

Sonderheft 299  
*Special Issue*



*Landbauforschung*  
*Völkenrode*  
*FAL Agricultural Research*

**Aktuelles zur Milcherzeugung**

herausgegeben von  
**Franz-Josef Bockisch und Klaus-Dieter Vorlop**

Vortragstagung im Forum der FAL am 15. November 2005,  
gemeinsam veranstaltet von der  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
und der Gesellschaft der Freunde der FAL

Braunschweig, im Oktober 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Die Verantwortung für die Inhalte der einzelnen Beiträge liegt bei den jeweiligen Verfassern  
bzw. Verfasserinnen.

**2006**

**Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany**

**landbauforschung@fal.de**

**Preis / Price: 8 €**

**ISSN 0376-0723**

**ISBN-10: 3-86576-023-6**

**ISBN-13: 978-3-86576-023-4**

## Inhaltsverzeichnis

Franz-Josef Bockisch, Klaus-Dieter Vorlop

### **Vorwort**

---

Jürgen Schrezenmeir

**Was ist die Milch gesundheitlich wert?** 1 - 8

---

Gerhard Jahreis

**Welche Möglichkeiten gibt es, Milchfett physiologisch zu verbessern?** 9 - 14

---

Jörg Michael Greef, Karl-Heinz Südekum

**Welche Rolle spielt das Grundfutter in der Milchgesundheit?** 15 - 18

---

Gerhard Flachowsky

**Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GVO) – Was gibt es Neues?** 19 - 28

---

Martin Kaske, Karen Horstmann, Sabine Seggewiß, Gerhard Flachowsky, Ulrich Meyer

**Die Futterraufnahme der „Transition Cow“: Schlüssel für die Tiergesundheit?** 29 - 42

---

Detlef Rath, Primoz Klinc, Hinrich Osmers, Dettmar Frese, Henning Wendt, Holm Zerbe, Hans- Joachim Schuberth, Hans-Wilhelm Michelmann, Peter Schwartz, Birgit Sieg, Christina Struckmann, Antje Frenzel

**Ist die Spermientrennung beim Rind praxisreif?** 43 - 46

---

Franz- Josef Bockisch, Dieter Ordolff

**Wie sehen die Trends bei Melkstandsystemen und Melktechnik aus?** 47 - 64

---

Heiko Georg, Gracia Ude

**Mehr Beschäftigung – weniger gegenseitiges Besaugen?** 65 - 76

---

Kerstin Barth, Christine Rademacher, Heiko Georg

**Melken und Kälber säugen – geht das?** 77- 82

---

Marijan Culina, Jochen Hahne, Dieter Ordolff, Klaus-Dieter Vorlop

**Milchqualität und Eutergesundheit an der Quelle messen: Wunschtraum oder wirklich machbar?** 83 - 96

---

Horst Gömann, Peter Kreins, Astrid Zabel

**Wohin wandert die Milchproduktion in Deutschland?** 97 – 108

---

Petra Salamon

**Wohin bewegt sich der Milchpreis in Deutschland und der EU?** 109 - 124

---

Folkhard Isermeyer

**Die Zukunft der Milchquotenregelung bei veränderten wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen** 125 - 136

---



## **Vorwort**

### **Aktuelles zur Milcherzeugung**

Milch und Milchprodukte sind hochwertige Lebensmittel, die einen wesentlichen Beitrag zur gesunden Ernährung des Menschen liefern. Ferner ist die Milcherzeugung ein wichtiger Wirtschaftszweig der deutschen Landwirtschaft, die sich im europäischen und weltweiten Wettbewerb behaupten muss. Das vorliegende Sonderheft „Aktuelles zur Milcherzeugung“ ermöglicht einen umfassenden Überblick zu diesen Themen.

Die ersten Beiträge beschäftigen sich mit dem für uns alle wichtigen gesundheitlichen Wert von Milchinhaltsstoffen, ihrer Wirkung auf den Menschen sowie verschiedenen Möglichkeiten, die Milchzusammensetzung zu beeinflussen. Die Bedeutung des Grundfutters auf die Milchproduktion sowie Effekte der Trockensubstanzaufnahme in Hinblick auf peripartale Erkrankungen und die wichtige Frage, welche Auswirkungen gentechnisch veränderte Futtermittel auf die Milchzusammensetzung haben, werden in einem weiteren Themenblock behandelt. Ein weiterer Beitrag beleuchtet die Möglichkeiten, durch gezielte Spermientrennung der Züchtungsforschung neue Möglichkeiten zu erschließen und eine gezielte Beeinflussung des Nachkommengeschlechtes vorzunehmen. Ferner werden Verbesserungen der Haltungsbedingungen von Kälbern sowie Vor- und Nachteile einer muttergebundenen Aufzucht von Kälbern vorgestellt. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Beiträge zur Verbesserung der Milchqualität durch optimierte Melktechniken und sensorische Verfahren zur Früherkennung von Eutererkrankungen. Der aktuelle Überblick wird abgerundet mit der Darstellung politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen der Milcherzeugung, den Vor- und Nachteilen des Ausstiegs aus dem Milchquotensystem sowie den Auswirkungen regionaler Standortfaktoren und politischer Entscheidungen auf die Entwicklung des Milchpreises.

Das vorliegende Sonderheft fasst Forschungsarbeiten zusammen, die auf einer gemeinsamen Tagung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und der Gesellschaft der Freunde der FAL am 15. November 2005 vorgestellt wurden. Den Autorinnen und Autoren sowie allen, die zum Gelingen der Tagung und zur Erstellung des Tagungsbandes beigetragen haben, gebührt unser besonderer Dank.

Braunschweig im Oktober 2006

**Prof. Dr. Franz-Josef Bockisch**

**Prof. Dr. Klaus-Dieter Vorlop**



## Was ist die Milch gesundheitlich wert?

Jürgen Schrezenmeir<sup>1</sup>

Milch und Milchprodukte umfassen eine Vielzahl von Lebensmitteln wie Käse, Quark, Joghurt und Eiscreme.

Die Zusammensetzung variiert dementsprechend: Würde man sich beispielsweise ausschließlich von Vollmilch ernähren, wäre die Fettzufuhr mit ca. 131 g (bei 2.400 kcal/Tag) relativ hoch, im Falle von Harzer Käse mit 13 g außerordentlich gering (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Nährstoffzufuhr durch Milchprodukte vs Empfehlung

	ZUFUHR (g/2400 kcal)		EMPFEHLUNG (g/Tag nach DGE)
	Vollmilch (3,5 % Fett)	Harzer Käse	
Kohlenhydrate (Laktose)	180		300
<b>Fett</b>	<b>131</b>	<b>13</b>	<b>&lt; 93</b>
kurz und MCT	17	1,7	
gesättigte	84	8,4	
ungesättigte	47	4,5	
<b>Cholesterin</b>	<b>0,488</b>	<b>0,056</b>	<b>&lt; 0,300</b>
<b>Protein</b> (hochwertig)	<b>124</b>	<b>558</b>	<b>90</b>

Milch ist das Nahrungsmittel, das von der Natur zur Deckung des Bedarfes von Säugern über längere Zeit vorgesehen wurde. Dementsprechend enthält sie alle notwendigen Nährstoffe.

Gemessen an den Empfehlungen der DGE kann Milch als wertvoller Lieferant von Kalzium, Magnesium, Kalium, hochwertigen Proteinen, Vitaminen (B6, B12, Vit. D) und Jod gelten (Tabelle 2 und 3).

**Tabelle 2:** Nährstoffzufuhr durch Milchprodukte vs Empfehlung

	ZUFUHR (g/2400 kcal)		EMPFEHLUNG (pro Tag nach DGE)
	Vollmilch (3,5 % Fett)	Harzer Käse	
<b>Vitamine</b>			
<b>A</b>	<b>1,5</b>	0,19	1,0 mg
<b>D</b>	<b>3,0</b>	0,19	5,0 µg
<b>E</b>	4,1	0,37	15 mg
<b>B<sub>2</sub></b>	<b>6,4</b>	6,5	1,5 mg
<b>B<sub>6</sub></b>	<b>1,9</b>	0,6	1,5 mg
<b>B<sub>12</sub></b>	<b>19</b>	37	3,0 µg
<b>C</b>	38	0	100 mg
<b>Folsäure</b>	<b>238</b>		400 µg

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Kiel

**Tabelle 3:** Nährstoffzufuhr durch Milchprodukte vs Empfehlung

	ZUFUHR (g/2400 kcal)		EMPFEHLUNG (pro Tag nach DGE)
	<i>Vollmilch (3,5 % Fett)</i>	<i>Harzer Käse</i>	
<i>Mineralstoffe</i>			
<b>Na</b>	<b>1,9</b>	15	0,5 – 5,0 g
<b>K</b>	<b>5,6</b>	1,9	2,0 – 4,0 g
<b>Mg</b>	<b>0,45</b>	0,28	0,40 g
<b>Ca</b>	<b>4,5</b>	3,4	1,00 g
Fe	1,9	5,6	10 mg
P	3,75	5,0	0,7 g
F	0,49	0,32	1,5 – 4,0 mg
<b>J</b>	<b>281</b>	186	200 mg

Milchfett besteht zu einem größeren Teil aus gesättigten Fettsäuren, aber auch aus (mehrheitlich einfach-) ungesättigten Fetten, mittelkettigen Fetten und konjugierter Linolsäure. Von einigen Proteinen der Milch, wie Lactoferrin und Lysozym, wurden antimikrobielle Wirkungen gezeigt, von anderen immunmodulierende (Lactoferrin) oder knochenmineralisationssteigernde Wirkung (basisches Molkenprotein). Auch können im Gastrointestinaltrakt bzw. durch mikrobielle Proteasen in fermentierten Milchprodukten bioaktive Peptide freigesetzt werden. So wurden Peptide mit blutdrucksenkender, kalziumresorptionsfördernder und darmmotilitätfördernder Wirkung beschrieben (Tabelle 4, 5, 6).

**Tabelle 4:** Bioactive Peptide

Zusammenfassung
<i>Evidenz aus kontrollierten Humanstudien</i>
• <b>Immunantwort stimulierend</b> Lactoferrin
• <b>Blutdruck senkend</b> Calpis™
• <b>Triglyceride senkend</b> (Globin digest)
• <b>Mineralisierung stimulierend</b> MBP, (CPP)

**Tabelle 5:** Bioaktive Peptide/Proteine

---

<i>Blutdrucksenkend:</i>
<b>ACE-Inhibitoren</b>
<i>Knochenwirksam:</i>
<b>Caseinphosphopeptide</b>
<b>Basisches Molkenprotein</b>
<i>Immunmodulatorisch:</i>
<b>Laktoferrin, Glykomakropeptid</b>
<b>Casomorphine</b>
<b>Peptide aus <math>\alpha</math>-LA, <math>\beta</math>-Lg</b>
<b>IgG<sub>3</sub></b>

**Tabelle 6:** Bioactive Peptide

---

<b>Zusammenfassung</b>
<i>Evidenz aus kontrollierten Humanstudien</i>
• <b>Immunantwort stimulierend</b> Lactoferrin
• <b>Blutdruck senkend</b> Calpis™
• <b>Triglyceride senkend</b> (Globin digest)
• <b>Mineralisierung stimulierend</b> MBP, (CPP)

---

Die Mikroorganismen, die zur Fermentation von Milch bei der Herstellung bestimmter Produkte, wie Joghurt, Käse oder Kefir benutzt werden, spalten nicht nur Laktose, sondern verändern (im Falle der sog. Probiotika) die gastrointestinale Mikroflora und bewirken dabei positive gesundheitliche Effekte. Unter anderem wurden für Probiotika immunmodulierende Effekte beschrieben: die Reduktion von Darminfektionen, die Reduktion von Schwere und Dauer von Erkältungskrankheiten und die Reduktion des Auftretens von Allergien (J. Schrezenmeir et al, AJCN Suppl 2001) (Tabelle 7 und 8).

**Tabelle 7:** Probiotika, Postulierte Effekte

- 
- **Antibiotika-induzierte gastrointestinale Beschwerden**
  - **Darminfektionen (bakterielle, virale Enteritis, Helicobacter)**
  - **extraintestinale Infektionen (z.B. Erkältungen)**
  - **Allergien**
  - **Laktoseintoleranz**
  - **Obstipation/ Irritables Colon**
  - Krebs
  - Leber- und Niereninsuffizienz
  - Atherosklerose
  - Osteoporose

**Tabelle 8:** Probiotika und Extraintestinale Infektionen

---

*De Vrese et al., Clin. Nutr. 2005:*

**Erkältungsschwere und -dauer ↓**  
mit *L. gasseri* PA 16/8, *B. longum* SP07/3, *B. bifidum* MF 20/5

*Hatakka et al., BMJ, 2001:*

**Winterinfektionen bei Kindern ↓**  
mit *L. rhamnosus* GG

*Turchet et al., J.Nutr. Health Aging, 2003:*

**Winterinfektionen bei Erwachsenen ↓**  
mit *L. casei* defensis

*Weizman et al., Pediatrics, 2005:*

**Fieberepisoden ↓**  
**Diarrhoen ↓, Dauer ↓**  
**Atemwegserkrankungen (↓)**

In letzter Zeit wurde ein möglicher protektiver Effekt von Milchverzehr auf die Entstehung von Übergewicht, hohen Blutdruck, Diabetes und Arteriosklerose (dem sog. metabolischen Syndrom) diskutiert (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Milch und das metabolische Syndrom

Übergewicht ↓	(prospektive Studie) (Intervention, Joghurt)	<i>Pereira, 2002</i> <i>Zemel, 2005</i>
Gestörter Glukosestoffwechsel ↓	(prospektive Studie)	<i>Pereira, 2002</i>
Insulinsensitivität ↑	(Interventionen)	<i>Ard, 2004</i>
Typ 2 Diabetes ↓	(prospektive Studie)	<i>Choi, 2005</i>
Hypertonie ↓	(prospektive Studie) (Interventionen)	<i>Pereira, 2002</i> <i>Appel, 1997</i> <i>Moore, 1999</i> <i>Svetkey, 1999</i> <i>Sacks, 2001</i> <i>Ard, 2004</i>
Arteriosklerose- Risikofaktoren ↓		<i>Smedman, 1999</i> <i>Warensjo, 2004</i> <i>Sjogren, 2004</i>
KHK ↓	(10 prospektive Studien)	<i>Elwood, 2004</i>
Hirnschlag ↓	(10 prospektive Studien)	<i>Elwood, 2004</i>

## 1 Milch und Übergewicht

Eine prospektive Studie über 10 Jahre, die sich der Frage stellte, ob Milchkonsum mit der Entwicklung von schwerem Übergewicht verbunden ist, führten Pereira et al. durch (Jama, 2002). Einen BMI von über 30 kg/m<sup>2</sup> und insbesondere auch eine gestörte Glukosetoleranz entwickelten weniger Teilnehmer einer Gruppe von Personen, die >35 Portionen pro Woche von Milchprodukten verzehrten, als die Gruppenangehörigen, die über 0-10 Portionen/Woche verzehrten. Die Calciumzufuhr war 1.500 mg/Tag im Vergleich zu 877 mg/Tag.

Auch bei Kindern bzw. heranwachsenden Mädchen wurde eine inverse Korrelation zwischen Milchverzehr und BMI gefunden (Barba, BJN 93 (2005) 15; Novotny et al. J. Nutr. 134 (2004) 1904).

Bei Gewichtsreduktionsdiät führte Joghurt im Vergleich zur Kontrolle zu einer größeren Reduktion der Fettmasse (4.43 vs. 2,75 kg), insbesondere des abdominellen Fetts, während die Lean Body Mass (hinter der im Wesentlichen die Muskelmasse steht) weniger abnahm (Zemel, Int. J. Obes. 29 (2005) 391). Bei anderen Interventionsstudien wurde kein gewichtsreduzierender Effekt von Milchverzehr gezeigt (Chan, J. Pediatr. 126 (19095) 551; Cadogan, BMJ 315 (1997) 1255; Merrilees EJN 39 (2000) 39).

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass parallel zur Zunahme des Übergewichts der Verzehr von Milch um 38 % abgenommen und von gesüßten zuckerhaltigen Getränken um 135 % zugenommen hat (Nielsen, Am J. Prev. Med. 2004; Ranganatha, J. Am. Diet. Assoc. 2005). Übergewicht tritt bei Kindern doppelt so häufig auf, die mehr als 1 süßes Getränk täglich verzehren (Welsh, Pediatrics, 2005).

## 2 Milch und Typ 2-Diabetes

In einer prospektiven Studie (Health Professional Follow-up-Study) wurde eine Senkung des Typ 2 Diabetes Risikos um 9 % mit jeder Portion Milch pro Tag (insbesondere fettarmer Milch) ermittelt (Choi, Arch. Intern. Med., 2005). Männer, die mehr als eine Portion von Milchprodukten täglich verzehrten, hatten um 40 % weniger häufig ein metabolisches Syndrom (nennen, Nutr. Res. 2000). Eine Kost, in der fettarme Milchprodukte mit vegetarischer Kost kombiniert wurden, führte zu einer Verbesserung der Insulinsensitivität (Ard, Diab. Care, 2004). Dem entsprechen die Befunde früherer Studien, dass eine lactovegetabile Kost vor Diabetes schützt (Snowdon, AJCN, 1988; Collier, AJCN, 1983; Helgson, Lancet, 1982) und dass Milch einen niedrigen glykämischen Index aufweist (Schrezenmeir, Klin. Wschr., 1989).

### 3 Milch und Hypertonie

Dem entsprechen die Ergebnisse zum Effekt einer sogenannten DASH-Kost: Im Vergleich zu einer Kontrolldiät senkte eine rein vegetarische Kost den Blutdruck. Unter einer lactovegetabilen Kost, bei der fettarme Produkte mit vegetarischer Kost kombiniert wurden, war die Blutdrucksenkung stärker als unter rein vegetarischer Kost (Appel, NEJM, 1997; Sacks, NEJM, 2001).

Dies wird u.a. auf den hohen Calcium-, Magnesium- und Kalium-Gehalt und den niedrigen Natriumgehalt von Milch zurückgeführt.

### 4 Milch und Arteriosklerose

Smedman (AJCN 69 (1999) 22) fanden eine inverse Korrelation zwischen dem Verzehr von Milchprodukten (erfasst als C15:0 in Serumlipidestern) und LDL/HDL-Index. In einer prospektiven Fall (N = 78)-Kontroll (N = 156)-Studie war der geschätzte Milchfettverzehr (erfasst über C15:0/C17:0 in Phosphorlipiden) negativ korreliert mit den kleinen dichten LDL, dem Serum PAI-I, dem Tissue-type Plasminogenaktivator, den Triglyceriden, Insulin und Proinsulin. Dies wies auf eine schützende Wirkung gegenüber dem Insulinresistenzsyndrom und dem Risiko an koronarer Herzkrankung hin (Warensjö, Br. J. Nutr. 91 (2004) 635; Sjögren, J. Nutr. 134 (2004) 1729).

In einer 20-24 Jahre Follow-up-Studie bei 2.512 Männern in South Wales (Caerphilly Cohort Study) war ein Milchverzehr von über 0,75 l mit einem relativen Risiko (Hazard-Ratio) von 0,71 für die ischämische Herzkrankung und 0,66 für ischämische Schlaganfälle verbunden, wenn dies mit den Personen ohne Milchverzehr verglichen wurde. Bei den Personen, die bereits zu Beginn der Studie ein vasculäres Ereignis hatten, war dieses Risiko noch geringer: 0,64 für IHD und 0,37 für Schlaganfall >(Elwood, EJC.N 58 (2004) 711). Eine Metaanalyse von 10 Studien zeigte eine gepoolte Schätzung der relativen Risiken von: 0,87 für IHD und 0,83 für Hirnschlag (Elwood, EJC.N 58 (2004) 718).

In einer Fall (N = 507)-Kontroll (N = 478)-Studie in Mailand war ein höherer Verzehr von Joghurt mit einem signifikant niedrigeren Risiko an myocardialem Herzinfarkt (0,58) verbunden, während die odds ratio nicht signifikant niedriger im Fall von höherem Milch- (0,78) oder Käse- (0,77)-Verzehr lag (Tavani, JECH 56 (2002) 471).

Atherosklerosebedingter Hirnschlag war bei Personen, die keine Milch verzehrten, doppelt so häufig, wie bei Personen, die mindestens 450 ml Milch tranken (Abbot, Stroke, 1996; Iso, Stroke, 1999).

### 5 Wirkungsmechanismen

Die Gründe für den positiven Einfluss von Milchverzehr auf das metabolische Syndrom werden derzeit intensiv untersucht. Milch ist eine wesentliche Quelle für die Calciumzufuhr. In einer Reihe von Studien wurden inverse Korrelationen zwischen Calciumzufuhr und Körpergewicht bzw. Körperfettmasse gefunden. Mit einem Mehrverzehr von 100 mg Calcium/Tag war ein um 0,81 kg geringeres Körpergewicht verbunden. Der Calciumverzehr war darüber hinaus invers korreliert mit BMI, Fettmasse, Taillenumfang und viszeralem Fett. Eine Erhöhung der Calciumzufuhr um 100 mg/Tag führte zu einem Gewichtsverlust von 0,25 kg/Jahr, bei Afroamerikanern um ca. 0,8 kg/Jahr (Zemel, FASEB J., 2000; Jacquemain, AJCN, 2003; Davies, JCEM, 2000; Heany, J. Nutr., 2003). Als Mechanismen werden eine reduzierte Fettersorption durch Kalkseifenbildung (Denke, 1993; Welberg, 1994, Jacobsen, Int.J.Obes. 29 (2005) 292) und eine Senkung des Calcitriolspiegels im Plasma mit der Folge der Hemmung der Fettsäuresynthese und Stimulation der Lipolyse (Zemel, Lipids, 2003) diskutiert.

Fetteiche Kost geht mit höherem BMI einher (Willet, Obesity Reviews, 2002). Eine Reduktion von 10 % des Anteils der Energie aus Fett ist mit einer Verminderung des Körpergewichts um 16 g/Tag verbunden (Bray, AJCN, 1998). Zwei Metaanalysen von 19 und 37 Interventionsstudien haben eine Gewichtsabnahme von ca. 3 kg bei Reduktion des Fettanteils der Nahrung gefunden (Astrup, Int. J. Obes., 2000; Yu-Poth, AJCN, 1999; Astrup, Ob. Reviews, 2002). Nach Fettverzehr wird vermehrt Insulin freigesetzt, die Triglyceride steigen stärker an, aus diesen werden vermehrt Fettsäuren freigesetzt und in den Geweben aufgenommen. Langkettige Fettsäuren induzieren eine Insulinresistenz, wie sie für das metabolische Syndrom charakteristisch ist (Lam, Am. J. Physiol., 2003). Dementsprechend steigt der Blutdruck bei Erhöhung des Fettanteils der Nahrung (Yoshioka, J. Hypertens., 2000), Palmitat inhibiert in vitro die Freisetzung des vasodilatierenden Regulators Stickoxid aus Endothelzellen (Moers und Schrezenmeir, Ex. Clin. Endocrinol. Diab., 1997; Jagla und Schrezenmeir, Ex. Clin. Endocrinol. Diab., 2001).

Die Diabetesinzidenz ist positiv korreliert mit gesättigten Fettsäuren in den Cholesterinestern bzw. Phospholipiden im Plasma und negativ korreliert mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Wang, AJCN, 2003).

Allerdings enthält Milchfett neben gesättigtem Fett auch ungesättigtes Fett, insbesondere einfach ungesättigte Fettsäuren (ca. 28 %). Diese scheinen sich eher günstig auf das Körpergewicht bzw. die Waist-to-hip-ratio auszuwirken (Walker, AJCN, 1996; Wang, AJCN, 2003).

Aber auch das gesättigte Fett muss differenziert werden. So haben MCT (mittelkettige Fettsäuren) wegen ihrer geringen Kettenlänge nicht nur einen geringeren Brennwert (ca. 1 kcal/g weniger) als LCT, sondern sind mit einem erhöhten Ruhe- und postprandialen Energieverbrauch verbunden (ebenfalls ca. 1 kcal/g) (Binnert, AJCN, 1998; Seaton, AJCN, 1996; Hill, MeTabelle, 1989; Scalfi, AJCN, 1991; Dullo, EJCN, 1996; Papamandjaris, Ob. Res., 1999; White, AJCN, 1999; Hill, J. Lipid. Res., 1990). Auch scheinen MCT ein höheres Sättigungsgefühl hervorzurufen (Rolls, AJCN, 1988; v. Wymelbeke, AJCN, 2001; Krotkiewski, Int. J. Obwes., 2001; Stubbs, Int. J. Obes., 1996). Der Austausch von LCT gegen MCT führte zu einer höheren Gewichtsreduktion (Yost, AJCN, 1989, Krotkiewski, Int. J. Obes. 2001; Tsuji, J. Nutr., 2001) und zu einer Verbesserung der Insulinsensitivität (Eckel Diab., 1992).

Die für das trans-10, cis-12 CLA-Isomer gefundenen Effekte auf Körpergewicht, Muskelmasse und WHR wurde für das in Milch vorherrschende cis-9-, trans-11-Isomer nicht gefunden (Evans, J. Nutr. Biochem., 2002; Hargrave, Ob. Res., 2002).

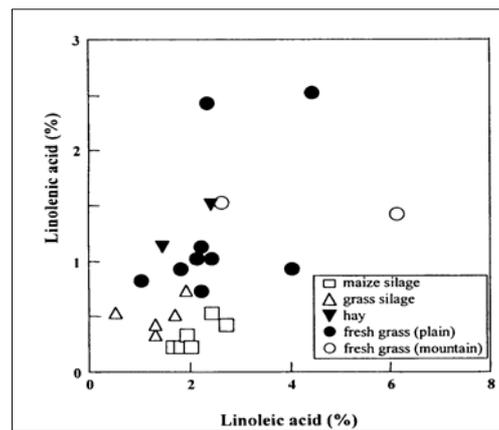
Aber auch die Proteine der Milch scheinen eine Rolle zu spielen. So wurden bioaktive Peptide in fermentativen Milchprodukten gefunden, die den Blutdruck in vitro im Tierversuch und an Menschen senkten und andere Peptide, die die Sättigung erhöhen (Möller, Eur. J. Nutr., 2005).



## Welche Möglichkeiten gibt es, Milchfett physiologisch zu verbessern?

Gerhard Jahreis<sup>1</sup>

Aufgrund von Züchtungsmaßnahmen der vergangenen Jahrhunderte hat sich die Kuhmilch in ihrer Zusammensetzung verändert. Dies scheint weniger das Milchfett zu betreffen, da z. B. nordamerikanische und afrikanische Wildwiederkäuer (Elch, Maultierhirsch, Antilope) eine ähnliche Fettsäurenverteilung aufweisen wie weidende Hausrinder, die sich aber deutlich von Konzentrat-Gefütterten Rindern unterscheidet (Cordain et al. 2002). In den letzten Jahren sind große Fortschritte auf analytischem Gebiet erzielt worden, so dass gegenwärtig über 100 verschiedene Fettsäuren im Milchfett nachgewiesen werden können. Diese Vielfalt im Vergleich zu einem Pflanzenöl beruht auf der Wirkung von Mikroorganismen im Vormagensystem.



Chilliard et al. 2001

**Abbildung 1:** Fettsäurenverteilung im Milchfett und in pflanzlichen Ölen

Insgesamt ist die Fettsäurenverteilung im Milchfett relativ günstig (Abbildung 1). Es besteht zu einem Viertel aus Ölsäure. Etwa ein Zehntel sind ernährungsphysiologisch günstige kurz- und mittelkettige Fettsäuren. Hinzu kommt die Besonderheit, dass Milchfett konjugierte Linolsäuren (CLA) enthält. Als nachteilig ist der relativ hohe Gehalt des Milchfettes an Palmitinsäure und der niedrige Gehalt an polyungesättigten Fettsäuren (PUFA) anzusehen. Durch Fütterungsmaßnahmen (Anreicherung des Futters mit ungesättigten Fettsäuren) kann die Fettsäurenverteilung günstig beeinflusst werden; der Anteil an Palmitinsäure wird verringert und der an Ölsäure erhöht. Aufgrund der Biohydrogenierung sind die Gehalte an PUFA in der Wiederkäuermilch sehr niedrig und erreichen maximal 6 % für Linolsäure und 2,5 % für Linolensäure unter üblichen Bedingungen (Abbildung 2).

<sup>1</sup> Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Ernährungswissenschaften, Dornburger Str. 24, 07743 Jena

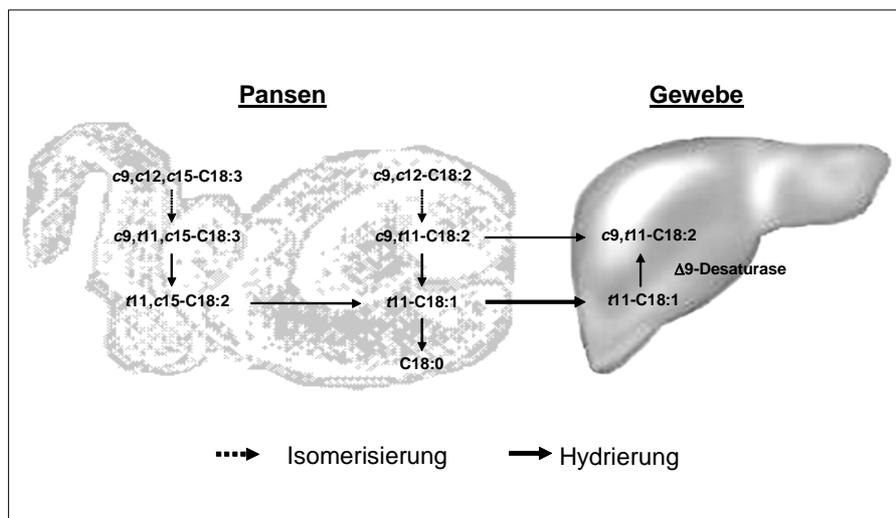
	Kuhmilch	Humanmilch	Sojaöl	Canolaöl	Sonnenblumenöl	Olivensöl
<b>Fettsäure</b>						
< 14:0	19	13	<0,3	<0,4	<0,3	<0,3
16:0	33	25	11	6	7	12
18:0	15	8	3	2	4	2
18:1n-9	25	36	25	57	18	75
18:2n-6	3	8	52	25	70	7
18:3n-3	0,4	1	8	10	0,2	1
CLA	0,5	0,4	-	-	-	-
n-6 LC-PUFA	0,4	1,1	-	-	-	-
n-3 LC-PUFA	0,1	1,9	-	-	-	-

**Abbildung 2:** Linolsäure und Linolensäure in Milchfett von Kühen, die mit verschiedener Silage, Heu bzw. frischem Gras gefüttert wurden

Durch verschiedene Behandlungsverfahren des Futterfettes wird versucht, eine Pansenpassage der hochungesättigten Fettsäuren zu ermöglichen (z. B. für  $\alpha$ -Linolensäure, Eicosapentaensäure, Docosahexaensäure). Unter üblichen Bedingungen ist folglich keine ökonomisch sinnvolle Anreicherung der Milch mit  $\omega$ -3-Fettsäuren möglich. Inwieweit verkapselfte Präparate erfolgreich sind; bedarf weiterer Untersuchungen.

## 1 Konjugierte Linolsäuren (CLA)

Die derzeit interessantesten Substanzen des Milchfettes sind die CLA, die als Derivate der Linolsäure unter dem Einfluss von Isomerasen der Pansenbakterien entstehen. Mehr als 20 Isomeren der CLA sind bisher im Milchfett identifiziert worden. Der Anteil des Hauptisomeren, *cis*-9,*trans*-11-CLA, am gesamten CLA-Gehalt der Milchfettfraktion beläuft sich für Kuhmilch auf > 80 %. Neben den anticarcinogenen Eigenschaften weisen die CLA eine Reihe weiterer positiver Eigenschaften auf.

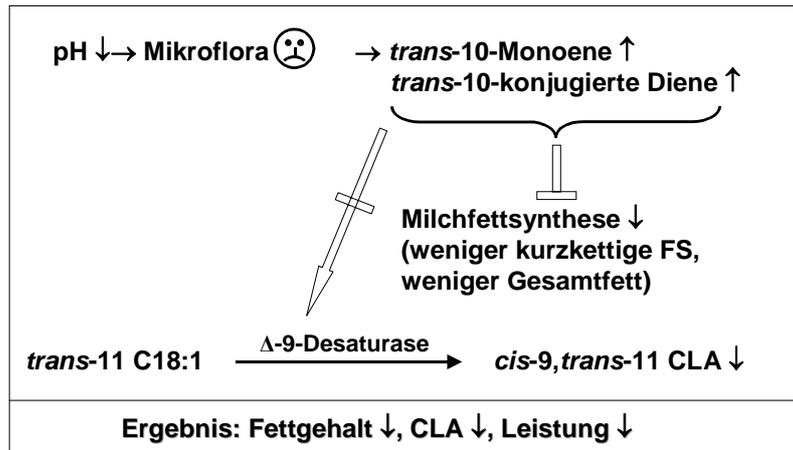


**Abbildung 3:** Bildung von CLA durch Mikroben im Pansen bzw. durch Konversion aus *trans*-Vaccensäure im Gewebe

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren werden im Pansen der Milchkuh in der Regel bis zur Stearinsäure hydriert, diese wird ins Milchfett eingebaut. Nach Ölfütterung erhöht sich besonders der Anteil an Stearinsäure und im geringeren Umfang auch der an PUFA im Milchfett. CLA gelangen über den Blutstrom zur Milchdrüse bzw. werden im Gewebe aus *trans*-Octadecensäuren unter dem Einfluss von Desaturasen synthetisiert. Die häufigste *trans*-Octadecensäure des Milchfettes ist die *trans*-Vaccensäure (*tVA*; *trans*-11 C18:1). Aus *tVA* entsteht unter dem Einfluss der  $\Delta$ -9-Desaturase das Haupt-CLA-Isomere *cis*-9,*trans*-11 C18:2 in der Milchdrüse (Abbildung 3). Als zweithäufigstes CLA-Isomere enthält Milchfett bei naturnaher Haltung der Tiere (z. B. Almwirtschaft) *trans*-11,*cis*-13- bzw. bei intensiver Haltung *trans*-7,*cis*-9-CLA (Kraft et al.; 2003).

**2 Erhöhung des CLA-Gehaltes**

Die Bildung von CLA hängt vom Substrat (aufgenommenen PUFA), der Grundration (Konzentratanteil), dem pH-Wert und auf Grund der Spezies-spezifischen Ernährungsweise auch von der Wiederkäuerart ab. Es fehlt nicht an Versuchen, über Öl-Supplemente den CLA-Gehalt anzureichern. Besonders hohe CLA-Gehalte werden bei Lein- und Fischölgaben erreicht - allerdings mit dem Preis - dass der Gehalt an *trans*-Isomeren der Ölsäure enorm ansteigt (bis auf 15 % der Fettsäurenmethylester; FAME). Bei der Fütterung von Sonnenblumenöl kommt es zur verstärkten Bildung des *trans*-10, *cis*-12-Isomeren. Sowohl diese CLA-Verbindung als auch *trans*-10-Octadecensäure hemmen die Fettsynthese in der Milchdrüse (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Kraftfutterreiche Rationen fördern die Bildung von *trans*-10 C18:1 und hemmen die Milchfettthese

In einem Versuch mit täglich 400 g Sonnenblumen- bzw. Rapsöl pro Tier und Tag fanden wir im Milchfett ein *trans*-10/*trans*-11 C18:1-Verhältnis von etwa 0,6 bei den mit Rapsöl gefütterten Tieren, während sich dieses Verhältnis auf deutlich über 1 bei den mit Sonnenblumenöl gefütterten Tieren erhöhte. Die Folge war, dass der Fettgehalt von etwa 3,8 % auf 2,1 % abfiel. Eine Zulage von 200 g basischem Pansenpuffer normalisierte den Fettgehalt in der Milch (Tischendorf et al., unveröffentlichte Arbeit). Die Supplementation von Milchviehrationen mit "Pansen-geschützten" CLA-Präparaten bewirkte bei den meisten Versuchsanstellern einen Abfall der Fettmenge, während Milch und Proteinmenge mehr oder weniger deutlich anstiegen (Tabelle 1).

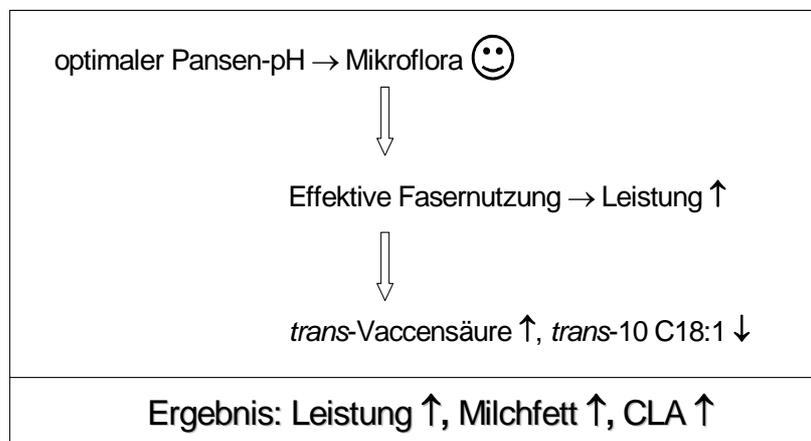
**Tabelle 1:** Effekte von Pansen-geschützten CLA auf die Milch-, Fett- und Proteinleistung

Studie	Laktations-tag	Dauer (d)	Prozentuale Veränderungen		
			Milch-menge	Fett-menge	Protein-menge
Giesey et al., 1999	13	67	+5,5	-18,5	-1,7
Bernal-Santos et al., 2001	0	70 (140)	+6,0	-6,0	+5,5
Perfield et al., 2001	-	70 (140)	+5,0	-20,0	+3,0
Medeiros et al., 2000	28	77	+4,5	-24,5	+16,0
Kraft et al., unveröff.	188	42	0	-19,0	+1,0
Mackle et al., unveröff.	40	42	+10,6	-9,9	+6,3

### 3 Naturnahe Haltungsbedingungen

Im Sommer, während der Weideperiode, enthält Wiederkäuermilch aufgrund des hohen Anteils an PUFA im Gras die höchsten CLA-Gehalte. Dies ist unabhängig von der Tierart. In der Regel ist Schafmilch am CLA-reichsten, Kuhmilch zeichnet sich in Abhängigkeit von der Fütterung durch enorme Schwankungen des CLA-Gehaltes aus, während Ziegenmilch niedrigere CLA-Gehalte aufweist.

Von uns durchgeführte Analysen in der Rohmilch verschiedener Lieferanten einer Thüringer Molkerei ergaben erhebliche Schwankungen des Anteiles an ernährungsphysiologisch bedeutsamen Fettsäuren im Jahresverlauf. Bei Stallhaltung und ganzjähriger Silage-Fütterung liegt der Gehalt an Palmitinsäure > 30 % der gesamten FAME, während der Ölsäuregehalt ca. 20 % beträgt. Das ergibt ein Palmitinsäure/Ölsäure-Verhältnis von 1,5. Die CLA-Anteile liegen deutlich unter 0,5 %. Geringere Kraftfuttermengen, Weide- und Grassilage-Fütterung unter weniger intensiven Bedingungen ergeben eine typische Fettsäurenverteilung im Milchfett. Der Palmitinsäureanteil fällt auf ca. 25 % der gesamten FAME ab, während sich der Ölsäureanteil auf 25 % erhöht. Das entspricht einem Palmitinsäure/Ölsäure-Verhältnis von ca. 1 im Jahresverlauf. In Abhängigkeit von der Jahreszeit liegt der CLA-Gehalt während der Sommermonate am höchsten, im Jahresmittel erreicht er fast 1 %. Weidegang der Kühe und bestmögliche Entwicklung der Mikroflora führen zu einer erhöhten Bildung von *trans*-Vaccensäure aus den PUFA der Weidegräser/kräuter. Die Umwandlung der *trans*-Vaccensäure in der Milchdrüse zu CLA ist aufgrund der geringen Entstehung von *trans*-10 C18:1 bei der Biohydrogenierung ungesättigter Fettsäuren im Pansen optimal (Abbildung 5).

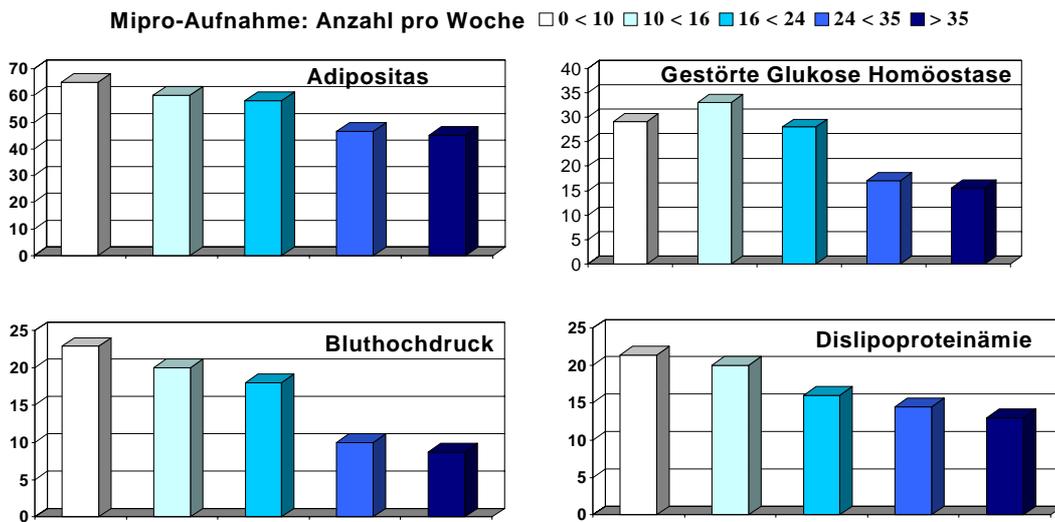


**Abbildung 5:** Naturnahe Fütterung (Weide, weniger Kraftfutter) bedingt einen mehrfach erhöhten Gehalt an CLA im Milchfett

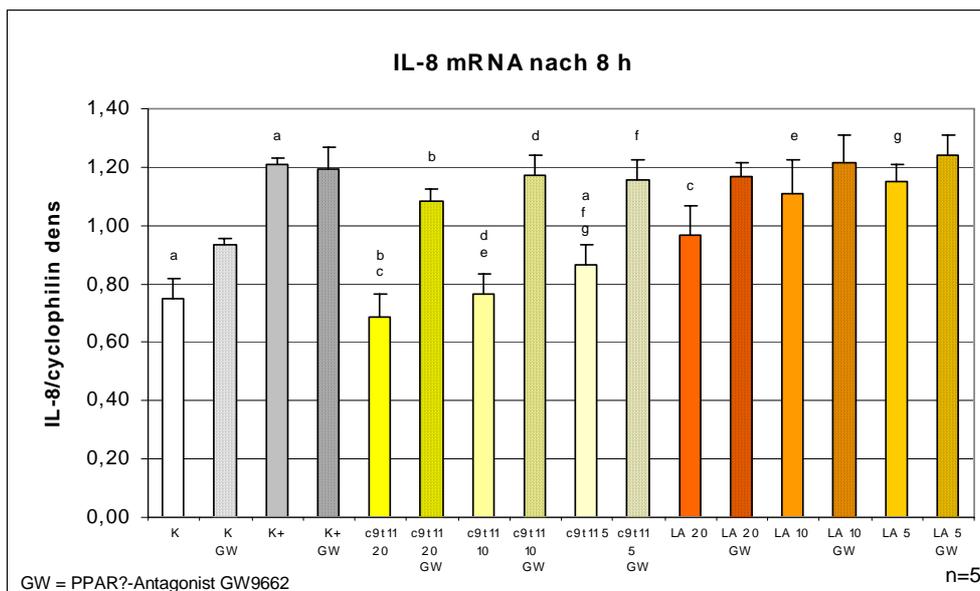
Mit der Auslobung "CLA-reich" werden inzwischen Produkte vermarktet. Die Hersteller werben damit, dass durch die besonders artgerechte Form der Haltung bei ökologischer Wirtschaftsweise der CLA-Gehalt nachweislich höher ist gegenüber anderen Haltungsformen. Außerdem sind sowohl im Hinblick auf den Verbraucher als auch unter dem Aspekt der Lagerung hohe Gehalte an Antioxidantien, wie z. B. Tocopherole und Carotinoide, erwünscht. Dazu liegen umfangreiche Übersichten vor.

### 4 Milch und Milchprodukte in der Ernährung

Eine Multicenter-Kohortenstudie (CARDIA-Studie), die über einen Zeitraum von 15 Jahren angelegt ist, prüfte den Einfluss des Verzehrs von Milchprodukten auf die Prävalenz von Adipositas und Diabetes Typ II (Abbildung 6). Die bisherigen Ergebnisse über 10 Jahre an 3157 schwarzen und weißen US-Amerikanern zeigen, dass bei leicht übergewichtigen Personen mit häufigerer Aufnahme von Milchprodukten die Inzidenz an Fettsucht, Bluthochdruck sowie Störungen des Fettstoffwechsels und der Glucosetoleranz abnehmen.



**Abbildung 6:** Zehn Jahre kumulative Inzidenz von Komponenten des Insulin-Resistenz-Syndroms in Abhängigkeit von der Gesamtaufnahme an Milchprodukten (Personen mit einem BMI < 25 kg/m<sup>2</sup>, Pereira et al. JAMA 287, 2081, 2002)



- deutliche Hemmung der m-RNA-Expression durch *cis-9,trans-11-CLA* im Vergleich zu LA (gleiche Buchstaben: p = 0,05)
- Aufhebung des Effekts durch GW9662

**Abbildung 7:** PPAR $\gamma$ -vermittelte Hemmung der IL-8-mRNA-Expression in stimulierten humanen Bronchialepithelzellen: *cis-9,trans-11-CLA* vs. Linolsäure

Das Asthma bronchiale hat bei Kindern eine Prävalenz von 10 % und bei Erwachsenen von 5 %. Es ist die häufigste chronische Entzündung der Atemwege. Inzwischen konnte in drei Studien nachgewiesen werden, dass der Verzehr von Milch und Milchprodukten die Prävalenz von Asthma und asthmaphänlichen Erkrankungen signifikant vermindert. Inzwischen gibt es mehrere epidemiologische Studien, die die positive Wirkung von Vollmilch und/bzw. Milchprodukten bei der Prävention von Asthma besonders im Kindesalter belegen (Wijga et al.; 2003, Woods et al.; 2003, Nagel und Linseisen, 2005).

In einer Studie an bronchialen Epithelzellen konnten wir die selektiv hemmende Wirkung von *cis-9,trans-11-CLA* auf die Produktion entzündungsfördernder Interleukine nachweisen (Abbildung 7, Jaudszus et al.; 2005).

#### 4 Zusammenfassung

Folgende Veränderungen der Milchfettzusammensetzung sind aus Sicht der Humanernährung sinnvoll und in den nächsten Jahren zu erwarten:

*Fettsäurenverteilung:* Erhöhung des Anteils an Ölsäure, PUFA (Linolsäure bis 6 % der gesamten FAME, Linolensäure bis 3 % der gesamten FAME),  $\omega$ -3-Fettsäuren (gecoatetes Fischöl), *trans*-Vaccensäure (*trans-11 C18:1*), Sphingomyelin sowie Verminderung des Anteils an *trans-10* Octadecensäure.

*CLA-Fraktion:* Gesamt-CLA bis 2,5 % der gesamten FAME, maximal bis 6 %;

*Isomerenverteilung:* *cis-9,trans-11*-Isomere > 80 % der gesamten CLA; *trans-11,cis-13*- Isomere ~ 3 % der gesamten CLA (besonders bei Weidehaltung); *trans-7,cis-9*-Isomere ~ 2 % der gesamten CLA (besonders bei Kraftfutterreicher Fütterung).

Neben den bereits gut bekannten positiven Eigenschaften der CLA in der Krebsprävention scheinen die CLA auch entzündungshemmende Eigenschaften zu haben.

#### Literatur

- Cordain L., Watkins B.-A., Florant G.-L., Kelher M., Rogers L., Li Y. (2002): Fatty acid analysis of wild ruminant tissues: evolutionary implications for reducing diet-related chronic disease. [Review.] *Eur J Clin Nutr* 56:181-191
- Jaudszus A., Foerster M., Kroegel C., Wolf I., Jahreis G. (2005): *Cis-9,Trans-11-CLA* exerts anti-inflammatory effects in human bronchial epithelial cells and eosinophils: Comparison to *Trans-10,Cis-12-CLA* and to linoleic acid. *Biochim Biophys Acta (BBA) - Mol Cell Biol Lipids* 1737:111-118
- Kraft J., Collomb M., Möckel P., Sieber R., Jahreis G. (2003): Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids* 38:657-664
- Nagel G., Linseisen J. (2004): Dietary intake of fatty acids, antioxidants and selected food groups and asthma in adults. *Eur J Clin Nutr* 59:8-15
- Pereira M.-A., Jacobs D.-R., van Horn L., Slattery M.-L., Kartashov A.-I., Ludwig D. (2002): Dairy consumption, obesity, and the insulin resistance syndrome in young adults, The CARDIA Study. *JAMA* 287:2081-2089
- Wijga A.-H., Smit H.-A., Kerkhof M., de Jongste J.-C., Gerritsen J., Neijens H.-J., Boshuizen H.-C., Brunekreef B. (2003): Association of consumption of products containing milk fat with reduced asthma risk in pre-school children: the PIAMA birth cohort study. *Thorax* 58: 567-572
- Woods R.-K., Walters E.-H., Raven J.-M., Wolfe R., Ireland P.-D., Thien F.-C.-K., Abramson M.-J. (2003): Food and nutrient intakes and asthma risk in young adults. *Am J Clin Nutr* 78:414-424

## Welche Rolle spielt das Grundfutter in der Milcherzeugung?

Jörg-Michael Greef<sup>1</sup>, Karl-Heinz Südekum<sup>2</sup>

Ein entscheidendes Kriterium für den leistungsgerechten Einsatz von Grundfutter ist die Qualität. Vor dem Hintergrund sinkender Milchpreise lassen sich hohe Milchleistungen nur mit qualitativ hochwertigem Grundfutter ermelken.

### 1 Bedeutung des Grundfutters

Nach einer langjährigen Untersuchung von Walter et al. (2005) beruht die Leistungssteigerung in der Milchproduktion neben der Verbesserung der genetischen Tierbasis auf einer gesteigerten Qualität des Grundfutters und damit einer einhergehenden steigenden Bedeutung des Grundfutters. In die Auswertung sind Betriebsdaten des "Arbeitskreises Forschung und Praxis" sowie der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein aus dem Zeitraum von 1980 bis 2001 eingeflossen. Den Autoren zufolge konnte das Kraftfutter zwar seine Schlüsselrolle in der Rationsgestaltung und im horizontalen Betriebsvergleich herausstellen. Im langjährigen Vergleich entsprechend einer Zeitreihenanalyse war jedoch eine enge und signifikante Beziehung zwischen Kraftfutter und Milchleistung nicht mehr gegeben. Die Untersuchung belegt, dass der Kraftfuttereinsatz pro Kuh konstant bzw. rückläufig ist, woraus folgt, dass die Bedeutung des Grundfutters an der Steigerung der Milchleistung erheblich zunimmt. Die Grundfutterqualität konnte während des Untersuchungszeitraumes verbessert werden. Gegenüber dem Kraftfuttereinsatz gewinnt die Leistung, die aus dem Grundfutter zu erzielen ist, eine immer größer werdende Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass sich energiearmes Grundfutter nicht mit einseitig hohen Kraftfuttorgaben ausgleichen lässt. Dieses entspricht nicht einer leistungs- und wiederkäuergerechten Rationsgestaltung. Die Autoren schlussfolgern aus der hohen Streuung der einzelbetrieblichen Ergebnisse der Grundfutteranalysen, dass noch erhebliche Reserven vorhanden sind.

### 2 Energiedichte

Die Energiedichte (-konzentration) ist ein entscheidendes Kriterium zur Beurteilung der Grundfutterqualität. Sie wird als NEL (Netto-Energie-Laktation) in Mega-Joule pro kg Trockenmasse ( $\text{MJ kg}^{-1} \text{ TM}$ ) ausgedrückt. Die Entwicklung der Energiedichte ist differenziert nach den beiden tragenden Säulen bzw. Hauptkomponenten des Grundfutters, Mais- und Grassilagen, zu sehen. Entsprechend der oben zitierten Erhebung stieg die NEL-Konzentration bei Mais seit 1981 im Mittel von  $6,0 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$  auf  $6,5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$ . Dabei werden maximale Werte von über  $7,0 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$  erreicht. Interessant ist, dass die Streuung um das Mittel im Zeitablauf abgenommen hat. Der positive Trend wird sich auch zukünftig fortsetzen, womit allerdings nicht ausgesagt werden soll, dass alle Probleme im Silomaisanbau und -einsatz gelöst sind. Nach wie vor ist aufgrund der witterungsbedingten Schwankungen und standortspezifischen Gegebenheiten die adäquate Sortenwahl bei Mais nicht einfach, um die Vegetationszeit optimal ausnutzen zu können. Durch die hohe Anzahl von Sorten bzw. den schnellen Sortenwechsel kann der eigentliche Zuchtfortschritt verschleiert werden. Die Ertragsleistung von Silomais ist auch noch nicht hinreichend ausgenutzt. Flächen- und betriebsbedingt wird häufig Mais nach Mais angebaut. Es liegen jedoch Hinweise vor, dass sich beim Mais positive Effekte bei einem Fruchtartenwechsel einstellen, wie es aus dem Getreideanbau zum Standardwissen gehört. Die Ernte wird ebenfalls i. d. R. nicht zum optimalen Zeitpunkt durchgeführt, was auf Defiziten im Management des Ernteablaufes (Einsatz und Durchführung des Lohnunternehmens) beruhen kann. Das Resultat sind entweder zu nasse oder zu trockene Silagen. Strittig ist die optimale Häcksellänge, welche zudem trotz vorhandener Empfehlungen und der Leistungsfähigkeit der technischen Einrichtungen in der Praxis nicht erreicht wird. Das Problem eines zu hohen Anteils an Überlängen führt neben der Einschränkung von tierrelevanten Leistungsparametern zu siliertechnischen Qualitätseinbußen (aerobe Instabilität). Eine weitere Verbesserungswürdigkeit betrifft die Erhöhung der Energiekonzentration durch erntetechnische Maßnahmen (Hochschnitt), wobei aber z. Zt. noch keine eindeutige Aussage getroffen werden kann. Um die Leistungsreserven für Silomais vollständig ausschöpfen zu können, ist eine zeitnahe und technisch einfach handbare Erfassung und Bewertung der Qualität von essentieller Bedeutung (siehe unten).

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, pg@fal.de

<sup>2</sup> Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften

Die Energiedichte ist bei Grassilagen generell niedriger als bei Silomais. Sie konnte nach der oben zitierten Untersuchung im Zeitraum 1981 bis 2001 ebenfalls im Mittel deutlich gesteigert werden: von ca.  $5,0 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$  auf über  $6,0 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$ . Dieser Trend wird sich zukünftig mit dem Zuchtfortschritt und einem verbesserten Wissenstransfer weiter fortsetzen. Im Unterschied zum Silomais weist die Grassilage eine erhebliche höhere Streuung in den Energiedichten auf. In diesem Punkt liegen noch erhebliche Leistungsreserven, da einerseits zwar Spitzenwerte erreicht werden, ein höherer Anteil an Betrieben erreicht aber nicht die erforderlichen Zielgrößen. Neben den witterungsbedingten Schwankungen ist die Bestimmung des optimalen Schnittzeitpunktes ein wesentlicher Schwachpunkt. Eine häufige Schnittnutzung (4 - 5 Schnitte) bringt i. d. R. bessere Qualitäten als eine zwei bis dreimalige Nutzung. Steht genügend Fläche zur Verfügung, lässt sich bereits mit dem ersten und zweiten Schnitt der Grundfutterbedarf in ausreichender Qualität abdecken. Auf die Folgeschnitte sollte verzichtet werden, da sie nur die Grundfutterkosten erhöhen. Weiterhin fällt die Qualität der Folgeschnitte deutlich heterogener aus. Allerdings ist noch die Verwendung der Restschnitte zu klären. Neben der häufig noch unzureichenden Grünlandpflege betrifft ein weiteres Problem die Schnitthöhe, die häufig genug zu niedrig angesetzt ist. Dadurch steigt einerseits der Verschmutzungsgrad (zu hohe Rohaschegehalte), zum anderen verzögert sich der Folgeauftrieb. In Kombination mit einem Lagern des Grasbestandes, z. B. bei zu hoher N-Versorgung, führen zu niedrige Schnitthöhen zu "faulem" Erntegut, welches entsprechend problematisch im Silierprozess ist.

Neben der großen Bedeutung des Energiegehaltes zur Beurteilung der Grundfutterqualität bewirken hohe Energiedichten im Grundfutter zusätzlich eine Steigerung der Grob- und Gesamtfutteraufnahme. Beispielsweise bewirkt eine Steigerung des Energiegehaltes um  $0,3 \text{ MJ NEL kg}^{-1} \text{ TM}$  nur eine Mehraufnahme von  $3 \text{ MJ NEL}$  bei  $10 \text{ kg}$  Grundfutter-TM-Aufnahme, wenn jedoch gleichzeitig  $1 \text{ kg TM}$  mehr gefressen wird, sind das z. B.  $6,6 \text{ MJ NEL}$ .

### 3 Inhaltsstoffe

Zukünftig werden stärker die Form oder besser gesagt, die Bestandteile, in der die Energie angeliefert wird, zu berücksichtigen sein: Was beim Silomais die Stärkekomponenten ausmacht, sind bei Gräsern die wasserlöslichen Kohlenhydrate. Ein von der EU gefördertes Forschungsprojekt (Sweet Grass) ist der Frage nachgegangen, inwieweit sich die Verwendung von Weidelgräsern mit höheren Zuckergehalten auf die Verdaulichkeit sowie die Dynamik des Nährstoffumsatzes im Pansen sowie auf die Leistungsfähigkeit von Milchkühen auswirkt. Die Ergebnisse befinden sich z. Zt. noch in der Auswertung, so dass noch keine allgemeiner gültigen Aussagen aus den durchgeführten Experimenten getroffen werden können. In den Anbauversuchen stellten sich nicht immer die erwarteten hohen Zuckergehalte ein. Dieser Frage wird in weiteren Untersuchungen mit einem adaptierten bzw. gezielt erzeugten Sortenmaterial nachgegangen. Aus den Silierversuchen lässt sich provisorisch ableiten, dass es bei Gräsern mit hohen Zuckergehalten zu keinen Problemen während der Silierung kam. Es müssen geeignete Verfahren eingesetzt werden, wie z. B. Anwelken und der Einsatz von Siliermitteln, um einen qualitätserhaltenen Silierprozess zu gewährleisten. Eine Nacherwärmung trat selten auf, auch wenn noch hohe Restzuckergehalte vorhanden waren. Beim Silomais wird weiter zu klären sein, wie sich der Silierprozess und die Lagerdauer auf Geschwindigkeit und Ausmaß der Stärkeverdauung in den Vormägen und damit letztlich auf den Anteil an pansenstabiler Stärke auswirken, die im Dünndarm verdaut werden kann und damit der Milchkuh direkt Glukose zur Verfügung stellt. Es liegen eine Reihe von Hinweisen vor, dass sich die aus Versuchen an nicht-siliertem Mais-Ganzpflanzenerntegut abgeleiteten relative hohen Anteile pansenstabiler Stärke ( $\geq 30 \%$  der Stärke) bei Maissilagen nicht wieder finden lassen und auch die Geschwindigkeit des Stärkeabbaus durch den Silierprozess zunimmt. Deshalb sollte weiterhin ein Augenmerk auf möglichst gut im Pansen fermentierbare Zellwandbestandteile gelegt werden, die vorwiegend im Maisstängel lokalisiert sind. Weil eine hohe Fermentierbarkeit einen geringen Grad der Lignifizierung (= Verholzung) bedeutet, kann jedoch die Standfestigkeit betroffen sein, so dass aus pflanzenbaulicher Sicht dieses Merkmal zu berücksichtigen ist. Sowohl Ausmaß und Geschwindigkeit des Stärkeabbaus in den Vormägen als auch Fermentierbarkeit der Zellwandbestandteile haben indirekt oder direkt Auswirkungen auf den Strukturwert von Maissilagen für Wiederkäuer, der für eine Gesamtbewertung des Futterwertes von Maissilagen insbesondere in maissbetonten Rationen unbedingt mit beachtet werden sollte.

Eine weitere Problematik betrifft den bei Silagen, insbesondere bei rohproteinreichen Grassilagen, häufig exzessiven Rohproteinabbau im Pansen, der mit einer insgesamt geringen Effizienz der Stickstoff-Verwertung einhergeht. Zur Verbesserung der N-Ausnutzung aus frischem oder konserviertem Grünfutter wird vorgeschlagen, tanninhaltige Leguminosen entweder im Gemengeanbau mit Gräsern zu verwenden oder separat anzubauen und zu füttern. Die Tannine solcher Leguminosen, z. B. Hornkleearten, können mit den Proteinen im Pansen - sowohl Futterprotein als auch Enzymprotein von Mikroorganismen ist betroffen - Bindungen eingehen, die im sauren Milieu des Labmagens wieder aufgehoben werden und damit das Protein für die Verdauung im Dünndarm freigeben. Die bisherigen Befunde zu diesem Thema stammen jedoch weit überwiegend aus Versuchen aus der südlichen Hemisphäre (Neuseeland) an kleinen Wiederkäuern (Schafen) bei reiner Weidefutteraufnahme. Deshalb ist die Frage zu klären, inwieweit die dort ermittelten

Befunde auf die Situation in Mitteleuropa übertragen werden kann, wo typischerweise Milchkühe gemischte Grundfutter-Kraftfutter-Rationen aufnehmen.

Ein ebenfalls von der EU gefördertes Forschungsprojekt (LegGraze) beschäftigt sich mit der Fragestellung, inwieweit verschiedene Leguminosen in der Weidehaltung eingesetzt werden können. Neben der Standardleguminose Weißklee wurden auch Arten wie weidefähiger Rotklee, Hornklee und kaukasischer Klee untersucht. Die Ergebnisse befinden sich ebenfalls noch in der Auswertung. Ein abgeschlossenes EU-Projekt (LegSil) hatte den Einsatz von verschiedenen Leguminosen in der Konservierung und der Verfütterung bereits erfolgreich untersucht. Positive Effekte sowohl auf die Silierung als auch auf Leistungsparameter konnten nachgewiesen werden.

Seit einiger Zeit ist auch das Vorkommen bestimmter Fettsäuren in Grünfutter in der Diskussion. Es wird von einer positiven Beeinflussung des Fettsäuremusters der Milch hin zu einer ernährungsphysiologisch erwünschten Zusammensetzung durch Verfütterung von Grünlandaufwüchsen gesprochen. Gemeint ist beispielsweise der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren oder an konjugierter Linolsäure (CLA). Inwieweit diese spezifischen Fettsäuren über die Synthese in Gräsern beziehungsweise die Prozesse in den Vormägen gezielt beeinflusst werden können, ist offen. Die gefundenen Effekte traten vor allem bei Gräserbeständen auf, die in höheren Höhenlagen vorkommen. Möglich sind genotypspezifische Kühle- oder Kälteadaptationen, die die Permeabilität von Membranen beeinflussen. Möglicherweise hängen diese Effekte aber auch nur mit dem höheren Kräuteranteilen auf den Almen zusammen.

#### **4 Gärqualität**

Neben dem Futterwert ist auch die Gärqualität von Silagen ein wichtiges Qualitätskriterium. Während Mais mit einem hohem Kolbenanteil und einer gut verdaulichen Restpflanze hohe Energiedichten erreicht, erhöht sich das Risiko der aeroben Instabilität trotz einer grundsätzlich guten Silierbarkeit und einer hohen anaeroben Gärqualität von Mais. Nach wie vor ist der Trockenheitsgrad von, überreifen Mais ein Problem. Zu trockener Mais kann nicht ausreichend verdichtet werden, so dass die Gefahr von instabilen Silagen, Nacherwärmungen und Schimmelbildung besonders während der Sommermonate hoch ist. Auch der Einsatz von geeigneten Siliermitteln ist nur dann erfolgreich, wenn ein entsprechend sauberes Silomanagement durchgeführt wurde.

Bei Grassilagen können mit einem frühen Schnitt ebenfalls hohe Energiedichten erreicht werden, doch wird die Vergärung durch die hohen Rohproteingehalte aufgrund des Puffereffektes erschwert, so dass es zur Buttersäurebildung und zu einem verstärkten Eiweiß- und Aminosäurenabbau (Ammoniakbildung) kommen kann. Die Folge sind Silagen mit einer geringen Gärqualität und einem daraus resultierenden niedrigen Futterwert. Abhilfe schaffen hier konsequentes Anwelken auf einen TM-Gehalt von 30 % und der Einsatz von geeigneten Siliermitteln.

Bei Silagen aus Leguminosen oder mit Leguminosenanteilen können im Silierprozess Probleme mit stängelreichen Fraktionen bei einem relativ hohen Eiweißgehalt auftreten. Dieses kann durch eine Ernte mit einem Mähauflbereiter vermieden werden, welche zu einer kurzen, aber effektiven Anwelkphase führt. Eine saubere Bergung fördert die Vergärung und senkt den Eiweißabbau und die Verluste. Eine Substratergänzung durch Melasse sowie Impfzusätze oder chemische Siliermittel stabilisieren den Silierprozess.

#### **5 Qualitätserfassung**

Um einen optimalen Futterwert und eine ausreichende Gärqualität zu erreichen, kommt dem Ernte- bzw. Schnitzeitpunkt eine wichtige Rolle zu. Neben der Reifeprüfung im Grünland, die inzwischen in die breite landwirtschaftliche Praxis Eingang gefunden hat, sind in den letzten Jahren Prognosemodelle auf der Basis von Temperatursummen für die Silomaisernte entwickelt worden. Neben landesspezifischen Prognosemodellen steht auf der Homepage des Deutschen Maiskomitees (<http://www.maiskomitee.de/maisprog/maisprog.htm>) ein Modell zur Verfügung, in welchem durch eine jährliche Validierung versucht wird, sortengruppentypische Reaktionsmuster abzubilden. Diese Modelle helfen den voraussichtlichen Erntezeitpunkt zu prognostizieren, um eine qualitätsgerechte Ernte zu erreichen.

Eine zeitnahe Erfassung von Qualitätsparametern (vor allem des TM-Gehaltes) im frischen Erntematerial bzw. in der Silage wird für einen leistungsgerechten Einsatz immer wichtiger. Die bisherige Beurteilung von Ernte- und Silageproben basiert noch auf einem Verfahren, in dem Probenmaterial eingeschickt wird. Dieses wird für die entsprechenden Analysen getrocknet und aufbereitet etc. Das NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) Verfahren wird bereits heute als Standardverfahren zur Qualitätsbestimmung benutzt. Es basiert aber bisher noch auf getrockneten und vermahlen Probenmaterial. Mit der Weiterentwicklung der NIRS-Methodik wird ein Einsatz im feuchten Material (Erntegut/Silage) möglich. Bei der Entwicklung dieser Methode sind noch einige Hürden zu überwinden, doch wird es bald möglich sein, sozusagen ,online während der Überfahrt auf der Erntemaschine die relevanten Qualitätsmerkmale zu erfassen.

Dieses betrifft z. Zt. den TM-Gehalt, aber weitere Parameter, wie der Proteingehalt oder leicht fermentierbare Inhaltsstoffe wie wasserlösliche Kohlenhydrate und weitere Kenngrößen sind in der Umsetzungsphase. Der Einsatz der NIRS-Methodik wird nicht nur auf Erntemaschinen möglich sein, sondern auch durch adaptive Verfahren wird eine Messung von frischer Silage vorgenommen werden können.

## **6 Schlussfolgerung**

Im Grundfutter sind Leistungsreserven und Leistungssteigerungen möglich und notwendig. Neben der Energiedichte werden spezifische Inhaltsstoffe und der Strukturwert wichtige Bestimmungsgrößen an Bedeutung gewinnen. Die prozessbedingte Erhaltung der Gärqualität und die zeitnahe Erfassung des Futterwertes werden für ein qualitätsorientiertes Futtermanagement maßgeblich werden.

### **Literatur**

- Walter K., Bockisch F.-J., Ohrtmann J., Thomsen J. (2005):  
Entwicklung der Milchleistung, des Kraftfuttereinsatzes und der Grundfutterqualität, Landbauforschung Völknerode 55, 119-126

## Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GvP) - Was gibt es Neues?

Gerhard Flachowsky<sup>1</sup>

### 1 Einleitung

Der Anbau der GvP, vor allem von Sojabohnen, Mais, Raps und Baumwolle ist von  $\approx 1,7$  Mio ha im Jahre 1996 über  $\approx 52,6$  (2001),  $\approx 58$  (2002),  $\approx 67$  (2003) auf  $\approx 81,6$  Mio ha im Jahre 2004 angestiegen und betrug im Jahre 2005 etwa 90 Mio ha (James, 2005). Bei diesen Pflanzen handelt es sich überwiegend um GvP der so genannten ersten Generation, d. h. um Pflanzen, bei denen keine wesentlichen Veränderungen von Inhaltsstoffen erfolgte (Pflanzen mit input traits). Bei diesen GvP wurde vor allem die Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenschutzmittel und/oder Insekten beeinflusst. Perspektivisch eröffnet die Gentechnik als biotechnologische Methode durchaus weitere Möglichkeiten. Dabei kann sowohl die gezielte Beeinflussung von Inhaltsstoffen – wie die Erhöhung des Gehaltes an wertbestimmenden Inhaltsstoffen (z. B. Protein oder Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine, Mineralstoffe) oder die Reduzierung des Gehaltes unerwünschter Stoffe (z. B. Glukosinolate, Alkaloide, allergene Substanzen) als auch eine effizientere Ressourcennutzung (z. B. Wasser, Nährstoffe) oder eine erhöhte Resistenz gegenüber Stressbedingungen (Trockenheit, Kälte, Hitze u. a.) erwähnt werden (Flachowsky, 2003). Pflanzen mit substantiellen Veränderungen von Inhaltsstoffen (mit output traits) werden aus ernährungsphysiologischer Sicht auch als GvP der 2. Generation bezeichnet. Die oben erwähnten Potenziale eröffnen hochinteressante und strategisch bedeutsam erscheinende Möglichkeiten für Beiträge der Gentechnik zur globalen Ernährungssicherung. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass sich diese Technik am Anfang einer Entwicklung befindet – vielleicht vergleichbar mit dem Automobilbau vor etwa 100 Jahren – und dass eine begleitende agrarökologische und ernährungswissenschaftliche Sicherheitsforschung notwendig ist. Sowohl Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften als auch Beiträge in bunten Journalen und der Tagespresse trugen in den zurückliegenden Jahren wesentlich zur Verunsicherung bis zur absoluten Ablehnung der sog. „grünen Gentechnik“ in der Öffentlichkeit in Deutschland und Europa bei. Die einleitend erwähnte globale Entwicklung findet gegenwärtig überwiegend außerhalb von Europa statt. Dennoch kommen Futter- und Lebensmittel aus GvP in großen Mengen auf den europäischen Markt bzw. werden weltweit verteilt (z. B. Tony et al., 2003).

Daraus resultiert die Notwendigkeit, die Potenziale und Risiken der grünen Gentechnik für Mensch, Tier und Umwelt zu erkennen, wissenschaftlich umfassend zu bewerten und der Öffentlichkeit zu vermitteln. Im Beitrag wird in Ergänzung zu einer früheren Übersicht (Flachowsky et al., 2005a) versucht, eine ernährungsphysiologische Bewertung der aus GvP verfügbaren Futtermittel in der Milchkühhütterung vorzunehmen.

### 2 Ernährungsphysiologische und Sicherheitsbewertung von Futtermitteln aus GvP

Die Frage nach der Sicherheitsbewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP ist eine der am häufigsten gestellten Fragen in diesem Zusammenhang. Dabei geht es sowohl um die Inhalte, die dabei zu beantworten sind und auch darum, wer derartige Untersuchungen durchzuführen hat bzw. durchführen sollte.

Aus der Sicht der Tierernährung sollten ernährungsphysiologische und Sicherheitsbewertung gemeinsam an den jeweiligen Zieltierarten erfolgen; als Modell könnte ein früher vorgeschlagener Entscheidungsbaum fungieren (Abb. 1). Die Frage nach dem „Wer führt diese Prüfungen durch?“ ist pragmatisch mit „dem auf dem Markt-Bringer“ zu beantworten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in der Öffentlichkeit bzw. durch verschiedene Gruppierungen ein Misstrauen gegenüber den meisten auf den Markt-Bringern von GvP entwickelt wurde, so dass die Glaubhaftigkeit der erzielten Ergebnisse häufig hinterfragt wird. Demnach haben öffentliche Einrichtungen gegenwärtig die Aufgabe, verschiedene Befunde zu überprüfen bzw. eine entsprechende Begleitforschung mit GvP bzw. Lebens- und Futtermitteln aus GvP vorzunehmen. Bedeutend wichtiger erscheint allerdings die Erarbeitung von Richtlinien, nach denen mit allgemein anerkannten Prinzipien die Sicherheitsbewertung sowie die ernährungsphysiologische Bewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP vorgenommen werden soll. In Europa wurde das GMO-Panel der EFSA mit dieser Aufgabe betraut. Durch das Panel wurden Guidance-Dokumente für Prüfungsabläufe erarbeitet (EFSA, 2004), ein Vorschlag für die Bewertung von Lebens- und Futtermitteln der 2. Generation ist in Vorbereitung (EFSA, 2006). Auch andere Gremien haben entsprechende Vorschläge erarbeitet (z. B. CAST, 2002; ILSI, 2003b, 2004; OECD 1993, 2002, 2003b).

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, te@fal.de

Weitere Fragen

HAUPTFRAGEN

Weitere Fragen

- Was tun, wenn kein isogener Counterpart vorhanden ist?

Bestehen signifikante Unterschiede in relevanten Inhaltsstoffen zwischen Futtermitteln aus isogenen oder transgenen Pflanzen?

Nein Ja

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?
- Können in vitro-Studien evtl. weitere Fragen beantworten?

Keine weiteren Studien bei Akzeptanz des Prinzips der substantiellen Äquivalenz	Weitere Studien bei Nichtakzeptanz des Prinzips der substantiellen Äquivalenz	Ermittlung der Verdaulichkeit, Bilanzstudien
Ende der Bewertung		Unterschiede zur isogenen Linie

- Welche Bestandteile sollen untersucht werden?
- Was wird als Vergleich herangezogen (isogene Linie oder natürliche Population)?

- Rationsgestaltung?
- Vergleich (isogene Linie oder natürliche Population)?
- Welcher Vergleich, wenn kein isogener Counterpart?

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?

Keine weiteren Studien	Langzeitversuche mit Zieltierarten/-kategorien
Ende der Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiergesundheit</li> <li>• Leistung</li> <li>• Produktqualität</li> <li>• Kombination mit Sicherheitsstudien (unerwünschte/unerwartete Effekte)</li> </ul>
	Physiologisch nicht erklärable Unterschiede zur isogenen Linie

- Versuchsplan?
  - o Rationsgestaltung
  - o Tierart/-zahl
  - o Welcher Vergleich?
- Wege der DNA bzw. des transgenen Proteins?
- Bedeutung von in vitro-Studien bzw. anderer weniger aufwendiger Studien mit repräsentativen Aussagen?

- Sind dennoch Nebeneffekte zu erwarten?

Keine weiteren Studien	Weitere Studien mit gezielten Fragestellungen (Metabolismus u. a.)
Ende der Bewertung	Physiologisch nicht erklärable Unterschiede zur isogenen Linie

- Welche Art weiterer Studien?
- Betrachtung der F<sub>1</sub> + (F<sub>2</sub>)-Generation
- Veränderungen der Darmflora?

Nein Ja

Keine weiteren Studien	Antrag auf Zulassung des GVP als Futtermittel sollte zurückgestellt werden
Ende der Bewertung	

- Studien fachübergreifend ausweiten?
  - o Histologie
  - o Pathologie
  - o Toxikologie u. a.

**Abbildung 1:** Vorschlag für eine sicherheits- und ernährungsphysiologische Bewertung von Futtermitteln aus GvP (Decision Tree, Flachowsky und Aulrich, 2001)

Durch diese Dokumente, die Richtliniencharakter haben und die ständig aktualisiert und weiterentwickelt werden, sind die Grundlagen für entsprechende Prüfungsabläufe vorhanden. Die Befunde werden in Dossiers zusammengestellt. Unabhängige Gremien entscheiden unter Berücksichtigung der vorgelegten Ergebnisse über die Sicherheit der Lebens- und Futtermittel aus GvP. Es kann eingeschätzt werden, dass die nach einem derartigen Prüfverfahren getesteten Pflanzen bzw. die daraus hergestellten Lebens- bzw. Futtermittel mit ihren isogenen Counterpart vergleichbar und demnach als sicher zu beurteilen sind.

Ernährungsphysiologische Vergleiche wurden durch umfangreiche OECD-Dokumente (OECD, 2001a,b; 2002a,b,d; 2003a,b) und eine ILSI-Übersicht (ILSI, 2003a) vorgenommen.

Obwohl diese Problematik nicht unmittelbar zum Thema gehört, erschien infolge öffentlicher Diskussion eine Kurzdarstellung des gegenwärtigen Bewertungsablaufes notwendig.

### 3 Studien zur ernährungsphysiologischen Bewertung von Futtermitteln aus GvP bei Milchkühen

#### Inhaltsstoffe und ernährungsphysiologische Bewertung

Mit Milchkühen wurden bisher mehr als 20 Fütterungsversuche durchgeführt, in denen Futtermittel aus transgenen Pflanzen der 1. Generation im Vergleich mit isogenen Pflanzen eingesetzt wurden. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einiger dieser Versuche zusammengestellt.

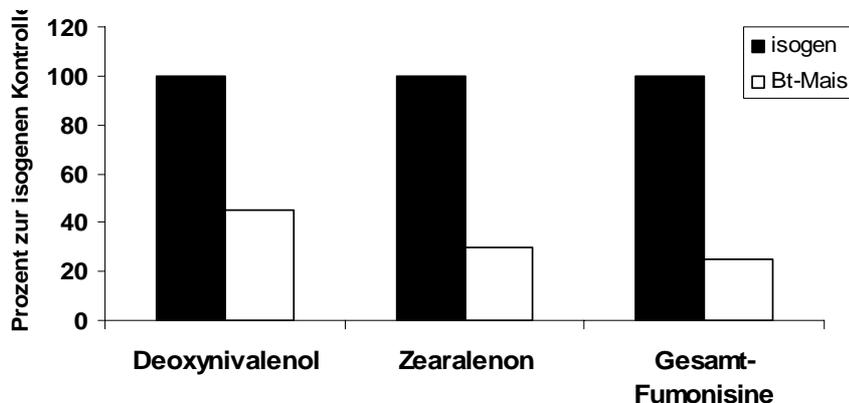
**Tabelle 1:** Zusammenfassende Darstellung von Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung von transgenen Futtermitteln der 1. Generation im Vergleich zu isogenen Ausgangslinien bei Milchkühen

Autoren	Futtermittel aus GvP	Inhaltsstoffe <sup>1)</sup>	% der T-Aufnahme aus GvP	Kühe je Gruppe	Versuchsdauer (Tage)	Untersuchte Kriterien	Ernährungsphysiologische Bewertung
Hammond et al. (1996)	a) Gt-Sojabohne	-	9,6	12	28	Leistung, Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit	~ (†) <sup>2)</sup>
Faust und Miller (1997)	b) Bt- Grünmais	-	k. A.			Leistung, Inhaltsstoffe	-
Rutzmoser et al. (1999)	b) Bt-Mais, Silage	-	42	12	70	Leistung, Inhaltsstoffe	-
Faust (2000)	b) Bt-Mais, Silage	-	k. A.			Leistung	-
Folmer et al. (2000)	b) Bt-Mais, Silage	-	68	8	21	Leistung	-
Russel et al. (2000)	b) Bt-Mais, Feldrückstände	-	70	15	126	Mutterkühe	-
Barriere et al. (2001)	b) Bt-Mais, Silage	-	70	24	91	Leistung, Inhaltsstoffe	-
Castillo et al. (2001a,b)	b) Bt-Baumwollsam. a)Gt-Baumwollsam	-	9/10	12	28/28	Leistung	-
Weisbjerg et al. (2001)	a) Gt-Futtermühen	-	k. A.			Leistung, Inhaltsstoffe	-
Grant et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner, 2 Versuche	-	40/65	16/16	28/21	Leistung	-
Ipharraguerre et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner	-	57	16	28	Leistung	-
Donkin et al. (2003)	b) Gt-Mais, Silage und Körner	-	75/80	6/8	21/28	Leistung	-
Donkin et al. (2003)	a) Gt-Mais, Silage und Körner	-	80	8	28	Leistung	-
Phipps et al. (2005)	c) Pat-Mais, Silage	-	39	15	84	Leistung, Inhaltsstoffe	-

- a) Gt: Glyphosat-tolerant b) Bt: (*Bacillus thuringiensis*): widerstandsfähig gegen bestimmte Insekten  
c) Pat: Phosphinothricin N-Acetyl-Transferase

Mit Ausnahme einer Studie von Hammond et al. (1996) bestanden weder in der Zusammensetzung der Futtermittel noch in der Reaktion der Tiere signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln aus transgenen und isogenen Pflanzen. Die Ursachen für die Befunde von Hammond et al. (1996) hatten wir bereits früher ausführlich analysiert (Flachowsky und Aulrich, 1999).

Zu erwähnen ist, dass der gegen den Maiszünsler weitgehend widerstandsfähige Bt-Mais im Mittel verschiedener Studien deutlich weniger Fusarientoxine im Vergleich zu den entsprechenden isogenen Counterparts enthält (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Ausgewählte Mykotoxine in Maiskörnern nach verschiedenen Autoren in Prozent der isogenen Linien

Die für die Milchkühe gezeigten Befunde für Futtermittel aus GvP der 1. Generation stimmen im Wesentlichen mit den der anderen Tierarten/-kategorien ermittelten Ergebnisse überein (Flachowsky et al., 2005a, s. auch Tab. 2). Besonders erwähnenswert ist ein Versuch mit wachsenden und legenden Wachteln, in dem Bt-Mais (40 % bei wachsenden bzw. 50 % Mais bei legenden Wachteln) mit isogenem Mais verglichen wurde (Flachowsky et al., 2005b). Die Zwischenauswertung nach der 10. Generation ergab im Mittel über alle Generationen keine signifikanten Unterschiede in der Lebendmasse der Jungtiere, der Legeleistung der Wachtelhennen (81,3 bzw. 81,4 % für isogenen bzw. transgenen Mais) oder der Schlupfleistung der Küken (77,4 bzw. 76,7 % nach Fütterung von isogenem bzw. transgenem Mais).

**Tabelle 2:** Bisher publizierte Ergebnisse zum Einsatz von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen der 1. Generation im Vergleich zu isogenen Ausgangslinien

Tiergruppe	Anzahl Versuche	Ernährungsphysiologische Bewertung
Wiederkäuer		Keine gerichteten (signifikanten) Unterschiede in den untersuchten Inhaltsstoffen (weniger Mykotoxine bei Bt-Pflanzen)
Milchkühe	23	
Mastrinder	14	
Sonstige	10	
Schweine	21	Keine signifikanten Unterschiede in der Verdaulichkeit, in der Tiergesundheit, der Leistung der Tiere sowie der Zusammensetzung der erzeugten Lebensmittel tierischer Herkunft
Geflügel		
Legehennen	3	
Masthühner	28	
Sonstige (Fische, Kaninchen u. a.)	5	

Futtermittel aus GvP der 2. Generation, bei denen eine wesentliche Beeinflussung des Gehaltes an erwünschten und /oder unerwünschten Inhaltsstoffen angestrebt wird, sind bisher nicht in ausreichenden Mengen vorhanden, so dass Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt werden können. Zur ernährungsphysiologischen Bewertung der aus solchen Pflanzen anfallenden Futtermittel sind andere Versuchsansätze erforderlich. Dazu haben wir kürzlich Vorschläge unterbreitet (Flachowsky und Böhme, 2005).

#### 4 Abbau der "Fremd"-DNA und der Novel-Proteine

Mensch und Tier werden auf vielfältige Weise seit Jahrmillionen mit "Fremd"-DNA konfrontiert. In verschiedenen Studien wurde der Weg der pflanzlichen Erbsubstanz im Organismus verfolgt. Bei gemischter Diät nehmen Menschen mit der Nahrung täglich 0,1-1 g, Schweine 0,5–4 g und Milchkühe 40–60 g DNA auf (Phipps and Beever, 2000).

Bei einem DNA-Verzehr von 50-60 g je Milchkuh und Tag entfallen etwa 50 µg auf transgene DNA (0,00009 % der gesamten DNA-Aufnahme), wenn 50 % des Trockenmasseverzehrs (~24 kg/Tier) aus Bt-Mais (Silage und Körner) stammen. Zu der über das Futter aufgenommenen DNA-Menge kommen nahezu analoge Mengen DNA, die aus der mikrobiellen Besiedlung des Verdauungstraktes resultieren. Mensch und Tier müssen sich demnach seit Jahrmillionen mit "Fremd"-DNA auseinandersetzen (Doerfler, 2000). Die durch Gentransfer in ein Futter- oder Lebensmittel neu eingeführten Gene verändern damit die Menge an zugeführter DNA in völlig unbedeutendem Maße.

Verschiedene Behandlungen, wie z. B. Silierung bzw. niedrige pH-Werte (3,5 – 5,0; Aulrich et al., 2004, Einspanier et al. 2004, Hupfer et al. 1999) führten zu einem wesentlichen DNA-Abbau. Aulrich et al. (2004) fanden beispielsweise bereits nach 5 Tagen in Silage aus Maiskörnern (CCM) keine DNA-Bruchstücke von 1016 bp, in Ganzpflanzensilage konnten derartige Fragmente noch bis zum 28. Siliertag festgestellt werden (Tab. 3). Auch in Untersuchungen von Einspanier et al. (2004) konnte ein nahezu vollständiger DNA-Abbau in herkömmlichen und Bt-Mais ermittelt werden. Vor der Verfütterung der Silage waren lediglich noch 1,3-3 % der DNA enthalten. Zwischen Abbauraten und Ausmaß des Abbaus traten keine wesentlichen Unterschiede zwischen isogenem und transgenem Mais auf. Die in den Silagen noch vorhandenen DNA-Fragmente waren beim weiteren Abbau im Pansen deutlich weniger stabil als die aus Körnern. Beispielsweise war ein 1914 bp großes DNA-Fragment aus Maiskörnern noch nach 5 Stunden im Pansensaft nachweisbar, während aus Silage stammende Bruchstücke nicht mehr gefunden wurden (Duggan et al. 2003).

**Tabelle 3:** DNA-Fragmente in CCM- bzw. Ganzpflanzensilage aus Pat1)-Mais in Abhängigkeit von der Silierdauer (Aulrich et al., 2004)

Silierdauer (Tage)	Fragment 1016 bp		Fragment 680 bp		Fragment 194 bp	
	CCM	Ganzpflanze	CCM	Ganzpflanze	CCM	Ganzpflanze
0	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+
7	-	+	+	+	+	+
14	-	+	+	+	+	+
21	-	+	+	+	+	+
28	-	+	-	+	+	+
35	-	-	-	+	+	+
70	-	-	-	-	+	+
100	-	-	-	-	+	+
200	-	-	-	-	+	+

1) Herbizid-Resistenz (Phosphinotricinacetyltransferase Gen)

Chemische oder physikalische Extraktion von Ölen, Zucker oder Stärke aus Pflanzen bzw. Pflanzenteilen, die Bierbrauerei oder andere Aufbereitungen führen zu einem teilweisen oder vollständigen DNA-Abbau (Alexander et al., 2002; Berger et al., 2003; Chiter et al., 2000; Gawienowski et al., 1999; Gryson et al. 2001; 2004). Einfache Behandlungen, wie Mahlen oder Abpressen haben keinen wesentlichen Einfluss auf den DNA-Abbau; in Verbindung mit Scherkräften und Erwärmung kann es jedoch zu einem DNA-Abbau kommen (Gryson et al., 2003).

Im Verdauungstrakt erfolgt durch Magensäure und mikrobielle Aktivitäten einschl. verschiedene Nukleasen eine rasche Degradation (Alexander et al. 2002; Duggan et al., 2003; Ruiz et al., 2000; Sharma et al., 2004; Zhu et al., 2004). Dabei ist nicht auszuschließen, dass Genfragmente in die Darmepithelien gelangen und vom Wirtsorganismus absorbiert werden. Bei Nichtwiederkäuern konnten verschiedene Pflanzen-DNA-Bruchstücke in Organen und Geweben gefunden werden (z. B. Einspanier et al., 2001, Aeschbacher et al., 2002, Reuter und Aulrich, 2003; Tony et al., 2003). Nur wenige Autoren führten Untersuchungen zum DNA-Abbau bei Wiederkäuern durch (Tab. 4). Mit Ausnahme der Ergebnisse von Phipps et al. (2003) konnte bei den bisher mit Milchkühen vorliegenden Studien weder Pflanzen- noch transgene DNA in der Milch nachgewiesen werden (Tab. 4). In einem Versuch von Phipps et al. (2003) wurden sehr kleine Pflanzen-Gen-Fragmente (Rubisco Gen, 189 bp) sowohl im Kot als auch in der Milch detektiert. Diese Befunde belegen, dass tDNA in der Milch nicht als Indikator für den Einsatz von Futtermitteln aus GvP genutzt werden kann (Poms et al., 2003). Eine Kontamination der Milch mit Futterpartikeln bzw. Stäuben über die Luft oder andere Wege kann nicht ausgeschlossen werden (Poms et al., 2003).

Der vorliegenden Literatur können keine Hinweise entnommen werden, dass sich transgene DNA bei der Futteraufbereitung und im Verdauungstrakt der Nutztiere anders verhält als "herkömmliche" DNA. Diese Feststellung haben kürzlich Studien von Mazza et al. (2005) bestätigt, denn sie fanden in verschiedenen Organen von Schweinen Spuren des transgenen Cry1A(b) - Bruchstückes (519 bp) nach Fütterung einer Mischung mit 50 % Bt-Mais (MON 810) über 35 Tage im Ferkel.

**Tabelle 4:** Untersuchungen zum Übergang von Fremd-DNA-Bruchstücken vom Futter in Organe und Gewebe bei Milchkühen

Autoren	DNA-Quelle	Ergebnisse
Klotz und Einspanier (1998)	Sojabohnen	Pflanzen-DNA-Bruchstücke in Leukozyten, kein Nachweis in der Milch
Einspanier et al. (2001)	Bt-Mais (Körner und Silage)	kein Nachweis von Pflanzen-DNA im Blut, Muskel, Leber, Milz und Niere von Mastbullen und in Exkrementen von Milchkühen, kein Nachweis transgener DNA-Bruchstücke
Phipps and Beever (2001)	Bt-Mais	kein Nachweis transgener DNA-Bruchstücke in Milch
Calsamiglia et al. (2003)	Gt-Mais, Bt-Mais, Silage	keine transgenen DNA-Fragmente in der Milch
Jennings et al. (2003)	Bt-Baumwoll-Saat	keine Pflanzen- und transgene DNA in Milch, Leber, Nieren und Milz
Phipps et al. (2003)	Gt-Sojabohnen, Bt-Mais	Pflanzen-DNA im Verdauungstrakt, im Kot und in der Milch, keine transgene DNA im Tierkörper
Poms et al. (2003)	Bt-Mais, Sojabohnen	keine spezifischen Sojabohnen (1186bp) und Mais- (226bp) DNA-Fragmente in der Milch
Castillo et al. (2004)	Bt- und Gt-Baumwoll-Saat	Keine Pflanzen- und transgene DNA-Bruchstücke in der Milch
Phipps et al. (2005)	Pat-Mais, Silage	Keine Pflanzen- und transgene DNA-Bruchstücke in der Milch

Zum Abbau der Novel-Proteine im Verdauungstrakt kann zusammenfassend eingeschätzt werden:

- Futterproteine werden beim Nichtwiederkäuer mit körpereigenen Enzymen abgebaut und als Aminosäuren oder Peptide absorbiert
- Beim Wiederkäuer erfolgt ein mikrobieller Ab- und Umbau im Pansen; es schließt sich der Abbau mit körpereigenen Enzymen und die Nutzung wie beim Nichtwiederkäuer an
- Die chemischen und biochemischen Eigenschaften (einschl. des Abbauverhaltens) der „Novel“-Proteine werden vor der Zulassung von GvP zum Anbau in umfangreichen Versuchsserien studiert
- Intakte transgene Proteine wurden nicht außerhalb des Verdauungskanals im Tierkörper nachgewiesen
- Es gibt in der Literatur keine Hinweise, dass sich „Novel“-Proteine im Tier anders verhalten als herkömmliche Futterproteine

Die in den zurückliegenden 10 Jahren in wissenschaftlichen Zeitschriften zum Einsatz von Futtermitteln aus GvP in der Milchkühernährung publizierten Befunde können wie folgt zusammengefasst werden:

## 5 Zusammenfassung – Was gibt es Neues?

- Die bisher untersuchten Futtermittel aus GvP der ersten Generation wiesen mit Ausnahme eines geringeren Fusarium-Toxingehaltes in Bt-Mais keine wesentlichen Unterschiede in den Inhaltsstoffen im Vergleich zu den isogenen Ausgangslinien auf.
- In mehr als 20 Versuchen mit Milchkühen konnten keine nicht erklärbaren Abweichungen (nicht vorhersehbare bzw. nicht erwartete Effekte) beim Einsatz von Futtermitteln aus GvP der 1. Generation beobachtet werden (s. Tab. 1 und 2).
- Es gibt keine Hinweise, dass sich die im Futter enthaltene transgene DNA bei der Futtermittelbehandlung und im Verdauungstrakt der Milchkuh anders verhält als pflanzliche DNA, wie in mehreren Versuchen demonstriert werden konnte (s. Tab. 4). Bisher wurden transgene DNA nicht in Milchproben gefunden.
- Außerdem gibt es keine Hinweise, dass sich die Novel-Proteine transgener Pflanzen anders verhalten als native Futterproteine. Wissenschaftliche Gremien haben umfangreiche Richtlinien zur ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung von Lebens- und Futtermitteln aus GvP erarbeitet, die ständig weiter entwickelt werden. Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben ist einzuschätzen, dass „herkömmliche“ Lebens- und Futtermittel nicht näherungsweise so intensiv untersucht wurden bzw. werden wie solche aus GvP.
- Für Lebens- und Futtermittel aus GvP der 2. Generation, die substantielle Änderungen im Gehalt an erwünschten bzw. unerwünschten Inhaltsstoffen aufweisen, sind umfangreichere Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen und Sicherheitsbewertung notwendig.

### Literatur

- Aeschbacher K., Meile L., Messikommer R., Wenk C. (2002): Influence of genetically modified maize on performance and product quality of chickens. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 196 (Abstr.)
- Alexander T.-W., Sharma R., Okine E.-K., Dixon W.-T., Forster R.-J., Stanford K., McAllister T.-A. (2002): Impact of feed processing and mixed ruminal culture on the fate of recombinant EPSP synthase and endogenous canola plant DNA. *FEMS Microbiol. Lett.* 214, 263-269
- Ash J., Novak C., Scheideler S.-E. (2003): The fate of genetically modified protein from Roundup Ready Soybeans in laying hens. *J. Appl. Poultry Res.* 12, 242-245
- Aulrich K., Pahlow G., Flachowsky G. (2004): Influence of ensiling on the DNA-degradation in isogenic and transgenic corn. - *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 90 (Abstr.)
- Barriere Y., Verite R, Brunschwig P., Surault F., Emile J.-C. (2001): Feeding value of corn silage estimated with sheep and dairy cows is not altered by genetic incorporation of Bt176 resistance to *Ostrinia nubilalis*. *J. Dairy Sci.* 84, 1863-1871
- Chowdhury E.-H., Kuribara H., Hino A., Sultana P., Mikami O., Shimada N., Guruge K.-S., Saito M., Nakajima Y. (2003a): Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and Cry 1Ab protein in the gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt11. *J. Anim. Sci.* 81, 2546-2551
- Chowdhury E.-H., Shimada N., Murata H., Mikami O., Sultana P., Yoshioka M., Yamanaki N., Hirai N., Nakajima Y. (2003b): Detection of Cry 1Ab protein in gastrointestinal contents but not visceral organs of genetically modified Bt11-fed calves. *Vet. and Human Toxicol.* 45, 72-75
- Doerfler W. (2000): Foreign DNA in mammalian systems, Wiley-VCH, Weinheim
- Donkin S.-S., Velez J.-L., Totten A.-K., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Effects of feeding silage and grain from Glyphosate-tolerant or insect-protected corn hybrids on feed intake, ruminal digestion, and milk production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 1780-1788
- Duggan P.-S., Chambers P.-A., Heritage J., Forbes J.-M. (2003): Fate of genetically modified maize DNA in the oral cavity and rumen of sheep. *Br. J. Nutr.* 89, 159-166
- EFSA (2004): Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed. *The EFSA Journal* 99, 1-93
- EFSA (2006): Development of guidelines for nutritional and safety assessment of feed and food from genetically modified plants esp. of the 2nd generation, in preparation
- Einspanier R., Klotz A., Kraft J., Aulrich K., Poser R., Schwägele F., Jahreis G., Flachowsky G. (2001): The fate of forage plant DNA in farm animals: A collaborative case-study investigating cattle and chicken fed recombinant plant material. *Eur. Food Res. Technol.* 212, 129-134

- Einspanier R., Lutz B., Rief S., Berezina O., Zverlov V., Schwarz W., Meyer J. (2004): Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *Eur. Food Res. Technol.* 218, 269-273
- Faust M.-A. (2000): Livestock products – Composition and detection of transgenic DNA/proteins. *Proc. Symp. Agri. Biotech. Market. ADSA-ASAS ed Baltimore, Md. USA, Juli 2000*, 29 pp
- Faust M.-A., Miller L. (1997): Study finds no Bt in milk. *Integrated Coop Management. IC-478. Fall Special Livest. Ed.; IOWA State Univ. Extension, Ames*, pp. 6-7
- Fearing P.-L., Brown D., Vlachos D., Meghji M., Privalle L. (1997): Quantitative analysis of CryIA (b) expression in Bt maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Mol. Breed.* 3, 169-176
- Flachowsky G. (2003): Zur Bewertung gentechnischer Veränderungen an Pflanzen aus der Sicht der globalen Ernährungssicherung. *Landbauforschung Völkenrode* 258, 79-80
- Flachowsky G. (2004): Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen in der Milchkuhfütterung. *Kieler Milchwirtschaft. Forsch.berichte* 56, 163-178
- Flachowsky G., Aulrich K. (1999): Tierernährung und gentechnisch veränderte Organismen. *Landbauforschung Völkenrode* 49, 13-20
- Flachowsky G., Aulrich K. (2001): Nutritional assessment of GMO in animal nutrition. *J. Anim. Feed Sci.* 10: Suppl. 1, 181-194
- Flachowsky G., Böhme H. (2005): Proposals for nutritional assessments of feeds from genetically modified plants. *J. Anim. Feed Sci.* 14, Suppl. 1, 49-70
- Flachowsky G., Chesson A., Aulrich K. (2005a): Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 1-40
- Flachowsky G., Halle I., Aulrich K. (2005b): Long term feeding of Bt-corn – a ten-generation study with quails. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 449-451
- Folmer J.-D., Erickson G.-E., Milton C.-T., Klopfenstein J., Beck J.-F. (2000a): Utilisation of Bt corn residue and corn silage for growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 78: Suppl. 2, 85 (Abstr. 271)
- Gawienowski M.-C., Eckhoff S.-R., Yang P., Raypati P.-J., Binder T., Briskin D.-P. (1999): Fate of maize DNA during steeping, wet milling, and processing. *Cereal Chem.* 76, 371-374
- Grant R.-J., Fanning K.-C., Kleinschmit D., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Influence of glyphosate-tolerant (event nk603) and corn rootworm protected (event MON863) corn silage and grain on feed consumption and milk production in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 1707-1715
- Gryson N., Ronsse F., Messens K., De Loose M., Verleyen T., Dewettinck K. (2002): Detection of DNA during the refining of soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79, 171-174
- Gryson N., Messens K., Dewettinck K. (2004): Influence of different oil-refining parameters and sampling size on the detection of genetically modified DNA in soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81, 231-234
- Hammond B.-G., Vicini J.-L., Hartnell G.-F., Naylor M.-W., Knigh C.-D., Robinson E.-H., Fuchs R.-L., Padgett S.-R. (1996): The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J. Nutr.* 126, 717-727
- Harrison L.-A., Bailey M.-R., Naylor M.-W., Ream J.-E., Hammond B.-G., Nida D.-L., Burnette B.-L., Nickson T.-E., Mitsky T.-A., Taylor M.-L., Fuchs R.-L., Padgett S.-R. (1996): The expressed protein in glyphosate-tolerant soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. Strain CP4, is rapidly digested in vitro and is not toxic to acutely gavaged mice. *J. Nutr.* 126, 728-740
- Hupfer C., Mayer J., Hotzel H., Sachse K., Engel K.-H. (1999): The effect of ensiling on PCR-based detection of GM Bt maize. *Eur. Food. Res. Technol.* 209, 301-304
- ILSI (2003a) : Crop Composition Database. <<http://www.cropcomposition.org>>. Accessed 2003 July 14
- ILSI (2003b): Best practices for the conduct of animal studies to evaluate crops genetically modified for input traits. International Life Sciences Institute, Washington, D.C. 62 p. <http://www.ilsi.org/file/bestpracticescas.pdf>
- ILSI (2004) Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology. *Compr. Reviews Food Sci. Food Safety* 3, 36-104
- Ipharraguerre I.-R., Younker R.-S., Clark J.-H., Stanisiewski E.-P., Hartnell G.-F. (2003): Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate tolerant hybrid (event NK 603). *J. Dairy Sci.* 86, 1734-1741
- Jennings J.-C., Whetsell A.-J., Nicholas N.-R., Sweeney B.-M., Klaften M.-B., Kays S.-B., Hartnell G.-F., Lirette R.-P., Glenn K.-C. (2003c) Determining whether transgenic or endogenous plant DNA is detectable in dairy milk or beef organs. *Bull. Int. Dairy Fed.* 383, 41-46
- Klotz A., Einspanier R. (1998): Nachweis von „Novel-Feed“ im Tier? *Mais* 3, 109-111
- Mazza R., Soave M., Morlacchini M., Piva G., Marocco A. (2005) Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res.* 14, 775-784
- OECD (1993): Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and principles. Paris, France

- OECD (2001a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 1. Consensus document on key nutrients and key toxicants in low erucic acid rapeseed (canola). Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2001b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 2: Consensus document on compositional considerations for new varieties of soybean: key food and feed nutrients and anti-nutrients. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 3: Consensus document on compositional considerations for new varieties of sugar beet: key food and feed nutrients and anti-nutrients. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 5: Consensus document on compositional for new varieties of maize (*Zea mays*): key food and feed nutrients and anti-nutrients and secondary metabolites. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002c): Report of the OECD workshop on nutritional assessment of novel foods and feeds. 5-7 February 2001. Ottawa, Canada. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2002d): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 4: Consensus document on compositional considerations for new varieties of potatoes: key food and feed nutrients, anti-nutrients and toxicants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2003a): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 7: Consensus document on compositional considerations for new varieties of bread wheat (*Triticum aestivum*): key food and feed nutrients, anti-nutrients and toxicants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD(2003b): Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 9: Considerations for the safety assessment of animal feedstuffs derived from genetically modified plants. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- Okunuki H., Teshima R., Shigeta T., Sakushima J., Akiyama H., Goda Y., Toyoda M., Sawada J. (2002) Increased digestibility of two products in genetically modified food (CP4-EPSPS and Cry1Ab) after preheating. *J. Food Hyg. Soc. Japan* 43, 68-73
- Phipps R.-H., Beever D.-E. (2000): New technology: Issues relating to the use of genetically modified crops. *J. Anim. Feed Sci.* 9, 543-561
- Phipps R.-H., Beever D.-E., Humphries D.-J. (2002): Detection of transgenic DNA in milk from cows receiving herbicide tolerant (CP4EPSPS) soyabean meal. *Livest. Prod. Sci.* 74, 69-273
- Phipps R.-H., Beever D.-E., Tingey A.-P. (2001): Detection of transgenic DNA in bovine milk: Results for cows receiving a TMR containing maize grain modified for insect protection (MON810). *J. Anim. Sci.* 79, Suppl. 1, 114 (Abstr.476)
- Phipps R.-H., Deaville E.-R., Maddison B.-C. (2003): Detection of transgenic and endogenous plant DNA in rumen fluid, duodenal digesta, milk, blood, and faeces of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 4070-4078
- Phipps R.-H., Jones A.-K., Tingey A.-P., Abeyasekera S. (2005): Effect of corn silage from an herbicide – tolerant genetically modified variety on milk production and absence of transgenic DNA in milk, *J. Dairy Sci.* 88, 2870-2878
- Poms R.-E., Hochsteiner W., Lucer K., Glössl J., Foissy H. (2003): Model studies on the detectability of genetically modified feeds in milk. *J. Food Prot.* 66, 304-310
- Reuter T., Aulrich K. (2003): Investigations on genetically modified maize (Bt-maize) in pig nutrition: fate of feed ingested foreign DNA in pig bodies. *Europ. Food. Res. Technol.* 216, 185-192
- Ruiz T.-R., Andrews S., Smith G.-B. (2000): Identification and characterization of nuclease activities in anaerobic environmental samples. *Can. J. Microbiol.* 46, 736-740
- Russell J.-R., Hersom M.-J., Pugh A., Barrett K., Farnham D. (2000): Effects of grazing crop residues from Bt-corn hybrids on the performance of gestating beef cows. *J. Anim. Sci.* 78, Suppl.2, 79 (Abstr. 244)
- Rutzmoser K., Mayer J., Obermaier A. (1999): Verfütterung von Silomais der Sorten Pactol und Pactol CB (gentechnisch veränderte Bt-Hybride) an Milchkühe. *Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau* 3, 25-34
- Sharma R., Alexander T.-W., John S.-J., Forster R.-J., McAllister T.-A. (2004): Relative stability of transgene DNA fragments from GM rapeseed in mixed ruminal cultures. *Br. J. Nutr.* 91, 673-681
- Tony M.-A., Butschke A., Broll H., Grohmann L., Zagon J., Halle I., Dänicke S., Schauzu M., Hafes H.-M., Flachowsky G. (2003a): Safety assessment of Bt 176 maize in broiler nutrition: degradation of maize-DNA and its metabolic fate. *Arch. Anim. Nutr.* 57, 235-252
- Tony M.-A., Butschke A., Zagon J., Broll H., Schauzu M., Awadalla S.-A., Hafez H.-M., Flachowsky G. (2003b) Incidence of genetically modified soyabean and maize as animal feed in Egypt. *J. Anim. Feed Sci.* 12, 329-339
- Weisbjerg M.-R., Purup S., Vestergaard M., Hvelplund T., Sejrsen K. (2001): Undersøgelse af genmodificerede foderroer til malkekøer. *DJF Rapport Husdyrbrug*, Nr. 25, Maj 2001, 39 p

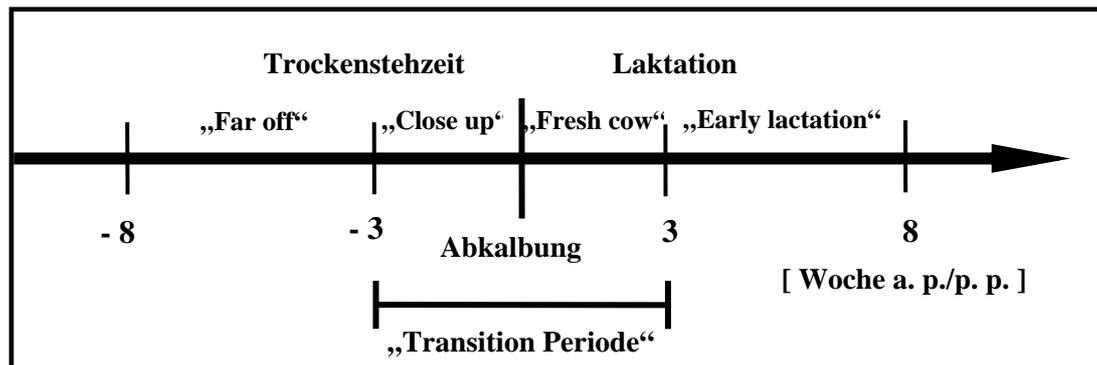
- Yonemochi C., Ikeda T., Harada C., Kusama T., Hanazumi M. (2003): Influence of transgenic corn (CBH 351, named Starlink) on health condition of dairy cows and transfer of Cry9C protein and cry9C gene to milk, blood, liver and muscle. *Anim. Sci. J.* 74, 81-88
- Zhu Y., Li D., Wang F., Yin J., Jin H. (2004): Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Nutr.* 58, 295-310

## Die Futtermittelaufnahme der „Transition cow“: Schlüssel für die Tiergesundheit ?

Martin Kaske, Karen Horstmann, Sabine Seggewiß<sup>1</sup>, Gerhard Flachowsky, Ulrich Meyer<sup>2</sup>

### 1 Definition der Transition Periode

Die Transition Periode (TP) entspricht der peripartalen Periode mit dem Übergang von der Hochträchtigkeit zur Laktation (Goff & Horst 1997). Zwar gibt es keine einheitliche Definition der Dauer der TP; die Mehrzahl der Autoren bezeichnet als TP jedoch den Zeitraum drei Wochen ante partum bis drei Wochen post partum (z. B. Grummer 1995; Drackley 1999).



**Abbildung 1:** Definition der „Transition Periode“ (Grummer 1995; Drackley 1999)

Die wichtigsten Produktionskrankheiten wie hypocalcämische Gebärpause, Retentio secundinarum, Endometritis, Mastitis, Ketose, Labmagenverlagerung und Klauenerkrankungen treten in den ersten Laktationswochen am häufigsten auf (Fleischer et al. 2001; Tabelle 1). Auffällig sind bei einem Vergleich der Betriebe zudem die großen Unterschiede zwischen den Krankheitsinzidenzen; diese sind Indiz für den enormen Einfluss von Managementmaßnahmen auf die Häufigkeit von Produktionskrankheiten (Jordan & Fourdraine (1993).

**Tabelle 1:** Laktationsinzidenz und Tag der Diagnosestellung von Produktionskrankheiten bei Holstein-Friesian Kühen in Norddeutschland (modifiziert nach Fleischer et al., 2001);

Erkrankung	Laktationsinzidenz [ % ] <sup>1</sup>	Tag der Diagnosestellung [Tag post partum ] <sup>2</sup>
Hypocalcämie	10,1	1
Nachgeburtshaltung	9,9	1
Endometritis	22,2	24
Ketose	2,2	27
Mastitis	25,7	54
Klauenerkrankungen	23,1	76

<sup>1</sup> - Mittelwert; <sup>2</sup> - Median

<sup>1</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule, Klinik für Rinder, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover

<sup>2</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, te@fal.de

## 2 Produktionskrankheiten in der Transition-Periode - Ausdruck mangelhafter Adaption

Nach der Abkalbung ist die Mehrzahl der Hochleistungskühe nicht in der Lage, die aufgrund der Milchproduktion rasch ansteigende Energieabgabe durch eine adäquate Futtermittelaufnahme zu kompensieren. Die maximale Milchleistung wird 4–15 Wochen früher als die maximale Aufnahme an Trockensubstanz erreicht (Roberts et al. 1981; Garnsworthy & Topps 1982; Ingvarsen & Andersen 2000). Die daraus resultierende, negative Energiebilanz wird durch Mobilisierung von Körperreserven (v. a. Fett, aber auch Muskelgewebe) ausgeglichen. Die Mobilisierung peripheren Fettgewebes ist assoziiert mit einem Anstieg der freien Fettsäuren (non-esterified fatty acids; NEFA) im Plasma, einer erhöhten hepatischen Fettsäureaufnahme und teilweise massiver Akkumulation von Triglyceriden in der Leber (Grummer 1992). Das Risiko peripartaler Erkrankungen scheint linear mit dem Verfettungsgrad der Leber zu steigen; es ist signifikant erhöht bei Triglyceridgehalten von mehr als 100 mg Tgl/g Leberfrischgewebe (Gerloff et al. 1986; Van Dijk et al. 1989).

Die TP erfordert zahlreiche Anpassungsreaktionen des Organismus. Die peripartale Adaption des Metabolismus erfordert dabei einerseits homöostatische Regulationsmechanismen, die kurzfristig einen bestimmten Status des Muttertieres erhalten (Bauman 2000). Ein Beispiel stellt die Regulation des Plasmaglucoosespiegels durch Insulin und Glucagon dar. Zum anderen werden gleichzeitig homöorrhethische Regulations- und Kontrollmechanismen zur langfristigen Einstellung der verschiedenen Stoffwechselmechanismen auf den Status Milchproduktion benötigt (Bauman 2000). Das Prinzip der Homöorrhese beruht auf der Fähigkeit eines Individuums, sich an eine neue, metabolische Konstellation, insbesondere durch endokrinologische Reaktionen anzupassen (Bauman und Currie 1980). So erfordern die für eine hohe Milchproduktion erforderlichen Substratmengen eine abgestimmte Verteilung der Nährstoffe im Organismus („partitioning“; Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Homöorrhethische Anpassungsreaktionen bei Kühen in den ersten Wochen der Laktation (modifiziert nach BAUMAN 2000)

Gewebe bzw. Prozess	Adaption
Eutergewebe	Anzahl der sekretorischen Zellen ↑ Nährstoffumsatz ↑ Blutfluss ↑
Futtermittelaufnahmeverhalten	Futtermittelaufnahme ↑
Verdauungstrakt	Pansengröße ↑ Resorptionskapazität ↑ Resorptionsrate verschiedener Nährstoffe ↑
Leber	Größe ↑ Gluconeogenese ↑ Glycogenmobilisation ↑ Proteinsynthese ↑
Fettgewebe	Fettsynthese ↓ Fettsäureaufnahme ↓ Fettsäuren Reveresterung ↓ Lipolyse ↑
Muskulatur	Glucoseutilisation ↓ Proteinsynthese ↓ Proteinabbau ↑
Knochen	Calcium - und Phosphor- Mobilisation ↑
Herz	Herzminutenvolumen ↑
Endokriniem	Insulin ↓ Somatotropin ↑ Prolactin ↑ Glucocorticoide ↑

Die Änderungen des physiologischen Status müssen dabei innerhalb weniger Wochen stattfinden. Auch die meisten klinisch gesunden Kühe geraten in den ersten Wochen der Laktation in eine negative Energiebilanz. Untersuchungen von Bell (1995) zeigten, dass der Energiebedarf bei klinisch gesunden Kühen vier Tage p. p. 26 % höher war als die aufgenommene Energie.

Bis zu 97 % der aufgenommenen Energie wurde rechnerisch für die Milchproduktion genutzt. Trotz der negativen Energiebilanz erkrankten die Tiere nicht an peripartalen Erkrankungen. Entsprechend sind Produktionskrankheiten in der TP Ausdruck einer individuell unzureichenden Adaptation an eine NEB.

Dazu passt die Beobachtung, dass die Fähigkeit von Hochleistungskühen, sich nach der Abkalbung innerhalb kurzer Zeit zu adaptieren, interindividuell außerordentlich variiert. So weisen Untersuchungen von metabolischen oder endokrinologischen Parametern innerhalb des peripartalen Zeitraums auf ein hohes Maß an interindividueller Variabilität hin, was die erheblichen, individuellen Unterschiede zwischen den Kühen hinsichtlich des Adaptionsvermögens widerspiegelt. Beispielsweise hat der Variationskoeffizient für die Trockensubstanzaufnahme in der ersten Woche p. p. eine Spannweite von 30-40 %, während er nach dem Laktationspeak nur noch bei 6-10 % liegt (Drackley 1999).

Eine Schlüsselrolle bzgl. der Adaptionsfähigkeit an eine NEB kommt der Höhe der peripartalen Futteraufnahme & über das Ausmaß der interindividuellen Streuung von Futteraufnahme und endokrinologisch-metabolischen Leitparameter in den ersten Laktationswochen liegen bisher nur wenige Daten vor.

### 3 Die Trockensubstanzaufnahme in der Transitperiode

Die T-Aufnahme ist während der sechswöchigen TP niedriger als während der gesamten restlichen Laktation bzw. Trockenstehzeit – das erscheint paradox angesichts des unmittelbar nach der Abkalbung rapide ansteigenden Energiebedarfs. Gemäß den Studien von Ingvarlsen (1992) sowie Ingvarlsen & Andersen (2000) geht die T-Aufnahme nicht erst, wie häufig angenommen (NRC 2001), in den letzten Wochen der Trächtigkeit zurück. INGVARLTSEN (1992) ermittelte einen linearen Rückgang der Futteraufnahme von wöchentlich 1,5 % (etwa 0,17 kg TS) zwischen der 26. und der 3. Woche a. p. Vergleichbare Werte ermittelte er für die letzten 100 Tage der Trächtigkeit einer Versuchstiergruppe, die konstant ab dem 168. Tag der Trächtigkeit mit einer energiereichen Ration (TMR; 11,6 MJ umsetzbare Energie/kg T) ad libitum gefüttert worden war. In den letzten drei Wochen der Trächtigkeit sank die Futteraufnahme bei dieser Gruppe von etwa 13 auf etwa 9 kg Trockensubstanz pro Tag. Dagegen nahm die Futteraufnahme einer zweiten Gruppe, die mit einer energieärmeren Ration (TMR; 8,3 MJ umsetzbare Energie/kg T) gefüttert worden war, nicht signifikant ab (Ingvarlsen et al. 1997). Bertrics et al. (1992) ermittelten einen Rückgang der Futteraufnahme erst ab der dritten Woche a. p., wobei besonders in den letzten sieben Tagen der Trächtigkeit die Trockensubstanzaufnahme zurückging. Insgesamt ermittelten sie einen Rückgang um 30 % zwischen dem Mittel der Futteraufnahme des 21.-17. Tag a. p. und der Futteraufnahme zum Zeitpunkt der Kalbung. Vaquez-Anon et al. (1994) registrierten einen Rückgang der Trockensubstanzaufnahme um 40 %, jedoch erst in den letzten zwei Tagen vor der Kalbung.

Die Abnahme der Aufnahme während der letzten drei Trächtigkeitswochen beschrieben Hayirli und Mitarbeiter (2003) durch Exponentialfunktionen:

T-Aufnahme von Färsen [ % der Körpermasse] =  $1,713 - 0,688 e^{(0,344 t)}$  bzw.  
 T-Aufnahme von Kühen [ % der Körpermasse] =  $1,979 - 0,756 e^{(0,154 t)}$ ;  
 dabei entspricht t dem Tag ante partum.

Nach der Abkalbung steigt die Futteraufnahme unterschiedlich schnell wieder an. Während das Maximum der Milchleistung bei Kühen, die eine leistungsgerechte Ration erhalten, typischerweise bereits zwischen der 5. und 7. Woche erreicht wird, variiert der Zeitpunkt des Erreichens der maximalen Futteraufnahme zwischen der 8. und der 22. Woche p. p. (Ingvarlsen & Andersen 2000). In anderen Studien wurde die maximale Milchleistung bereits zwischen der 2. und 5. Woche und die maximale Futteraufnahme zwischen der 8. und 11. Woche erreicht (zit. nach Roberts et al. 1981). In Untersuchungen von Garnsworthy und Topps (1982) erreichten 24 Versuchskühe verschiedener Körperkonditionen (BCS: 1,5-4) das Laktationspeak zwischen der 6. und der 8. Woche p. p. und nahmen ab der 9. bis 14. Woche p. p. die maximale Futtermenge auf (TMR; umsetzbare Energie: 12, 3 MJ/kg TS).

Erstkalbinnen nehmen prinzipiell weniger Trockensubstanz auf als Kühe. Ihre Aufnahmekapazität liegt im Alter von zwei Jahren bei etwa 80 % von der der mehrkalbigen Kühe (Ingvarlsen & Andersen 2000).

### 3.1 Trockensubstanzaufnahme und Inzidenz peripartaler Erkrankungen

Die Trockensubstanzaufnahme in den ersten Wochen p. p. korreliert eng mit der Inzidenz peripartaler Erkrankungen (Drackley 1999; Fleischer et al. 2001). Zamet et al. (1979) untersuchten die Trockensubstanzaufnahme von 89 Kühen zwischen der 2. Woche a. p. und der 4. Woche p. p. Fünfundvierzig der Tiere erkrankten in diesem Zeitraum an mindestens einer Produktionskrankheit; verglichen mit den 44 gesunden Tieren war die Trockensubstanzaufnahme a. p. um 18 % und p. p. um 20 % niedriger. Lean et al. (1994) registrierten in den ersten drei Wochen der Laktation eine deutlich geringere Futtermittelaufnahme bei Kühen, die eine klinische Ketose entwickelten verglichen mit Tieren, die eine subklinische Ketose hatten oder gesund waren. Wallace et al. (1996) fanden bei Tieren, die Gesundheitsprobleme verschiedener Art in der TP hatten gegenüber gesunden Kühen eine durchschnittliche Reduktion der Trockensubstanzaufnahme um 3,9 kg/d (13,9 vs. 17,8 kg/d). In diesen drei aufgeführten Untersuchungen ging die Trockensubstanzaufnahme bereits deutlich vor dem Zeitpunkt zurück, an dem die jeweilige Erkrankung diagnostiziert wurde.

Als Bindeglied zwischen der unzureichenden Trockensubstanzaufnahme und der Inzidenz peripartaler Erkrankungen wird die ungenügende Verfügbarkeit von Propionat angesehen (Drackley 1999). Propionat stimuliert bei Wiederkäuern die Insulinsekretion, was eine Hemmung der Mobilisation des peripheren Fettgewebes bedeutet (DRACKLEY 1999). Weiterhin wirkt Propionat in der Leber antiketogen. Bei raufutterreichen Rationen werden im Pansen von Milchkühen etwa 13 mol Propionat/Tag, bei kraftfutterreichen Rationen bis zu 30 mol/Tag (entsprechend 0,7 bzw. 1,7 kg/Tag) gebildet (BERGMANN & WOLF 1971). 40–60 % des produzierten Propionats werden resorbiert und metabolisiert, der Rest wird im Pansenepithel metabolisiert (Bergmann & Wolf 1971). 50–70 % des resorbierten Propionats werden in der Leber zu Glucose umgesetzt (Brockmann 1990); etwa 85 % des Propionats im Portalblut werden während einer Leberpassage entfernt. Somit erreicht nur wenig Propionat andere Gewebe.

Das Ausmaß einer postpartalen Leberverfettung ist abhängig von der Konzentration der NEFA's im Plasma (BELL 1980) und damit von der Höhe der Energieaufnahme bzw. der Energiebilanz (Bertics et al. 1992). In der Untersuchung von Bertics et al. (1992) korrelierte die Futtermittelaufnahme negativ mit der Mobilisation peripheren Fettgewebes, und damit negativ mit der Menge der Triglyceride in der Leber ( $r = -0,80$  am Tag der Geburt). Eine mittel- (50–100 mg Tgl/g Frischgewebe) bis hochgradige Leberverfettung ( $> 100$  mg Tgl/g Frischgewebe) tritt in den ersten drei Wochen p. p. bei 50–60 % der Milchkühe auf (Reid 1980; Gerloff & Herdt 1984; Johannsen et al. 1993). Verschiedene Untersuchungen deuten auf eine Triglyceridakkumulation bereits in den letzten Wochen der Trächtigkeit hin (Gerloff et al. 1986; Skaar et al. 1989; Bertics et al. 1992; Grummer 1992), während andere Studien eine Steigerung des Triglyceridgehalts erst ab dem Tag der Geburt nachwiesen (Vazquez-Anon et al. 1994). Mit Hilfe frequenter Leberbiopsatentnahmen wurde gezeigt, dass sich eine mittelgradige Leberverfettung bei Kühen (Grummer et al. 1990) und Schafen (Herdt et al. 1988a) mit negativer Energiebilanz bereits innerhalb von 2 – 4 Tagen entwickeln kann.

Höhere NEFA-Konzentrationen während der letzten Woche ante partum gehen mit einer erhöhten Inzidenz von Ketosen, Labmagenverlagerungen und Nachgeburtsverhaltungen einher. Ein signifikanter Anstieg der antepartalen NEFA-Konzentration ist bei T-Aufnahmen von weniger als 11 kg T/Tag zu erwarten. Es gibt jedoch auch Hinweise, dass nicht allein die direkte Höhe der antepartalen TS-Aufnahme entscheidend ist; sondern dass das Ausmaß der kurzfristigen T-Abnahme vor der Abkalbung die Lipomobilisation triggert (Grummer et al. 2004).

Unklar sind gegenwärtig die beobachteten Unterschiede zwischen Färsen und Kühen hinsichtlich der Disposition für Leberverfettung: einerseits ist die T-Aufnahme von Färsen zwar geringer als die von Kühen, doch Färsen sind weit weniger disponiert für ein Lipomobilisationssyndrom, verglichen mit Kühen. Offenbar tolerieren Färsen erhöhte NEFA-Konzentrationen im peripheren Blut besser als Kühe (Grummer et al. 2004).

Es ist umstritten, ob eine Leberverfettung bei klinisch gesunden Kühen noch als physiologisch oder schon als pathologisch einzustufen ist (Johannsen & Reinholz 1988; Staufenbiel et al. 1990; Johannsen et al. 1991). Leberverfettungen haben einen negativen Effekt auf die Futtermittelaufnahme (West 1990; Mertens 1992), was die negative Energiebilanz verstärkt oder zumindest aufrechterhält. Es kann sich hieraus ein die Leberverfettung unterhaltender Circulus vitiosus entwickeln.

Die Auswirkung der Fettinfiltration auf die Leberfunktion und die Konsequenzen für die Adaptionsfähigkeit des Organismus an die negative Energiebilanz sind noch nicht geklärt. Eine hochgradige Leberverfettung soll die hepatische Gluconeogenesekapazität vermindern (Veenhuizen et al. 1992; Cadorniga-Valino et al. 1997). Fettinfiltrationen beeinflussen die Gluconeogenese in den Hepatozyten wahrscheinlich indirekt: zunächst ist die Kapazität der Harnstoffsynthese vermindert (Strang et al. 1998a). West (1990) fand bei Kühen mit Ketose oder dem „fat-cow syndrom“ signifikante Korrelationen zwischen dem Grad der Leberverfettung und den Plasmakonzentrationen von Gesamtbilirubin ( $r = 0,62$ ), Glucose ( $r = -0,54$ ), Serumalbumin ( $r = -0,71$ ) und Harnstoff ( $r = -0,57$ ). Erhöhte Mengen an Ammonium hemmen die Glucosesynthese aus Propionat (Overton et al. 1999), so dass man von einer indirekten Hemmung der Gluconeogenese durch die Leberfettinfiltration ausgehen kann (Strang et al. 1998a). Rehage (1996) nutzte den Aminosäureindex (ASI) und die Annoniumkonzentration im Blutplasma als Leberfunktionstest. In seinen Untersuchungen wurden diese Parameter weder durch eine Labmagenverlagerung bedingte, katabole Stoffwechsellage noch durch eine klinisch symptomlose Leberverfettung beeinflusst. Ein Sinken des ASI konnte erst bei einer klinisch manifesten Leberinsuffizienz festgestellt werden. Die zur Lipomobilisation führende hormonelle Konstellation induziert eine Stimulation der Gluconeogenese. Sollte in dieser Situation tatsächlich die Gluconeogenese aufgrund der hepatischen Triglyceridakkumulation supprimiert sein, so würde sich eine Hypoglykämie entwickeln, die wiederum die Lipomobilisation forciert (Herdt 2000).

Bei leberverfetteten Kühen ist die Inzidenz peripartaler Erkrankungen höher als bei Kühen ohne ausgeprägte Leberverfettung (Herdt et al. 1988). Drackley et al. (1992) wiesen eine erhöhte Ketoseempfindlichkeit bei vermehrter Fettakkumulation und sinkendem Glykogengehalt in der Leber nach. Gerloff et al. (1986) wiesen positive Korrelationen zwischen dem Grad der Leberverfettung und der Inzidenz von hypocalcämischer Gebärfähigkeit, Endometritiden, Mastitiden, Labmagenverlagerungen, Klauenerkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen nach. Es bleibt zu klären, ob diese Erkrankungen durch verfettungsbedingte Funktionsausfälle der Leber hervorgerufen wurden und in welchem Maß andere Einflüsse – z. B. die Unterschiede in der Trockensubstanzaufnahme in Abhängigkeit vom Grad der Leberverfettung – pathogenetisch eine Rolle spielen.

Das Risiko einer Leberinsuffizienz in Relation zum Grad der Leberverfettung ist umstritten. West (1990a & 1990b) und Muylle et al. (1990) beobachteten Leberinsuffizienzen mit Todesfolge nur bei Kühen mit hochgradiger Leberverfettung. In anderen Untersuchungen wurde festgestellt, dass auch bei mittel- oder geringgradigen Leberverfettungen mit dem Verlust des Patienten infolge Leberkomas zu rechnen ist (Mertens 1992; Rehage et al. 1996a). Weiterhin untersuchte Rehage (1996b) das Vorkommen von Leberinsuffizienzen in Abhängigkeit vom Leberverfettungsgrad bei 182 Kühen mit linksseitiger Labmagenverlagerung: 7,1 % der Tiere ohne Leberverfettung, 12,8 % der mit geringgradiger Leberverfettung, 26,3 % der mit mittelgradiger Verfettung und 37,5 % der Tiere mit hochgradiger Leberverfettung waren von einer Leberinsuffizienz betroffen; damit war das Risiko einer Insuffizienz bei Kühen mit hochgradiger Leberverfettung 5,3fach höher als bei solchen ohne Leberverfettung. Die Todesrate der leberinsuffizienten Tiere (28,1 %) war dabei unabhängig vom Lebertriglyceridgehalt.

Während der TP wurde zudem in unterschiedlichen Studien eine Suppression des Immunsystems nachgewiesen (Wyle & Kent 1977; Clemens et al. 1979; Weinberg 1987; Kehrlı et al. 1989a; Kehrlı et al. 1989b). Aus der Immunsuppression resultiert eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für infektiöse Erkrankungen in der TP (Goff & Horst 1997). Verantwortlich für die Immunsuppression sind einerseits die peripartalen Änderungen des hormonellen Status. So scheint die zellvermittelte Immunität durch die antepartal steigenden Östrogenkonzentrationen deutlich supprimiert zu werden (Whyle et al. 1977), während die humorale Abwehr stimuliert wird (Trawick et al. 1986). Andererseits aber reagiert das Immunsystem sensibler als andere Organsysteme auf eine NEB (Chandra 1983).

### **3.2 Regulation der Trockensubstanzaufnahme in der TP**

#### **3.2.1 Physikalische Faktoren**

Das Pansenvolumen wird im Verlauf der Trächtigkeit durch den graviden Uterus und abdominales Fett zunehmend eingeschränkt. Die Meinungen darüber, ob das sich verringernde Pansenvolumen Einfluss auf die Futteraufnahme hat, gehen auseinander. Nach der Abkalbung steigt das Fassungsvermögen des Pansens über zwei Wochen an; die Futteraufnahme jedoch steigt bis zu 10 Wochen p. n., während sich das Pansenvolumen nicht mehr verändert (Forbes 1986).

In Untersuchungen von Coffey et al. (1989) an 12 trächtigen und 12 nicht trächtigen, nicht laktierenden Schafen hatten die trächtigen Tiere gegenüber den nicht trächtigen eine signifikant höhere Passagerate der Partikel durch den Pansen. Das deutet auf eine zumindest teilweise stattfindende Kompensation des in der Hochträchtigkeit komprimierten Pansenvolumens und des erhöhten Energiebedarfs durch eine erhöhte Passagerate der Partikel durch den Pansen hin (Coffey et al. 1989). Kaske & Groth (1997) untersuchten die ruminale Passageraten von trächtigen (60-80 Tage p. concepti- onem (p. conc.), 105-125 Tage p. conc. und 128-148 Tage p. conc.) und laktierenden (10-30 Tage p. p. und 35-55 Tage p. p.) Schafen. Ihre Ergebnisse stimmten mit denen von Coffey et al (1989) überein; die Passagerate der Partikel durch den Pansen erhöhte sich während der Laktation um 15 - 32 %. Den Studien von Coffey et al. (1989) und Kaske & Groth (1997) zufolge ist ein komprimiertes Pansenvolumen in der Hochträchtigkeit nicht ausschlaggebend für die unzureichende Futteraufnahme in der peripartalen Periode, da offensichtlich eine Kompensation durch eine erhöhte Passagerate der Partikel durch den Pansen stattfindet.

### **3.2.2 Körperkondition**

Peripartal ist die Futteraufnahme insbesondere bei adipösen Kühen vermindert. Ingvarstsen et al. (1995) beobachteten eine positive Korrelation zwischen der Gewichtszunahme a. p. und dem Ausmaß der Mobilisation peripheren Fettgewebes p. p. Offensichtlich lösen erhöhte Plasmaspiegel lipolysebedingter Stoffwechselmetaboliten (NEFA, Ketonkörper) (Carpenter & Grossmann 1983; Langhans et al. 1985; Grummer 1992; Fisler et al. 1995; Bareille & Faverdin 1996) und eine aus dem Vorhandensein großer Fettdepots entstehende endokrine Situation (Vernon & Houseknecht 2000) eine vorzeitige Sättigung aus (Forbes & Provenza 2000).

In einer Untersuchung von Bines und Morant (1983) fraßen gut bis sehr gut konditionierte, nicht laktierende Kühe bis zu 24 % weniger Kraftfutter und Heu als die schlechter konditionierten Tiere. Garnsworthy und Topps (1982) untersuchten das Futteraufnahmeverhalten bei drei Gruppen (je acht Tiere) mit unterschiedlichen Körperkonditionen (Gruppe I: BCS 1,5-2; Gruppe II: BCS 2,5-3; Gruppe III: BCS 3,5-4). Die Tiere der Gruppe III fraßen in den ersten 16 Wochen p. p. tendenziell weniger als die Tiere der Gruppe I und II und erreichten den Zeitpunkt der maximalen Futteraufnahme 5 bzw. 2 Wochen später als die Kühe der Gruppe I bzw. II.

### **3.2.3 Einfluss der lipolysebedingten Stoffwechselmetaboliten NEFA, Glycerol und Ketonkörper auf die Trockensubstanzaufnahme**

Im Rahmen der Mobilisierung peripheren Fettgewebes in der TP erhöhen sich die Serumkonzentrationen von NEFA, Glycerol und Ketonkörper. Die Plasmakonzentration der NEFA korreliert dabei negativ mit der Trockensubstanzaufnahme (Grummer 1993). Männlichen Ratten, denen über 36 Stunden intravenös langkettige Fettsäuren verabreicht wurden, reagierten mit einer Reduktion der Futteraufnahme (Carpenter & Grossmann 1983). Bareille und Faverdin (1996) infundierten in zwei Versuchen bei je 4 Kühen über 4 h langkettige Fettsäuren mit einem Energiegehalt von 16,7 MJ NEL. Dabei beobachteten sie eine leichte Reduktion der Futteraufnahme (3,8 und 7,1 MJ NEL). Glycerol scheint die Futteraufnahme nicht wesentlich zu beeinflussen; erst bei unphysiologisch hohen Plasmaspiegeln wurde ein Rückgang der Futteraufnahme bei Ratten festgestellt (Ramirez & Friedman 1982; Carpenter & Grossmann 1983). Subcutane Injektionen von Beta-Hydroxybutyrat führten bei Ratten zu einer verminderten Futteraufnahme, während Injektionen von Acetoacetat zu keiner Veränderung führten (Langhans et al. 1985; Fisler et al. 1995).

### **3.2.4 Einfluss des Endokriniums**

Die Liste der potentiellen Hormone mit Einfluss auf die Futteraufnahme ist in den letzten 25 Jahren immer länger geworden. Für die meisten gibt es hinsichtlich der Wiederkäuer wenige oder keine Untersuchungen, doch die bedeutsame Rolle von Reproduktions- und Stresshormonen, Leptin und Insulin wurde auch für diese Spezies nachgewiesen (Ingvarstsen 2000).

### 3.3 Reproduktionshormone

In den letzten Tagen vor der Geburt steigt die Östrogenkonzentration im Plasma beim Rind von etwa 2000 pg/ml an Tag 7 a. p. auf 4000-6000 pg/ml am Tag der Geburt an (Erb et al. 1977). Intravenöse Infusionen mit 17- $\beta$ -Östradiol in Dosen, die zu einem Plasmaspiegel führen, wie er in der Spätträchtigkeit auftritt, induzierten sowohl bei kastrierten Schafböcken als auch bei Ziegen einen Rückgang der Futtermittelaufnahme (Forbes 1986). Bei Kühen, denen 17- $\beta$ -Östradiol intravenös infundiert wurde, ging sowohl die Futtermittelaufnahme als auch die Milchleistung zurück (Grummer et al. 1990). Weitere Faktoren scheinen jedoch beteiligt zu sein, da der antepartale Rückgang der T-Aufnahme bereits vor dem Anstieg der Östrogene beginnt.

So wurde auch für Progesteron ein direkter Einfluss auf die Futtermittelaufnahme nachgewiesen. Da jedoch grundsätzlich eine antagonistische Wirkung zu Östrogen besteht, wird eine indirekte stimulierende Wirkung auf die Futtermittelaufnahme angenommen (Ross & Zucker 1974; Wade 1975). Dies wurde auch in einer Studie von Forbes (1986) deutlich. Hier nahmen Kühe, denen ab dem 15. Tag a. p. 0,25 mg Progesteron/kg und Tag injiziert wurde, in den letzten sechs Tagen vor der Geburt 17,1 kg T auf, während die Tiere einer Kontrollgruppe lediglich 11,7 kg aufnahmen.

#### 3.3.1 Stresshormone

Stressreaktionen werden vom Endokriniem und dem zentralen Nervensystem koordiniert und reguliert. Eine zentrale Rolle spielt das Corticotropin-Releasinghormon (CRF). CRF wird im Hypothalamus und Gastrointestinaltrakt synthetisiert und in Stresssituationen ausgeschüttet. Es stimuliert & a. die Freisetzung von ACTH und somit die Cortisolsekretion (Petrusz & Merchenthaler 1992; Ingvarsen & Andersen 2000). Verschiedene Versuche an Schafen, Ratten und Affen zeigten, dass zentral appliziertes CRF die Futtermittelaufnahme reduziert (Ruckebusch & Malbert 1986; Arase et al. 1988; Glowa & Gold 1991). Krahn et al. (1986) demonstrierten eine Aufhebung von stressinduzierter Hypophagie durch Gabe eines CRF-Antagonisten. Direkte Gaben von Cortisol hatten jedoch keine Auswirkungen auf die Futtermittelaufnahme (Baile & Martin 1971; Head et al. 1976). Unter der Voraussetzung, dass der peripartale Anstieg des Cortisol-Plasmaspiegels primär CRF- bzw. ACTH-vermittelt ist, kann CRF mit für den peripartalen Futtermittelaufnahmerückgang verantwortlich sein (Ingvarsen & Andersen 2000).

#### 3.3.2 Insulin

Insulin wirkt nur an Geweben, deren Zellen Insulinrezeptoren exprimieren. Das Areal des Gehirns, welches für die Kontrolle der Futtermittelaufnahme und den Energiestoffwechsel zuständig ist, hat eine der höchsten Dichten von Insulinrezeptoren (Baskin et al. 1987). Verschiedene Kurz- und Langzeitversuche mit intraventrikulären oder peripheren Insulininfusionen zeigten eine negative Korrelation zwischen Insulinspiegel und Futtermittelaufnahme (Deetz & Wangsness 1980; Brief & Davis 1984; Ikeda et al. 1986; Foster et al. 1991). Für die Hochleistungskuh hat Insulin wahrscheinlich eine suppressive Wirkung auf die Futtermittelaufnahme in der Hochträchtigkeit; in der Früh-laktation jedoch erscheint ein signifikanter Einfluss bei den für diese Zeit typisch niedrigen Plasmaspiegeln unwahrscheinlich (Ingvarsen & Andersen 2000).

Untersuchungen von Deetz und Wangsness (1980) an 16 Hammeln ergaben eine komplexe Wirkung des Insulins auf die Trockensubstanzaufnahme. Sie infundierten den Tieren intravenös verschiedene Mengen an Insulin und beobachtete das Futtermittelaufnahmeverhalten. Während niedrige Konzentrationen (6 mU Insulin/kg) eine Reduktion der Trockensubstanzaufnahme verursachten, hatten mittlere Konzentrationen (12 mU Insulin/kg) keinen Einfluss. Hohe Dosen (1 U Insulin/kg) verursachten in Folge der entstehenden Hypoglycämie eine Steigerung der Trockensubstanzaufnahme. Wurde die Dosis noch weiter erhöht, kam es zur Stagnation der Futtermittelaufnahme infolge von ZNS-Störungen.

### 3.3.3 Leptin

Die Leptinkonzentration im Serum korreliert positiv mit dem Grad der Verfettung bei Nagetieren, Schwein, Mensch (Friedman & Halaas 1998; Houseknecht & Portocarrero 1998) Rind (JI et al. 1997; Chilliard et al. 1998) und Schaf (Kumar et al. 1998). Vernon & Houseknecht (2000) postulierten, dass der Organismus durch Leptin in der Lage ist, seine Fettreserven zu sondieren und die Futtermittelaufnahme bzw. den gesamten Fettstoffwechsel entsprechend anzupassen. Bei energetischer Unterversorgung der Kuh, wie z. B. bei der häufig auftretenden postpartalen negativen Energiebilanz, sinkt die Leptinkonzentration im Serum drastisch (Blache et al. 2000; Delavaud et al. 2000; Ehrhardt et al. 2000; Block et al. 2001).

Holteniuss et al. (2003) untersuchten die peripartale Leptinkonzentration im Plasma bei Kühen. Die Leptinkonzentration stieg zwischen der 8. und 3. Woche a. p. Bei energetisch übertroffenen Tieren war, verglichen mit energetisch unterversorgten Kühen (4,2 bzw. 4,7 ng/ml) und bedarfsgerecht gefütterten Kühen (4,9 bzw. 5,8 ng/ml), sowohl eine höhere Ausgangskonzentration 8 Wochen a. p. (5,2 ng/ml) als auch eine höhere Konzentration in der 3. Woche a. p. (7,9 ng/ml) nachweisbar. In der 1. Woche p. p. fielen die Leptinkonzentrationen aller Gruppen auf etwa 4 ng/ml und veränderten sich nicht signifikant bis zur 12. Woche p. p.

## 3.4 Untersuchungen zur interindividuellen Varianz der Trockensubstanzaufnahme in der TP

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Studien über Stoffwechselkrankheiten, Futtermittelnahmeverhalten und Reaktionsmuster endokrinologischer und metabolischer Parameter durchgeführt. Ein Großteil der Untersuchungen stützt sich dabei auf Mittelwertberechnungen. Über das Ausmaß sowohl der inter- als auch der intraindividuellen Streuung der Parameter liegen daher bislang nur sehr wenige Daten vor. Ziel der eigenen Studie war es deshalb zu prüfen, (a) welche inter- und intraindividuellen Varianzen hinsichtlich des Futtermittelnahmeverhaltens und der metabolischen und endokrinologischen Reaktionsmuster im Verlauf der ersten 12 Laktationswochen bei Milchkühen bestehen, und (b) ob bzw. in welchem Maße sich das Futtermittelnahmeverhalten der ersten vier Laktationswochen auf das der folgenden Wochen auswirkt.

### 3.4.1 Material und Methoden

Den Untersuchungen wurden mit 20 klinisch gesunden, multiparen Kühen ( $607 \pm 44$  kg Körpermasse, Laktationsleistung in der vorausgegangenen Laktation:  $9.338 \pm 1.089$  kg FCM) in der Versuchsanstalt Braunschweig der FAL durchgeführt. Die Tiere wurden in einem Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden gehalten und zweimal täglich gemolken. Die Fütterung basierte auf Mais- und Luzernesilage (65:35 w/w; 6,5 bzw. 5,0 MJ NEL/kg T) ad libitum und Kraftfutter (8,3 MJ NEL/kg T), das über Transponder entsprechend der Milchleistung zugeteilt wurde. Die Vorlage der Silage erfolgte über Einzelfuttertröge mit Wägesystem; damit war eine einzeltierbezogene Ermittlung der Grundfütterung möglich.

Ab der 2. Woche ante partum (a. p.) ( $n = 12$ ) bzw. ab dem 1. Tag post partum (p. p.) ( $n = 8$ ) wurden bis zur 12. Woche p. p. täglich Grund- und Kraftfütterungsaufnahme, Milchleistung und Körpergewicht erfasst. In wöchentlichen Abständen wurden die Körperkondition beurteilt und Blutproben entnommen. Die Energiebilanz jeder Kuh wurde aus der täglichen Energieaufnahme (anteilige T-Aufnahme der Rationskomponenten  $\times$  MJ NEL/kg T abzüglich des Erhaltungsbedarfs und der für die Milchproduktion benötigten Energie) für jeden Tag berechnet.

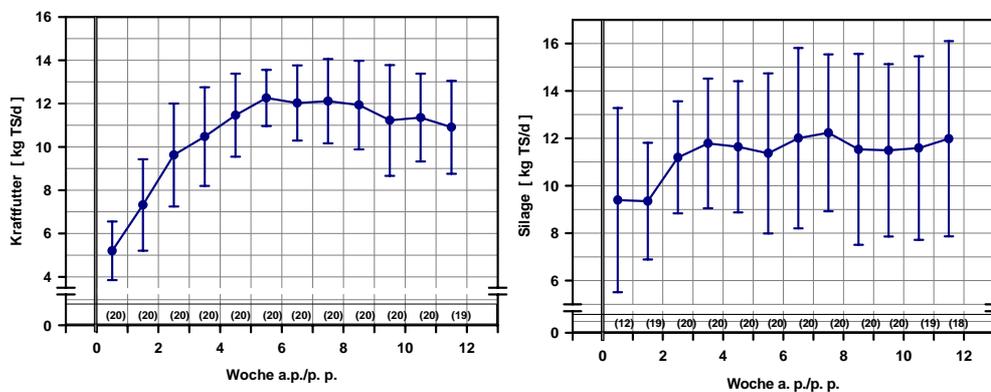
### 3.4.2 Ergebnisse und Diskussion

Die maximale Energieaufnahme (160 MJ NEL/d) wurde in der 5. Woche p. p. zeitgleich mit der maximalen Milchleistung (40,5 kg FCM/d) erreicht. Die Veränderungen der Blut- und Leberparameter ließen auf eine nur moderate Lipomobilisation während der ersten Laktationswochen schließen. Die in den ersten zwei Wochen ausgeprägte NEB (im Mittel -40 MJ NEL/d) war ab der 7. Laktationswoche ausgeglichen.

Der für jede Woche berechnete, interindividuelle Variationskoeffizient ( $VK_{\text{inter}}$ ) der Energieaufnahme lag in den ersten 12 Wochen der Laktation mehr oder weniger konstant bei etwa 20 %. Auch der  $VK_{\text{inter}}$  der Milchleistung änderte sich während der ersten 12 Wochen nicht signifikant und lag bei etwa 14 %. Die Varianz der Grundfutteraufnahme war in der 1. Woche p. p. größer ( $VK_{\text{inter}}$  40 %) als in den folgenden Wochen ( $VK_{\text{inter}}$  im Mittel 27 %) und damit insgesamt größer als die der Kraftfutteraufnahme ( $VK_{\text{inter}}$  im Mittel 20 %) (Abbildung 2).

Die intraindividuelle Varianz der Silageaufnahme – berechnet als Variationskoeffizient der täglichen Grundfutteraufnahme pro Woche für jedes Tier ( $VK_{\text{intra}}$ ) – erwies sich als unabhängig von der Laktationswoche; der mittlere  $VK_{\text{intra}}$  lag bei 18 %. Der  $VK_{\text{intra}}$  der Kraftfutteraufnahme lag in den ersten vier Wochen nach der Abkalbung höher als in den folgenden Wochen. In den Wochen 6 – 12 p. p. war die intraindividuelle Varianz der Kraftfutteraufnahme deutlich geringer als die Varianz der Grundfutteraufnahme.

In den ersten vier Wochen p. p. waren die Energie- und T-Aufnahme eng mit den entsprechenden Werten der folgenden zwei Monate eng korreliert ( $r$  etwa 0,70;  $p < 0,001$ ). Kühe, die in den ersten vier Wochen eine hohe Energieaufnahme hatten, fraßen auch im weiteren Verlauf der Früh-laktation überproportional viel. Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung einer hohen T-Aufnahme in den ersten Laktationswochen für das frühzeitige Erreichen einer ausgeglichenen Energiebilanz.



**Abbildung 2:** Kraftfutter- und Silageaufnahme [ kg T/d ] in den Wochen 1 – 12 p. p.; Mittelwerte  $\pm$  SD der Wochenmittel jeder Kuh; ( ) – Anzahl der Kühe

Die Konzentrationsverläufe metabolischer Leitparameter (wie nicht-veresterte Fettsäuren, Beta-Hydroxybutyrat, Glucose, Cholesterin) und des Insulins im Serum folgten in den ersten Wochen p. p. den aus der Literatur bekannten Mustern; die interindividuelle Varianz war in den ersten drei Laktationswochen höher als in den folgenden Wochen. Die Konzentration der Blutparameter (NEFA, BHB, Glucose, Insulin) korrelierte in den ersten Laktationswochen nicht signifikant mit der Höhe der Energieaufnahme bzw. der Energiebilanz. Die Höhe der intraindividuellen Varianz der Energieaufnahme, Grund- und Kraftfutteraufnahme korrelierte in den ersten drei Laktationsmonaten nicht mit den erfassten Produktions- und Blutparametern.

### 3.5 Schlussfolgerungen

Die hohe interindividuelle Varianz der täglichen Trockensubstanzaufnahme war vor allem durch die interindividuell außerordentlich variierende Höhe der Grundfutteraufnahme bedingt. Diese hohe interindividuelle Varianz der T-Aufnahme in der Früh-laktation lässt eine effektive Selektion von Tieren zu, deren T-Aufnahme grundsätzlich hoch ist und die demzufolge frühzeitig eine ausgeglichene Energiebilanz erreichen. Im Hinblick auf die Herdengesundheit ist bei Tieren mit peripartal hoher T-Aufnahme eine verminderte Inzidenz peripartaler Erkrankungen zu erwarten.

## Literatur

- Arase K., York D.-A., Shimizu H., Shargill N. & Bray G. (1988): Effect of corticotropin releasing factor on food intake and brown adipose tissue thermogenesis in rats. *Am. J. Physiol.* 255, E255-E259
- Baile C.-A. & Martin H.-F. (1971): Hormones and amino acids as possible factors in the control of hunger and satiety in sheep. *J. Physiol.* 54, 897-905
- Bareille N. & Faverdin P. (1996): Lipid metabolism and intake behavior of dairy cows: effects of intravenous lipid and beta-adrenergic supplementation. *J. Dairy Sci.* 79, 1209-1220
- Baskin D.-G., Figlewicz D.-P., Woods S.-C., Porte D., Dorsa D.-M. Jr. (1987): Insulin in the brain. *Ann& Rev. Physiol.* 49, 335-347
- Bauman D.-E. & Currie W.-B. (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529
- Bauman D.-E. (2000): Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction* (ed. Cornje P.-B.) CAB Intern., 311-328
- Bell A.-W. (1980): Lipid metabolism in the liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. *Prog. Lipid Res.* 18, 117-128
- Bell A.-W. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73, 2804-2819
- Bergmann, E.-N. & Wolf E.-J. (1971): Metabolism of volatile fatty acids by liver and portal-drained viscera in sheep. *Am. J. Physiol.* 221, 586-592
- Bertrics S.-J., Grummer R.-R., Cardorniga-Valino C. & Stoddard E.-E. (1992): Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914-1922
- Bines J.-A. & Morant S.-V. (1983): The effect of body condition on metabolic changes associated with intake of food by the cow. *Br. J. Nutr.* 50, 81-89
- Blache D., Tellam R.-L., Chagas L.-M., Blackberry M.-A., Vercoe P.-E. & Martin G.-B. (2000): Level of nutrition affects leptin concentrations in plasma, and cerebrospinal fluid in sheep. *J. Endocrinol.* 165, 625-637
- Block S.-S., Butler W.-R., Ehrhardt R.-A., Bell A.-W., van Amburgh M.-E. & Boisclair Y. (2001): Decreased concentration of plasma leptin in periparturient dairy cows is caused by negative energy balance. *J. Endocrinol.* 171, 339-348
- Brief D.-J. & Davis J.-D. (1984): Reduction of food intake and body weight by cronic intraventricular insulin infusion. *Brain Res. Bull.* 12, 571-575
- Brockmann R.-P. (1990): Effect of insulin on the utilisation of propionate in sheep. *Nutr.* 64, 95-101
- Cadorniga-Valino C., Grummer R.-R., Armentano L.-E., Donkin S.-S. & Bertics S.-J. (1997): Effects of fatty acids and hormones on fatty acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.* 80, 646-656
- Carpenter R.-G. & Grossmann S.-G. (1983): Plasma fat metabolites and hunger. *Physiol. Behav.* 30, 57-63
- Chandra R.-K. (1983): Nutrition and immune responses. *Can. J. Physiol. Pharm.* 61, 290-299
- Chilliard Y., Ferlay A., Delavaud C. & Bocquier F. (1998): Plasma leptin in overfed or underfed adult holstein and charolais cows and its relationship with adipose tissue cellularity. *International Journal of Obesity* 22 (Suppl. 3), 171
- Clemens L.-E., Siiteri P.-K. & Sites D.-P. (1979): Mechanism of immunosuppression of progesterone on maternal lymphocyte activation during pregnancy. *J. Immunol.* 122, 1978-1985
- Coffey K.-P., Paterson J.-A., Saul C.-S., Coffey L.-S., Turner K.-E. & Bowmann J.-G. (1989): The influence of pregnancy and source of supplemental protein on intake, digestive kinetics and amino acid absorption by ewes. *J. Anim. Sci.* 67, 1805-1814

- Deetz L.-E. & Wangsness P.-J. (1980): Effect of intrajugular administration of insulin on feed intake, plasma glucose and plasma insulin of sheep. *J. Nutr.* 110, 1976-1982
- Delvaud C., Bocquier F., Chilliard Y., Keisler D.-H., Gertler A. & Kann G. (2000): Plasma leptin determination in ruminants: effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by a specific RIA in sheep. *J. Endocr.* 165, 519-526
- Drackley J.-K., Beitz D.-C., Richard M.-J. & Young J.-W. (1992): Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1, 3- butanediol. *J. Dairy Sci.* 75, 1622-1634
- Drackley J.-K. (1999): Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82, 2259-2273
- Ehrhardt R.-A., Slepatis R.-M., Siegal-Willot J., van Amburgh M.-E., Bell A.-W. & Boisclair Y.-R. (2000): Development of a specific radioimmunoassay to measure physiological changes of circulating leptin in cattle and sheep. *J. Endocrinol.* 166, 519-528
- Erb H.-N., Smith R.-D., Oltenacu P.-A., Guard C.-L., Hillmann R.-B., Powers P.-A., Smith M.-C. & White M.-E. (1985): Path model of reproductive disorders and performance, milk fever, mastitis, milk yield and culling in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 166, 519-528
- Fisler J.-S., Egawa M. & Bray G.-A. (1995): Peripheral 3-hydroxybutyrate and food intake in a model of dietary-fat induced obesity: effect of vagotomy. *Physiol. Behav.* 58, 1-7
- Fleischer P., Metzner M., Beyerbach M., Hoedemaker M. & Klee W. (2001): The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2025-2035
- Forbes J.-M. (1986): The effect of sex hormones, pregnancy and lactation on digestion, metabolism and voluntary food intake. In: *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants* (L. P. Milligan, W. L. Grovum, A. Dobson, eds.), Pentice Hall, Englewood Cliffs, 420-444
- Forbes J.-M. & Provenza F.-D. (2000): Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: P. B. CRONJE (ed.): *Ruminant hysiology, Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CAB, Wallingford, 3-20
- Foster L.-A., Ames N.-K. & Emery R.-S. (1991): Food intake and serum insulin responses to intraventricular infusions of insulin and IGF-I. *Physiol. Behav.* 50, 745-749
- Friedmann J.-M. & Halaas J.-L. (1998): Leptin and the regulation of body weight in mamals. *Nature* 395, 763-770
- Garnsworthy P.-C. & Topps J.-H. (1982): The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35, 113-119
- Gerloff B.-J. & Herdt T.-H. (1984): Hepatic lipidosis from dietary restriction in nonlactating cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 223-224
- Gerloff B.-J., Herdt T.-H. & Emery R.-S. (1986): Relationship of hepatic lipidosis to health and performance in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 188, 845-850
- Glowa J.-R. & Gold P.-W. (1991): Corticotropin releasing hormone produces profound anorexigenic effects in rhesus monkey. *Neuropeptides* 18, 55-61
- Goff J.-P. & Horst R.-L. (1997): Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268
- Grummer R.-R. (1992): Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896
- Grummer R.-R. (1995): Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim Sci.* 73, 2820-2833
- Grummer R.-R., Bertics S.-J., La Count D.-W., Snow J.-A., Dentine M.-R. & Stauffacher R.-H. (1990): Estrogen induction of fatty liver in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 1537-1543
- Grummer R.-R., Mashek D.-G. & Hayrili A. (2004): Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim.* 20, 447-470

- Hayirli A., Grummer R.-R., Nordheim E.-V., Crump P.-M. (2003): Models for predicting dry matter intake of Holsteins during the prefresh transition period. *J. Dairy Sci.* 86, 1771-1779
- Head H.-H., Thatcher W.-W., Wilcox C.-J. & Bachmann K.-C. (1976): Effect of a synthetic corticoid on milk yield and composition and on blood metabolites and hormones in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 59, 880-888
- Herd T.-H. (1988a): Fatty liver in dairy cows. *Vet. Clin. of North Am.*, 4, 269-287
- Herd T.-H. (2000): Ruminant adaption to negative energy balance. *Vet. Clin. of North Am.*; 16, 215-230
- Holtenius K., Agenäs S., Delavaud C. & Chilliard Y. (2003): Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86, 883-891
- Houseknecht K.-L. & Portocarrero C.-P. (1998): Leptin and its receptors: Regulators of wholebody energy homeostasis. *Domestic Anim. Endocrin.* 15, 457-475
- Ikeda H., West D.-B., Pustek J.-J., Figlewicz D.-P., Greenwood M.-R.-C., Porte D. & Woods S.-C. (1986): Intracerebroventricular insulin reduces food intake and body weight of lean gut not obese sugar rats. *Appetite* 7, 381-386
- Ingvartsen K.-L., Andersen H.-R. & Foldager J. (1992): Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agric. Scand.*, 42, 40-46
- Ingvartsen K.-L., Foldager J. & Aaes O. (1997): Effect of prepartum TMR energy concentration on feed intake, milk yield, and energy balance in dairy heifers and cows. *J. Dairy Sci.* 80, 211 (Abstr.)
- Ingvartsen K.-L. & Andersen H.-R. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597
- Ji S.-Q., Willis G.-M., Scott R.-R. & Spurlock M.-E. (1997): Partial cloning of the bovine leptin gene and its expression in adipose depots and in cattle before and after finishing. *Anim. Biotechnol.* 9 (1), 1-14
- Johannsen & Reinholz C. (1988): Untersuchungen zum Vorkommen degenerativer Leberschäden bei Rindern. *Arch. Exper. Vet. Med.* 42, 777-792
- Johannsen & Füll M., Schäfer M., Ehrentraut W., Deckert & Greinitz D. (1991): Untersuchungen zum Lipidgehalt und zur Funktion der Leber von Kühen in Abhängigkeit vom Laktationsstadium. *Mh. Vet. Med.* 46, 670-674
- Johannsen & Menger S., Stauffenbiel R. & Klukas H. (1993): Untersuchungen zur Morphologie und Funktion der Leber von Hochleistungskühen 2 Wochen post partum. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 100, 177-208
- Jordan E.-R. & Fourdraine R.-H. (1993): Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *J. Dairy Sci.* 76, 3247-3256
- Kaske M. & Groth A. (1997): Changes in factors affecting the rate of digesta passage during pregnancy and lactation in sheep fed on hay. *Reprod. Nutr. Dev.* 37, 573-588
- Kehrli M.-E., Nonnecke B.-J. Jr. & Roth J.-A. (1989a): Alterations in bovine lymphocyte function during the periparturient period. *Am. J. Vet. Res.* 50, 215-223
- Kehrli M.-E., Nonnecke B.-J. Jr. & Roth J.-A. (1989b): Alterations in bovine neutrophil function during the periparturient period. *Am. J. Vet. Res.* 50, 207-214
- Krahn D.-D., Gosnell B.-A., Grace M. & Levine A.-S. (1986): CRF antagonist partially reverses CRF- and stress-induced effects on feeding. *Brain Res. Bull.* 17, 285-289
- Kumar B., Francis S.-M., Suttie J.-M. & Thompson M.-P. (1998): Expression of obese mRNA in genetically lean and fat selection lines of sheep. *Comp. Biochem. Physiol.* 120, 543-548
- Langhans W., Pantel K. & Scharrer E. (1985): Ketone kinetics and D-(-)-3-hydroxybutyrate induced inhibition of feeding in rats. *Physiol. Behav.* 34, 578-582
- Lean I.-J., Bruss M.-L., Troutt H.-F., Galland J.-C., Farver T.-B., Rostami J., Holmberg C.-A. & Weaver L.-D. (1994): Bovine ketosis and somatotrophin: risk factors for ketosis and effects of ketosis on health and production. *Res. Vet. Sci.* 57, 200-209

- Mertens M. (1992): Leberbiopsie beim Rind: Histologische und enzymhistochemische Auswertung von Biopaten aus Kühen mit Dislocatio abomasi sinistra. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Dissertation
- Muyllé E., van den Hende C., Sustronck B. & Deprez P. (1990): Biochemical profiles in cows with abomasal displacement estimated by blood and liver parameters. *J. Vet. Med. A* 37, 259-263
- Overton T.-R., Drackley J.-K., Ottemann-Abbamonte C.-J., Beaulieu A.-B., Emmert L.-S. & Clark J.-H. (1999): Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants. *J. Anim. Sci.* 77, 1940-1951
- Petrusz P. & Merchenthaler I. (1992): The corticotropin-releasing factor system. In: *Neuroendocrinology*, S. 129-183, C. B. Nemeroff, ed. CRC Press, Boca Raton
- Ramirez I. & Friedmann M.-I. (1982): Glycerol is not a physiological signal in the control of food intake in rats. *Physiol. Behav.* 29, 921-925
- Rehage J.-M., Mertens M., Stockhofe-Zurwieden M., Kasek M. & Scholz H. (1996a): Post surgical convalescence of dairy cows with left abomasal displacement in relation to fatty liver. *Schw. Archiv Tierheilk.* 138, 361-368
- Rehage J. (1996b): Untersuchungen zur Leberfunktion von Milchkühen mit Leberverfettung am Modell von Patienten mit linksseitiger Labmagenverlagerung. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Habilitationsschrift
- Reid I.-M. (1980): Incidence of fatty liver in dairy cows. *Vet. Rec.* 107, 281-284
- Roberts C.-J., Reid J.-H. & Rowland G.-J. (1981): A fat mobilisation syndrome in cows in early lactation. *Vet. Rec.* 108, 7-9
- Ross G.-E. & Zucker I. (1974): Progesterone and the ovarian-adrenal modulation of energy of energy balance in rats. *Horm. Behav.* 5, 43-62
- Ruckebusch Y. & Malbert C.-H. (1986): Stimulation and inhibition of food intake in sheep by centrally-administered hypothalamic releasing factors. *Life Sci.* 38, 929-934
- Skaar T.-C., Grummer R.-R., Dentine M.-R. & Stauffacher R.-H. (1989): Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J. Dairy Sci.* 72, 2028-2038
- Staufenbiel R.-D., Lügner D., Lügner E., Dargel D. & Rossow N. (1990): Zur Beurteilung des Leberfettgehaltes bei der Milchkuh. In: *Symp. Energie- und Fettstoffwechsel der Milchkuh*. Veterinärmedizinische Fakultät, Humboldt-Universität Berlin, 24. & 25. Okt. 1990, S. 273-299
- Strang B.-D., Bertics S.-J., Grummer R.-R. & Armentano L.-E. (1998a): Effect of long chain fatty acids on triglyceride accumulation, gluconeogenesis and ureagenesis in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.* 81, 728-739
- Van Dijk S., Wensing TH., Wentink G.-H. & Jorna T.-J. (1989): Hepatic lipidosis in dairy cows related to health and fertility. *Proceedings, 7<sup>th</sup> International Conference on Production Disease in Farm Animals*, pp 289
- Vaquez-Anon M., Bertics S., Luck M. & Grummer R.-R. (1994): Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1521-1528
- Veenhuizen J.-J., Drackley J.-K., Richard M.-J., Sanderson T.-P., Miller L.-D. & Young J.-W. (1992): Metabolic changes in blood and liver during development and early treatment of experimental fatty liver and ketosis in cows. *J. Dairy Sci.* 74, 4238-4253
- Vernon R.-G. & Houseknecht K.-L. (2000): Adipose tissue: beyond an energy reserve. In: P. B. CRONJE (ed.): *Ruminant Physiologie, Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, CAB, Wallingford, UK, S. 171-186
- Wade G.-N. (1975): Some effects of ovarian hormones on food intake and body weight in female rats. *J. Comp. Physiol. Psych.* 88, 183-193
- Wallace R.-L., Mc Coy G.-C., Overton T.-R. & Clark J.-H. (1996): Effect of adverse health events on dry matter consumption, milk production and body weight loss of dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 79 (Suppl. 1), 205 (Abstr.)
- Weinberg E.-D. (1987): Pregnancy-associated immune suppression: risks and mechanisms. *Microb. Pathog.* 3, 393-411
- West H.-J. (1990): Effect on liver function of acetonaemia and the fat cow syndrome in cattle. *Res. Vet. Sci.* 48, 221-227

- Wyle F.-A. & Kent J.-R. (1977): Immunosuppression by sex steroid hormones. *Clin. Exp. Immunol.* 27, 407-412
- Zamet C.-N., Colebrander V.-F., Callahan C.-J., Chew B.-F., Erb R.-E. & Moeller N.-J. (1979): Variables associated with peripartum traits in dairy cows. I. Effect of dietary forages and disorders on voluntary intake of feed, body weight and milk yield. *Theriogenology* 11, 229-244

## Ist die Spermientrennung beim Rind praxisreif?

Detlef Rath, Primoz Klinc, Hinrich Osmers, Dettmar Frese, Henning Wendt, Holm Zerbe, Hans- Joachim Schuberth, Hans-Wilhelm Michelmann, Peter Schwartz, Birgit Sieg, Christina Struckmann, Antje Frenzel<sup>1</sup>

Für moderne Tierzuchtprogramme wäre eine Beeinflussung des Nachkommengeschlechtes aus verschiedenen Perspektiven wünschenswert. Dies gilt insbesondere für die Tierarten, die ein geschlechtsabhängiges Produkt liefern wie beispielsweise Milch. Natürlicherweise wird das Geschlecht bei Säugerspezies durch die Heterosomen der Samenzellen bestimmt, d.h. Spermien besitzen neben den Autosomen entweder ein X- oder ein Y- Chromosom. Die Chromosomen liegen dicht durch Protamine gebunden als Chromatingeflecht vor; einzelne Chromosomen sind zum Zeitpunkt der Ejakulation nicht zu erkennen. Erst wenn die Spermien in die Eizelle eindringen, dekondensiert das Chromatin und die Chromosomen formieren sich kurz vor der Vorkernbildung.

Die für die Geschlechtsdifferenzierung wichtige Information befindet sich auf dem kurzen Arm des Y-Chromosoms (SRY). Diese induziert primär die Ausbildung der Hodenanlage. Die weiteren Entwicklungsschritte zum männlichen Organismus erfolgen vorwiegend hormonell und führen u.a. zur Unterdrückung der Ausbildung des weiblichen Genitalsystems (z.B. Anti-Müller-Hormon).

Ejakulate enthalten normalerweise gleichviele X- und Y- Chromosom tragende Spermien. Äußerlich scheinen sie sich nicht zu unterscheiden. Bislang wurden zumindest keine Oberflächenstrukturen nachgewiesen, die zur Unterscheidung geschlechtsspezifischer Merkmale technisch genutzt werden könnten. Dies wäre die Voraussetzung einer Trennung durch physikalische und/oder immunologische Verfahren. Vorteil wäre bei einem solchen Vorgehen die hohe Ausbeute selektierter Spermien, indem man die ungewünschte Population ausfällt und alle anderen Spermien zur Samenübertragung oder Konservierung nutzt.

Bisher konnte nur durch Selektion individueller Spermien eine hohe Trenngenaugigkeit und Wiederholbarkeit gewährleistet werden. Grundlage für ein individuelles Trennverfahren ist der DNA-Unterschied zwischen X- und Y- Chromosom tragenden Spermien, der speziesspezifisch ist und beim Rind 3,8% beträgt. Zur technischen Nutzung dieses Unterschiedes werden die frisch gewonnenen Ejakulate mit einem Fluoreszenzfarbstoff (Hoechst 33342) angefärbt und in einem modifizierten Flowzytometer (z.B. MoFlo®; Dakocytomation) die Spermienpopulationen voneinander getrennt. Unmittelbar nach dem Trennvorgang kann durch Reanalyse eines Aliquots der gesexten Spermien die Reinheit der Spermienfraktion bestimmt und damit das voraussichtliche Geschlecht der Nachkommen garantiert werden. Üblich sind heute Reinheitsgrade über 90%.

Bis Mitte der 90iger Jahre wurden Flowzytometer für die Spermientrennung eingesetzt, die noch nicht auf die spezielle paddelförmige Gestalt der Spermien eingerichtet waren. Pro Stunde wurden damals ca. 350.000 Spermien je Geschlecht sortiert. Diese geringe Spermienmenge konnte nur über den Umweg der In-vitro-Befruchtung zur Nachkommenerstellung genutzt werden. Entsprechend wurden die ersten Kälber 1992 in vitro erzeugt.

Mit Einführung der Hochgeschwindigkeits-Flowzytometrie waren ab 1996 deutlich höhere Sortieraten realisierbar und nach Anpassung des Düsensystems gelangen Sortieraten von 5 Mio. Spermien pro Stunde und Geschlechtsmerkmal. Mittlerweile können durch weitere Modifikationen bis zu 15 Millionen Samenzellen pro Stunde getrennt werden. Dies reicht für die Besamung von 5 bis 7 Färsen, um Kälber unter Verwendung der üblichen Besamungstechnik mit gesextem Tiefgefriersperma zu produzieren. Hierbei wird aber nur etwa ein Zehntel der üblicherweise bei der Besamung verwendeten Spermienmenge eingesetzt. Diese geringe Spermienmenge bleibt z.Zt. ein Kompromiss, der einzugehen ist, um die Besamung mit gesextem Sperma rentabel zu machen. Üblicherweise werden für die Besamung mit tiefgefrorenem Bullensperma 15 bis 20 Millionen Samenzellen verwendet. Dabei ist eine relativ große Sicherheitsreserve eingeplant, die u.a. Qualitätsschwankungen zwischen Ejakulaten und Bullen kompensiert. Frühere Untersuchungen hatten aber bereits gezeigt, dass der maximal mögliche Verdünnungsgrad bullenabhängig ist.

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierzucht, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, tz@fal.de

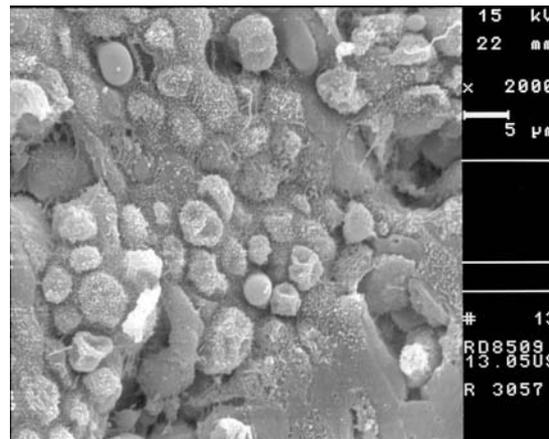
Je weniger Spermien zur Verfügung stehen und damit Kompensationsmöglichkeiten innerhalb der Spermienpopulation reduziert werden, umso mehr treten Mängel fertilitätsbeeinflussender Faktoren wie Samenqualität, allgemeine Fruchtbarkeitslage und Herdenmanagement, Zyklusdiagnostik, Wahl des Besamungszeitpunktes, Ort der Spermienablage im Genitaltrakt sowie die Handhabung des Spermas nach dem Auftauen zu Tage. Für das Spektrum der zur Spermiesortierung geeigneten Bullen ist also weniger die Belastung durch die Trennung entscheidend sondern das Kompensationspotential der Spermien innerhalb eines hoch verdünnten Ejakulates. Dies führt dazu, dass nur ausgewählte Bullen zum Einsatz kommen, eine Limitierung, die aller Voraussicht nach solange bestehen bleibt, bis die Sortiergeschwindigkeit, die bei den z.Zt. verwendeten Verfahren einer individuellen Samenzellerkennung und -sortierung kaum mehr zu steigern ist.

Der eigentliche Sortierprozess stellt zusätzlich eine Belastung der Spermien dar und sensibilisiert diese gegenüber weiteren biotechnischen Behandlungen wie den Einfrierprozess. Empfehlungen zur Verwendung von gesextem Bullensperma hatten daher bislang deren reduzierte Lebensdauer nach dem Auftauen zu berücksichtigen und waren auf genaue Informationen des zu erwartenden Ovulationszeitpunktes angewiesen. Nichtbeachtung bei spontan brünstigen Färsen und Kühen führten zum Teil zu erheblich reduzierten Fruchtbarkeitsraten. Untersuchungen in Mariensee zeigten, dass die Anfangsmotilität sortierter aufgetauter Spermien sich zunächst nicht von den unsortierten unterscheidet. Wurden die Spermien aber einem Thermobelastungstext unterzogen, der die Verhältnisse in der Gebärmutter nachbildet, so sank die Bewegungsaktivität innerhalb von drei Stunden extrem ab und führte zu unbefriedigenden Besamungsergebnissen, wenn die Besamung nicht ovulationsnah erfolgte.

Als wesentliche Quelle der reduzierten Spermienbeweglichkeit vermuten wir die Exposition im elektrischen Feld, das die Spermien voneinander trennt. Durch Zusatz von Schutzsubstanzen (Sexcess®) zum Sortierverdünner und Anpassung von Sortiervorgang und Tiefgefrierprozess, ist es uns gelungen, die Bewegungsaktivität der Spermien nach dem Auftauen deutlich zu verlängern und fast die gleiche Lebensdauer wie bei ungesextem Tiefgefriersperma zu erreichen. Hierdurch kann die Besamung nun zumindest bei Färsen zum üblichen Zeitpunkt erfolgen und das Sperma mit dem gewohnten Besamungsinstrumentarium in den weiblichen Genitaltrakt verbracht werden. Trächtigkeitsraten und Abkalbergebnisse unterschieden sich in entsprechenden Feldversuchen nicht mehr.

Unklar bleibt, warum bei der Besamung von Kühen mit hochverdünntem Sperma wesentlich schlechtere Befruchtungsergebnisse zu registrieren sind. Sicherlich ist die Fertilitätsrate insgesamt bei Kühen in Abhängigkeit von ihrer Milchleistung geringer, aber es müssen weitere Umstände hinzukommen, die die Besamung mit gesextem Tiefgefriersperma reduzieren. Denkbar wäre ein gegenüber Färsen veränderter Spermientransport durch den weiblichen Genitaltrakt sowie eine differenziertere Immunantwort auf Spermien.

In einem Versuch wurde kürzlich dieser Fragestellung nachgegangen. Kühe und Färsen wurden nach spontaner sowie induzierter Brunst mit verschiedenen Spermapräparationen belegt und der Einstrom von Abwehrzellen in die Gebärmutter überprüft. Frühere Untersuchungen bei Pferd und Schwein hatten gezeigt, dass unmittelbar nach der Besamung massiv neutrophile Leukozyten in das Uteruslumen einwandern. Beim Rind konnte dies nicht bestätigt werden. Weder mit unbehandeltem Sperma noch mit gesextem oder mechanisch belastetem Sperma konnte ein Reiz gesetzt werden, der den Einstrom der Abwehrzellen provozierte. Auch unterschiedliche Verdünnungszusätze hatten keine Wirkung. Lediglich uteruswandständige Granulozyten, die sich im In-vitro-Experiment enzymatisch mit Accutase ablösen ließen, waren in der Rückspülflüssigkeit zu finden; dies war aber von der Spermienpräparation unabhängig und auch gesexte Spermien führten zu keiner Gewebsreaktion. In der elektronenmikroskopischen und histologischen Analyse von Bioptaten, die nach der Belegung gewonnen wurden, zeigten sich keine Reaktionen auf Inseminate. Die physiologischen Bedingungen im Rinderuterus sind also gänzlich anders als bei Schwein und Pferd, was evtl. mit der natürlichen Samendeponierung bei der Bedeckung in Zusammenhang steht. Schwein und Pferd sind „Uterusbesamer“, die Spermien Selektion findet vorwiegend an der utero-tubalen Verbindung statt, das Rind ist „Scheidenbesamer“ eine Auswahl der Samenzellen erfolgt bereits bei der Passage durch den Gebärmutterhalskanal. Eine Klärung der beobachteten Unterschiede zwischen Färsen und Kühen können aus den Untersuchungen aber nicht abgeleitet werden und bleiben weiterhin Gegenstand intensiver Versuche.



**Abbildung 1:** Nach Besamung mit verschiedenen Spermienpräparation erfolgte kein Einstrom von Abwehrzellen in den Uterus des Rindes. Im elektronenmikroskopischen Bild fanden sich offensichtlich festsitzende, gewebeständige Abwehrzellen. Nach Herauslösen in einem Ex vivo-Versuch mit dem Enzym Accutase und flowzytometrischer Auswertung stellte sich heraus, dass es sich um spezielle Lymphozyten, nicht aber um Fresszellen (wie z.B. beim Schwein) handelt.

Ist der Einsatz von gesextem Sperma also bereits praxistauglich? Dies kann positiv beantwortet werden, sofern eine Reihe von Einschränkungen befolgt werden. Für den rentablen Einsatz von gesextem Bullensperma muss zur Zeit empfohlen werden, nur Sperma von ausgewählten Bullen einzusetzen, das auf seine Tauglichkeit für den Sortierprozess getestet wurde. Es sollten zurzeit nur Färsen belegt werden, wobei die Spermienkonzentration 2 Millionen lebende, (motile und akrosomintakte) Samenzellen nicht unterschreiten darf. Die Verwendung von Sexcess® scheint eine gute Voraussetzung für Fruchtbarkeitsraten zu bieten, die denen der normalen Besamung entsprechen. Um sicherzustellen, dass im Routinebetrieb nur genau kontrolliertes gesextes Sperma zum Einsatz kommt, sollte der Spermaanbieter sich verpflichten, über die Trenngenauigkeit der Einzelejakulate Protokoll zu führen und die Spermaqualität im Belastungstest zu überwachen.

Um für die Besamungsstation rentabel zu sein, bedarf es weiterer Optimierungen der Sortiertechnik. Zurzeit müssen Produktionskosten von mindestens 30 € pro Besamungsportion kalkuliert werden, die vor allem durch hohe Lizenzabgaben zur Nutzung der Technik und Personalkosten für den Betrieb der Anlage entstehen. Die Entwicklung von Optimierungsschritten und Alternativen sind Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten und werden in absehbarer Zeit zur Einführung der Spermientrennung in der Rinderzucht führen.

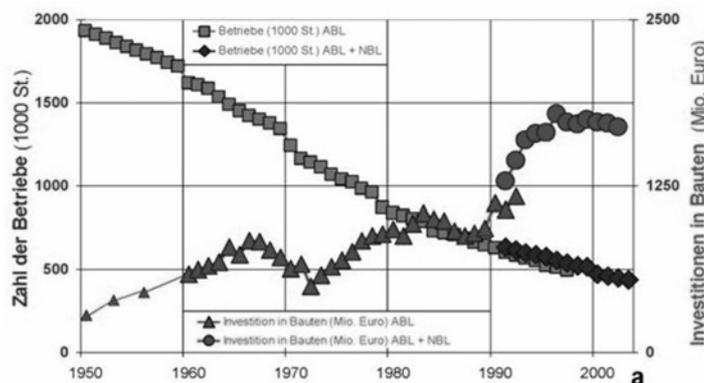


## Wie sehen die Trends bei Melkstandsystemen und Melktechnik aus?

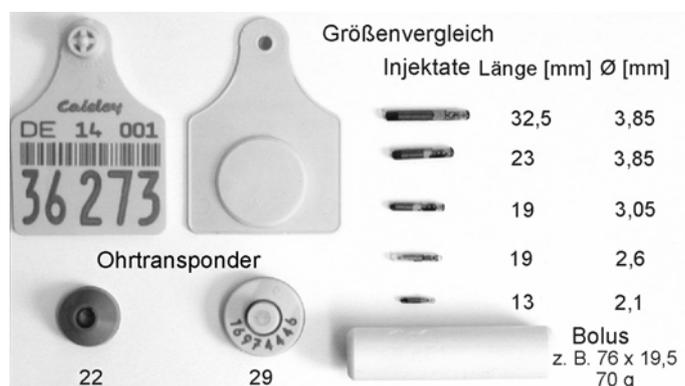
Franz-Josef Bockisch, Dieter Ordloff<sup>1</sup>

### 1 Einleitung, Problemstellung und Ziele

Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe hat sich seit 1950 um 75 % auf rund 500.000 reduziert, die Investitionen in Bauten haben seit 1960 um 300 % zugenommen, allein seit 1990 hat annähernd eine Verdoppelung stattgefunden (**Abbildung 1**). Dies bedeutet, dass bei den zukunftsfähigen Milchkuhbetrieben auch zukünftig in Systeme für die Melktechnik investiert werden wird. Gleichzeitig trugen neue technische Randbedingungen zur Effizienzsteigerung der Produktionsverfahren bei, z. B. durch elektronische Tiererkennung [Applikation als Ohrmarke, Bolus oder Injektat (**Abbildung 2**)] und durch die Verbesserung der Arbeitsbedingungen, z. B. durch Einführung und Weiterentwicklung der Melkstände (**Abbildung 3**), vor allem in größeren Beständen.

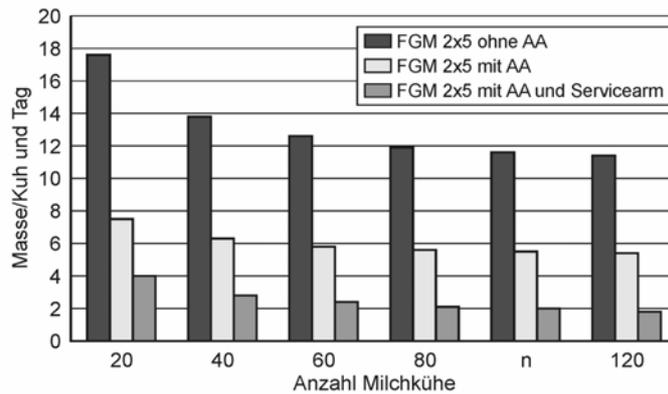


**Abbildung 1:** Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe und Investitionen in landwirtschaftliche Bauten (nach Walter, 2004 – Quelle: Stat. Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten)



**Abbildung 2:** Möglichkeiten zur elektronischen Tierkennzeichnung und -erkennung mittels verschiedener Transponderapplikationstechniken (Ohrmarke, Bolus, Injektat) nach Artmann (1999)

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, bb@fal.de



**Abbildung 3:** Massenumschlag (von Hand bewegte Massen) in einem Fischgrätenmelkstand in Abhängigkeit von der Ausstattung (nach Schick und Früh, 2003); mit Zunahme der Automatisierung geht der Massenumschlag zurück, der durch die Hand bewegt wird, führt damit zu verbesserten ergonomischen Bedingungen

Melkstände sind trotz der Verfügbarkeit automatischer Melksysteme auch gegenwärtig die "normale" technische Lösung für die Milchgewinnung in Laufställen. Daher ist es einleuchtend, dass die Hersteller von Melktechnik sich nicht nur um Fortschritte bei neuen Verfahren bemühen, sondern auch die zum Teil schon lange eingesetzten traditionellen Anlagen weiter verbessern. Neben der Darstellung von Beispielen aus aktuellen Entwicklungen werden auch beispielhaft Lösungsansätze für zukünftige Automatisierungsschritte – insbesondere in Verbindung mit sensorteknischen Entwicklungspotenzialen – sowie der Forschungs- und Entwicklungsbedarf aufgezeigt.

Das Ziel innerhalb diesen Beitrags ist es, in Kurzform die Melktechnik mit den Melkstandformen und deren Entwicklungstrends hinsichtlich relevanter Kriterien wie Arbeitswirtschaft, Arbeitsqualität, Verfahrensabläufe, Verfahrenskosten, technische Detaillösungen, Automatisierung etc. einzuordnen und Entwicklungstrends sowie FuE-Bedarf aufzuzeigen.

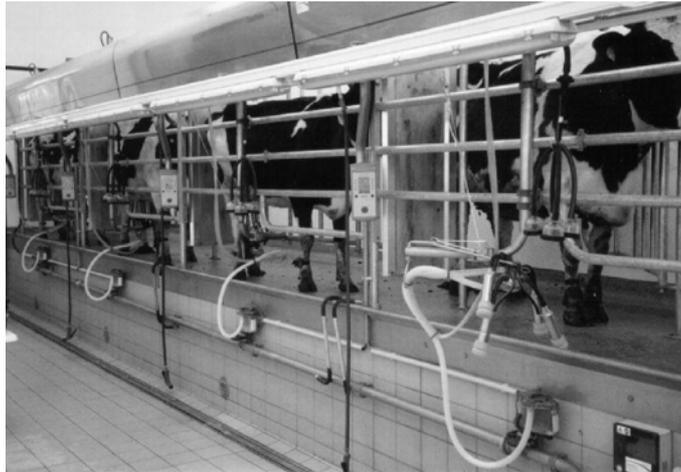
## 2 Melkstandformen und Einordnung

Bei den zurzeit eingesetzten Melkstandbauarten sind zwei Gruppen zu unterscheiden. In so genannten Einzelmelkständen wird jedem Tier ein eigener Melkplatz zugewiesen, den der Melker unabhängig von den Abläufen in anderen Plätzen betreuen kann. In Gruppenmelkständen werden die Melkplätze dagegen jeweils gruppenweise von den Tieren betreten und wieder verlassen. Hierbei wirken sich extreme Melkeigenschaften einzelner Kühe in der Regel auf die Abläufe der ganzen Gruppe aus. Eine besondere Situation ist in Melkkarussellen gegeben, welche von den Tieren kontinuierlich in vorgegebenen Zeitintervallen einzeln betreten und nach dem Melken wieder verlassen werden. Auch hier können extrem lange Melkzeiten oder andere Unregelmäßigkeiten einzelner Kühe den Ablauf an allen übrigen Melkplätzen beeinflussen.

### 2.1 Einzelmelkstände

Die einzige Bauart mit individuell zu betreuenden Melkplätzen ist zur Zeit der Tandemmelkstand (**Abbildung 4**), in dem die Melkplätze hintereinander angeordnet sind und durch einen Treibgang an der dem Melker abgewandten Seite betreten und wieder verlassen werden können. Da sich die Melkvorgänge in den verschiedenen Boxen nicht gegenseitig beeinflussen, hält sich eine Kuh immer nur so lange im Melkstand auf, wie es ihrer Melkdauer entspricht. Dadurch können je Melkplatz und Stunde in der Regel bis zu acht Kühe gemolken werden.

Der Platzbedarf dieser Bauart ist wegen der Anordnung der Melkplätze und des zusätzlichen Treibganges relativ groß. In der Regel werden für eine Arbeitskraft maximal 10 Melkplätze installiert, meist zweireihig, gelegentlich aber auch in L- oder U-Anordnung. Die Steuerung von Zu- und Abgang der Tiere erfolgt automatisch ("Autotandem", ATT).



**Abbildung 4:** Beispiel für einen Autotandemmelkstand mit Servicearm (Foto: Ordolff)

## 2.2 Gruppenmelkstände

Die am weitesten verbreitete Bauart der Gruppenmelkstände ist der Fischgrätenmelkstand (FGM), bei dem die Kühe schräg gestaffelt nebeneinander stehen (**Abbildung 5**). Der Abstand zwischen zwei Melkzeugen beträgt bei dem gebräuchlichen Winkel von  $30^\circ$  zur Standlängsachse 1.200 mm. Üblich ist die zweireihige Anordnung der Melkplätze mit einem Melkzeug je Melkplatz ("Einzelmelkzeuge"). Einem Melker werden darin bis zu 16 Melkzeuge zugeteilt. In Anlagen mit zehn Melkzeugen und mehr wird meist automatische Melkzeugabnahme vorgesehen. Für zwei Melker werden zweireihige Anlagen in der Regel nicht größer als mit  $2 \times 16$  Plätzen angelegt; pro Arbeitsperson können – wie bereits erwähnt - bis zu 16 Melkzeuge bedient werden.



**Abbildung 5:** Beispiel für einen Fischgrätenmelkstand (Foto: Ordolff)

Für große Herden werden die Melkstände auch dreireihig ("Trigon") oder vierreihig ("Polygon") erstellt. Dadurch verkürzt sich der Zeitaufwand für die Wege, die für das Melken einer Kuh zurückgelegt werden müssen. Bei mehr als zwei Reihen muss auf möglichst einfachen Zu- und Abtrieb der Kühe ohne Sichtkontakt an den im Melkstand stehenden Kühen geachtet werden. Zur Beschleunigung des Gruppenumtriebes werden größere Fischgrätenmelkstände häufig mit ausschwenkbaren vorderen Standbegrenzungen versehen ("Frontaustrieb"). Diese Lösung erfordert ausreichend Bewegungsraum für die den Stand verlassenden Tiere und vergrößert den Raumbedarf des Melkstandes deutlich. Um die Zugänglichkeit zu den Eutern bei unterschiedlich großen Kühen zu verbessern, können kleine Kühe durch bewegliche Frontabgrenzungen in Richtung des Melkers verschoben werden ("Indexing").

In ähnlichen Dimensionen wie Fischgrätenmelkstände werden Side-by-Side- bzw. Parallelmelkstände angelegt. Die Tiere stehen hier rechtwinklig zur Standlängsachse. Pro Tier wird mit einer Standbreite von rund 690 mm gerechnet. Die Stände benötigen eine größere Breite als Fischgrätenmelkstände. In Verbindung mit Selbstfangvorrichtungen zur Positionierung der Kühe kann mit dem Melken schon begonnen werden, bevor die Gruppe vollständig ist.



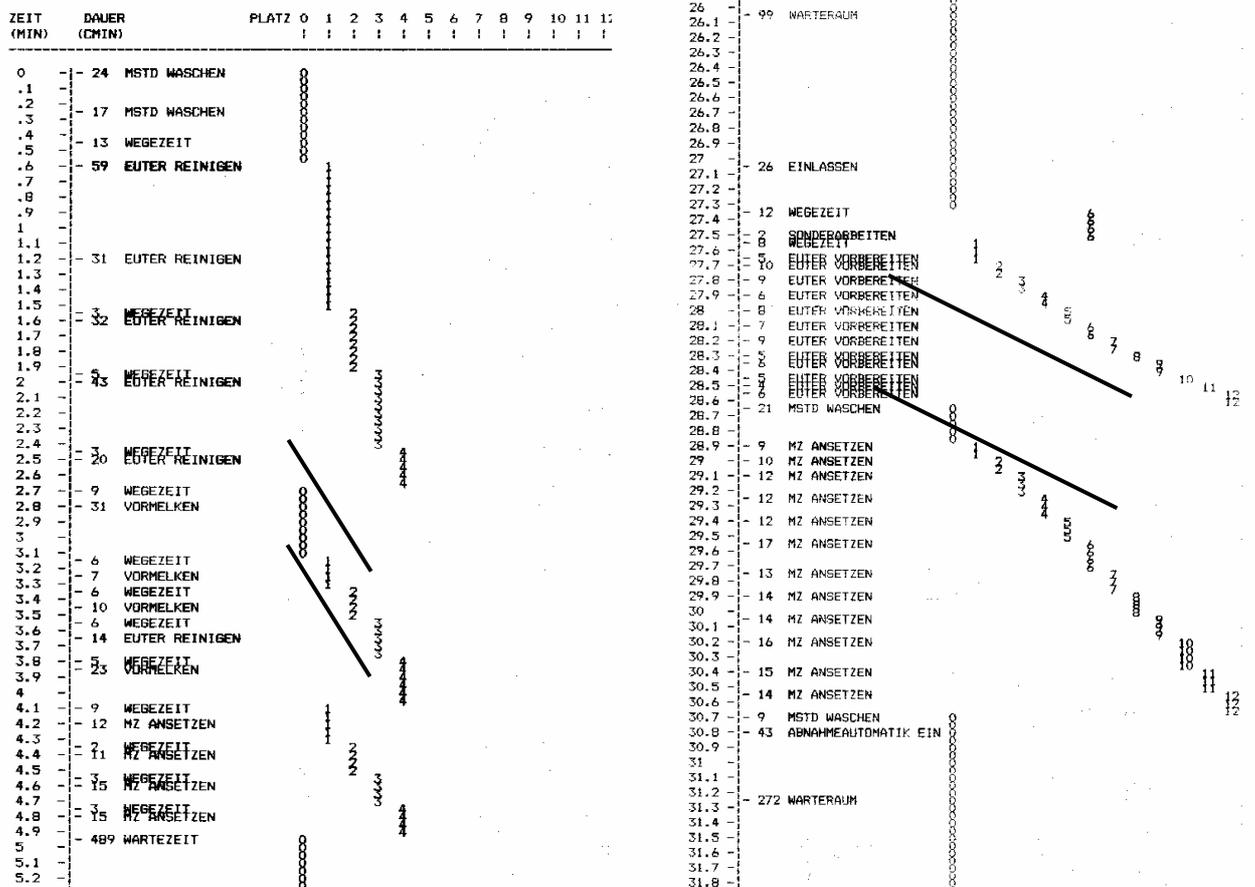


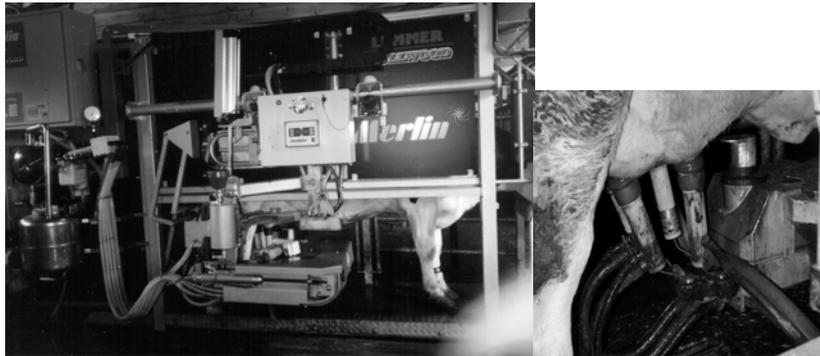
Abbildung 7: Beispiel für Arbeitsabläufe in Fischgrätenmelkständen (links kleinere Gruppengröße, rechts größere Gruppengröße); in beiden Dimensionierungen nimmt der Zeitabstand zwischen der Durchführung der verschiedenen Arbeitsschritte mit zunehmender Melkplatzzahl zu; auf der rechten Seite mit der höheren Melkplatzzahl je Melkstandseite tritt dieses Auseinanderdriften jedoch stärker hervor, was als ungünstig einzuordnen ist



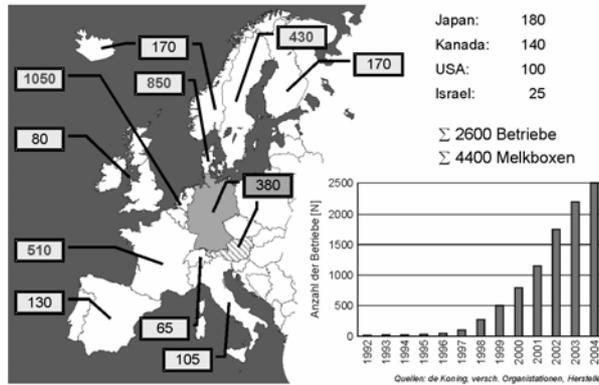
Abbildung 8: Beispiel für ein Melkkarussell – hier Außenmelker (Foto: Ordloff)

### 2.5 Weiterentwicklungen Automatischer Melksysteme

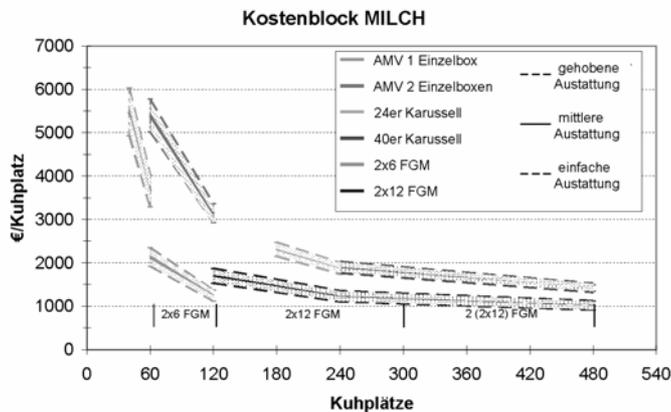
Automatische Melksysteme sind gegenwärtig weltweit mit rund 4.500 Einheiten (**Abbildung 9**) in etwa 2.600 Betrieben vertreten, davon rund 380 in Deutschland, 1.050 in den Niederlanden und 850 in Dänemark (Wendl und Harms, 2005). Rund 90 % des Marktes sind mit so genannten Einboxensystemen (**Abbildung 10**) belegt. Der Investitionsbedarf je Kuh liegt für AMS mit zwei Boxen bei rund 3.000 € in voll ausgelasteten Anlagen, mit denen 120 Kühe betreut werden können. Dies ist, bei gleicher Herdengröße, etwa das Dreifache eines Fischgrätenmelkstandes. Die Gesamtkosten, inklusive aller baulichen und technischen Komponenten, sind bei dieser Herdengröße mit rund 4.000 €/Kuh in konventionellen Systemen und mit rund 6.000 €/Kuh in Verbindung mit automatischen Melksystemen anzusetzen (**Abbildung 11** und **Abbildung 12**).



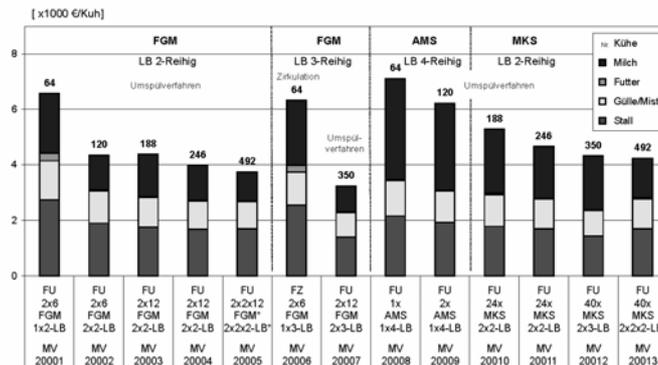
**Abbildung 9:** Beispiel eines Einboxen-AMS (Automatisches Melksystem bzw. Melkroboter; Foto: Ordloff)



**Abbildung 10:** Weltweite Verbreitung automatischer Melksysteme (nach Wendl und Harms, 2005)



**Abbildung 11:** Investitionskosten für den Kostenblock MILCH für Varianten mit automatischen Melkverfahren (eine Einzelbox und zwei Einzelboxen), zwei Melkkarussellvarianten und zwei FGM-Varianten (nach Gartung et al., 2005)

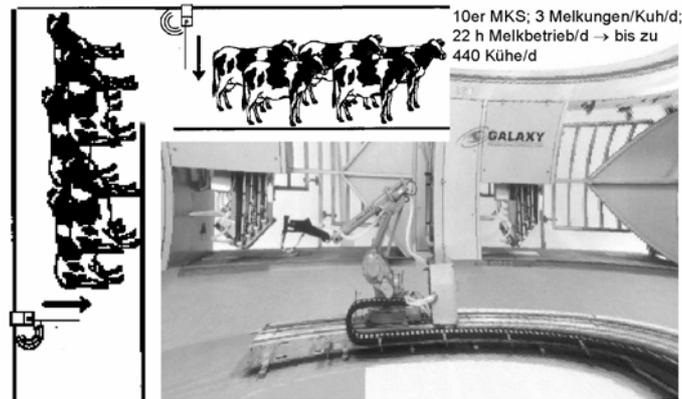


**Abbildung 12:** Investitionsbedarf für Varianten von Liegeboxenlaufställen mit Flüssigmistverfahren und unterschiedlichen Melk(stand)verfahren (nach Gartung et al., 2005)

Der Arbeitszeitbedarf kann durch ein Automatisches Melksystem (13 Akh/Kuh und Jahr bei 65 Kühen/Einheit) gegenüber einem konventionellen Verfahren (20 Akh/Kuh und Jahr im 2x6 FGM) um rund 35 % reduziert werden (**Abbildung 13**). Eine Reduzierung des Arbeitszeitbedarfs beim Einsatz automatischer Melksysteme ist jedoch nicht immer zu erreichen, so dass unter solchen Bedingungen als Vorteil für AMS gegenüber konventionellen Melktechniken die Flexibilisierung der Arbeitszeiteinteilung bleibt. Ansatzpunkte zur Steigerung der Melkleistung in AMS sind u. a. Euterreinigung vor den eigentlichen Melkboxen bzw. Erfassung, ob ein Euter sauber ist oder nicht, da nur verschmutzte Euter zu reinigen sind. Für größere Herden wird über andere Lösungen des automatischen Melkens diskutiert, z. B. über die Integration eines Ansetzautomaten in Melkkarussellen. Mit 10 Melkplätzen könnten damit bei drei Melkungen/Kuh und Tag und einer täglichen Betriebsdauer von 22 Stunden bis zu 440 Kühe gemolken werden (**Abbildung 14**).

Arbeitsvorgang	Arbeitszeitbedarf [Akmin/Tag]	
	autom. Melken	konv. Melken
Melkarbeit	34	130
Reinigung (Melkstand)	19	66
Tierkontrolle	25	10
Reinigung Milchtank	17	10
Behandlung kranker Tiere	9	4
Fehlerbeseitigung / Wartung	7	3
Überwachungsarbeiten am PC	17	-
Anlernen neuer Tiere	7	-
Summe [Akmin / Tag]	135	213
Summe [Akh / Kuh u. Jahr]	12,6	19,9
Reduzierung	- 37 %	

**Abbildung 13:** Vergleich des Arbeitszeitbedarfs für automatisches Melken (Einboxen-AMS) mit dem Melken in einem 2x6 FGM bei 65 Kühen (nach Wendl und Harms, 2005 – Quelle: Fübbecker und Kowalewski, 2005)



**Abbildung 14:** Schematisierter Lösungsansatz zur Weiterentwicklung von Melkkarussellen hin zur Automatisierung mit der Sicherung von Melkfrequenzen (nach Artmann, 2005)

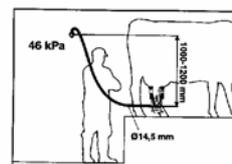
## 2.6 Technische Weiterentwicklungen

Weiterentwicklungen von Melkständen sind auf verschiedenen Ebenen zu beobachten. Bei Fischgrätenmelkständen werden z. B. die Kühe in einem Winkel von  $50^\circ$  zur Standlängsachse aufgestellt. Daraus ergibt sich die Verkürzung des Abstandes zwischen den Eutern auf rund 760 mm. Diese Maßnahme ermöglicht ohne großen Bauaufwand den Umbau von alten Melkständen zur Erhöhung der Anzahl der stündlich zu melkenden Kühe. Die Melkzeuge müssen von hinten angesetzt werden.

Eine weitere Variante von Fischgräten- oder Parallelmelkständen sind Swing-Over-Melkstände. Hierbei wird, wie schon zurzeit der Wechselmelkzeuge in den 60er Jahren, jedes Melkzeug abwechselnd an zwei gegenüberliegenden Melkplätzen eingesetzt. Die Anzahl der Melkzeuge eines Melkstandes wird also halbiert (**Abbildung 15**). Da während des Melkens einer Gruppe die Kühe auf der anderen Standseite ausgewechselt werden, können die Melkzeuge nahezu ohne Verzögerung von einer Standseite auf die andere umgesetzt werden. Sie sind also besser ausgelastet als Einzelmelkzeuge. Problematisch sind Kühe mit einer gegenüber den anderen Kühen der Gruppe deutlich verlängerten Melkdauer, da sie durch verzögertes Umsetzen des letzten Melkzeuges den Melkablauf der anschließend zu melkenden Gruppe erheblich behindern.



- Bei dieser Bauart befindet sich die Melktechnik oberhalb des Arbeitsplatzes des Melkers



- Die Hochförderung der Milch in Swing-Over-Melkständen erfordert ein um ca. 4 kPa höheres Anlagenvakuum als in Anlagen mit tiefliegender Milchleitung (Quelle: DeLaval)

**Abbildung 15:** Beispiel für einen Swing-Over-Melkstand mit einem automatischen Schalter für die Information an das Herdenmanagement, welche Melkstandseite aktuell gemolken wird (Quelle: DeLaval)

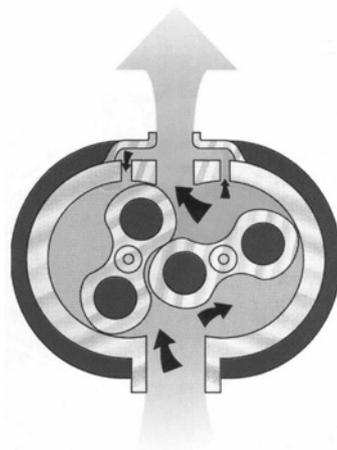
Mithilfe eines automatischen Schalters wird die von einem Melkzeug jeweils bearbeitete Standseite an das Herdenmanagementsystem gemeldet. Da Vakuum- und Milchleitung sowie Milchmengenmessgeräte oberhalb des Arbeitsplatzes des Melkpersonals installiert werden müssen, ist die Hochförderung der Milch um rund 1,2 m über das Euterniveau der Kühe nötig; die Hochförderung der Milch in einem Melkstandsystem ist grundsätzlich allerdings als ungünstig einzuordnen. Zu diesem Zwecke muss das Anlagenvakuum um rund 4 kPa gegenüber dem Niveau bei einer tief liegenden Milchleitung erhöht werden.

Zu weiteren Entwicklungen im Detail gehören vormontierte Baugruppen, welche z. B. die komplette Melktechnik inklusive Steuerung eines einzelnen Melkplatzes enthalten können. Dadurch wird die Installation dieser Komponenten erheblich beschleunigt und wegen der werkseitig möglichen Kontrolle der auszuliefernden Teile auch die Fehlerquote bei der Installation reduziert. Besonders in Anlagen, in denen mehrere Melkerteams arbeiten, könnte die individuelle Anpassung der Tiefe des Arbeitsplatzes durch einen hydraulisch höhenverstellbaren Melkstandboden überlegenswert sein. Kuhltrieber, Selektionstore und Dippanlagen gehören schon seit längerem zu dem Lieferangebot der Hersteller. Dazu hat sich, vor allem seit der Verbreitung der TMR (Total Mixed Ration), wieder die Kraftfutter-Vorlage im Melkstand gesellt, die auch bei Weidehaltung interessant sein kann. Sie wird selbstverständlich in das Herdenmanagementsystem eingebunden.

Um eine unkontrollierte mechanische Belastung der Euter durch Melkzeuge zu vermeiden, werden Servicearme installiert, häufig in Verbindung mit Nachmelkvorrichtungen (siehe Abbildung 4).

Da die Effizienz von Melkkarussellen von deren möglichst ununterbrochenem Betrieb abhängt, werden von den Herstellern Einrichtungen zur Überwachung des Melkverhaltens der Kühe angeboten. Diese ändern die Umlaufgeschwindigkeit entweder kontinuierlich oder in Stufen, wenn eine Kuh die bei der aktuellen Einstellung mögliche Melkdauer zu überschreiten droht.

Zu den melktechnischen Details, die zwar unauffällig sind, sich jedoch bezahlt machen können, zählen leistungsgeregelte (Drehkolben-)Vakuumpumpen, die den Energieverbrauch für das Melken um mehr als 60 % reduzieren können (**Abbildung 16**). Nachdem in den USA darüber schon länger berichtet wurde, werden derartige Anlagen mittlerweile auch auf dem hiesigen Markt angeboten. Besonders in größeren Anlagen erfordert die Funktionskontrolle der einzelnen Komponenten hohen Zeitaufwand. Einige Hersteller bieten hierfür rechnergestützte Prüfeinheiten an, die teilweise sogar drahtlos mit der Melkanlage kommunizieren können.



**Abbildung 16:** Beispiel einer Funktionsskizze für eine leistungsgeregelte Vakuumpumpe mittels einer Drehkolbenpumpe

## 2.7 Arbeitszeitaufwand in verschiedenen Melkstandsystemen

Vom Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim (nach Krumm, 2004) wurden in Deutschland und Großbritannien Arbeitszeitstudien zur Beurteilung der Effizienz von Swing-Over-Melkständen durchgeführt. In den deutschen Melkständen arbeiteten die Melker erheblich länger je Kuh als in Großbritannien, was in deutlichen Unterschieden bei der Anzahl der pro Person und Stunde gemolkenen Kühe resultierte. In deutschen Melkständen wurde ein deutlich höherer Zeitaufwand für das maschinelle Nachmelken und Rastzeiten gefunden. Dies weist auf zu geringe Melkstandgröße oder auf ungünstige, nicht an die Bedingungen im Swing-Over angepasste Arbeitsorganisation hin (**Tabelle 1**).

Für gleiche Melkleistung wurden im FGM mit Einzelmelkzeugen mehr Melkzeuge als im Swing-Over-Melkstand benötigt, diese befanden sich jedoch in Anlagen mit weniger Melkplätzen. Die Platzbelegung in FGM mit Einzelmelkzeugen sank von 4,7 Kühen/Platz und Stunde in kleineren Anlagen (im Mittel 20 Plätze) auf 3,6 Kühe/Platz und Stunde bei mehr als 30 Plätzen, während sie in den Swing-Over-Melkständen in allen Größenklassen bei lediglich 3,1 Kühen/Platz und Stunde lag.

**Tabelle 1:** Arbeitsaufwand in verschiedenen Melkstandsystemen – Swing-Over (SO) und Gruppenmelkstände (Standart) (nach Krumm, 2004)

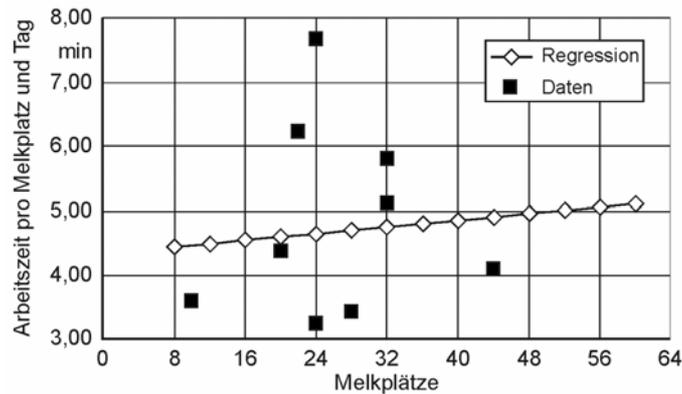
ACTION	D(SO) [cmin]	GB(SO) [cmin]	GB(Std) [cmin]
t <sub>ON</sub>	21	20	18
t <sub>PREP</sub>	14	1	2
t <sub>STRIP</sub>	14	1	1
t <sub>IDLE</sub>	12	2	4
t <sub>WALK</sub>	6	4	5
t <sub>W-ROOM</sub>	5	2	2
TOTAL LABOUR INPUT	72	30	32

Die Melker passten ihre Melkarbeit hauptsächlich durch Weglassen oder Verkürzen von Routinen an die je Kuh zur Verfügung stehende Zeit an. Dies betraf vor allem die Eutervorbereitung, also Euterreinigung, Gewinnung und Beurteilung der Vorgemelke, Stimulation, aber auch Euterkontrolle, Nachmelken und Zitzendippen. Während Stimulation, Nachmelken und Zitzendippen gegebenenfalls durch entsprechende technische Einrichtungen mechanisierbar sind, ist es mit Bezug auf die Einhaltung der Milchverordnung, aber auch zur Sicherung der Eutergesundheit und zur Vermeidung damit zusammenhängender Risiken, nach dem augenblicklichen Stand der Technik nicht vertretbar, die Eutervorbereitung vollständig "einzusparen".

Die immer wieder versprochenen Arbeitsleistungen von 100 Kühen/Melkperson und Stunde und mehr sind daher sehr kritisch zu hinterfragen, denn selbst wenn z. B. im Melkkarussell oder im FGM-/Parallel-Melkstand mit Frontantrieb der Arbeitszeitaufwand für Ein- und Austrieb der Kühe verringert werden kann, reicht die bei derartigen Durchsätzen verfügbare Zeit eigentlich nur noch zum Ansetzen des Melkzeuges aus.

## 2.8 Arbeitszeitaufwand für zusätzliche Arbeiten je Melkplatz und Tag

In Herden von 100 Kühen und mehr wurden im Mittel knapp 1,5 Akmin/Kuh und Tag an Rüstzeiten und Nebenarbeiten in Verbindung mit dem Melken gemessen. Bei steigender Herdengröße nahm der Arbeitszeitbedarf pro Kuh und Tag ab. Zur einfachen, überschlägigen Abschätzung der Rüstzeiten eignete sich als von der Bestandsgröße unabhängiger Parameter die Anzahl der eingesetzten Melkzeuge. Hierbei ergab sich ein Arbeitszeitbedarf von rund 5 Akmin pro Melkzeug und Tag (**Abbildung 17**). Für die parallel zu den Melkzeiten ablaufenden Arbeiten, die vor allem den Umtrieb von Kuhgruppen betrafen, wurden im Mittel rund 1,1 Akmin/Kuh und Tag in Abhängigkeit von Dauer der Melkzeit und Anzahl der eingesetzten Arbeitspersonen gemessen. Auch bei kleineren Herden werden die Melkarbeiten erleichtert und beschleunigt, wenn diese Arbeiten von außerhalb des Melkstandes tätigen Personen erledigt werden können.

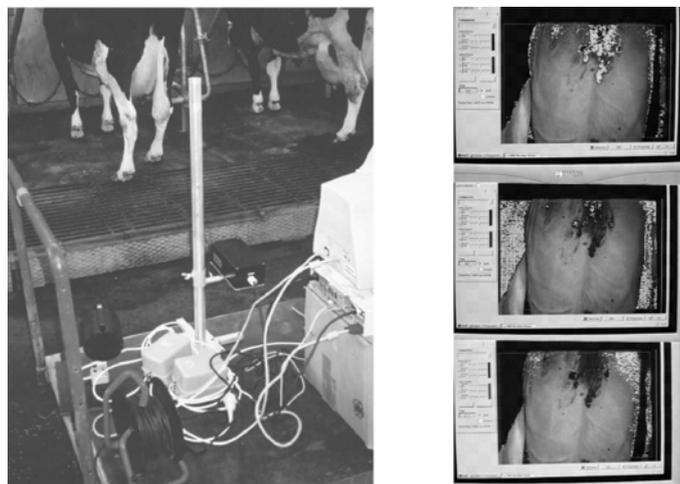


**Abbildung 17:** Arbeitszeitaufwand für zusätzliche Arbeiten in Melkständen je Melkplatz und Tag (nach Ordloff, 1998)

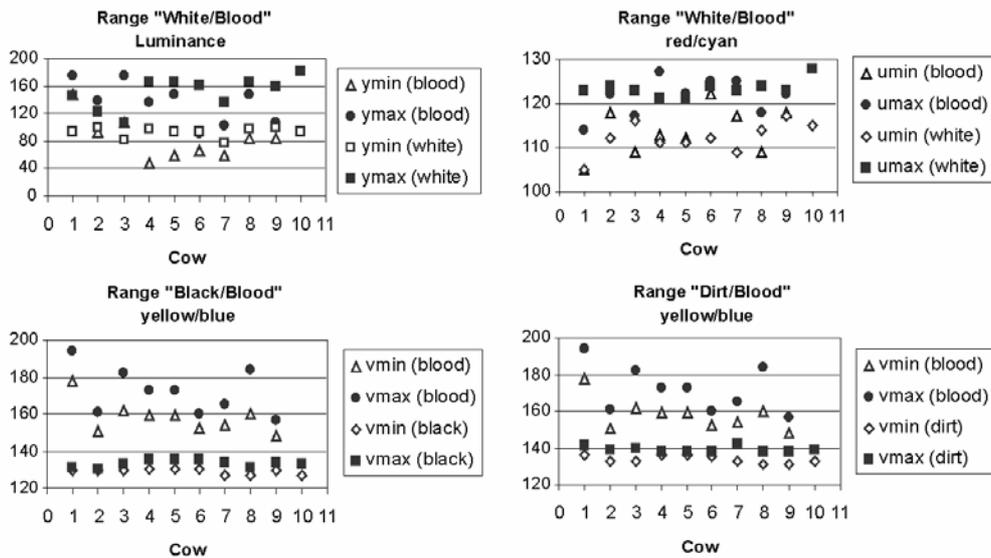
### 3 Entwicklungen in der Sensortechnik Beurteilung der Euteroberflächen

In Verbindung mit dem Einsatz automatischer Melkverfahren sind sensortechnische Lösungen zum Beurteilen der Sauberkeit des Euters, zur Entdeckung von Verletzungen der Zitzen und zur bedarfsgerechten Durchführung der Reinigung von Euter und Zitzen erforderlich.

Ein industrielles Bildverarbeitungssystem wurde benutzt, um die Sauberkeit von Euteroberflächen zu bewerten (**Abbildung 18**). Die Oberflächeneigenschaften wurden beschrieben durch die Helligkeit sowie die Farbpaare „rot-cyan“ und „gelb-blau“. In einer weiteren Untersuchung wurde die Effizienz der Entdeckung blutbenetzter Oberflächen beurteilt. Die Kombination von Helligkeit und Farbsignalen ermöglichte mit einiger Sicherheit die Bewertung der Oberflächen. Auf der Grundlage des Parameters „gelb-blau“ konnte auch Blut mit diesem System entdeckt werden (**Abbildung 19**). Für die praktische Anwendung sind Untersuchungen zusätzlicher Aspekte zweckmäßig, wie tierspezifische Grenzwerte für unverletzte Hautbereiche, Position der Kuh, zusätzliche Kameras für die Beurteilung der kompletten Euteroberfläche und Optimierung der Ausleuchtung der zu überprüfenden Flächen.



**Abbildung 18:** Versuchstechnik zur Erfassung digitaler Bilder von der Euteroberfläche



**Abbildung 19:** Beispielhafte Messwerte von optischen Parametern zur Erfassung des Zustandes von Euteroberflächen; z.B. erkennt man bei den unteren beiden Messwertdarstellungen „Black/Blood“ und „Dirt/Blood“ relativ klar, dass Blut von einem dunkeln bzw. verschmutzten Hintergrund mittels der aufgeführten Parameter sehr gut unterschieden werden kann; nicht ganz so eindeutig ist es bei den oberen beiden Beispielen – hier sind weitere Erkenntnisse zu erarbeiten

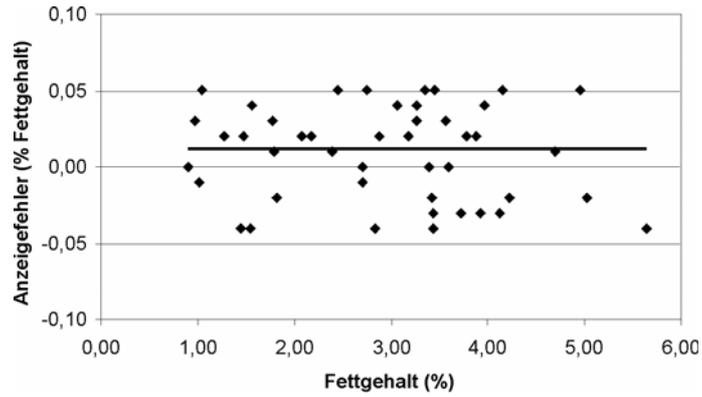
### 3.1 On-Farm-Milch-Analyse

Neben den verfügbaren Techniken kündigen sich Einrichtungen zur Milchanalyse auf dem Erzeugerbetrieb im Rahmen der Milchleistungsprüfung und zum Einsatz für das Herdenmanagement an. Wegweisend ist in dieser Hinsicht ein Projekt der französischen Milchkontrollorganisation France Contrôle Laitier (FCL), welches bereits vor etwa 25 Jahren initiiert wurde. Die Analysenwerte dieses Systems weichen nicht mehr als  $\pm 0,05$  % Fett von den im Zentrallabor eines Landeskontrollverbandes untersuchten Referenzproben ab und erfüllen die Anforderungen der Milchleistungsprüfung. Entsprechende Resultate wurden für die Parameter Eiweiß und Laktose erzielt (**Abbildung 20** und **Abbildung 21**).

Auch Ultraschallsignale werden zur Milchanalyse in mobilen Geräten eingesetzt. Die Ergebnisse einer kompakten Anlage zeigten, dass sich dieses vergleichsweise preisgünstige Messverfahren nach Optimierung der Auswertungsalgorithmen zum Einsatz im Rahmen des Herdenmanagements eignet (**Abbildung 22** und **Abbildung 23**). Neben einer effizienten Optimierung von Futterrationen würde die Milchanalyse unmittelbar auf dem Erzeugerbetrieb, zum Beispiel über den Parameter Laktose, auch zu einer raschen Erkennung von Veränderungen der Eutergesundheit beitragen können. Die Einführung dieser Technik wird die Aufgabenprofile der zentralen Milchuntersuchungslabors deutlich verändern, denn einerseits ist mit der Reduzierung von Routineuntersuchungen, andererseits mit regelmäßiger Überprüfung der Messgenauigkeit von On-Farm-Anlagen zu rechnen.



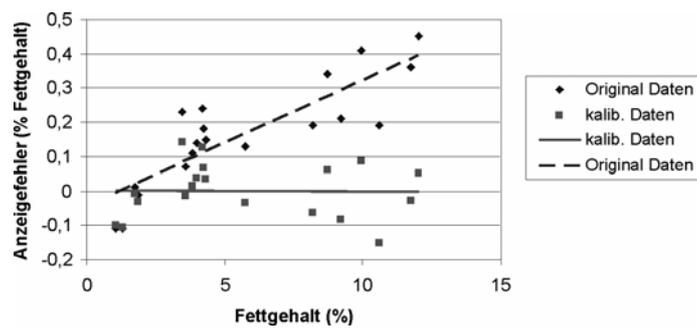
**Abbildung 20:** NIR-On-Farm-Milchanalysegerät von FCL



**Abbildung 21:** Beispiel für die Messgenauigkeit bzw. den Messfehler eines NIR-FCL Messgerätes zu Bestimmung des Fettgehaltes



**Abbildung 22:** Beispiel für ein On-Farm-Milchanalysegerät auf Ultraschallbasis



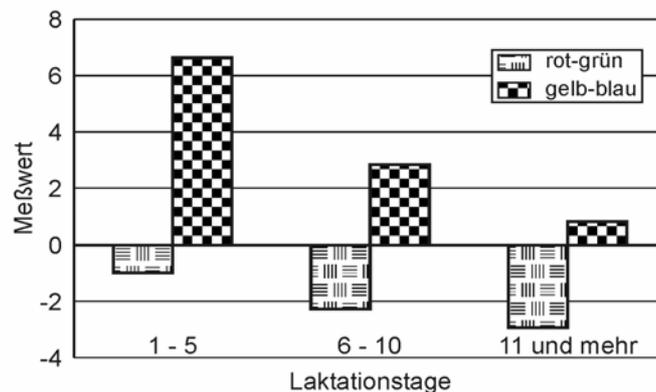
**Abbildung 23:** Erste Ergebnisbeispiele mit einem On-Farm-Milchanalysegerät auf Ultraschallbasis mit der Darstellung des Messfehlers – Originaldatendarstellung und Datendarstellung nach einem Kalibriervorgang

### 3.2 Veränderung der Vorgemelksfarbe zu Laktationsbeginn

An einer Gruppe von 22 Kühen mit unterschiedlichem Status der Eutergesundheit wurden an den Laktationstagen 3 bis 13 Zusammensetzung und optische Eigenschaften von Vorgemelken entsprechend der von dem in der DIN 6174 beschriebenen Standard CIE-lab vorgegebenen Parameter erfasst (**Abbildung 24**). Außerdem wurden die Zusammenhänge zwischen Zellzahl, elektrischer Leitfähigkeit der Milch und optischen Parametern untersucht. In den ersten Laktationstagen wurde eine rasche Veränderung vor allem des Eiweißgehaltes und der farblichen Eigenschaften der Milch beobachtet (**Abbildung 25**). Interaktionen zwischen Zellzahl und optischen Parametern der Milch wurden in der Kolostralmilchphase nicht gefunden.



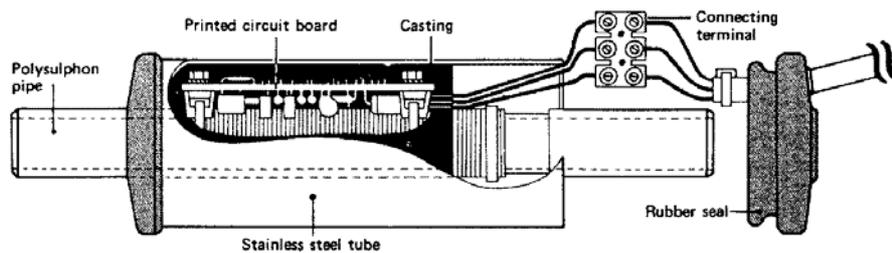
**Abbildung 24:** Erfassung von optischen Messwerten zur Beurteilung der Vorgemelksfarbe in der Kolostralmilchphase



**Abbildung 25:** Veränderung der Vorgemelksfarbe anhand der erfassten optischen Messwerte in Abhängigkeit der Laktationstage (Ordloff, 2005)

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Farbeigenschaften der Milch, gegebenenfalls in Verbindung mit der Messung der elektrischen Leitfähigkeit, zur Abgrenzung der Kolostralmilchphase von den nachfolgenden Laktationsstadien geeignet sind. Darüber hinaus sind Sensoren zur automatischen Entdeckung von Blutbeimischungen in der Milch in der Entwicklung. Neben den beschriebenen und zum Teil in der Praxis eingesetzten oder in Kürze verfügbaren Einrichtungen wird nach weiteren Techniken und Parametern gesucht, die zur Sicherung von Eutergesundheit und Milchqualität beitragen können. Erfolgversprechende Ergebnisse haben Untersuchungen am Institut für Technologie und Biosystemtechnik der FAL in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (Culina et al., 2005) über den Einsatz von Biosensoren zur frühzeitigen Erkennung von Infektionen der Milchdrüse erbracht.

Weitere Projekte betreffen die Messung von chemischen und elektrischen Parametern zur Überwachung der Eutergesundheit. Das Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim, untersucht die Ionenkonzentration in der Milch, um laktationsabhängig Referenzwerte für die elektrische Leitfähigkeit zu setzen (Krehl und Brunsch, 2005). An der TU Dresden werden für diesen Zweck mit Hilfe von Hochfrequenzsignalen Impedanz- und Kapazitätswerte der Milch bestimmt (z.B. Werner, 2002; Bürger und Nacke, 2005). Ein weiteres Beispiel für einen tierangepassten Melkprozess sind Entwicklungen von Sensoren für eine milchflussgesteuerte Pulsierung (**Abbildung 26**).



**Abbildung 26:** Skizze eines Beispiels für einen Sensors zur milchflussgesteuerten Pulsierung

#### 4 Ausblick und Fazit

Die zurzeit laufenden, technischen Entwicklungen bei Melkständen und Sensoren zur Automatisierung des Melkprozesses lassen erwarten, dass die Funktion konventioneller und automatischer Melksysteme und die Bestandsführung immer umfassender durch Sensoren gesteuert werden.

Dies führt zu tierindividuell ablaufenden schonenden Melkprozessen; weiterhin sind unter dem Aspekt der Nachvollziehbarkeit von Prozessabläufen, dokumentierbare Überwachung von Milchqualität, Gesundheit und Versorgung der Tiere vor Ort, etc. zu erreichen. Stichpunktartig lassen sich beispielhaft abschließend folgende Aussagen festhalten:

- Es gibt zahlreiche Weiterentwicklungen bei den bekannten Melkstandsystemen (Autotandem, Fischgrätenmelkstand, Side-by-Side, Swing-Over, Melkkarussell) hinsichtlich Arbeitszeitaufwand und Ergonomie, Automatisierung, Sicherung der Eutergesundheit, Kosten etc.
- AMS sind derzeit interessant für zukunftsfähige Familienbetriebe, jedoch noch nicht für Lohnarbeitsbetriebe.
- Die Milchqualität kann u. a. mithilfe optischer Sensoren, z. B. durch Bewertung der Eutersauberkeit, gesichert werden.
- Die On-Farm-Milchanalyse wird in absehbarer Zeit in der Praxis Einzug halten.
- Bei Online-Sensoren sind merkliche Fortschritte erreicht, jedoch besteht Entwicklungsbedarf in der Forschung sowie für die Bereitstellung von marktfähigen Produkten.
- Nicht jede neue Melkstand- bzw. Melktechnikvariante ist in der Praxis sinnvoll; für die Implementierung neuer Techniken besteht weiterhin FuE-Bedarf sowie die Notwendigkeit von Systemvergleichen.

#### 5 Zusammenfassung

Melkstände sind trotz der kontinuierlichen Weiterentwicklung automatischer Melksysteme immer noch die „normale“ technische Lösung für die Milchgewinnung in Laufställen. Bei den zur Zeit eingesetzten Bauarten sind zwei Kategorien zu unterscheiden, Einzelmelkstände mit einem Melkplatz pro Tier, den der Melker unabhängig von den Abläufen in anderen Plätzen betreuen kann und Gruppenmelkstände, in denen die Melkplätze gruppenweise von den Tieren betreten und wieder verlassen werden.

Ein gebräuchlicher Einzelmelkstand ist der Tandemmelkstand mit relativ großem Platzbedarf. Die Steuerung von Zu- und Abgang der Tiere erfolgt überwiegend automatisch ("Autotandem") in Abhängigkeit vom Ablauf des Melkprozesses. Der am weitesten verbreitete Gruppenmelkstand ist der Fischgrätenmelkstand, bei dem die Kühe schräg gestaffelt nebeneinander stehen. Üblich ist die zweireihige Anordnung der Melkplätze mit einem Melkzeug je Melkplatz ("Einzelmelkzeuge"). Zur Beschleunigung des Umtriebes werden größere Fischgrätenmelkstände häufig mit Frontaustrieb versehen. Um die Zugänglichkeit zu den Eutern zu verbessern, können kleine Kühe durch bewegliche Frontabgrenzungen in Richtung des Melkers verschoben werden ("Indexing").

In ähnlichen Dimensionen wie Fischgrätenmelkstände werden Parallelmelkstände angelegt. Die Melkzeuge werden hier zwischen den Hinterbeinen hindurch angesetzt.

In Melkkarussellen werden die Kühe auf einer beweglichen Plattform vom Zugang des Melkstandes zum Ausgang transportiert und dabei gemolken. Die Arbeiten vor dem Milchentzug sind von denen nach dem Milchentzug räumlich getrennt. In großen Anlagen ist daher eine Aufteilung der Arbeitsgänge auf mehrere Personen möglich ("Fließbandverfahren"). Die Arbeitsplätze des Melkpersonals befinden sich entweder innerhalb des Tragringes für die Melkplätze ("Innenmelker") oder außerhalb ("Außenmelker"). In den beschriebenen Gruppenmelkständen und Karussells können pro Melkplatz stündlich rund fünf Kühe gemolken werden.

Technische Weiterentwicklungen sind auf verschiedenen Ebenen zu beobachten. Bei Fischgrätmelkständen können die Kühe in einem Winkel von 50° zur Standlängsachse aufgestellt werden. Dies verkürzt die Wege und ermöglicht den Ersatz alter Tandemmelkstände.

In so genannten Swing-Over-Melkständen wird jedes Melkzeug abwechselnd an zwei gegenüberliegenden Melkplätzen eingesetzt. Da Kühe mit einer langen Melkdauer den Melkablauf verzögern, ist mit insgesamt nur drei pro Stunde und Melkplatz zu melkenden Kühen zu rechnen. Für die Förderung der Milch zur rund 1,2 m über dem Euterniveau liegenden Milchleitung muss das Anlagenvakuum um ca. 4 kPa höher als bei tief liegender Milchleitung sein.

Entwicklungen im Detail betreffen vormontierte Baugruppen, höhenverstellbare Melkstandböden, Kuhlreiter, Selektionstore, Dippanlagen und, seit der Verbreitung der TMR, wieder die Kraftfutter-Vorlage im Melkstand. Um die mechanische Belastung der Euter zu verringern, werden zunehmend Servicearme installiert, häufig in Verbindung mit Nachmelkvorrichtungen. In Melkkarussellen kann die Umlaufgeschwindigkeit an die Melkdauer der Kühe angepasst werden. Leistungsgeregelte Vakuumpumpen verringern den Energieverbrauch um mehr als 60 %.

Als viel versprechende Weiterentwicklung des Herdenmanagements zeichnet sich die On-Farm-Analyse der Milchinhaltsstoffe ab. Neben diesen Entwicklungen gibt es weitere komplexe Lösungsansätze, um über Sensoren verschiedenste Parameter aus dem Melkprozess online zu erfassen; diese basieren auf unterschiedlichsten Sensorprinzipien. Eine Grundvoraussetzung, um tierindividuelle Daten automatisch zu erfassen, sind automatische Identifikationstechniken – auch hier gibt es eine Reihe von Weiterentwicklungen einschließlich von Normungstätigkeiten. Aktuelle Entwicklungen der Melktechnik können Eutergesundheit, Arbeitsqualität, Arbeitsaufwand, Betriebskosten und Betriebssicherheit der Anlagen positiv beeinflussen. Das Engagement des Menschen wird jedoch weiter gefragt sein.

### Literatur

- Artmann R. (2005): Ergebnisse aus langjährigem Praxiseinsatz von Melkrobotern. Proc. 7<sup>th</sup> Conference on Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming. KTBL-Schriften-Vertrieb, Münster-Hiltrup: 145-150
- Artmann R. (1999): Electronic identification systems: state of the art and their further development. Computers and electronics in agriculture, 24, 5-24
- Bürger C., Nacke T. (2005): Zellzahlbestimmung in der Rohmilch. Landtechnik 60 (3): 160-161
- Culina M., Hahne J., Vorlop K.-D., Ordolff D. (2005): Design of an online sensor array for an early detection of udder affections in automatic milking systems. Proc. 7<sup>th</sup> Conference on Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming. KTBL-Schriften-Vertrieb, Münster-Hiltrup: 151-156
- Gartung J., Uminski K., Hartwig M., Hoch C. (2006): Forschungsbericht zum Investitionsbedarf für Milchviehlaufställe. Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Nr. 387: 352 S. (unveröffentlicht)
- Krehl I., Brunsch R. (2005): Konzentration der Ionen Natrium und Kalium in Rohmilch als Kennzeichen der Eutergesundheit. Proc. 7<sup>th</sup> Conference on Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming. KTBL-Schriften-Vertrieb, Münster-Hiltrup: 175-157
- Krumm A., 2004: Zur Leistungsfähigkeit moderner Swing-Over-Melkstände. Masterarbeit am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim (unveröffentlicht)
- Ordolff D. (1998): Untersuchungen zum Arbeitszeitbedarf für Nebearbeiten beim Melken. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 50: 127-132
- Ordolff D. (2002): Farbparameter zur Bewertung der Eutersauberkeit. Landtechnik 57 (6): 328-329
- Ordolff D. (2003): Beurteilung der Eutersauberkeit mit einem Bildverarbeitungssystem. Landtechnik 58 (4): 270-271

- Ordolff D. (2005): On-Farm-Milchanalyse – eine vielversprechende Herausforderung. Proc. 7<sup>th</sup> Conference on Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming. KTBL-Schriften-Vertrieb, Münster-Hiltrup: 505-509
- Schick M., Früh B. (2003): Bewertung der Arbeitsqualität landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren am Beispiel Melken. Landbauforschung Völkenrode, SH 243 (Herausgeber: Bockisch F.-J., Kleisinger S.), 63-68
- Wendl G., Harms J. (2005): Innovative Technik für die Tierhaltung durch Sensoren und Automatisierung. VDI-Berichte Nr. 1895, S. 3-15
- Werner A. (2002): Biosensor zur Bestimmung lipophiler Substanzen in Flüssigkeiten. Uniprotokolle Universität Dresden



## Mehr Beschäftigung – weniger gegenseitiges Besaugen?

### Gruppenhaltung von Kälbern mit zusätzlichem Nachtränkebereich

Gracia Ude, Heiko Georg<sup>1</sup>

#### 1 Problem und Zielstellung

Ökologisch wirtschaftende Milchviehbetriebe sind verpflichtet, Kälber nach der ersten Lebenswoche in Gruppen zu halten, konventionell aufgezogene Kälber müssen ab der 6. Woche in Gruppen gehalten werden. Die Gruppenhaltung ist artgerecht und auch arbeitswirtschaftlich sinnvoll, allerdings mit dem Nachteil, dass gegenseitiges Besaugen von Kälbern auftreten kann, in deren Folge Krankheiten hervorgerufen werden können, die kurz- und langfristig ökonomische Verluste bedeuten.

Für das automatisierte Fütterungsverfahren wurde untersucht, wie das gegenseitige Besaugen der Tiere durch bauliche und verfahrenstechnische Optimierungsmaßnahmen im Fressbereich reduziert werden kann. Das Projekt wurde im Rahmen des Bundesprogramms ökologischer Landbau gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Projekt Nr. 02OE057).

#### 2 Stand des Wissens

Die Fütterung von Kälbern kann mit künstlichen Tränkeverfahren, der Eimertränke mit oder ohne Nuckel, über den Tränkeautomaten mit Tränkestand oder natürlich durch das Saugen an der Mutter bzw. Amme erfolgen. Dabei werden nach der EU-Öko-Verordnung in ökologischen Betrieben Frischmilch und in konventionellen Frischmilch, Milchaustauscher oder beide Komponenten vertränkt.

Bei der Haltung von Kälbern in Gruppen kann bei der künstlichen Fütterung nach der Milchaufnahme häufig gegenseitiges Besaugen beobachtet werden, während bei der Mutterkuhhaltung unter Praxisbedingungen diese Problematik nicht auftritt. Bevorzugt besaugt werden bei Bullenkälbern überwiegend das Skrotum und das Präputium und bei Kuhkälbern die Euteranlage, aber auch der Nabel und die Ohren können besaugt werden (Sambraus, 1985). Dadurch können Schäden und Krankheiten auftreten bzw. unterstützt werden, wie z. B. Schädigungen der Euteranlage, Haarballenbildung im Labmagen, Nabelentzündung, Ohrentzündung.

Als Ursache für das gegenseitige Besaugen von Kälbern wird am häufigsten der nicht befriedigte Saugtrieb der Kälber genannt. Von der Kuh aufgezogene Kälber saugen in den ersten Monaten ca. 6 mal am Tag, mit einer Mahlzeitendauer von ca. 10 min (Sambraus, 1985). Kälber, die mit einem Eimer oder Nuckeleimer mit großer Nuckelöffnung getränkt werden, benötigen für eine Mahlzeit nur etwa 2-3 min zweimal täglich (Sambraus, 1985), und auch am Tränkeautomaten liegt die Dauer einer Mahlzeit zumeist unter 3 min (Ferrante et al., 1991). Es liegt ein Saugdefizit vor, das die Motivation zum Saugen erhöht (Lidfors, 1993; Sambraus, 1985) und ungefähr die Zeit anhält, die das Kalb an der Kuh für eine Mahlzeit benötigt (Sambraus, 1985). Mit zunehmendem zeitlichen Abstand zur Mahlzeit und auch nach dem Absetzen der Kälber von der Milch nimmt das gegenseitige Besaugen ab (Lidfors, 1993). Auch vor dem Absetzen ist mit zunehmendem Alter der Kälber eine Reduzierung beim gegenseitigen Besaugen zu beobachten (Müller et al., 1989; Rauchalles et al., 1990).

Ein langsamerer Milchfluss oder ein Stoppen des Milchflusses verlängert zwar die Dauer der Milchaufnahme (de Passillé, 2001), es kann aber weder durch die Milchflussgeschwindigkeit noch durch die Tagesmilchmenge die Dauer des gegenseitigen Besaugens reduziert werden (Jensen und Holm, 2002); ein Saugnuckel, der nicht nur die Saugdauer pro Liter verlängert, sondern auch die Koordination von Schlucken und Atmung optimiert, wurde von Zerbe (2003) entwickelt. Auch ein kleinerer Durchmesser des Milchschauches am Tränkestand führte zu keiner Reduzierung des gegenseitigen Besaugens (Ahmed, 1987).

Hingegen kann sowohl bei der Verabreichung von größeren Mahlzeiten (5 l) weniger gegenseitiges Besaugen auftreten als auch bei kleineren Mahlzeiten mit 2,5 l (Jung et al., 2001) und ebenso kann das gegenseitige Besaugen durch das Verabreichen von vielen kleinen Mahlzeiten, z. B. 6 Mahlzeiten (Mees et al., 1984), oder 16 Intervalle mit je 0,8 l, reduziert werden (Brunner, 2004).

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, bb@fal.de

Während die Mahlzeitendauer beim Tränkeeimer auch bei kleinen Kälbern bei 1-3 min liegt, ist beim Nuckeleimer mit zunehmendem Alter eine sinkende Dauer bei der Milchaufnahme zu verzeichnen (Szücs et al., 1983). Werden natürlich aufgezogene Kälber sehr restriktiv zu ihren schon gemolkenen Müttern gelassen (15 min am Tag), können diese weniger Milch aufnehmen, und es tritt auch bei diesem Aufzuchtverfahren gegenseitiges Besaugen auf (Gratte, 2004; Margerison et al., 2002).

Durch die Zudosierung von 2 g Glucose pro Liter Tränke kann die Gesamtsaugzeit und die Anzahl an Besaugaktionen deutlich gesenkt werden (Egle et al., 1999), wobei auch der Lactosegehalt Einfluss auf das gegenseitige Besaugen hat (de Passillé, 2001). Als weitere Lösungsvorschläge sind bei der Fütterung mit einem Tränkeautomaten ein verschließbarer Tränkestand, der das trinkende Kalb sowohl vor Verdrängungen als auch vor Besaugaktivitäten schützt, zu nennen (Brummer, 2004; Weber et al., 2001), und bei der Eimertränke oder Nuckeltränke neben einem frühen Einsatz von Nuckeleimern (de Wilt, 1987) das Fixieren der Kälber nach der Tränke im Fressgitter (Kittner, 1967; Maity et al., 1998; Sambras, 1984). Zusätzlich reduziert auch die Vorlage von Kraftfutter (Maity et al., 1998), Heu (de Passillé, 2001; Haley et al., 1998) Stroh (Müller et al., 1989) und das Anbieten eines Nuckels nach der Milchaufnahme (de Passillé, 2001; Jung et al., 2001) das gegenseitige Besaugen. Bei allen Aufzuchtverfahren kann auch durch eine hohe Umweltkomplexität (Keil et al., 2001), die Haltung der Kälber auf Stroh (Müller et al., 1989) und Bildung kleiner Tiergruppen (5 Kälber) mit 1,5 m<sup>2</sup> je Tier (Müller et al., 1989) das gegenseitige Besaugen reduziert werden.

### 3 Material und Methoden

#### Versuchsaufbau

Die Untersuchung wurde in einem Kaltstall auf der Versuchsstation der FAL - Braunschweig durchgeführt. Die Kontrollgruppen waren in einer Zweiflächenbucht mit Tiefstreu aufgestellt. Der erhöhte Fressbereich bestand aus einem mechanisch verschließbaren Tränkestand nach Wendl et al. (1998), einem Kraftfutterstand, einer Heuraufe und einer Wassertränke (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Liegebereich mit Tiefstreu (links) und Fressbereich der Kontrollgruppen

Bei den optimierten Gruppen wurde der Liegebereich räumlich vom Fressbereich getrennt. Der Fressbereich konnte ausschließlich durch einen strukturierten Auslauf erreicht werden (Abbildung 2). Die Liegefläche betrug in beiden Haltungsvarianten 2,25 m<sup>2</sup> je Kalb, der Fressbereich umfasste 1 m<sup>2</sup> je Kalb, lediglich bei der optimierten Gruppenhaltung kam noch eine 11 m<sup>2</sup> große Auslaufläche je Kalb mit einer Einstreu mit Rindenmulch hinzu.



**Abbildung 2:** Fressbereich und strukturierter Auslauf der optimierten Gruppen

Die Firma Förster (Engen) stellte einen Tränkeautomaten mit vier Tränkeständen und automatischem Fiebermesssystem am Nuckel zur Verfügung, so dass für vier Kälbergruppen gleichartige Tränkebedingungen bestanden. Um die Sensorik zur Fiebermessung zu schützen, waren die Nuckel durch einen Schieber verschlossen, der sich nur öffnete, wenn ein Kalb Anrecht hatte.

Der Tränkestand der optimierten Gruppen war mit einer seitlichen Tür ausgestattet, die nach einem erfolgreichen Tränkebesuch in einen separaten kleinen Stallbereich führte. Dieser Nachtränkebereich war mit einem Nuckeleimer mit drei geschlossenen Blindnuckeln und einem Heunetz, das mit einem Heubund befüllt wurde, ausgestattet. Der Nachtränkebereich konnte über eine manuelle Rücklaufklappe verlassen werden (Abbildung 3). Durch die räumliche Entzerrung und Gestaltung sollten die Kälber vom Besaugen der Artgenossen durch die Reizumleitung auf das Nuckelangebot und Heu abgelenkt werden.

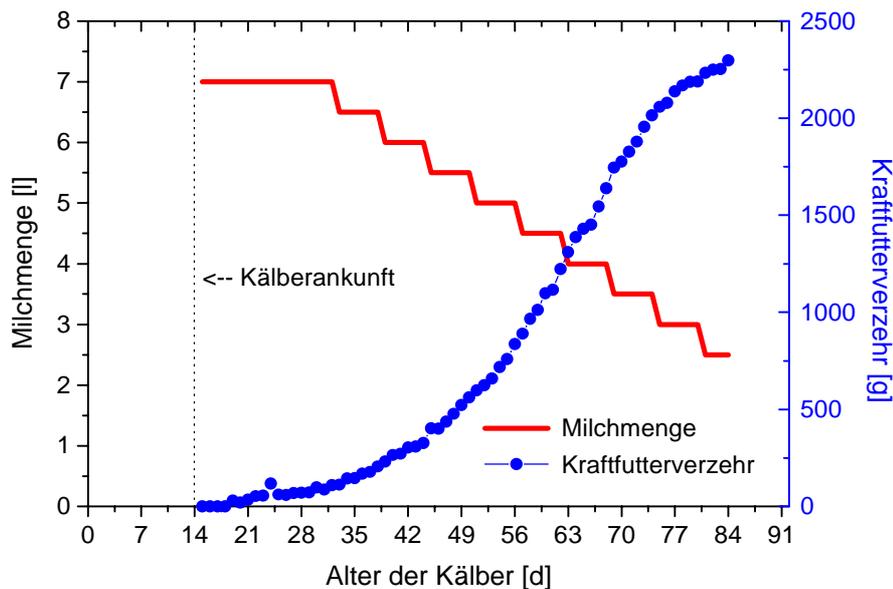


**Abbildung 3:** Nachtränkebereich der optimierten Gruppen

#### 4 Herkunft der Tiere und Fütterung

Der Versuch wurde ausschließlich mit weiblichen Kälbern der Rasse deutsche Holstein durchgeführt. Sämtliche Tiere stammten aus einem Milchviehbetrieb in Thüringen und wurden für die Dauer des Versuchs ausgeliehen. Im November 2002 wurden zunächst 24 Kälber, aufgeteilt auf zwei Gruppen mit je 12 Tieren, für einen Vorversuch aufgestellt. Der Vorversuch diente zur Erprobung der beiden Haltungsverfahren optimierte Gruppen und Kontrollgruppen.

Die Kälber wurden in Abhängigkeit ihres Alters zufällig auf die beiden Versuchsvarianten verteilt. Die Gruppengröße betrug 12 Kälber je Gruppe, so dass bei 7 Wiederholungen der Versuch mit insgesamt 168 Kälbern durchgeführt wurde. Zeitgleich konnten 4 Gruppen parallel aufgestellt werden. Bei allen Gruppen wurde Frischmilch gemäß EU-Ökoverordnung über 12 Wochen vertränkt. Zu Beginn der Tränkeperiode betrug die Tränkemenge je Kalb und Tag 7 l und reduzierte sich nahezu kontinuierlich auf 2,5 l. Mit abnehmender Milchmenge steigerte sich der Kraftfutterverzehr (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Tränkeplan [Soll] und Kraftfuttermittelverzehr [Ist]

## 5 Datenerfassung

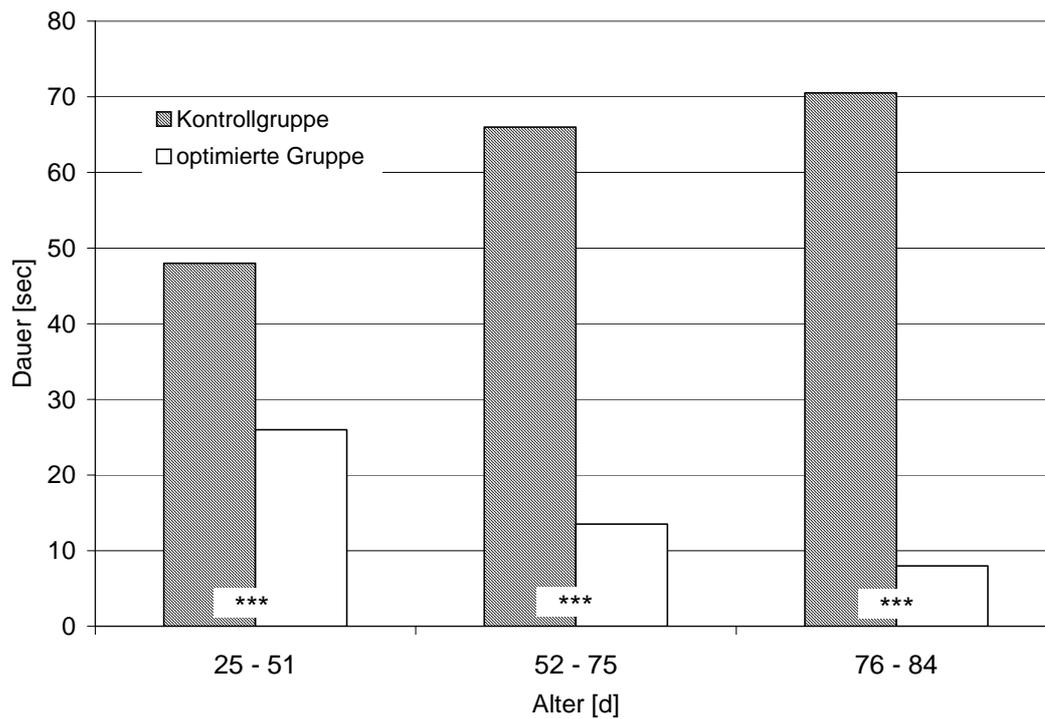
Die Datenaufnahme zum gegenseitigen Besaugen erfolgte über Direktbeobachtungen. Jedes Kalb wurde 20 min im Anschluss an die Abendmahlzeit zu drei Beobachtungsterminen, jeweils 2 Abende in Folge, beobachtet. Am ersten Beobachtungstermin lag die Tagesmilchmenge bei 5,0 – 7,0 Litern (entspricht 2 – 3 Mahlzeiten), beim zweiten Termin bei 3,5 – 5,0 Litern (entspricht 2 Mahlzeiten) und beim dritten Termin bei 3,0 – 2,5 Litern (entspricht 1 Mahlzeit). Das Alter der Kälber lag beim ersten Termin zwischen 25 – 51 Tagen, beim zweiten Termin zwischen 52 – 75 Tagen und beim dritten zwischen 76 – 84 Tagen.

Da nur die gesunden Kälber beobachtet wurden, und zudem die Kälber beim Aufstallen 2 – 4 Wochen alt waren, konnten in der Altersgruppe 25 – 51 Tage 58 Kälber je Variante beobachtet werden, in der Altersgruppe 52 – 75 Tage 67 Kälber, und in Altersgruppe 76 – 84 Tage 57 Kälber.

Innerhalb der 20 min nach der Tränke wurde jegliche Aktion erfasst, insgesamt wurden rund 20 Verhaltensweisen unterschieden. Die Daten wurden mit dem Statistikpaket SAS (8.1) aufbereitet und geprüft. Da die Prüfung auf Normalverteilung negativ ausfiel, erfolgte die statistische Auswertung mit nicht parametrischen Verfahren.

## 6 Ergebnisse

Nach der Milchmahlzeit bleiben die Kälber noch im Tränkestand, obwohl ein Schieber den Nuckel verschließt, so dass kein Leersaugen möglich ist. Die mittlere Verweildauer der Kontrollgruppe steigt mit zunehmendem Alter von 48 s auf 71 s an und ist damit höchst signifikant verschieden von der optimierten Gruppe, bei der die mittlere Verweildauer mit zunehmendem Alter von 26 s auf 8 s sinkt (Abbildung 5).



n. s.:  $p > 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

**Abbildung 5:** Mittlere Verweildauer im Tränkestand nach der Milchaufnahme je Variante

Während die Kälber nach der Milchaufnahme noch im Tränkestand stehen, besaugen je nach Altersgruppe 45 – 65 % der Kälber der Kontrollgruppe, aber nur 12 – 28 % der optimierten Gruppe den Tränkestand. Die Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der optimierten Gruppe sind je nach Alter nicht signifikant bis hoch signifikant (Tabelle 1).

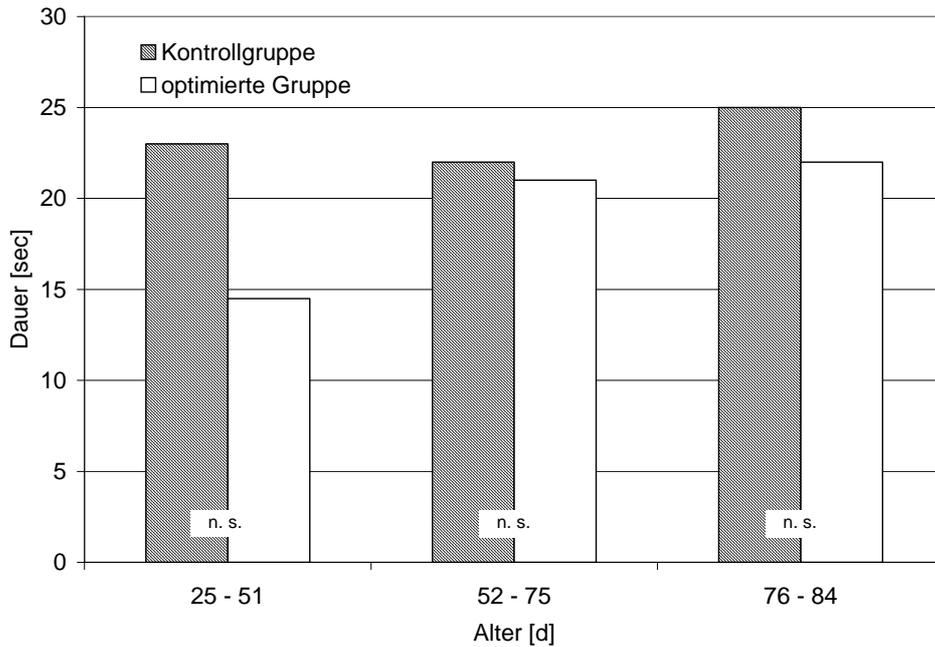
**Tabelle 1:** Anteil der Kälber, die den Tränkestand nach der Milchaufnahme beknabbern und besaugen, je Variante

Altersgruppe [d]	Kontrolle Anteil [%]	optimiert Anteil [%]	U - Test
25 - 51	44,8	27,6	n. s.
52 - 75	65,7	20,9	**
76 - 84	57,9	12,3	*

n.  
s.:  
 $p >$

0,05; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

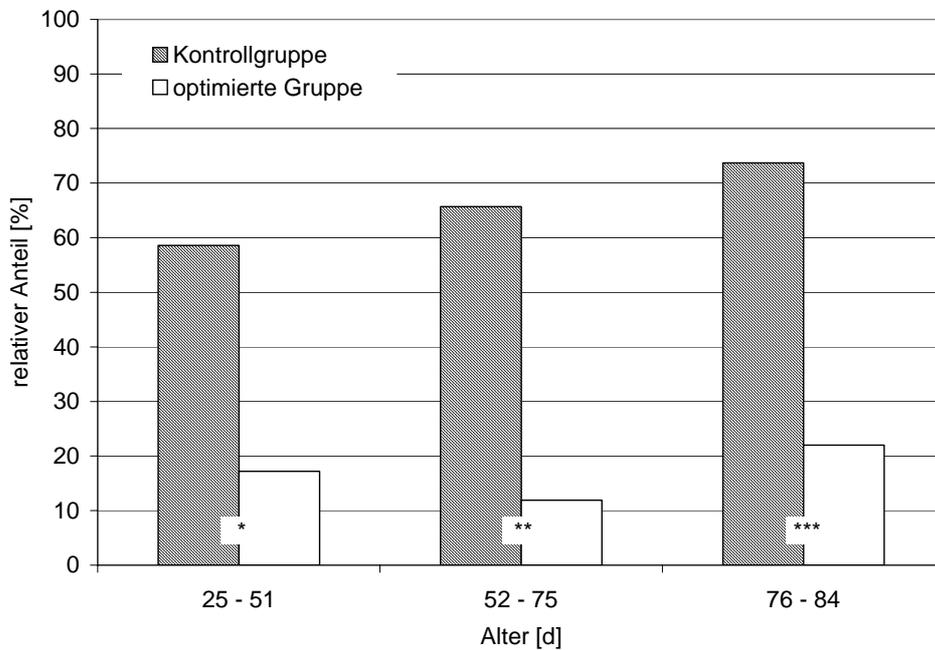
In der Dauer des Besaugens des Tränkestands gibt es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. D. h., wenn die Kälber erst mal beginnen, am Tränkestand zu saugen, dauert der Saugvorgang in etwa gleich lang (Abbildung 6).



n. s.:  $p > 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

**Abbildung 6:** Mittlere Dauer des Besaugens des Tränkestandes

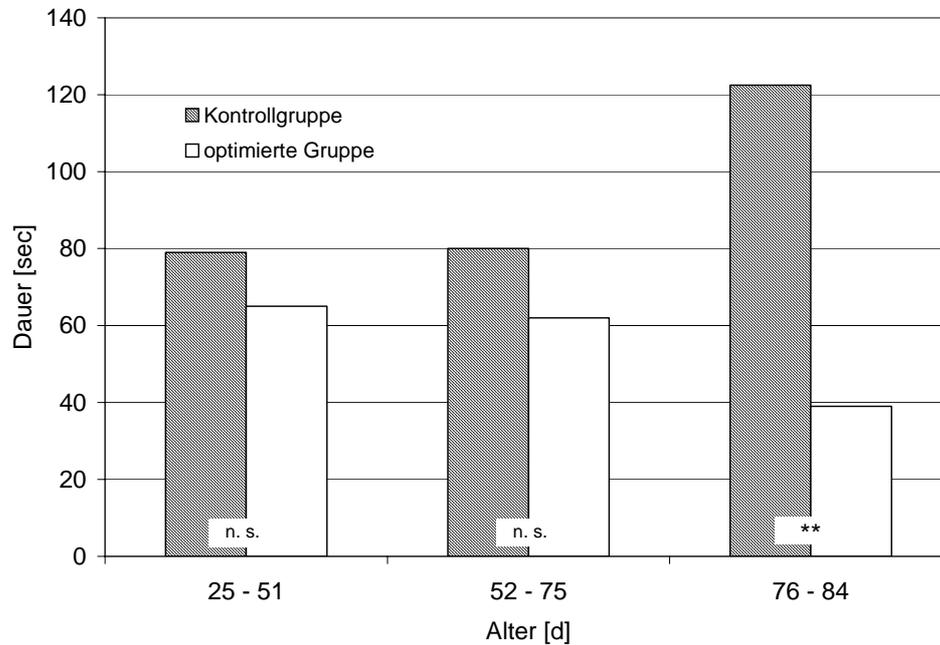
Das gegenseitige Besaugen von Kälbern tritt bei der Kontrollgruppe bei 59 – 74 % der Kälber und bei der optimierten Gruppe bei 12 – 17 % der Kälber auf (Abbildung 7). Dabei sind die Unterschiede zwischen den Gruppen signifikant bis höchst signifikant.



n. s.:  $p > 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

**Abbildung 7:** Anteil der Kälber, die andere Kälber besaugen, je Variante

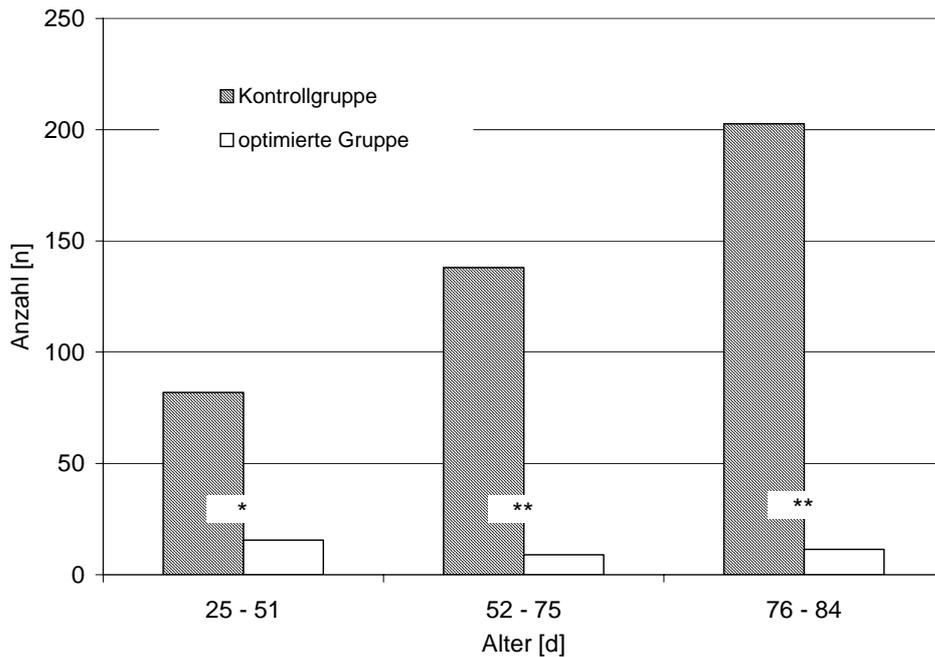
Die durchschnittliche Dauer je besaugendem Kalb ist in den ersten zwei Altersgruppen 25 – 75 Tage bei der Kontrollgruppe mit 80 s nicht signifikant von der optimierten Gruppe mit 63 s, bei Altersgruppe 76 – 84 Tagen mit 122 s zu 40 s deutlich höher und hoch signifikant verschieden (Abbildung 8). D. h. wenn die Kälber die Neigung haben, sich gegenseitig zu Besaugen, besaugen sie in den ersten Altersgruppen gleich lang.



n. s.:  $p > 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

**Abbildung 8:** Mittlere Dauer des gegenseitigen Besaugens

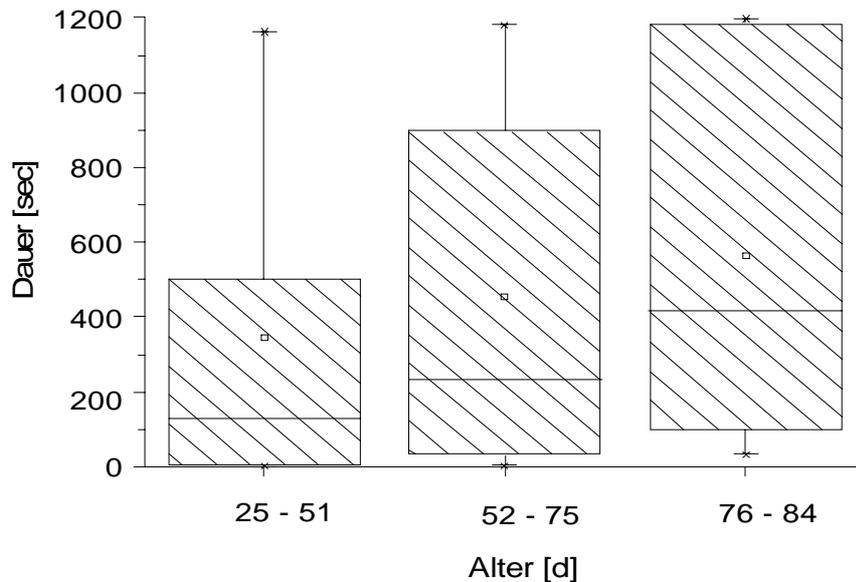
Die Anzahl der einzelnen Besaugaktivitäten, bezogen auf 100 Kälber, zeigt mit zunehmendem Alter bei der Kontrollgruppe steigende Werte von ca. 80 Besaugakten auf ca. 200 Besaugvorgänge und bei der optimierten Gruppe relativ konstante Werte von mit 9 - 16 Besaugvorgängen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind signifikant bis hochsignifikant (Abbildung 9).



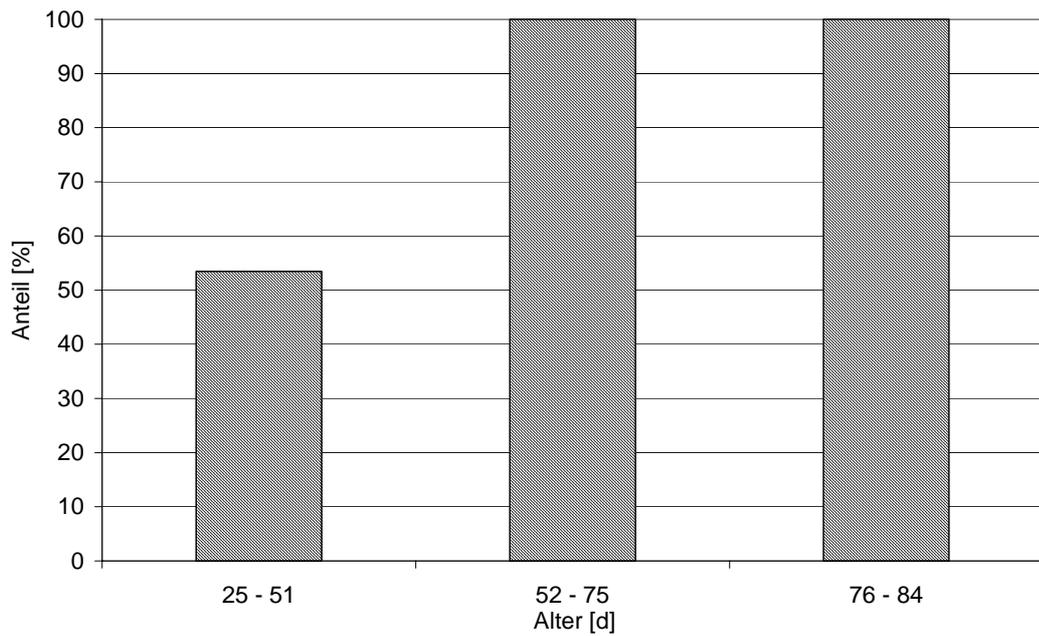
n. s.:  $p > 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0,001$

**Abbildung 9:** Anzahl Besaugvorgänge, bezogen auf 100 Kälber und 1 Mahlzeit

Der Nachtränkebereich gewinnt mit zunehmendem Alter der Kälber an Attraktivität. Während die Kälber im Alter von 25 – 51 Tagen im Mittel nur 2 min im Nachtränkebereich verweilen, nimmt die Dauer mit zunehmendem Alter auf 7 min zu (Abbildung 10). Im Nachtränkebereich nutzen bei der Altersgruppe 25 – 51 Tage 50 % der Kälber den Nuckeleimer, bei den älteren Altersgruppen wird er dann von allen Kälbern genutzt (Abbildung 11).

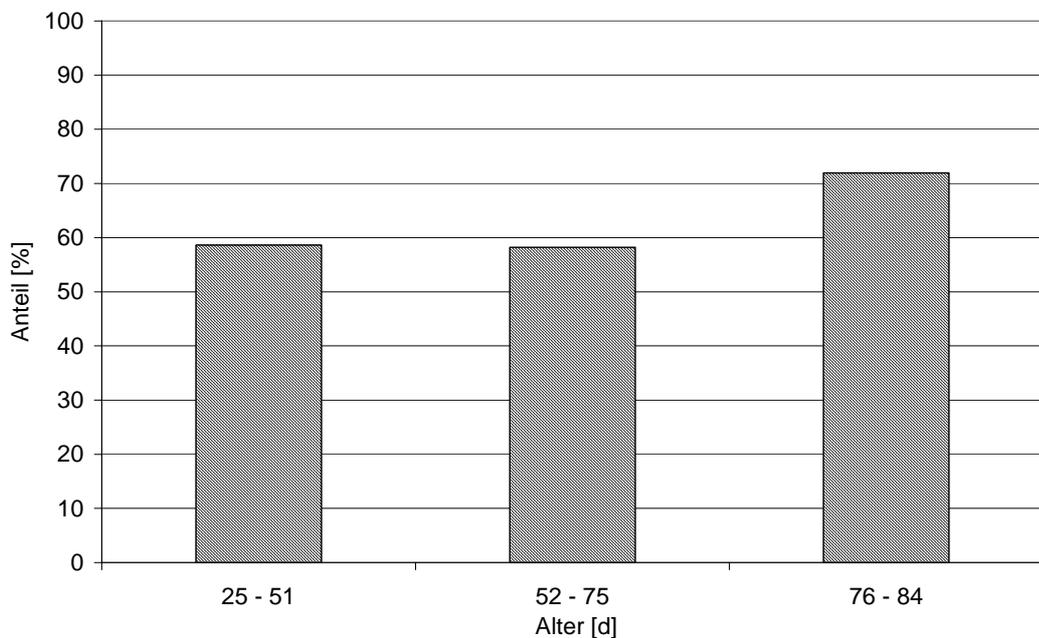


**Abbildung 10:** Verweildauer im Nachtränkebereich

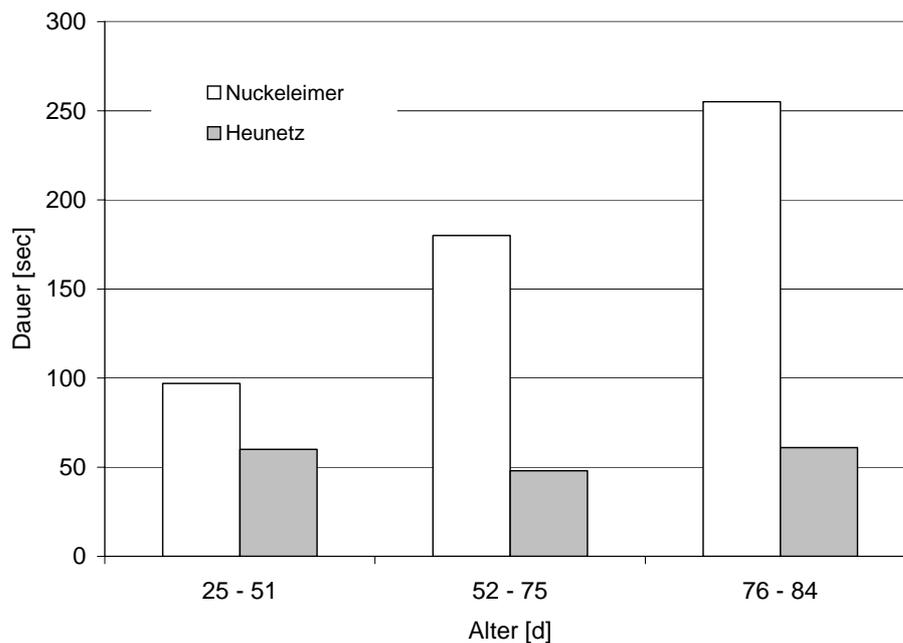


**Abbildung 11:** Anteil Kälber, der den Nuckeleimer im Nachtränkebereich nutzt

Das Heunetz, das sich ebenfalls im Nachtränkebereich befindet, wird insgesamt nicht so stark wie der Nuckeleimer angenommen, je nach Altersgruppe nutzen 58 – 72 % der Kälber das Heunetz (Abbildung 12). Die Dauer am Nuckeleimer verändert sich mit zunehmendem Alter der Kälber und steigt von ca. 1,5 min auf ca. 4 min an. Das Heunetz wird in allen drei Altersgruppen mit einer durchschnittlichen Dauer von 48 – 60 s genutzt (Abbildung 13).



**Abbildung 12:** Anteil Kälber, der das Heunetz nutzt



**Abbildung: 13:** Mittlere Dauer Nutzung Nuckeleimer und Heunetz

## 7 Fazit

Durch baulich-technische Veränderungen am Tränkestand und einem zusätzlichen Nachtränkebereich kann das gegenseitige Besaugen der Kälber nach der Milchaufnahme signifikant reduziert werden. Die Minderung des gegenseitigen Besaugens wird dabei nicht allein durch das zusätzliche Raumangebot erreicht, sondern durch die Ausstattung mit zusätzlichen Angeboten, insbesondere von Blindnuckeln. Im Gegensatz zu anderen Lösungen verbleiben die Kälber bei der Nutzung eines zusätzlichen Nachtränkebereichs nicht im Tränkestand, sondern werden durch die Ausstattung des Nachtränkebereichs motiviert, den Tränkestand so schnell wie möglich zu verlassen. Dadurch kann der Durchsatz des Tränkestands im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren noch erhöht werden. Zusammen mit der Reduzierung des gegenseitigen Besaugens gleicht dieser verfahrenstechnische Vorteil mögliche zusätzliche Kosten eines Nachtränkebereichs aus.

Die Verweildauer der Kälber im Tränkestand nach der Milchaufnahme nimmt mit zunehmendem Alter ab, in gleichem Maß nimmt die Attraktivität des angereicherten Nachtränkebereichs mit zunehmendem Alter der Kälber zu. Der Nuckeleimer mit Blindnuckeln im Nachtränkebereich übt mit zunehmendem Alter der Kälber einen größeren Reiz aus und wird von allen Kälbern angenommen. Im Alter zwischen 52 und 84 Tagen nutzen 100 % der Kälber die Blindnuckel im Nachtränkebereich.

## 8 Zusammenfassung

Die Gruppenhaltung von Kälbern nach der Biestmilchphase ist ein artgerechtes und ökonomisch sinnvolles Haltungsverfahren, leider oftmals verbunden mit dem Nachteil gegenseitigen Besaugens. Mit der Zielsetzung, das gegenseitige Besaugen nach der Milchaufnahme zu reduzieren, wurde daher in einer praktischen Untersuchung zur ökologischen Kälbergruppenhaltung mit 168 weiblichen Kälbern untersucht, wie sich eine veränderte Tränkestandgestaltung mit ausgestaltetem Nachtränkebereich auf das gegenseitige Besaugen auswirkt. Die Kälber, die alle aus einem Betrieb stammten, wurden zufällig auf 14 altershomogene Gruppen mit jeweils 12 Kälbern aufgeteilt, so dass jede der beiden Versuchsvarianten siebenmal wiederholt werden konnte. Zwei Gruppen dienten im Rahmen eines Vorversuchs zur Erprobung der Haltungsverfahren. Die Tiere wurden gemäß EU-Öko-VO 12 Wochen ausschließlich mit Vollmilch getränkt. Anhand der Versuchsergebnisse aus sechs Wiederholungen konnte nachgewiesen werden, dass durch die optimierte Tränkestandgestaltung mit Nachtränkebereich eine Reduzierung des gegenseitigen Besaugens von 60 % auf 12 % erreicht werden kann.

Die Anzahl der Saugaktionen, bezogen auf 100 Kälber und eine Milchmahlzeit, stieg in der Kontrollgruppe von 80 auf 200 an, während die optimierte Gruppe konstante Werte von 9 – 19 Besaugaktionen aufwies.

### Literatur

- Ahmed A.-K. (1987): Zum Verhalten von Saugkälbern an Kühen und am Tränkeautomaten. In: Anon. Institut für Tierhaltung und Tierzuchtung der Universität Hohenheim, pp 1-80
- Brummer S. (2004): Untersuchungen zur Reduzierung des gegenseitigen Besaugens bei Kälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeabruftautomaten. In: Anon. Lehrstuhl für Landtechnik Technische Universität München Freising-Weihenstephan, pp 1-132
- De Passillé A.-M. (2001): Sucking motivation and related problems in calves. *Applied Animal Behaviour Science* 72(3):175-187
- De Wilt J.-G. (1987): Development and prevention of preputial sucking in veal calves. *Netherlands Journal of Agriculture Science* 35:78-80
- Egle B., Meier K., Richter T., von Borell E. (1999): Gegenseitiges Besaugen von Kälbern unter dem Einfluss von Glucosezufütterung. *KTBL-Schrift* 382 :137-145
- Ferrante V., Canali E., Verga M., Carezzi C. (1991): Effects of computerized milk feeder on behaviour and welfare calves. *New trends in veal calf production* :76-80
- Gratte E. (2004): Effects of restricted suckling on abnormal behaviour, feed intake and weight gain in dairy calves, and udder health and milk let-down in dairy cows. In: Anon. Sveriges lantbruksuniversitet, pp 1-50
- Haley D.-B., Rushen J., Duncan I.-j.-H., Widowski T.-M., de Passille A.-M. (1998): Nutrition, Feeding, and Calves; Effects of Resistance to Milk Flow and the Provision of Hay on Nonnutritive Sucking by Dairy Calves. *J Dairy Sci* 81:2165-2172
- Jung J., Lidfors L. (2001): Effects of amount of milk, milk flow and access to a rubber teat on cross-sucking and non-nutritive sucking in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science* 72(3):201-213
- Keil N.-M., Zwicky U., Schrader L. (2001): Einfluss der Umweltkomplexität auf Verhalten und gegenseitiges Besaugen von Aufzuchtälbern in Gruppenhaltung. *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2001*, *KTBL-Schrift* 407 :76-83
- Kittner M. (1967): Zur Verhinderung des gegenseitigen Besaugens bei der Gruppenhaltung der Kälber. *Tierzucht/21 Jahrgang/Heft 12* 21:584-585
- Lidfors L.-M. (1993): Cross-sucking in group-housed dairy calves before and after weaning off milk. *Applied Animal Behaviour Science* 38(1):15-24
- Maity S., Tomer O. (1998): Effect of feeding management. *Indian journal of animal production and management* 14(1):55-57
- Margerison J.-K., Preston T.-R., Phillips C.-J.-C. (2002): Restricted suckling of tropical dairy cows by their own or other cows' calves. In: (80)., pp 1663-1670
- Mees A.-M.-F., Metz J.-H.-M. (1984): Saugverhalten von Kälbern - Bedürfnis und Befriedigung bei verschiedenen Tränkesystemen. *KTBL-Schrift No 299*, *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung* 299:82-91
- Müller C., Schlichting M.-C. (1989): Ethologische und physiologische Reaktionen von Mastkälbern unter verschiedenen Bedingungen der Gruppenhaltung. *KTBL-Schrift No 336* :285-295
- Rauchalles K.-J., Groth W., Grauvogl A., Binder C. (1990): Ethologische Untersuchungen zur Leck- und Saugaktivität der Kälber. *Landwirtschaftliches Jahrbuch* 67 Jhrg 67:131-182
- Sambras H.-H. (1984): Cross-sucking of bucket-reared calves that were tied for varying times after feeding. *Applied Animal Behaviour Science* 13(1-2):179
- Sambras H.-H. (1985): Mouth-Based Anomalous Syndromes. In: Fraser AF (ed) *Ethology of Farm Animals*; (31). Amsterdam : pp 391-422
- Szücs E., Molnar I. (1983): Effects of feeding milk from nipple-pails. *Acta agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae* 32:273-284
- Weber R., Wechsler B. (2001): Reduction in cross-sucking in calves by the use of a modified automatic teat feeder. *Applied Animal Behaviour Science* 72(3):215-223
- Zerbe F. (2003): Neue Erkenntnisse und Strategien zur Vermeidung des gegenseitigen Besaugens bei künstlich aufgezogenen Kälbern im Zusammenhang mit der Milchaufnahme am Saugnuckel. *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2003*, *Vechta* : 97-102



## Melken und Kälber säugen - geht das?

Kerstin Barth, Christine Rademacher<sup>1</sup>, Heiko Georg<sup>2</sup>

### 1 Einleitung

Aus seuchenhygienischen Gründen werden die Kälber in der Milchviehhaltung möglichst schnell von ihren Müttern getrennt. Bei keinem anderen als Nutztier gehaltenen Säugetier ist dies der Fall. Im Mittel verbleiben die Kälber nur einen Tag bei der Kuh. Ökologisch wirtschaftende Betriebe machen da keine Ausnahme: durchschnittlich werden die Kälber nur zwei Tage bei der Kuh belassen (RAHMANN et al. 2004).

Die EU-Öko-VO schreibt keine Mindestverweildauer vor. Lediglich die privatrechtlich organisierten Anbauverbände fordern einen Verbleib von mindestens einem Tag. In den letzten Jahren wird dieses Verfahren von einigen Landwirten zunehmend in Frage gestellt und die muttergebundene Kälberaufzucht praktiziert. Dabei verbleiben die Kälber länger bei der Mutter und erhalten die Milch direkt von der Kuh. Man erwartet dadurch eine Verbesserung der Kälbergesundheit und erhofft sich Arbeitszeiteinsparungen: Dem Kalb würde die Milch zum richtigen Zeitpunkt, mit der richtigen Temperatur und nahezu keimfrei zur Verfügung gestellt. Eine Forderung, die heute auch von Tränkautomaten weitestgehend erfüllt wird. Die Rolle der Kuh als Sozialpartner des Kalbes kann jedoch nicht vom Tränkautomat übernommen werden. Den erwarteten Vorteilen einer muttergebundenen Aufzucht stehen die Auswirkungen auf das Milchabgabeverhalten der Kühe beim Melken und die Milchezusammensetzung gegenüber. So wird die Verweildauer des Kalbes bei der Kuh nach der Kalbung als ein Einflussfaktor im Zusammenhang mit den vermehrt beobachteten Milchblockaden bei Färsen diskutiert (TRÖGER & GEIDEL, 2004). Eine Befragung von Landwirten, welche die muttergebundene Aufzucht praktizieren, ergab deutlich reduzierte Fettwerte für die Tankmilch. Dies deutet ebenfalls auf eine gestörte Milchejektion während des maschinellen Melkens hin.

Eine Untersuchung zur artgerechten Kälberaufzucht bot die Möglichkeit, auch die Auswirkungen des Kuh-Kalb-Kontaktes auf das Milchabgabeverhalten der Kühe zu untersuchen.

### 2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden auf der Versuchsstation der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode durchgeführt. Die Kalbesaison der Milchviehherde beginnt Ende September und dauert bis Jahresende an. Aus der Herde wurden 30 Kühe ausgewählt und entsprechend der Abkalbung in drei Versuchsgruppen eingeordnet (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsgruppen**

Versuchsgruppe	andere Bezeichnung	Kuh-Kalb-Kontakt
VG1	Kontrollgruppe	Trennung des Kalbes von der Kuh einen Tag nach der Geburt
VG2	Euterkontaktgruppe	nach dem Melken wurden die Kühe mit den Kälbern zusammengebracht, die gestattete Säugezeit betrug 30 Minuten
VG3	Sichtkontaktgruppe	nach dem Melken bestand für 30 Minuten Sicht-, Hör- und Geruchskontakt zu den Kälbern, jedoch war ein Besaugen nicht möglich

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für ökologischen Landbau, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, oel@fal.de

<sup>2</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, bb@fal.de

Um den Kälbern standardisierte Startbedingungen zu bieten, erhielten sie innerhalb der ersten 4 Stunden nach der Geburt zwei Liter Kolostralmilch mit der Flasche. Den Tieren der VG 2 und 3 wurde eine mindestens einwöchige Prägephase eingeräumt, in der die Kälber ganztägig (außer während den Melkzeiten) bei den Müttern verblieben und beliebig saugen konnten. Traten Fälle klinischer Mastitis auf, so wurde den Kälbern Kontakt zu den Kühen eingeräumt (Kälberbucht neben der Mutter), ein Besaugen der Kuh wurde jedoch verhindert. Alle Kühe wurden zweimal täglich gemolken. Die Melkzeiten begannen um 5:00 und 15:00 Uhr. In der Kolostralmilchphase und anschließend 14-tägig wurden Proben für die zyto-bakteriologische Untersuchung gewonnen. Die Analyse erfolgte entsprechend des Standardverfahrens im Labor der LUFA Nord-West in Hannover.

Die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe Fett, Protein, Laktose und Zellzahl wurde wöchentlich jeweils in einer Morgen- und einer Abendmelkzeit am Gesamtgemelk vorgenommen. Ebenfalls in einer Morgen- und einer Abendmelkzeit – wurden wöchentlich die Milchflusskurven aufgezeichnet. Dies geschah mit vier LactoCordern® (WMB AG, Balgach, CH), die von zwei Personen bedient wurden. Die Eutervorbereitung umfasste das Vormelken und die anschließende Reinigung mit schleudertrockenen Tüchern (ein Tuch pro Tier). Lediglich bei stark verschmutzten Eutern wurde eine Nassreinigung durchgeführt. Gemolken wurde in einem 2 x 5 Tandemmelkstand der Firma Lemmer-Fullwood, bei einem Betriebsvakuum von 38 kPA, mit Gleichtakt und einem Pulsverhältnis von 60:40. Nach dem Ansetzen des Melkzeuges erfolgte eine Vorstimulationsphase mit erhöhter Pulsfrequenz und abgesenktem Vakuum über einen Zeitraum von 25 Sekunden. Der Melkvorgang wurde automatisch beendet, wenn der Milchstrom unter  $400 \text{ g min}^{-1}$  fiel. Es schloss sich eine automatische Melkzeugzwischeninfektion an; die Zitzen wurden unmittelbar nach der Melkzeugabnahme gedippt. Störungen des Melkablaufes wurden protokolliert und die Messung wurde wiederholt, wenn sie nicht verwertbar war. Bei Tieren, die aufgrund einer Antibiotikatherapie separat in die Kanne gemolken werden mussten, wurden keine Milchflusskurven erfasst, da die Verschleppung von Hemmstoffen durch das Messgerät nicht sicher auszuschließen war. Die Datenaufbereitung erfolgte mit dem Programm Lacto 4.3.11. An zehn Tagen wurden im Anschluss an die LactoCorder-Messungen die Tiere in der 30-minütigen Säugephase direkt beobachtet. Es wurde protokolliert, welche Kälber bei welchen Kühen saugten. Alle statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Programm SPSS 12.0 für Windows.

### 3 Ergebnisse

Der Eutergesundheitsstatus der Versuchsgruppen unterschied sich nicht. Entsprechend des IDF-Standards zeigten 67,5 % aller Euterviertel eine normale Sekretion, 16,7 % und 10 % wiesen eine unspezifische bzw. eine erregerbefindete Mastitis auf. 5,8 % der Viertel waren latent infiziert. Die Aufteilung auf die Versuchsgruppen zeigt Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Eutergesundheitsstatus der Versuchsgruppen (VG1 = Kontrolle, VG2 = Euterkontakt, VG3 = Sichtkontakt, n = 10 Kühe pro Gruppe)

	Erregernachweis	Zellzahl $\text{ml}^{-1}$	VG1	VG2	VG3	Summe
normale Sekretion	negativ	$\leq 100.000$	22	30	29	81
latente Infektion	positiv	$\leq 100.000$	5	0	2	7
unspezifische Mastitis	negativ	$> 100.000$	5	9	6	20
Mastitis	positiv	$> 100.000$	8	1	3	12

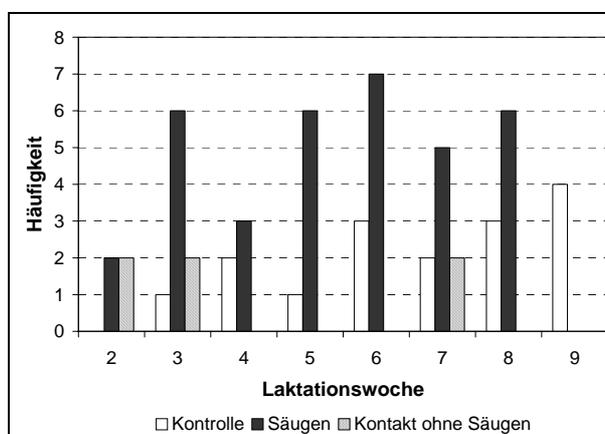
Die am stärksten vertretene Erregergruppe waren die koagulase-negativen Staphylokokken (10,6 % aller Proben), gefolgt von den Streptokokken (7,1 % aller Proben). Vereinzelt wurde *Staphylococcus aureus* identifiziert (0,4 % der Proben). +Insgesamt konnten 456 Milchflusskurven aufgezeichnet werden. 31 (6,8 %) wurden von der Auswertung ausgeschlossen, da vom LactoCorder® registrierte Störungen vorlagen. Störungen, die nur durch die Beobachtung beim Melken registriert wurden (z. B. Unruhe des Tieres) wurden in die Auswertung einbezogen. Diese Auffälligkeiten verteilten sich gleich häufig auf die Versuchsgruppen.

Deutliche Unterschiede bestanden in der Häufigkeit bimodaler Milchflusskurven (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Häufigkeit bimodaler Milchflusskurven in den Versuchsgruppen

	Bimodale Milchflusskurve				Melkungen
	ja		nein		
	n	%	n	%	
<b>Kontrolle</b>	16	9,8	148	90,2	164
<b>Euterkontakt</b>	36	25,0	108	75,0	144
<b>Sichtkontakt</b>	6	5,1	111	94,9	117

Die VG2 unterschied sich dabei signifikant (Chi-Quadrat – Test,  $p < 0,001$ ) von den beiden anderen Versuchsgruppen. Dieser Unterschied blieb auch bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Zwischenmelkzeiten vor dem Morgen- bzw. Abendmelken erhalten. Jedoch zeigte sich, dass die Kontrollgruppe abends mehr bimodale Milchflusskurven aufwies. Ein Gewöhnungseffekt trat auch nach einigen Wochen nicht ein, wie das Auftreten bimodaler Milchflusskurven im Versuchsverlauf deutlich zeigt (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Häufigkeit des Auftretens bimodaler Milchflusskurven in den Versuchsgruppen in Abhängigkeit von der Laktationswoche (methodisch bedingt lagen für die neunte Laktationswoche nur noch Daten der Kontrollgruppe vor)

Auf eine beeinflusste Milchabgabe der Kühe, die auch Kälber säugten, wiesen auch die gemessenen Milchmengen hin (Tabelle 4). Der Unterschied betrug durchschnittlich 5,3 kg Milch je Melkung. Gleichzeitig reduzierte sich die Zeit zur Gewinnung des Maschinengesamtgemelks (Tabelle 4). Jedoch geschah dies nur beim Morgenmelken proportional: In den Versuchsgruppen (VG1 bis VG3) wurde ein Kilogramm Milch in jeweils 35, 36 und 37 Sekunden ermolken. Beim Abendmelken dauerte dies 39, 49 und 41 Sekunden.

**Tabelle 4:** Mittelwert und Standardabweichungen der Gesamtmilchmenge (MGG) und die für deren Gewinnung benötigte Zeit (tMGG) in Abhängigkeit vom Melkzeitpunkt

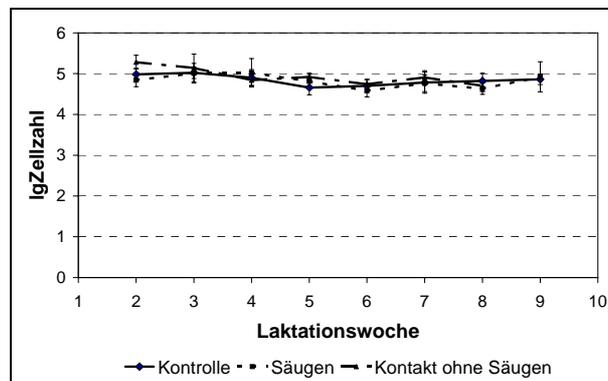
		Kontrolle		Euterkontakt		Sichtkontakt	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
<b>MGG [kg]</b>	morgens	16,6	3,13	12,0	4,91	16,7	3,96
	abends	12,0	1,73	6,7	3,66	11,9	3,19
<b>tMGG [min]</b>	morgens	9,6	2,18	7,1	2,27	10,3	2,67
	abends	7,8	1,89	5,5	1,83	8,2	2,25

Die unvollständige Milchabgabe beeinflusste auch die Milchzusammensetzung (Tabelle 5). Der Fettgehalt der Gesamtgemelke säugender Tiere war signifikant verringert. Die Differenz zur Kontrolle betrug bis zu 1,5 %. Verbunden mit einer reduzierten Milchmenge ergaben sich erhebliche Verluste: 0,34 vs. 0,72 Fett-Kilogramm in der Morgenmelkzeit.

**Tabelle 5:** Mittelwerte ausgewählter Milchbestandteile des Gesamtgemelkes in Abhängigkeit vom Melkzeitpunkt (verschiedene Buchstaben in den Zeilen weisen auf gesicherte Unterschiede hin)

		Kontrolle	Euterkontakt	Sichtkontakt	p
<b>Fett [%]</b>	morgens	4,46 <sup>a</sup>	2,99 <sup>b</sup>	4,13 <sup>a</sup>	< 0,001
	abends	4,92 <sup>a</sup>	3,75 <sup>b</sup>	5,01 <sup>a</sup>	< 0,001
<b>Protein [%]</b>	morgens	3,18	3,15	3,12	n. s.
	abends	3,28 <sup>a</sup>	3,13 <sup>b</sup>	3,15 <sup>b</sup>	< 0,05
<b>Laktose [%]</b>	morgens	4,83 <sup>a</sup>	4,70 <sup>b</sup>	4,83 <sup>a</sup>	< 0,05
	abends	4,79	4,71	4,79	n. s.
<b>lg Zellzahl [1.000/ml]</b>	morgens	1,69	1,62	1,71	n. s.
	abends	1,92	1,77	1,88	n. s.

Die Unterschiede beim Protein- und Laktosegehalt waren deutlich schwächer ausgeprägt und beschränkten sich auf die Abend- (Protein) bzw. Morgenmelkzeit (Laktose). Die Zellgehalte unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht. Die Doppelbeanspruchung der Tiere durch Melken und Säugen führte nicht zu einer Reaktion des Zellgehaltes. Die drei Gruppen differierten auch nicht mit fortschreitendem Laktationsstadium (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Mittelwert und Standardfehler des Zellgehaltes im Gesamtgemelk in Abhängigkeit vom Laktationsstadium

Während 10 Säugezeiten (6 morgens, 4 abends) wurden Direktbeobachtungen durchgeführt und die Anzahl der saugenden Kälber je Kuh erfasst. Insgesamt konnten 88 Saugvorgänge verrechnet werden. Die meisten Kälber saugten bei ihrer Mutter (morgens: 84 %, abends: 91 %). Dennoch konnte auch Säugen bei fremden Kühen festgestellt werden (Tabelle 6).

**Tabelle 6:** Häufigkeit des Säugens fremder Kälber in den Säugeperioden

Anzahl fremder Kälber/ Kuh	morgens		abends	
	n	[%]	n	[%]
0	19	34,5	12	36,4
1	14	25,5	6	18,2
2	17	30,9	12	36,4
3	4	7,3	2	6,1
4	1	1,8	1	3,0

In über der Hälfte der beobachteten Fälle saugte mindestens ein fremdes Kalb zusätzlich an der Kuh. Lediglich eine Kuh ließ keinerlei Fremdbesaugen zu. Es konnten keine gesicherten Beziehungen zwischen dem Milchabgabeverhalten und der Toleranz gegenüber dem Besaugen durch fremde Kälber festgestellt werden.

#### 4 Diskussion

Die Untersuchungen zeigen eine deutliche Beeinträchtigung des Milchabgabeverhaltens beim maschinellen Melken der Kühe, die zusätzlich noch Kälber säugten. Das gehäufte Auftreten bimodaler Kurvenverläufe in dieser Tiergruppe signalisiert eine unzureichende Stimulationswirkung der dem Melken vorangehenden Arbeitsschritte. Trotzdem wurden 75 % aller Milchflusskurven dieser Gruppe als nicht bimodal klassifiziert. Dies kann zum Einen damit erklärt werden, dass die in der Zisterne gespeicherte – und ohne Oxytocineinfluss gewinnbare – Milchfraktion so groß war, dass Stimulationsmängel überdeckt werden konnten. Da sich die Tiere am Laktationsbeginn befanden, ist von diesem Sachverhalt auszugehen. Die andere Erklärung, dass keinerlei Störung der Milchejektion vorlag und sich die Tiere somit unbeeinflusst melken und besaugen ließen, kann ausgeschlossen werden, da die Mengen der maschinell gewonnenen Milch deutlich unter denen der Kontrollgruppe lagen und den Kälbern in der sich anschließenden Säugephase noch ausreichend Milch zur Verfügung stand. Zieht man die Kontrollgruppe als Referenz heran, so konnten von den säugenden Kühen 65 % des Gesamtgemelkes (Summe aus Morgen- und Abendgemelk) gewonnen werden. Geht man von Zisternenmilchanteilen zwischen 30 bis 50 % (MIELKE 1994) aus, so muss eine Oxytocinwirkung vorgelegen haben. Für eine eingeschränkte Alveolarmilchejektion spricht auch der reduzierte Fettgehalt. Bei einem ungestörten Milchentzug steigt der Fettgehalt kontinuierlich von der ersten zur letzten Milchportion an, da die durch Adhäsionskräfte in den kleinen und mittleren Milchgängen festgehaltenen Fettkügelchen erst durch das Auspressen der Alveolen in den Zisternenbereich des Euterviertels gelangen und gewonnen werden können (MIELKE, 1994). Zisternenmilch weist somit einen deutlich geringeren Fettgehalt als die Alveolarmilch auf. Die Fettgehaltsdifferenz zwischen den Gruppen betrug annähernd 1,5 % und ist geringer als die zu erwartende Differenz zwischen Zisternen- und Alveolarmilch, so dass davon auszugehen ist, dass auch ein Anteil Alveolarmilch mit erfasst wurde. In der Versuchsperiode, die im Hinblick auf die Gesamtlaktation nur einen kleinen Zeitraum umfasst, konnte keine Beeinflussung der Eutergesundheit durch das gleichzeitige Säugen des Kalbes beobachtet werden. Weder verschlechterte sich die Situation durch die Doppelbelastung des Euters, noch trug die vermutlich verbesserte Euterentleerung durch das Saugen nach dem Melken zu einer Reduzierung der subklinischen Mastitiden bei. Mit mittleren Zellzahlwerten (geometrisches Mittel) von weniger als 100.000 je ml im Gesamtgemelk zeigte keine der drei Versuchsgruppen ein verstärktes Auftreten von Eutergesundheitsstörungen an. Lediglich der Laktosegehalt der säugenden Gruppe war verringert im Vergleich zu den anderen beiden Versuchsgruppen, lag aber immer über dem Schwellenwert von 4,5 % (RENNER, 1988). Zum einen könnte wieder die unvollständige Alveolarmilchejektion dafür verantwortlich sein, zum anderen käme auch eine geänderte Gewebepermeabilität infolge der vermehrten Gewebebeanspruchung als Erklärungsmodell in Frage. Letzteres erscheint jedoch als unwahrscheinlich, da das Gesamtgemelk bewertet wurde. Durch das Saugen und Melken wird die Zitze länger mechanisch beansprucht. Eine Veränderung der Blut-Milch/Milch-Blut-Schranke im Bereich der Zitzenzisterne könnte dadurch erklärt werden. Dies würde den Laktosegehalt des Vorgemelkes reduzieren, hätte aber auf das Gesamtgemelk kaum einen Einfluss.

#### 5 Schlussfolgerungen

Kühe, die nach dem maschinellen Melken ihre Kälber säugen dürfen, zeigen eine eingeschränkte Alveolarmilchejektion während des maschinellen Melkens. Dies ist zu berücksichtigen, wenn man das Verfahren der muttergebundenen Kälberaufzucht in die Milcherzeugung integrieren möchte. Neben der verminderten Milchmenge ist auch der Fettgehalt reduziert. Dies wirkt sich auf den Milchpreis aus.

Bei einem guten Eutergesundheitszustand der Herde ist mit keiner Verschlechterung dieser Situation zu rechnen. Ob sie durch das Saugen verbessert werden könnte, wenn die Euter tatsächlich besser entleert würden, wäre bei Tieren zu prüfen, die Störungen der Eutergesundheit aufweisen. Ebenfalls zu untersuchen wäre die Reaktion der gemolkenen Kühe auf eine der Melkzeit vorausgehende Säugephase. Die Stimulationswirkung des Kalbsaugens könnte auch die Milchabgabe im anschließenden Melkprozess verbessern.

#### 6 Zusammenfassung

In ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben werden die Kälber durchschnittlich zwei Tage nach der Geburt bei der Mutter belassen. Damit unterscheidet sich der Biobetrieb nur unwesentlich von der konventionellen Verfahrensweise. In den letzten Jahren hat jedoch das Interesse an der muttergebundenen Aufzucht (die Kälber werden über die Kolostralmilchperiode hinaus von ihren Müttern gesäugt, welche zudem auch noch gemolken werden) stetig zugenommen. Die Betriebsleiter erhoffen sich eine Verbesserung der Kälbergesundheit und eine Einsparung an Arbeitszeit: "Dem Kalb wird die notwendige Menge Milch mit der erforderlichen Temperatur nahezu keimfrei bereitgestellt". Demgegenüber stehen die Auswirkungen auf das Milchabgabeverhalten der Kühe beim Melken und auf die Milchzusammensetzung. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden diese Zusammenhänge untersucht. Säugende Kühe wurden mit Kühen verglichen, die keinen oder nur Sichtkontakt zu ihren Kälbern hatten.

Jede Gruppe umfasste 10 Tiere. Über einen Zeitraum von acht Wochen wurden im wöchentlichen Abstand die Milchflusskurven aufgezeichnet und 14-tägig Vormelkproben für die zyto-bakteriologische Untersuchung gewonnen. Die Ergebnisse zeigten einen deutlichen Einfluss des Säugens auf den Ablauf des maschinellen Melkens: 25 % aller Melkungen verliefen bimodal. Bei der Kontroll- bzw. Sichtkontaktgruppe betraf dies nur 10 bzw. 5 % aller Melkungen. Im Durchschnitt konnten pro Melkung 5,3 kg weniger Milch gewonnen werden, wenn den Kälbern im Anschluss an das Melken das Säugen gestattet wurde. Dies entspricht einem Verlust an lieferbarer Milch von ca. 12 kg pro Tag. Der Fettgehalt der Milch lag bei den säugenden Kühen im Mittel ein Prozent niedriger als in den Vergleichsgruppen. Die Eutergesundheit der Kühe wurde nicht beeinflusst. Auch beim Verhalten der Tiere während des Melkens konnten keine Unterschiede beobachtet werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Säugen nach dem maschinellen Melken zu Veränderungen der Milchabgabe beim Melken führt. Ein vollständiger Milchentzug beim Maschinenmelken ist nicht mehr gegeben. Die im Euter verbleibende Milch sichert die Versorgung des Kalbes beim anschließenden Säugen. Auch nach mehreren Wochen stellte sich keine vollwertige Milchejektion bei allen Kühen ein.

In weiteren Untersuchungen wäre zu klären, ob eine Verlagerung des Säugezeitpunktes vor den Akt des maschinellen Melkens die Milchabgabe verbessern kann.

### **Literatur**

- Mielke H. (1994): Physiologie der Laktation. In: Wendt K., Bostedt H., Mielke H., Fuchs H.-W. (Eds.) Euter- und Gesäugekrankheiten. Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart, 64–104
- Rahmann G., Nieberg H., Drengemann S., Fenneker A., March S., Zurek C. (2004): Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes. Landbau-forschung Völknerode Sonderheft 276
- Renner E. (1988): Lexikon der Milch. Volkswirtschaftlicher Verlag München
- Tröger F., Geidel S. (2004): Milchblockade bei Färsen – was können Sie tun? top agrar 5/2004, R12 – R15
- Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (ABl. Nr. L 198 vom 22.07.1991, S.1; fortgeschriebene, nicht amtliche Fassung, Stand: Februar 2003)

## Milchqualität und Eutergesundheit an der Quelle messen: Wunschtraum oder wirklich machbar?

Marijan Culina, Jochen Hahne, Klaus-Dieter Vorlop<sup>1</sup>, Dieter Ordolff<sup>2</sup>

### 1 Einleitung und Problemstellung

Entzündliche Eutererkrankungen (Mastitiden) stellen nicht nur deutschlandweit ein großes Problem dar. Sie gehören weltweit zu den verlustreichsten Erkrankungen im Bereich der Milchviehhaltung. Allein in Deutschland werden die volkswirtschaftlichen Verluste auf ca. 1,4 Mrd. €/Jahr beziffert. Zurückzuführen sind diese Verluste vorrangig auf die von den Milcherzeugern nicht erkannte oder nicht beachtete subklinische Mastitis. Die Einbußen sind hauptsächlich auf verringerte Milchleistung betroffener Euterviertel zurückzuführen (70 %). Erhöhte Remontierungskosten durch vorzeitiges Ausscheiden erkrankter Tiere aus dem Produktionsprozess, erhöhter Arbeitsaufwand für das Melken erkrankter Tiere sowie Tierarztkosten tragen zusammen etwa 19 % bei. Die restlichen 11 % kommen durch nicht verwertbare Milch zustande. Insgesamt wird pro subklinischem Erkrankungsfall mit Erlösverlusten und Kosten zwischen 100 - 250 € gerechnet. Bereits bei Zellzahlen deutlich unter dem Qualitätsgrenzwert von 400.000 Zellen/ml entstehen erhebliche Milch-, Fett- und Eiweißverluste, die größere monetäre Einbußen verursachen als die Abzüge vom Milchgeld bei Überschreitung des Qualitätsgrenzwertes.

Die wichtigsten Erregergruppen von Mastitiden sind Streptokokken, Staphylokokken, coliforme Keime (Umweltkeime) und Pyogenesbakterien. Vor allem unter den Streptokokken und Staphylokokken finden sich Spezies, die als typische Euterentzündungserreger bekannt sind (z.B. *Staph. aureus*, *Step. agalactiae*). Da die Milch erkrankter Tiere neben erhöhten Zell- und Keimzahlen auch Veränderungen in der Zusammensetzung aufweist, wird schon seit einigen Jahren versucht, Eutererkrankungen durch Analyse spezifischer Milchparameter frühzeitig zu erkennen. Die Bemühungen führten bis jetzt jedoch entweder zu keiner zufrieden stellenden Unterscheidung zwischen erkrankten und gesunden Tieren oder scheiterten an wirtschaftlichen bzw. technischen Gesichtspunkten bei der Umsetzung in die Praxis.

Aus diesem Grund haben sich die Institute "Technologie und Biosystemtechnik" und "Betriebstechnik und Bauforschung" der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig sowie die Fa. TRACE Analytics GmbH im Rahmen eines BMBF-Verbundprojekts mit der Frage beschäftigt, ob es wirklich machbar ist, Milchqualität und Eutergesundheit direkt an der Quelle während des Melkvorgangs zu erfassen.

Die Hauptaspekte dieses Projekts sind die Identifikation eines Mastitisindikators in Milch, mit dem krankheitsbedingte Veränderungen der Milchezusammensetzung und damit auch die Verkehrsfähigkeit der Milch sicher bewertet werden kann, die Entwicklung eines hochspezifischen und selektiven Sensors und die Gesamtverfahrensumsetzung für automatische Melkverfahren. Neue Hygienevorschriften eröffnen weitere Anwendungsmöglichkeiten. Das so genannte EU-Hygienepaket, das aus drei Verordnungen und einer Aufhebungsrichtlinie besteht, ist ein wesentlicher Baustein des neuen europäischen Lebensmittelrechts und tritt am 01.01.2006 in Kraft. Die bereits 2004 beschlossenen und veröffentlichten Gesetze setzen den Umbau des europäischen Lebensmittelrechts konsequent fort. Vom Anfang des neuen Jahres an hat das allgemeine EU-Hygienerecht Vorrang und setzt sich im Zweifel über nationales geltendes Recht hinweg. Im Gegensatz zur momentan noch geltenden nationalen Milchverordnung kann der Landwirt dann selbst entscheiden, ob er sich vor jedem Melkvorgang persönlich von der Güte der Milch überzeugt, oder ein anderes Verfahren anwendet, das zu gleichen Ergebnissen führt. Aus diesem Grund sollten auch konventionelle Melkverfahren nicht aus den Augen verloren werden. Durch eine zusätzliche Integration eines entsprechenden Sensorsystems in ein solches konventionelles Melkverfahren könnte für jede betriebliche Form ein Herdenmanagement-System erstellt werden, welches den präventiven Tierschutz, die Milchqualität und die Wirtschaftlichkeit erheblich verbessern würde.

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, tb@fal.de

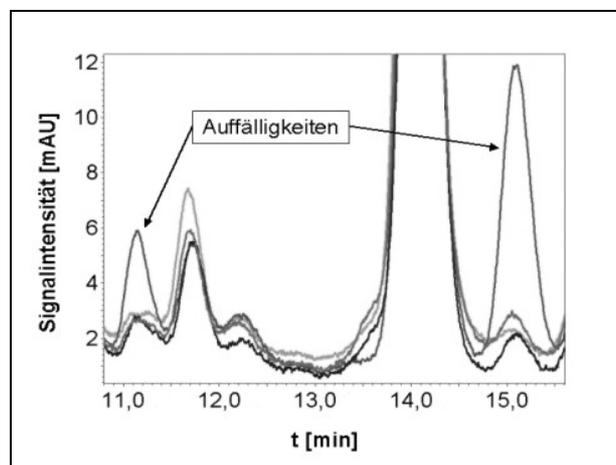
<sup>2</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, bb@fal.de

Die Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines online-Sensorsystems zur Früherkennung von Eutererkrankungen war die Identifikation von physiko-chemischen Parametern in frisch ermolmener Milch, die krankheitsbedingte Veränderungen der Milchezusammensetzung zuverlässig wiedergeben. Hinzu kommt, dass neben einer ausreichenden Sensitivität vor allem auch die Wirtschaftlichkeit der Messung geeigneter Mastitisindikatoren in der betrieblichen Praxis gewährleistet werden musste.

## 2 Screening nach Mastitisindikatoren

Die Milchezusammensetzung ist von vielen beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren Faktoren abhängig, auf denen bei der Interpretation von Messdaten ein besonderes Augenmerk lag. Bei diesen Faktoren handelt es sich zum einen um physiologische Gesichtspunkte wie Rasse, Vererbung, Züchtung, Alter des Milchtieres und Laktationsstadium. Zum anderen spielen auch äußere Einflussfaktoren wie Jahreszeit, klimatische Einflüsse, Fütterung, Standort und Haltung der Milchtiere und die Melktechnik eine große Rolle. Durch die nicht zu vernachlässigenden Auswirkungen dieser Faktoren wird eine allgemeingültige Identifikation von Mastitisparametern wesentlich erschwert, da zum Teil erhebliche Schwankungen in der Zusammensetzung der Milch auftreten. Aus diesem Grund und aufgrund der Tatsache, dass Mastitiden durch die anatomische Trennung der einzelnen Euterviertel meist nur auf einem oder zwei Vierteln auftreten, wurden während der Voruntersuchungen immer nur die Messdaten zeitgleich genommener Viertelgemelksproben eines Tieres miteinander verglichen. Hierdurch konnte eine Kompensation der Auswirkungen der physiologischen und äußeren Einflussfaktoren erreicht werden.

Für die Durchführung der Voruntersuchungen wurde auf eine HPLC (Hochleistung-Flüssigkeitschromatographie) zurückgegriffen, um die Milch durch verschiedene Aufbereitungsverfahren, Methoden und Applikationen in ihre Einzelbestandteile aufzutrennen zu können. Das geschah vor dem Hintergrund, ein sehr großes Spektrum an Milchinhaltsstoffen auf eventuelle krankheitsbedingte Konzentrationsänderungen hin zu beobachten. So wurden die Viertelgemelksproben von insgesamt acht Tieren mit einer nachweislich klinischen Mastitis untersucht. Bei diesen Tieren handelte es sich um FAL-eigene und externe Kühe der Rasse Schwarzbunt (Holstein-Friesen). Als Referenz diente die Anzahl an somatischen Zellen in der Milch (anerkannter Parameter zur Beurteilung des Gesundheitsstatus) und bakteriologische Untersuchungen. Bei allen acht Tieren konnten in der Milch des jeweiligen erkrankten Euterviertels zellzahlabhängige Auffälligkeiten entdeckt werden. In Abbildung 1 ist ein Ausschnitt eines HPLC-Chromatogramms dargestellt, in dem die Messsignale von vier zeitgleich genommenen Viertelgemelksproben eines dieser Tiere übereinander gelegt wurden.



**Abbildung 1:** Zellzahlabhängige Auffälligkeiten in vier Viertelgemelksproben einer Kuh

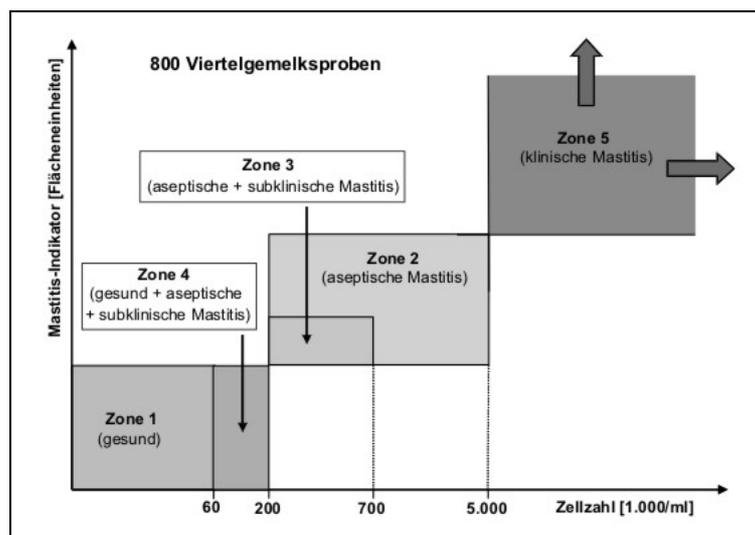
In dieser Abbildung sind die über einer Zeitachse aufgetragenen Signalintensitäten zu sehen. Nach knapp über 11 und 15 Minuten ist deutlich zu erkennen, dass die Konzentrationen zweier Substanzen eines Euterviertels im Gegensatz zu den übrigen drei Vierteln um ein Vielfaches erhöht waren. Analog hierzu wurden auch stark erhöhte Zellzahlen in dem auffälligen Viertel gefunden (802.000 Zellen/ml). Dieser Sachverhalt ist bei der Analyse der Milchproben der anderen Versuchstiere bestätigt worden. Im Anschluss daran wurden die zwei Substanzen quali- und quantifiziert. Hierbei hat sich die im Chromatogramm bei knapp über 15 Minuten befindliche Substanz in Bezug auf die Sensitivität bei subklinischen und aseptischen Mastitiden und die wirtschaftliche Messbarkeit als besonders geeignet herausgestellt.

### 3 Verifizierung des identifizierten Mastitisindikators

Um die Eignung des bei den HPLC-Screenings identifizierten Mastitisindikators zur zuverlässigen Einschätzung des Gesundheitsstatus von Kuheutern zu bestätigen, wurde in der Versuchsstation der FAL eine Kuhgruppe mit 15 Tieren zusammengestellt und über eine Laktationsperiode hinweg wöchentlich beprobt. Diese Tiere gehörten wie die während der Vorversuche beprobten Kühe ebenfalls der Rasse Schwarzbunt (Holstein-Friesen) an. Für diese Hauptuntersuchungen wurde ein spezielles Versuchsprogramm zusammengestellt, um den Mastitisindikator zusätzlich zu den Referenzen Zellzahl und bakteriologische Befunde mit weiteren Parametern der Standardmilchuntersuchung und mit schon länger aus der Literatur bekannten Parametern zu vergleichen.

Der Milchwirtschaftliche Kontroll- und Untersuchungsverband (MKU) in Uelzen untersuchte die Milchproben auf Zellzahl, Laktose, pH-Wert, Harnstoff, Eiweiß und Fett. Beim Eutergesundheitsdienst in Hannover-Ahlem wurden die bakteriologischen Untersuchungen durchgeführt, während das Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (BB) der FAL Informationen zu den Parametern Leitfähigkeit und Farbparameter (Helligkeit, rot-grün, gelb-blau) lieferte. Im Institut für Technologie und Biosystemtechnik (TB) der FAL wurde der identifizierte Mastitisindikator quantifiziert und die gesamten Daten zur Ermittlung von möglichen Korrelationen ausgewertet. Insgesamt sind so die Daten von ca. 800 Viertelgemelksproben für repräsentative Ergebnisse erfasst worden.

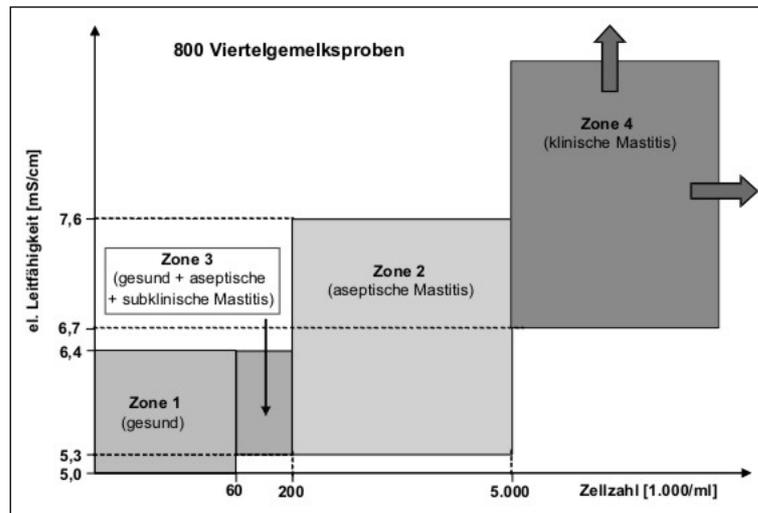
Die Auswertung der Messergebnisse hat ergeben, dass von den untersuchten Parametern neben dem Mastitisindikator die Leitfähigkeit und der Laktosegehalt auf subklinische und aseptische Krankheitsverläufe reagierten. Um einen ersten Überblick über die Zusammenhänge dieser drei Parameter zur Zellzahl und den bakteriologischen Befunden zu erhalten, werden im Folgenden die ca. 800 Viertelgemelksproben aller Tiere in einer statischen Betrachtung zusammengefasst. Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeiten und Zusammenhänge des Mastitisindikators mit den Referenzdaten.



**Abbildung 2:** Mastitisindikator in Abhängigkeit zur Zellzahl und bakteriologischen Befunden

Die bei der Analyse erfassten und über der Zellzahl aufgetragenen Flächeneinheiten der HPLC-Mastitisindikator-Peaks sind als Äquivalent zu dessen Konzentration zu verstehen. Auf den ersten Blick fällt auf, dass Zone 1, das Zonenpaar 2 und 3 sowie Zone 5 eindeutig voneinander getrennt sind. Und das, obwohl die physiologischen und äußeren Einflussfaktoren auf die Milchezusammensetzung bei dieser Betrachtungsweise noch nicht kompensiert worden sind. Da die physiologische Norm des Mastitisindikators aber nahezu gegen null tendierte, war die Schwankungsbreite der Konzentration in Milch von gesunden Tieren erwartungsgemäß sehr gering. Die Differenzierung zwischen einer aseptischen und subklinischen Mastitis war weder durch den Mastitisindikator noch durch die Zellzahl möglich (siehe Zone 2 und 3). Ohne die Kompensation der Einflussfaktoren stellte Zone 4 in dieser statischen Betrachtungsweise ein Problem dar, da sich in ihr keine eindeutige Abgrenzung zwischen gesund, aseptisch und subklinisch festlegen ließ. Eine weitere sehr wichtige Erkenntnis war, dass die Werte bei einer subklinischen Mastitis von allen Krankheitsformen am geringsten ausfielen. Teilweise lagen sie sogar fast auf dem jeweiligen Grundniveau.

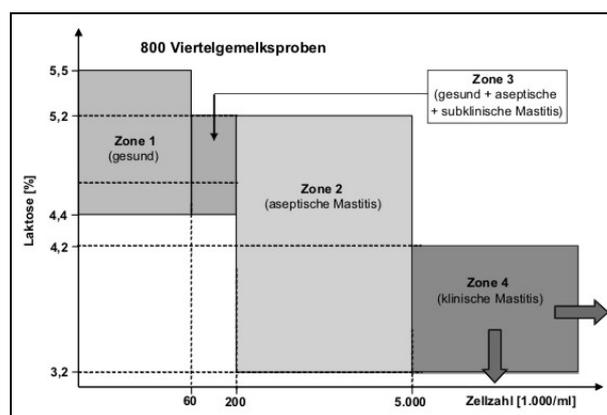
Ein Grund für diese Tatsache könnte das Auftreten eines so genannten Gewöhnungseffekts sein. Wird die Leitfähigkeit unter identischen Gesichtspunkten betrachtet, fällt auf, dass die Grenzen zwischen den einzelnen Zonen wesentlich weniger ausgeprägt waren (Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Leitfähigkeit in Abhängigkeit zur Zellzahl und bakteriologischen Befunden

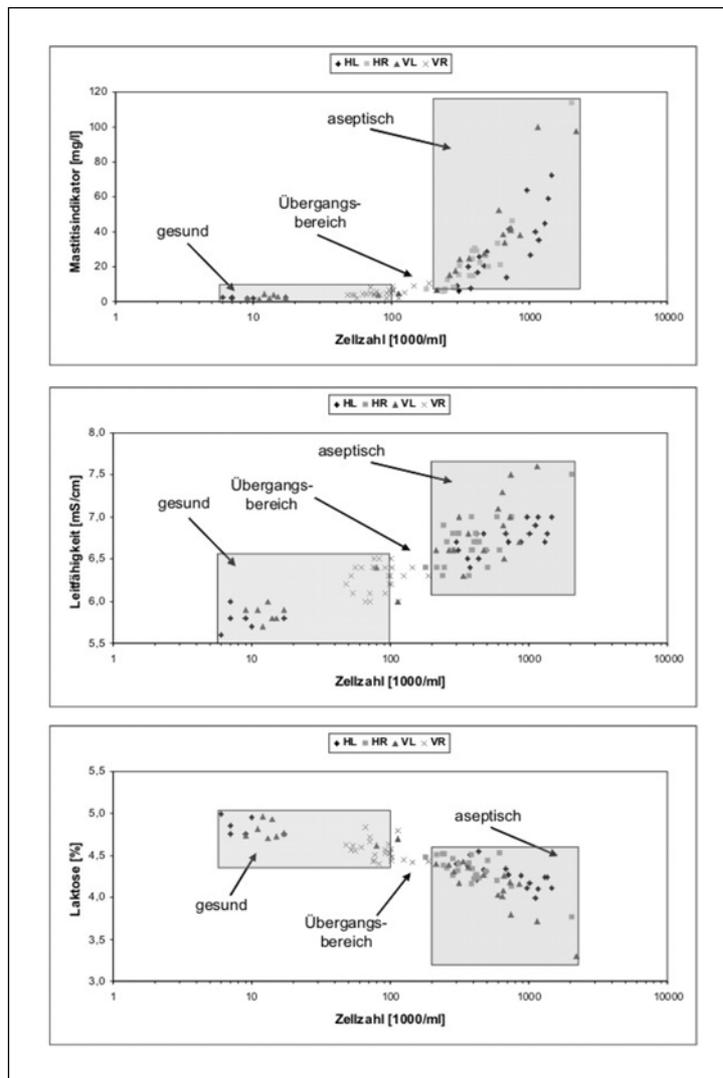
Es war also nur eingeschränkt möglich, zwischen gesund, aseptisch, subklinisch und klinisch zu unterscheiden. Zone 1 mit den Messdaten von gesunden Tieren überschneidet sich im Bereich von 5,3 - 6,4 mS/cm mit Zone 3 (aseptische Mastitis). Ähnlich verhielt es sich mit den Zonen 2 und 4. Im Bereich von 6,7 - 7,6 mS/cm konnte keine Unterscheidung zwischen einer aseptischen und einer klinischen Mastitis erfolgen. Auch bei diesem Parameter war in diesem Fall mit Zone 3 ein Problembereich vorhanden, der hauptsächlich auf der nicht durchgeführten Kompensation der verschiedenen Einflussfaktoren beruhte. Da Milch von Grund auf eine hohe Ionenstärke aufweist, war die Sensitivität der Leitfähigkeit eher gering. So muss die Integrität bzw. die Permeabilität der Blut-Euter-Schranke relativ stark verändert sein, um zuverlässige Aussagen treffen zu können.

Der dritte Parameter, der in unseren Untersuchungen auf Mastitiden reagierte, ist die Laktose. Im Gegensatz zum Mastitisindikator und zur Leitfähigkeit fiel der Gehalt an Laktose mit zunehmender Stärke einer Eutererkrankung (Abbildung 4). Durch die auftretenden Permeabilitätsstörungen der Blut-Euter-Schranke diffundiert Laktose verstärkt aus der Milch ins Blut. Dies dient dazu, die durch die Passage der im Parameter Leitfähigkeit enthaltenen Ionen vom Blut in die Milch verursachte Störung des osmotischen Druckverhältnisses im Euter auszugleichen.



**Abbildung 4:** Laktosegehalt in Abhängigkeit zur Zellzahl und bakteriologischen Befunden

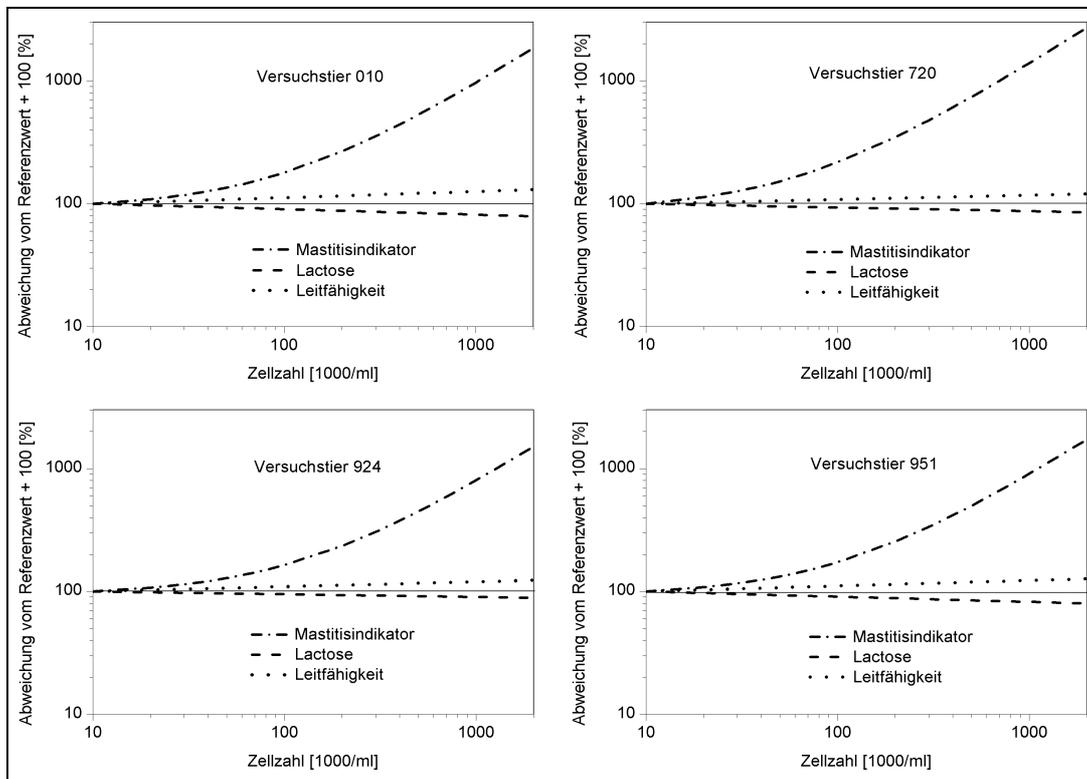
Ähnlich wie bei der Leitfähigkeit, war auch hier keine eindeutige Differenzierung zwischen gesund, aseptisch, subklinisch und klinisch möglich. Zone 1 (gesund) und Zone 2 (aseptisch) überschneiden sich im Bereich von 5,2 und 4,4 %. Als sehr problematisch stellte sich ebenfalls das Zonenpaar 2 und 4 dar. Zwischen 4,2 und 3,2 % Laktose konnte nicht zwischen einer aseptischen und einer klinischen Mastitis unterschieden werden. Wie auch beim Mastitisindikator und der Leitfähigkeit existierte bei der Laktose eine durch fehlende Kompensation der oben erwähnten physiologischen und äußeren Einflussfaktoren entstandene Problemzone (Zone 3). In dieser Zone befinden sich Daten aus den Bereichen gesund, aseptisch und subklinisch. Die im Gegensatz zum Mastitisindikator geringere Sensitivität der Laktose war wie bei der Leitfähigkeit auf das hohe physiologische Grundniveau zurückzuführen. In das Raster bei der statischen Betrachtung der Messdaten zu verkleinern bzw. zu verfeinern, musste jede Kuh als separate Einheit angesehen werden. Zusätzlich war es sinnvoll, auch die einzelnen Euterviertel als eigenständiges System zu definieren. Zu diesem Zweck sind in Abbildung 5 die Parameter Mastitisindikator (oben), Leitfähigkeit (Mitte) und Laktose (unten) eines Versuchstieres viertelspezifisch in Abhängigkeit zur Zellzahl und den bakteriologischen Untersuchungen dargestellt.



**Abbildung 5:** Tierspezifische Abhängigkeit von Mastitisindikator, Leitfähigkeit und Laktose zur Zellzahl und bakteriologischen Befunden (HL: hinten links; HR: hinten rechts; VL: vorne links; VR: vorne rechts)

Die mit "gesund" gekennzeichneten Kästchen stellen die Schwankungsbreite der Messwerte im Bereich bis 100.000 Zellen/ml dar. Dieser Wert ergibt sich aus der Definition für noch nicht vorhandene Sekretionsstörungen bzw. Erkrankungen mit positivem Erregerbefund (50.000 Zellen/ml) plus der doppelten Standardabweichung. Von 100.000 bis 200.000 Zellen/ml ist ein Übergangsbereich zwischen gesunden und erkrankten Eutervierteln festgelegt worden. Alle Daten über 200.000 Zellen/ml wurden aufgrund fehlender positiver Erregernachweise und offensichtlicher Symptome einer unspezifischen bzw. aseptischen Erkrankung zugeordnet. Auch mit diesem feineren Raster fanden sich bei der Leitfähigkeit und der Laktose Überschneidungen bezüglich gesunder und aseptisch erkrankter Viertel, während die beiden Zonen beim Mastitisindikator weiterhin wesentlich eindeutiger voneinander getrennt waren. Allerdings waren die Streuungen in den aseptischen Bereichen der drei Parameter auf Viertelzebene in dieser kleinstmöglichen Auflösung der statischen Betrachtungsweise für eine präzise Einschätzung des Gesundheitsstatus, bezogen auf die hohen Ansprüche, noch nicht ausreichend genug.

Um die Sensitivitäten des Mastitisindikators, der Leitfähigkeit und der Laktose aufgrund unterschiedlicher Einheiten (mg/l, mS/cm, %) direkt graphisch und mathematisch miteinander vergleichen zu können, mussten die Messwerte normiert werden. Hierzu wurden die gemittelten prozentualen Abweichungen zum jeweiligen physiologischen Referenzwert berechnet. Aufgrund der sinkenden Laktosewerte sind die Referenzwerte gleich 100 % gesetzt worden. Für Laktose und Leitfähigkeit ließen sich potentielle Ansätze in der Form  $y=a*x-b$  bzw.  $y=a*x$  anwenden. Für den Mastitisindikator konnte ein linearer Ansatz in der Form  $y=a*x+b$  gewählt werden. Die Viertelgemelksdaten von vier Tieren sind im relevanten Bereich zwischen 10.000 und 2.000.000 Zellen/ml in Abbildung 6 zu sehen.



**Abbildung 6:** Normierte, zellzahlabhängige Änderungen von Mastitisindikator; Laktose und Leitfähigkeit

Durch das Auftragen der normierten, zellzahlabhängigen Daten ist sehr gut zu erkennen, dass der Mastitisindikator bei allen vier Kühen eine wesentlich höhere Sensitivität als Laktose und die Leitfähigkeit aufgewiesen hat. Schon bei einer Zellzahl von 100.000 Zellen/ml waren die mittleren Abweichungen von den Referenzwerten beim Mastitisindikator um bis zu 90 % höher als die der anderen beiden Parameter. Dabei reagierten alle Parameter (auch die Zellzahl) völlig unabhängig von der Art der jeweiligen Erkrankungsform. Durch die bakteriologischen Untersuchungen konnte dem Versuchstier 010 eine auf Staphylokokken zurückzuführende subklinische Mastitis zugeschrieben werden. Die Milch der Tiere 720, 924 und 951 blieb ohne positiven Erregerbefund (aseptische bzw. unspezifische Mastitis).

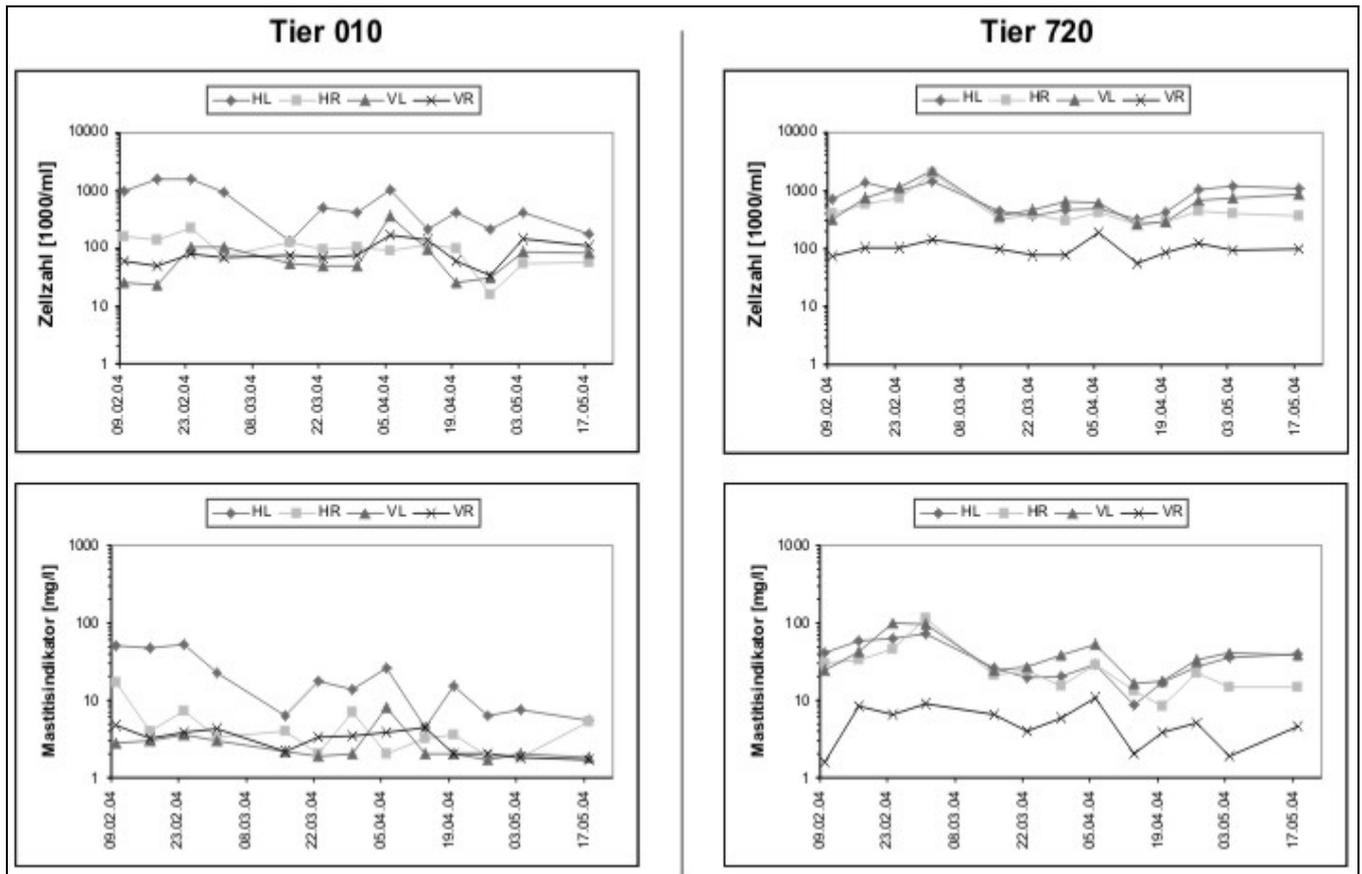
Um ein Maß für die Sensitivitäten zu erhalten, wurden aus den Beträgen der normierten Messdaten entsprechende neue Funktionen gebildet. Für Laktose und die Leitfähigkeit ergab sich die logarithmische Form  $y=a*\ln(x)-b$ . Der Mastitisindikator blieb bei einer linearen Ausrichtung. Anschließend sind diese Funktionen in den Grenzen 10 bis 2.000 Zellen\*1000/ml integriert worden. In Tabelle 1 sind die normierten Sensitivitätsmaße als Flächeneinheiten in FE/1000 aufgeführt.

**Tabelle 1:** Normierte, zellzahlabhängige Sensitivitätsmaße von Mastitisindikator, Laktose und Leitfähigkeit

Versuchstier	Normiertes Sensitivitätsmaß [FE/1000]		
	Mastitisindikator	Laktose	Leitfähigkeit
010	1740	35	48
720	2590	24	32
924	1408	18	37
951	1615	33	67

Die normierten Sensitivitätsmaße des Mastitisindikators erstreckten sich von knapp 1400 bis 2600, während Laktose und die Leitfähigkeit nur maximal 35 bzw. 67 erreichten. Das Verhältnis von Leitfähigkeit und Laktose befindet sich im Bereich zwischen 1,3 und 2,0. Der Mastitisindikator wies gegenüber der Leitfähigkeit Verhältnisse im Bereich von 24 bis 81 bzw. 49 bis 108 gegenüber Laktose auf. Laktose und Leitfähigkeit waren aufgrund ihrer geringen Sensitivitäten nur bedingt geeignet, Aussagen über den Gesundheitszustand der Euter zuzulassen. Im Gegensatz dazu ist die diagnostische Qualität der Mastitisindikatorkonzentration schon in der statischen Betrachtung viel versprechend gewesen.

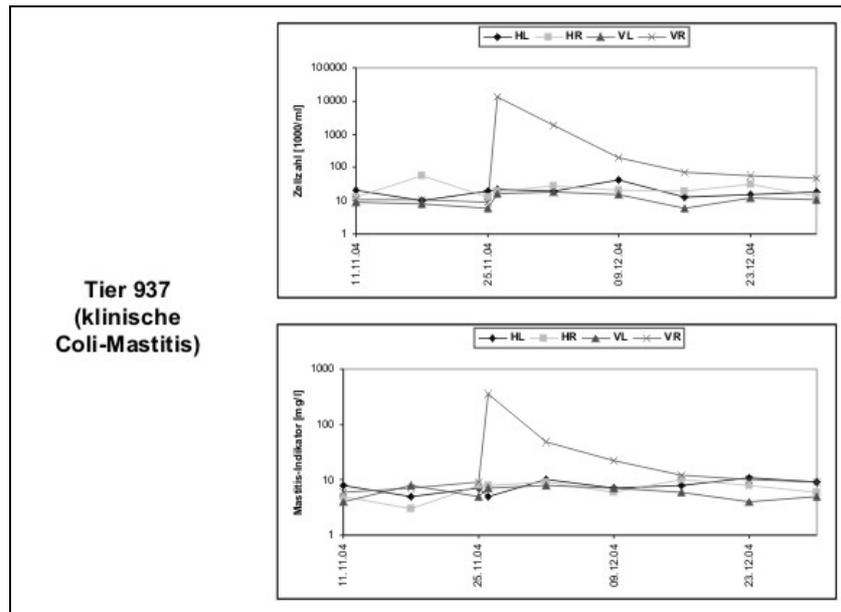
Um die Aussagekraft noch weiter zu erhöhen, sollte statt einer statischen eine dynamische Betrachtung der Messdaten erfolgen. Dies resultierte aus der Tatsache, dass jedes Tier auf identische Krankheitsverläufe in gewissen Grenzen unterschiedlich reagiert hat. Aus diesem Grund war die Tendenz (der Bereich zwischen zwei Messwerten) für eine zuverlässige Einschätzung des Gesundheitsstatus entscheidend. Dies beinhaltet die Erfassung des Anstiegs- und Abklingverhaltens der Mastitisindikatorkonzentration. In Abbildung 7 sind die Zeitverlaufskurven der Zellzahl und des Mastitisindikators der einzelnen Euterviertel von zwei Versuchstieren dargestellt.



**Abbildung 7:** Euterviertelspezifische Zeitverlaufskurven von Zellzahl und Mastitisindikator bei zwei Versuchstieren (HL: hinten links; HR: hinten rechts; VL: vorne links; VR: vorne rechts)

Werden die Verläufe der Zellzahl mit den dazugehörigen Verläufen der Mastitisindikatorkonzentration rein qualitativ miteinander verglichen, fällt auf, dass die Charakteristik der Verläufe der entsprechenden Tiere nahezu identisch war. Durch diese Erkenntnis könnte die Messung der Mastitisindikatorkonzentration bei einer wirtschaftlichen Umsetzung in die Praxis unter Umständen den anerkannten Parameter "Zellzahl" ersetzen. Dies eröffnet die Option zur Identifikation von Eutererkrankungen direkt vor Ort in sämtlichen Melkverfahren (automatisch und konventionell) und punktuell mit einem Handmessgerät.

Bei klinischen Krankheitsverläufen war die optische Übereinstimmung der Verläufe von Zellzahl und Mastitisindikator noch deutlicher zu erkennen. Als Beispiel dient hier der Verlauf einer bei einem Versuchstier aufgetretenen klinischen Coli-Mastitis (Abbildung 8).



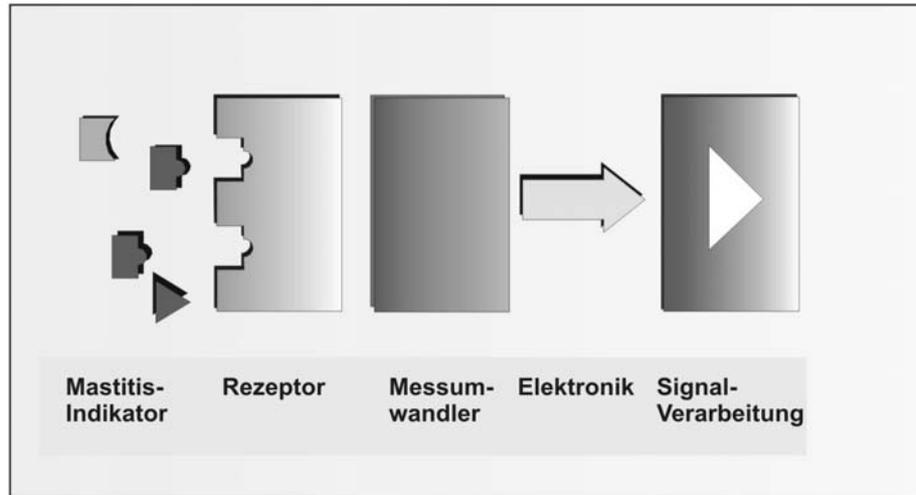
**Abbildung 8:** Euterviertelspezifische Zeitverlaufskurven von Zellzahl und Mastitisindikator eines Versuchstieres mit einer klinischen Coli-Mastitis (HL: hinten links; HR: hinten rechts; VL: vorne links; VR: vorne rechts)

Es ist gut zu erkennen, dass sowohl die Zellzahl als auch die Konzentration des Mastitisindikators ab dem Zeitpunkt der eintretenden Coli-Mastitis im betroffenen Euterviertel stark anstiegen und nach einer erfolgten Antibiotikabehandlung im Zuge des Heilungsprozesses langsam wieder ihr Normalniveau erreichten. Zusätzlich zur qualitativen Übereinstimmung stimmte auch die zeitliche Folge der Ereignisse (Krankheitsbeginn, Beginn des Heilungsprozesses, Ausheilung) überein.

Unter bestimmten Voraussetzungen stellt der Mastitisindikator also ein adäquates Mittel zur Früherkennung von Eutergesundheitsstörungen weit unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte dar. Durch die Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse konnten Rahmenbedingungen für die Messung des Mastitisindikators zur Mastitisdiagnose eindeutig definiert werden. Zur Steigerung der Sensitivität des Messverfahrens und zur Vergleichbarkeit der Messwerte muss die Probenahme bzw. die Messung in der Milch des Viertelgemelks erfolgen. Zur Kompensation der physiologischen und äußeren Einflussfaktoren, sowie zur Identifikation einzelner erkrankter Euterviertel, sollte ein interner tierspezifischer Euterviertelabgleich erfolgen. Des Weiteren ist es sinnvoll, die Messdaten dynamisch zu betrachten, da einzelne Messergebnisse ohne Tendenz für eine Beurteilung des Gesundheitsstatus nicht ausreichend waren.

#### 4 Realisierung der Einzelkomponenten des online-Sensorsystems

Nach der erfolgten Verifizierung der Eignung des identifizierten Mastitisindikators zur Früherkennung von Eutererkrankungen konnte damit begonnen werden, einen entsprechenden Biosensor zu entwickeln. Dieser Sensor musste den Ansprüchen einer sensitiven, selektiven und wirtschaftlichen Messung gerecht werden. Unser Projektpartner TRACE Analytics GmbH hat in diesem Zusammenhang einen Sensor entwickelt, der den Indikator mit einer maximalen Messwertabweichung von 5 % quantifizieren kann. Für eine zuverlässige Diagnose ist die erreichte Empfindlichkeit vollkommen ausreichend. In Abbildung 9 ist das Messprinzip des entwickelten Sensors zu sehen.



**Abbildung 9:** Messprinzip des entwickelten Biosensors

Der Mastitisindikator kommt mit einem spezifischen Rezeptor (Enzym) in Berührung. Das entstehende Reaktionsprodukt wird anschließend an dem unmittelbar mit dem Rezeptor verbundenen Messumwandler (Elektrode) oxidiert. Der dabei entstehende Stromfluss ist innerhalb bestimmter Grenzen proportional zur Konzentration des Mastitisindikators. Solch ein hochempfindlicher Sensor kann aber nicht direkt in den Milchstrom eingesetzt werden. Dies liegt zum einen an der hoch turbulenten, nicht stetigen Strömung mit hohem Luftanteil und zum anderen an der Tatsache, dass das Enzym nicht mit heißen und zum Teil aggressiven Reinigungsmitteln in Kontakt kommen darf. Des Weiteren ist es für reproduzierbare Ergebnisse nötig, eine konstante Temperierung des Sensorchips zu gewährleisten. Um zu verhindern, dass der Sensorchip mit dem Milchlipid und Milcheiweiß in Berührung kommt, ist eine Dialysemembran vorgeschaltet, die nur die zu analysierenden Moleküle passieren lässt. Dadurch kann die Standzeit und damit auch die Wirtschaftlichkeit erheblich gesteigert werden.

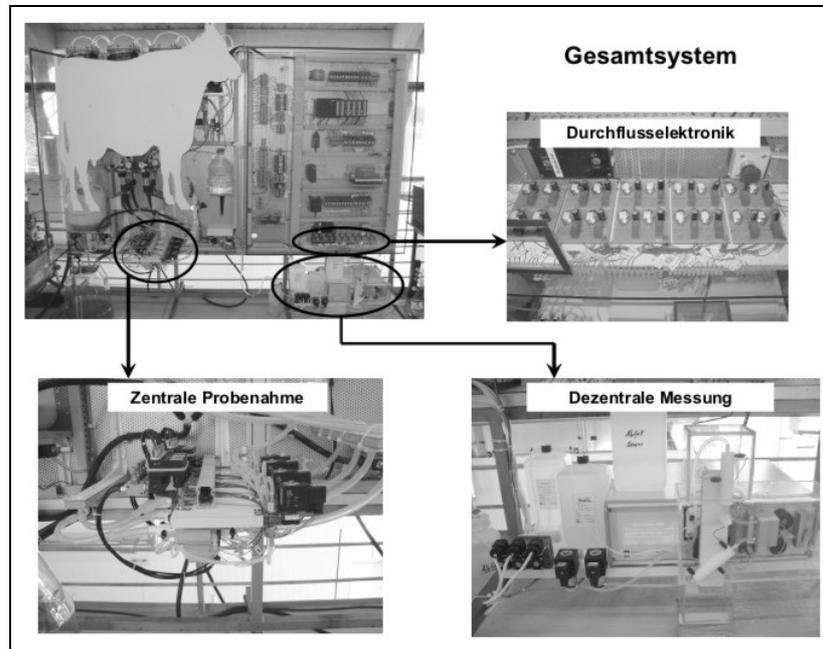
Aufgrund der nicht unerheblichen Einschränkungen bestand eine der Hauptaufgaben darin, eine Schnittstelle zwischen Tier bzw. Milchleitung und Sensor in Form einer voll automatisierten Probenahme-Einrichtung zu entwickeln. An diese Probenahme-Einrichtung wurden in Bezug auf die Milchprobe, den Probenahmeprozess, die Reinigung des Systems und die physikalischen Eigenschaften sehr hohe Ansprüche gestellt.

Anhand der definierten Rahmenbedingungen konnte ein Prototyp realisiert werden, dessen grundsätzliche Eignung in umfangreichen Tests bestätigt werden konnte. Eine weitere große Herausforderung stellte der nächste Entwicklungsschritt der Probenahme-Einrichtung dar. Dabei handelte es sich um die "blinde" Automation. Die Einrichtung muss automatisch erkennen können, wann die Probenahme zu erfolgen hat. Da die Probenahme aufgrund einer unerlässlichen reproduzierbaren Gemelksfraktion nicht zeitgesteuert werden kann, musste eine geeignete Durchflusssensorik entwickelt werden, die den richtigen Zeitpunkt der Probenahme an die Steuerung weitergibt. Erschwerend kam hinzu, dass diese Sensorik die gleichen Rahmenbedingungen und hohen Anforderungen wie die Probenahme-Einrichtung erfüllen muss. Auch für diesen Entwicklungsschritt konnte ein Prototyp eines spezifischen Durchflusssensors entwickelt werden, der nicht nur bei der Probenahme, sondern im gesamten Sensorsystem zum Einsatz kommt.

## 5 Realisierung des gesamten online-Sensorsystems

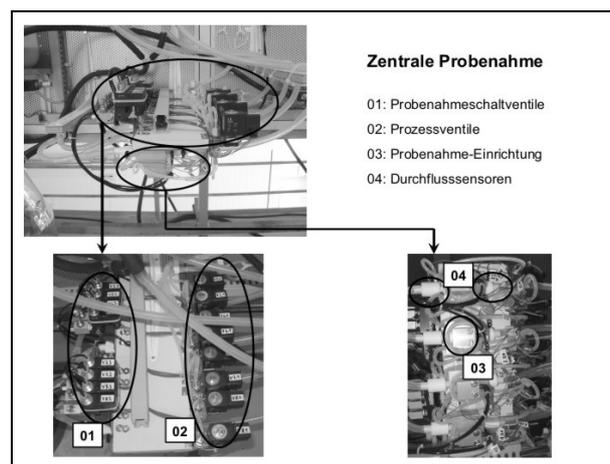
Zur Umsetzung des Gesamtverfahrens sind die entwickelten Einzelkomponenten Probenahme-Einrichtung, Durchflusssensorik und Biosensor in einen für die Tests konzipierten Versuchsstand integriert worden. Dieser Versuchsstand erlaubt durch die Simulation eines Melkvorganges, unter definierten Bedingungen zu arbeiten. Die Hauptbestandteile dieses Gesamtsystems sind die zentrale Probenahme, die dezentrale Messung und die Durchflusselektronik (Abbildung 10).

Die Hauptaufgabe bestand darin, die Komponenten aufeinander abzustimmen (Synchronisation) und entsprechende Software-Algorithmen zu erarbeiten, so dass die Steuerung und der von TRACE Analytics GmbH entwickelte Biosensor durch eine zuverlässige Kommunikation einen reibungslosen Prozessablauf garantieren. Dies umfasst die Probenahme, den Probentransport, die Messung, die Systemreinigung und die Kalibrierung des Sensors.



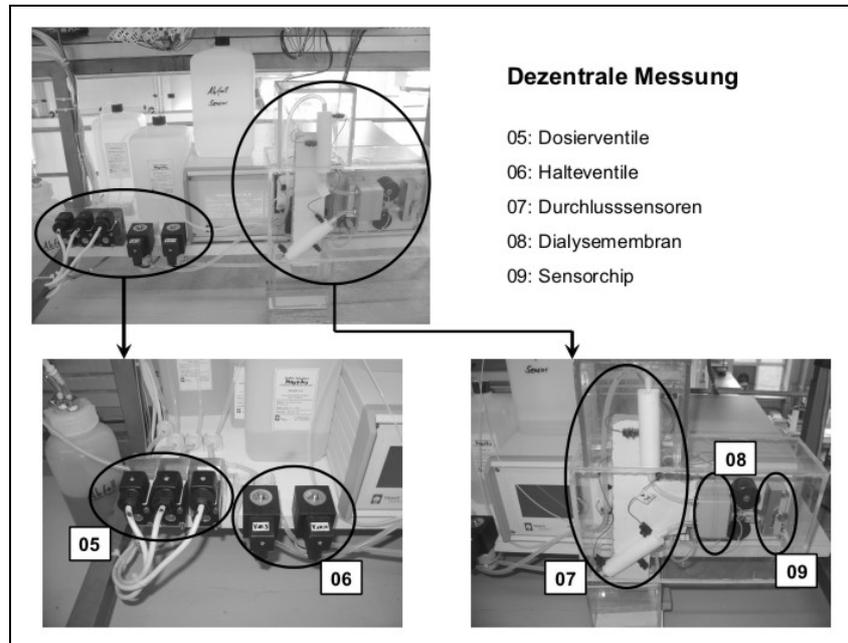
**Abbildung 10:** Hauptprozesse des online-Sensorsystems

Die zentrale Probenahme besteht hauptsächlich aus vier Prozessbereichen (Abbildung 11). Probenahmeschaltventile (01) regeln die zur Betätigung der Probenahme-Einrichtung benötigte Druckluft. So werden die Schaltstellungen "Probenahme" und "Melken" durch die entsprechende, einseitige Belastung von doppelwirkenden Druckzylindern realisiert. Für die Steuerung der Systemreinigung und des Probentransports sind die Prozessventile (02) zuständig. Sie öffnen oder schließen das System bzw. regeln, ob Transportluft oder Reinigungslösung durch das System gesaugt wird. Den Dreh- und Angelpunkt stellen die Probenahmeventilkörper der Probenahme-Einrichtung (03) dar. Für jedes Euterviertel ist ein Ventilkörper vorgesehen, der jeweils durch einen vor- und nachgeschalteten Durchflusssensor (04) in seiner Funktion automatisiert ist.



**Abbildung 11:** Zentrale Probenahme des online-Sensorsystems

Für die eigentliche Messung ist die dezentrale Messung zuständig. Die in Abbildung 12 zu sehenden Hauptbestandteile realisieren die Messung der Milchproben und die Kalibrierung des Biosensors. Vor dem Messvorgang zeigen die Durchflusssensoren (07) an, ob die Milchprobe nach dem Transportvorgang an der Dialysemembran (08) anliegt. Anschließend werden die Halteventile (06) geschlossen, um die Milchprobe während des Anreicherungs- und Messvorgangs zu fixieren. Die durch die Membran diffundierten Moleküle werden in einem separaten Kreislauf dem Sensorchip (09) zur Analyse zugeführt. Nachdem das Messgerät der Steuerung mitgeteilt hat, dass die Analyse erfolgreich stattgefunden hat, werden die Halteventile (06) wieder geöffnet und die Probe verworfen. Sobald die Durchflusssensoren (07) das Signal für ein entleertes System geben, kann die nächste Probe zur Dialysemembran (08) transportiert werden.



**Abbildung 12:** Dezentrale Messung des online-Sensorsystems

Die Zudosierung von Puffer- und Standardlösung während der Kalibrierung erfolgt über Dosierventile (05). Für die 2-Punkt-Kalibrierung stehen neben einer Null-Pufferlösung zwei Standardlösungen zur Verfügung. Der Analyseablauf erfolgt analog zur oben erwähnten Analyse der Milchproben.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Eignung des in umfangreichen HPLC-Screenings identifizierten Mastitisindikators zur Früherkennung von Eutererkrankungen konnte während laktationsbegleitender Untersuchungen von ca. 800 Viertelgemelksproben (15 Versuchskühe) bestätigt werden. Eine Erfassung von Mastitiden ist mit diesem Indikator weit unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte möglich. Unter gewissen Voraussetzungen lässt sich die Eutergesundheit mit fast identischer Aussagekraft wie über eine Zellzahlbestimmung einschätzen. Hierzu gehört neben der Probenahme aus dem Viertelgemelk und einem internen tierspezifischen Euterviiertelabgleich die dynamische Betrachtung der Messdaten. Alle aufgetretenen Mastitisformen wurden anhand der Konzentrationsänderungen des Mastitisindikators nachgewiesen. Dazu zählten Erkrankungen, die durch Erreger wie Streptokokken, Staphylokokken und coliforme Keime verursacht wurden. Aber auch eine aseptische Mastitis ohne positiven Erregerbefund konnte nachgewiesen werden. Nach den gewonnenen Erkenntnissen kann demnach der identifizierte Mastitisindikator zur Identifikation sämtlicher entzündlicher Eutererkrankungen herangezogen werden.

Für die technische Umsetzung wurde von Fa. TRACE Analytics GmbH ein Biosensor entwickelt, der den Mastitisindikator sensitiv, selektiv und wirtschaftlich messen kann. Es konnte eine maximale Abweichung von 5 % zum Sollwert erreicht werden. Diese Abweichung ist für die Mastitisiagnose ausreichend und muss nicht zwingend verringert werden. Da dieser hochempfindliche Sensor nicht direkt in eine Milchleitung eingebaut werden kann und auch der Kontakt mit Milch (Fett, Eiweiß) vermieden werden sollte, wurde eine voll automatisierte Probenahme-Einrichtung entwickelt. Mit dieser Einrichtung und spezifischen Durchflusssensoren ist es möglich, eine reproduzierbare Milchprobe zu einem dezentral gelegenen Biosensor zu leiten.

Dort kann die Milch unter definierten Bedingungen analysiert werden. Die Einzelkomponenten wurden aufeinander abgestimmt und mit Hilfe eines speziellen Versuchsstands zu einem voll funktionstüchtigen Prototypen eines Gesamtsensorsystems zusammengefügt. Aufgrund der hervorragenden Diagnosequalität des Mastitisindikators und der Rahmenbedingungen der am 01.01.2006 verbindlich in Kraft tretenden EG-Verordnung Nr. 835/2004 ist auch der Einsatz eines solchen Systems in konventionellen Melkverfahren denkbar. Nach dieser Verordnung ist es dem Landwirt selbst überlassen, ob er sich vor jedem Melkvorgang persönlich von der Güte der Milch überzeugt, oder eine andere Methode anwendet, mit der die Milch auf organoleptische sowie abnorme physikalisch-chemische Merkmale hin kontrolliert werden kann. Aus diesem Grund wurden die Komponenten und das Gesamtsystem so konzipiert, dass eine Integration in konventionellen Melkverfahren grundsätzlich möglich ist. Durch die kontinuierliche Überwachung des Gesundheitsstatus der Herde wäre es möglich, gefährdete Tiere sofort zu erkennen und entsprechend vorbeugend zu reagieren.

Weiterhin wäre es möglich, auch andere Sensoren (z.B. on-farm-Milchanalyse, Kolostralmilcherkennung) für die Überwachung und Kontrolle der Milchqualität in das System einzusetzen. Dies trifft prinzipiell auf alle Sensoren zu, die zu empfindlich für einen direkten Einbau in eine Milchleitung sind. Im nächsten Jahr (2006) wird das im Labor entwickelte online-Sensorsystem für automatische Melkverfahren einem auf Einsatzfähigkeit und Langzeitstabilität ausgerichteten Praxistest unterzogen.



## Wohin wandert die Milchproduktion in Deutschland?

Horst Gömann, Peter Kreins, Astrid Zabel<sup>1</sup>

### 1 Einleitung und Problemstellung

Die Milchproduktion ist innerhalb des deutschen Agrarsektors von großer wirtschaftlicher Bedeutung. In den vergangenen Jahren belief sich ihr Produktionswert durchschnittlich auf rund 8 Mrd. € womit etwa ein Fünftel des landwirtschaftlichen Produktionswertes auf die Milchproduktion entfiel. Trotz der erfolgten erheblichen Mechanisierung zählt die Milcherzeugung immer noch zu den arbeitsintensivsten Produktionszweigen der Landwirtschaft. Über die Kopplung mit ihren vor- und nachgelagerten Bereichen spielt sie somit eine wichtige Rolle hinsichtlich der Arbeitsplätze, zumal sie in vielen Regionen die wichtigste landwirtschaftliche Erwerbsquelle darstellt. Ferner ist die Milcherzeugung der bedeutendste Grünlandnutzer und leistet einen wichtigen Beitrag zur Offenhaltung der Landschaft. Insgesamt hat die Milcherzeugung eine wichtige Bedeutung für die Entwicklung ländlicher Räume.

In der Milcherzeugung besteht vor allem aufgrund der hohen Arbeits- und Kapitalkostenbelastung ein anhaltender ökonomischer Druck. Mit dem Mid Term Review und den darauf folgenden Luxemburger Beschlüssen wurden auch weit reichende Beschlüsse für den Milchsektor getroffen. Die Kernpunkte der Reform im Milchbereich sind wie folgt:

- Schrittweise Senkung der Interventionspreise für Butter und Magermilchpulver ab 2004 um insgesamt 25 % bzw. 15 %. Darüber hinaus werden maximale Interventionsmengen verringert. Ziel der Preissenkung ist, den Absatz auf dem Binnenmarkt zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte auf dem Weltmarkt zu erhöhen (Rat der Europäischen Union, 2003b). Es ist zu erwarten, dass sich diese Preissenkung in einem Rückgang der Milcherzeugerpreise niederschlagen wird.
- Aufstockung der Milchquoten EU weit um 1,5 % (Rat der Europäischen Union, 2003c). In Deutschland wird die Quotenmenge ab 2006 um insgesamt 418.000 t erhöht. Den Mitgliedsstaaten obliegt die Verteilung der zusätzlichen Quoten an die Produzenten.
- Einführung einer Milchprämie an Milcherzeuger im Zeitraum von 2004 bis 2007 zur teilweisen Kompensation der Einkommenseinbußen aufgrund der zu erwartenden Milchpreissenkung (Rat der Europäischen Union, 2003a). Die Milchprämie richtet sich nach der Milchmenge, die einem Betrieb am 31. März des jeweiligen Kalenderjahres zur Verfügung steht. Sie beträgt 2004 1,182 Ct/kg, 2005 2,368 Ct/kg und in der Endstufe ab 2006 3,55 Ct/kg Referenzmenge. In Deutschland wurde sie 2004 als Milchprämie, ab 2005 jedoch entkoppelt von der Referenzmenge als Teil der neu eingeführten Betriebsprämie gewährt. Die Milchprämie unterliegt der Modulation und wird in Deutschland ab 2013 vollkommen in der regionalen Einheitsprämie enthalten sein.

Die Maßnahmen sind Schritte zu einer stärkeren Liberalisierung des europäischen Milchmarkts und bewirken eine Zunahme des wirtschaftlichen Drucks auf die Milcherzeuger. Ob damit auch eine höhere Einkommensinstabilität einhergeht, hängt nach einer Analyse von Grams (2004) entscheidend von der Wettbewerbsfähigkeit der Milcherzeuger und der damit verbundenen Wirksamkeit der Quotenregelung ab. Infolge des höheren ökonomischen Drucks wird sich der Strukturwandel in der Milcherzeugung beschleunigen und darüber hinaus ist eine forcierte räumliche Verlagerung der Milcherzeugung an die wettbewerbsfähigeren Standorte zu erwarten. Damit gehen Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung in weniger wettbewerbsfähigen Regionen einher, aus denen die Milcherzeugung sich zurückzieht. Mögliche Konsequenzen sind z. B. der Verlust von Wirtschaftskraft in ohnehin meist strukturschwachen Regionen oder eine Verschärfung der Problematik ungenutzter Grünlandflächen.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel des Beitrags, Standorte abzugrenzen, die von regionalen Verlagerungen der Milchproduktion unterschiedlich betroffen sind. Dazu wird in einem ersten Schritt versucht, anhand einzelner ausgewählter Standortfaktoren und räumlicher Verlagerungen der Milchproduktion in der Vergangenheit auf die regionale Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Milchproduktion zu schließen. Auf dieser Grundlage werden in einem zweiten Schritt Prognosen der zukünftigen regionalen Milchproduktion abgeleitet. Als räumliche Betrachtungsebene dienen die Landkreise des früheren Bundesgebietes.

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, lr@fal.de

## 2 Bestimmungsgründe für die regionale Wettbewerbsfähigkeit

Die Wettbewerbskraft der Milcherzeugungsregionen erklärt sich aus den regionalen Preis-Angebotsfunktionen, den interregionalen Transportkosten und den regionalen Preis-Nachfragefunktionen für Milch. Die vorliegende Untersuchung fokussiert auf die Angebotsseite und kann daher nur einen eingeschränkten Blick auf die interregionale Wettbewerbsfähigkeit bieten. Auf die regionalen Grenzkosten- bzw. Preis-Angebotsfunktionen der Milcherzeugung wirken prinzipiell folgende Standortfaktoren:

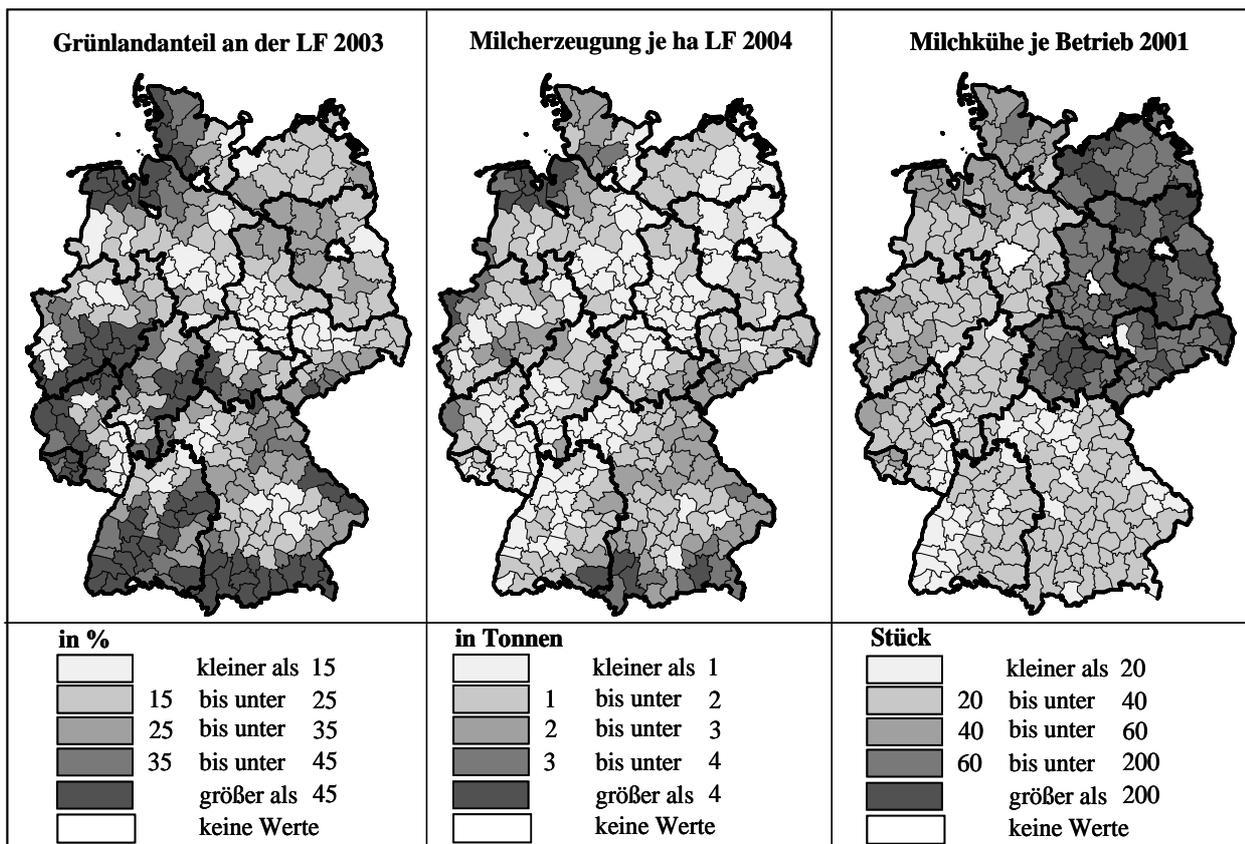
- die Produktionsfunktionen (natürliche Bedingungen, Know-how, Produktionstechnik),
- die Primärfaktorausstattungen (Boden, Arbeit und Kapital),
- die agrarpolitischen Maßnahmen,
- die wirtschaftlichen Verhaltensweisen sowie
- die Preis-Angebotsfunktionen und Transportkosten für landwirtschaftliche Betriebsmittel.

Eine quantitative Abschätzung einzelner Standortfaktoren hängt in starkem Maße von der räumlichen Untersuchungsebene ab. Mit der hier gewählten Betrachtung des gesamten Bundesgebietes und der damit einhergehenden Abwendung von Einzelfallstudien verschließen sich die nur schwerlich zu erfassenden Faktoren wie "Know-how" und "wirtschaftliche Verhaltensweise" einer näheren Analyse. Den flächendeckenden Agrarfachstatistiken sind vor allem Informationen zu den regionalen Produktionsfunktionen, wie die Milchleistung je Kuh oder die durchschnittliche Bestandsgröße, sowie unmittelbar die Produktionsdichte zu entnehmen.

Natürliche Standortfaktoren sind entscheidend für die Eignung des Bodens zur landwirtschaftlichen Nutzung. Beispielsweise ist eine ackerbauliche Nutzung bei hohen Niederschlägen (über 1000 mm Jahresniederschlag), hohen Grundwasserständen (höher als 50 cm) oder starken Hanglagen nur eingeschränkt möglich (Diepenbrock et. al., 1999), so dass die Flächen in der Regel als Grünland genutzt werden. In Karte 1 werden die regionalen Grünlandanteile in der Bundesrepublik Deutschland aufgezeigt. Hohe Anteile an Dauergrünland finden sich insbesondere im früheren Bundesgebiet und hier zum einen in den Mittelgebirgslagen der Eifel/Hunsrück, des Bergischen Landes, des Schwarzwaldes, des bayerischen Waldes, des Erzgebirges, im Voralpenland sowie den Küstenregionen Nordenddeutschlands.

In diesen Regionen bestehen zur Grünlandnutzung kaum alternative Flächeverwertungsmöglichkeiten, so dass die Flächennutzungskosten der Grundfuttererzeugung auf Grünland im Vergleich zu Ackerbaustandorten niedriger sind. Die regionale Wettbewerbsfähigkeit der Grünlandnutzung wird in starkem Maße durch die damit verbundene Tierhaltung beeinflusst. So haben sich in der Vergangenheit diejenigen Grünlandregionen als besonders wettbewerbsfähig erwiesen, die durch eine intensive Milchkühhaltung und Rindfleischproduktion geprägt waren. Aus Karte 1 wird deutlich, dass diesbezüglich die Küstenregionen im Norden Deutschlands, Teile der Eifel und des Bergischen Landes sowie die Voralpen und Teile des Bayerischen Waldes durch eine hohe Milchproduktionsdichte von mehr als 3 t je ha LF gekennzeichnet sind. In den übrigen Grünlandregionen, hierbei handelt es sich überwiegend um ungünstige Grünlandstandorte in den Mittelgebirgen, ist zum einen insgesamt eine geringe Viehbesatzdichte und zum anderen eine extensive Grünlandnutzung zur Rindfleischproduktion zu beobachten.

**Karte 1:** Grünlandanteil, Milchbetriebsgröße und Milcherzeugungsdichte in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen.

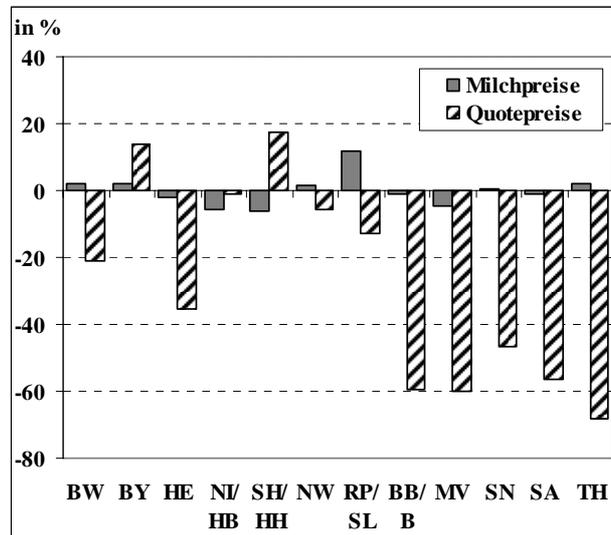
Viele der im Bereich der Milcherzeugung wettbewerbsfähigen Grünlandregionen weisen überdurchschnittliche Betriebsgrößen auf (vgl. Karte 1), die durch die Ausschöpfung von Economies of Scale ihre Einkommenssituation stabilisieren und verbessern können. In den westdeutschen Bundesländern trifft dies vor allem für Schleswig-Holstein, Niedersachsen, den Niederrhein und einige Regionen der Eifel zu. Demgegenüber sind in Süddeutschland die Betriebsstrukturen - auch in Regionen mit hoher Milcherzeugungsdichte - kleiner. Die weit überdurchschnittlichen Betriebsstrukturen in den ostdeutschen Bundesländern nehmen historisch bedingt eine Sonderstellung ein.

Grundsätzlich erreichen erfolgreiche Betriebe ein positives kalkulatorisches Betriebszweigergebnis, so dass neben der Entlohnung der eingesetzten Faktoren noch ein Unternehmergeinn erzielt wird. Auswertungen von Betriebszweigaussagen der Rinderspezialberatung weisen im Einzelnen die Gründe für die Unterschiede auf. Reserven liegen insbesondere bei der Senkung der Kosten für die Bestandsergänzung und das Grundfutter. Bezüglich der Grundfutterkosten können natürliche Standortbedingungen wie Ertragsniveau, Mechanisierbarkeit der Grünlandflächen sowie die Parzellengröße zu deutlichen Unterschieden führen. Weiteres Potential liegt in der Verbesserung der Milchleistung pro Kuh. Letztendlich haben leistungsstarke Betriebe ein deutlich besseres Herdenmanagement mit guter Arbeitsorganisation und Fütterungstechnik und damit erhebliche wirtschaftliche Vorteile (Dorfner, 2005).

Mit zunehmender Produktionsdichte sind Produktionsvorteile verbunden. Dazu zählt die Bündelung von Know How in vielen leistungsfähigen Betrieben, die im Wettbewerb um knappe Ressourcen (z. B. Land, Milchquote) stehen, was zu einer intensivierten Suche nach Rationalisierungsreserven führt. Hinzu kommen spezialisierte Berater und Tierärzte, die den Informationsstand über technische Neuerung und deren schnelle Diffusion erhöhen. Darüber hinaus sind bei einer höheren Produktionsdichte die Transportkosten z. B. der Milcherfassung oder der Distribution von Vorleistungsgütern geringer. Dies kann sich positiv auf die Milcherzeugerpreise bzw. Vorleistungsgüterpreise auswirken, da Molkereien die geringeren Erfassungskosten (teils) weitergeben können.

Die Milchpreise weisen im Zeitraum von 2000 bis 2004 starke saisonale und mittelfristige Schwankungen auf. Ausgeprägte Hochpreisregionen lassen sich jedoch über den gesamten Zeitverlauf mit Ausnahme von Rheinland-Pfalz nicht ausmachen. Im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2004 sind beim ZMP-Milchpreisvergleich (ZMP, 2005) keine nennenswerten Unterschiede zwischen den regionalen Milchpreisen festzustellen (vgl. Tabelle 1).

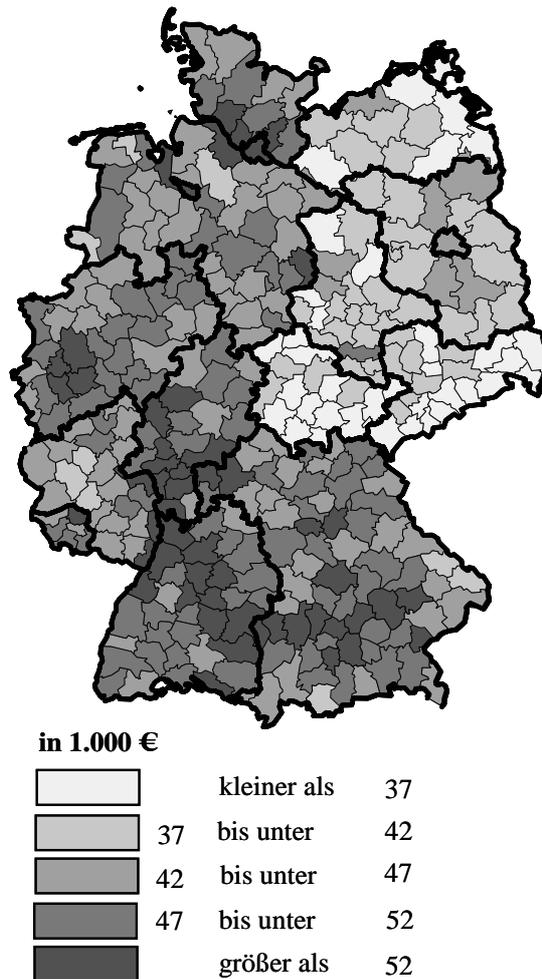
**Tabelle 1:** Durchschnittliche Abweichungen regionaler Erzeuger- und Quotenpreise für Milch vom Mittel in Deutschland (2000 bis 2005)



Quelle: ZMP. Eigene Berechnungen.

Eine wesentliche Kostengröße und das betriebliche Wachstum hemmender Faktor sind die zur Verfügung stehenden Lieferrechte für Milch. Die Übertragbarkeit der 1984 eingeführten Milchquoten wurde in der Vergangenheit mehrfach verändert und zunehmend flexibilisiert. Seit dem Jahr 2000 können sich wachstumswillige Betriebe über so genannte Milchquotenverkaufsstellen (Milchquotenbörsen) mit Milchquote versorgen. Der Milchquotenhandel ist in Deutschland innerhalb von 21 Übertragungsgebieten (in der Regel Bundesländer in Bayern und Baden-Württemberg Regierungsbezirke) regional begrenzt möglich. Von 2000 bis 2005 sind an den Milchquotenbörsen rund 1,8 Mio. t Milchquote gehandelt worden, das sind mittlerweile 7 % der durchschnittlichen jährlichen Milcherzeugung. Überdurchschnittlich viel wurden in den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg, und Hessen gehandelt. In den westdeutschen Bundesländern wurden im Durchschnitt überwiegend Milchmengen von 20.000 bis 50.000 kg gehandelt. Diese Mengen dienen offensichtlich dazu, den durch die Leistungssteigerungen der Milchkühe erforderlichen Bestandsabbau und die damit einher gehende Nichtauslastung von Stallkapazitäten zu vermeiden. Im Mittel werden die höchsten Milchquotenpreise in Schleswig-Holstein und Bayern gezahlt (vgl. Tabelle 1).

Weitere wichtige Determinanten für die regionale Wettbewerbsfähigkeit der Milcherzeugung sind neben der Größenausmaß auch die Eigentumsstruktur der Betriebe in einer Region sowie ihre Ausstattung mit Eigenkapital und Arbeitskräften. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Arbeitskräften sind insbesondere in der arbeitsintensiven Milchproduktion die Einkommensalternativen innerhalb und vor allem auch außerhalb der Landwirtschaft ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Zur Verdeutlichung der regionalen Unterschiede außerlandwirtschaftlicher Erwerbsmöglichkeiten in Deutschland, die für die Höhe der Opportunitätskosten einer Tätigkeit in der Milcherzeugung relevant sind, ist in Karte 2 die regionale durchschnittliche Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem als ein Anhaltswert dargestellt. Dabei treten die Ballungsgebiete Hamburg, Bremen sowie Köln/Düsseldorf sowie ein Verbund von Regionen, der sich wie ein Band vom Rhein-Main-Gebiet quer durch Baden-Württemberg bis zum Großraum München zieht, deutlich hervor. Weitere Zentren sind Hannover/Wolfsburg und Nürnberg/Erlangen/Bayreuth. Die günstigen außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten in diesen Regionen verschlechtern die Wettbewerbsfähigkeit der Milcherzeugung im Einzugsgebiet dieser Zentren. Auf der anderen Seite wirkt sich das geringere Einkommensniveau beispielsweise in Ostdeutschland und Teilen des Bayerischen Waldes positiv auf die regionale Wettbewerbsfähigkeit der Milcherzeugung aus.

**Karte 2:** Regionale Bruttowertschöpfung je Erwerbstätige(r) in Deutschland 2003 (in 1.000 €)

Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen.

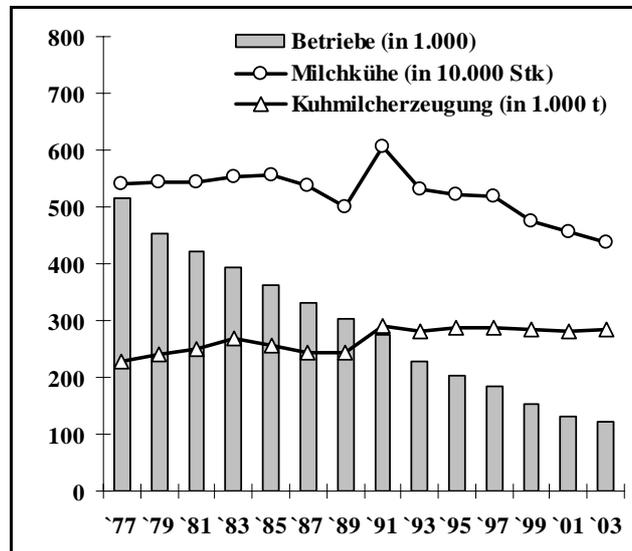
Die aufgezeigten Faktoren liefern jeweils Teilbeiträge zur Erklärung der unterschiedlichen regionalen Entwicklung der Milchproduktion in Deutschland, wobei diese Determinanten von Region zu Region ein unterschiedliches Gewicht haben. Darüber hinaus sind regional spezifische Konstellationen denkbar, die eine quantitative Bestimmung von Faktoren, die die regionale Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion beeinflussen, erschweren. Teilweise können positive Entwicklungen auch das Ergebnis agrarpolitischer Fördermaßnahmen im Rahmen der flankierenden Maßnahmen sein (Efken et al., 2005) oder vergleichsweise geringerer Hindernisse bei der Genehmigung von Neubauten. Da diese Informationen flächendeckend nicht zur Verfügung stehen, bleiben sie bei einer bundesweiten Analyse zur regionalen Wettbewerbsfähigkeit unberücksichtigt.

### 3 Darstellung der Milchproduktion und deren regionale Wanderung in der Vergangenheit

Zur Einordnung regionaler Verlagerungen der Milchproduktion in Deutschland wird zunächst die Entwicklung der Milcherzeugung insgesamt kurz skizziert, wobei die Entwicklung vor 1990 nur für das frühere Bundesgebiet dargestellt werden kann. Bis zur Einführung der Milchkontingentierung 1984 wurde die Milcherzeugung stetig ausgedehnt. Nach 1984 erfolgte durch Quotenaufkaufangebote und -kürzungen eine Einschränkung um ca. 2 Mio. t bzw. 8 %. Aufgrund der administrativ gesenkten Produktionsmenge und angesichts steigender Milchleistungen je Milchkuh wurde der Milchviehbestand sukzessive abgebaut. Die Anzahl der Milchkuh ging im Zeitraum von 1977 bis 2003 von 5,4 auf 4,4 Mio. Stück um 20 % zurück, obwohl die Milchproduktion bedingt durch die deutsche Wiedervereinigung um 25 % zunahm.

Bezeichnend für den hohen wirtschaftlichen Druck, dem die Milcherzeugung unterliegt, ist der enorme Strukturwandel. Die Anzahl der Milch erzeugenden Betriebe ist in den letzten 25 Jahren drastisch von 515 auf 120 Tsd. (einschl. des Wiedervereinigungseffektes) zurückgegangen. Das entspricht einem minus von 76 % (vgl. Tabelle 2). Für die nächsten 5 bis 10 Jahre wird eine weitere Halbierung der Anzahl der Milchviehhalter erwartet.

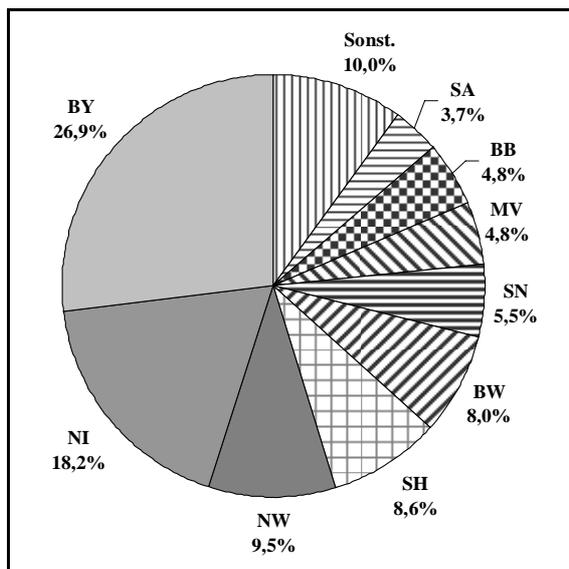
**Tabelle 2:** Entwicklung der Milchanlieferung, der Anzahl Milchviehhaltender Betriebe und des Milchkuhbestandes in Deutschland (1977 bis 2003)



Quelle: BMELV Stat.Jb. versch. Jgg.

In Deutschland befinden sich regionale Schwerpunkte der Milchproduktion in Bayern und Niedersachsen, auf die zusammen bereits 45 % der Milchproduktion entfallen (vgl. Tabelle 3). Weitere bedeutende Produktionsregionen sind Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg. Die Milchproduktionsanteile der Bundesländer haben sich abgesehen von der durch die Wiedervereinigung bedingten Neugewichtung seit Einführung der Milchkontingentierung nur marginal verändert, da ein Transfer von Milchquoten bis heute nur innerhalb der Bundesländer bzw. im Falle Bayerns und Baden-Württembergs innerhalb von Regierungsbezirken möglich ist. Das heißt, die heutige Allokation der Milcherzeugung auf die Bundesländer ist überwiegend das Ergebnis der Verschiebungen, die vor Einführung der Milchkontingentierung stattfanden. Im Zeitraum von 1971 bis 1983 konnten Niedersachsen, Schleswig-Holstein, und Bayern ihre Produktionsanteile durch überdurchschnittliche Zuwächse ausweiten. Demgegenüber fielen Hessen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen zurück (Kreins P, Cypris C, 2000).

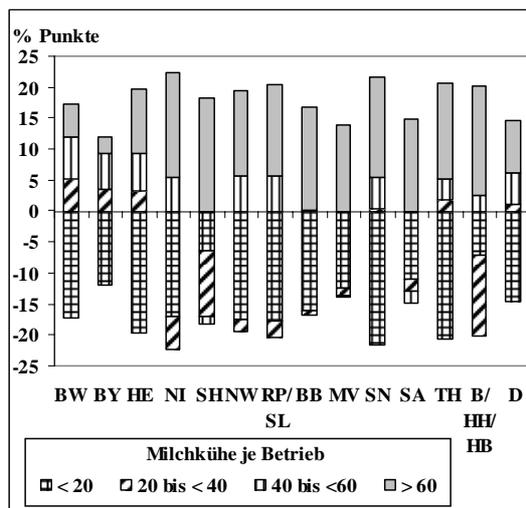
**Tabelle 3:** Regionale Milcherzeugung in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen.

Der Strukturwandel bei den Milcherzeugern ist mit einem Übergang zu größeren Betriebseinheiten verbunden. So nahm in den vergangenen 10 Jahren die Anzahl der kleinen Milchviehhaltenden Betriebe drastisch ab. Betrug der Anteil der Betriebe mit weniger als 20 Milchkühen 1995 bundesweit noch 54 % aller Milchviehhaltenden Betriebe, so ging er bis zum Jahr 2003 um etwa 15 %-Punkte (vgl. Tabelle 4) zurück. Demgegenüber hat der Anteil der größeren Betriebe mit über 60 Kühen um 5 %-Punkte im gleichen Zeitraum zugenommen. Regionale Unterschiede zeigen sich hier insbesondere darin, dass in Regionen mit überwiegend kleinbetrieblichen Strukturen wie Bayern, Baden-Württemberg und Hessen nur die Gruppe der Kleinbetriebe mit weniger als 20 Milchkühen rückläufig ist. In Regionen mit größeren Betriebsstrukturen (abgesehen von den ostdeutschen Bundesländern), insbesondere in Schleswig-Holstein und Niedersachsen nahmen bereits auch die Gruppen der mittleren Betriebsgrößen von 20 bis 60 Milchkühen ab. Der Anteil der großen Betriebe mit mehr als 60 Milchkühen stieg entsprechend um etwa 18 %-Punkte. Die im Rahmen der Agrarpolitikreform von 2003 beschlossenen Maßnahmen im Milchbereich dürften diesen Strukturwandel beschleunigen.

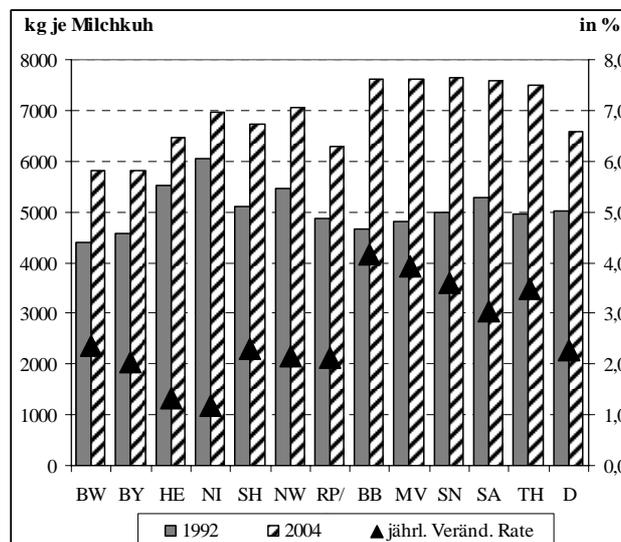
**Tabelle 4:** Veränderung der regionalen Bestandsgrößenstruktur Milchviehhaltender Betriebe von 1995 bis 2003 in Deutschland (in %-Punkten)



Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen.

Seit Anfang der 90er Jahre erfolgte in Deutschland eine Angleichung der durchschnittlichen regionalen Milchleistungen. Auffallend sind die sprunghaften Milchleistungssteigerungen in den ostdeutschen Bundesländern mit jährlichen Zuwachsraten zwischen 3 und 4 %. Diese Entwicklung ist zum einen dadurch zu erklären, dass beim Neuaufbau des Milchviehbestandes überwiegend Tiere mit hohem Leistungsniveau zugekauft wurden und zum anderen lässt es auf ein sehr effizientes Herdenmanagement in den Großbetrieben schließen. Bemerkenswert ist jedoch auch, dass sich die Milchleistungsabstände zwischen den westdeutschen Bundesländern verringert haben. Betrug die Differenz zwischen den höchsten Milchleistungen je Tier in Niedersachsen und den geringsten in Bayern 1993 noch 1.670 kg, so konnte dieser Abstand durch überdurchschnittliche Wachstumsraten in Bayern gegenüber unterdurchschnittlichen in Niedersachsen auf 1.160 kg im Jahr 2004 verringert werden. Ein wesentlicher Grund liegt in der veränderten agrarpolitischen Weichenstellung durch die Senkung der Rindfleischpreise Anfang der 90er Jahre und die Umstellung auf Prämien. Dadurch sank die Wettbewerbsfähigkeit der traditionell in Süddeutschland gehaltenen Zweinutzungsrinderrassen, so dass eine stärker milchbetonte Züchtung angestrebt wurde. Eine schnelle Umsetzung und Diffusion der neuen Ausrichtung wurde durch die zunehmende regionale Spezialisierung, die in Bayern später einsetzte als in Niedersachsen (siehe unten), unterstützt.

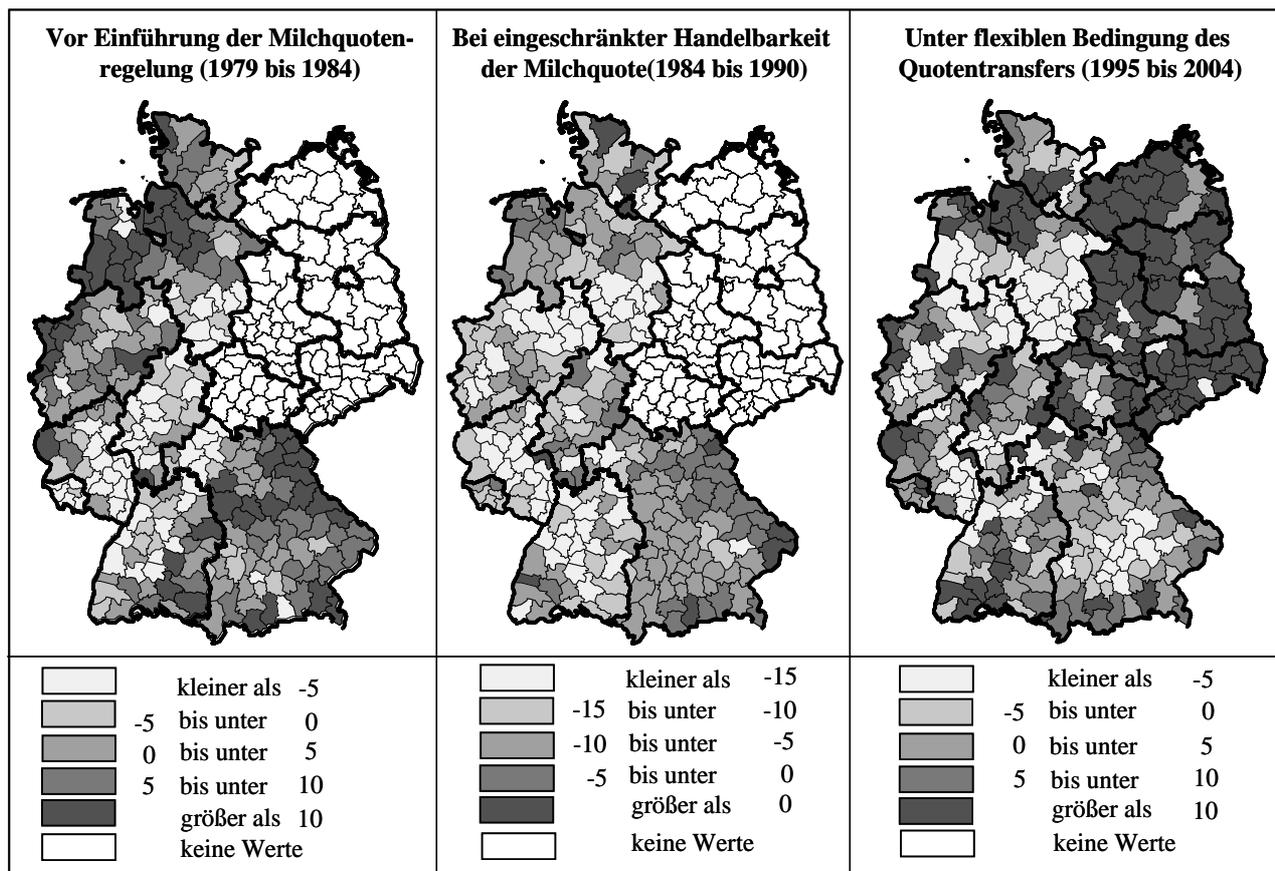
**Tabelle 5:** Veränderung der regionalen Milchleistungen von 1995 bis 2003 in Deutschland (in % Punkten)



Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen.

Aufgrund des regional beschränkten Milchquotenhandels fokussiert die folgende Betrachtung der Wanderung der Milcherzeugung auf Verlagerungen innerhalb der 21 Übertragungsgebiete. Die räumliche Abgrenzungsebene bilden die so genannten Regionshöfe des Regionalen Agrar- und Umweltinformationssystems RAUMIS (Henrichsmeyer et al., 1996), die weitgehend den Landkreisen entsprechen (vgl. Karte 3). Die Entwicklung der regionalen Milchproduktion wird in drei Phasen untergliedert: 1. Phase vor Einführung der Milchkontingentierung, 2. Phase bei eingeschränkter Übertragbarkeit in den Jahren direkt nach ihrer Einführung sowie 3. Phase bei einer Flexibilisierung des Quotentransfers ab Mitte der 90er Jahre. Für eine Analyse der interregionalen Wettbewerbsfähigkeit ist insbesondere die Entwicklung seit 1990-93 bedeutsam, da seitdem der interregionale Quotentransfer erleichtert wurde. In einem ersten Schritt wurde das flächenunabhängige Verpachten von Quoten innerhalb von Bundesländern bzw. Regierungsbezirken erlaubt und das Leasing von Quoten innerhalb der - teils länderübergreifenden - Molkereierfassungsgebiete ermöglicht. In einem zweiten Schritt erfolgte die Einführung des oben beschriebenen Milchquotenhandels über Milchbörsen.

**Karte 3:** Änderung der regionalen Milcherzeugung in Deutschland (in % des jeweiligen Bezugsjahres)



Quelle: Statistisches Bundesamt. Eigene Berechnungen und Schätzungen.

Innerhalb der Übertragungsgebiete haben sich einige Grünlandregionen über den gesamten Zeitraum hinweg als besonders wettbewerbsfähig erwiesen. Darunter befinden sich in erster Linie die Regionen, die gegenwärtig durch hohe Milchproduktionsdichten gekennzeichnet sind. Die oben beschriebene Spezialisierung dieser Regionen auf die Milchproduktion (vgl. Karte 1) fand bereits in starkem Maße vor Einführung der Milchkontingentierung statt. In der norddeutschen Küstenregion, in den Mittelgebirgslagen der Eifel, des Sauerlandes, des Bayerischen Waldes und des Voralpenlandes wurde die Produktion in den fünf Jahren vor der Milchquotierung um mehr als 10 % ausgedehnt (vgl. Karte 3). Außerdem spezialisierten sich einige weniger ertragreiche Ackerbaustandorte wie das Emsland und der Niederrhein auf die Milchproduktion allerdings auf Basis des Silomaisanbaus, für den auf diesen Standorten vergleichsweise gute Wachstumsbedingungen vorliegen. In den 70er und 80er Jahren wurde hierzu ein beträchtlicher Teil des Grünlandes umgebrochen.

Demgegenüber wurde die Milcherzeugung in anderen Grünlandregionen beispielsweise in Teilen des Schwarzwaldes, der Schwäbischen Alb sowie des Hunsrücks und Westerwaldes deutlich eingeschränkt. Da sich diese Regionen im Einzugsgebiet von Ballungsräumen befinden, werden wesentliche Gründe für die Entwicklung sicherlich in den vergleichsweise guten außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten sowie der zunehmenden Bedeutung des Tourismus "Ferien auf dem Bauernhof" liegen. Darüber hinaus erfolgte ebenfalls ein Rückgang der Milchproduktion auf ertragreichen Ackerbaustandorten wie bspw. der Hildesheimer Börde oder Sonderkulturregionen wie in Rheinpfalz und Baden.

Die 2. Phase nach Einführung der Milchquotierung war geprägt durch sukzessive Quotenkürzungen, die sich für das Frühere Bundesgebiet im Zeitraum von 1984 bis 1990 auf insgesamt rund 4 % beliefen. Trotz der sehr eingeschränkten Übertragbarkeit der Quote, die an entsprechende landwirtschaftliche Flächen gebunden war, setzte sich die regionale Spezialisierung auch in dieser Phase fort. Einige der sich bereits in der 1. Phase erkennbar auf die Milchproduktion spezialisierenden Regionen konnten auch angesichts der Quotenkürzungen einen Produktionszuwachs erzielen, beispielsweise in Schleswig-Holstein, im Bayerischen Wald und im Alpenvorland. Demgegenüber wurde die Milcherzeugung auf den bereits genannten guten Ackerbaustandorten wie der Hildesheimer Börde, Warburger Börde und Köln Aachener Bucht sowie auf weniger günstigen Grünlandstandorten z.B. im Hunsrück, Westerwald und der Schwäbischen Alb überdurchschnittlich abgebaut.

Seit Mitte der 90er Jahre hat sich die regionale Spezialisierung der Milchproduktion aufgrund der zunehmenden Flexibilisierung des Quotentransfers innerhalb der Übertragungsgebiete verstärkt. Hierbei ist festzustellen, dass die Milchproduktion nun auch auf solchen Ackerbaustandorten eingeschränkt wurde, die diesbezüglich bisher wenig auffällig waren wie in Bayern. Demgegenüber kehrte sich die Situation in einigen Grünlandregionen, in denen die Milchproduktion bisher reduziert wurde, um bspw. in einigen Regionen Ostessens und der Schwäbischen Alb. Die Produktionsausdehnung in den ostdeutschen Bundesländern ist im Zusammenhang mit dem allmählich erfolgenden Aufbau von Produktionskapazitäten bis zur Höhe der ihnen zugewiesenen Quoten zu sehen, die anfänglich nicht gleich erfüllt werden konnten.

#### **4 Schlussfolgerungen für die zukünftige regionale Milchproduktionsentwicklung**

Auf Grundlage der dargestellten Ex-Post-Analyse lassen sich hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Milcherzeugung und ihrer regionalen Allokation in Deutschland folgende Tendenzen ableiten:

1. Die Maßnahmen der GAP-Reform von 2003 erfordern erhebliche Rationalisierungen und forcieren den Strukturwandel der Milcherzeugung und ihre regionale Spezialisierung.

Die Reformen der Gemeinsamen Agrarpolitik von 2003 beinhalten für den Milchsektor eine stärkere Marktorientierung. Aufgrund der Preissenkungen für Magermilchpulver und Butter ist eine Erzeugerpreissenkung für Milch zu erwarten, wodurch der ökonomische Druck auf die Produktion erheblich zunimmt. Gleichzeitig wird durch die entkoppelte Milchprämie ein Ausstieg aus der Milchproduktion erleichtert. Zum Erhalt der Rentabilität bei einem verringerten Erzeugerpreis sind weitere Rationalisierungen im Milchsektor erforderlich. Diese dürften sowohl den Strukturwandel unter den Milcherzeugern als auch die regionale Spezialisierung der Milchproduktion beschleunigen.

2. Die Quote wird weiterhin erfüllt, so dass sich die Milcherzeugung insgesamt kaum verändert.

Infolge der Milchpreissenkung wird die Quotenrente abnehmen und somit ein Teil des Einkommenseffektes auf Quoteneigentümer überwältigt. Dies geschieht in Form geringerer Quotenhandelspreise oder gar durch Nachverhandlungen bei noch bestehenden langfristigen Pachtverträgen über Milchquoten. Damit sind auf der einen Seite geringere Quotenerlöse für ab(auf)gebende Betriebe und auf der anderen Seite geringere Bestandsaufstockungskosten für wachsende Betriebe verbunden. Da sich die Preissenkung weitgehend im Rahmen der derzeitigen Quotenrente befindet, ist weiterhin davon auszugehen, dass die Quote limitierend wirkt und somit erfüllt wird (Bertelsmeier, Kleinhanß, Offermann, 2004; Isermeyer, 2005).

3. Die Milchproduktion konzentriert sich weiterhin in den wettbewerbsfähigsten Grünlandregionen zulasten von Ackerbaustandorten sowie weniger günstigen Grünlandstandorten.

In der Vergangenheit haben sich unabhängig von den agrarpolitischen Rahmenbedingungen regionale Schwerpunkte der deutschen Milchproduktion herausgebildet. Der Konzentrationsprozess ist also kein erst kürzlich aufgetretenes Phänomen, sondern ein Prozess, der schon seit Jahrzehnten im Gange ist. Die Konzentrationsräume liegen eindeutig in den Grünlandregionen Nord-West und Süd-Deutschlands. Die Gründe dafür waren jeweils vielfältige unterschiedliche natürliche und/oder wirtschaftliche Standortfaktoren. Eine Umkehr dieser Entwicklung ist angesichts der beschlossenen agrarpolitischen Maßnahmen nicht zu erwarten. Diese Regionen werden sich auch in Zukunft zunehmend auf die Milchproduktion spezialisieren, zumal mit der Agglomeration vielfältige Vorteile verbunden sind, die insgesamt die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Regionen verbessern. In Ostdeutschland haben sich große, fortschrittliche und leistungsstarke Betriebsstrukturen etabliert und auf dieser Grundlage über gute Voraussetzungen verfügen, auch zukünftig Produktionsanteile auszubauen.

Auf Ackerbaustandorten ist die Milcherzeugung in den letzten 25 Jahren stark zurückgegangen. Hier haben sich andere Nutzungsarten als wirtschaftlicher erwiesen und nach und nach die Milchproduktion verdrängt. Auch auf weniger wettbewerbsfähigen Grünlandstandorten wird die Milchproduktion weiterhin eingeschränkt, wodurch sich das gegenwärtige Bild einer flächendeckenden Landbewirtschaftung regional stark verändern kann.

#### **5 Zusammenfassung**

Angesichts des durch die Maßnahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) von 2003 erhöhten wirtschaftlichen Drucks auf die Milcherzeugung wird in diesem Beitrag die regionale Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion anhand ausgewählter Standortparameter und regionaler Verlagerungen in der Vergangenheit untersucht, um die zukünftige Wanderung der Milchproduktion abzuschätzen. Als Indikatoren zur Abgrenzung unterschiedlicher Standorte wurden der Grünlandanteil, die Milcherzeugungsdichte, die Betriebsstrukturen sowie die Opportunitätskosten der Arbeit in der Landwirtschaft verwendet.

Bei der ex-post Entwicklung wurden drei Phasen mit unterschiedlichen Milchmarktregimen differenziert. Für alle drei Phasen konnte eine weitgehend gleichgerichtete regionale Spezialisierung der Milcherzeugung festgestellt werden. Regionen mit einem hohen Grünlandanteil in norddeutschen Küstenregionen, in Mittelgebirgslagen und im Alpenvorland haben sich aufgrund ihrer natürlichen und/oder wirtschaftlichen Standortfaktoren als besonders wettbewerbsfähig erwiesen, was zu einer Konzentration der Milcherzeugung auf diesen Standorten führte. Die zunehmende regionale Agglomeration der Milcherzeugung scheint sich als eigener Standortfaktor, z. B. durch die Vorteile der Bündelung von Know How und dessen schneller Diffusion, heraus zu kristallisieren. Eine Umkehr der regionalen Spezialisierungstendenzen ist angesichts der beschlossenen agrarpolitischen Maßnahmen nicht zu erwarten, d. h. die Milchproduktion wird sich auch in Zukunft weiterhin in den wettbewerbsfähigsten Grünlandregionen zu Lasten von Ackerbaustandorten sowie weniger günstigen Grünlandstandorten konzentrieren. In letzteren meist ländlich geprägten Räumen kann der Rückgang der Milcherzeugung negative Auswirkungen bspw. auf die wirtschaftliche Entwicklung oder auf die flächendeckende Landbewirtschaftung zur Folge haben.

### Literatur

- Bertelsmeier M., Kleinhanß W., Offermann F. (2004): Rahmenbedingungen und Folgen unterschiedlicher Milchmarktpolitiken in Nordrhein-Westfalen. Institut für Betriebswirtschaft. Arbeitsbericht 04/2004. Braunschweig
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (versch. Jgg.). Münster-Hiltrup : Landwirtschaftsverlag, ISBN 3-7843-3208-0
- Diepenbrock W., Fischbeck G., Heyland K., Knauer N. (1999): Spezieller Pflanzenbau : 3. Auflage. Stuttgart : UTB, Seiten 523, ISBN 3825201112
- Dorfner G. (2005): Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Institut für Agrarökonomie Betriebswirtschaftliche Perspektiven für die bayerischen Milchviehhalter. Vortragsmanuskript anlässlich der Landtechnisch-Baulichen Jahrestagung 2005 zum Thema "Perspektiven in der Milchviehhaltung" am 24. November 2005 in Bayreuth (Tagungsband), zu finden in [http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/14930/linkurl\\_0\\_4.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/14930/linkurl_0_4.pdf) am 6.11.2005
- Efken J., Forstner B., Krahe V., Margarian A. (2005): Bewertung der hessischen Maßnahme Produktinnovation und Vermarktungsalternativen für den Förderzeitraum 2000 bis 2004. Arbeitsbericht des Instituts für Betriebswirtschaft sowie des Instituts für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik. 10/2005. Braunschweig : Seiten 129
- Grams M. (2004): Analyse der EU-Milchmarktpolitik bei Unsicherheit. Berlin. Dissertation an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, zu finden in <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/grams-michael-2004-01-30/PDF/Grams.pdf> am 6.1.2005, Seiten, 273
- Henrichsmeyer W., Cypris C., Löhe W., Meudt M., Sander R., von Sothen F., Isermeyer F., Schefski A., Schlef K.-H., Neander E., Fasterding F., Helmcke B., Neumann M., Nieberg H., Manegold D., Meier T. (1996): Entwicklung eines gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BML (94 HS 021), vervielfältigtes Manuskript Bonn/Braunschweig
- Isermeyer F. (2005): Deutscher Bundestag 15. Wahlperiode Protokoll Nr. 15/25 Ausschuss für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft Wortprotokoll der 25. Sitzung Montag, 08. Dezember 2003, 11:00 Uhr Sitzungsort: Berlin, Paul-Löbe-Haus Sitzungssaal: E.700 Öffentliche Anhörung "Nationale Umsetzung der Beschlüsse zur EU-Agrarreform"
- Kreins P., Cypris C. (2000): Entwicklungen der regionalen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Milchproduktion und Folgen für die Landnutzung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. 36:29-36
- Rat der Europäischen Union (2003a) Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 2019/93, (EG) Nr. 1452/2001, (EG) Nr. 1453/2001, (EG) Nr. 1454/2001, (EG) Nr. 1868/94, (EG) Nr. 1251/1999, (EG) Nr. 1254/1999, (EG) Nr. 1673/2000, (EWG) Nr. 2358/71 und (EG) Nr. 2529/2001. Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.10.2003. L 270/1
- Rat der Europäischen Union (2003b) Verordnung (EG) Nr. 1787/2003 des Rates vom 29. September 2003 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1255/1999 über die gemeinsame Marktorganisation für Milch und Milcherzeugnisse. Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.10.2003. L 270/121

Rat der Europäischen Union (2003c) Verordnung (EG) Nr. 1788/2003 des Rates vom 29. September 2003 über die Erhebung einer Abgabe im Milchsektor. Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.10.2003. L 270/123

Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (ZMP) (2005) ZMP-Marktbilanz Milch 2005: Deutschland Europäische Union Weltmarkt. Bonn : Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, Seiten 279

## Wohin bewegt sich der Milchpreis in Deutschland und der EU?

Petra Salamon<sup>1</sup>

Den EU-Milchmarkt beeinflussen neben gesamtwirtschaftliche Rahmenbedingungen die Situation am Weltmarkt sowie eine Reihe von marktpolitischen Faktoren. Während sich in den meisten Sektoren der EU inzwischen ein Wandel zu einer stärkeren Marktorientierung vollzogen hat, befindet sich der EU-Milchmarkt noch mitten im Transformationsprozess. Sichtbar wird diese Entwicklung beispielsweise an dem in den letzten Jahren rückläufigen Erzeugerpreis für Milch, kompensiert durch entsprechende Ausgleichszahlungen. Ausgelöst wurden diese Anpassungen durch die Veränderungen der Binnenmarktpolitik der EU im Rahmen der Agenda 2000 bzw. deren Revision durch den Mid-Term Review (MTR)(CAP Monitor, 2005). Allerdings ist die Implementierung des MTR noch nicht vollständig abgeschlossen, so dass sich zeitliche und inhaltliche Überschneidungen zu den handelspolitischen Vereinbarungen im Rahmen der WTO ergeben werden. Da der Milchmarkt der EU wie in vielen anderen Industrieländern relativ hoch protektioniert ist, werden neue WTO-Vereinbarungen stärker als die Uruguay-Runde den Milchmarkt beeinflussen. Aber auch nach den Verhandlungen in Hongkong bestehen Unsicherheiten, da bisher noch keine quantitativen Maßnahmen, insbesondere bezüglich des Marktzugangs, beschlossen wurden. Konkrete Informationen dürften sich aus der Festlegung der Modalitäten bis Ende April 2006 ergeben, die dann auch die Milchprodukte betreffen werden.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, die Effekte der verschiedenen Maßnahmen zu quantifizieren und vor allem die Auswirkungen auf den Milchpreis abzuschätzen. Da der EU-Milchmarkt nicht mehr unabhängig vom Weltmarkt betrachtet werden kann, erfolgt zuvor ein kurzer Überblick über die Zusammenhänge zwischen Welt- und Binnenmarkt. Quantitativ werden dann die Wirkungen der Politikmaßnahmen auf dem EU-Binnenmarkt abgeleitet. Da hinsichtlich der WTO-Vereinbarungen augenblicklich nur der Wegfall der Exportsubventionen beschlossen wurde, erfolgt zusätzlich die Simulation deren Abschaffung. Grundlage für die Berechnungen bildet das partielle Gleichgewichtsmodell AG-MEMOD (Salamon and von Ledebur, 2004). AGMEMOD steht für Agricultural Sector in the Member States and EU: Econometric Modelling for Projections and Analysis of EU Policies on Agriculture, Forestry and the Environment und wurde von der EU-Kommission im 5. Rahmenprogramm gefördert (Contract No QLK5-CT-2000-00473).

Neben dem Fortfall der Erstattungen wird bei Milchprodukten auch der verbesserte Marktzugang für Importe Einfluss auf die Binnenmarktsituation haben. Neben den Importen zu regulären Zollsätzen spielen hier Einfuhren zu reduzierten präferentiellen Zollsätzen innerhalb mengenmäßig begrenzter Zollquoten (Tariff Rate Quotas (TRQs)) eine wichtige Rolle (Kurzweil, von Ledebur, Salamon, 2003). Allerdings besteht bisher kein Konsens über die zu erwartenden Kürzungen der Zölle und der möglichen Behandlung der TRQs im Rahmen der WTO-Verhandlungen. Da die Handelsbeziehungen sich je nach betrachtetem Milchprodukt stark unterscheiden, werden in einem weiteren Abschnitt exemplarisch Auswirkungen am Beispiel der Produktgruppe Butter untersucht. In diesem Zusammenhang wird auch näher auf die Problematik der sensiblen Produkte eingegangen. Abschließend werden einige Schlussfolgerungen präsentiert.

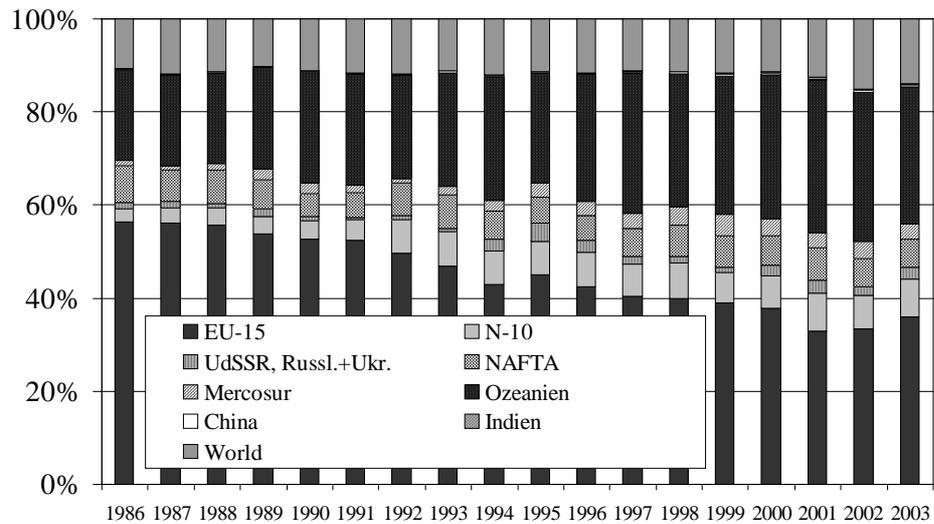
### 1 Weltmarkt für Milchprodukte und der Zusammenhang zum EU-Binnenmarkt

Der Weltmilchmarkt expandiert seit den 60er Jahren relativ kontinuierlich mit Wachstumsraten zwischen 1 und 2 % jährlich auf inzwischen 619 Mill. t im Jahr 2004 (FAOSTAT 2005). Noch ist die EU größter supranationaler Produzent mit knapp 147 Mio. t Milch (Kuhmilch und andere) und einem Anteil von gut 20 % am Weltaufkommen. Die wichtigste einzelne Erzeugungsregion ist Indien mit rund 92 Mio. t Milch insgesamt und einem Anteil von 14,7 %. Seit Einführung der Garantiemengenregelung Milch, die weitgehend das Wachstum der Milcherzeugung in der EU begrenzt hat, ist dieser EU-Anteil gesunken. Anfang der 80er Jahre hatte er noch bei 28 % gelegen.

Verglichen mit der Milchproduktion ist der Handel gering. Der Welthandel (auf Exportbasis), ohne EU-Intrahandel, umfasste im Jahr 2003 rund 44 Mio. t Milchäquivalent oder 7 % der Weltmilchproduktion, wobei das Exportwachstum nachfragebedingt dynamischer als die Produktionsausdehnung verlief. Die EU ist weltweit einer der wichtigsten Exporteure von Milchprodukten (Abbildung 1).

---

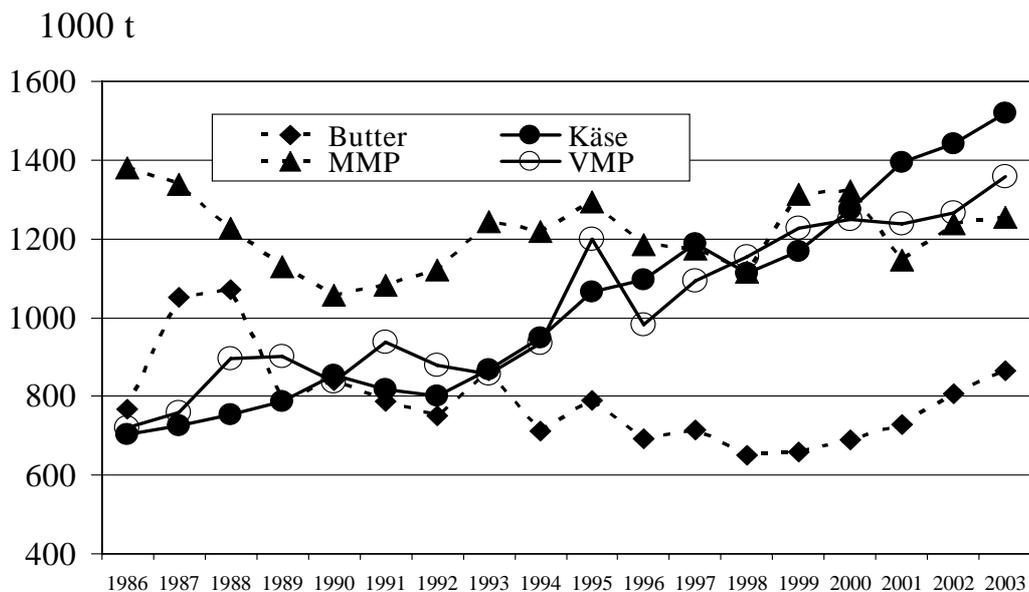
<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, ma@fal.de



**Abbildung 1:** Struktur der weltweiten wertmäßigen Milchexporte

Durch die Kontingentierung der Milchproduktion sank allerdings der Anteil der EU an den weltweiten, wertmäßigen Exporten an Milchprodukten von insgesamt 56 % im Jahr 1986 auf 36 % im Jahr 2003. Im gleichen Zeitraum konnten andere Produktionsregionen ihren Exportanteil entsprechend ausweiten, insbesondere die Anbieter aus dem ozeanischen Raum mit einer Ausdehnung ihres Anteils von knapp 20 % auf über 30 %. Leichte Zunahmen sind aber auch für die Mercosur-Länder zu verzeichnen.

Die Zunahme der Importnachfrage ist produktspezifisch sehr differenziert ausgefallen (Abbildung 2). Vor allem ist die Drittlands-Importnachfrage nach Vollmilchpulver und insbesondere nach Käse kontinuierlich gestiegen, während die Situation bei den Interventionsprodukten uneinheitlich war. Nach Einführung der Milchquotenregelung kam es zu einem deutlichen Rückgang der weltweiten Importe an Butter, und zwar bis Ende der 90er Jahre. Seitdem haben sich die Importe an Butter wieder erholt, unterschreiten aber weiterhin das überhöhte Niveau Mitte der 80er Jahre. Nicht ganz so dramatisch verlief der Rückgang bei den weltweiten Importen an Magermilchpulver. Hier kehrte sich die Entwicklung schon Anfang der 90er Jahre um und die Nachfrage wächst seitdem wieder.



**Abbildung 2:** Globale mengenmäßige Importe (ohne EU-Intrahandel) an Milchprodukten

Da ein nicht unerheblicher Teil der Ausfuhren subventioniert wird, spiegelt die Entwicklung der Weltmarktpreise nicht zwangsläufig die Nachfrageentwicklung wider. Trotzdem hat die Zunahme der Importnachfrage einen Anstieg aller Weltmarktpreise für Milchprodukte bewirkt, obwohl der Nachfragezuwachs bei den verschiedenen Milchprodukten sehr unterschiedlich und bei den Interventionsprodukten deutlich geringer ausgefallen ist (Abbildung 3). Einerseits bestehen aber alle Milchprodukte aus den Komponenten Fett und Eiweiß, was eine Preisdifferenzierung zwischen den Produkten begrenzt. Andererseits wird diese Entwicklung auch durch die Limitierung der subventionierten Exportmengen im Zuge der Uruguay-Runde gestützt (Salamon und Kurzweil, 2004). Hinzu kommt, dass insbesondere bei Butter die EU die subventionierten Exportmöglichkeiten nicht ausschöpft (Salamon, 2003).

Ein Vergleich zwischen Weltmarktpreisen und Binnenmarktpreisen zeigt, dass die EU-Binnenmarktpreise für Milchprodukte stärker differenziert sind als die Weltmarktpreise (ZMP, 2005a und 2005b). Allerdings übersteigen die Binnenmarktpreise für alle Milchprodukte die Weltmarktpreise deutlich, wobei die Abweichungen bei Käse und Butter besonders ausgeprägt sind.

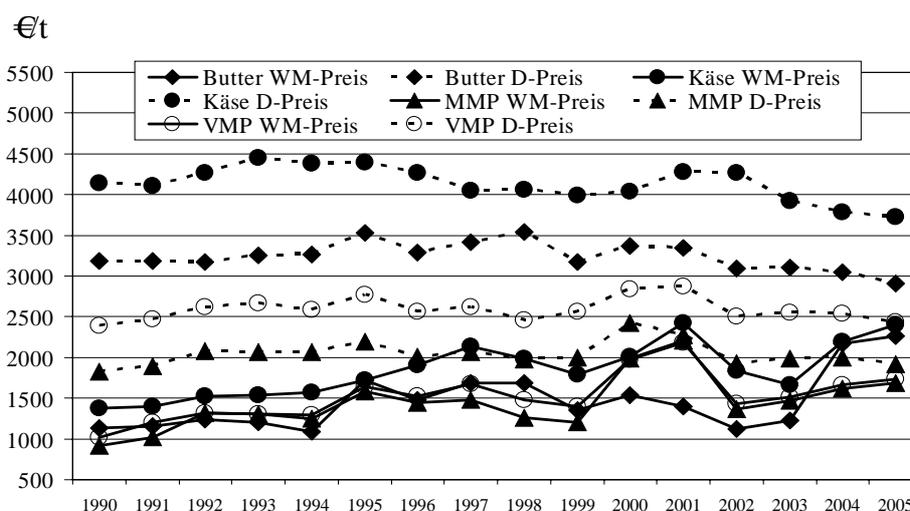


Abbildung 3: Großhandelspreise in Deutschland und Weltmarktpreise verschiedener Milchprodukte

Da Rohmilch nur regional gehandelt wird, stehen keine Informationen über Weltmarktpreise für Milch zur Verfügung. Aber zumindest kalkulatorische Weltmarktpreise für Rohmilch können aus den Weltmarktpreisen für Butter und Magermilchpulver abgeleitet werden. Aufgrund einer vom Binnenmarkt abweichenden Preisdifferenzierung und den bestehenden Handelsmaßnahmen wie Exportsubventionen, Importzölle und Importquoten sind diese mit den EU-Erzeugerpreisen nur bedingt vergleichbar (Abbildung 4).

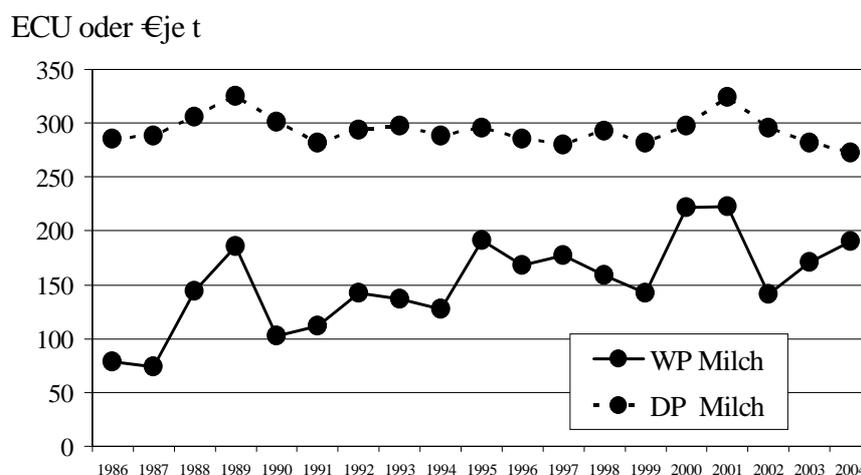


Abbildung 4: Milcherzeugerpreis in Deutschland und kalkulatorischer Weltmarktpreis für Rohmilch

Trotz dieser Einschränkungen können aber folgende Aussagen getroffen werden: Der deutsche Erzeugerpreis für Milch ist seit Mitte der 80er Jahre mit Schwankungen leicht gesunken, unter anderem auch durch marktpolitische Maßnahmen, während in dieser Zeit der kalkulierte Weltmarktpreis gestiegen ist.

Dadurch hat sich die Differenz zwischen beiden Preisen deutlich verringert, auch wenn weiterhin der deutsche Erzeugerpreis den kalkulierten Weltmarktpreis überschreitet.

## 2 Beschlossene und zu erwartende agrarpolitische Maßnahmen

### 2.1 Gemeinsame Agrarpolitik

Schon im Rahmen der Agenda 2000 waren eine Reihe von Beschlüssen getroffen worden, die sich auf die gemeinsame Marktorganisation für Milch bezogen und die insbesondere Interventionspreissenkungen bei gleichzeitiger Kompensation durch Direktzahlungen zum Ziel hatten. Die Implementierung dieser Maßnahmen war über einen längerfristigen Zeitraum vorgesehen. Zwischenzeitlich wurden aber einige der Beschlüsse im Rahmen des Mid-Term Reviews (MTR) verändert beziehungsweise verschärft:

Um eine politische Einigung über die Reform des Milchsektors herzustellen, waren einigen Mitgliedstaaten (Italien, Spanien, Griechenland, Irland und Nordirland) zeitnah beginnend mit den Quotenjahren 2000/01 und 2001/02 spezifische Zusatzquoten zugewiesen worden, die jeweils zur Lösung spezieller Probleme beitragen sollten. Alle übrigen Mitgliedstaaten der EU-15, nämlich Belgien, Dänemark, Deutschland, Griechenland, Frankreich, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Portugal, Finnland, Schweden und das Vereinigte Königreich, sollten allgemeine Zusatzquoten in Höhe von insgesamt 1,5 % ihrer Referenzmengen verteilt auf drei Tranchen beginnend mit dem Quotenjahr 2005/06 erhalten (Tabelle 1). Zur Abmilderung des zu erwartenden Preisdrucks auf die Erzeugerpreise wurde im Rahmen des MTR der Beginn der Verteilung dieser Zusatzquoten zeitlich auf das Quotenjahr 2006/07 verschoben. In der EU-15 steigen die Referenzmengen im Vergleich zum Jahr 1999/2000 um 2,4 % an.

**Tabelle 1:** Entwicklung der verfügbaren Milchquoten in der EU

	2001/02	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
	(1000 t)						
Belgien	3310	3310	3310	3310	<b>3327</b>	<b>3344</b>	<b>3360</b>
Dänemark	4455	4455	4455	4455	<b>4478</b>	<b>4500</b>	<b>4522</b>
Deutschland	27865	27865	27865	27865	<b>28004</b>	<b>28142</b>	<b>28282</b>
Griechenland	701	<b>821</b>	821	821	821	821	821
Spanien	6117	6117	6117	6117	6117	6117	6117
Frankreich	24236	24236	24236	24236	<b>24537</b>	<b>24578</b>	<b>24599</b>
Irland	5396	5396	5396	5396	5396	5396	5396
Italien	10530	10530	10530	10530	10530	10530	10530
Luxemburg	269	269	269	269	<b>270</b>	<b>272</b>	<b>273</b>
Niederlande	11075	11075	11075	11075	<b>11130</b>	<b>11185</b>	<b>11241</b>
Österreich	2749	2749	2749	2749	<b>2763</b>	<b>2778</b>	<b>2791</b>
Portugal	1870	1870	1870	<b>1920</b>	<b>1930</b>	<b>1939</b>	<b>1949</b>
Finnland	2406	2406	2406	2407	<b>2419</b>	<b>2431</b>	<b>2443</b>
Schweden	3303	3303	3303	3303	<b>3320</b>	<b>3336</b>	<b>3353</b>
VK	14610	14610	14610	14610	<b>14683</b>	<b>14756</b>	<b>14829</b>
<b>EU-15</b>	<b>118892</b>	<b>119012</b>	<b>119012</b>	<b>119063</b>	<b>119725</b>	<b>120125</b>	<b>120507</b>
Tschechien			2682	2682	2682	2682	2682
Estland			624	624	624	624	624
Zypern			145	145	145	145	145
Lettland			695	695	695	695	695
Litauen			1646	1646	1646	1646	1646
Ungarn			1947	1947	1947	1947	1947
Malta			49	49	49	49	49
Polen			8964	8964	8964	8964	8964
Slowien			560	560	560	560	560
Slowakei			1013	1013	1013	1013	1013
<b>EU-25</b>			<b>137337</b>	<b>137388</b>	<b>138050</b>	<b>138450</b>	<b>138832</b>

Die Agenda 2000 sah Interventionspreissenkungen in Höhe von 15 % vor, was aber im MTR noch verschärft wurde. Zwar blieb es bei der beschlossenen Interventionspreissenkung bei Magermilchpulver um insgesamt -15 % in 3 Schritten von 2055 €/t auf 1797 €/t nun beginnend mit dem Milchwirtschaftsjahr 2004/05, aber die Interventionspreissenkung bei Butter wurde auf insgesamt -25 % heraufgesetzt (Tabelle 2). Hier sollte die Senkung in 4 Schritten von 3282 €/t auf 2464 €/t beginnend ab 2004/05 durchgeführt werden. Sukzessive ist eine Einschränkung der Butterintervention von 70 000 t im Jahr 2004 auf 30 000 t im Jahr 2008 vorgesehen. Zur Kompensation der Interventionspreis- und der damit verbundenen Erzeugerpreissenkungen wurde die Einführung einer Milchkuhprämie beschlossen. Berechnungsgrundlage stellen die Garantiemengen des Jahres 1999/2000 dar. Die Milchprämie betrug 8,15 €/t Quote im Jahr 2004, stieg auf 16,31 €/t Quote im Jahr 2005 und beträgt seit dem Jahr 2006 24,49 €/t Quote.

Hinzu kommen nationale Ergänzungszahlungen. Ab 2007 sollen die Prämien obligatorisch in die Betriebsprämie einbezogen und dadurch von der Milcherzeugung entkoppelt werden. Insgesamt ist die Quotenregelung bis einschließlich 31.03.2015 verlängert worden.

**Tabelle 2:** Beschlossene Interventionspreissenkungen

	Agenda 2000		MTR	
	IP Butter	IP MMP	IP Butter	IP MMP
	(€/t)			
2003/04	3282,0	2055,2	3282,0	2055,2
2004/05	3282,0	2055,2	3052,3	1952,4
2005/06	3117,9	1952,4	2824,4	1849,7
2006/07	2953,8	1849,7	2595,2	1746,9
2007/08	2789,7	1746,9	2463,9	1746,9
2008/09	2789,7	1746,9	2463,9	1746,9

## 2 Mögliche Beschlüsse der WTO

Neben dem Zucker- und dem Rindfleischsektor gilt der Milchbereich der EU als vergleichsweise hoch-protektioniert. Da die laufenden WTO-Verhandlungen der Doha-Entwicklungs-Runde (Doha Development Round: DDA) zu einer spürbaren Senkung der Agrarprotektion führen sollen, ist mit deutlichen Einschnitten hinsichtlich der Exportsubventionen, des Marktzuganges und auch der Binnenmarktstützung zu rechnen. Allerdings haben sich die im Jahr 2001 aufgenommenen Verhandlungen erwartungsgemäß als sehr schwierig erwiesen. In dem so genannten Harbinson-Papier des damaligen Vorsitzenden des Agrarkomitees wurden erstmals konkrete quantitative Vorschläge für Einschnitte hinsichtlich der Stützung der Agrar- und Ernährungssektoren präsentiert. Diese fanden keine allgemeine Unterstützung, auch nicht in der revidierten Form des Harbinson 11/2-Vorschlags (Brockmeier und Salamon, 2004). Insbesondere die aus Sicht der Entwicklungsländer nicht ausreichende Berücksichtigung ihrer Belange hat zu dem Scheitern der Verhandlungen in Cancun im Jahr 2003 mit beigetragen. Um eine übergreifende Klammer bilden zu können, enthielten spätere Papiere keine quantitativen Aussagen hinsichtlich an gedachter Zollkürzungen und anderer Maßnahmen. Dies gilt in Teilen auch für die in Hongkong am 18.12.2005 von der Ministerkonferenz gefassten Beschlüsse im Agrarbereich. Diese müssen in bestimmten Bereichen wie beispielsweise eines verbesserten Marktzugangs und der Festlegung sensibler Produkte noch ausgehandelt werden. Die bisherige Beschlüsse und der Sachstand sehen wie folgt aus (WTO, 2005):

Es werden drei Kürzungsbänder zur Reduktion des endgültigen gebundenen totalen Aggregierten Stützungsmaßes ("Aggregate Measurement of Support", AMS) und der Gesamtsumme der handelsverzerrenden Binnenmarktstützung eingeführt, mit höheren linearen Kürzungen im oberen Band. Das endgültigen gebundenen totalen Aggregierten Stützungsmaß ("Aggregate Measurement of Support" (AMS)) beinhalten die Maßnahmen der sogenannten "Amber Box", die alle produktionsgebundenen Maßnahmen der Markt- und Preisstützung umfasst. Die Binnenmarktstützung umfasst die Summe aller handelsverzerrenden Maßnahmen, nämlich AMS, de minimis und Blue Box Maßnahmen. In beiden Fällen wird jeweils dasjenige Mitglied mit dem höchsten Niveau an erlaubter Stützung dem höchsten Band und die beiden Mitglieder mit der zweit- und dritthöchsten Unterstützung dem mittleren Band zugeordnet. Alle übrigen Mitglieder und die Entwicklungsländer sind dem niedrigsten Band zugeordnet. Eine generelle Reduktion in der handelsverzerrenden Binnenmarktstützung wird auch dann notwendig, wenn die Summe der Verminderungen von der endgültigen gebundenen totalen AMS, von de minimis (De minimis umfassen Subventionen, die zwar handelsverzerrend sind, aber von den AMS-Berechnungen ausgenommen werden.

Nicht-produktspezifische de minimis beinhalten weniger als 5 % des Gesamtwertes der landwirtschaftlichen Produktion und produkt-spezifische de minimis sind weniger als 5 % des Wertes des entsprechenden Produkts. Für Entwicklungsländer gelten hier jeweils 10 %) und der Zahlungen der Blue Box (Maßnahmen der Blue-Box stellen unbegrenzte Ausgaben für Direktzahlungen an Landwirte dar, wenn diese Zahlungen an "produktionsbeschränkende Programme" gekoppelt sind. Die Zahlungen werden auf festgelegte Flächen oder pro Tier berechnet. Hierunter fallen z. B. Flächen- und Tierprämien) geringer wären als die generelle Verminderung. Die EU liegt im oberen Band und die USA und Japan im mittleren Band. Die vorgeschlagenen Kürzungen weichen in den meisten Kategorien deutlich voneinander ab (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Überblick über die Vorschläge zur Binnenmarktstützung

Maßnahme	Überblick	
Kürzung AMS (Amber Box)	AMS > 25 Mrd \$	-70% bis -83%
	AMS 12/15 - 25 Mrd \$	-60% bis -70%
	AMS < 12/15 Mrd \$	-37% bis -60%
Kürzung handelsverzerrender Maßnahmen (Amber + Blue + de minimis)	Wert > 60 Mrd \$	-75% bis -80%
	Wert 10 - 60 Mrd \$	-53% bis -75%
	Wert < 10 Mrd \$	-31% bis -70%
De minimis	-50% bis -80% Kürzung	

Alle Formen der Exportsubventionen werden bis Ende 2013 vollständig abgeschafft. Dabei wird ein "front-loading" angestrebt, das zu Beginn der Periode höhere Kürzungsraten bei den Exportsubventionen vorsieht. Eine strengere Disziplin hinsichtlich der Exportkreditprogramme und beim Vorliegen von Handelsmonopolen bei Staatshandelsunternehmen wird gleichfalls angestrebt. Die noch offenen Fragen sollen als Teil der Modalitäten bis zum 30. April 2006 geklärt werden. Bisher konnten bei der Überprüfung der Green Box (Die Green Box stellt eine Liste von Direktzahlungen dar, die von den AMS-Berechnungen der Amber Box ausgenommen sind) keine Übereinkünfte festgestellt werden. Hinsichtlich des Marktzugangs wurden Fortschritte bei den Tarifäquivalenten (ad-valorem equivalents, siehe unten) erzielt, die die Grundlage zur Festlegung der Kürzungsbänder bilden. Es wurde Einigkeit hinsichtlich der Festlegung von vier Kürzungsbändern erzielt, wobei die Schwellen jeweils noch bestimmt werden müssen. Innerhalb der Bänder sollen lineare Kürzungsformeln angewendet werden. Uneinigkeit besteht bezüglich einer Deckelung der Tarife. Zusätzlich muss die Behandlung von sensiblen Produkten geklärt werden, die zwischen 1 % und 15 % der Tariflinien umfassen sollen. Generell soll Entwicklungsländern die Möglichkeit der Einrichtung von speziellen Schutzmechanismen eingeräumt werden, wobei ebenfalls vier Tarifbänder eingerichtet werden sollen (Tabelle 4). Im Prinzip könnten zwei Drittel der für die Industrieländer vorgesehenen Tarifkürzungen als Reduktionen für die Entwicklungsländer angedacht werden.

Die offenen Fragen sollen wiederum im Rahmen der Modalitäten bis zum 30. April 2006 geklärt und als zusammenhängender vorläufiger Plan vor dem 31. Juli 2006 vorgelegt werden.

**Tabelle 4:** Überblick über die verschiedenen Vorschläge zu den Tarifikürzungen

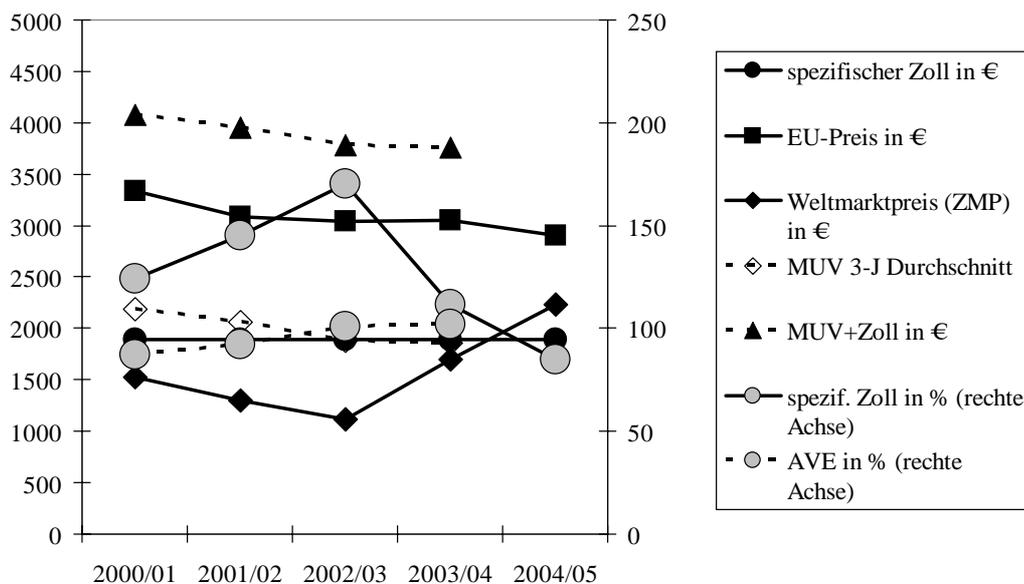
Maßnahme	EU			US			G-20		
	Zollhöhe (%)	Kürzung (%)		Zollhöhe (%)	Kürzung (%)		Zollhöhe (%)	Kürzung (%)	
Zollkürzung	0 - 30	-20		0 - 20	-55 bis -65		0 - 20	-45	
	30 - 60	-30		20 - 40	-65 bis -75		20 - 50	-55	
	60 - 90	-40		40 - 60	-75 bis -85		50 - 75	-65	
	> 90	-50		> 60	-85 bis -90		> 75	-75	
Zolldeckel	100%			75%			100%		
Sensible Produkte	Max Zolllinien	8%		Max Zolllinien			1%		

**3 Vereinbarungen zur Umrechnung von spezifischen Zöllen in Ad-valorem Äquivalente (AVEs)**

In den WTO-Vereinbarungen sind jeweils die gebundenen Zölle (bound tariffs) für die meist 8-stelligen Tariflinien festgeschrieben. Diese gebundenen Zölle sind in der Regel ad-valorem Zölle, die als Wertzoll der Einfuhrpreise festgelegt werden. Häufig wenden aber Industrieländer auch spezifische Zölle an, deren absoluter Wert je Mengeneinheit festgeschrieben ist. Daneben existieren auch kombinierte Zölle, die sich aus einem ad-valorem Zoll und einem spezifischen Zoll zusammensetzen. Der Vorteil des spezifischen Zolls für das importierende Land besteht darin, dass Schwankungen der Weltmarktpreise (Einfuhrpreise) sich nicht auf die Zölle mit übertragen. Die EU hat für die meisten Milchprodukte spezifische Zölle festgelegt, und nur für einige wenige Produkte werden ad-valorem oder kombinierte Zölle erhoben. Zur Festlegung der Kürzungsbänder und der Kürzungssätze müssen aber die spezifischen Zölle in ad-valorem Äquivalente umgerechnet werden. Je nach Art der Umrechnung und der verwendeten Daten ergeben sich zum Teil erhebliche Abweichungen und unterschiedliche Kürzungssätze. Daher hat man sich im Rahmen der WTO auf folgendes Vorgehen geeinigt:

Für jeden spezifischen Zoll wird der Durchschnitt der Importwerte (world import unit values) der Jahre 1999 bis 2001 als Weltmarktpreisindikator ermittelt. Der spezifische Zoll wird diesem Durchschnittswert der Importe gegenüber gestellt und die ad-valorem Äquivalente (ad-valorem equivalents (AVEs) errechnet. Zur Ermittlung der Durchschnittsimportwerte (WUVs) stehen allerdings zwei Datenbanken zur Verfügung, und zwar die International Data Base (IDB) der WTO mit 8-stelligen Kodierungen und die UN Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE) mit einer 6-stelligen Kodierung. Da es zwischen beiden Quellen aufgrund unterschiedlicher Handhabungen zu Abweichungen kommen kann, werden die WUVs beider Quellen verglichen. Bei Unterschieden bis einschließlich 40 % werden die Ergebnisse aus der IDB verwendet. Bei Differenzen von über 40 % wird die Abweichung zwischen den AVEs, basierend auf beiden Quellen, berechnet. Liegt dieser Unterschied unter 20 %, wird wiederum das IDB Ergebnis akzeptiert. Bei darüber hinausgehenden Abweichungen kommt eine kombinierte Formel zum Einsatz. Bei landwirtschaftlichen Primärprodukten werden 82,5 % des COMTRADE-Durchschnittsimportwertes und 17,5 % des IDB-Durchschnittsimportwertes angesetzt, während bei Verarbeitungsprodukten 60 % des COMTRADE-Durchschnittsimportwertes und 40 % des IDB-Durchschnittsimportwertes herangezogen werden.

Zur Illustration der Wirkungen der Umwandlung der spezifischen Zölle in ad-valorem Äquivalente wird eine Beispielsrechnung für Butter vorgenommen. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit werden den Berechnungen allerdings nur die Durchschnittsimportwerte, basierend auf der COMTRADE Datenbank zugrunde gelegt (Comtrade, 2005). Diese so berechneten Durchschnittsimportwerte weichen zum Teil erheblich von den Weltmarktpreisen ab, wie sie zum Beispiel von der ZMP ermittelt werden (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Ad-valorem Äquivalente (AVEs) bei Butter auf der Basis von Comtrade

Wenn die spezifischen Zölle den ZMP-Weltmarktpreisen gegenüber gestellt werden, so zeigt sich, dass die relative Importprotektion umgekehrt proportional zu den jeweiligen Weltmarktpreisen schwankt und dadurch der Importschutz bei niedrigen Weltmarktpreisen relativ höher ausfällt.

In der Periode 2000/01 bis 2004/05 variiert der relative Importschutz zwischen 170 % in 2002/03 und 85 % in 2004/05, während aufgrund des höheren Durchschnittsimportwertes das AVE (nur basierend auf COMTRADE Daten) bei nur 86 % läge.

#### 4 Modellrechnungen zur möglichen künftigen Entwicklung der Milchpreise AG-MEMOD

Zur Abschätzung der möglichen künftigen Entwicklung der Milchpreise wird ein partielles, multi-nationales Mehr-Produkt-Modell mit ökonomisch geschätzten Parametern verwendet, welches auf der Grundlage von Marktmodellen Projektionen über die künftige Entwicklung und Analysen zu Wirkungen von Politikänderungen ermöglicht. Während für jeden Mitgliedstaat der EU-15 jeweils ein ökonomisch geschätztes, dynamisiertes partielles Marktmodell (Ausnahme: Luxemburg) auf Grundlage eines Standardmodells entwickelt wurde, basieren die Modelle für die zehn Beitrittsländer in der Regel auf einem entsprechenden synthetischen Modellansatz. In den Modellen sind prinzipiell die Produktbereiche Getreide, Ölsaaten, Kartoffeln, Zuckerrüben, Tomaten, Tabak, Baumwolle, Olivenöl, Rinder und Kälber, Schafe, Schweine, Geflügel, Milch sowie zum Teil Produkte der ersten Verarbeitungsstufe detailliert abgebildet, sofern die Erzeugung eines der genannten Produkte in einem Mitgliedsland von Bedeutung ist.

So umfasst beispielsweise das deutsche Modellmodul detailliert nur Getreide, Ölsaaten, Kartoffeln, Zuckerrüben, Rinder und Kälber, Schafe, Schweine, Geflügel und Milch.

Der Milchsektor beschreibt die Rohmilcherzeugung und –verwendung. Auf dieser Produktionsstufe wird der Konsummilchsektor abgebildet. In der industriellen Verarbeitung wird die verfügbare Menge an Rohmilch in die Komponenten Milchfett und –protein aufgeteilt, die wiederum die Produktionsgrundlage für die verschiedenen Milchprodukte darstellen und deren Aufteilung auf die verschiedenen Produktionszweige die Herstellung von Milchprodukten bestimmt. Berücksichtigt werden die Milchprodukte Butter, Magermilchpulver, Käse, Vollmilchpulver und andere Milchprodukte. Andere Milchprodukte setzen sich somit insbesondere aus anderen Frischmilcherzeugnissen und Kondensmilch zusammen, was die Aussagefähigkeit dieser gemischten Gruppe einschränkt. Als endogene Variable werden jeweils Produktionsgrundlage (z. B. Milchkuhbestände), Ertrag (z. B. Milchleistung), Produktion (z. B. Rohmilch), Verbrauch (z. B. Konsummilch), Außenhandel, Bestände (z. B. Butterbestand) und Preise (z. B. Erzeugerpreis für Milch) bestimmt. Wichtige exogene Variablen stellen unter anderem der technische Fortschritt, die allgemeine Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung sowie relevante Politikmaßnahmen dar.

Zu nennen wären hier neben anderen die Interventionspreise, Quotenregelungen, Direktzahlungen, Beihilfen, Importquoten und subventionierte Exporte. Miteinander gekoppelt und mit den jeweiligen Weltmärkten verknüpft, bilden die einzelnen Ländermodelle ein kombiniertes EU-Modell. Politik- und Verhaltensparameter wurden für den Zeitraum 1973 bis 2000 geschätzt und jeweils implementiert.

Dabei mussten auch spezifische Ereignisse wie beispielsweise die deutsche Wiedervereinigung berücksichtigt werden. Um eine weitgehend konsistente, länderübergreifende Datengrundlage zu schaffen, wurden für die jeweiligen Länderschätzungen vorrangig Daten aus EUROSTAT verwendet, die aber durch andere Quellen wie Oilworld, FAOSTAT, ZMP und weitere nationale Quellen ergänzt wurden.

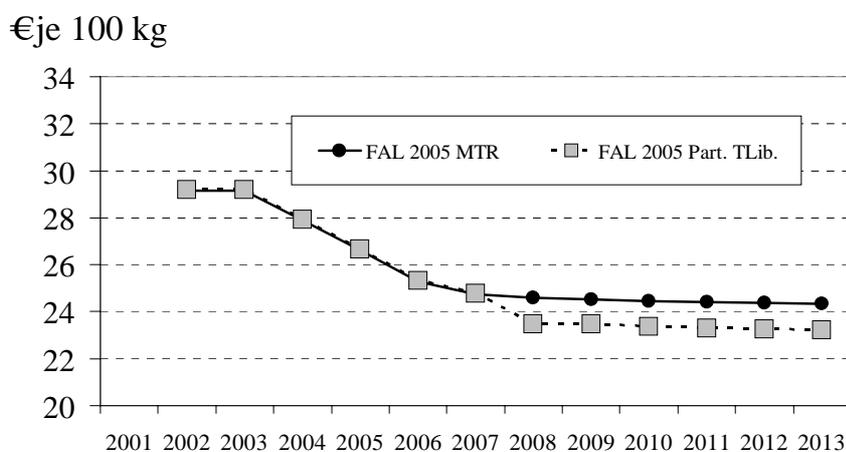
#### *Simulationsrechnungen*

Basierend auf den Ländermodellen werden Projektionen aller Variablen für einen Projektionszeitraum erstellt, der bis zum Jahr 2015 reicht. Diese Projektionen stellen einen so genannten Basislauf dar, für den von einem Status quo im Hinblick auf die politischen Maßnahmen ausgegangen wird. In einem so genannten Szenariolauf werden Veränderungen in den politischen Maßnahmen simuliert. Deren Wirkungen lassen sich durch einen Vergleich zwischen dem Basis- und dem Szenariolauf ablesen. Im vorliegenden Fall wurden als Basislauf die Maßnahmen des Mid-Term Reviews (MTR) der EU simuliert, wobei auf allen Märkten insbesondere die Auswirkungen der Entkopplung der produktionsgebundenen Prämien im Mittelpunkt standen. Für den EU-Milchmarkt wurden aber zusätzlich die oben beschriebenen, schon beschlossenen weiteren Maßnahmen wie Senkungen des Interventionspreises für Butter und Magermilch und die Anhebung der Milchquoten durch die allgemeinen Zusatzquoten simuliert. Die Ergebnisse der Simulation sind mit MTR gekennzeichnet. Als Szenariolauf wurde eine partielle Handelsliberalisierung implementiert, die die Effekte einer Abschaffung subventionierter Exporte beinhaltet. Die Bezeichnung des Szenarios lautet partielle Handelsliberalisierung (Part.Lib.). Auf die Einführung von Maßnahmen eines verbesserten Marktzugangs wurde verzichtet, da die bisherigen Vorschläge sehr weit auseinander liegen und auch in der Frage der Deklaration von sensiblen Produkten in den WTO-Verhandlungen keine deutlichen Annäherungen erzielt wurden. Vielmehr werden basierend auf den Simulationsergebnissen zur Abschaffung von den Exportsubventionen Sensitivitätsüberlegungen zu etwaigen Zollkürzungen und zur Deklaration von sensiblen Produkten am Beispiel von Butter angestellt.

Butter wurde wegen des vergleichsweise großen Abstandes zwischen Binnen- und Weltmarktpreis, der weltweit schwachen Nachfrage und wegen des hohen überschüssigen MilCHFettanteils in der Butter ausgewählt.

#### *Ergebnisse der Simulationen*

Alle untersuchten Politikmaßnahmen haben Auswirkungen auf den EU-Milchmarkt. Die Ansatzpunkte für Veränderungen liegen auf verschiedenen Ebenen, auf der Angebotsseite wurden z. B. Quoten ausgedehnt, auf der Verarbeitungsstufe die Interventionspreise gesenkt und durch internationale Vereinbarungen werden die Exportsubventionen abgeschafft. Die Effekte dieser Maßnahmen werden sich in sinkenden Binnenmarktpreisen für die Milchprodukte und davon abgeleitet in einem Rückgang der Erzeugerpreise für Milch widerspiegeln (Abbildung 6). Die Ergebnisse der verschiedenen betrachteten Projektionen implizieren ein Absinken der Erzeugerpreise auf bis zu 25 €/je 100 kg unter MTR-Bedingungen.



**Abbildung 6: Projektion der Erzeugerpreis für Milch in Deutschland**

Die verschiedenen Milchprodukte sind unterschiedlich stark von den verschiedenen Politikmaßnahmen betroffen. Die Ergebnisse zur Simulation zum Mid-Term Review weisen aufgrund der Quotenausdehnung eine steigende Herstellung an Milchprodukten aus, die sich in einer zunehmenden Erzeugung von Käse, Vollmilchpulver und anderen Milchprodukten niederschlägt. Hingegen sinkt bedingt durch die rückläufige Nachfrage nach Butter und Magermilchpulver die Herstellung der Interventionsprodukte bis 2015 auch ohne MTR.

Die Absenkung der Interventionspreise durch MTR verstärkt diesen Effekt, der aber zum Teil durch ein leichtes, preisbedingtes Nachfragewachstum etwas abgemildert wird. Da die Quote bei weiterhin bestehender positiver, wenngleich deutlich gesunkener Quotenrente immer noch ausgeschöpft wird, ergibt sich zwangsläufig eine Produktionsausdehnung aller übrigen Milchprodukte.

Erwartungsgemäß ist der EU-Buttermarkt am stärksten betroffen. Unter MTR-Bedingungen sinken im Jahr 2015 die Binnenmarktpreise in der EU-15 bis zu - 23 % gegenüber dem Jahr 2003 (Abbildung 7). Diese Preisentwicklung führt zu Produktionsrückgängen von -10 % auf 1,697 Mill. t und gleichzeitig zu einer leichten Nachfragesteigerung auf 1,690 Mill. t. In der Simulation geht der Nettohandel deutlich zurück und die Handelsbilanz von Butter ist weitgehend ausgeglichen.

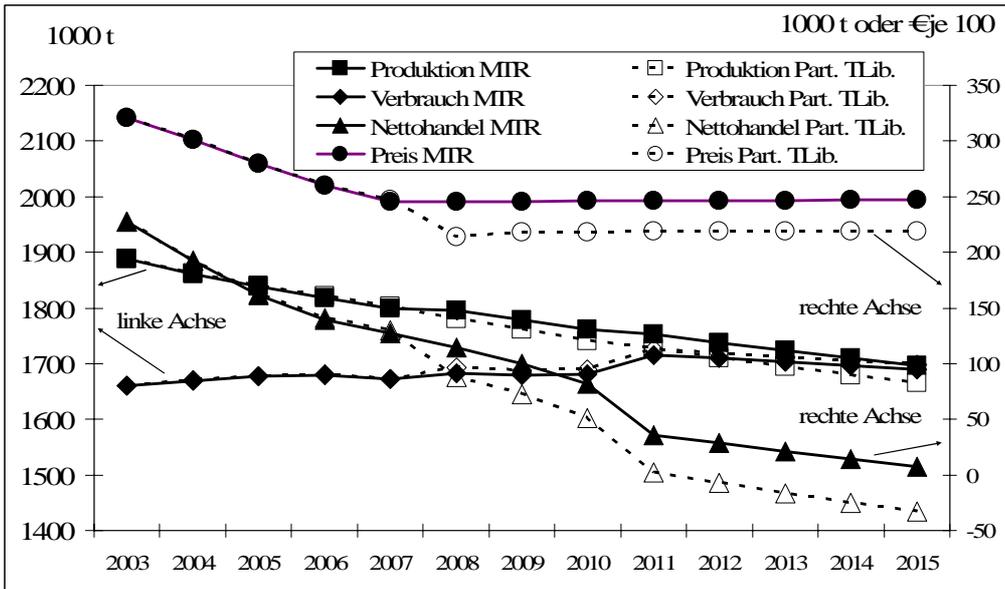


Abbildung 7: Simulation des Buttermarktes der EU-15 unter verschiedenen Bedingungen

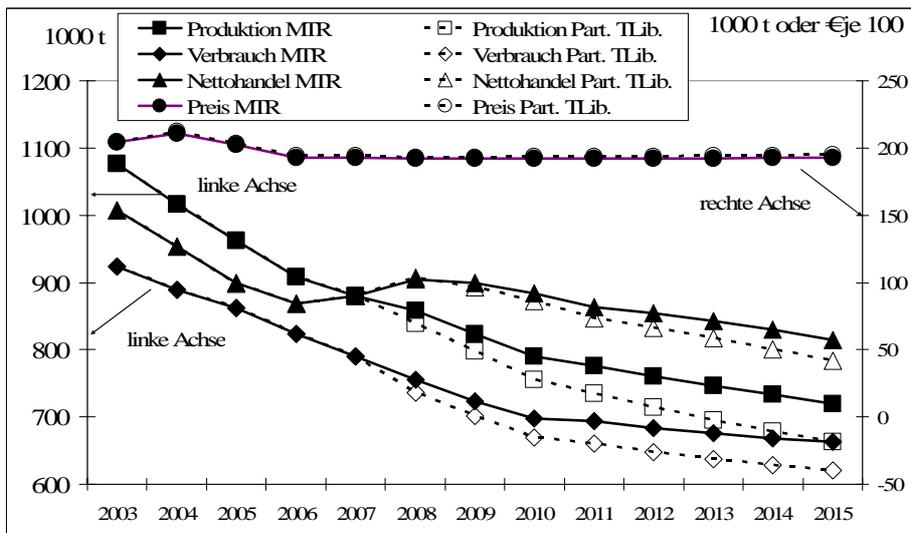


Abbildung 8: Simulation des Magermilchpulvermarktes der EU-15 unter verschiedenen Bedingungen

Deutlich weniger betroffen ist Magermilchpulver, da hier die Binnenmarktpreise erheblich näher an den Weltmarktpreisen liegen. Dadurch wird der Preisrückgang bei Magermilchpulver gedämpft, und liegt nur bei -6 % (Abbildung 8). Die MTR-Simulation impliziert aber trotzdem einen deutlichen Produktionsrückgang zwischen 2003 und 2015 in der EU-15 von rund einem Drittel der Erzeugung auf 720 000 t und trotz sinkender Binnenmarktpreise auch einen Nachfragerückgang von -28 % auf 663 000 t.

Die Entwicklung bringt einen Rückgang des Einfuhrüberschusses der EU-15 im Jahre 2015 auf knapp 60 000 t mit sich. Der Verbrauchsrückgang ist weitgehend auf Nachfrageänderung durch einen sinkenden Futtermittelbedarf zurückzuführen, während die Einschränkung der Produktion an Magermilchpulver durch Verschiebungen im Produktionsprogramm der Molkereien bedingt ist, da entsprechende Proteinmengen für die Herstellung anderer Milchprodukte, und zwar insbesondere Käse, zur Verfügung gestellt werden müssen.

Auch im Käsesektor sind verminderte Preise zu beobachten, da der Käsepreis über die gemeinsame Rohstoffnutzung sich nicht abgekoppelt von den Butter- und Magermilchpulverpreisen entwickeln kann (Abbildung 9). Im Käsesektor wirken die Interventionspreissenkungen nur indirekt. Da im Butter- und Magermilchpulverbereich die Produktion eingeschränkt wird, aber aufgrund der bestehenden Quotenregelung trotz sinkender Quotenrenten die Milcherzeugung nicht vermindert wird sondern noch wächst, wird die Käseerzeugung gesteigert.

Dieser Zuwachs im Käseangebot kann nur durch verminderte Preise abgesetzt werden. Die Käseerzeugung wächst so stark, bis die dadurch induzierten Preissenkungen ein Gleichgewicht generieren. Die Projektionen weisen für die EU-15 eine Herstellung von 7,847 Mill. t im Jahr 2015 aus. Durch rückläufige Binnenmarktpreise und steigende Einkommen erhält die Käsenachfrage zusätzliche Absatzimpulse in Höhe von 13 %.

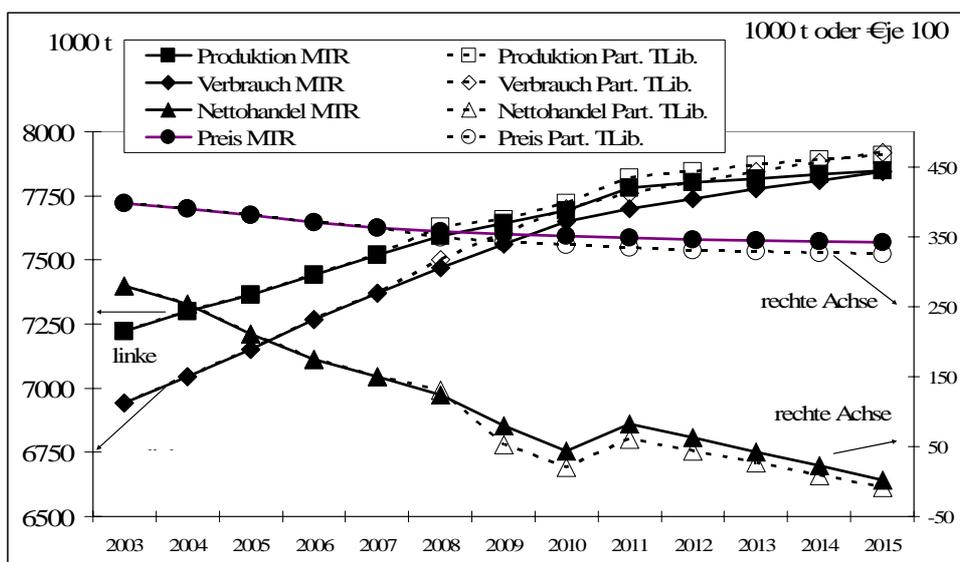


Abbildung 9: Simulation des Käsemarktes der EU-15 unter verschiedenen Bedingungen

Die Abschaffung der Exportsubventionen verstärkt die sich durch den MTR ergebende Situation noch einmal. Aber auch unter diesen Rahmenbedingungen wird die Milchquote noch ausgeschöpft. Wegen der auch nach dem MTR bestehenden hohen Preisdifferenz zwischen Binnenmarkt- und Weltmarktpreis bei Butter sowie der Homogenität und der hohen Substituierbarkeit des Produktes ist wiederum Butter am stärksten betroffen. Bei Wegfall der Exportsubventionen sinkt der Binnenmarktpreis in der Größenordnung von rund -11 % gegenüber der Situation bei MTR. Das bedeutet einen Preisrückgang von mehr als -32 %, verglichen mit dem Jahr 2003. Verglichen mit dem Ergebnis unter MTR-Bedingungen, wird eine erneute Einschränkung der Buttererzeugung in der EU-15 um rund -2 % induziert und gleichzeitig steigt durch den gesunkenen Preis die Binnenmarktnachfrage noch etwas auf 1,7 Mill. t an, wodurch der Nettohandelsüberschuss vermindert wird und ein leichter Zuschussbedarf an Butter (-33 000 t) entsteht.

Bei Magermilchpulver hingegen bleibt in der Simulation zur Abschaffung der Exportsubventionen, verglichen mit der MTR-Simulation, der Binnenmarktpreis weitgehend unverändert. Trotzdem wird die Herstellung von Magermilchpulver um -8 % auf 663 000 t weiter gedrosselt, weil Milchprotein für die zusätzliche Herstellung von Käse und sonstigen Milchprodukten benötigt wird, deren Erzeugung zur Überschussbeseitigung von Milchfett notwendig geworden ist. Das Absinken der Binnenmarktnachfrage nach Magermilchpulver um -6 % auf 621 000 t wird hingegen durch die sinkende Futtermittelnachfrage in der Rindfleischproduktion hervorgerufen.

Durch den etwas höheren Rückgang der Erzeugung sinkt der Nettohandelsüberschuss verglichen mit demjenigen unter MTR-Bedingungen geringfügig.

Käse ist durch direkte und indirekte Effekte vom Wegfall der Exportsubventionen betroffen. Wenn auch für verschiedene Käsesorten und einige Destinationen in den letzten Jahren die Exportsubventionen abgeschafft worden sind, kann bisher ein größerer Anteil der Käseausfuhren nur mit Hilfe von Erstattungen in Drittländern abgesetzt werden. Deren Aussetzung bewirkt einen Rückgang der Exporte, die dann am Binnenmarkt durch Preissenkungen abgesetzt werden müssen. Gleichzeitig ändert aber auch die Abschaffung der Exportsubventionen den Produktionsumfang an Käse, der um 0,8 % gegenüber demjenigen unter MTR-Bedingungen steigt. Zusammen mit den Verschiebungen im Außenhandel werden im Jahr 2015 rund 0,9 % mehr Käse am Binnenmarkt abgesetzt werden. Diese zusätzliche Menge bewirkt einen Preisrückgang um gut 5% im Vergleich zur MTR-Simulation und senkt zudem den Nettohandelsüberschuss der EU-15. Unter diesen Bedingungen würde sogar erstmals ein Zuschussbedarf in der EU-15 von -8 000 t entstehen. Diese zusätzlichen Preisrückgänge schlagen sich auch in den Erzeugerpreisen für Rohmilch nieder. Hier ist mit einem Abschlag von -5 % gegenüber den Ergebnissen des MTR zu rechnen. Das entspricht einem Erzeugerpreis von etwa 23 €/je 100 kg bei einer Abschaffung der Exportsubventionen unter MTR-Bedingungen.

Auswirkungen eines erleichterten Marktzugangs für Drittlands-Importe unter Berücksichtigung der:

## 5 Festlegung von sensiblen Produkten am Beispiel von Butter

Die Frage der Auswirkungen eines erleichterten Marktzugangs ist schwierig zu beantworten, da erst Mitte Oktober 2005 von allen wichtigen Verhandlungsgruppen Tarifiereduzierungen vorgeschlagen wurden, die sich aber sowohl hinsichtlich der Zollbänder, des Zollabbaus als auch hinsichtlich der Rolle der Entwicklungsländer zum Teil drastisch unterscheiden. Verkompliziert wird die Verhandlungssituation durch die anvisierte Möglichkeit der Einführung von sensiblen Produkten, die je nach Vorschlag maximal 1 % bzw. 8 % oder gar 15 % der Tariflinien vermutlich auf Basis der 8-stelligen Kodierung enthalten können. Bei diesen zuvor definierten sensiblen Tariflinien sind dann von den Bändern abweichende geringere Kürzungen möglich, wobei dafür vermutlich (progressive) Kompensationen im Rahmen der Zollquoten gewährt werden müssen. Allerdings besteht hinsichtlich Art und Umfang der Kompensationen keine Einigkeit. Da der Milchmarkt der EU durch vergleichsweise hohe Zölle geschützt ist, wird hier die Festlegung von sensiblen Produkten diskutiert. Da die bisher diskutierten Maßnahmen sich besonders stark auf dem Buttermarkt auswirken und hier die Zölle vermutlich meist im oberen Kürzungsband liegen, wird in diesem Kontext häufig Butter genannt. Wegen der zu leistenden Kompensationen muss ein solches Vorgehen aber jeweils intensiv geprüft werden. Dabei müssen auch unterschiedliche Weltmarktbedingungen und Wechselkursentwicklungen berücksichtigt werden. Den Analysen liegt in der Regel die COMTRADE-Datenbank der UN zugrunde, in der die Produkte unterteilt auf 6-stelliger Ebene vorliegen. Importdaten wurden um die Einfuhren der EU-Mitgliedstaaten bereinigt, wobei auch Importe der neuen Mitgliedstaaten für zurückliegende Jahre herausgerechnet wurden. Um möglichst lange Datenreihen zu generieren, wurde der Code HS1992 verwendet.

Um die verschiedenen Effekte durch einen verbesserten Marktzugang zu analysieren, müssten folgende Handelsbeziehungen untersucht werden:

- **Importe der EU aus Drittländern und die darauf liegenden Importzölle,**
- **Importe der Drittländer aus der EU und die darauf liegenden Importzölle,**
- **Importe der Drittländer untereinander und die darauf liegenden Importzölle.**

Da durch die MTR-Maßnahmen und die Abschaffung der Exportsubventionen die Butterexporte deutlich sinken und der Handelsüberschuss sich vermutlich negativ entwickeln werden, ist der Einfluss der Tarifkürzungen auf EU Exporte in Drittländer begrenzt. Zudem sind wichtige Destinationen für EU-Butterexporte (noch) nicht WTO-Mitglieder, so dass die EU in nur sehr beschränktem Umfang in den Genuss von Tarifiereduzierungen kommen wird.

Die Auswirkungen durch die Zollsenkungen zwischen Drittländern auf den bilateralen Handel der EU können die Handelsbilanz sowohl negativ als auch positiv beeinflussen. Im Folgenden werden daher nur Effekte durch die Kürzung der EU-Importzölle betrachtet.

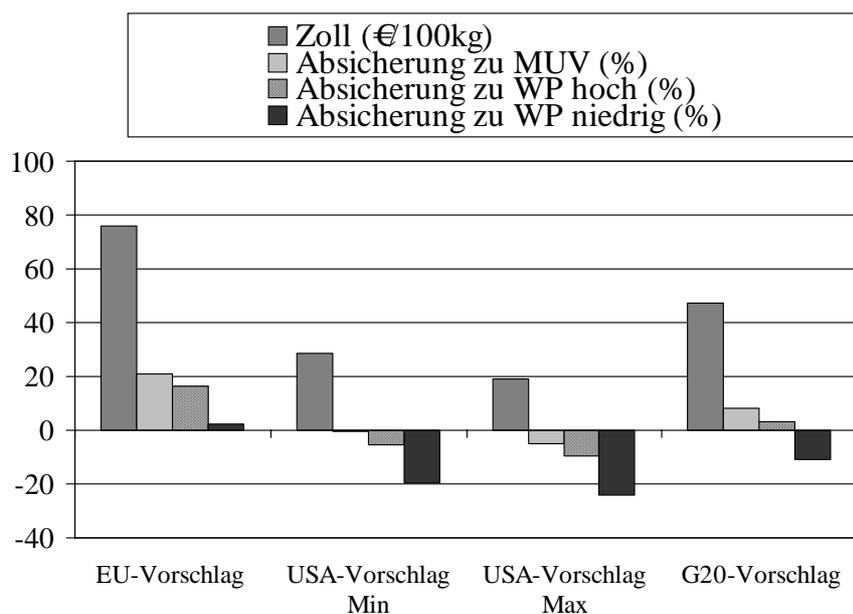
Hinsichtlich der Einfuhren ist zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Teil der Milchproduktimporte der EU momentan im Rahmen von Zollquoten (TRQs) zu Sonderkonditionen stattfindet. Diese Sonderkonditionen beinhalten entweder reduzierte Tarifsätze innerhalb der Zollquote oder Nullzollsätze. Für Lieferungen, die über diese Mengen hinausgehen, sind die MFN-Zollsätze zu entrichten. Die Vergabe der Quoten erfolgte bisher entweder an präferentielle Handelspartner oder an alle Partner.

Die Extra-Importe der EU an Butter sind seit 1996 relativ kontinuierlich gestiegen und erreichten im Jahr 2004 104 400 t. Über 90 % der Einfuhren (2004: 97 000 t) stammen aus Neuseeland. Der MFN-Tarif für Einfuhren beträgt 1,896 €/kg, die Importe aus Neuseeland werden aber überwiegend innerhalb einer Zollquote getätigt, die 76667 t entspricht. Der Zoll innerhalb der Quote liegt bei 0,8688 €/kg (CAP Monitor). Bis einschließlich des Jahres 2000 lagen die Einfuhren innerhalb dieser Quote, seitdem wurde die Quote regelmäßig überschritten. Die Übermengen waren jährlichen Schwankungen unterworfen, lagen im Schnitt aber bei 20 000 t. Ermittelt man aus den vorliegenden Weltmarktpreisen (ZMP) und den Stückzöllen ein AVE, so schwankt dieses entsprechend der Weltmarktpreise. Auf Grund des Weltmarktpreisanstiegs seit 2002 sank das AVE von 160 % auf 87 %. Für Einfuhren innerhalb der Quote aus Neuseeland ging das AVE von 77 % auf 40 % zurück. Da ein Teil der Einfuhren außerhalb der Quote zustande kam, galt für die Gesamtmenge eine Mischkalkulation mit einem Steuersatz von 93 % (2002) und 50 % (2004).

Neben Neuseeland haben auch andere Regionen Sonderkonditionen erhalten. Darüber hinaus existiert eine allgemeine Zollquote von 10 000 t, mit einem Präferenzzoll von 0,948 €/kg. Nimmt man die Einfuhren aller sonstigen Regionen zusammen, so belaufen sich diese auf 5 000 bis 8 000 t und unterschreiten daher die Zollquote. Nur im Jahr 2000 wurden Übermengen geliefert. Das AVE für die Quote sank von 84 % im Jahr 2002 auf 44 % im Jahr 2004.

Als Basis für künftige Tarifrückführungen wurden AVEs für die verschiedenen Zolllinien bei Butter von 82% bis 135 % aus der IDB-Datenbank und der COMTRADE-Datenbank durch die EU-Kommission ermittelt. Damit liegt Butter im höchsten Kürzungsband. Bei einem Kürzungssatz von 50 % läge der durchschnittliche Zollsatz der Tariflinie 04051011 bis 04051050 bei ca. 49,7 %. Dies entspricht in etwa dem "gemischten AVE" der neuseeländischen Lieferungen in die EU im Jahr 2004.

Normalerweise entspricht der Importpreis aus Neuseeland zuzüglich des gemischten präferentiellen Zolls dem EU-Binnenmarktpreis (hier gemessen als Butterpreis Hannover für Blockware). Im Jahr 2004 lag dieser „Preis nach Grenze“ schon über dem deutschen Preis. Eine drastische Veränderung der Einfuhren unter diesen Konstellationen wäre daher nicht zu erwarten.



### **Abbildung 10:** Gekürzter Zoll und Absicherung des EU-Buttermarktes bei verschiedenen Kürzungsvorschlägen

Da schon die MTR-Beschlüsse und der Wegfall der Exportsubventionen niedrigere EU-Binnenmarktpreise implizieren, würde sich hinsichtlich stärkerer Zollsenkungen noch etwas Spielraum ergeben. Bei diesen Analysen muss immer berücksichtigt werden, dass nur Durchschnittswerte betrachtet werden und die Weltmarktpreise sowie die Wechselkurse größere Schwankungen aufweisen. Variationsrechnungen mit verschiedenen Weltmarktpreisen und Umrechnungskursen haben hinsichtlich der untersuchten Vorschläge für Tarifikürzungen folgendes ergeben:

Sowohl für die optimistische Variante (FAPRI-Projektion und günstiger Umrechnungskurs zwischen US-\$ und € (FAPRI, 2004)) als auch für die pessimistische Variante (OECD-Projektion und ungünstiger Umrechnungskurs zwischen US-\$ und € (OECD, 2004)) ergibt sich nach Zollkürzungen entsprechend dem EU-Vorschlag noch ein wenn auch vergleichsweise geringes Protektionsniveau (Abbildung 10).

Hierbei wird vorausgesetzt, dass der Binnenmarktpreis für Butter schon aufgrund der MTR-Beschlüsse und der Abschaffung der Exportsubventionen deutlich gesunken sein wird.

Im Fall der US-amerikanischen Vorschläge sinkt das Protektionsniveau sowohl in der optimistischen als auch in der pessimistischen Variante unter Null, so dass das Binnenmarktpreisniveau weiter absinken könnte. Der Vorschlag der G-20 impliziert unter pessimistischen Bedingungen ein Absinken des Protektionsniveaus unter Null, so dass hier unter ungünstigen Bedingungen die Binnenmarktpreise für Butter nochmals sinken könnten. In der optimistischen Variante ist dies nicht notwendig, da der Weltmarktpreis zuzüglich des gekürzten Zolls den Binnenmarktpreis noch geringfügig übersteigt.

Wenn unter optimistischen Bedingungen der Weltmarktpreis zuzüglich des gekürzten Zollsatzes unter den gesunkenen Binnenmarktpreis fällt oder näherungsweise diesen erreicht, macht eine Deklaration als sensibles Produkt wenig Sinn. Eine solche Deklaration würde einen Spielraum für geringere Zollkürzungen eröffnen, allerdings auch eine Kompensation in Form zusätzlicher Zollquoten erforderlich machen.

Die EU hat einen Vorschlag unterbreitet, wie eine solche Kompensation aussehen könnte. Würde Butter zum sensiblen Produkt erklärt, dann könnten je nach Rahmenbedingung die zusätzlichen TRQs zwischen gut 6 000 t (Reduktion der Zollkürzung auf 60% und Kompensationsfaktor von 0,5) und 19 000 t (Reduktion der Zollkürzung auf 30 % und Kompensationsfaktor von 0,8) liegen. Aufgrund der reduzierten Absicherung der Binnenmarktpreise gegenüber den Importpreisen werden dann die bisherigen TRQs und die bisherigen Überlieferungen für die TRQs, die zusätzlichen TRQs und gegebenenfalls deren Überlieferungen aller Voraussicht nach importiert werden.

Die Importmengen insgesamt könnten sich zwischen 115 000 t und 130 000 t bewegen. Diese zusätzlichen Mengen könnten dann c. p. einen Produktpreiserückgang bewirken, der maximal bei 4-5% liegt.

## **6 Zusammenfassung**

Der EU-Milchmarkt befindet sich mitten in einem Transformationsprozess, der zu rückläufigen Erzeugerpreisen für Milch führt, die durch Ausgleichszahlungen kompensiert werden. Ausgelöst wurde diese Anpassung durch die Veränderungen der Binnenmarktpolitik der EU im Rahmen der Agenda 2000 bzw. deren Revision durch den Mid-Term Review (MTR). Durch die noch nicht vollständige Implementierung des MTR ergeben sich Überschneidungen zu der laufenden WTO-Runde. Aufgrund der vergleichsweise hohen Protektion wird ein stärkerer Einfluss der neuen WTO-Vereinbarungen auf den Milchmarkt erwartet. Im Rahmen des vorliegenden Beitrags werden mögliche Auswirkungen der Binnenmarktmaßnahmen und eines Teils abzusehender WTO-Maßnahmen mit Hilfe von quantitativen Methoden analysiert, insbesondere mittels des partiellen Gleichgewichtsmodells AG-MEMOD.

Alle untersuchten Politikmaßnahmen haben Auswirkungen auf den EU-Milchmarkt. Die Ansatzpunkte für Veränderungen liegen auf verschiedenen Ebenen, und zwar auf der Angebotsseite bei z. B. Quotenaufstockungen, auf der Verarbeitungsstufe bei Interventionspreissenkungen und auf der Handelsstufe bei Abschaffung der Exportsubventionen und Kürzung der Zölle. Die Effekte dieser Maßnahmen werden sich in sinkenden Binnenmarktpreisen für die Milchprodukte und davon abgeleitet in einem Rückgang der Erzeugerpreise für Milch widerspiegeln.

Die Ergebnisse der verschiedenen betrachteten Projektionen implizieren ein Absinken der Erzeugerpreise auf bis zu 25 €/je 100 kg unter MTR-Bedingungen und auf 23 €/je 100 kg bei einer vollständigen Abschaffung der Exportsubventionen.

Die verschiedenen Milchprodukte sind unterschiedlich stark von den Maßnahmen betroffen. Erwartungsgemäß ist in allen Simulationen der EU-Buttermarkt am stärksten betroffen. Die Binnenmarktpreise sinken je nach Rahmenbedingungen bis zu -23 % in den MTR-Szenarien und bis zu -32 % in den Liberalisierungsszenarien, die zudem die Durchführung des MTRs umfassen.

Diese Preisentwicklung führt zu Produktionsrückgängen und leichten Nachfragesteigerungen in der EU. In fast allen Simulationen sinkt der Nettohandel deutlich und in den meisten Schätzungen ist die Handelsbilanz von Butter weitgehend ausgeglichen. Deutlich weniger betroffen ist Magermilchpulver, bei dem die Binnenmarktpreise näher an den Weltmarktpreisen liegen. Dadurch wird der Preisrückgang bei Magermilchpulver gedämpft. Die verschiedenen Simulationen implizieren aber auch deutliche Produktionseinschränkungen und trotz sinkender Binnenmarktpreise auch einen Nachfragerückgang.

Geringere Auswirkungen als im Buttermarkt sind im Käsesektor zu erwarten. Die Käseerzeugung wächst weiter, da alternative Produktionszweige administrative Preissenkungen erfahren. Durch rückläufige Binnenmarktpreise erhält die Käsenachfrage zusätzliche Absatzimpulse.

Die Frage der Auswirkungen eines erleichterten Marktzugangs ist schwierig zu beantworten, da erst Mitte Oktober 2005 von allen wichtigen Verhandlungsgruppen Tarifiereduzierungen vorgeschlagen wurden, die sich aber sowohl hinsichtlich der Zollbänder, des Zollabbaus als auch hinsichtlich der Rolle der Entwicklungsländer zum Teil drastisch unterscheiden. Am Beispiel der im obersten Kürzungsband liegenden Butter wird deutlich, dass der abgesenkte Binnenmarktpreis zwar einigen Spielraum für Tarifierkürzungen eröffnet, aber eine Durchsetzung der amerikanischen Vorschläge für dieses Produkt weitere Preissenkungen intendieren würde.

Verkompliziert wird die Verhandlungssituation durch die anvisierte Möglichkeit der Einführung von sensiblen Produkten, die je nach Vorschlag maximal 1 % bzw. 8 % (15 %) der Tariflinien vermutlich auf Basis der 8-stelligen Kodierung enthalten können. Bei diesen zuvor definierten sensiblen Tariflinien sind dann von den Bändern abweichende Kürzungen möglich, wobei dafür vermutlich (progressive) Kompensationen im Rahmen der Zollquoten gewährt werden müssen. Allerdings besteht hinsichtlich Art und Umfang der Kompensationen keine Einigkeit. Da der Milchmarkt der EU durch vergleichsweise hohe Zölle geschützt ist, wird hier die Festlegung von sensiblen Produkten diskutiert. Wegen der zu leistenden Kompensationen muss ein solches Vorgehen aber jeweils intensiv geprüft werden. Dabei müssen unterschiedliche Weltmarktbedingungen und Wechselkursentwicklungen berücksichtigt werden. Hierbei zeigt sich, dass unter durchschnittlichen Bedingungen für die meisten Milchprodukte bzw. Milchproduktgruppen eine Festlegung als sensibles Produkt in der Regel nicht sinnvoll ist. Falls aber die Weltmarktpreise stagnieren, die Wechselkurse sich weiter ungünstig entwickeln (1,24 US-\$/€), sehr hohen Kürzungsraten im obersten Band beschlossen werden (90 %) und die Kompensationen nach einer von der EU vorgeschlagenen Formel erfolgen, könnte eine Definition einzelner Produkte (z. B. Butter HS-040510) als sensibles Produkt hilfreich sein. Allerdings können hohe Kompensationen sich negativ (maximal -4 bis -5 %) auf den Binnenmarktpreis für Butter auswirken.

## Literatur

- Brockmeier M., Salamon, P. (2004): Handels- und Budgeteffekte der WTO-Agrarverhandlungen in der Doha-Runde: Der revidierte Harbinson-Vorschlag. *Agrarwirtschaft* 53(6):233-251.
- CAP Monitor (2005): laufende Ergänzungen einer losen Blattsammlung.
- UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade) 2005: <http://unstats.un.org/unsd/comtrade/>.
- FAOSTAT (2005): Datenbank der FAO, <http://faostat.fao.org/>.
- FAPRI (2004): FAPRI 2004 - US and World Agricultural Outlook. Staff Report 1-04. Ames.
- Kurzweil M., von Ledebur O., Salamon P. (2003): Review of trade agreements and issues. Brussels Working paper / ENARPRI 3.
- OECD (2004): The OECD Agricultural Outlook, 2004 –2013. Paris.
- Salamon, P., von Ledebur O. (2005): The impact of the mid-term review on the German agricultural sector. Braunschweig Arbeitsbericht Bereich Agrarökonomie 2005/04.

Salamon P., Kurzweil M. (2004): Der Markt für Milch. *Agrarwirtschaft* 53(1), pp. 24-35.

Salamon P. (2003): Weltmarkt für Milch und Milchprodukte im Spannungsfeld von EU-Agrarmarktpolitik und WTO-Verhandlungen. Braunschweig, [http://www.ma.fal.de/dokumente/aktuell\\_doc/Weltmilchmarkt\\_110203end.pdf](http://www.ma.fal.de/dokumente/aktuell_doc/Weltmilchmarkt_110203end.pdf)

ZMP (2005a): Europamarkt Milch, Butter, Käse. Verschiedene Ausgaben.

ZMP (2005b): Europamarkt Dauermilchprodukte. Verschiedene Ausgaben.

World Trade Organisation (WTO, 2005): Doha Work Programme - Draft Ministerial Declaration (WT/MIN(05)/W/3/Rev.2). Hong Kong 18. December 2005.

## Die Zukunft der Milchquotenregelung bei veränderten wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen

Folkhard Isermeyer<sup>1</sup>

### 1 Einleitung

Im Jahr 2003 haben die Agrarminister der Europäischen Union beschlossen, die ursprünglich im Jahr 1984 eingeführte Milchgarantiemengenregelung bis zum Jahr 2015 zu verlängern, zugleich aber die Quotenmenge geringfügig aufzustocken und die Absicherung des EU-internen Preisniveaus durch das Interventionssystem weiter zu reduzieren.

Die politische Diskussion über die Zukunft der Milchquotenregelung ist nach diesem Beschluss nicht verstummt. Im Gegenteil: Es mehren sich die Stimmen, die die Politik auffordern, möglichst schon mit der nächsten Halbzeitbewertung der Agrarreform, also bereits 2008/09, definitiv das Ende der Milchquotenregelung zu besiegeln. Das BMELV hat die ökonomischen Institute der FAL und der BFEL im Frühjahr 2006 beauftragt, die Konsequenzen unterschiedlicher milchmarktpolitischer Optionen zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung liegen zum Redaktionsschluss dieses Sonderheftes der Landbauforschung noch nicht vor. Sie werden voraussichtlich zum Jahresende 2006 veröffentlicht werden.

Vor diesem Hintergrund beschränkt sich der vorliegende Beitrag darauf, das Für und Wider eines baldigen Ausstiegs aus dem Milchquotensystem argumentativ auszuleuchten. Im Vordergrund steht dabei die Herausarbeitung der wesentlichen ökonomischen Einflussfaktoren sowie die theoriegestützte, logische Ableitung von Konsequenzen und Handlungsempfehlungen. Auf eine eigene quantitative Folgenabschätzung wird ebenso verzichtet wie auf eine detaillierte Wiedergabe quantitativer Analysen anderer Forschungseinrichtungen.

### 2 Entwicklung der Rahmenbedingungen

#### 2.1 Entwicklungen im weltweiten Maßstab

*Welches sind die „globalen Trends“ bei der Nachfrage und beim Angebot?*

Im weltweiten Maßstab entwickeln sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Milchwirtschaft weiterhin günstig. Sowohl die einfache Fortschreibung der bisherigen Trends als auch die Auswertung komplexer ökonomischer Analysemodelle führt zu der Einschätzung, dass die Nachfrage nach Milch und Molkereiprodukten insbesondere in einigen Schwellenländern Asiens und Südamerikas in den kommenden Jahren stark zunehmen wird. Der größte Teil des Nachfragezuwachses wird voraussichtlich auch in Zukunft durch eine entsprechende Zunahme des Angebots vor Ort gedeckt werden. Bisher wird nur ein kleiner Teil der Weltproduktion auf den Weltmärkten für Milch und Molkereiprodukte gehandelt. Der Anteil des internationalen Handels an der Gesamtproduktion nimmt jedoch allmählich zu, und auch dieser Trend wird sich voraussichtlich fortsetzen.

Von den zunehmenden Exportchancen profitieren in besonderem Maße einige Standorte auf der Südhalbkugel der Erde, an denen Milch unter sehr günstigen klimatischen Bedingungen mit ganzjähriger Weidehaltung produziert werden kann (v. a. Neuseeland, Australien, Argentinien). Die Milcherzeugung wächst dort mit jährlichen Wachstumsraten von teilweise über 5 %.

*Wie wird sich der Weltmarktpreis entwickeln?*

Grundsätzlich ist festzustellen, dass sich die globalen Trends bezüglich der Angebots- und Nachfragemengen wesentlich verlässlicher vorhersagen lassen als die Entwicklung der Weltmarktpreise. In der Vergangenheit sahen sich führende internationale Forschungseinrichtungen mehrfach veranlasst, ihre Preisprognosen – auch kurzfristig – deutlich zu korrigieren. Ohne diesem Hintergrund wäre es sicherlich gewagt, allein aus der Feststellung, dass die Nachfrage nach Molkereiprodukten weltweit weiter kräftig wachsen wird, auf einen erwartbaren Anstieg der Weltmarktpreise zu schließen. In der gegenwärtigen Situation gibt es allerdings zwei Einflussfaktoren, die bei der Abschätzung der künftigen Weltmarktpreise neu in Rechnung zu stellen sind: Veränderungen der Handelspolitik und Veränderungen im Energiesektor. Aus diesen beiden Veränderungen und dem fortdauernden Nachfragewachstum im Nahrungsmittelbereich lässt durchaus die Erwartung ableiten, dass die Weltmarktpreise künftig steigen.

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, bw@fal.de

### *Einflussfaktor Handelspolitik*

Zum einen ist zu erwarten, dass sich die handelspolitischen Rahmenbedingungen für den Weltmilchsektor voraussichtlich ändern werden, und dass aus dieser Änderung voraussichtlich ein Anstieg der Weltmarktpreise im Milchbereich resultiert. In der Vergangenheit lagen die Weltmarktpreise zumeist deutlich unterhalb der Binnenmarktpreise in der Europäischen Union. Eine wesentliche Ursache für diese erhebliche Preisdifferenz, die auch heute immer noch besteht, ist die Milchmarktpolitik der EU: Mit Hilfe von Importzöllen, Quoten und Interventionskäufen werden die Binnenmarktpreise deutlich oberhalb der Weltmarktpreise gehalten, und mit Hilfe von Exportsubventionen (bzw. internen Verwendungsbeihilfen) werden die intern erzeugten Überschüsse auf das Weltmarktpreisniveau heruntergeschleust (bzw. auf dem Binnenmarkt konkurrenzfähig gemacht). Durch die Importzölle und die Exporterstattungen wird nicht nur das Preisniveau innerhalb der EU auf relativ hohem Niveau stabilisiert, sondern auch das Preisniveau auf dem Weltmarkt unter das Niveau gedrückt, das sich ohne EU-Handelspolitik einstellen würde. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die EU-Handelspolitik nicht unverändert fortgeführt werden kann. Im Zuge der WTO-Verhandlungen war ein vollständiger Abbau der Exporterstattungen bis zum Jahr 2013 einmütig vorgezeichnet, außerdem eine deutliche Reduzierung der Importzölle. Die Vorstellungen, wie weit die Zölle reduziert werden sollten, gingen zwischen den Verhandlungsparteien bis zuletzt weit auseinander. Für jene Produkte, die derzeit hohe Zollsätze haben, schien ein Abbau von mehr als 50 % vorgezeichnet, wobei allerdings für ein mehr oder weniger großes Segment von sogenannten sensiblen Produkten Ausnahmeregelungen ermöglicht werden sollten. Nachdem die WTO-Verhandlungen mittlerweile ohne Ergebnis abgebrochen worden sind, wird sich dieser Reduktionspfad so nicht einstellen. Stattdessen werden sich aber andere Reduktionspfade ergeben, die schwerer vorhersehbar sind und somit zu größerer Planungsunsicherheit führen (siehe Kapitel 2.2). Insgesamt werden die handelspolitischen Entwicklungen zu einer Erhöhung der Weltmarktpreise und zu einer Absenkung der EU-Binnenmarktpreise führen.

### *Einflussfaktor Energiepreise*

Zum anderen ist die Wirkung der stark gestiegenen Energiepreise zu beachten, die ebenfalls – wenn auch nur auf indirektem Wege – die Weltmarktpreise für Milchprodukte beeinflussen werden. An verschiedenen Standorten der Welt wird bei den inzwischen erreichten Erdölpreisen die Erzeugung von Bioenergie rentabel, ohne dass es politischer Fördermaßnahmen bedarf. An vielen anderen Standorten der Welt, so auch in Deutschland, hat sich die Politik entschieden, die Rentabilität der Erzeugung von Bioenergie durch umfangreiche Subventionen herbeizuführen. Beide Effekte führen zusammengenommen dazu, dass immer mehr Biomasse für die Energieerzeugung verwendet und somit dem Nahrungsmittelbereich entzogen wird. Dadurch kommt es im ersten Schritt zu deutlichen Weltmarktpreissteigerungen bei jenen pflanzlichen Produkten, bei denen unmittelbarer Wettbewerb zwischen energetischer Verwendung und Verwendung im Nahrungsmittelbereich herrscht (z. B. Zucker und Raps). Über die Nutzungskonkurrenz um die knappe landwirtschaftliche Fläche führt dies im Laufe der Zeit zu Kosten- und Preissteigerungen für alle landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen (steigende Flächenkosten, steigende Futterkosten, steigende Nahrungsmittelpreise). Das gilt auch für die Milchproduktion, da diese in vielen Ländern der Welt auf ackerfähigen Standorten stattfindet und außerdem Kraftfutter benötigt, welches auf Ackerflächen erzeugt wird. Im Endeffekt werden sich deshalb die aus dem Energiepreisanstieg resultierenden Preissteigerungen – wenn auch in abgeschwächter Form – auch auf dem Weltmilchmarkt bemerkbar machen.

### *Fazit*

Aufgrund (a) der Nachfrageentwicklung im Nahrungsmittelbereich, (b) handelspolitischer Entwicklungen und (c) der Nutzungskonkurrenz durch Bioenergie ist tendenziell mit Preissteigerungen auf dem Weltmilchmarkt zu rechnen. Demgegenüber werden die handelspolitischen Entwicklungen tendenziell zu Preissenkungen auf dem EU-Markt führen (siehe auch Kapitel 2.2). In der Vergangenheit lagen die Weltmarktpreise allerdings sehr weit unterhalb des EU-Preisniveaus. Wie schnell und wie weit sich nun diese beiden Preisniveaus künftig aufeinander zu bewegen werden und wann möglicherweise auch bei Milch eine Annäherung herbeigeführt sein wird, wie sie bei einigen anderen Agrarprodukten im Laufe der vergangenen Jahrzehnte erfolgt ist, lässt sich nicht verlässlich prognostizieren – allein schon wegen der handelspolitischen Unwägbarkeiten und wegen der Unsicherheit bezüglich der künftigen Wechselkurse.

## 2.2 Entwicklungen in der EU

*Wie entwickelt sich die Nachfrage, und wer deckt sie?*

Auf den EU-Märkten steigt die Nachfrage nach Milch und Molkereiprodukten nur langsam an, wobei zwischen den Molkereierzeugnissen erhebliche Unterschiede bestehen. Während sich der Verbrauch von Käse voraussichtlich weiterhin günstig entwickelt, ist bei Butter eher mit stagnierenden Absatzzahlen zu rechnen.

Eine Belebung der Nachfrage ist insbesondere in den neuen Mitgliedsländern der EU zu verzeichnen, ausgelöst durch hohes Wirtschaftswachstum und zunehmende Kaufkraft. Das eröffnete für die Agrarwirtschaft der EU-15 verstärkte Absatzmöglichkeiten, die auch genutzt wurden. In den 90er Jahren entwickelte sich der Ost-West-Handel per Saldo eher zugunsten des Westens. Im Laufe der Zeit führt die Umstrukturierung der Agrarwirtschaft in den neuen Mitgliedstaaten der EU jedoch dazu, dass dort immer mehr wettbewerbsfähige Strukturen entstehen, die auch für einen erfolgsversprechenden Antritt im Exportgeschäft genutzt werden können. Für die Milchwirtschaft zeigen betriebswirtschaftliche Analysen, dass Wachstumsinvestitionen in den neuen Mitgliedstaaten wesentlich rentabler sein können als im Gebiet der früheren EU-15. Andererseits verbessern sich in den neuen Mitgliedstaaten aber auch die Einkommensmöglichkeiten außerhalb des Agrarsektors, so dass sich ein Großteil der traditionellen Milchviehbetriebe voraussichtlich für einen Ausstieg aus der Milcherzeugung entscheiden wird.

Wie sich diese beiden gegenläufigen Entwicklungstendenzen per Saldo auf die Wettbewerbsfähigkeit der sektoralen Milcherzeugung in den neuen Mitgliedstaaten (im Vergleich zum Gebiet der früheren EU-15) auswirken werden, lässt sich derzeit noch nicht verlässlich vorhersagen. Nach der persönlichen Einschätzung des Verfassers wäre bei einer EU-weiten Handelbarkeit der Milchquote kaum mit einer Verlagerung der Milcherzeugung in die östlichen Beitrittsländer zu rechnen, zumal der zu erwartende Strukturwandel auch im Westen der EU noch erhebliche Kostensenkungspotenziale eröffnet. In dieser Frage besteht allerdings weiterer Forschungsbedarf.

*Wird die Politik regionale Produktionsverlagerungen in der EU zulassen?*

Die Quotenregelung in ihrer gegenwärtigen Form sieht einen Quotenhandel über die Grenzen der Mitgliedstaaten hinweg nicht vor. Deshalb können sich nationale Unterschiede in der Wettbewerbsfähigkeit bisher kaum in einer grenzüberschreitenden Verlagerung von Produktionsanteilen niederschlagen. Lediglich dann, wenn in Folge von Milchpreissenkungen die Rentabilität der Milcherzeugung sinkt und in einzelnen Regionen der EU die Milchquote nicht mehr ausgefüllt wird, sinken dort die Produktionsanteile – allerdings ohne dass dies andernorts automatisch zu einer Ausdehnung der Produktion führt.

Es ist allerdings fraglich, ob solch eine Situation politisch längerfristig durchzuhalten ist. Die gegenwärtig in Deutschland geführten Diskussionen um die Vergrößerung der Handelsgebiete für Milchquoten zeigt, dass eine Stilllegung von Milchquoten zwar einerseits (wenn auch nur marginal) preisstabilisierend wirkt, andererseits aber auch eine Stilllegung von Wertschöpfungspotenzialen bedeutet, den Strukturwandel bremst und sich somit negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit des nationalen Milchsektors auswirkt.

Neben der politischen Dimension ist hier auch die rechtliche Dimension zu beachten. Es gibt zahlreiche Unternehmer und Berater, die mit großem Einfallsreichtum Möglichkeiten für einen Transfer von Quoten aus Niedrigpreis- in Hochpreisgebiete suchen und finden. Je mehr diese Möglichkeiten von den Behörden bzw. Gerichten geduldet werden und je mehr sich das Wissen um diese Möglichkeiten in der Praxis verbreitet, desto mehr kommt es dann letztlich doch zu einer grenzüberschreitenden Verlagerung von Milchquoten und Produktionsanteilen in der EU.

*Wie entwickelt sich der Milchpreis unter dem Einfluss der EU-Agrarreform?*

Die Agrarreform sieht vor, die Milchquoten geringfügig aufzustocken und die staatliche Förderung des verbilligten Milchabsatzes auf dem Binnenmarkt zu reduzieren. Das führt zu einem wachsenden Angebot und einem schrumpfenden Absatz, so dass die Preise tendenziell unter Druck geraten.

Die Agrarreform sieht ferner vor, das Interventionssystem auszuhöhlen (Senkung der Interventionspreise, Begrenzung der Interventionsmengen). Das bewirkt, dass der am Markt entstehende Preisdruck kaum noch durch die Intervention aufgehalten werden kann.

Zur Milderung der Einkommenswirkungen, die mit der Absenkung der Interventionspreise einhergehen können (aber nicht müssen), erhalten die Landwirte einen Ausgleich in Form von entkoppelten Direktzahlungen. Es zeichnet sich ab, dass Landwirte in verschiedenen Regionen der EU auf diese Zahlungen in unterschiedlicher Weise reagieren. In einigen Regionen überwiegt eine eher liquiditätsorientierte Haltung, bei der Landwirte ihre Milchproduktion auch bei Verlusten aus laufender Produktion fortführen und die Zahlungen dann teilweise zum Ausgleich dieser Verluste verwenden. In anderen Regionen überwiegt eine eher rentabilitätsorientierte Haltung, bei der die Direktzahlungen uneingeschränkt als „Einkommens-Vorweg“ angesehen werden und die Milchproduktion nur dann fortgeführt wird, wenn die Produktionskosten durch die Markterlöse (ohne Einbeziehung der Direktzahlungen) gedeckt werden. Je mehr Landwirte in der EU die rentabilitätsorientierte Kalkulation praktizieren, desto höher wird sich der Gleichgewichtspreis auf dem EU-Binnenmarkt einpendeln.

Da die skizzierten Wirkungslinien zum Teil gegenläufig sind, wird eine eindeutige Prognose des Gesamteffektes erschwert. Die Mehrzahl der Wirkungslinien deutet in Richtung Preissenkung.

*Wie entwickelt sich der Milchpreis unter dem Einfluss der Handelspolitik?*

Von sehr großer Bedeutung für die künftige Höhe der Milchpreise werden die handelspolitischen Entwicklungen sein. Bis vor kurzem galt es als wahrscheinlich, dass die Rahmenbedingungen hierfür durch einen erfolgreichen Abschluss der laufenden Doha-Runde der WTO gesetzt werden. Die Zwischenstände dieser Verhandlungsrunde deuteten darauf hin, dass bis 2013 die Exportsubventionen vollständig abgebaut und die Importzölle ungefähr halbiert würden. Nachdem die Doha-Runde im Sommer 2006 vorläufig gescheitert ist, herrscht nun große Planungsunsicherheit bezüglich der künftigen handelspolitischen Rahmenbedingungen. Verschiedene Szenarien sind möglich. Es kann zum Beispiel passieren, dass sich das Liberalisierungstempo (im Vergleich zu den erwarteten Ergebnissen der Doha-Runde) verschärft, weil die Friedenspflicht ausgelaufen ist und nun möglicherweise zahlreiche WTO-Streitverfahren angestrengt werden, die vermutlich auch die Exporterstattungen der EU betreffen. Denkbar ist auch, dass nach einer gewissen Denkpause ein Wettrennen um bilaterale Handelsabkommen einsetzen wird, mit schwer kalkulierbaren Wirkungen auf den weltweiten Agrarhandel. Andererseits kann aber auch ein Rückfall einzelner Länder in einen umfassenden Protektionismus nicht vollkommen ausgeschlossen werden; in diesem Szenario wäre die exportorientierte EU-Milchwirtschaft von steigendem Protektionismus in den Importländern negativ betroffen. Einiges spricht dafür, dass sich die verantwortlichen Politiker (angesichts der gravierenden Risiken aller anderen Szenarien) letztlich doch wieder an den Verhandlungstisch setzen und letztlich zu einem Ergebnis kommen werden, das relativ nahe beim WTO-Verhandlungsstand des Sommers 2006 liegen wird. Dieses Ergebnis würde relativ große Auswirkungen auf die EU-Milchproduktion haben, denn der Abbau der Exporterstattungen wirkt sich hier gravierender aus als in den meisten anderen Bereichen des EU-Agrarsektors. Bisher werden etwa 10 % der EU-Milcherzeugung durch Erstattungen auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig gemacht. Wenn diese Exportsubventionen wegfallen, führt dies zu einem erheblichen Preisdruck in der EU, auf der anderen Seite aber auch zu einem Anstieg der Weltmarktpreise.

*Zwischenfazit: Der Milchpreis wird stärker schwanken und wahrscheinlich sinken*

Insgesamt ist es also wahrscheinlich, dass die Auswirkungen der EU-Agrarreform und die Weiterentwicklung der Handelspolitik dazu führen werden, dass die Milchpreise innerhalb der EU mittelfristig sinken.

Durch die Absenkung der Interventionspreise und die mengenmäßige Begrenzung der Intervention hängt das Sicherheitsnetz tief, und es ist löchrig. Der Milchpreis in der EU wird deshalb künftig wahrscheinlich auch wesentlich stärkere Schwankungen aufweisen als in der Vergangenheit.

*Weshalb ein hoher Zollschutz automatisch für „ausreichende“ Milchpreise sorgt*

Die Aussicht auf mittelfristig deutlich sinkende Milchpreise veranlasst Agrarpolitiker und Landwirte zu der bangen Frage, ob der Milchpreis in der EU dauerhaft so niedrig liegen kann, dass immer mehr Milchproduktion aus der EU abwandert und der Bestand der EU-Milcherzeugung im Kern gefährdet wird.

Klar ist: Betriebswirtschaftlichen Analysen zufolge könnten die allermeisten Betriebe in der EU nicht mehr rentabel auf Wachstumskurs gehalten werden, wenn die Milchpreise sich über längere Zeit in der Nähe oder gar unterhalb des künftigen Interventionsniveaus (ca. 22 c/kg) bewegen würden. Zwar sind bei solchen Preisen in sehr vielen Betrieben die variablen Kosten immer noch gedeckt, es verbleiben jedoch nur sehr geringe Überschüsse zur Deckung der übrigen Kosten der Milchproduktion sowie der Lebenshaltung der Unternehmerfamilie. Die Milchproduktion in der EU würde deshalb in solch einem Szenario voraussichtlich sinken.

Klar ist aber auch: Dieses Absinken der Milchproduktion würde nicht immer weiter voranschreiten, sondern „automatisch“ gebremst oder gestoppt werden, ohne dass es dafür eines Quotensystems bedarf. Ausschlaggebend hierfür ist der Zollschatz der EU, den es ja voraussichtlich noch viele Jahre lang geben wird. Die Existenz eines Zollschatzes bedeutet, dass sich das Binnenmarktpreisniveau der EU vom Weltmarktpreisniveau abheben kann – allerdings nur dann, wenn die EU von der gegenwärtigen Nettoexportsituation in eine Nettoimportsituation gerät. In diesem Fall stellt sich auf dem nach außen geschützten Markt jeweils das Preisniveau ein, welches die Produzenten brauchen, um genügend Milch für den heimischen Markt zu produzieren (Gleichgewichtspreis).

Dieser einfache Mechanismus wird in der Realität durch zwei Effekte modifiziert. Zum einen ist zu bedenken, dass der Importschutz der EU nicht durch einen Zollsatz bestimmt wird, sondern durch das Zusammenwirken verschiedener Zollsätze (für verschiedene Milchprodukte) und die Möglichkeit verschiedener zollfreier bzw. zollbegünstigter Präferenzimporte. Zum anderen ist zu bedenken, dass die Exporte der EU ohne Exporterstattungen zwar größtenteils, aber nicht vollständig zum Erliegen kämen, weil einige Exporte (vor allem im Käsesegment) aufgrund ihrer hohen Qualität auch ohne Exporterstattungen wettbewerbsfähig sind. Je niedriger die Milchpreise in der EU liegen, desto mehr Milchprodukte können ohne Erstattungen wettbewerbsfähig exportiert werden. Diese Modifikationen führen dazu, dass die „Ablöseschwelle“, bei der sich der Binnenmarktpreis vom Weltmarktpreis abhebt, nicht exakt bei 100 % Selbstversorgung liegt, sondern irgendwo in der Nähe dieses Selbstversorgungsgrades – im Grundsatz ändern sie jedoch nichts an dem geschilderten Wirkmechanismus.

Fazit: Sollte es im Zuge des Milchpreisverfalls zu einem deutlichen Absinken der EU-Produktion kommen, wirkt der Zollschatz als Sicherheitsnetz für die inländischen Milcherzeuger.

Dass dieses Netz auch in der Praxis funktioniert, kann man in den USA beobachten. Die USA haben kein Quotensystem, aber einen hohen Außenschutz. Dort werden für das Jahr 2012 auskömmliche Inlandspreise von 33 US-c/kg prognostiziert, ohne dass es hierfür eines Quotensystems bedürfte.

#### *Der Zollschatz als Sicherheitsnetz, das vielleicht gar nicht benötigt wird*

Der entscheidende Unterschied zwischen den USA und der EU besteht gegenwärtig darin, dass die EU einen erheblichen Milchüberschuss produziert, der mit Hilfe von Subventionen verbilligt auf dem Binnenmarkt bzw. auf dem Weltmarkt abgesetzt wird.

Wenn diese Subventionen künftig nicht mehr möglich sind, werden die Überschussmengen unweigerlich zu einem Preisdruck auf dem Binnenmarkt führen. Sollte sich dann herausstellen, dass die Milcherzeugung trotz sinkender Preise nicht zurückgeht, so wird der Milchpreis unerbittlich weiter sinken, unter Umständen sogar bis unter den Interventionspreis.

Dieser Prozess wird erst dann zum Stillstand kommen, wenn

- entweder die EU-Milcherzeugung letztlich doch sinkt, die EU somit zum Nettoimporteur wird und somit der Zollschatz zu greifen beginnt („Modell USA“, Herausbildung eines Gleichgewichtspreises auf dem Binnenmarkt)
- oder die Molkereiwirtschaft der EU, begünstigt durch die sinkenden Milchpreise, immer größere Mengen wettbewerbsfähig exportieren kann und somit auch langfristig Nettoexporteurin bleibt.

Im letztgenannten Fall hätte sich herausgestellt, dass Europa auch Milchprodukte international wettbewerbsfähig erzeugen kann, ähnlich wie sich dies bei Getreide oder in der Schweineerzeugung inzwischen immer klarer abzeichnet. Das wäre, zumindest unter dem Aspekt „Arbeitsplätze im ländlichen Raum“, langfristig gesehen ein sehr attraktives Szenario.

Die EU-Milchwirtschaft würde sich in diesem Szenario zu einem nachhaltigen wettbewerbsfähigen Segment der Weltagrarwirtschaft entwickeln.

Weltmarktpreis und Binnenmarktpreis würden sich einander angleichen, so dass der Zollschatz nur noch auf dem Papier bestünde (wirksam als Sicherheitsnetz), aber faktisch gar nicht mehr zur Anwendung käme, weil die EU Netto-Exporteur bliebe. Die EU stünde somit auch im Milchsegment nicht mehr ständig auf der Anklagebank der WTO, ihre Milchproduzenten bräuchten nicht mehr ständig auf Änderungsverordnungen zur Milchquotenregelung zu achten oder den Finanzausagen von Agrarpolitikern zu vertrauen, sondern sie könnten ihre Betriebe im Bewusstsein eigener Stärke weiterentwickeln und auf die Bedürfnisse der Konsumenten ausrichten.

#### *Je niedriger der Zollschatz, desto löchriger das Sicherheitsnetz*

Die bisher geführte Argumentation basiert auf der Annahme, dass die gegenwärtig hohen Zollsätze für Molkereiprodukte auch in der Zukunft Bestand haben. Angesichts der Angebote und Verhandlungsstände, die in der Doha-Runde der WTO erreicht worden waren, und angesichts der Liberalisierungsbemühungen nach dem vorläufigen Scheitern der Doha-Runde muss jedoch damit gerechnet werden, dass die Zollsätze in absehbarer Zukunft reduziert werden.

Wenn dieser Fall eintritt, wird die Wirksamkeit des skizzierten Sicherheitsnetzes beeinträchtigt. Zur Veranschaulichung soll einmal – grob vereinfachend – davon ausgegangen werden, dass (a) die EU-Produktion unterhalb eines Milchpreises von 25 c/kg zu sinken beginnt und (b) der Weltmarktpreis derzeit in der Nähe von 18 c/kg liegt. In diesem Fall wäre ein Zollschutz von z. B. 30 % (bezogen auf Rohmilch), wie er sich als Folge von weitreichenden Kürzungsvorschlägen in der laufenden Doha-Runde einstellen könnte, nicht mehr ausreichend, um das Absinken der EU-Milchproduktion an der Schwelle von der Netto-Exportsituation zur Netto-Importsituation zu stoppen. Bei derartigen Überlegungen ist allerdings zu beachten, dass der Weltmarktpreis bisher durch die Protektionspolitiken zahlreicher Länder auf ein besonders niedriges Niveau gedrückt wird. Je stärker es als Folge der Liberalisierung zu einem Absinken der EU-Milchproduktion käme, desto mehr würde sich der Weltmarktpreis dem EU-Preisniveau annähern. Im gewählten Beispiel sähe dies vielleicht so aus: Der Weltmarktpreis steigt infolge der sinkenden EU-Produktion auf 20 c/kg an, und dann genügt der Zollschutz von 30 % (bezogen auf Rohmilch) wieder, um das Absinken des Binnenmarktpreises bei 26 c/kg zu stoppen und somit die Milchproduktion größtenteils in der EU zu halten. Dennoch ist festzuhalten: Je niedriger der Zollschutz, desto eher kann es in bestimmten Marktconstellationen dazu kommen, dass die Milchpreise in der EU über längere Zeit so niedrig liegen, dass die EU-Produktion deutlich zurückgeht und letztlich immer stärker zu einem Netto-Importeur von Milchprodukten wird. Aus dieser Eventualität wird in der praktischen Politikdebatte bisweilen die Schlussfolgerung abgeleitet, man dürfe sich eben doch nicht allein auf den Zollschutz verlassen, sondern müsse diesen durch eine Stärkung des Quotensystems wirksam ergänzen. Dies ist allerdings ein Trugschluss.

*Weshalb die Quote sinkende Zölle nicht kompensieren kann, sondern obsolet wird*

Das wesentliche Funktionsprinzip einer Quotenregelung besteht darin, durch Angebotsverknappung den Binnenmarktpreis zu erhöhen. Eine Erhöhung des Binnenmarktpreises kann aber überhaupt nur in dem Maße erfolgen, wie dies der Außenschutz zulässt. Wenn es im Extremfall gar keinen Außenschutz gibt, so ist es weder durch eine Quotenregelung noch durch andere Politikeingriffe (z. B. Interventionskäufe) möglich, den Binnenmarktpreis nachhaltig nennenswert vom Weltmarktpreis abzuheben. Jeder Versuch in diese Richtung würde nämlich dazu führen, dass der vorübergehend erhöhte Binnenmarktpreis zusätzliche Importe anzieht, die letztlich den Preisanstieg wieder zunichte machen. In dieser Situation führt eine Quotenregelung also nur dazu, dass der heimische Milchsektor Marktanteile an das Ausland abgibt, ohne dass sich der Binnenmarktpreis vom Weltmarktpreis abhebt. Wenn ein sehr großer „Player“ wie die EU seine Produktion künstlich verknappt, wird die geschilderte Wirkung geringfügig modifiziert.

Die Produktionsmenge der EU ist nämlich im Weltmaßstab so groß (über 20 % der Weltproduktion), dass eine Mengenverknappung in der EU das weltweite Preisniveau für Milcherzeugnisse tendenziell nach oben zöge – so dass über diesen „Umweg“ dann tatsächlich eine gewisse Preiswirkung auch in der EU ankäme. Dieses Wirkungspotenzial hat allerdings im Laufe der vergangenen Jahrzehnte immer mehr abgenommen, weil der Anteil der EU am Weltmilchsektor zurückgegangen ist. Es wäre gewiss keine sinnvolle Strategie, in einer zollfreien Agrarwirtschaft durch einseitige Mengenverknappung dauerhaften Einfluss auf den gesamten Weltmilchmarkt nehmen zu wollen. Festzuhalten bleibt somit: Je stärker der Zollschutz sinkt, desto weniger kann die Quote ihren wesentlichen Zweck erreichen.

### **3 Schlussfolgerungen für die Zukunft der Milchquotenregelung**

#### **3.1 Vorbemerkungen**

Unsere Versuche, die Wirkungen milchmarktpolitischer Optionen mit Hilfe mathematisch-ökonomischer Modelle abzuschätzen, haben ebenso wie vergleichbare Analysen anderer Forschungseinrichtungen gezeigt: Die Gesamtproblematik ist sehr komplex, und eine umfassende quantitative Folgenabschätzung der verschiedenen Politikoptionen ist im Grunde unmöglich, weil einige wichtige Einflussfaktoren durch die derzeit verfügbaren Modelle nicht hinreichend erfasst werden können.

Das gilt zum Beispiel für folgende Fragen: (a) Bei welcher Entlohnung der eingesetzten Arbeitszeit werden Landwirte in verschiedenen Regionen der EU aus der Milchproduktion aussteigen, und zu welchem Zeitpunkt nehmen sie den Ausstieg vor? (b) Wie werden Landwirte in verschiedenen Regionen der EU die entkoppelten Direktzahlungen berücksichtigen, wenn sie die Fortführung der Milchproduktion kalkulieren? (c) In welchem Umfang wird es Landwirten künftig gelingen, Milchquoten aus Regionen mit niedrigeren Quotenpreisen zu beschaffen? Durch vergleichende Beobachtungen wissen wir, dass in diesen und weiteren Punkten erhebliche interregionale Unterschiede bestehen, doch leider existiert keine belastbare Daten- und Modellgrundlage für eine verlässliche, flächendeckende Abbildung. us diesem Grunde können die Modellberechnungen, mit denen wir die Folgen verschiedener Politikoptionen abschätzen, nicht den Anspruch erheben, das Anpassungsverhalten des Milchsektors umfassend abzubilden.

Jedes Modell bildet nur in möglichst konsistenter Weise einen Ausschnitt des Gesamtproblems ab, und einige Ausschnitte können derzeit und in absehbarer Zukunft überhaupt nicht abgebildet werden. Deshalb ist es zwangsläufig so, dass die Ergebnisse der verschiedenen Modelle nicht perfekt zueinander passen. Die Herausforderung besteht darin, die unterschiedlichen quantitativen Modellberechnungen mit den nicht modellierten sonstigen Erwägungen zu einer konsistenten Gesamteinschätzung zusammenzuführen.

Um die Kernargumente und -ergebnisse in möglichst leicht verständlicher Form vorstellen zu können, werden im Folgenden zwei wichtige Aspekte der Quotenregelung nacheinander behandelt.

- Im ersten Schritt wird eine Einschätzung darüber entwickelt, welche Vor- und Nachteile die verschiedenen Politikoptionen für den EU-Milchsektor insgesamt haben. Regionale Aspekte werden dabei zunächst zurückgestellt.
- Erst im zweiten Schritt wird dann darauf eingegangen, ob die Vor- und Nachteile der Politikoptionen gleichmäßig auf alle Regionen der EU verteilt sind oder ob bestimmte Politikoptionen einzelne Regionen besonders begünstigen bzw. benachteiligen.

### 3.2 Bewertung von Politikoptionen aus Sicht des EU-Milchsektors insgesamt

Aus den bisherigen Ausführungen lassen sich im Hinblick auf die Quotenpolitik einige wichtige Erkenntnisse zusammenfassen und Schlussfolgerungen ableiten:

Solange die EU über einen relativ hohen Zollschutz verfügt, wird allein dieser Zollschutz dafür sorgen, dass die von den EU-Bürgern konsumierten Milchprodukte zum allergrößten Teil durch die Milchproduzenten in der EU erzeugt werden. Die erste wichtige Schlussfolgerung für die Quotenpolitik lautet somit:

- (1) Wenn es „nur“ darum geht, den EU-Milchpreis oberhalb des Weltmarktpreises zu stabilisieren und dadurch eine weitgehende Selbstversorgung der EU zu gewährleisten, ist die Quotenregelung nicht erforderlich.
- (2) In dem Szenario „nur Zollschutz, keine Quote“ kann sich herausstellen, dass sich auf dem geschützten Binnenmarkt ein Gleichgewichtspreis herausbildet, der nur relativ gering über dem Weltmarktpreis liegt. Ob dieser Fall eintritt oder nicht, hängt von den Kostenkurvenverläufen der EU-Milchproduzenten ab. Bei einem niedrigen Gleichgewichtspreis bietet die Quotenregelung die Möglichkeit, durch die künstliche Verknappung des Angebots den Binnenmarktpreis auf ein höheres Niveau zu treiben. Es gilt der Grundsatz: Je knapper die Quote, desto höher der Binnenmarktpreis.

Diese Politik lässt sich jedoch nur soweit treiben, bis der Preisanstieg durch Importe zunichte gemacht wird. Diese Obergrenze errechnet sich, vereinfacht ausgedrückt, durch die Formel „Weltmarktpreis plus Zollschutz“.

Angesichts der Aussicht auf mittelfristig sinkende Zollsätze der EU leitet sich hieraus eine für die EU-Quotenpolitik wichtige Schlussfolgerung ab:

- (3) Je stärker der Zollschutz der EU reduziert wird, desto geringer werden die Möglichkeiten, durch die Quotenpolitik einen gesonderten (d. h. nur auf die Quote und nicht auf den Zollschutz zurückzuführenden) Einkommensvorteil für die Milcherzeuger sicherzustellen.

Die bisherigen Ausführungen haben außerdem verdeutlicht: Die erheblichen Exporte, die die EU derzeit im Milchbereich tätigen kann, haben mit dem Quotensystem nichts zu tun, sondern werden maßgeblich durch die Exporterstattungen ermöglicht.

Da mittelfristig von einem Abbau der Exporterstattungen auszugehen ist, wird es bei unveränderter Produktionsmenge zu einem erheblichen Preisdruck kommen. Wenn die EU in diesem Szenario die Quotenmenge nicht deutlich reduziert (Größenordnung 10 %), dann werden die Überschussmengen, die nicht mehr verbilligt auf den Weltmärkten abzusetzen sind, auf den Binnenmarkt drücken und dort so lange zu Preissenkungen führen, bis

- entweder die EU bei Milchprodukten zu einem Netto-Importeur wird und sich ein Gleichgewichtspreis einstellt
- oder die EU zu den (gestiegenen) Weltmarktpreisen wettbewerbsfähig exportieren kann.

In beiden Fällen würde das Quotensystem (mit den gegenwärtig festgelegten Produktionsumfängen) nutzlos werden. Daraus folgt für die EU-Quotenpolitik:

(4) Die Aussicht auf voraussichtlich wegfallende Exportsubventionen zwingt die EU-Politik dazu, in naher Zukunft eine Grundsatzentscheidung zu treffen:

A. Entweder sie reduziert die Quotenmenge deutlich, weil nur so sichergestellt werden kann, dass die Quotenpolitik ihr eigentliches Ziel auch künftig erreichen kann: die Stützung des Binnenmarktpreises oberhalb des Gleichgewichtspreises, der sich im Szenario „Zollschutz ohne Quote“ einstellen würde. (*Strategie „Quotenkürzung“*)

B. Oder sie lässt das Quotensystem auslaufen, indem sie die Quotenmenge so steuert, dass der Binnenmarktpreis für Milch in Richtung des künftigen Gleichgewichtspreises sinkt und die Milchquoten schrittweise entwertet werden. (*Strategie „Quotenausstieg“*)

Wenn die Politik keine explizite Entscheidung trifft, ist dies – aber wohlgermerkt nur bei einem Fortfall der Exporterstattungen – gleichbedeutend mit einer Entscheidung für die Strategie „Quotenausstieg“.

*Was spricht für „Quotenkürzung“, was für „Quotenausstieg“?*

Wesentliche Aspekte, die bei der vergleichenden Beurteilung dieser beiden Strategien zu beachten sind, werden im Folgenden aufgelistet:

- Aus Sicht vieler Milcherzeuger erscheint die Strategie „Quotenkürzung“ zunächst attraktiv, weil die Milchpreise kurz- und mittelfristig höher liegen als bei der Strategie „Quotenausstieg“. In der Mehrzahl der Betriebe ist der Einkommensvorteil durch die höheren Milchpreise höher als der Einkommensnachteil durch die verringerte Milchmenge, so dass die Strategie „Quotenkürzung“ im Durchschnitt aller Betriebe kurz- und mittelfristig einen deutlichen Einkommensvorteil bietet.
- Für Wachstumsbetriebe, die für die künftige Wettbewerbsfähigkeit des Sektors von besonderer Bedeutung sind, ist die Strategie „Quotenkürzung“ jedoch eher nachteilig. Diese Betriebe leiden besonders unter den hohen Quotenpreisen, die durch Strategie A automatisch entstehen, d. h. sie müssen einen relativ hohen und im Zeitablauf immer weiter steigenden Anteil der Quotenrente an die Quoteneigentümer durchleiten. Für diese Betriebe ist die Strategie „Quotenausstieg“ auch deshalb attraktiv, weil dadurch die permanente Politikunsicherheit, die stets mit dem Quotensystem verbunden ist, endgültig beseitigt wird.
- Für jene Molkereien, die sich im Export von Molkereiprodukten engagieren oder engagieren wollen, ist die Strategie „Quotenkürzung“ ebenfalls nachteilig. Die höheren Preise für den Rohstoff Milch beeinträchtigen die Wettbewerbsfähigkeit auf den Exportmärkten, und die in der EU erzeugte Milch wird in diesem Szenario fast ausschließlich auf dem EU-Binnenmarkt vermarktet.
- Im Hinblick auf die Arbeitsplatzbilanz der gesamten Milch- und Molkereibranche ist die Strategie „Quotenkürzung“ tendenziell nachteilig. Den meisten Modellanalysen zufolge ist es wahrscheinlich, dass die EU bei der Strategie „Quotenausstieg“ über einen recht langen Zeitraum, möglicherweise sogar dauerhaft Netto-Exporteur von Molkereiprodukten (v. a. Käse) bleiben wird. Wenn das zutrifft, werden im Milchsektor mehr Arbeitsplätze erhalten als bei der Strategie „Quotenkürzung“, die ja mit Sicherheit zu einem Abbau von Arbeitsplätzen führt.
- Für die Verbraucher ist die Strategie „Quotenkürzung“ ebenfalls nachteilig, da sie zu höheren Lebensmittelpreisen führt als die Strategie „Quotenausstieg“.
- Der Versuch, dauerhaft am Quotensystem festzuhalten (Strategie „Quotenkürzung“), kann auf Dauer auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Milchsektors negativ beeinflussen – mit entsprechend negativen Auswirkungen auf Beschäftigung und Wertschöpfung in ländlichen Räumen. Drei Wirkungsketten sind hier von Bedeutung.
  - Erstens stellen die regelmäßig wiederkehrenden Verhandlungen über die Modalitäten der Quotenpolitik (Verlängerung ja/nein, freier Quotenhandel vs. Benachteiligung von Wachstumsbetrieben) eine permanente Quelle der Politikunsicherheit dar, die das Risiko unternehmerischer Fehlentscheidungen erhöht und tendenziell zu Investitionszurückhaltung führt.
  - Zweitens führt die schiere Existenz der Quotenregelung dazu, dass auf allen Ebenen des Sektors (Landwirtschaft, Molkereien, Beratung, Wissenschaft) immer wieder ein Teil des Produktionsfaktors Know-how darauf verwendet wird, sich mit der Handhabung des hausgemachten Standortfaktors „Quote“ zu befassen. Dieser Teil der Management- und Innovationskapazität fehlt an anderer Stelle (z. B. bei der Entwicklung technischer Fortschritte), was sich auf Dauer als Nachteil im Wettbewerb mit anderen Standorten auswirkt.

- Drittens beeinträchtigt die Quotenregelung den regionalen Strukturwandel und führt zu einer suboptimalen regionalen Ausprägung der Produktionsstruktur. In jenen Regionen, die eigentlich nicht wettbewerbsfähig sind, werden durch hohe Milchpreise und niedrige Quotenpreise Investitionen ausgelöst, die ohne das Milchquotensystem nicht stattfinden. Und in Regionen, die eigentlich wettbewerbsfähig sind, unterbleiben sinnvolle Investitionen, weil teure Quoten erforderlich sind, die nicht überregional herangeschafft werden dürfen.

Diese Effekte fallen kurzfristig sicher kaum ins Gewicht, können aber einen Wirtschaftszweig im Laufe der Jahre gegenüber der internationalen Konkurrenz erheblich ins Hintertreffen bringen. So ist es zum Beispiel als alarmierendes Zeichen zu werten, dass typische Milchbetriebe in Ontario (Kanada) nach jahrzehntelanger Milchquotenregelung um rund 30 % höhere Produktionskosten aufweisen (ohne Quotenkosten) als jene typischen Milchviehbetriebe in Wisconsin (USA), die ungefähr gleich groß sind wie die kanadischen Betriebe und unter ähnlichen natürlichen Bedingungen wirtschaften.

In der längerfristigen Perspektive ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass eines der Hauptziele der Strategie „Quotenkürzung“ (die Erhöhung des Milchpreises) wahrscheinlich auf Dauer gar nicht erreicht werden kann. Wenn man nämlich davon ausgeht, dass der Zollschutz – dem Geiste der WTO folgend – früher oder später auch im Milchbereich abgebaut wird, dann wird auch die Quotenregelung obsolet.

In einer Situation ohne Außenschutz liegen die Inlandspreise auf Weltmarktniveau, und jeder Versuch, das Preisniveau durch Mengenverknappung zu erhöhen, wird sofort durch vermehrte zollfreie Importe zunichte gemacht. Ohne Außenschutz führt deshalb eine Quotenregelung nur zu Marktanteilsverlusten, während die eigentlich angestrebte Stabilisierung bzw. Steigerung von Milchpreisen und Erzeugereinkommen unerreichbar bleibt.

### 3.3 Abschätzung und Bewertung der regionalen Verlagerung der Milchproduktion innerhalb der EU

Die oben geschilderten Wirkungen der Politikstrategien „Quotenkürzung“ und „Quotenausstieg“ auf Preise, Einkommen und Wettbewerbsfähigkeit gelten im Grundsatz für den Gesamttraum der EU.

Die Wirkungen können jedoch innerhalb der EU regional unterschiedlich stark ausgeprägt sein, weil die Strategie „Quotenausstieg“ die Möglichkeit stärkerer regionaler Produktionsverlagerungen innerhalb der EU eröffnet, während bei der Strategie „Quotenkürzung“ die räumliche Verteilung der Milchproduktion tendenziell konserviert wird.

Dieser Unterschied ist durchaus bedeutsam für Politiker, die sich dem Wohlergehen ihres Landes oder ihres Wahlkreises stärker verpflichtet fühlen als dem „durchschnittlichen“ Wohlergehen der Europäischen Union. Insofern kommt der Abschätzung der voraussichtlichen regionalen Wirkungen der Strategie „Quotenausstieg“ besondere Bedeutung zu. Vor diesem Hintergrund ist es besonders bedauerlich, dass – wie bereits in Kapitel 3.1 geschildert – eine belastbare Abschätzung der bei einem Quotenausstieg zu erwartenden regionalen Produktionsverlagerungen derzeit nur sehr eingeschränkt möglich ist. Auf der Grundlage der verfügbaren Ergebnisse lassen sich hierzu folgende Einschätzungen zusammenfassen:

#### *Verlagerungen innerhalb der EU-15*

Vergleicht man den Produktionsstandort Deutschland mit den anderen Mitgliedstaaten der EU-15, so ist kein genereller Kostennachteil für die deutsche Milchwirtschaft festzustellen:

- o Die einzelbetrieblichen Analysen der European Dairy Farmers (EDF) kommen zu dem Ergebnis, dass deutsche Betriebe im Vergleich zu ähnlich strukturierten Betrieben in anderen Mitgliedstaaten der EU relativ gut abschneiden.
- o Die Analysen des International Farm Comparison Network (IFCN) sehen die typischen Betriebe Deutschlands eher im europäischen Mittelfeld.
- o Demgegenüber steht bei der Analyse der EU-Kommission auf der Grundlage des EU-Textbetriebsnetzes (FADN) die nachteilige Betriebsgrößenstruktur einiger westdeutscher Regionen stärker im Vordergrund, so dass Deutschland in dieser Analyse eher im unteren Mittelfeld der EU-15 rangiert.

#### *Verlagerungen zwischen der EU-15 und der EU-10*

Der Vergleich Deutschlands mit den 10 neuen Mitgliedsländern der EU führt ebenfalls zu keinem eindeutigen Ergebnis.

- Einzelbetriebliche Modellkalkulationen lassen keinen Zweifel daran, dass Investitionen in die Milchviehhaltung in den neuen Mitgliedsländern wesentlich rentabler sein können als in Deutschland, insbesondere wegen der Vorteile bei den Lohn- und bei den Futterkosten.
- Andererseits zeigt die Analyse der Agrarstruktur in den neuen Mitgliedsländern, dass in der Mehrzahl dieser Länder noch ein großer Teil der Milch in Hauswirtschaften und sehr kleinen Familienbetrieben erzeugt wird, während leistungsstarke Familien- oder Großbetriebe oft nur den kleineren Teil der nationalen Milcherzeugung stellen. Insofern ist in diesen Ländern noch mit einem langwierigen Umbau der Milchproduktionsstrukturen zu rechnen.

Es ist deshalb sehr fraglich, ob hier in naher Zukunft sektorale Produktionsstrukturen entstehen könnten, die in der Lage wären, einen größeren Anteil der bisher in der EU-15 durchgeführten Milcherzeugung zu übernehmen.

#### *Verlagerungen innerhalb Deutschlands*

Je nachdem, welches analytische Konzept angewendet wird und welche Einflussfaktoren vorrangig betrachtet werden, gelangt man zu unterschiedlichen Einschätzungen:

- Produktionskostenvergleiche für die landwirtschaftlichen Betriebe stützen die Hypothese, dass eine Süd-Nord-Wanderung von Marktanteilen zu erwarten wäre.
- Milchpreisvergleiche sehen eher die süddeutschen Standorte im Vorteil, was sowohl auf die räumliche Nähe zum Zuschussgebiet Italien als auch auf die überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit der im Süden operierenden Marktmolkereien zurückgeführt wird.
- Eine Analyse der regionalen Quotenpreise führt zu der Einschätzung, dass besonders die Produktionszentren im Norden und im Süden Deutschlands Marktanteile gewinnen, während vor allem einige Mittelgebirgslagen sowie Ostdeutschland verlören.
- Stellt man aber in Rechnung, dass sich auch in der Milchviehhaltung der Trend zu großbetrieblichen Einheiten beschleunigt, gelangt man zu einer günstigeren Einschätzung für die ostdeutschen Standorte, weil dort tendenziell bessere Standortbedingungen für ein starkes Betriebsgrößenwachstum anzutreffen sind.
- Angesichts der zunehmenden Nutzungskonkurrenz um Ackerflächen, die durch die gestiegenen Preise für Bioenergie und die starke staatliche Förderung des Bioenergiesektors entsteht, ist eine noch stärkere Konzentration der Milchproduktion auf die klassischen Grünlandstandorte zu erwarten.

#### *Zur Bewertung von Prognosen über die regionale Produktionsverlagerung*

Die obige Zusammenstellung hat gezeigt: Eine klare, über jeden Zweifel erhabene Prognose über die regionalen Verlagerungen der Milchproduktion, die bei unterschiedlichen Politikkonstellationen zu erwarten wären, lässt sich derzeit nicht erstellen. Es gibt viele Hypothesen, die aber teilweise einander widersprechen, und eine empirische Überprüfung einzelner Hypothesen bzw. der Gesamtwirkung ist nach dem jahrzehntelangen Einfrieren des regionalen Strukturwandels in der europäischen Milchproduktion nur in Ansätzen möglich.

In dieser Situation neigen risikoscheue Agrarpolitiker dazu, im Zweifel lieber an der Milchquotenregelung festzuhalten. Sie laufen dann nicht Gefahr, später einmal die Verantwortung für eine Abwanderung von Produktionsanteilen aus ihrer Region übernehmen zu müssen, die sich ja möglicherweise als Folge eines Ausstiegs aus der Milchquote ergeben könnte.

Ob diese Politik der jeweiligen regionalen Milchwirtschaft wirklich nachhaltig nützt, muss allerdings bezweifelt werden. Bei näherem Hinsehen zeigt sich nämlich: Die Fortsetzung des gegenwärtigen Milchquotensystems garantiert keineswegs, dass das regionale Muster der Milchproduktion unverändert fortgeschrieben wird:

- In den zwei Jahrzehnten seit Einführung der Milchquotenregelung haben sich die intraregionalen Produktionsverlagerungen innerhalb der Handelsgebiete für Milchquoten (z. B. Bundesländer) unvermindert fortgesetzt. In allen Bundesländern ist eine räumliche Konzentration der Milchproduktion auf die Gunststandorte (zumeist Grünlandregionen) festzustellen. Die Milchquotenregelung in ihrer gegenwärtigen Form kann also keineswegs verhindern, dass letztlich ganze Landstriche (zum Beispiel ein oder mehrere Landkreise) ihre komplette Milchkuhhaltung verlieren.
- In der jüngeren Vergangenheit gibt es auch immer mehr Hinweise auf Möglichkeiten zu einem grenzüberschreitenden Milchquotentransfer. Es gibt zahlreiche Einzelfälle, bei denen gegenwärtig Milchquoten großräumig in Deutschland (über Bundesländergrenzen hinweg) und in Europa (über Staatengrenzen hinweg) transferiert werden. Gewiss sind die rechtlichen Spielräume (Schlupflöcher) für solche Transfers eng begrenzt (manche meinen: gar nicht vorhanden). Jedoch zeigt die Erfahrung, dass aus kleinen Rinnsalen schnell Dammbüche werden können, wenn bestimmte Präzedenzfälle erst einmal gerichtlich anerkannt worden sind. Der wirtschaftliche Anreiz hierzu ist sehr groß.

- Und auch im Zusammenhang mit dem Versuch einer regionalen Festschreibung der Produktionsstruktur muss noch einmal auf die Perspektiven der Agrarhandelspolitik hingewiesen werden. Je niedriger der künftige Zollschatz, desto geringer der Binnenmarktpreis in der EU und desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass die weniger wettbewerbsfähigen Regionen ihre Milchquote nicht ausschöpfen. Sollte eines Tages der Zollschatz komplett fallen, ist auch die Quotenregelung vollkommen wirkungslos, d. h. sie kann den ihr zugeordneten Zweck „Sicherung der regionalen Produktionsstruktur“ überhaupt nicht mehr erfüllen.

### 3.4 Gesamtbewertung und Schlussfolgerungen

Werden die beiden Bewertungsstränge „Wirkungen auf den EU-Milchsektor insgesamt“ und „Regionale Wirkungen innerhalb der EU“ zusammengefügt, ergibt sich folgende Gesamteinschätzung:

- Es ist davon auszugehen, dass die EU (a) ihre internen Verwendungsbeihilfen schrittweise abbauen wird und (b) in absehbarer Zukunft auch nicht mehr die Möglichkeit haben wird, überschüssige Milchprodukte mit Hilfe von Exporterstattungen zu exportieren.
- Deshalb wird eine Grundsatzentscheidung fällig: Entweder die EU nimmt eine deutliche Kürzung der Quotenmenge vor, oder sie lässt das Quotensystem auslaufen. Die Quotenregelung ohne Quotenkürzung langfristig aufrecht erhalten zu wollen, wäre nicht sinnvoll, denn mit dieser Politik würde der Hauptzweck der Quotenregelung (Preisstützung) kaum erreicht, es bleiben aber alle Nachteile der Quotenregelung bestehen.
- Bei einem Vergleich der Strategien „Quotenkürzung“ und „Quotenausstieg“ spricht die große Mehrzahl der Argumente für den Quotenausstieg. Die Quotenregelung hat sich als „süßes Gift“ der Agrarpolitik erwiesen: Kurzfristig süß, weil die Politik zunächst erfolgreich die Milchpreise erhöhen und damit den einkommenspolitischen Forderungen des Berufsstandes entsprechen konnte. Langfristig giftig, weil sie die Milcherzeuger in eine lang anhaltende Abhängigkeit von der Politik geführt hat, permanente Politikunsicherheit erzeugt, die Wettbewerbsfähigkeit des Sektors schwächt und die Überwälzung der Quotenrente von den aktiven Milcherzeugern auf die „Sofamelker“ nicht verhindern kann.
- Die Nachteile der Quotenregelung nehmen im Laufe der Zeit tendenziell zu. Zum einen wird bei fortschreitendem Strukturwandel ein immer größerer Teil der Quotenrente an die ursprünglichen Eigentümer überwälzt, kommt also den künftig aktiven Milcherzeugern nicht zugute. Zum anderen wächst der Schaden für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Milchsektors, wenn über einen immer längeren Zeitraum Politikunsicherheit herrscht, verzerrte Signale an Investoren gegeben werden und Innovationspotenzial vergeudet wird.
- Demgegenüber nehmen die Vorteile der Quotenregelung im Laufe der Zeit tendenziell ab. Die Quotenregelung kann ihr erstes Hauptziel („Preisstützung“) immer weniger erreichen, wenn mit der erwartbaren Absenkung des Zollschatzes die Spielräume für eine Ablösung des Binnenmarktpreises vom Weltmarktpreis immer stärker eingeschränkt werden. Und auch das zweite Hauptziel der Quotenregelung, nämlich die Verhinderung einer regionalen Verlagerung von Produktionsanteilen in der EU, wird bei zunehmender Liberalisierung immer weniger erreicht. Bereits in der Vergangenheit ist es trotz der Quotenregelung dazu gekommen, dass die Milchviehhaltung aus ganzen Landstrichen (z. B. mehreren Landkreisen) komplett abgewandert ist und sich an besonders günstigen Produktionsstandorten konzentriert hat. Welche Regionen das sind, hängt künftig immer stärker davon ab, wie wettbewerbsfähig sich die Regionen aufstellen.
- Bei der vergleichenden Bewertung der Politikoptionen muss schließlich auch berücksichtigt werden, dass die beiden Hauptziele „Preisstützung durch Mengenverknappung“ und „Verhinderung regionaler Produktionsverlagerungen“ kaum mit den Grundprinzipien der sozialen Marktwirtschaft in Einklang zu bringen sind. Die volkswirtschaftliche Entwicklung Europas hängt wesentlich davon ab, dass (a) zwischenbetrieblicher und interregionaler Wettbewerb ermöglicht wird und (b) die Wirtschaft immer wieder veranlasst wird, ihre Produktivitätssteigerungen über den Preiswettbewerb an die Verbraucher weiterzugeben. Es lässt sich nicht überzeugend begründen, weshalb der Milchsektor von diesen volkswirtschaftlichen Grundprinzipien dauerhaft ausgenommen werden soll.

Diese Zusammenstellung zeigt: Eine Weichenstellung in Richtung „Quotenkürzung“ wäre zwar unter dem Aspekt „Einkommensstützung der Milcherzeuger“ kurz- und mittelfristig wesentlich günstiger zu beurteilen als die Variante „Quotenausstieg“, doch ist die Quotenkürzung bezüglich aller anderen Kriterien deutlich im Nachteil. Die Nachteile der Quotenkürzung nehmen im Zeitablauf zu und die Vorteile nehmen ab, so dass die Strategie letztlich in eine Sackgasse führt. Die Herausforderung besteht deshalb darin, einen Lösungsweg „Quotenausstieg plus ergänzende Maßnahmen“

zu finden, bei dem die einkommenspolitischen Ziele nicht länger mit den Mitteln der Marktsteuerung verfolgt werden, sondern mit direkten Zahlungen und mit Maßnahmen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit. Hier sind bereits geeignete Politikmaßnahmen implementiert worden, die weiterentwickelt und angepasst werden können.

Wenn die Agrarminister der EU mehrheitlich zu dem Ergebnis kommen, dass die Quotenregelung nicht über das Jahr 2015 hinaus fortgeführt werden soll, dann wäre es günstig, wenn sie den Quotenausstieg möglichst bald verbindlich beschließen könnten. Solch ein verbindlicher Beschluss würde viel Politikunsicherheit beseitigen und zu einer Senkung der Quotenpreise führen – mit entsprechend positiven Auswirkungen auf Erzeugereinkommen und langfristige Wettbewerbsfähigkeit.

In der Übergangszeit sollte die EU das Quotensystem so handhaben, dass einerseits allzu drastische Preissenkungen vermieden werden, andererseits aber das Ziel eines „Gleitflugs aus der Quote“ nicht aus den Augen verloren wird. Die schrittweise Erhöhung der Quotenmenge könnte unter Umständen ein Element dieser Strategie sein, doch ist hierbei Vorsicht und Augenmaß angebracht. Es gilt zu vermeiden, dass durch politischen Druck eine (als überzogen empfundene) Quotenausdehnung im Folgejahr wieder teilweise zurückgenommen werden muss, denn das Signal „Quotenkürzung“ könnte von den Landwirten als Wiedereinstieg in einen quotenpolitischen „Wackelkurs“ missverstanden werden.

Sinnvoll wäre auch, bereits während der Übergangszeit eine grenzüberschreitende Verlagerung der Milchproduktion zu ermöglichen. Dies könnte z. B. durch die Saldierung, durch die Einführung einer EU-weiten Handelbarkeit oder durch die schrittweise Reduktion der Superabgabe erfolgen.

Solche Maßnahmen ermöglichen jenen Regionen, die langfristig wettbewerbsfähig sind, einen frühzeitigen Ausbau der Produktionskapazitäten, während in den weniger wettbewerbsfähigen Regionen Fehlinvestitionen vermieden werden.

Sollte sich herausstellen, dass der Quotenausstieg in bestimmten Regionen zu einer Abwanderung der Milchproduktion führt und dass dadurch regionale Entwicklungsziele verletzt werden, so müsste mit Hilfe der Politik für die ländlichen Räume (2. Säule der EU-Agrarpolitik) gegengesteuert werden. Mit dieser Politik können spezifische regionale Entwicklungsziele effizienter erreicht werden als mit der Fortsetzung der klassischen Marktinterventionspolitik.

260	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2003) <b>Nationaler Inventarbericht 2004 — Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen — Teilbericht der Quellgruppe Landwirtschaft</b>	7,00€
262	Folkhard Isermeyer (Hrsg.) (2003) <b>Fleisch 2025</b>	9,00€
263	Ernst-Jürgen Lode und Franz Ellendorff (Hrsg.) (2003) <b>Perspektiven in der Tierproduktion</b>	7,00€
268	Martina Brockmeier und Petra Salamon (2004) <b>WTO-Agrarverhandlungen — Schlüsselbereich für den Erfolg der Doha Runde Optionen für Exportsubventionen, Interne Stützung, Marktzugang</b>	9,00€
269	Angela Bergschmidt (2004) <b>Indikatoren für die internationale und nationale Umweltberichterstattung im Agrarbereich</b>	8,00€
270	Klaus Walter (2004) <b>Analyse der Beziehung zwischen den Kosten für Tierarzt und Medikamente in der Milchviehhaltung und der Produktionstechnik, dem Futterbau, der Arbeitswirtschaft sowie der Faktorausstattung ausgewählter norddeutscher Betriebe</b>	9,00€
271	Uwe Petersen und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2004) <b>Workshop Positivliste für Futtermittel als Beitrag zur Futtermittelsicherheit — Erwartungen, Konzepte, Lösungen A Positive List of feedstuffs as a contribution to feed safety — Expectations, concepts and solutions</b>	7,00€
272	Gerold Rahmann und Thomas van Elsen (Hrsg.) (2004) <b>Naturschutz als Aufgabe des Ökologischen Landbaus</b>	7,00€
273	Gerold Rahmann und Stefan Kühne (Hrsg.) (2004) <b>Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2004</b>	7,00€
274	Folkhard Isermeyer (Hrsg.) (2004) <b>Ackerbau 2025</b>	9,00€
275	Abdelaziz Ibrahim Abdelaziz Aly Omara (2004) <b>Further development of a mobile wind energy plant for a low-pressure irrigation system</b>	9,00€
276	Gerold Rahmann . Hiltrud Nieberg . Susanne Drengemann . Alois Fenneker . Solveig March . Christina Zurek <b>Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Ver- marktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netztes</b> (2004)	13,00€
277	Ioana Salac (2005) <b>Influence of the sulphur and nitrogen supply on S metabolites involved in Sulphur Induced Resistance (SIR) of <i>Brassica napus</i> L.</b>	11,00€
278	Maria del Carmen Lamas (2005) <b>Factors affecting the availability of uranium in soils</b>	8,00€
279	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) <b>Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkung auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt)</b>	7,00€
280	Hans-Joachim Weigel und Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) <b>Biologische Senken für atmosphärischen Kohlenstoff in Deutschland — Tagungsband</b>	9,00€
281	Albert Sundrum and Friedrich Weißmann (eds.) (2005) <b>Organic pig production in free range systems</b>	7,00€
282	Folkhard Isermeyer . Alexander Gocht . Werner Kleinhanß . Bernd Küpker . Frank Offermann . Bernhard Osterburg . Joachim Riedel und Ulrich Sommer (2005) <b>Vergleichende Analyse verschiedener Vorschläge zur Reform der Zuckermarktordnung</b>	7,00€

283	Luit J. De Kok and Ewald Schnug (eds.) (2005) <b>Proceedings of the 1<sup>st</sup> Sino-German Workshop on Aspects of Sulfur Nutrition of Plants</b>	11,00€
284	Rainer Oppermann and Gerold Rahmann (2005) <b>Transforming Rural Communication</b> <b>Three sociological case studies in a developed an urbanized rural area of northern Germany: regional partnership Lübeck bay, organic farming and nature protection</b>	7,00€
285	Jyldyz Uzakbaeva (2005) <b>Effect of different tree species on soil quality parameters in forest plantations of Kyrgyzstan</b>	8,00€
286	Silvia Haneklaus, Rose-Marie Rietz, Jutta Rogasik and Susanne Schrötter (eds.) (2005) <b>Recent advances in in agricultural chemistry</b>	11,00€
287	Maria del Carmen Rivas (2005) <b>Interactions between soil uranium contamination and fertilization with N, P and S on the uranium content and uptake of corn, sunflower and beans, and soil microbiological parameters</b>	8,00€
288	Alexandra Izosimova (2005) <b>Modelling the interaction between Calcium and Nickel in the soil-plant system</b>	8,00€
289	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2005 <sup>2</sup> ) <b>Rinderzucht und Milcherzeugung — Empfehlungen für die Praxis</b>	13,00€
290	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2005) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2005</b>	9,00€
291	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2006) <b>Nationaler Inventarbericht 2006: Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft</b>	16,00€
[291 A]	<b>Calculations of Emissions from German Agriculture — National Emission Inventory Report (NIR) 2006 for 2004: Tables</b> <b>Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft — Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2006 für 2004: Tabellen</b>	
292	Franz-Josef Bockisch und Elisabeth Leicht-Eckardt (Hrsg.) (2006) <b>Nachhaltige Herstellung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse</b>	15,00€
293	Judith Zucker (2006) <b>Analyse der Leistungsfähigkeit und des Nutzens von Evaluationen der Politik zur Entwicklung ländlicher Räume in Deutschland und Großbritannien am Beispiel der einzelbetrieblichen Investitionsförderung</b>	12,00€
294	Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) <b>Möglichkeiten der Dekontamination von "Unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung (2006)"</b>	15,00€
295	Hiltrud Nieberg und Heike Kuhnert (2006) <b>Förderung des ökologischen Landbaus in Deutschland — Stand, Entwicklung und internationale Perspektive</b>	14,00€
296	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) <b>Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung - Empfehlungen für die Praxis</b>	12,00€
297	Hazem Abdelnabby (2006) <b>Investigations on possibilities to improve the antiphytopathogenic potential of soils against the cyst nematode <i>Heterodera schachtii</i> and the citrus nematode <i>Tylenchulus semipenetrans</i></b>	8,00€
298	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2006) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2006</b>	9,00€
299	Franz-Josef Bockisch und Klaus-Dieter Vorlop (Hrsg.) (2006) <b>Aktuelles zur Milcherzeugung</b>	8,00€