

## **Rindfleischerzeugung und Luftverschmutzung. 4. Einfluss von Nutzungsdauer, Tierverlusten sowie Haltungsverfahren auf Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement in der Fleischerzeugung mit Mutterkuhherden**

U. DÄMMGEN<sup>1</sup>, W. BRADE<sup>2</sup>, U. MEYER<sup>3</sup>, H.-D. HAENEL<sup>1</sup>, C. RÖSEMANN<sup>1</sup> und M. SCHWERIN<sup>4</sup>

### **Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, Emissionen von Treibhausgasen (THG) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) in der Fleischerzeugung mit Mutterkuhherden zu quantifizieren und mögliche Einsparpotenziale, vorrangig aus der Sicht eines Tierhalters, erkennbar zu machen.

Am Beispiel einer Modellherde mit 100 Mutterkühen (Deutsches Fleisch-Fleckvieh) und deren Nachkommen werden die Emissionen von THG und NH<sub>3</sub> unter Berücksichtigung einer variierenden Nutzungsdauer und Trächtigkeitsrate der Mutterkühe sowie unterschiedlicher Verlustraten bei den Mutterkühen selbst bzw. ihren Nachkommen untersucht. Darüber hinaus wird der Effekt einer Weidemast im Vergleich zur Stallmast der Nachkommen betrachtet.

Der Effekt einer verlängerten Nutzungsdauer der Mutterkühe auf die entstehenden Emissionen ist unerheblich. Demgegenüber können bei Verringerung des Verlustgeschehens sowohl im Mutterkuh- als auch Nachkommenbestand in Verbindung mit erhöhten Trächtigkeitsraten bei den Muttertieren THG-Minderungspotenziale von ca. 1,2 bis 1,3 kg CO<sub>2</sub>-eq bzw. 5 bis 7% je Produkteinheit (kg Schlachtmasse) erkannt werden.

Beim Vergleich von Weide- und Stallhaltung überlagern sich die Effekte der genutzten Futtermittel (Gras, Silage) einerseits und der Mastleistung andererseits. Unterschiede bei auf das Produkt (d.h. auf die in der Herde produzierte Schlachtmasse) bezogenen Emissionen zeigen sich nur bei NH<sub>3</sub>, nicht aber bei den THG.

Die Studie ist auf die Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement in der Fleischerzeugung mit Mutterkühen beschränkt, um speziell dem Tierhalter seine möglichen Minderungspotenziale im Bereich Tier/Tierhaltung aufzuzeigen. Emissionen aus dem Futterbau bzw. der Futterbereitstellung werden deshalb hier nicht berücksichtigt.

---

<sup>1</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. Email: ulrich.daemmgen@daemmgen.de,

<sup>2</sup> Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo); zurzeit: Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

<sup>3</sup> Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

<sup>4</sup> Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

**Schlüsselwörter:** Minderungspotenziale, Ausscheidungen, organische Masse, Stickstoff, Treibhausgase, Ammoniak, Mutterkuhherde, Nutzungsdauer, enterische Fermentation

## Summary

### **Beef production and air pollution. 4. Influence of useful life, loss of animals and farm management on emissions from enteric fermentation and manure management in meat production with suckler cow herds**

This work aims at the quantification of emissions of greenhouse gases (GHG) and ammonia ( $\text{NH}_3$ ) from meat production with suckler cow herds in order to discern reduction potentials, from the point of view of animal owners.

Emissions of GHG and  $\text{NH}_3$  of an example herd of 100 suckler cows (German Beef Simmental) and their offspring are examined with respect to variable useful lifespan and pregnancy rates of the suckler cows as well as different loss rates for both suckler cows and their offspring. In addition, fattening on pasture is compared to stall-feeding of the offspring.

The effect on emissions of an extended productive life of the suckler cows is almost negligible. A reduction of gaseous emissions of approximately 1.2 to 1.3 kg  $\text{CO}_2$ -eq or 5 to 7%, respectively, per unit of product (i.e. kg slaughter weight) can be achieved if a reduction of the animal losses in the suckler cow and in the progeny in conjunction with increased pregnancy rates in the dams can be achieved.

The comparison between pasture and housing reveals that effects of feed (grass, silage) properties and animal performance overlap. Differences of emissions related to the amount of products (cumulative slaughter weights) can be identified for  $\text{NH}_3$ , but not for GHG.

The study is restricted to emissions from digestion (enteric fermentation) and manure management from meat production with suckler cows; especially from the point of view of the suckler cow holder who should be able to detect his potential influence on emission reduction in the field of animal husbandry. Hence, emissions from forage production are not considered in this work.

**Keywords:** Reduction potentials, excretions, volatile solids, nitrogen, greenhouse gases, ammonia, suckler cow herd, useful lifespan, enteric fermentation

## 1 Einleitung

In den gegenwärtigen Diskussionen zur artgerechten Tierhaltung wird die Mutterkuhhaltung immer wieder als ein naturnahes Verfahren zur Erzeugung von Rindfleisch dargestellt. Zudem kann über die Mutterkuh, besonders in ertragsschwachen Regionen, Grünland verwertet werden, das sonst teilweise brach fallen oder verbuschen würde. Damit hat die Mutterkuhhaltung eine gesamtwirtschaftliche Bedeutung im Erhalt und der Pflege von Kulturlandschaft einerseits und in der Fleischerzeugung andererseits.

Die Mutterkuhhaltung als extensive Produktionsform bedarf aus Sicht der Emissionen von Treibhausgasen (THG) und luftverschmutzenden Gasen, insbesondere von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), jedoch auch einer kritischen Wertung, da hier oft der Vorwurf einer unnötigen „Doppelveredlung“ (Weidefutter zu Milch; Milch zu Kalbfleisch) erhoben wird, bei der auf zwei Ebenen (Mutter, Nachkommen) THG anfallen (FLACHOWSKY und BRADE, 2007; FLACHOWSKY et al., 2011).

Ziel dieser Arbeit ist es, am Beispiel einer Fleckvieh-Mutterkuhherde (Deutsches Fleisch-Fleckvieh mit anfänglich 100 Mutterkühen und deren Nachkommen) Emissionen

von THG und NH<sub>3</sub> aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement unter dem Einfluss von

- unterschiedlicher Nutzungsdauer der Mutterkühe (3 bis 8 Jahre),
  - unterschiedlichen Trächtigkeitsraten,
  - unterschiedlichen Verlustraten bei Mutterkühen, Kälbern und Masttieren und
  - unterschiedlichen Fütterungs- und Haltungsbedingungen
- zu berechnen.

Diese Faktoren können vom Tierhalter durch sein praktiziertes Management systematisch beeinflusst werden. Sie unterliegen gleichzeitig einer breiten Variation zwischen unterschiedlichen Betrieben (ROFFEIS et al., 2006, BÖTTCHER, 2010, DENTEL, 2010).

Die Emissionen sollen in Beziehung zu den erzeugten Fleischmengen gesetzt werden (unter Einbeziehung der geschlachteten Altkühe und der verwerteten abgängigen Tiere).

## 2 Material und Methoden

Betrachtet wird eine Modellherde mit anfänglich 100 Mutterkühen<sup>1)</sup> und ihren Nachkommen (Kälber, Färsen zur Remontierung und zur Mast und Mastbullen). Deckbullen sind nicht eingeschlossen. Die Rechnungen gehen von je einem Kalb pro Mutterkuh und Jahr aus, das zu Beginn der Weideperiode geboren wird. Das Geschlechterverhältnis der Kälber ist 1 zu 1. Zwillingengeburt werden nicht berücksichtigt.

Die Einflüsse von Trächtigkeitsraten, Verlusten, Haltung, Futter und Nutzungsdauer werden für drei Szenarien jeweils für mehrere Nutzungsdauern berechnet (Tab. 1, Einzelheiten dazu gehen aus den nachfolgenden Kapiteln hervor).

- Die Szenarien I und II unterscheiden sich durch Trächtigkeitsrate und Tierverluste (Szenario I: Referenz-Verluste; Szenario II: verringerte Verluste). Dabei stehen Absetzer, Mastfärsen und -bullen in Ställen mit Flüssigmistsystemen. Die Mutterkühe und Remonten werden im Sommer auf der Weide gehalten.
- In Szenario III werden auch die Mastbullen und -färsen während der Vegetationsperiode geweidet und nur winters im Stall gehalten. Die Verluste sind die gleichen wie in Szenario I.

Hier ist noch Folgendes anzumerken:

**Systemgrenzen:** Diese Arbeit berücksichtigt keine Emissionen aus der Bereitstellung von Futter. Hierzu siehe Kapitel 2.3.

**Verluste:** Als Verluste werden solche abgängigen Tiere bezeichnet, die nicht der Verwertung beim Metzger zugeführt werden. Verwertet werden alle Tiere am Ende ihrer Nutzungsdauer. Die Verlustraten sind keine Funktion der Haltungsformen.

**Weidegang bei Mastbullen** ist zurzeit in Deutschland wenig verbreitet. Das deutsche Emissionsinventar nimmt an, dass bundesweit etwa 7% der Bullen während der Vegetationsperiode geweidet werden, in manchen Bundesländern sogar 15% (HAENEL et al., 2014).

### 2.1 Nutzungsdauer der Mutterkühe und Tierverluste

Gesicherte statistische Auswertungen von Datensätzen zur Nutzungsdauer von Mutterkühen und zu Verlusten in der Mutterkuhhaltung sind im Vergleich zu Milchkuhherden rar. Die wenigen Arbeiten spiegeln zumindest tendenziell die regionalen Unterschiede

<sup>1)</sup> Die genannte Herdengröße ist fiktiv; die Wahl der Ausgangswerte erhöht die Übersichtlichkeit. Die absolute Größe der Herde geht nicht in die Ergebnisse ein.

Tab. 1. Definition der Szenarien  
*Definition of scenarios*

Szenario	I	II	III
<i>Mutterkühe</i>			
Nutzungsdauer Mutterkühe	4 bis 8 a	4 bis 8 a	4 bis 8 a
Trächtigkeitsrate/Verluste	Referenzwerte	erhöhte/verringerte	Referenzwerte
Haltung	S: Weide * W: Stall **	S: Weide W: Stall	S: Weide W: Stall
Futter	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste
Anfangsmasse	565 kg Tier <sup>-1</sup>	565 kg Tier <sup>-1</sup>	565 kg Tier <sup>-1</sup>
Endmasse,	665 kg Tier <sup>-1</sup>	665 kg Tier <sup>-1</sup>	665 kg Tier <sup>-1</sup>
Zunahme	20 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	20 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	20 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
<i>Kälber</i>			
Verluste	Referenzwerte	verringerte	Referenzwerte
Endmasse Kalb 80	80 kg Tier <sup>-1</sup>	80 kg Tier <sup>-1</sup>	80 kg Tier <sup>-1</sup>
Endmasse Kalb 125	125 kg Tier <sup>-1</sup>	125 kg Tier <sup>-1</sup>	125 kg Tier <sup>-1</sup>
<i>Remonten</i>			
Trächtigkeitsrate/Verluste	Referenzwerte	erhöhte/verringerte	Referenzwerte
Haltung	S: Weide * W: Stall **	S: Weide W: Stall	S: Weide W: Stall
Futter	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste
Anfangsmasse	125 kg Tier <sup>-1</sup>	125 kg Tier <sup>-1</sup>	125 kg Tier <sup>-1</sup>
Endmasse,	565 kg Tier <sup>-1</sup>	565 kg Tier <sup>-1</sup>	565 kg Tier <sup>-1</sup>
Zunahme	560 g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	560 g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	560 g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
<i>Mastfärsen</i>			
Verluste	Referenzwerte	verringerte	Referenzwerte
Haltung	S und W: Stall	S und W: Stall	S: Weide W: Stall
Futter	Färsenmastfutter	Färsenmastfutter	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste
Zunahme ***	1,0 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,0 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,0 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Endmasse	520 kg Tier <sup>-1</sup>	520 kg Tier <sup>-1</sup>	520 kg Tier <sup>-1</sup>

Tab. 1. Fortsetzung  
Continued

Szenario	I	II	III
<i>Absetzer ****</i>			
Verluste	Referenzwerte	verringerte	Referenzwerte
Haltung	S: Stall	S: Stall	S: Weide
Futter	Fressermastfutter	Fressermastfutter	Weidegras
Zunahme	1,15 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,15 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,15 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Endmasse	200 kg Tier <sup>-1</sup>	200 kg Tier <sup>-1</sup>	200 kg Tier <sup>-1</sup>
<i>Mastbullen</i>			
Verluste	Referenzwerte	verringerte	Referenzwerte
Haltung	S und W: Stall	S und W: Stall	S: Weide W: Stall
Futter	Bullenmastfutter	Bullenmastfutter	S: Weidegras W: Grassilage/Gerste
Zunahme	1,35 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,35 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	1,2 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Endmasse	650 kg Tier <sup>-1</sup>	650 kg Tier <sup>-1</sup>	650 kg Tier <sup>-1</sup>

\* S: Sommer; W: Winter; \*\* Laufstall mit Flüssigmist; \*\*\* nach LFL (2013). \*\*\*\* Als Absetzer werden hier stets männliche Tiere (zwischen Kälbern und Mastbullen) bezeichnet. Da die Kälber zu Beginn der Weideperiode geboren werden, beschränkt sich die Betrachtung der Fresser auf den Sommer.

wider, die durch unterschiedliche Standortbedingungen und ein differenziertes Management bedingt sind (z.B. FAULHABER, 2005; ROFFEIS et al., 2006; PRIEGNITZ, 2013). Die große Vielfalt der Mutterkuhhaltung erschwert die Festlegung von Eingangsparametern für die hier vorgestellten Modellrechnungen. Sie werden nach den angeführten Literaturdaten letztlich als Expertenurteil festgelegt.

### 2.1.1 Mutterkühe

**Nutzungsdauer:** BAUER und GRABNER (2012) geben an, dass das mittlere Abgangsalter der in Österreich gehaltenen Mutterkühe im Jahr 2009 etwa 6 Jahre betrug, ihre Nutzungsdauer also im Mittel etwa 3,5 Jahre. BRÄNDLE und KRIEG (2008) weisen darauf hin, dass Nutzungsdauern unter 6 Jahren verbesserungswürdig sind. BÖTTCHER (2010) nennt für den organischen Landbau in Rheinlandpfalz eine mittlere Nutzungsdauer von im Mittel 7,7 Jahre. PRIEGNITZ (2013) zeigt demgegenüber, dass die geschlachteten Mutterkühe in Sachsen-Anhalt nur ca. 7,9 Jahre alt sind, was eine mittlere Nutzungsdauer von etwa 5,5 Jahren impliziert. Mit 8,2 Jahren werden die Tiere aus der ganzjährigen Freilandhaltung nur geringfügig älter; bei gleichfalls nur ca. 5 Abkalbungen (Tab. A2 im Anhang).

Bemerkenswert hoch ist in der Auswertung von PRIEGNITZ (2013) der Anteil der Mutterkühe, die bereits nach der ersten Kalbung zur Schlachtung gehen. Einen möglichen Grund dafür sieht PRIEGNITZ (2013) in der unzureichenden Vorabselektion der Färsen

vor dem Bedecken in einigen der untersuchten Betriebe (Tab. A2). Vergleichbare Werte findet man auch in einer früheren Auswertung von ROFFEIS et al. (2006) für brandenburgische Mutterkuhherden.

Die **Verlustraten** von Mutterkühen bei ganzjähriger Weidehaltung liegen nach ROFFEIS et al. (2006) bei etwa  $1,5\% a^{-1}$ .

### 2.1.2 Kälber

WEISS et al. (2005) geben bei Kälbern bis  $100 \text{ kg Tier}^{-1}$  Verluste von  $10,4\%$  an. ROFFEIS et al. (2006) stellen fest, dass etwa  $5\%$  der Kälber tot geboren werden (etwa  $11\%$  bei Erstkalbungen und  $4,5\%$  bei Folgekalbungen) und Kälberverluste von etwa  $7\%$  realistisch sind. ROFFEIS und MÜNCH (2007) berichten über etwa  $8\%$  Totgeburten bei Erstkalbungen und weiteren etwa  $3\%$  nach Schweregeburten. Bei Folgegeburten verringern sich die Verluste auf  $4$  bzw.  $0,7\%$ . Nach LORZ (2010) liegen Kälberverluste unter  $8\%$ . BAUER und GRABNER (2012), nennen als Managementziel, dass  $20$  Kühe mindestens  $19$  Kälber gebären und  $18$  Absetzer erzeugen sollen. Das entspricht Verlusten von jeweils etwa  $5\%$ . Von den geborenen Kälbern werden zwischen  $88$  und  $97\%$  aufgezogen.

Totgeburten sind bei männlichen Kälbern häufiger als bei weiblichen. Für Milchrinder berichten JUNGE et al. (2003) diesbezüglich sogar von über  $19\%$  bei männlichen und  $11\%$  bei weiblichen Kälbern bei Erstkalbungen, bei Folgegeburten  $5\%$  und  $3\%$ .

FAULHABER (2005) berichtet über Verluste bei lebend geborenen Kälbern von  $6,8\%$  in Nebenerwerbsbetrieben und  $5,3\%$  in Haupterwerbsbetrieben (vgl. Tab. A1 im Anhang).

DENTEL (2010) wertete Betriebsbefragungen zur Mutterkuhhaltung in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich möglicher Ursachen für Kälberverendungen aus. Sie zeigte, dass die meisten Betriebe als Ursache für Verendungen vor allem Magen-Darm-Infektionen bei den Kälbern nennen. Am zweithäufigsten nannten die Befragten Atemwegs-erkrankungen als Ursache auftretender Verendungen.

### 2.1.3 Absetzer, Mastbullen und Färsen

WEISS et al. (2005) geben bei Absetzern  $2\%$  Verluste an, ebenso KTBL (2010). Zu Mastbullen und Mastfärsen sind keine Angaben verfügbar. Die Zahl der zur Remontierung der Mutterkuhherden benötigten Färsen ist nicht von der Nutzungsdauer der Kühe, sondern nur vom Verlustgeschehen abhängig.

### 2.1.4 Zusammenstellung der hier verwendeten Verlust- und Trächtigkeitsraten

Unter Berücksichtigung der oben genannten Literaturdaten wurden von Dr. Jörg Martin, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf, die Tabellen 2 und 3 als Expertenurteil erstellt.

Wir haben uns entschieden, diese Werte zur Grundlage der weiteren Berechnungen zu machen, da sie auch den praktischen Erfahrungen der Autoren und weiteren Literaturangaben (z.B. HAMPEL, 1995) nahe kamen.

Aus diesen Verlustraten werden die Tierzahlen zur Berechnung der Emissionen und der Schlachtkörpermassen abgeleitet (siehe unten).

## 2.2 Tierische Leistung, Fütterung, Haltung und Schlachtkörpermassen

### 2.2.1 Leistungsdaten

Für Mutterkühe, Kälber, Absetzer und Färsen zur Mast und zur Remontierung werden die folgenden Daten verwendet:

Mittelrahmige Mutterkühe geben näherungsweise  $1500 \text{ kg a}^{-1}$  Milch mit Fett- und Eiweiß-Gehalten von  $4,1$  bzw.  $3,4\%$  (HAMPEL, 1995). Sie haben eine Masse zu Nutzungs-

Tab. 2. Tierverluste in Mutterkuhherden als Funktion der Zahl der Abkalbungen. Szenarien I und III: Referenz-Situation.  
*Animal losses in suckler cow herds related to the number of births. Scenario I: reference situation.*

Jahr	Nr. der Abkalbung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
relative Überlebensrate zum Erreichen der nächsten Abkalbung* (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,87	0,92	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88
Anteil verwertbarer Kuhabgänge zur Fleischgewinnung ** (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,85	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86
relative Trächtigkeitsrate (einschl. Minderung infolge Aborten)*** (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,94	0,90	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91

	Nr. des Kalbes einer Mutter							
	1	2	3	4	5	6	7	8
perinatale Verluste beim Färsenkalb (absolut in %) ****	6	3	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5
perinatale Verluste beim Bullenkalb (absolut in %) ****	10	5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5
Verluste von Kälbern (in %)	5	3	2	2	2	2	3	3
Verluste von Absetzern (in %)	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Verluste von Masttieren (Färsen) (in %)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Verluste von Masttieren (Bullen) (in %)	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Anmerkungen: \* der Rest sind Verluste; \*\* Rest Notschlachtungen und Verendungen; \*\*\* der Rest sind Nichtträchtigkeit und Aborte; \*\*\*\* Verlust um Geburtszeitraum, einschl. Totgeburten

beginn von 565 kg Tier<sup>-1</sup>, eine Schlachtmasse von 665 kg Tier<sup>-1</sup>. Für die Rechnungen wird die Massenzunahme auf 5 Jahre verteilt und konstant gehalten.

Bei Kälbern verwenden die Rechnungen für weibliche Tiere Endmassen von 125 kg Tier<sup>-1</sup> (Kalb 125), für männliche eine von 80 kg Tier<sup>-1</sup> (Kalb 80). Die als Absetzer bezeichneten männlichen Jungtiere mit Massen zwischen 80 und 200 kg Tier<sup>-1</sup> haben unabhängig von der Fütterung die gleiche mittlere tägliche Zunahme von 1,15 kg Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Für Mastbullen in den Szenarien I und II wird die in DÄMMGEN et al. (2015) genannte Fütterungsvariante C verwendet (intensive Mast: mittlere Zunahme etwa 1350 g Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; Mast mit Maissilage und Gras-/Kleegrassilage wie in LfL, 2013, Kapitel 4.12.8). In Szenario III werden Mastbullen bewertet, die auf der Weide und im Stall mit energieärmerem Futter (Grassilage und Gerste wie Mutterkühe und Remonten) gefüttert werden. Als mittlere Zunahme werden deshalb ca. 1200 g Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angenommen. Die Mastendmasse der Bullen erreicht nach entsprechenden Aussagen des Statistischen Bundesamts in den süddeutschen Ländern (vorwiegend Fleckvieh) Werte von 650 bis 700 kg Tier<sup>-1</sup>. In dieser Arbeit wird von einer einheitlichen Mastendmasse von 650 kg Tier<sup>-1</sup> ausgegangen.

Bei Färsen liegt die Endmasse nach Aussagen des Statistischen Bundesamts in den süddeutschen Ländern, deren Herden vorwiegend Fleckviehherden sind, bei 600 bis 650 kg Tier<sup>-1</sup>. Diese Masse wird im Wesentlichen durch die Färsen aus der Remontierung

Tab. 3. Tierverluste in Mutterkuhherden als Funktion der Zahl der Abkalbungen. Szenario II: Verbesserte Situation.

*Animal losses in suckler cow herds related to the number of births. Scenario II: improved situation.*

Jahr	Nr. der Abkalbung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
relative Überlebensrate zum Erreichen der nächsten Abkalbung* (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,93	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93
Anteil verwertbarer Kuhabgänge zur Fleischgewinnung ** (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91
relative Trächtigkeitsrate (einschl. Minde- rung infolge Aborten)*** (in Tier Tier <sup>-1</sup> )	0,96	0,92	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93

	Nr. des Kalbes einer Mutter							
	1	2	3	4	5	6	7	8
perinatale Verluste beim Färsenkalb (absolut in %) ****	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0
perinatale Verluste beim Bullenkalb (absolut in %) ****	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
Verluste von Kälbern (in %)	2	1	1	1	1	1	1,5	1,5
Verluste von Absetzern (in %)	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Verluste von Masttieren (Färsen) (in %)	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Verluste von Masttieren (Bullen) (in %)	0,45	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Anmerkungen siehe Tabelle 1

bestimmt, die gemerzt werden. Im Gegensatz dazu werden Mastfärsen bei geringeren Endmassen geschlachtet (WEISS et al., 2005, geben für fleischbetonte Rassen Massen von 450 bis 500 kg Tier<sup>-1</sup> an). Die vorliegende Arbeit benutzt ein einheitliches Endgewicht für Mastfärsen von 520 kg Tier<sup>-1</sup>, ähnlich wie in LfL (2013), Kapitel 5.3, und eine mittlere tägliche Zunahme von 1000 g Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Da weibliche Tiere auch früher als männliche verfetten, spiegelt diese Festlegung auch die praktischen Erfahrungen wider und entspricht der Praxis einer mäßig intensiven Mast (vgl. KTBL, 2010, S. 585; LINDNER, 2010; DREWS und MAY, 2013).

### 2.2.2 Haltung

Diese Studie geht davon aus, dass Mutterkühe, Jungtiere und Färsen zur Remontierung in der Vegetationsperiode geweidet werden. Im Winter werden sie im Offenstall mit Einstreu gehalten. Dies entspricht der Praxis (HAMPEL, 1995). Zu weiteren Einzelheiten siehe DÄMMGEN et al. (2015).

In den Szenarien I und II werden Mastfärsen und -bullen und Absetzer im Laufstall mit Flüssigmist gehalten und mit energiereichem Futter gemästet, in Szenario III werden sie im Sommer geweidet und im Winter im Laufstall mit Flüssigmist mit Grassilage und Gerste gefüttert.

Bei Kälbern wird die Haltung nicht berücksichtigt, Verwendet werden die in DÄMMGEN et al. (2013b) beschriebenen Standardkälber.



### 2.2.3 Ausschachtungen

Die in der vorliegenden Arbeit vorausgesetzten Ausschachtungen wurden in DÄMMGEN et al. (2015) ermittelt und sind nachfolgend tabelliert (Tab. 4).

### 2.3 Systemgrenzen

Die Berechnungen von absoluten und produktbezogenen Emissionen setzen die Festlegung der Grenzen des Systems voraus, innerhalb dessen gerechnet und bilanziert wird. Sinnvolle Grenzen sind in IPCC (1996) und EMEP (2009) vorgegeben.

Die Rechnungen berücksichtigen bei den **N-Spezies** nur die der Tierhaltung direkt zuzuordnenden Emissionen aus dem Weidegang, dem Stall, dem Lager und der Ausbringung der Wirtschaftsdünger als  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2\text{O}$ . Bilanzwirksam sind außerdem die  $\text{N}_2$ -Emissionen überall dort, wo  $\text{N}_2\text{O}$  freigesetzt wird. Dieser Bereich ist in Abbildung 1

Tab. 4. Ausschachtung und Schlachtkörpermasse  
*Carcass dressing percentage and carcass weights*

	Endgewicht kg Tier <sup>-1</sup>	Ausschlachtung * %	Schlachtkörpermasse kg Tier <sup>-1</sup>
Mutterkühe	650	53,8	349,7
Mastfärsen	520	54,9	285,5
Mastbullen	650	58,0	377,0

\* zu Einzelheiten der Ableitung siehe DÄMMGEN et al. (2015)

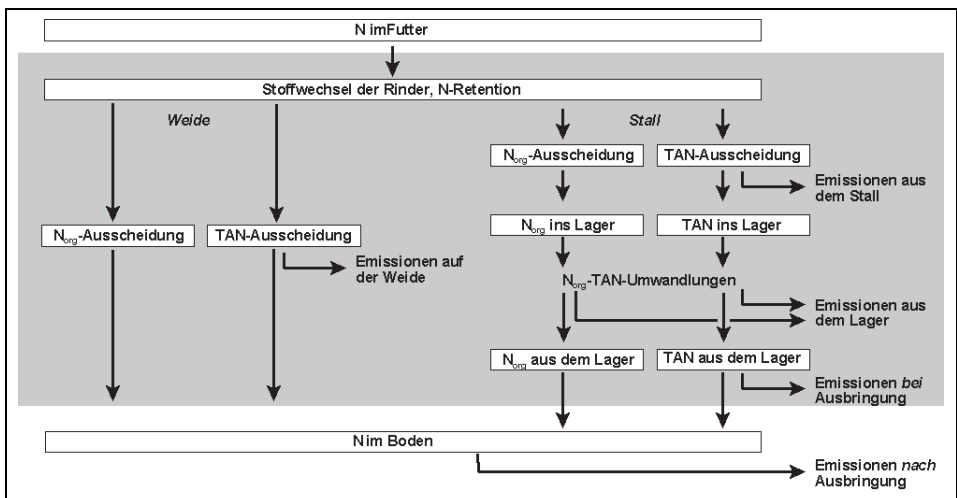


Abb. 1. N-Vorräte und N-Flüsse in der Mutterkuhherde. Das betrachtete System ist grau hinterlegt.  
*N pools and fluxes in a suckler cow herd. The system considered is shaded in grey.*

grau hinterlegt. Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen, die unvermeidlich aus der Deposition von  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$  als Folge landwirtschaftlicher Emissionen herrühren, werden hier nicht berechnet: Emissionen, die nach der Ausbringung entstehen, werden konventionsgemäß (IPCC, 1996) der Pflanzenproduktion und nicht dem Wirtschaftsdüngermanagement zugerechnet. Auch Emissionen aus der Pflanzenproduktion und aus dem Vorleistungsbereich werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen werden nur für die Verdauung und für Stall und Lager (kombiniert) berechnet.

## 2.4 Berechnung der Emissionen der Einzeltiere

Die Grundzüge der Emissionsberechnungen sind in Teil 1 dieser Reihe (DÄMMGEN et al., 2014) beschrieben, zu den verwendeten Emissionsfaktoren (HAENEL et al., 2014).

### 2.4.1 Mutterkühe

Ausscheidungen und Emissionen der Mutterkühe wurden unter Verwendung des in DÄMMGEN et al. (2013b) beschriebenen Modells berechnet. Im Hinblick darauf, dass Mutterkuhherden eher auf marginalen Standorten gehalten werden, wurden für das Weidegras und die Winterfütterung aus Grassilage und Gerste Qualitäten mit niedrigen ME-Gehalten ( $9,4 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) gewählt.

### 2.4.2 Kälber und Absetzer

Das in DÄMMGEN et al. (2013a) vorgestellte Modell zur Berechnung der Ausscheidungen und Emissionen der Kälber wurde modifiziert, so dass neben den Standardkälbern (Kalb 125) auch die Kälber berechnet werden können, die den Eingangsdaten für die Absetzerhaltung entsprechen (Kalb 80). Für Kälber 125 und Kälber 80 wird im genutzten Modell keine Differenzierung zwischen Stall- und Weidehaltung berücksichtigt. Wegen der vergleichsweise geringen Ausscheidungen hat dies keinen Einfluss auf die Ergebnisse der Herdenrechnungen.

Für die Berechnung der Ausscheidungen und Emissionen der Absetzer wurden die in LfL (2013), Kapitel 3.2.3 angegebenen Daten verwendet. Werden die Absetzer geweidet, erhöht sich der ME-Bedarf um 10% (siehe Kapitel 2.4.3).

### 2.4.3 Remonten, Mastfärsen und -bullen

Aus dem Modell zur Berechnung der Mastfärsen wurde ein Remontenmodell abgeleitet, das die niedrigere tägliche Zunahme und das höhere Endgewicht (siehe Tab. 1) berücksichtigt.

Die in HAENEL et al. (2014) beschriebenen Rechenverfahren für Mastfärsen und -bullen wurden so erweitert, dass mehr als eine Mastphase berücksichtigt werden kann.

Der ME-Bedarf wurde für die Dauer des Weidegangs aufgrund erhöhter Bewegungsaktivität während der Futterraufnahme um 10% erhöht (z.B. BAUER et al., 1997). Dies trifft auch für die Mastfärsen und -bullen zu, wenn sie geweidet werden (Szenario III).

## 2.5 Berechnung der Emissionen der Herde

Ziel ist die Quantifizierung der Emissionen aus der Verdauung und dem Wirtschaftsdüngermanagement auf das Produkt. Als Bezugsgröße wird hier die Summe der in der betrachteten Zeitspanne erzielten Schlachtkörpermassen gewählt. Sie berechnet sich für die geschlachteten Mutterkühe, Mastfärsen und Mastbullen aus Mastendmasse und Ausschachtung gemäß für jedes einzelne emittierte Gas

$$E_{P,n} = \frac{ER_{MK} \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n N_{MK,i} + E_{FK} \cdot \sum_{i=1}^n N_{FK,i} + E_{Re} \cdot \sum_{i=1}^n N_{Re,i} + E_{MF} \cdot \sum_{i=1}^n N_{MF,i} + E_{BK} \cdot \sum_{i=1}^n N_{BK,i} + E_{Fr} \cdot \sum_{i=1}^n N_{Fr,i} + E_{MB} \cdot \sum_{i=1}^n N_{MB,i}}{SK_{MK} \cdot \sum_{i=1}^n M_{MK,i} + SK_{MF} \cdot \sum_{i=1}^n M_{MF,i} + SK_{MH} \cdot \sum_{i=1}^n M_{MH,i}} \quad (1)$$

mit

$E_{P,n}$	produktbezogene Emission der Herde für n Nutzungsjahre der Mutterkühe
$ER_{MK}$	Emissionsrate für eine Mutterkuh (in kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Delta t$	Zeitspanne der Emissionsrate ( $\Delta t = 1$ a)
$N_{MH,i}$	Summe der zu fütternden Mutterkühe im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{FK}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Färsenkälber (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{FK,i}$	Summe der zu fütternden Färsenkälber (Kalb 125) im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{Re}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Remonten (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{FK,i}$	Summe der zu fütternden Remonten im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{MF}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Mastfärsen (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{MF,i}$	Summe der zu fütternden Mastfärsen im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{BK}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Bullenkälber (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{BK,i}$	Summe der zu fütternden Bullenkälber (Kalb 125) im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{Fr}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Absetzer (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{FK,i}$	Summe der zu fütternden Absetzer im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$E_{BK}$	Emissionsfaktor für die Produktion der Mastbullen (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$N_{FK,i}$	Summe der zu fütternden Mastbullen im $i$ -ten Jahr (in Tier)
$SK_{MK}$	Schlachtkörpermasse der Mutterkühe (Altkühe) (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$M_{MH,i}$	Summe der geschlachteten Mutterkühe im $i$ -ten Jahren (in Tier)
$SK_{MF}$	Schlachtkörpermasse der Mastfärsen (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$M_{MF,i}$	Summe der geschlachteten Mastfärsen im $i$ -ten Jahren (in Tier)
$SK_{MB}$	Schlachtkörpermasse der Mastbullen (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$M_{MB,i}$	Summe der geschlachteten Mastbullen im $i$ -ten Jahren (in Tier)

und

$$SK_{MK} = X_{MK} \cdot w_{fin, MK}$$

mit

$SK_{MK}$	Schlachtkörpermasse der Mutterkühe (in kg Tier <sup>-1</sup> )
$X_{MK}$	Ausschlachtung der Mutterkühe (in kg kg <sup>-1</sup> )
$w_{fin, MK}$	Endmasse der Mutterkühe (in kg Tier <sup>-1</sup> )

usw.

### 2.5.1 Relevante Tierzahlen

Die in diesen Modellbetrachtungen verwendeten Herden erzeugen zwar die im Prinzip erforderliche Zahl an Remonten. Die Herden werden jedoch nicht im Fließgleichgewicht betrachtet. Die **Summe der zu fütternden Tiere** einer jeden Kategorie in Gleichung (1) ist der Mittelwert der jeweiligen Tierzahlen am Anfang und am Ende des betrachteten Zeitabschnitts.

Für die Berechnung der Massen der **Schlachtkörper** werden die Tierzahlen am Ende des Zeitabschnitts herangezogen.

Die Zahl der geborenen **Kälber** ergibt sich aus der Zahl der am Ende des Vorjahres vorhandenen Mutterkühe unter Berücksichtigung der Trächtigkeitsrate.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Herdenpopulation und erzielte Schlachtkörpermengen

Der Bestand an Mutterkühen – gemessen am Anfangsbestand – nimmt mit der Nutzungsdauer in Folge von Verlusten kontinuierlich ab (Abb. 2). Im Szenario II werden gegenüber Szenario I geringere jährliche Abgangsraten bei den Mütterkühen unterstellt (vgl. Tab. 2 und 3).

Die Höhe der Tierverluste hat einen erheblichen Einfluss auf die erzielten Schlachtkörpermengen: Der Vergleich der Abbildungen 3 und 4 verdeutlicht die Bedeutung verringerter Tierverluste. Hier wird bei den Mutterkühen unterschieden zwischen der Schlachtmasse der vor dem angenommenen Nutzungsende bereits dem Metzger zugeführten Tiere (Kühe vor Nutzungsende) und den am Nutzungsende noch lebenden nutzbaren Tiere (Tiere nach Nutzungsende).

Den größten Anteil an der gesamten Schlachtkörpermasse haben in allen Szenarien die Mastbullen. Mastfärsen können erst ab der dritten Kalbung, gemessen an den zugehörigen Muttertieren, zur Schlachtkörpermasse beitragen, da zunächst die Remontierung des Kuhbestandes gewährleistet werden muss. Der absolute Beitrag der Mutterkühe sinkt ständig geringfügig, bedingt durch die nicht verwertbaren Tiere vor Nutzungsende.

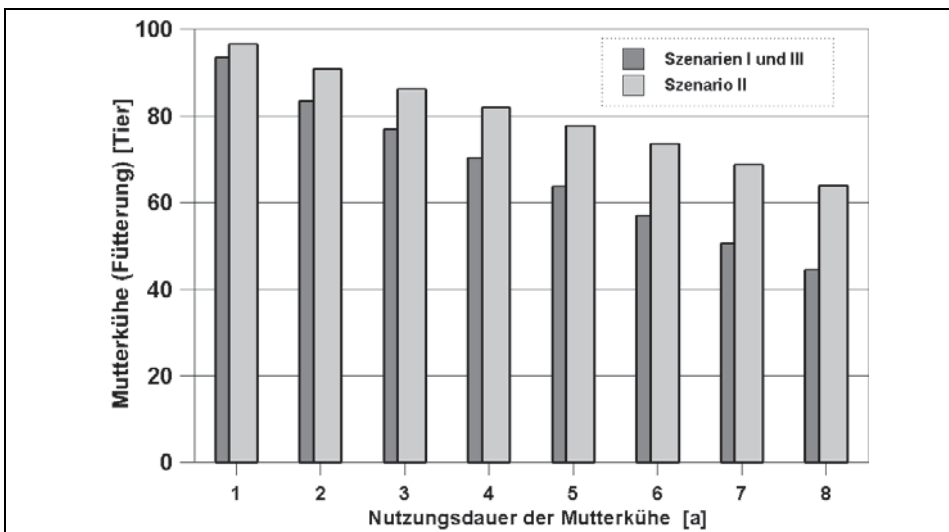


Abb. 2. Zahl der Mutterkühe in der Herde (gefütterte Tiere) als Funktion der Nutzungsdauer bei unterschiedlichen Verlustraten (gemessen am Anfangsbestand).

*Numbers of suckler cows fed per year as function of their productive life and different loss rates (related to the original population)*

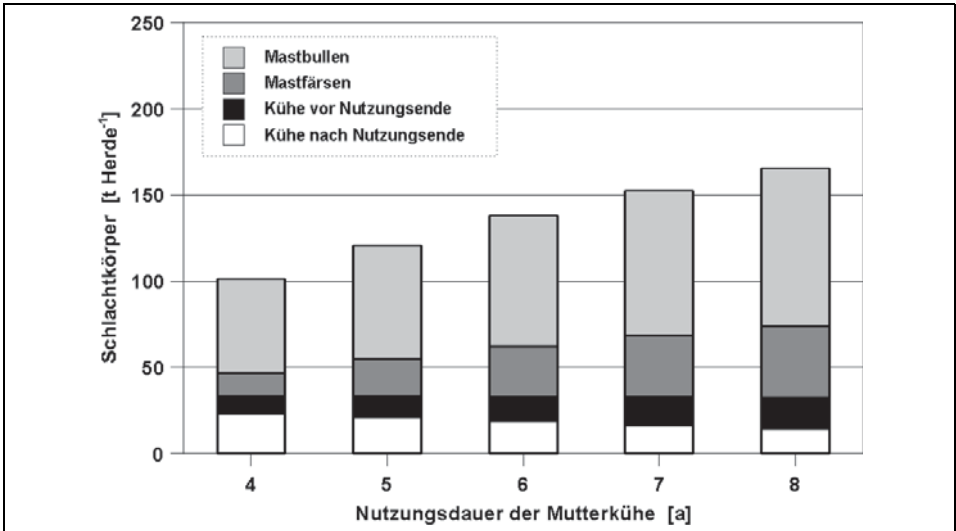


Abb. 3. Erzielte Schlachtkörpermengen (kumulativ) der Herde als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkühe. Szenarien I und III (Die sinnvoll anzusetzende Mindestnutzungsdauer einer Mutterkuh ist 4 Jahre mit 4 Abkalbungen, da bei Berücksichtigung der Trächtigkeitsraten und Verluste erst dann die Remontierung gesichert werden kann.)

*Cumulative carcass weights of the herd as function of the productive life of the suckler cows. Scenarios I and III.*

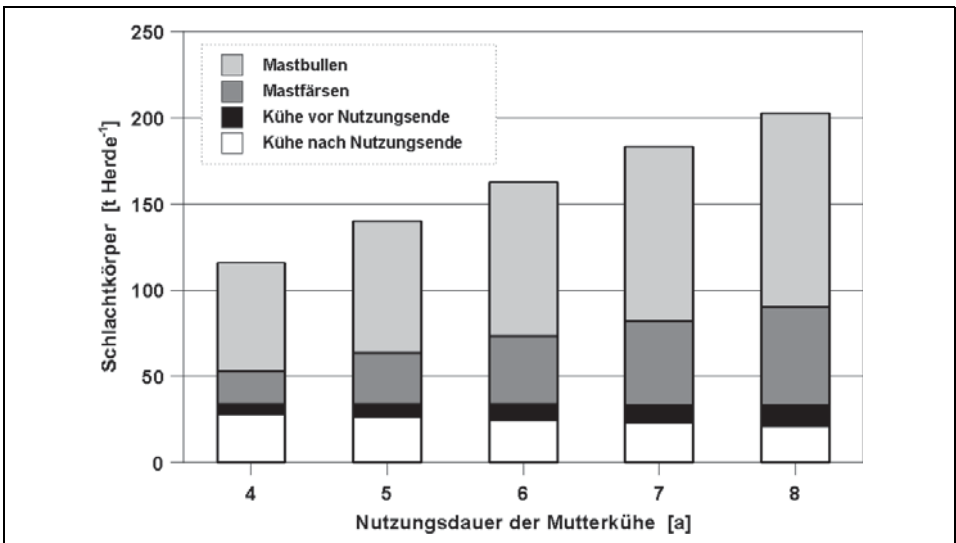


Abb. 4. Erzielte Schlachtkörpermengen (kumulativ) der Herde als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkühe. Szenario II.

*Cumulative carcass weights of the herd as function of the productive life of the suckler cows. Scenario II.*

### 3.2 Ausscheidungen und Emissionen je Tier

Tabelle 5 fasst die Ausscheidungen und Emissionen je Tier zusammen. Es ist zu berücksichtigen, dass für Mutterkühe jährliche Emissionen angegeben werden, bei allen anderen Unterkategorien jedoch Emissionen je Tier. Bei weiblichen Kälbern werden die Emissionen bis zu einer Endmasse von 125 kg Tier<sup>-1</sup> berechnet („Kalb 125“), bei männlichen Kälbern wird das Kalb bis zu einer Endmasse von 80 kg Tier<sup>-1</sup> betrachtet („Kalb 80“) und danach als Absetzer gefüttert. Unterschieden werden ferner bei den Mastfärsen, Absetzern und Mastbullen die Mast im Stall mit Maissilage (S) und die Weidemast mit Grassilage als Winterfutter (W).

Mutterkühe und Remonten erhalten in allen Szenarien nur wenig Kraftfutter; ebenso die Mastfärsen auf der Weide (Mastfärse III), Absetzer (Absetzer III) und Mastbullen (Mastbulle III) in Szenario III. Zur Deckung des ME-Bedarfs muss also auf der Weide mehr Futter aufgenommen werden. Entsprechend groß sind die VS-Ausscheidungen und die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung.

Der Anteil der Ausscheidungen auf der Weide ist bei Färsen und Bullen unterschiedlich, da die Weidezeiten im zweiten Sommer unterschiedlich lang sind. Färsen und Bullen erhalten bei Stallmast nicht das gleiche Futter.

Die Mehrausscheidungen von VS in Szenario III erklären sich aus dem erhöhten ME-Bedarf während des Weidens (10%); der ME-Gehalt des Futters in Szenario III ist 9,4 MJ kg<sup>-1</sup>, der des Mastfutters 10,9 MJ kg<sup>-1</sup>; das Futter in Szenario III zeichnet sich darüber hinaus

Tab. 5. Berechnete Ausscheidungen und Emissionen je Tier und Tierkategorie  
*Calculated excretions and emissions per animal and animal category*

Tier, Szenario	Ausscheidungen				Emissionen				
	VS *	N			CH <sub>4</sub>		NH <sub>3</sub>	NO	N <sub>2</sub> O
		gesamt	im Kot	im Harn**	Verd.***	Lager****			
	kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>								
Mutterkuh	1173	63,0	24,4	38,6	115	2,6	12,5	0,07	0,55
	kg Tier <sup>-1</sup>								
Kalb 125	52	7,0	2,5	4,4	3	0,1	0,3	0,00	0,00
Remonte	1162	44,4	14,1	30,2	167	5,5	19,3	0,11	0,82
Mastfärse I, II	518	59,3	17,2	42,1	69	5,7	26,5	0,06	0,43
Mastfärse III	1006	56,3	21,6	34,6	104	6,6	17,4	0,05	0,33
Kalb 80	5	1,7	0,3	1,4	0	0,0	0,1	0,00	0,00
Fresser I, II	70	6,0	1,9	4,1	10	0,9	2,2	0,01	0,04
Fresser III	155	6,1	2,7	3,4	20	0,2	0,2	0,00	0,00
Mastbulle I, II	442	41,4	16,0	25,4	59	5,6	13,8	0,04	0,29
Mastbulle III	999	46,3	21,9	24,4	102	6,6	5,2	0,05	0,36

\* VS: organische Masse (volatile solids). \*\* Harn-N (TAN, total ammoniacal nitrogen) zersetzt sich in Gegenwart von Urease vollständig unter Bildung von NH<sub>3</sub>. \*\*\* Emissionen aus der Verdauung. \*\*\*\* „Lager“ schließt Weidegang ein.

durch seine geringere Verdaulichkeit aus. Bei den Mastbullen III bewirkt die geringere tägliche Zunahme einen höheren Gesamt-ME-Bedarf (höherer Anteil an Erhaltungsenergie).

Die N-Aufnahmen mit dem Futter in den Szenarien I und II einerseits und III andererseits unterscheiden sich bei Absetzern nicht, bei Färsen erheblich und bei Bullen kaum (Absetzer: 9,4 und 9,4 kg Tier<sup>-1</sup>; Färsen: 70 und 59 kg Tier<sup>-1</sup>; Bullen: 56 und 59 kg Tier<sup>-1</sup>). Die TAN-Gehalte der Ausscheidungen bewegen sich im üblichen Rahmen (zwischen 0,53 und 0,71 kg kg<sup>-1</sup>). Sie sind bei Färsen und Bullen für die Szenarien I, II etwa 0,10 kg kg<sup>-1</sup> höher als für Szenario III. Der große Unterschied der N-Ausscheidungen zwischen Mastfärsen und -bullen ist auf die großen Unterschiede bei der N-Aufnahme zurück zu führen.

Die in Szenario III erhöhten Emissionen von CH<sub>4</sub> aus der Verdauung spiegeln im Wesentlichen die erhöhte Futterraufnahme und die schlechtere Futterqualität wider.

Kälber entwickeln sich bekanntermaßen erst in den ersten Lebenswochen zu Wiederkäuern. Ihre CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung sind deshalb gering.

Der auf der Weide ausgeschiedene Kot führt praktisch nicht zu CH<sub>4</sub>-Emissionen, der im Stall ausgeschiedene und ins Lager überführte produziert jedoch erhebliche CH<sub>4</sub>-Mengen. Am auffälligsten ist der Unterschied bei den Absetzern, weil hier die Ausscheidungen völlig in dem einen oder dem anderen System anfallen. Bei Mastfärsen und Mastbullen in Szenario III führen die erhöhten VS-Ausscheidungen im Stall dazu, dass die Emissionsminderungen durch Weidegang mehr als kompensiert werden. Sie sind dann höher als in Szenario I.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Weide sind deutlich geringer als die für den Stall. Die hohen Ausscheidungsraten im Stall bei Szenario III kompensieren hier die Emissionsminderungen auf der Weide nicht.

Die aus der Herde kumulativ emittierten Mengen an NH<sub>3</sub> und THG sind in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt. Unter den in dieser Modellbetrachtung gewählten Systemgrenzen führen verringerte Verluste in Szenario II stets zu erhöhten Emissionen der

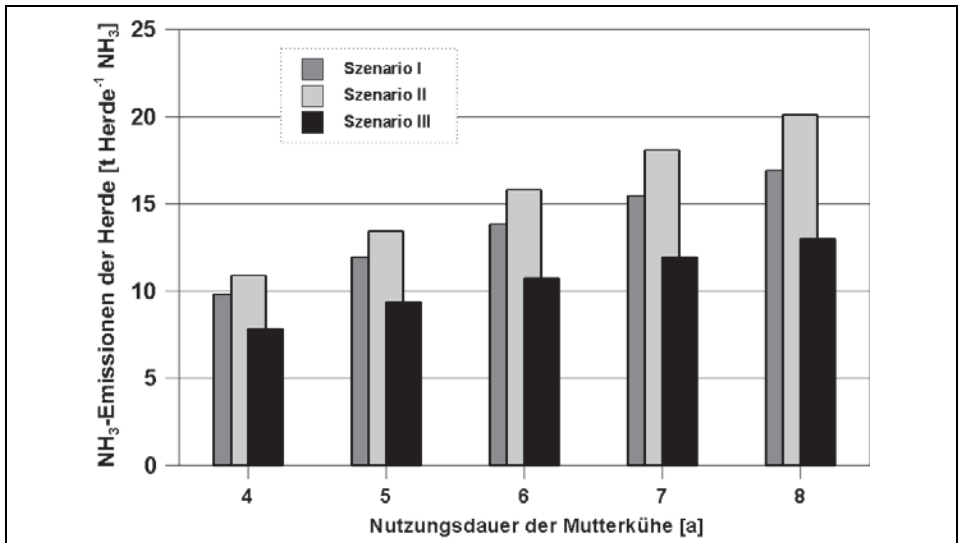


Abb. 5. Kumulative NH<sub>3</sub>-Emissionen der Herden als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkühe.  
Cumulative NH<sub>3</sub> emissions of the herds as function of the productive life of the suckler cows.

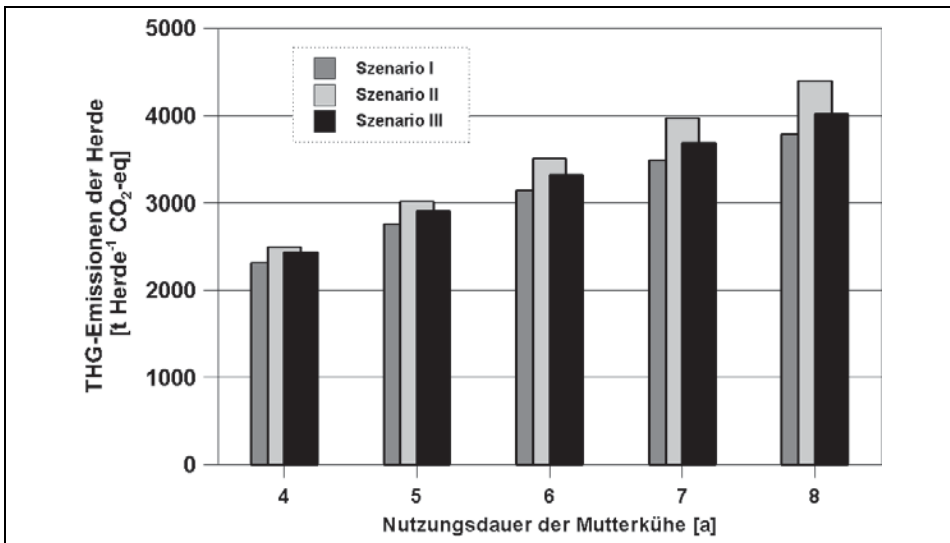


Abb. 6. Kumulative THG-Emissionen der Herden als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkühe. *Cumulative NH<sub>3</sub> emissions of the herds as function of the productive life of the suckler cows.*

Herde. Bei gleichen Verlusten und nahezu gleicher Leistung (verringerte tägliche Zunahme der Mastbullen in Szenario III) ist eine deutliche Reduktion der kumulativen NH<sub>3</sub>-Emissionen erkennbar.

Bei den THG-Emissionen ist ebenfalls erkennbar, dass die Verbesserung der Verlustsituation zu erhöhten kumulativen Emissionen führt. Der Vergleich der Szenarien I und III macht deutlich, dass Weidegang bei THG wohl keine emissionsmindernde Maßnahme ist.

### 3.3 Produktbezogene Emissionen

Aus der Kombination von Tierzahlen, Ausscheidungen und Emissionen je Tier bzw. je Tier und Jahr mit den insgesamt erzeugten Schlachtkörpermengen ergeben sich die in den Tabellen 6 bis 8 wiedergegebenen produktbezogenen Ausscheidungen und Emissionen.

Die in Tabelle 6 dargestellten Ergebnisse überraschen zunächst. Der Effekt einer verlängerten Nutzungsdauer der Mutterkühe für die entstehenden THG-Emissionen ist offenbar vergleichsweise unerheblich. Auch NGUYEN et al. (2013) berichten, dass eine Erhöhung der Nutzungsdauer der Mutterkühe kaum Auswirkungen auf die entstehenden THG im Gesamtsystem der Fleischerzeugung mit Mutterkuhherden hat. Die Ursache ist darin zu sehen, dass bei der Fleischproduktion das Futter vornehmlich zur Erzeugung von Zuwachs bei Bullen und Färsen genutzt wird; das Verhältnis von Ausscheidungen und Emissionen zur Produktmenge bleibt hier gleich. Die jährlichen Ausscheidungen einer Mutterkuh sind von ihrem Erhaltungsbedarf bestimmt. Diese bleiben zeitlich ebenfalls praktisch konstant. Der jährliche benötigte Erhaltungsbedarf der Mutterkühe ist von so überragender Bedeutung, dass eine verlängerte Nutzungsdauer folglich bei diesem Produktionsverfahren (Fleischerzeugung mit Mutterkühen), im Gegensatz zu anderen Produktionsverfahren (z.B. Milcherzeugung mit Holstein-Rindern) belanglos bleiben muss.



Tab. 6. Ausscheidungen und Emissionen bezogen auf die gesamte Schlachtkörpermenge als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkuh. Szenario I.

*Excretions and emissions related to the cumulative carcass mass as a function of the productive life of the suckler cows. Scenario I.*

	Nutzungsdauer der Mutterkuh in a				
	4	5	6	7	8
CH <sub>4</sub> -Emissionen aus Verdauung in kg kg <sup>-1</sup>	0,686	0,675	0,668	0,665	0,663
VS-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	6,15	6,09	6,05	6,05	6,04
N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,364	0,369	0,373	0,376	0,379
Kot-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,134	0,135	0,136	0,138	0,138
Harn-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,230	0,234	0,236	0,239	0,241
NH <sub>3</sub> -Emissionen in kg kg <sup>-1</sup>	0,097	0,099	0,100	0,101	0,102
CH <sub>4</sub> aus Lager in kg kg <sup>-1</sup>	0,0262	0,0265	0,0267	0,0269	0,0270
THG aus Haltung direkt in kg kg <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> -eq	17,51	17,41	17,37	17,38	17,39

Tab. 7. Ausscheidungen und Emissionen bezogen auf die gesamte Schlachtkörpermenge als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkuh. Szenario II.

*Excretions and emissions related to the cumulative carcass mass as a function of the productive life of the suckler cows. Scenario II.*

	Nutzungsdauer der Mutterkuh in a				
	4	5	6	7	8
CH <sub>4</sub> -Emissionen aus Verdauung in kg kg <sup>-1</sup>	0,640	0,631	0,624	0,621	0,619
VS-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	5,73	5,68	5,65	5,63	5,63
N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,347	0,352	0,356	0,360	0,362
Kot-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,127	0,129	0,130	0,131	0,132
Harn-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,220	0,224	0,226	0,229	0,230
NH <sub>3</sub> -Emissionen in kg kg <sup>-1</sup>	0,094	0,096	0,097	0,098	0,099
CH <sub>4</sub> aus Lager in kg kg <sup>-1</sup>	0,0255	0,0258	0,0260	0,0261	0,0262
THG aus Haltung direkt in kg kg <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> -eq	16,45	16,38	16,34	16,34	16,34

Vergleicht man nun die in den Tabellen 6 und 7 zusammengestellten Werte, so lassen sich demgegenüber die Vorzüge eines reduzierten Verlustgeschehens sowohl im Mutterkuh- als auch Nachkommenbestand in Verbindung mit erhöhten Trächtigkeitsraten zeigen. Es werden so insgesamt mehr schlachtreife Tiere erzeugt. Die höheren Schlachtkörpermengen (vgl. Abb. 2 und 3) überkompensieren die erhöhten Emissionen der größeren Population. Bei vergleichbarer Nutzungsdauer können nun Einsparpotenziale von 5 bis 7% erkannt werden – erwartungsgemäß steigend mit verlängerter Nutzungsdauer. THG-Einsparpotenziale von ca. 1,0 kg CO<sub>2</sub>-eq je Produkteinheit werden errechnet. Die Minderungen bei NH<sub>3</sub> von 3% sind eher unbedeutend. (Auf die hier gewählten Systemgrenzen wird nochmals hingewiesen.)

Tab. 8. Ausscheidungen und Emissionen bezogen auf die gesamte Schlachtkörpermenge als Funktion der Nutzungsdauer der Mutterkuh. Szenario III.

*Excretions and emissions related to the cumulative carcass mass as a function of the productive life of the suckler cows. Scenario III.*

	Nutzungsdauer der Mutterkuh in a				
	4	5	6	7	8
CH <sub>4</sub> -Emissionen aus Verdauung in kg kg <sup>-1</sup>	0,778	0,774	0,772	0,773	0,773
VS-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	7,29	7,32	7,35	7,39	7,41
N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,369	0,374	0,378	0,381	0,384
Kot-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,145	0,148	0,150	0,151	0,152
Harn-N-Ausscheidungen in kg kg <sup>-1</sup>	0,224	0,226	0,228	0,230	0,231
NH <sub>3</sub> -Emissionen in kg kg <sup>-1</sup>	0,077	0,078	0,078	0,078	0,078
CH <sub>4</sub> aus Lager in kg kg <sup>-1</sup>	0,0271	0,0275	0,0278	0,0280	0,0282
THG aus Haltung direkt in kg kg <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> -eq	19,73	19,81	19,88	19,97	20,03

Insgesamt sind die Änderungen der Emissionen von NH<sub>3</sub> und THG als Funktion der Nutzungsdauer auch in Tabelle 8 so gering, dass sie gegenüber den Unsicherheiten nicht sonderlich ins Gewicht fallen. (Die Zahl der angegebenen Stellen soll hier lediglich zeigen, dass Änderungen erkennbar sind.)

Die Szenarien I (Tab. 6) und III (Tab. 8) unterscheiden sich hinsichtlich der Leistung der Mastbullen und -färsen sowie bei der Haltung während der Mast. Die geringere tägliche Zunahme hat eine insgesamt höhere Futteraufnahme und einen insgesamt erhöhten Erhaltungsbedarf je Tier zur Folge (längere Mastdauer). Das Futter bei Weidemast hat einen deutlich geringeren ME-Gehalt als das Futter bei Stallmast. Auch der aus dem Bewegungsaufwand resultierende zusätzliche Futterbedarf erhöht die Futteraufnahme von Färsen und Absetzern. Ein entscheidender Unterschied liegt im Wirtschaftsdüngermanagement. Allgemein führen die Ausscheidungen im Stall und die anschließende Lagerung der Ausscheidungen im Güllebehälter zu deutlich erhöhten Emissionen von NH<sub>3</sub> und CH<sub>4</sub> im Vergleich zur Weide. Die von den CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung dominierten THG-Emissionen sind in Szenario III gegenüber dem Szenario I deutlich erhöht, was auf verringerte Kraftfutter- und erhöhte Raufutteraufnahmen zurückzuführen ist.

#### 4 Diskussion der Ergebnisse

**Fazit und praktische Konsequenzen:** Weltweit wird zunehmend versucht, die als Ergebnis menschlicher Aktivitäten entstehenden Emissionen zu erfassen und Reduktionspotenziale zu erkennen und zu nutzen. Wichtig sind neben den absoluten gleichzeitig auch die produktbezogenen Emissionen, die Auskunft darüber geben, ob und inwieweit bei einem gegebenen Bedarf oder Markt die Emissionen je Einheit des Produkts verringert werden können. Niedrige produktbezogene Emissionen resultieren meist aus einer hohen Effizienz der eingesetzten Ressourcen (z.B. FLESSA et al., 2012). Diese Einschätzung trifft generell auch für die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft zu, so für die Rindfleischproduktion in Mutterkuhherden.

Es gibt nur vergleichsweise wenige Untersuchungen über mögliche Einsparpotenziale in der Fleischerzeugung mit Mutterkühen (FLESSA et al., 2012). Es wurde deshalb zunächst versucht, THG- und  $\text{NH}_3$ -Emissionen von Mutterkuhherden bei gleichzeitiger Betrachtung der Nutzungsdauer sowie zugehöriger Trächtigkeitsraten der Mutterkühe und unterschiedlicher Verlustraten bei den Mutterkühen sowie ihrer Nachkommen zu berechnen und sie auf die Menge der produzierten Schlachtkörper zu beziehen.

Als erste Schlussfolgerungen für die Praxis lässt sich aus dem Vergleich der Szenarien I und II (Tab. 6 und 7) ableiten, dass eine höchstmögliche Produktivität je Mutterkuh anzustreben ist mit optimierter Reproduktionsrate und niedrigeren Verlusten bei den Muttertieren selbst sowie ihren Nachkommen. Dies erhöht die Emissionen der Herde (Abb. 5 und 6), verringert aber die produktbezogenen Emissionen.

Es fällt auf, dass die Nutzungsdauer der Mutterkuh selbst in der Herde aus Sicht einer möglichen Emissionsminderung von vergleichsweise geringer Bedeutung ist.

Die Variation von Haltung und Futter (Szenarien I und III) zeigt für  $\text{NH}_3$ - und THG-Emissionen ein gegenläufiges Bild: Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden durch Weidegang verringert, denn die Menge des mit dem Futter aufgenommenen N ändert sich nur unwesentlich, die Emissionsfaktoren sind jedoch erheblich geringer. Dagegen führt der geringere ME-Gehalt des Winterfutters in Szenario III zu erhöhten VS-Ausscheidungen im Stall und anschließender  $\text{CH}_4$ -Freisetzung aus dem Lager.

Hinzu kommt für die Mastbullen, dass die verringerte tägliche Zunahmen bei gleicher Endmasse zu insgesamt erhöhter Futterraufnahme und zu erhöhten Ausscheidungen führen. Es wäre jedoch unrealistisch gewesen, eine Weidemast bei gleichen genetischen Voraussetzungen mit gleichen täglichen Zuwachsraten wie eine intensive Stallmast anzunehmen.

Während also die Aussagen zur Verringerung der Verluste in der Herde sicher allgemein gültig sind, ist das Ergebnis des Vergleichs der Szenarien I und III in hohem Maß von den Futterqualitäten abhängig, die in die Rechnungen einfließen. Bedenkt man die eingangs erwähnte Bedeutung der Mutterkuhhaltung zur Pflege der Kulturlandschaft, so gewinnt dieser Gesichtspunkt eine besondere Bedeutung: Bei der Grünlandnutzung unter spezifischen Naturschutzauflagen (z.B. Europäisches Schutzgebietsnetz Natura 2000, FFH, regionale Vogelschutzgebiete u. a.) hat sich auch die Fleischerzeugung mit Mutterkühen an den Naturschutzziele zu orientieren und eine anspruchsgerechte, häufig aus Fördermitteln bezahlte Biotoppflege sicherzustellen. Mutterkuhhaltung wird also eher auf Standorten mit geringerer Futterqualität, insbesondere mit niedrigen Rohproteingehalten im Aufwuchs stattfinden. Die wahrscheinliche Folge wird dann wahrscheinlich doch die intensive Ausmast im Stall unter Einsatz hochwertigen Futters sein.

**Übertragbarkeit der Erkenntnisse:** Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die hier vorgestellten Ergebnisse – insbesondere für die THG-Emissionen – unter der Vorgabe enger Systemgrenzen (siehe Abb. 1) zustande gekommen sind und gelten: Die Emissionen aus der Bereitstellung des Futters und bei der Verwertung der Abprodukte in der Pflanzenproduktion wurden hier nicht einbezogen. Dies wird Gegenstand einer weiteren Arbeit dieser Folge sein (DÄMMGEN et al., 2016).

**Methodische Unsicherheiten:** Die Rechnungen verwenden Vorschläge zum Energiebedarf und zur Rationsgestaltung (siehe Tab. 1 bis 3), die aus Praxisuntersuchungen abgeleitet sind, darüber hinaus aber den Apparat zur Emissionsberechnung, der zur Erstellung der nationalen Emissionsinventare entwickelt wurde. Dort werden Konventionsverfahren eingesetzt, die sich auf national und international abgestimmte Emissionsfaktoren stützen. Deren Unsicherheit wird in den meisten Fällen mit etwa 40% (als Hälfte des 95%-Konfidenzintervalls, vgl. HAENEL et al., 2014, Kap. 13) angegeben. Da diese Faktoren sich in den Vergleichen nicht ändern, sind die relativen Unsicherheiten deutlich kleiner und stellen die Hauptaussagen nicht in Frage.

## Danksagung

Wir danken dem Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf, für die Förderung dieser Arbeit.

## Anhang

Tab. A1. Produktionstechnische Kennzahlen in der Bayerischen Mutterkuhhaltung nach Erwerbscharakter  
*Figures characterizing the Bavarian suckler cow management for income type of keepers*

Erwerbscharakter	Kennzahl	Neben- erwerb	Haupt- erwerb
Anzahl der Betriebe*	Stück	16	20
Durchschnittsbestand Mutterkühe**	Stück	14,7	29,1
Kälberverluste bei leb. geborenen Kälbern**	%	6,8	5,3
aufgezogene Kälber je Mutterkuh und Jahr? **	Stück	0,93	0,89
Tierverluste je Mutterkuh **	%	9,4	8,9

\* Bayer. Buchführungsstatistik; Spez. Mutterkuhbetriebe > 5 Mutterkühe;

\*\* laut HI-Tier;

\*\*\* Anteil abgegangener Kühe an durchschnittlichen Mutterkühen, korrigiert um Bestandsverringerung bei Mutterkühen

Quelle: FAULHABER (2005), gekürzt

Tab. A2. Leistungen der Schlachtkühe aus Gebrauchsmutterkuhherden in Sachsen-Anhalt differenziert nach Haltung  
*Performance data for slaughtered suckler cows in Saxony Anhalt related to housing and grazing type*

Haltung	Alter*	Schlacht- masse	Anzahl Kalbungen	ZKZ**	EKA***	Abgang nach 1. Kalb
Einheit	a	kg Tier <sup>-1</sup>	Tier Tier <sup>-1</sup>	d	Monat	%
Ganzjährige Freilandhaltung	8,2	335,4	5,1	399,2	34,8	14,2
Winterstallhaltung	7,6	326,9	5,1	389,2	28,9	14,4
gesamt	7,9	330,7	5,1	394,0	31,6	14,3

\* bei Abgang;

\*\* Zwischenkalbezeit (*calving interval*);

\*\*\* Erstkalbealter (*age at 1st calving*)

Quelle: PRIEGNITZ (2013)

## Literatur

- BAUER, K. und R. GRABNER, (2012): Mutterkuhhaltung. Graz: Stocker. 187 S.
- BAUER, K., R. STEINWENDER und R. STODULKA, (1997): Mutterkuhhaltung. Graz: Stocker. 215 S.
- BÖTTCHER, J., (2010): Datenerhebung in Rindfleisch erzeugenden Ökobetrieben zur Erfassung des Mengen- und Fleischpotenzials sowie der Vermarktungswege in Rheinland-Pfalz. Stand Februar 2010. [www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7c731e7401a695bc12571250029f3d2/3bca3eb40b2cd9e3c125785e002e4461/\\$FILE/Mutterkuhhaltung\\_RLP.pdf](http://www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7c731e7401a695bc12571250029f3d2/3bca3eb40b2cd9e3c125785e002e4461/$FILE/Mutterkuhhaltung_RLP.pdf).
- BRADE, W., U. DÄMMGEN und N. REINSCH, (2013): Züchterische Möglichkeiten zur Emissionsminderung bei Deutschen Holsteins. *Züchtungskunde* **85**, 188–205.
- BRÄNDLE, S. und K. KRIEG, (2008): Mutterkuhhaltung – wie sieht es aus im Lande? Ergebnisse des Mutterkuhreports Baden-Württemberg 2007. *Landinfo* 2/2008. [http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA\\_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Mutterkuhhaltung\\_und\\_Rindermast/18FRT\\_MV/LorzMutterkuhhaltung.pdf](http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Mutterkuhhaltung_und_Rindermast/18FRT_MV/LorzMutterkuhhaltung.pdf).
- DÄMMGEN, U., W. BRADE and H. DÖHLER, (2009): Modelling CO<sub>2</sub> footprints and trace gas emission for milk protein produced under varying performance and feeding conditions. 60<sup>th</sup> EAAP Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Barcelona, Spain, 24.–27. August 2009; Kongressbericht No. 15 (2009), S. 402.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, U. MEYER, M. PRIES, M. STROGIES, H. FLESSA und M. SCHWERIN, (2016): Gasförmige Emissionen (Treibhausgase und Ammoniak) in der Proteinerzeugung mit Deutschen Holsteins im Stall und auf der Weide – eine Analyse der Energie und Stoffströme der gesamten Produktionskette, in Vorbereitung für *Züchtungskunde*.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN und M. SCHWERIN, (2014): Rindfleischerzeugung und Luftverschmutzung. 1. Gasförmige Emissionen bei der Rindfleischproduktion in Mutterkuhherden mit verschiedenen Genotypen. *Züchtungskunde* **86**, 170–190.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, U. MEYER, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN und M. SCHWERIN, (2015): Rindfleischerzeugung und Luftverschmutzung. 3. Einfluss einer unterschiedlichen Mastdauer und -intensität auf die Emissionen von Treibhausgasen und Ammoniak bei der Fleischerzeugung mit Fleckvieh-Mutterkuhherden. *Züchtungskunde*, **87**, 153–180.
- DÄMMGEN, U., H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, N.J. HUTCHINGS, W. BRADE and U. MEYER, (2013b): Estimate of methane, volatile solids and nitrogen excretion rates of German suckler cows. *Landbauforschung* **63**, 285–301.
- DÄMMGEN, U., U. MEYER, C. RÖSEMANN, H.-D. HAENEL and N.J. HUTCHINGS, (2013a): Methane emissions from enteric fermentation as well as nitrogen and volatile solids excretions of German calves – a national approach. *Landbauforschung* **63**, 37–46.
- DENTEL, C., (2010): Vergleichende Untersuchung der Kälbersterblichkeit in der Mutterkuhhaltung von Mecklenburg-Vorpommern. Bachelorarbeit, Hochschule Neubrandenburg. 108 S.
- DREWS, U. und D. MAY, (2013): Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit der Färsenmast unter intensiven Bedingungen. Versuchsbericht. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung. [http://www.l elf.brandenburg.de/media\\_fast/4055/Versuchsbericht-dreows\\_aktuell\\_2.15963953.pdf](http://www.l elf.brandenburg.de/media_fast/4055/Versuchsbericht-dreows_aktuell_2.15963953.pdf).
- EMEP, (2009): EMEP-EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009. Technical Report 6/2009. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>.
- FAULHABER, I., (2005): Wirtschaftliche Situation spezialisierter Mutterkuhbetriebe in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik, 39 S.

- FLACHOWSKY, G. und W. BRADE, (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde* **79**, 417–465.
- FLACHOWSKY, G., W. BRADE, A. FEIL, J. KAMPHUES, U. MEYER und M. ZEHETMEIER, (2011): Carbon (CO<sub>2</sub>)-Footprints bei der Primärerzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft: Datenbasis und Reduzierungspotentiale. *Übers. Tierernährung*. **39**, 1–45.
- FLESSA, H., D. MÜLLER, K. PLASSMANN, B. OSTERBURG, A.-J. TECHEN, H. NITSCH, H. NIEBERG, J. SANDERS, O. MEYER ZU HARTLAGE, E. BECKMANN und V. ANSPACH, (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. *Landbauforschung Sonderheft* **361**, 436 S.
- HAENEL, H.-D., C. RÖSEMANN, U. DÄMMGEN, E. PODDEY, A. FREIBAUER, S. WULF, B. EURICH-MENDEN, H. DÖHLER, C. SCHREINER, B. BAUER und B. OSTERBURG, (2014): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2012. Report on methods and data (RMD) Submission 2014. *Thünen Report* **17**, 348 pp.
- HAMPEL, G., (1995): *Fleischrinder- und Mutterkuhhaltung*. 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart, 201 S.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, (1996): *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 3. *Greenhouse Gas Inventory Reference Manual*. Bracknell: IPCC WGI Technical Support Unit.
- JUNGE, W., E. STAMER, N. REINSCH und E. KALM, (2003): Züchterische Möglichkeiten zur Senkung von Kälberverlusten. *Züchtungskunde* **75**, 479–488.
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, (2013): *Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast*. Fresser, Bullen, Ochsen, Mastfärsen, Mastkühe. 18. Aufl., Freising-Weißenstephan: LfL. [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p\\_31941.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_31941.pdf).
- LINDNER, R., (2010): Mit Färsenmast Geld verdienen. Färsenmast – eine Nische mit Zukunft. *Landinfo* 5/2010, 25–31.
- LORZ, M., (2010): Mutterkuhhaltung in Mecklenburg-Vorpommern – Bedeutung, Perspektiven und Probleme. Vortrag 30.9.2010 in Altentreptow. [https://www.google.de/search?q=br%C3%A4ndle+krieg+2007&ie=utf-8&oe=utf-8&gws\\_rd=cr&ei=97tdVZ6nFMacsAHOuIM4](https://www.google.de/search?q=br%C3%A4ndle+krieg+2007&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=97tdVZ6nFMacsAHOuIM4).
- KTBL (Hrsg.), (2010): *Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11*. 22. Aufl., KTBL, Darmstadt, 784 S.
- NGUYEN, T.T.H., M. DOREAU, M. EUGÉNE, M.S. CORSON, F. GARCIA-LAUNAY, G. CHESNEAU und H.M.G. VAN DER WERF, (2013): Effect of farming practices for greenhouse gas mitigation and subsequent alternative land use on environmental impacts of beef cattle production systems. *Animal* **7**, 860–869.
- PRIEGNITZ, B., (2013): Mutterkühe im Winter in den Stall? *RSA-Magazin*. Heft 3/2013, 31–32.
- ROFFEIS, M. und I. KREHL, (o.J.): Ursachen und Folgen von Geburtsproblemen bei Milchkühen. <http://lfl.brandenburg.de/sixcms/media/php/4055/Art.Geburtsverlauf.15710149.pdf>.
- ROFFEIS, M. und K. MÜNCH, (2007): Einfluss des Alters von Fleischrindkühen auf ihre produktiven und reproduktiven Leistungen. *Züchtungskunde* **79**, 161–173.
- ROFFEIS, M., E. FREIER, K. MÜNCH und G. RUNNWERTH, (2006): *Untersuchungen zu Produktionsvoraussetzungen und Leistungen in Brandenburger Mutterkuhhäusern*. Abschlussbericht. Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Reihe Landwirtschaft **7**, Heft VI. 40 S.
- STAMER, E., S. HAFEZ, W. JUNGE und E. KALM, (2004): Genetische Parameter für das Geburts- und Absetzgewicht von schwarzbunten weiblichen Kälbern. *Züchtungskunde* **76**, 188–195.
- WEISS, J., W. PABST, K.E. STRACK und S. GRANZ, (2005): *Tierproduktion*. Stuttgart, Parey, 579 S.