

Rindfleischerzeugung und Luftverschmutzung. 5. Mögliche Emissionsminderungen durch Nutzung von Fleckvieh × Holstein-Kreuzungen

W. BRADE¹, U. DÄMMGEN², H.-D. HAENEL², C. RÖSEMANN², U. MEYER³ und M. SCHWERIN⁴

Zusammenfassung

Deutsche Holsteinrinder (DH) werden vorrangig zur Milcherzeugung genutzt. Ihr Fleischbildungsvermögen ist im Vergleich zum Deutschen Fleckvieh (DF) im Zweinutzungstyp vergleichsweise weniger gut.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die Emissionen von Ammoniak (NH₃) und Treibhausgasen (THG) aus der Eiweißproduktion (Milch und Fleisch) mit Rindern bei gezielter Erzeugung von Masthybriden unter Verwendung von gesextem Sperma aufzuzeigen. Als Paarungspartner für das DH wurde das DF im Zweinutzungstyp gewählt. Neben den vorrangig interessierenden männlichen F1-Tieren bei Einsatz von gesextem Sperma fallen aber regelmäßig auch weibliche Tiere an, da die Sortierreinheit des Spermas < 100% ist. Die dann erzeugten weiblichen F1-Tiere (DF × DH) eignen sich auch zur Milchgewinnung. Sie stehen in ihrer Milchleistung jedoch hinter den DH-Kühen zurück.

Die THG-Emissionen je Tier aus der Verdauung und dem Wirtschaftsdüngermanagement sind bei den F1-Bullen (DF × DH) geringfügig höher (2433 kg Tier⁻¹ CO₂-eq) als bei den reinrassigen DH-Mastbullen (2265 kg CO₂-eq Tier⁻¹). Bezogen auf die Produktmenge (kg erzeugtes Protein) kann jedoch eine Minderung von etwa 2,7 kg CO₂-eq je kg erzeugtes Fleischiweiß (= 5,1%) bei der Mast von F1-Bullen im Vergleich zu den DH-Bullen errechnet werden. Entsprechende Änderungen lassen sich auch für NH₃-Emissionen feststellen.

Diese Vorteile können aber nur dann voll ausgeschöpft werden, wenn es gelingt, gleichzeitig weiterhin reinrassige DH-Kühe zur Milcherzeugung zu nutzen.

Die Vorteile eines Kreuzungsprogrammes mit systematischer Erzeugung von F1-Bullen zur Mast sind zusätzlich, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wird, auch von der Nutzungsdauer der Milchkühe abhängig.

Schlüsselwörter: Emission, Treibhausgase, Ammoniak, Holstein, Deutsches Fleckvieh (im Zweinutzungstyp), Hybriden, Nutzungsdauer

¹ Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo); zz: Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf. E-Mail: brade@fbn-dummerstorf.de

² Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.

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

⁴ Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf.

Summary

Beef production and air pollution. 5 Potential emission reductions resulting from Simmental × Holstein crossbreds

Holstein cattle (DH) are ideally suited for dairy production. In contrast, their meat performance falls below that of German Fleckvieh (DF, German Simmental, dual-purpose type).

The objective of this theoretical study is to investigate in the emissions of ammonia (NH₃) and greenhouse gases (GHG) during protein production with meat and milk when sexed semen is used to produce male hybrids (DH × DF). DF bulls in the dual-purpose type are chosen as mating partner for DH-cows. However, as the sorting efficiency of semen is incomplete, some female F1 animals are produced also. These F1 cows (DF × DH) are suitable for milk production; their performance is slightly lower than that of DH cows.

The GHG emissions per animal (from enteric fermentation and manure management) of F1 beef bulls (DF × DH) are slightly higher (2433 kg animal⁻¹ CO₂-eq) than those of pure-bred DH-bulls (2265 kg animal⁻¹ CO₂-eq). However, based on the amount of protein produced, a reduction of 2.7 kg CO₂-eq per kg produced meat protein (= 5,1%) can be calculated. Similar results were obtained for NH₃ emissions.

However, these advantages can only be fully exploited if it is possible to continue using pure-bred DH cows for milk production.

The advantage of a crossbreeding programme with systematic production of F1 bulls for fattening is also depending on the duration of the productive life of the dairy cows; as can be also shown in the present work.

Keywords: Emission, greenhouse gases, ammonia, Holstein, German Simmental (in the dual-purpose type), hybrids, duration of productive life

1 Einleitung

In Deutschland wird das meiste Rindfleisch mit Milchkühen der Holsteinrasse (DH) und deren Nachkommen produziert. Fast die Hälfte des Rindfleischs stammt dabei von Mastbullen aus der intensiven Stallmast. Der Energieaufwand bei der Mast reinrassiger männlicher Nachkommen von Holstein-Kühen ist allerdings deutlich größer als der von Fleckviehmastbullen (DF) (KÖGL, 1989; GEUDER et al., 2012).

Neue biotechnische Verfahren erlauben, zusätzlich das Geschlecht der Nachkommen zu beeinflussen: Mittels des Einsatzes von gesextem Sperma von Fleckviehbullen der Zweinutzungsrichtung (DF) auf weniger leistungsfähige DH-Milchkühe können zukünftig männliche Hybriden gezielt zur Mast erzeugt werden.

Ziel der vorliegenden Modelluntersuchung ist, die möglichen Vorzüge männlicher F1-Tiere aus der Verpaarung DF × DH gegenüber reinrassigen Holsteinmastbullen in der Fleischerzeugung bezüglich der Emissionen von Treibhausgasen (THG) und Ammoniak (NH₃) zu bewerten.

Gegenwärtig liegt die ‚Sortierreinheit‘ von gesextem Sperma bei etwa 90% (RATH, 2008). Es fallen somit regelmäßig auch weibliche F1-Tiere an, deren Emissionen gleichfalls zu bewerten sind. Die Fleischleistung der DH- bzw. F1 (DF × DH)-Mastbullen wird deshalb gemeinsam mit den Milch- und Fleischleistungen der zugehörigen weiblichen Tiere bewertet.

Die Emissionen von THG und NH₃ werden in Beziehung zur erzeugten Proteinmenge sowohl aus der Fleisch- als auch Milcherzeugung gesetzt und schließlich zusammenfassend bewertet.

2 Hintergrund: Stand der Nutzung von gesexetem Sperma und Leistungsunterschiede zwischen reinrassigen Holstein- und F1-Mastbullen (DF × DH)

2.1 Stand der Nutzung von gesexetem Sperma zur Erzeugung männlicher Gebrauchshybriden

Die regelmäßige Erzeugung von Gebrauchshybriden ist *nicht* notwendigerweise an die Verwendung von gesexetem Sperma gebunden.

Die Verwendung von gesexetem Sperma bietet jedoch den Vorteil, dass vorrangig männliche Gebrauchshybriden für die Fleischerzeugung aus züchterisch weniger wertvollen DH-Kühen erzeugt werden könnten. Gleichzeitig könnten die besseren DH-Muttertiere vorrangig zur Reproduktion des DH-Kuhbestandes verwendet werden.

Der Einsatz von gesexetem Sperma ausgewählter DF-Bullen bei Anpaarungen an ältere, weniger wertvoller Milchkuhe in kommerziellen DH-Kuhbeständen lässt somit zukünftig einen erhöhten Anteil männlicher Gebrauchshybriden erwarten.

Mittlerweile wird gesexetes Sperma kommerziell für Rinderbesamungen angeboten. Dennoch zeigen sich *in praxi* einige Einschränkungen; so liegt die Sortierreinheit des Spermas für das gewünschte Geschlecht gegenwärtig bei etwa 90% (RATH, 2008).

2.2 Mast- und Schlachtleistung von Holstein-Mastbullen im Vergleich zu F1-Tieren (DF × DH)

Neuere Untersuchungen zeigen, dass durch die betonte Zucht der DH auf Milchleistung die Unterschiede in den Mast- und Schlachtleistungsmerkmalen gegenüber dem DF im Zweinutzungstyp weiter zugenommen haben (GEUDER et al., 2012). Aus dem Rassenvergleich von GEUDER et al. (2012) ist auch eine Differenziertheit männlicher F1-Hybriden (DF × DH) gegenüber reinrassigen HF-Mastbullen abzuleiten (Tabelle 1).

Mangels besserer Daten sind die in Tabelle 1 ausgewiesenen Kenngrößen für die F1-Tiere (DF × DH) die arithmetischen Mittel der Werte für geprüfte Reinzuchttiere der Rassen DF und DH. Die Ergebnisse von GEUDER et al. (2012) beziehen sich auf DF-Mastbullen *im Zweinutzungstyp* und DH-Mastbullen. Auf eine weitere Einbeziehung möglicher zusätzlicher Heterosiseffekte in der F1-Generation wird verzichtet. Ihre Nichtberücksichtigung sollte damit zu einer geringfügigen Unterschätzung der zu erwartenden Mast- und Schlachtleistungen der F1-Tiere gegenüber den reinrassigen DH-Mastbullen führen (BRADE, 2007).

Die Emissionen von THG und NH₃ sollten auf die aus der Fleisch- als auch Milcherzeugung herrührende Proteinmenge bezogen werden. Voraussetzung ist die Kenntnis der Gehaltswerte an Eiweiß oder auch Fett im essbaren Teil des Schlachtkörpers bei DH- bzw. DF-Mastbullen. Hierzu liegen nur wenige Informationen in der Literatur vor. Szücs et al. (2001b) berichten, dass die DF-Bullen – bewertet im Altersabschnitt von 6 bis 24 Monaten – regelmäßig mehr Eiweiß im essbaren Schlachtkörper aufwiesen als die DH-Bullen. Im Alter von 24 Monaten betrug der Eiweißgehalt im essbaren Schlachtkörper bei den DF-Bullen 14,9% gegenüber 13,8% bei den DH-Mastbullen (Szücs et al., 2001b). Gleichzeitig bestätigen sie eine verminderte Ansatzleistung und Ausbeute der DH sowie einen höheren Fettgehalt im essbaren Schlachtkörper gegenüber den DF (Szücs et al., 2001a, b).

2.3 Weibliche F1-Tiere als Koppelprodukt

Bei Anpaarung von Fleckviehbullen im Zweinutzungstyp (DF) an DH-Kühe fallen regelmäßig auch weibliche Tiere an. Diese weiblichen F1-Tiere (DF × DH) sind zur Milch-

erzeugung gut geeignet (BRADE, 2010). Hierin liegt auch der besondere Vorzug der Verwendung von DF-Bullen im Zweinutzungstyp im Vergleich zu noch weiter spezialisierten Fleischrinderrassen (Charolais, Weiß-Blauer Belgier etc.).

Eigene frühere Untersuchungen zu Leistungsunterschieden zwischen F1-Kühen und DH-Kühen in nordrheinwestfälischen Betrieben bestätigten die gute Eignung von F1-Tieren (DF × DH) zur Milch- und Fleischerzeugung (BRADE, 2010). Die F1-Tiere sind in der Milchmengenleistung den reinrassigen DHs zwar unterlegen; gleichzeitig weisen sie aber deutlich höhere Milchfett- und Milcheiweißgehalte auf (Tabelle 2). Vergleichbare Ergebnisse sind auch von SCHICHTL (2007) in einem bayerischen Versuchsbetrieb beobachtet worden.

Eine weitere detaillierte Bewertung der Leistungsunterschiede reinrassiger DH- und F1-Kühe (DF × DH) in Niedersachsen und Sachsen unter Berücksichtigung der ersten drei Nutzungsjahre bestätigte: Die DH-Kühe haben die höchste Lebensleistung und die höchste Milchleistung je Lebenstag bis zum Ende der 3. Laktation. Dies gilt trotz der etwas geringeren Überlebensraten der DH-Kühe gegenüber den F1-Tieren, vor allem in späteren Laktationen (PASSMAN et al., 2011).

Tab. 1. Mast- und Schlachtleistung von Holsteinbullen (DH) im Vergleich mit den zu erwartenden Leistungen von F1-Bullen (DF × DH)
Fattening and slaughter performances of Holstein bulls (DH) as compared to expected performances of F1 bulls (DF × DH)

Merkmal	Einheit	Rasse/Genotyp des Mastbullen	
		DH*	F1** (DF × DH)
Lebendmassezunahme (seit Geburt)	g Tier ⁻¹ d ⁻¹	1209	1273
Lebendmassezunahme im Prüfzeitraum (112. Tag bis Mastende)	g Tier ⁻¹ d ⁻¹	1332	1396
Mastendmasse	kg Tier	570	613
Alter bei Schlachtende (errechnet***)	d	437	448
Schlachtausbeute	%	55,1	56,6
Schlachtmasse	kg	301	334
Muskelgewebeanteil	%	63,9	66,1
Fettanteil	%	14,4	13,6
Eiweißgehalt im essbaren Schlachtkörper****	%	14,4	14,8
N-Gehalt im Ganzkörper*****	kg kg ⁻¹	0,0256	0,0261

* Untersuchungsergebnisse von GEUDER et al. (2012);

** erwartete Leistungen, abgeleitet aus den zugehörigen Mittelwerten reinrassiger DH- und DF-Tiere in GEUDER et al. (2012);

*** vorausgesetzte Geburtmassen: DH: 42 kg; F1-Tiere: 43,5 kg;

**** nach Angaben von SZÜCS et al. (2001b) für ca. 18 Monate alte Tiere;

***** Annahme unter Berücksichtigung der in der 3. Mitteilung (DÄMMGEN et al., 2014b) genannten Literatur des Pauschalwertes lt. Düngeverordnung (BMELV, 2007)

3 Material und Methoden

3.1 Szenarien für die Modell-Herden

Ziel der Arbeit ist der Vergleich von produktbezogenen Emissionen aus der Rinderhaltung, wobei hier die Erzeugung von verwertbarem Eiweiß als Maß herangezogen wird. Notwendigerweise werden Herden verglichen, für die sowohl die Milchprotein- als auch die Fleischproteinherzeugung gleichzeitig von Interesse ist. Die mögliche Erzeugung von männlichen F1-Hybriden wird auf Betriebsebene generell durch den Anteil der Milchkühe limitiert, der zur Reproduktion des Kuhbestandes einschließlich dem angestrebten Verkauf überzähliger weiblicher Zuchttiere benötigt wird (BRADE, 2007). Für *alle Herden* wird vereinfachend angenommen, dass sie sich im dynamischen Gleichgewicht befinden und die Zahl der Remonten ausreicht, ausgeschiedene Milchkühe zu ersetzen.

Wenn die Verluste in allen Herden gleich groß gehalten werden, sind sie für das Ergebnis nicht von Bedeutung.

Im Idealfall muss also die Milchkuh mindestens 2 Jahre genutzt werden, um sich selbst zu reproduzieren. Bei der hier angenommenen Nutzung von 10 Milchkühen über 2 Jahre werden neben den 10 Remonten 10 männliche Tiere erzeugt, die gemästet werden.

Herde 1 besteht aus 10 reinrassigen DH-Kühen, den bei zweijähriger Nutzung (idealiert) zur Reproduktion benötigten 10 Färsenkälbern und 10 Remonten sowie aus 10 Bullenkälbern und 10 Mastbullen (Abbildung 1, links).

Herde 2 setzt den Einsatz von gesextem Sperma zur Erzeugung von männlichen Masthybriden und reinrassigen Milchkühen voraus. Wegen der Sortierreinheit des Spermas von 90% ergeben sich in der ersten Generation die in Abbildung 1 (rechts) angegebenen Tierzahlen.

Der Aufbau der beiden Herden geht aus Abbildung 1 hervor.

Da die Nutzungsdauer der Milchkühe für die Effizienz eines Kreuzungszuchtprogrammes von nachhaltiger Bedeutung ist (BRADE, 2007), erfolgte zusätzlich ein weiterer Herdenvergleich bei einer vierjährigen Nutzung der Milchkühe (Abb. 2).

Die Verlängerung der Nutzungsdauer der Kühe bietet die Möglichkeit, auch zukünftig ausschließlich reinrassige DH-Kühe zur Milcherzeugung zu nutzen, gleichzeitig aber auch die Vorteile der Fleischerzeugung mit F1-Bullen (DF × DH) aufrechtzuerhalten.

In der Abbildung 2 sind die zu erwartenden Nachkommen bei konsequenter Nutzung von gesextem Sperma aufgezeigt.

Herde 3: Die vierjährige Nutzung der DH-Kühe bietet die Chance – bei Vernachlässigung wiederum möglicher Verluste – neben der Erzeugung von 10 Remonten gleichzeitig 26 DH-Mastbullen und zusätzlich 4 DH-Färsen zum weiteren Verkauf oder zur Fleischgewinnung zu erzeugen. Die überzähligen 4 Färsen sollen (vereinfacht) gemeinsam mit den Remonten aufgezogen werden, so dass der Landwirt keine gesonderte Mastfärsengruppe benötigt. Im Interesse der Vergleichbarkeit mit Herde 4 erfolgt ein konsequenter Einsatz von gesextem Sperma sowohl zur Färsen- als auch Bullenkälbererzeugung.

Herde 4: Bei vierjähriger Nutzung der DH-Milchkühe können ausschließlich reinrassige weibliche DH-Kälber zur Kuhbestandsreproduktion genutzt werden. 26 Mastbullen (25 F1-Tiere DF × DH sowie 1 DH-Bulle) repräsentieren den Mastbullenbestand. Die überzähligen vier weiblichen Tiere werden – wie oben – mit den Remonten gehalten und gefüttert und zur Schlachtung oder als tragende Färsen weiterverkauft.

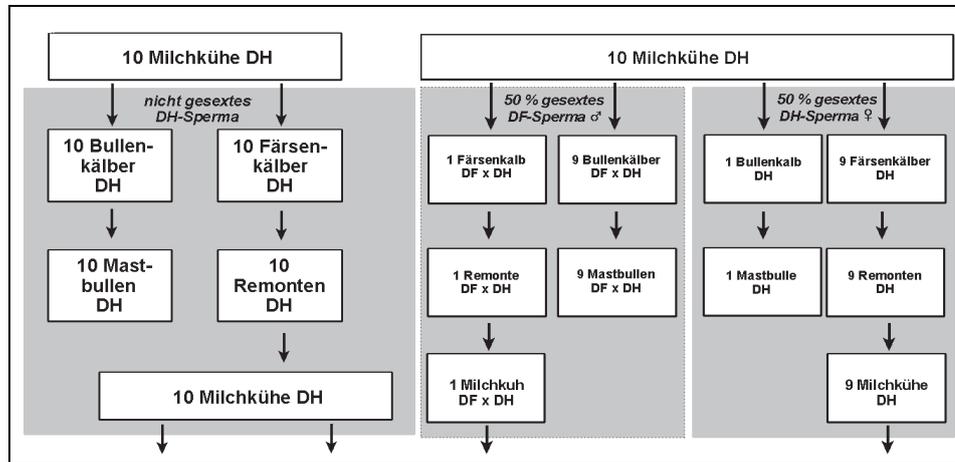


Abb. 1. Aufbau der miteinander verglichenen Herden bei zweijähriger Nutzungsdauer der Milchkühe. Links: Herde 1 ohne Einsatz von gesextem Sperma; rechts: Herde 2 mit Einsatz von gesextem Sperma (Sortierreinheit 90%). D.h., 90% der Kälber haben das gewünschte Geschlecht, 10% der Nachkommen haben das in Kauf genommene Geschlecht. Die im grau hinterlegten Bereich genannten Tiere werden in die jeweilige Bilanz einbezogen.
Structures of the two herds compared with productive lives of the dairy cows of two years. Left: herd 1 without application of sexed semen; right: herd with application of sexed semen), 90% sorting efficiency. 90% of calves have the sex strived for, 10% have the unwanted sex. The grey area denotes the animals included in the respective balances.

3.2 Eingangsgroößen zur Berechnung der Ausscheidungen

3.2.1 Mastbullen

Futterzusammensetzung und Futtereigenschaften

Als Futter wird ein Futtergemisch aus Maissilage und Rinderkraftfutter verwendet. Der Kraftfutteranteil ist dabei eine Funktion der Mastendmasse.

Haltung und Wirtschaftsdüngermanagement

Die Tiere werden in einem Laufstall mit Flüssigmist gehalten.

3.2.2 Milchkühe

Zur Erzeugung von Eiweiß tragen die Kühe den wesentlichen Anteil bei. Unterschieden wird zwischen DH-Kühen und F1-Tieren (DF x DH), da trotz Nutzung von gesextem Sperma zur Erzeugung männlicher Kreuzungshybriden regelmäßig auch weibliche Tiere anfallen.

Leistung

Die DH- und F1-Kühe (DF x DH) unterscheiden sich hinsichtlich der Milchleistung und der Zusammensetzung der Milch sowie in ihren Massen und den N-Gehalten ihrer Ganzkörper bei Schlachtung, darüber hinaus in der Ausschlagung. Aufbauend auf die von BRADE (2010) und HABERMANN et al. (2000) mitgeteilten Untersuchungsergebnisse wurden folgende Eingangsparameter für die weitere Berechnung der zu erwartenden Emissionen in der Milcherzeugung gewählt (Tabelle 2).

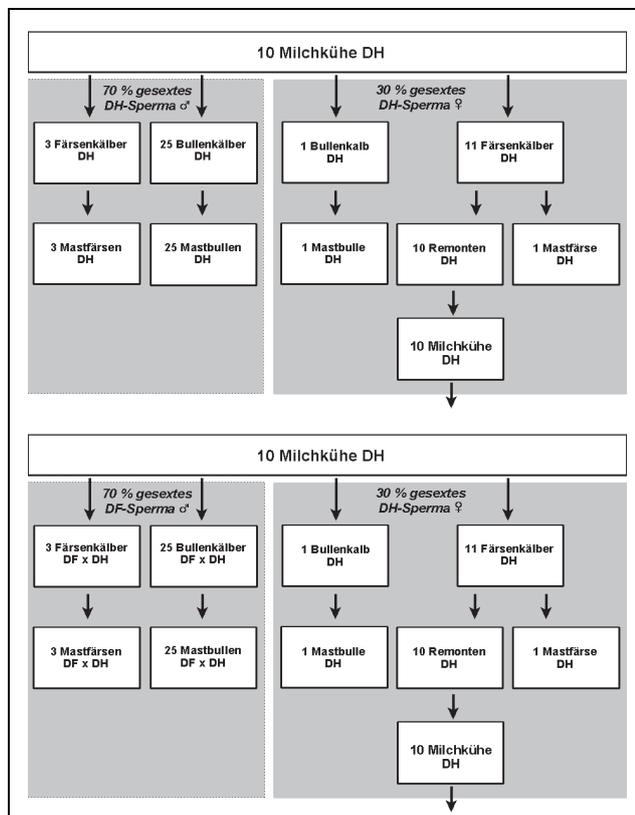


Abb. 2. Aufbau der miteinander verglichenen Herden bei vierjähriger Nutzungsdauer der Milchkuhe. Oben: Herde 3 mit Einsatz von gesextem DH-Sperma; unten: Herde 4 mit Einsatz von gesextem DF- und DH-Sperma (Sortierreinheit jeweils 90%). Die im grau hinterlegten Bereich genannten Tiere werden in die jeweilige Bilanz einbezogen. Structures of the two herds compared with productive lives of the dairy cows of four years. Above: herd 3 with application of sexed HF semen; below: herd with application of sexed Simmental and HF semen), 90% sorting efficiency in any case. The grey areas denote the animals included in the respective balances.

ME-Bedarf

Das im Emissionsinventar eingesetzte Milchkuhmodell wird in der Variante für Betriebe mit Ackerland eingesetzt, wie in DÄMMGEN et al. (2009, 2012) beschrieben ist.

Futterzusammensetzung und Futtereigenschaften

Das Raufutter besteht aus einem Gemisch von Grassilage und Maissilage mit geringen Mengen Stroh. Als Kraftfutter wird Milchleistungsfutter MLF 18/3 verwendet, das mit unterschiedlichen Mengen an Rapsextraktionsschrot supplementiert wird. Der Anteil ist leistungsabhängig (DÄMMGEN et al., 2009, 2012).

3.2.3 Bullen- und Färsenkälber

Die Rechnungen differenzieren bei Kälbern nicht nach Rasse oder Leistung, sondern verwenden die ‚Standardkälber‘ des deutschen Emissionsinventars, wie sie in DÄMMGEN et al. (2013) beschrieben sind. Das ‚Standardkalb‘ hat eine Geburtssmasse von 42 kg Tier⁻¹ und eine Endmasse von 125 kg Tier⁻¹.

Haltung, Futterzusammensetzung und Futtereigenschaften sowie Wirtschaftsdün-germanagement

Kälber werden auf Einstreu (Tiefstreu) gehalten. Sie erhalten ein spezielles Kälberfutter. Mengen und Zusammensetzung sind in DÄMMGEN et al. (2013) beschrieben.

3.2.4 Remonten und Mastfärsen

Das Vorhandensein einer größeren Anzahl weiblicher Tiere bietet die Chance zur Selektion: nur geeignete weiblichen Tiere werden zur Kuhbestandsreproduktion genutzt.

Als Leistungsdaten werden hier die variierenden Erstkalbemassen berücksichtigt (Tab. 2 und 3).

Tab. 2. Eingangsparameter zur Berechnung der Emissionen von Milchkühen
Input parameters for the calculation of emissions from dairy cows

Kenngroße	Einheit	DH-Kuh	DH-Kuh	F1-Kuh (DF × DH)
Nutzungsdauer (n)	a	2	4	2
Milchleistung in n Nutzungsjahren	kg Tier ⁻¹	14.831	31456	14.159
Fettmenge in n Nutzungsjahren	kg Tier ⁻¹	604,7	1278,8	584,9
Eiweißmenge in n Nutzungsjahren	kg Tier ⁻¹	502,0	1054,8	491,2
Masse bei 1. Abkalbung*	kg Tier ⁻¹	610	610	625
Masse bei Schlachtung* am Ende der n-ten Laktation	kg Tier ⁻¹	660	675	680
Ausschlachtung nach n Laktationen**	%	47,5	47,3	48,0
N-Gehalt im Ganzkörper*	kg kg ⁻¹	0,0252	0,02518	0,0260

Quelle: BRADE (2010, ergänzt); * Annahme aufgrund fehlender Literaturwerte; ** in Anlehnung an HABERMANN et al. (2000) für nicht ausgemästete Milchkühe (dort: Ausschlachtung bei DF-Kühen: 48,5%)

Tab. 3. Eingangsparameter zur Berechnung der Emissionen aus der Färsenhaltung
Input parameters for the calculation of emissions from the production of heifers

Kenngroße	Einheit	DH-Färsen	F1-Färsen (DF × DH)
Dauer des Lebensabschnitts	a	2,05	2,05
Masse zu Beginn	kg Tier ⁻¹	125	125
Masse bei 1. Kalbung	kg Tier ⁻¹	610	625
Ausschlachtung	%	47,5	48,0
N-Gehalt im Ganzkörper *	kg kg ⁻¹	0,0252	0,0260

* Annahme aufgrund fehlender Literaturwerte (Werte für Milchkühe wurden übernommen)

Die Berechnung des **ME-Bedarfs** erfolgt in Anlehnung an GfE (2001). Die **N-Gehalte** der Ganzkörper sind unterschiedlich.

Haltung, Futterzusammensetzung und Futtereigenschaften sowie Wirtschaftsdüngermanagement

Aufzuchtfernen verbringen den Sommer auf der Weide, den Winter im Stall mit Grassilage und Gerste (mittlerer ME-Gehalt in Trockenmasse $9,1 \text{ MJ kg}^{-1}$, mittlerer XP-Gehalt $0,117 \text{ kg kg}^{-1}$). Die Dauer des Weidegangs beträgt 210 d a^{-1} (ganztägig). Einzelheiten der Futterzusammensetzung sind in DÄMMGEN et al. (2014) beschrieben.

Als Stall dient wie bei Mastbullen und Milchkühen ein Offenstall mit Flüssigmist.

4 Ergebnisse

4.1 Vergleich von DH und F1- Mastbullen

Die Emissionen je Produkteinheit berechnen sich aus den Emissionen je Tier wie folgt:

$$E_{P, A, \text{Bulle DH}} = \frac{E_{A, \text{Bulle DH}}}{Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle DH}}} \quad (1a)$$

und

$$E_{P, A, \text{Bulle DH, ges}} = \frac{E_{A, \text{Kalb}} + E_{A, \text{Bulle DH}}}{Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle DH}}} \quad (1b)$$

mit

$E_{P, A, \text{Bulle DH}}$	auf die produzierte Eiweißmenge bezogene Emission des im Lebensabschnitt Mast eines DH-Bullen emittierten Gases A (in kg kg^{-1})
$E_{A, \text{Bulle, DH}}$	Emission des Gases A während des Lebensabschnitts als DH-Mastbulle (in kg Tier^{-1})
$Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle DH}}$	Masse des produzierten Eiweißes bei Schlachtung des DH-Bullen (in kg Tier^{-1})

und

$E_{P, A, \text{Bulle DH, ges}}$	auf die produzierte Eiweißmenge bezogene Emission des im gesamten Leben eines DH-Bullen emittierten Gases A (in kg kg^{-1})
$E_{A, \text{Kalb}}$	Emission des Gases A während der Nutzung als Kalb (in kg Tier^{-1})
$E_{A, \text{Bulle, DH}}$	Emission des Gases A während des Lebensabschnitts als DH-Mastbulle (in kg Tier^{-1})
$Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle DH}}$	Masse des produzierten Eiweißes bei Schlachtung des DH-Bullen (in kg Tier^{-1})

bzw.

$$E_{P, A, \text{Bulle F1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(E_{A, \text{Kalb}} + E_{A, \text{Bulle F1 (DH)}}) + (E_{A, \text{Kalb}} + E_{A, \text{Bulle F1 (DF)}})}{Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle F1}}} \quad (2)$$

mit

$E_{P, A, \text{Bulle F1}}$	auf die produzierte Eiweißmenge bezogene Emission des im Leben eines F1-Bullen emittierten Gases A bezogen auf die produzierte Eiweißmenge (in kg kg^{-1})
-----------------------------	--

$E_{A, \text{Kalb}}$	Emission des Gases A während der Nutzung als Kalb (in kg Tier ⁻¹)
$E_{A, \text{Bulle F1 (DH)}}$	Emission des Gases A während des Lebensabschnitts als F1-Mastbulle, gerechnet mit DH-Gleichung (in kg Tier ⁻¹)
$E_{A, \text{Bulle F1 (DF)}}$	Emission des Gases A während des Lebensabschnitts als F1-Mastbulle, gerechnet mit DF-Gleichung (in kg Tier ⁻¹)
$Y_{\text{XP, Fleisch, Bulle F1}}$	Masse des produzierten Eiweißes bei Schlachtung des F1-Bullen (in kg Tier ⁻¹)

In der Tabelle 4 sind die berechneten Emissionen zusammengestellt.

Die THG-Emissionen je Tier (aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement) sind bei den F1-Bullen (DF × DH) geringfügig höher (2433 kg Tier⁻¹ CO₂-eq) als bei den reinrassigen DH-Mastbullen (2265 kg CO₂-eq Tier⁻¹); jeweils berechnet mit zugehörigen Emissionen aus der Kälberaufzucht. In Tabelle 5 sind die produktbezogenen Emissionen unter Einbeziehung der zugehörigen Emissionen während der Kälberphase zusammengestellt.

Tab. 4. Emissionen je Tier von DH- und F1-Mastbullen sowie Kälbern
Emissions per animal of DH and F1 beef bulls as well as calves

Kenngröße	Einheit	DH-Bulle	F1-Bulle (DF × DH)	Kalb
Emissionsraten je Tier:				
CH ₄ aus Verdauung	kg Tier ⁻¹	71,5	76,8	3,4
NH ₃	kg Tier ⁻¹	15,8	17,4	1,8
THG*	kg Tier ⁻¹ CO ₂ -eq	2127	2295	138

* Treibhausgase (THG) insgesamt (Basis: GHG = Global warming potentials for gases vgl. IPCC, 2007). Verwendet werden hier: GWP_{CH₄} von 25 und GWP_{N₂O} von 298 kg kg⁻¹ CO₂-eq wie in IPCC (2007).

Tab. 5. Produktbezogene Emissionen $E_{P, A, \text{Bulle, ges}}$ von DH- und F1-Bullen allein und Bullen einschl. zugehörigen Kälbern*
Product related emissions $E_{P, A, \text{Bulle, ges}}$ results of DH and F1 bulls only and of bulls including associated calves

Kenngröße (Emissionen je kg Eiweiß (mit Kälbern))	Einheit	DH-Bulle	F1-Bulle (DF × DH)
CH ₄ aus Verdauung	kg kg ⁻¹	1,729	1,635
NH ₃	kg kg ⁻¹	0,407	0,388
THG	kg kg ⁻¹ CO ₂ -eq	52,5	49,8

Der Vergleich der Ergebnisse aus Tabelle 5 ohne und mit Berücksichtigung der Kälber zeigt, dass der Beitrag der Kälber zu den unterschiedlichen Emissionen klein, aber nicht vernachlässigbar ist.

Die F1-Bullen bleiben auch bei zusätzlicher Berücksichtigung der Kälberphase deutlich vorteilhafter bezüglich der gasförmigen Emissionen je kg Protein als die DH-Bullen.

4.2 Vergleich von DH und F1-Milchkühen

Die Emissionen je Produkteinheit berechnen sich für die Kuh allein (2-jährige Nutzung) und die Kuh mit dem Kalb und der Färsen zur Remontierung wie folgt:

$$E_{P, A, Kuh} = \frac{ER_{A, Kuh} \cdot n}{Y_{XP, Milch} + Y_{XP, Fleisch, Kuh}} \quad (3a)$$

und

$$E_{P, A, Kuh, ges} = \frac{ER_{A, Kuh} \cdot n + E_{A, Kalb} + E_{A, Färse}}{Y_{XP, Milch} + Y_{XP, Fleisch, Kuh}} \quad (3b)$$

mit

$E_{P, A, Kuh}$	auf die produzierte Eiweißmenge bezogene Gesamtemission eines Gases A einer Kuh (in kg kg ⁻¹)
$ER_{A, Kuh}$	Emissionsrate eines Gases A während des Nutzungsabschnitts „Milchkuh“ (in kg Tier ⁻¹ a ⁻¹)
n	Dauer der Nutzung des Tiers als Milchkuh (in a)
$Y_{XP, Milch}$	Masse des produzierten Milcheiweißes (in kg Tier ⁻¹)
$Y_{XP, Fleisch, Kuh}$	Masse des produzierten Eiweißes bei Schlachtung der Altkuh (in kg Tier ⁻¹)

und

$E_{P, A, Kuh, ges}$	auf die produzierte Eiweißmenge bezogene Emission des im gesamten Leben einer Kuh emittierten Gases A (in kg kg ⁻¹)
$ER_{A, Kuh}$	Emissionsrate eines Gases A während des Nutzungsabschnitts „Milchkuh“ (in kg Tier ⁻¹ a ⁻¹)
n	Dauer der Nutzung des Tiers als Milchkuh (in a)
$E_{A, Kalb}$	Emission eines Gases A während der Nutzung als Kalb (in kg Tier ⁻¹)
$E_{A, Färse}$	Emission eines Gases A während der Nutzung als Aufzuchtfärse (in kg Tier ⁻¹)
$Y_{XP, Milch}$	Masse des produzierten Milcheiweißes (in kg Tier ⁻¹)
$Y_{XP, Fleisch, Kuh}$	Masse des produzierten Eiweißes bei Schlachtung der Altkuh (in kg Tier ⁻¹).

4.2.1 Ausscheidungen und Emissionen je Tier von Milchkühen

Die berechneten jährlichen Ausscheidungen und gasförmigen Emissionen der reinrassigen DH-Kühe und der F1 (DF × DH)-Kühe sind in Tabelle 6 zusammengestellt:

Die errechneten *jährlichen* CH₄-Emissionsraten je Tier aus der Verdauung in Höhe von ca. 135 kg Tier⁻¹ a⁻¹ stimmen gut mit früheren Berechnungen bei einer jährlichen Leistung von ca. 8.000 kg Tier⁻¹ a⁻¹ überein (DÄMMGEN et al., 2009, 2010). Auch ist bereits wiederholt gezeigt worden, dass die zugehörigen CH₄-Emissionen je Kuh und Jahr mit

Tab. 6. Emissionen je Tier von DH- und F1-Milchkühen
Emissions per animal of DH and F1 dairy cows

Kenngroße (Emissionsraten je Tier)	Einheit	DH-Kuh	DH-Kuh	F1-Kuh (DF × DH)
Nutzungsdauer (n)	a	2	4	2
CH ₄ aus Verdauung	kg Tier ⁻¹ a ⁻¹	135,6	136,2	134,6
NH ₃	kg Tier ⁻¹ a ⁻¹	33,3	33,7	31,9
THG	kg Tier ⁻¹ a ⁻¹ CO ₂ -eq	4379	4404	4331

zunehmender Leistungshöhe generell ansteigen, dass gleichzeitig aber auch eine relative Abnahme der CH₄-Emissionen je kg Milchprotein anzuerkennen ist (DÄMMGEN et al., 2009).

4.2.2 Ausscheidungen und Emissionen je Tier von Färsen und Kälbern

In der Tabelle 7 sind die berechneten Emissionen in der Phase der Färsenaufzucht zusammengestellt. Die entsprechenden Daten für Kälber sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Die höhere Endmasse der F1-Färsen von etwa 2% hat eine höhere Futtermittelaufnahme und damit auch erhöhte Emissionen zur Folge (Tab. 7).

Erwartungsgemäß führen die zusätzlich zu berücksichtigenden Emissionen aus dem Kälber- und Jungrinderbereich zu einer weiteren Zunahme der verschiedenen Emissionen je kg Milchprotein (Tab. 8).

Tabelle 8 verdeutlicht, dass die Unterschiede zwischen den produktbezogenen Emissionen zwischen den DH- und F1-Kühen (bei jeweils zweijähriger Nutzung) nur gering sind. Die tendenziell etwas höheren THG-Emissionen je kg erzeugtes Protein bei den F1-Kühen gegenüber den reinrassigen DH-Vergleichstieren resultieren vorrangig aus der etwas geringeren Milchmengenleistung und einer etwas höheren mittleren Körpermasse.

Der Vergleich der DH-Kühe bei zwei- oder vierjähriger Nutzung belegt zusätzlich – bei konsequenter Einbeziehung des Kälber- und Färsenanteils – die Vorzüge einer verlängerten Nutzungsdauer der Kühe im Hinblick auf die zu erwartenden Emissionen je kg Eiweiß.

Die Hauptmenge des im Laufe des Lebens einer Kuh produzierten Eiweißes wird als Milcheiweiß abgegeben. Die produktbezogenen Emissionen werden folglich vom Lebensabschnitt „Milchkuh“ dominiert. Auch rechtfertigt der sehr geringe Anteil des Lebensab-

Tab. 7. Emissionen je Tier von DH- und F1-Färsen
Emissions per animal of DH and F1 heifers

Kenngroße (Emissionen je Tier)	Einheit	DH-Färse	F1-Färse (DF × DH)
CH ₄ aus Verdauung	kg Tier ⁻¹	76,8	78,2
NH ₃	kg Tier ⁻¹	17,8	18,3
THG	kg Tier ⁻¹ CO ₂ -eq	2376	2423

Tab. 8. Produktbezogene Emissionen $E_{P, A, Kuh, ges}$ von DH- und F1-von Kühen allein sowie von Kühen einschl. zugehörigen Färsen und Kälbern
Product-related emissions $E_{P, A, Kuh, ges}$ of DH and F1 cows only as well as of cows including associated heifers and calves

Kenngröße	Einheit	DH-Kuh	DH-Kuh	F1-Kuh (DF × DH)
Nutzungsdauer (n)	a	2	4	2
CH ₄ aus Verdauung*	kg kg ⁻¹	0,647	0,570	0,655
NH ₃	kg kg ⁻¹	0,159	0,141	0,156
THG	kg kg ⁻¹ CO ₂ -eq	20,7	18,4	20,9

* Emissionen je kg Eiweiß (Kühe mit Kälbern und Färsen)

schnittes „Kalb“ die Verwendung eines „Einheitskalbes“ für die vorliegenden Rechnungen (Tab. 7).

4.3 Produktbezogene Emissionen der beiden Herden mit zweijähriger Nutzung

Die produktbezogene Emissionen der beiden definierten Herden mit zweijähriger Nutzung sind nachfolgend tabelliert:

Aus dem Vergleich beider Ergebnisse lassen sich zunächst noch keine Emissionsminderungspotenziale bei Änderung der Anpaarungsstrategie, bezogen auf die Gesamtproteinherzeugung aus Milch und Fleisch, ableiten. Die bei den Bullen durch Verwendung von F1-Bullen „erwirtschafteten“ Emissionsminderungen werden durch die erhöhten Emissionen aus der Milchkuh-Haltung kompensiert (Tab. 9).

4.4 Produktbezogene Emissionen der beiden Herden bei vierjähriger Nutzung

Tabelle 10 veranschaulicht, dass die *systematische* Erzeugung von DF × DH-Bullen (Herde 4) im Vergleich zu der Nutzung von reinrassigen DH-Bullen (Herde 3) nun deutliche

Tab. 9. Produktbezogene Emissionen $E_{P, A, Herde}$, Ergebnisse des Vergleichs von Herden ohne (Herde 1) und mit Nutzung von gesextem Sperma (Herde 2)
Product-related emissions $E_{P, A, Herde}$, results of the comparison of herds without (herd 1) and with the use of sexed semen (herd 2)

Kenngröße	Einheit	Herde 1	Herde 2
CH ₄ aus Verdauung	kg kg ⁻¹	0,727	0,728
NH ₃	kg kg ⁻¹	0,177	0,177
THG	kg kg ⁻¹ CO ₂ -eq	23,09	23,14

Tab. 10. Produktbezogene Emissionen $E_{P,A, Herde}$, Ergebnisse des Vergleichs von Herden mit Nutzung von gesextem DH-Sperma (Herde 3) und von gesextem DF- und DH-Sperma (Herde 4)
Product-related emissions $E_{P,A, Herde}$, results of the comparison of herds using sexed HF semen (herd 1) and using sexed Simmental and HF semen (herd 4)

Kenngroße	Einheit	Herde 3	Herde 4
CH ₄ aus Verdauung	kg kg ⁻¹	0,696	0,595
NH ₃	kg kg ⁻¹	0,170	0,147
THG	kg kg ⁻¹ CO ₂ -eq	22,08	19,24

Vorteile im Hinblick auf die entstehenden gasförmigen Emissionen je kg Eiweiß bietet. So reduziert sich die THG-Emission um ca. 2,8 kg THG je kg erzeugtes Eiweiß (aus Milch und Fleisch).

Erkennbar ist zusätzlich aus dem Vergleich der Tabellen 9 und 10, dass eine längere Nutzung der Milchkühe – vorteilhafterweise in Verbindung mit der Erzeugung von F1-Bullen zur Mast – eine deutliche Verringerung sämtlicher produktbezogener Emissionen mit sich bringt.

5 Diskussion

Die Modellrechnungen ergeben:

- Die systematische Erzeugung von männlichen Masthybriden (DF × DH) mittels gesextem Sperma bietet die Chance zur Erzielung von geringeren THG-Emissionsminderungen in der Bullenmast (unter den gewählten Bedingungen etwa 8%). Bei NH₃ sind die Minderungen etwas geringer (etwa 5%).
- Diese Vorteile können aber nur dann voll ausgeschöpft werden, wenn gleichzeitig weiterhin ausschließlich reinrassige DH-Kühe zur Milcherzeugung genutzt werden können.

Da bei nur zweijähriger Nutzungsdauer der Milchkühe auch weibliche Kreuzungstiere (DF × DH) zur Reproduktion des Kuhbestandes und damit zur Milchgewinnung genutzt werden müssen (Herde 2), sind hier keine Vorteile für die Etablierung eines Kreuzungsprogrammes nachzuweisen.

Jedoch bereits bei einer 2,5-jährigen Nutzungsdauer der Milchkühe ist der langfristige Erhalt eines reinrassigen DH-Milchkuhbestandes (theoretisch) möglich.

Die Vorteile eines Kreuzungsprogrammes mit systematischer Erzeugung von F1-Bullen zur Mast sind somit zusätzlich von der Nutzungsdauer der Milchkühe abhängig.

Heterosis: Wegen fehlender Informationen wurden die F1-Bullen in den vorliegenden Rechnungen *ohne* Heterosiseffekte abgebildet. Allerdings sollten die hier vernachlässigten Heterosiseffekte für die Mast- und Schlachtleistung der männlichen F1-Masttiere nur von begrenzter Bedeutung sein (BRADE, 2007). Ihre relative Vorzüglichkeit in der Fleischleistung gegenüber DH-Mastbullen sollte folglich eher geringfügig unter- als überschätzt sein.

Verluste: Mögliche Verluste wurden nicht berücksichtigt. Da die verschiedenen Szenarien hier in gleicher Weise betroffen sind, sollte ein Vergleich bei zwei- oder vier-jähriger Nutzungsdauer gerechtfertigt sein.

Danksagung

Dem Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf, wird für die Förderung dieser Arbeit gedankt.

Literatur

- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, (2007): Neufassung der Düngemittelverordnung. Bundesgesetzblatt 2007, I, 221–240.
- BRADE, W., (2007): Kreuzungszucht. In: W. Brade und G. Flachowsky (Hrsg.): Rinderzucht und Fleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis. Landbauforschung Sonderheft **313**, 174–197.
- BRADE, W., (2010): Fleckvieh-Holstein-Kreuzungen: Für bessere Fruchtbarkeit. Neue Landwirtschaft, Heft 11/2010, 64–66.
- DÄMMGEN, U., C. RÖSEMANN, H.-D. HAENEL and N.J. HUTCHINGS, (2012): Enteric methane emissions from German dairy cows. Landbauforschung **62**, 21–31.
- DÄMMGEN, U., H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, N.J. HUTCHINGS, W. BRADE and P. LEBZIEN, (2009): Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretions of dairy cows in the German emission model GAS-EM. Landbauforschung **59**, 233–252.
- DÄMMGEN, U., U. MEYER, C. RÖSEMANN, H.-D. HAENEL and N.J. HUTCHINGS, (2013): Methane emissions from enteric fermentation as well as nitrogen and volatile solids excretions of German calves - a national approach. Landbauforschung **63**, 37–46.
- DÄMMGEN, U., G. STEFFENS, K. MOHR und W. BRADE, (2010): Kalkulation emittierender Gase in der Milcherzeugung. Leistungsprüfung und Projekte in der Tierhaltung. Jahresbericht, LWK Niedersachsen, Oldenburg 2010, S. 147–151.
- DÄMMGEN, U., H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, J. WEBB, W. BRADE and U. MEYER, (2014): Modelling excretion rates of German dairy heifers. Landbauforsch., im Druck.
- GEUDER, U., M. PICKL, M. SCHEIDLER, M. SCHUSTER und K.-U. GÖTZ, (2012): Mast-, Schlachtleistung und Fleischqualität bayerischer Rinderrassen. Züchtungskunde **84**, 485–499.
- GfE – Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 8. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt/M.: DLG-Verlag, 135 S.
- HABERMANN, W., K. LUGER, J. FRICKH, W. ZOLLITSCH und F. LETTNER, (2000): Lohnt sich eine Ausmast von Altkühen? Untersuchungen zur Fütterungsintensität, Fleischbeschaffenheit und Wirtschaftlichkeit. Bodenkultur **51**, 59–69.
- IPCC, (0000): – Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group I: The physical science base: 2.10.2: Direct global warming potentials. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html.
- KTBL (Hrsg), (2010): Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. 22. Aufl., KTBL, Darmstadt, 784 S.
- KÖGL, J., (1989): Fleischleistung der in Bayern gezüchteten Zweinutzungsrassen, Schule und Beratung 9/1989, S. IV-1 bis IV-5.

- PASSMAN, E., J. JAITNER, F. REINHARDT und W. BRADE, (2011): Einfluss von Kreuzungszucht auf Milchleistung und Fitness in den ersten 3 Laktationen. Projekt im Auftrag der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Abschlussbericht. 12 S.
- RATH, D., (2008): Sperma-Sexing – Eine Methode der Zukunft? DGfZ/FLI-Workshop „Biotechnologie bei Nutztieren – Heute und Morgen“, Vortrag am 14.03.2008, Mariensee.
- SCHICHTL, V., (2007): Einfluss der Kreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung, Milchqualität und allgemeine Gesundheitsmerkmale in einem automatischen Melksystem. Diss., Ludwig-Maximilians-Universität München, 161 S.
- SZÜCS, E., B. ENDER, H.-J. PAPSTEIN, G. NÜRNBERG und K. ENDER, (2001a): Vergleich des Schlacht- und Nährwertes sowie der Fleischbeschaffenheit von Mastbullen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins (Schwarzbunte) im Verlauf des Wachstums. 1. Mitteilung: Wachstum und Schlachtkörperzusammensetzung. Züchtungskunde 73, 33–44.
- SZÜCS, E., B. ENDER, H.-J. PAPSTEIN, G. NÜRNBERG und K. ENDER, (2001b): Vergleich des Schlacht- und Nährwertes sowie der Fleischbeschaffenheit von Mastbullen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins (Schwarzbunte) im Verlauf des Wachstums. 2. Mitteilung: Nährwert und Fleischbeschaffenheit. Züchtungskunde 73, 45–53.