoverbindungen), so dass der Stickstoff zum Erstick-Stoff der Artenvielfalt geworden ist.

7. Der Erstick-Stoff

Die Überdüngung der Landschaft mit Stickstoffverbindungen fördert das Wachstum bestimmter Wildpflanzenarten, die mit hoher Verfügbarkeit von Stickstoff zurechtkommen oder in ihrem Wachstum darauf angewiesen sind. Die Botanik fasst sie unter „nitrophile Pflanzen“ (= stickstoffliebende) zusammen. Bekannte Vertreter dieser Pflanzen sind etwa der Löwenzahn und die Brennnesseln, aber auch Problempflanzen fremdländischer Herkunft, wie Riesenbärenklau oder Riesenknöteriche. Ähnlich dem Mais wachsen solche Pflanzen sehr schnell und sehr dicht auf, wenn die Böden voller Stickstoff sind. Ein solcherart gesteigertes Wachstum findet auch auf den Mähwiesen, dem Dauergrünland, statt. Hohe Wachstumsleistungen sind erwünscht, weil sie Gras und Heu einbringen. Dem „Einheitsgrün“, das dabei entsteht, mangelt es an bunten Blumen, Schmetterlingen und anderen Insekten. Auch bei schöner, warmer Witterung bleibt es im dichten Pflanzenwuchs bodennah feucht und kühl.

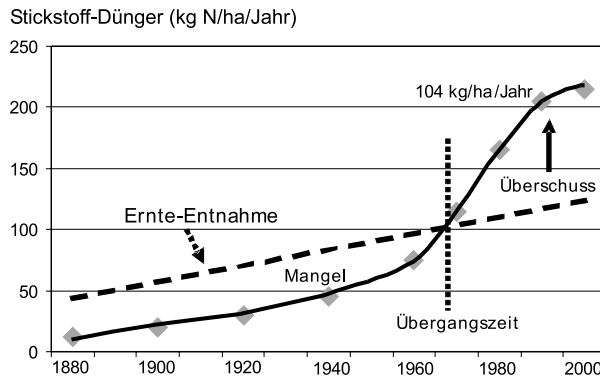
Ein solches Kleinklima ist vielen Pflanzen und Tieren abträglich. Ob Hasen oder Fasane, Rebhühner oder Lerchen, Glockenblumen oder Orchideen, für sie alle verschlechtern sich die Lebensbedingungen je dichter und je schneller das Gras aufwächst. Ihre Vorkommen schwinden, ihre Häufigkeit nimmt ab. Sie „landen“ in den „Roten Listen der gefährdeten Arten“. Mittlerweile gilt in Deutschland bereits rund die Hälfte aller frei lebenden Tier- und Pflanzenarten als gefährdet. Die neuesten „Roten Listen“ weisen dies für über 16.000 Tier- und für alle Pflanzenarten Bayerns aus (Stand 2003). Längst sind es nicht mehr die Gifte und „Spritzmittel“, welche als Hauptbelastung der Natur der Fluren zu gelten haben, sondern die Überdüngung. Auch für die kleineren Gewässer und für die Bäche zeitigt sie ähnliche Folgen. Viele Naturschutzgebiete wachsen zu, weil sie durch eingewehte und eingeschwemmte Nährstoffe überdüngt werden.

Doch während im Pflanzenbau durch gezielte Düngung zur rechten Zeit große Fortschritte erzielt worden sind, bleibt die Ausbringung der Gülle das eigentliche, noch immer so gut wie ungelöste Belastungsproblem. Die hohen Kosten der Reinigung menschlicher Abwässer in den mittlerweile flächendeckend vorhandenen Kläranlagen stehen längst in keinem Verhältnis mehr zu den Erfolgen, die in den Gewässern damit gezeitigt werden können, weil ein Mehrfaches an Abwässern in Form von Gülle gänzlich ungeklärt auf den Fluren ausgebracht wird. Die Abwasserkosten sinken nicht, obgleich die meisten Kläranlagen schon lange existieren. Die Trinkwasserkosten steigen, obgleich sich die Abwasserreinigung längst hätte positiv auswirken müssen. Der Erstick-Stoff der Artenvielfalt stellt auch in diesem Bereich von Trink- und Abwasser das Hauptproblem dar. Anstelle des früheren, noch bis in die 1960er Jahre anhaltenden Mangels an Stickstoffverbindungen trat in weniger als einem Jahrzehnt Übergangszeit der Überschuss ein, der nicht zu bewältigen ist (Abb. 5).

Letztlich düngen die Futtermittel aus Übersee die mitteleuropäischen Böden, belasten das Grundwasser und vernichten Artenvielfalt, weil ihre Mengen zu groß sind. Ein Recycling ist nicht möglich, weil der Überschuss von außen kommt und nicht wieder dorthin zurücktransportiert werden kann, woher er stammt. Mit verstärktem Anbau von Hülsenfrüchten, den Leguminosen, werden die Stickstoff-Überschüsse weiter vergrößert, weil diese Pflanzen mit Hilfe von Bakterien, die in ihren Wurzelknöllchen leben, in der Lage sind, direkt Stickstoff aus der Luft zu binden und zu verwerten. Mit gewisser Berechtigung lässt

sich feststellen, dass auf die Getreide-, Butter- und Fleischberge oder Milchseen nun die Stickstoff-„Berge“ folgten, die sich administrativ allerdings nicht so einfach „verteilen“ und abbauen lassen.

Abbildung 5: „Umkehr“ vom Mangel (an Düngung) zur Überdüngung mit Stickstoff in Deutschland im 20. Jahrhundert



8. Zuviel Fleisch?

Nun wäre es (zu) einfach, sich den Standpunkt der Vegetarier oder gar der Veganer zu Eigen zu machen, auf Fleisch zu verzichten und so die Belastungen abzubauen sowie die Probleme lösbar zu machen. Denn der Mensch ist seiner Natur nach kein Vegetarier (mehr). Das waren seine fernsten Vorfahren zwar noch weitestgehend als sie in den afrikanischen Wäldern lebten. Aber diese Zeit ist seit mindestens 6 Millionen Jahren vorüber. Die „Menschwerdung“, die Entwicklung zum Menschen, vollzog sich aller Wahrscheinlichkeit nach über einen grundlegenden Wandel in der Ernährung: Von fast ausschließlicher Pflanzenkost hin zur Verwertung von Großtierfleisch. Das geschah in der ostafrikanischen Savanne vor rund 5 Millionen Jahren, und aus den vormenschlichen Primaten sind im Zuge dieser Nahrungsumstellung die Angehörigen der Stammeslinie des Menschen geworden. Sie richteten sich auf die Hinterbeine auf, gewannen so Übersicht im Grasmeer, konnten frisch verendete Großtiere – wohl am Flug der Geier – lokalisieren und ihr Fleisch nutzen.

Was hier in extremer Kurzform zusammengefasst dargestellt wird, zog als Entwicklung zwei folgeschwere Veränderungen nach sich. Dank des überreichen Angebotes an Großtieren in der ostafrikanischen Savanne konnten die Frühmenschen ihre Kinderzahl verdoppeln und gleichzeitig die Betreuungszeit der Kinder ebenfalls entsprechend verlängern. Ergebnis ist, dass sich der Mensch als Art über eine Vervierfachung der Fortpflanzungsleistung von den nächsten Verwandten, den beiden afrikanischen Schimpansenarten, unterscheidet, zu denen er nur einen Unterschied von gut einem Prozent im Erbgut (Genom) aufweist. Das verschaffte der Menschenlinie den entscheidenden Vorsprung in der weiteren Entwicklung. Die absolute Überlegenheit ergab sich aber aus der Verdreifachung der Gehirngröße im Vergleich zum Entwicklungszustand davor. Anstatt wie Schimpansen und andere Menschenaffen gleicher Größe ein Gehirn von rund 450 Kubikzentimeter Inhalt im Kopf zu tragen, bringen es die Menschen auf rund 1.400 Kubikzentimeter. Dieser drastisch verbesserten Leistungsfähigkeit des Gehirns verdanken wir unser Menschsein ganz unmittelbar.

Möglich wurde diese aufwändige, im Hinblick auf die Ernährung so „kostspielige“ Entwicklung eben durch diesen Wechsel in der Nahrung von dürrtlicher Pflanzenkost, wie sie der Urwald geboten hatte und von dem auch heute Schimpansen, Gorillas oder Orang Utans im Wesentlichen leben müssen, zur höchst ergiebigen Fleischnahrung. Damit sind wir Menschen aller Wahrscheinlichkeit nach gleichsam auf „Fleisch programmiert“, und die Qualität der Nahrung bemisst sich nicht allein nach Kalorien, sondern nach dem hochwertigen Protein, das enthalten ist. Sicherlich können moderne Pflanzenzüchtungen, wie Soja, den Proteinbedarf kompensatorisch decken, aber die „Gier nach Fleisch“, die wohl in den allermeisten Menschen steckt, werden solche Pflanzenprodukte nicht so ohne weiteres abstellen können. Nur wo Fleisch nicht verfügbar oder hoffnungslos zu teuer ist, wird der Mangel im Fleischkonsum bestimmend. Jede Form von „Steuerung“ wird diese menschlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen haben, ob sie zur jeweiligen Ideologie passen oder nicht.

Doch würde nun aber Fleisch für die gesamte Menschheit in gleicher Weise verfügbar gemacht werden müssen wie das in Europa und Amerika der Fall ist, bräuchten wir eine zweite Erde dazu. Denn global sind die Weideflächen so gut wie vollständig ausgenutzt. Die Umwandlung von Tropenwäldern zu Weideland für die Fleischproduktion sieht sich zunehmend mit der Problematik konfrontiert, dass die Böden zu schlecht, zu wenig nachhaltig in der Bewirtschaftbarkeit sind, um auf längere Sicht den gewiss weiter steigenden Fleischbedarf der Menschheit zu decken. Die Folgen für das Klima wären unabsehbar.

Es wird der Welt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit so ergehen wie Deutschland und anderen Staaten Europas: Die eigenen Flächen sind ausgeschöpft und nicht vermehrbar. Das hohe, ja herausragende Ausmaß an eigener Fleischproduktion lässt sich nur durch entsprechende Inanspruchnahme großer Flächen auf anderen Kontinenten realisieren. Mit hohen Kosten an Energie und gewaltigem Aufwand an Transporten. Die Überlastung, die aus dem Missverhältnis zwischen Import (Input) und Export (Output) resultiert, wird nicht auf unabsehbare Zeiten als Problem hinausgeschoben werden können. Die Bevölkerung ist längst mit viel zu hohen Kosten für Trinkwasser und für die Entsorgung von Abwasser konfrontiert, ohne dass Besserungen in Sicht gekommen sind oder dass sich der Mitteleinsatz offensichtlich lohnen (d. h. rechnen) würde. Sollte mit dem „Klimaschutz“ tatsächlich auch Ernst gemacht und die Energiesteuer nicht bloß als zusätzliche Steuer zur Deckung von Staatsausgaben angesehen werden, müssen die globalen Wirkungen dieser Massenproduktion von Futtermitteln, des Niederbrennens von Wäldern und des Abflämmen tropischer Savannen als Hauptquellen für den Treibhauseffekt Berücksichtigung finden. Das gilt auch für die Freisetzung von Methan durch Wiederkäuer und die mit ihnen auf tropisch-subtropischen Weideflächen vergesellschafteten Termiten. Gute Lösungen der globalen wie auch der innereuropäischen Problematik werden gefragt sein. Kann es sie überhaupt geben, oder muss ein solcherart überzogenes System nicht erst ganz massiv „zurückgeschraubt“ werden, ehe man mit sinnvollen Maßnahmen auf politische Erfolge versprechende Weise rechnen kann?

9. Lösungen?

Wer eine Frage aufwirft, wird sie in aller Regel nicht auch gleich gut und richtig beantworten können. Sonst hätte es

die Probleme wahrscheinlich gar nicht gegeben. Hier geht es sicherlich nicht um billig zu behandelnde Scheinfragen, die nur gestellt werden, um Antworten bieten zu können. Denn die zumindest ausreichende, am besten aber gute Proteinversorgung der ganzen Menschheit stellt eine echte Herausforderung für die Zukunft dar. Einer Handvoll Reis pro Tag eine zweite hinzuzufügen, wäre mehr als zynisch und der Hinweis, es gibt ja auch Kulturen, die „mit viel weniger Fleisch auskommen“, gewiss keine Verbeugung vor der Eigenständigkeit anderer Kulturen. Naiv wäre es, davon auszugehen, die Menschen würden von den Schnäppchen lassen und sich stattdessen nur an der Qualität orientieren. Die Menschen sind hingegen, wie die Menschheit als Ganzes auch, so zu betrachten, wie sie sind und nicht wie sie dem eigenem Wunschdenken gemäß sein sollen. Folglich wird nur tatsächlicher Fleischmangel den Konsum tierischer Proteine vermindern und nicht etwa die Einsicht, dass es für die Menschheit und die Zukunft der Erde besser wäre, weniger Nutztiere zu halten. Folglich wird sich jeweils jene Fleischproduktion „durchsetzen“, die unter den gegebenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich am meisten bietet.

So verbleiben die „Rahmenbedingungen“. Diese werden ganz wesentlich von den „externisierbaren Kosten oder Folgen“ vorgegeben. So lange tierisches Abwasser anders als menschliches behandelt wird und eingestuft bleibt, wird es auch nicht als bestimmender Kostenfaktor in Erscheinung treten. Denn die Folgen trägt die Allgemeinheit mit Trinkwasserpreisen, Abwassergebühren, Einschränkungen etwa in der Mobilität oder im monetär schwer zu beziffernden, gesellschaftspolitisch gleichwohl aber relevanten Artenschwund und Verlust an Biodiversität. Mittel- bis langfristig wird sich dies ändern. Ein Weg dorthin könnte über die Entsorgung von Gülle in herkömmliche Kläranlagen sein, die zudem Biogas produzieren könnten. Weitgehende Kostenneutralität ließe sich dadurch erreichen, dass die Anforderungen an die Klärung der menschlichen Abwässer auf ein vernünftiges, am zu erreichenden Ergebnis in der Natur draußen (!) orientiertes Maß zurückgenommen werden, um die Mittel frei zu bekommen, die für die Einbeziehung der großen Güllemengen in den Reinigungsprozess vonnöten sind. Abwässer aus der Nutztierhaltung würden damit zu echten Einwohnerequivalenzen und als solche erfasst und bewertet werden können. Das komplexe Subventionssystem, das die Landwirtschaft in der EU überzieht, sollte genügend Möglichkeiten für interne Umschichtungen bieten, ohne dass damit echte Mehrkosten verursacht werden. Gerade durch entsprechende, den Anforderungen gerecht werdende Flexibilität würde sich das bisherige System am ehesten rechtfertigen.

Ein ganz anderer Ansatz zur Verminderung der Probleme ergibt sich aus der Tierfütterung selbst. Ganz abgesehen von den stets relevanten Qualitätsfragen geht es immer auch um die Mengen, um die Quantitäten. Der Grad der Ausnutzung des Futters, die Verwertungseffizienz, bestimmt maßgeblich Menge und Art der Ausscheidungen. Durch ausgewogenes, auf den tatsächlichen Bedarf abgestimmtes Futter lassen sich die nicht zu verwertenden, die Umwelt aber belastenden Überschüsse verringern. In der Pflanzenproduktion ist das Grundprinzip seit über einem Jahrhundert als „Liebig'sches Minimumsgesetz“ bekannt. Es besagt, dass jener für das Wachstum notwendige Stoff, der im Verhältnis zu den anderen im Minimum ist, die Höhe oder die Leistung der Pflanzenproduktion bestimmt. Frühzeitig versuchte man daher in der Mineralstoffdüngung die Grundelemente im richtigen Verhältnis zueinander zu bieten. Diesen Weg muss die Tierfütte-

rung verstärkt gehen und mit den modernen Möglichkeiten ausbauen. Ein Übermaß an nicht verwertbaren Kohlenwasserstoffen in der Nahrung fördert die Bildung von Methan, nicht aber die von Fleisch. Zuviel Schwefel erzeugt entsprechend Gestank, ein Übermaß an Stickstoff die Hauptbelastung in der Gülle. Und so fort. Die Fortschritte der Tierernährung weisen die Wege und bieten die für den jeweiligen Bedarf optimierten Mischungen an. Verminderungen der Abfallprodukte aus dem Stoffwechsel der Tiere sind in erheblichem Umfang möglich. Wo das gelingt, kann die Reduktion quantitativ wie qualitativ zur Verminderung der Umweltbelastungen beitragen. Die einzig andere Alternative wäre, ausschließlich mit dem zu produzieren, was auf der vorhandenen Fläche wächst.

So geschieht es von Natur aus auf den Grasländern der Serengeti oder auf der südamerikanischen Pampa. Deshalb belasten die dortigen Großtierherden den Naturhaushalt auch nicht, sondern sie sind vielmehr ein Teil des großen Kreislaufes von Produktion und Verbrauch, der darin Jahr um Jahr abläuft. Deutschland oder Frankreich können zu keinen neuen Serengetis gemacht werden. Aber die Mengen an Futter, das von ihren Nutztieren benötigt wird, lassen sich reduzieren und die Abfallmengen aus der Tierproduktion quantitativ wie qualitativ nachhaltig vermindern. Diese Zielsetzungen verdienen es, bearbeitet - und gefördert - zu werden. Denn der globale Hunger nach Fleisch wird sich mit „natürlichem Weideland“ nicht stillen lassen. Es gibt nur die eine Erde und keine in Reserve.

10. Nachbemerkung

Die Ausführungen basieren zu wesentlichen Teilen auf dem Buch des Verfassers „Der Tanz um das goldene Kalb“, das 2004 im Verlag K. Wagenbach, Berlin, erschien und die entsprechende Detailliteratur enthält. Umfangreiche statistische Angaben und Analysen finden sich außerdem im Buch „Life Counts“ von M. Gleich, D. Maxeiner, M. Miersch und F. Nicolai (2000), Berlin Verlag, sowie in „Population, Protein, Politik“ von Aventis (2005).

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Josef H. Reichholf
Zoologische Staatssammlung &
Technische Universität München
Münchhausenstr. 21
81247 München

E-Mail: Reichholf.Ornithologie@zsm.m.de

Energieproduktion als Managementaufgabe in landwirtschaftlichen Unternehmen – organisatorische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen

Prof. Alois Heißenhuber und Stefan Berenz (München)¹

1. Einleitung

Die aktuelle Situation der Energiepreise aufgrund steigender Rohölpreise auf den Weltmärkten, der anhaltende und steigende Wettbewerbsdruck auf den Sektor Landwirtschaft sowie die verbesserten Rahmenbedingungen für den Sektor der erneuerbaren Energien führen vielerorts zu Überlegungen über die Einführung eines neuen Betriebszweiges in den landwirtschaftlichen Betrieben. Je nach Betriebsleitereigenschaften, Organisationsstruktur des Betriebes sowie der direkt auf den Betrieb einwirkenden Rahmenbedingungen ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten für einen Betriebszweig der Erzeugung erneuerbarer Energien.

2. Rahmenbedingungen

Eine wichtige Voraussetzung für den Einstieg in die Bereitstellung erneuerbarer Energien stellt der Betriebsleiter selbst dar. Er muss ein entsprechendes Interesse an neuen Technologien haben und vor allem die Bereitschaft mitbringen, sich intensiv mit dem Neuen auseinanderzusetzen. Darüber hinaus muss der Betriebsleiter über die erforderliche Zeit zur Informationsbeschaffung sowie auch zur Einrichtung und zum Betreiben des neuen Betriebszweiges haben.

In diesem Zusammenhang gilt es die Beanspruchung der Produktionsfaktoren durch die gegenwärtige Betriebsorganisation den Ansprüchen an die Produktionsfaktoren durch die einzelnen Formen der Energieerzeugung gegenüberzustellen. In Übersicht 1 sind die Faktoransprüche wichtiger Betriebstypen aufgelistet.

Übersicht 1: Faktoransprüche verschiedener Betriebstypen

Betriebstyp	Boden	Kapital	Arbeit
Marktfurthbau	hoch (Fruchtfolge)	mittel	niedrig (Arbeitsspitzen)
Milchvieh	mittel (Futterfläche)	hoch	hoch
Rindermast	hoch (Güllefläche)	sehr hoch	mittel
Ferkelerzeugung	niedrig	mittel	hoch
Schweinemast	hoch (Güllefläche)	sehr hoch	mittel

Besonders hinzuweisen ist auf den bekanntermaßen hohen Anspruch an die Arbeitskapazität im Milchviehbetrieb sowie im Ferkelerzeugerbetrieb. Im Milchviehbetrieb kommt noch hinzu, dass die vorhandene Fläche zu einem überwiegenden Anteil für die Futtererzeugung benötigt wird, also kaum Fläche übrig ist, z. B. um Substrat für eine Biogasanlage zu produzieren.

In einem Rindermastbetrieb wird die Fläche ebenfalls vor allem für die Futterproduktion benötigt. Schwierig unterzubringen sind zusätzliche Nährstoffmengen sowohl im Rinder- als auch im Schweinemastbetrieb, die aus zugekauftem Kosubstrat für Biogasanlagen in den Betrieb kommen. Vergleichsweise geringe Ansprüche (abgesehen von Arbeitsspitzen) an den Faktor Arbeit ergeben sich im Marktfurthbaubetrieb. Günstige Voraussetzungen für die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen sind deshalb im Marktfurthbau gegeben, da dieser im Rahmen der Fruchtfolge sehr flexibel auf die unterschiedlichen Ansprüche reagieren kann. In Übersicht 2 sind die Ansprüche der drei ausgewählten Verfahren zur Erzeugung erneuerbarer Energien bezüglich Boden, Kapital und Arbeit dargestellt.

Übersicht 2: Faktoransprüche von Biogas, Photovoltaik und Raps

Erneuerbare Energiequelle	Faktor		
	Boden	Kapital	Arbeit
Biogas	hoch (Kosubstrate)	hoch	mittel ¹
Photovoltaik	kein (Dach)	höchst	sehr gering
Raps	Anteil an Fruchtfolge	gering	gering

¹ hohe Managementanforderungen

Besonders hervorzuheben ist der hohe Anspruch der Biogasanlage an die Fläche. Zum einen ist Fläche für die Substraterzeugung erforderlich, zum anderen ist Fläche notwendig, um die anfallende Nährstoffmenge sinnvoll zu verwenden. Bezüglich der Arbeit erfordert die Biogasanlage eine hohe Betriebsleiterqualifikation. Dieses Verfahren hat sich in der Praxis als wesentlich anspruchsvoller erwiesen als ursprünglich angenommen. Dem steht die Photovoltaik als arbeitsextensives Verfahren gegenüber. Hier fällt der extrem hohe Kapitalbedarf auf, während als Fläche „nur“ geeignete Dachfläche benötigt wird.

Der Rapsanbau für den „Non-food-Bereich“ ist eigentlich nicht direkt mit den vorher genannten Verfahren vergleichbar. Zum einen erfolgt der Rapsanbau in gleicher Weise sowohl für den Nahrungsbereich als auch für den Energiebereich. Der Landwirt erzeugt in beiden Fällen den gleichen Rohstoff. Zum anderen sind keine Investitionen zu tätigen, deswegen kann er sich relativ kurzfristig neu entscheiden.

In Übersicht 3 wurde aus der Gegenüberstellung der Faktoransprüche der unterschiedlichen Betriebstypen sowie der ausgewählten Formen der Energieerzeugung die Eignung von Biogas, Photovoltaik und Raps für die fünf Betriebstypen dargestellt.

¹ Beitrag gehalten anlässlich der DLG Wintertagung 2005

Übersicht 3: Eignung von Biogas, Photovoltaik und Raps für bestimmte Betriebstypen

Betriebstyp	Biogas	Photovoltaik	Raps
Marktfreuchtbau	+(+) (Gülle verfügbar ?)	++	++
Milchvieh	+/- (Arbeit, Boden, Fruchtfolge)	+	+
Rindermast	+	+	+
Ferkelerzeugung	+/- (Arbeit)	++	+
Schweinemast	+	+	+

Die vergleichsweise besten Voraussetzungen für die Erzeugung erneuerbarer Energien weist der Marktfreuchtbetrieb auf. Zwischenzeitlich werden Biogasanlagen bereits ohne Gülle betrieben, insofern können diese auch in Marktfreuchtbetrieben installiert werden.

In Milchviehbetrieben ist besonders sorgfältig zu prüfen, ob die zusätzliche Arbeitsbelastung durch eine Biogasanlage noch bewältigt werden kann. Die Photovoltaik lässt sich noch am einfachsten in die jeweiligen Betriebe integrieren, sofern das erforderliche Kapital bereitgestellt werden kann und geeignete Dachflächen zur Verfügung stehen.

Beim Rapsanbau entscheiden die Fruchtfolgebedingungen. Der Anbau von Raps für nachwachsende Rohstoffe weist auf Stilllegungsflächen einen zusätzlichen Vorteil auf, weil auf diesen Flächen auch Gülle ausgebracht werden kann, was in viehintensiven Betrieben von Vorteil ist.

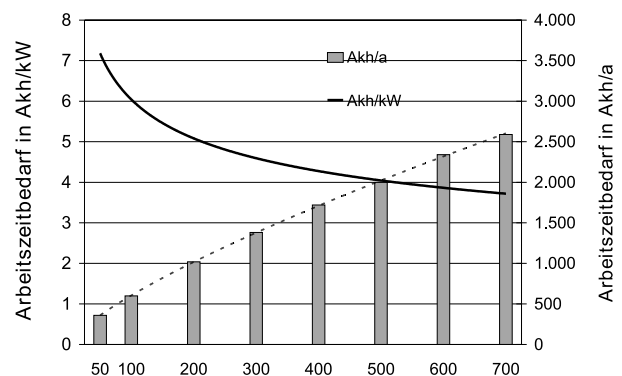
Der entscheidende Durchbruch für erneuerbare Energien kam erst durch veränderte Rahmenbedingungen. Die Novelle des Erneuerbaren Energie Gesetzes (EEG) vom 1. August 2004 garantiert erhöhte Erlöse für den in das Netz gespeisten Strom aus Biomasseträgern oder anderen erneuerbaren Energiequellen. Daneben kann ein erheblicher Teil des Fremdkapitals, welches zur Finanzierung notwendig ist, zu günstigen Konditionen von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) aufgenommen werden. Der Einsatz von Biotreibstoffen (Rapsöl, Rapsmethylester, Äthanol etc.) wird durch die Befreiung von der Mineralölsteuer besonders gefördert.

3. Ökonomische Betrachtung der Energieproduktion

Für die einzelbetriebliche Entscheidung ist die Leistungs-Kosten-Differenz maßgeblich. Durch die gesetzlichen Vorgaben kann die Leistungsseite relativ zuverlässig kalkuliert werden. Dies gilt aber nur für den Erlös je erzeugter Einheit. Die erzeugte Menge dagegen hängt sehr stark von der Betriebsleiterfähigkeit ab, sowohl bei Rapsöl, aber in einem noch viel stärkerem Maße bei Biogas bzw. die daraus erzeugte Strommenge. Bei der Biogaserzeugung ist es auch noch von Bedeutung, wie die anfallende Wärme genutzt werden kann.

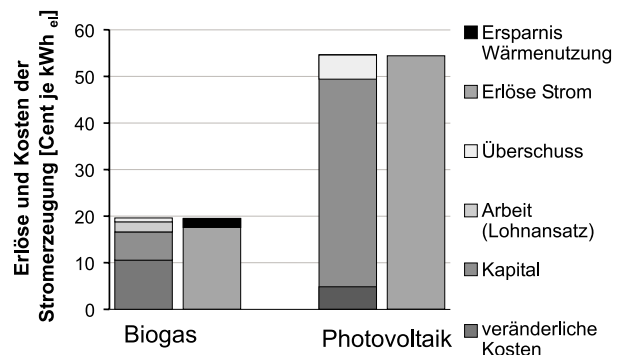
Auf der Kostenseite sind neben den Betriebskosten die Kapital- und Arbeitskosten anzusetzen. Wie Abbildung 1

verdeutlicht, nimmt der Arbeitszeitbedarf je Kilowattstunde mit zunehmender Anlagengröße deutlich ab. Dies ist auch ein Grund dafür, dass in der jüngsten Zeit mehr und mehr größere Anlagen gebaut werden. Dennoch wird klar, dass Anlagen von 400 kW bereits eine ganze Arbeitskraft erfordern. Für die Kostenkalkulation spielen die anzusetzenden Lohnkosten bzw. die Nutzungskosten der Arbeit eine große Rolle, zumal von Betrieb zu Betrieb Unterschiede bestehen. In gleicher Weise gilt das für die Kapitalkosten (Eigen- oder Fremdkapital).

Abbildung 1: Der Arbeitszeitbedarf von Biogasanlagen für Anlagenbetreuung und Wartung

Quelle: KEYMER (2004)

Abbildung 2 verdeutlicht den enormen Kapitaleinsatz bei der Photovoltaik im Vergleich zur Biogasanlage. Die Schwankungsbreite ist aber bei der Biogasanlage sowohl bei den Leistungen als auch bei den Kosten größer als bei der Photovoltaik. Insofern ist also das Produktionsrisiko hier deutlich größer als bei der Photovoltaik.

Abbildung 2: Gegenüberstellung der Vollkosten und Erlöse aus der Stromerzeugung (Cent/kWh_{el})

Abschließend wird noch der Versuch unternommen, die Voraussetzungen für die Erwirtschaftung eines bestimmten Gewinnbeitrages abzuschätzen. Wie Übersicht 4 verdeutlicht, ist Biogas durch einen relativ hohen Arbeitszeitbedarf und sehr hohe Managementanforderungen gekennzeichnet. Demgegenüber fällt in der Photovoltaik der enorm hohe Kapitalbedarf auf. Die angegebenen Schwankungsbreiten verdeutlichen trotz zugesicherter Erlöse das hohe Produktionsrisiko. Nicht direkt vergleichbar ist der Gewinnbeitrag des Rapsanbaues. Sofern für Non-food-

Raps kein besserer Deckungsbeitrag erzielt wird als für Nahrungsraps, ergibt sich auch kein zusätzlicher Gewinnbeitrag. Anders stellt sich die Situation dar, wenn auf Stilllegungsflächen durch Non-food-Raps zusätzliche Vorteile entstehen (z. B. Nutzung für Gülle).

Übersicht 4: Faktoransprüche für einen Gewinnbeitrag von 1.000 €/a

Erneuerbare Energiequelle	Kapazität	Boden	Kapital	Arbeit	Managementanforderungen
Biogas	4-6 kW	2-3 ha SM ¹	14-20 T €	40-60 AKh/a ²	sehr hoch
Photovoltaik	13 kW	120 m ² Dach	50-60 T €	1 AKh/a ³	gering
Raps ⁴	< 25% Fruchtfolge	6 - 12 ha	---	45 - 80 AKh/a	mittel

¹ SM: Silomais

² Anlagenbetreuung und Wartung sowie Substratbereitstellung

³ derzeit keine Erfahrungswerte verfügbar

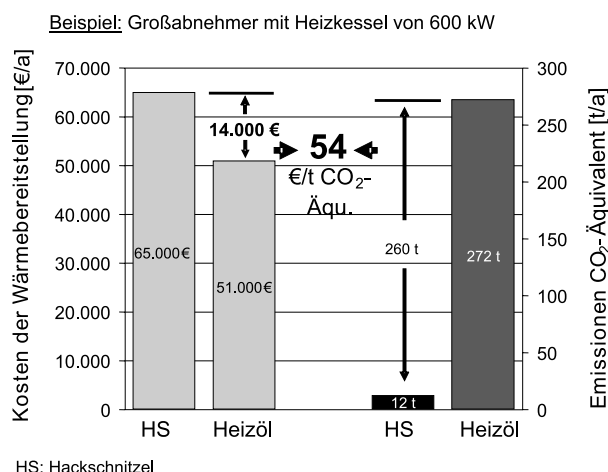
⁴ Ermittlung des Gewinnbeitrages ohne Berücksichtigung der Entlohnung der eigenen AK, der eigenen Fläche sowie des eingesetzten Eigenkapitals

4. Gesellschaftliche Aspekte der Energieproduktion

Das gesellschaftliche Ziel der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe besteht darin, die Emission klimawirksamer Spurengase zu vermindern, indem fossile Energieträger ersetzt werden. Das Problem besteht darin, dass aus individueller bzw. betrieblicher Sicht ein kostengünstiges, aber mit höheren Emissionen verbundenes Verfahren durch ein kostenträchtigeres aber emissionsärmeres Verfahren ersetzt werden soll.

Dieser Zusammenhang ist exemplarisch in Abbildung 3 dargestellt. Demnach stehen im gewählten Beispiel einer um 260 t CO₂ geringeren Emission jährliche Mehrkosten von 14.000 € gegenüber. Demzufolge entstehen CO₂-Minderungskosten in Höhe von etwa 50 €/t CO₂.

Abbildung 3: Die CO₂ - Minderungskosten bei Substitution von Heizöl durch Hackschnitzel



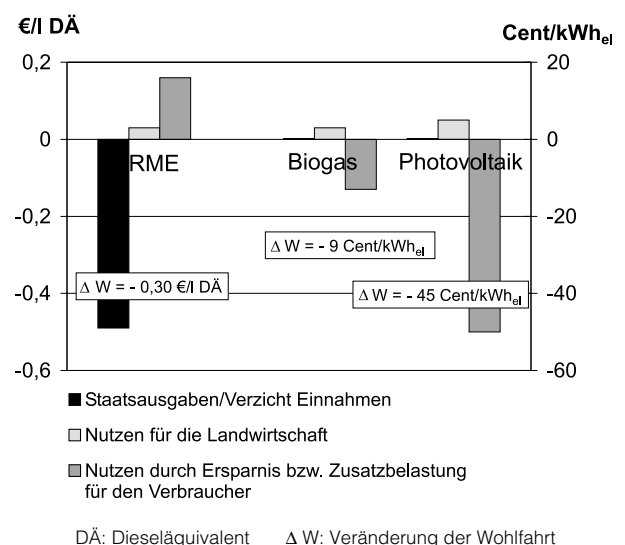
Damit das emissionsärmere Verfahren zum Zuge kommt, muss jemand diese Mehrkosten tragen. Vereinfacht gesagt kommen hierfür folgende drei Gruppen in Frage:

- Konsumenten (Verbraucher)
- Produzenten
- Steuerzahler

Es gibt durchaus Konsumenten, welche höhere Kosten in Kauf nehmen, wenn das Verfahren umweltfreundlicher ist. In gleicher Weise finden sich Produzenten, welche Mehrkosten akzeptieren. Für einen Durchbruch erneuerbarer Energien war es aber doch erforderlich, günstigere Rahmenbedingungen zu schaffen. Im Mittelpunkt stehen zwei Möglichkeiten der Förderung erneuerbarer Energien, nämlich die staatliche Subventionierung und die Abnahmeverpflichtung.

Wie Abbildung 4 verdeutlicht, leistet der Steuerzahler bei Rapsölmethylester (RME) durch einen Verzicht auf die Mineralölsteuer einen entsprechenden Beitrag. Beim Konsumenten (Autofahrer) kann unter bestimmten Voraussetzungen ein kleiner Nutzen entstehen. Für den Landwirt ergibt sich unmittelbar kein nennenswerter Vorteil, wenn er keinen besseren Preis erzielt als bei Food-Raps. Indirekt trägt Non-Food-Raps zur Marktentlastung und damit zur Preisstabilisierung bei.

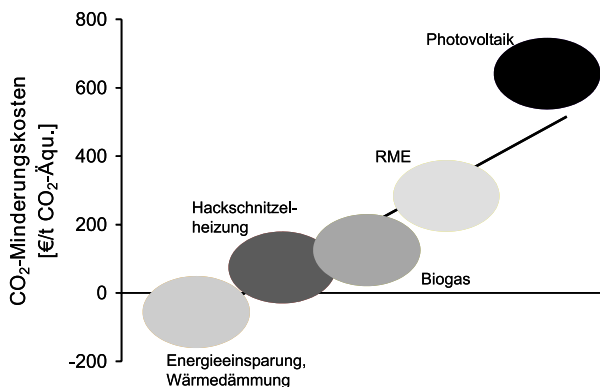
Abbildung 4: Wohlfahrtsanalyse der Bereitstellung von Rapsölmethylester sowie Strom aus Biogas und Photovoltaik



Ganz anders verhält es sich bei Biogas und Photovoltaik. Hier ist der Steuerzahler nicht betroffen. Das EEG schreibt den Energieversorgerunternehmen eine zu bevorzugende Abnahme des elektrischen Stroms aus erneuerbaren Energiequellen zum festgelegten Mindestpreis vor. Diese höhere Vergütung des Stroms wird auf den Konsumenten umgelegt. Somit trägt der Konsument (Verbraucher) unmittelbar die höheren Kosten. Bei dieser Vorgehensweise ergeben sich durch die höheren Strompreise Nachteile vor allem bei Unternehmen, die mit ihren Erzeugnissen in internationaler Konkurrenz stehen. Insofern kann dieser Weg nicht beliebig begangen werden.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht muss das Ziel darin bestehen, die Emissionsminderung möglichst kostengünstig zu erreichen. In Abbildung 5 sind die CO₂-Minderungskosten verschiedener Vorgehensweisen zur Minderung von Treibhausgasemissionen aufgeführt. Bei sehr kostengünstigen Maßnahmen, wie z. B. durch Wärmedämmung, lassen sich u. U. sogar negative CO₂-Minderungskosten (CO₂-Minderungsnutzen) erzielen. Relativ günstig sind daneben auch die Hackschnitzelheizung sowie Biogas. Die Photovoltaik verursacht relativ hohe Kosten. Dennoch erscheint es vertretbar, auch diese Verfahren zu fördern, weil zum einen die einzelnen Verfahren in ihrem Umfang begrenzt sind, zum anderen durch technischen Fortschritt und Produktionsausweitung deutlich Kosteneinsparungen möglich sind. Schließlich sinken bei steigendem Rohölpreis die Minderungskosten automatisch.

Abbildung 5: Die CO₂-Minderungskosten¹



¹ CO₂-Äquivalent (CO₂ + 23*CH₄ + 296*N₂O), inklusive Vorkette

5. Zusammenfassung

Die Situation auf den fossilen Energiemärkten sowie die aktuell günstigen politischen Rahmenbedingungen bieten der Landwirtschaft Chancen für den Einstieg in einen neuen Sektor neben der Nahrungsmittelproduktion. Nicht jede erneuerbare Energieform eignet sich jedoch gleichermaßen für jeden Betrieb bzw. Betriebstyp. Die vorherrschende Faktorausstattung sowie die Möglichkeiten der Faktorbeschaffung bilden die Grundlage für die Wahl des neuen Verfahrens. Mit entsprechender Planung und dem notwendigen Einsatz von Arbeit und Know-how kann die Erzeugung erneuerbarer Energien auf dem landwirtschaftlichen Betrieb einen neuen und erfolgreichen Betriebszweig darstellen. Darüber hinaus kann die Landwirtschaft langfristig einen Beitrag zur allgemeinen Energieversorgung und damit verbunden zur Vermeidung von klimawirksamen Treibhausgasen leisten.

Literatur

HEIßENHUBER A., BERENZ, S. (2005): Energieproduktion in landwirtschaftlichen Unternehmen – Organisatorische und betriebswirtschaftliche Herausforderungen. In Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V., Mehr Markt für Landwirte - Konsequenzen und Strategien, Tagungsband der Wintertagung vom 11. - 13. Januar 2005 in Münster, S. 189-198. DLG, Frankfurt am Main

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Dr. h.c. Alois Heißenhuber
Dipl. Ing. agr. (Univ.) Stefan Berenz
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues
TU München, Weihenstephan
Alte Akademie 14, 85350 Freising

www.wzw.tum.de/wdl/,
heissenhuber@wzw.tum.de, berenz@wzw.tum.de