

Vergleich von Leistungs- und Fütterungsparametern in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben in Deutschland

Britta Blank*, Dagmar Schaub*, Hans Marten Paulsen* und Gerold Rahmann*

Zusammenfassung

Zu den wichtigsten Quellgruppen der landwirtschaftlichen Treibhausgas- (THG) Emissionen in Deutschland gehören die CH₄-Emissionen aus der Verdauung des Milchviehs. Steuergrößen, welche die Höhe der produktgebundenen Emissionen bestimmen sind, das Milchleistungsniveau, Leistungs- und Fruchtbarkeitsparameter, das Herdenalter sowie das Fütterungsregime. Im Rahmen der Studie „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen – Untersuchung in einem Netzwerk von Pilotbetrieben“ wurden diese Parameter anhand von 22 ökologischen und konventionellen Paaren von Milchviehbetrieben verglichen.

Milchleistung, Lebenseffektivität, der Anteil von Maissilage am Grundfutter sowie der Anteil von Kraftfutter an der Gesamtration konventioneller Betriebe sind im Mittel höher; in ökologischen Betrieben sind dagegen die Nutzungsdauer und Weidezeiten länger. Die Lebenseffektivität steigt mit steigender Milchleistung in beiden Betriebssystemen signifikant an ($p < 0,001$) und sinkt mit steigendem Erstkalbealter ($p < 0,001$). Das Milchleistungsniveau ist in beiden Betriebssystemen positiv mit dem Anteil an Maissilage in der Ration korreliert ($p < 0,001$). Herden mit hoher Milchleistung und hoher durchschnittlicher Lebenseffektivität sind in beiden Produktionsrichtungen vorhanden.

Schlüsselworte: Leistungs- und Fütterungsparameter, Treibhausgas, Milchvieh, konventionell, ökologisch

Abstract

Comparison of performance and feeding parameters in organic and conventional dairy farms in Germany

A considerable ratio of the greenhouse gas (GHG) emissions produced by German agriculture is caused by the enteric fermentation of dairy cows. Milk yield, performance and reproductive parameters, herd age and feeding system are important factors determining the product related GHG-emissions. In the study „Climate effects and sustainability of organic and conventional farming systems“, these parameters were analysed on 22 paired organic and conventional dairy farms.

When looking at mean system differences milk yields, lifetime efficiency, percentage of maize silage and concentrates in the feeding ration are significantly higher in conventional farms. Whereas mean longevity and grazing time are higher in organic farming. In both farming systems lifetime efficiency significantly increases with increasing milk yields ($p < 0.001$) and decreases with increasing age at first calving ($p < 0.001$). Milk yield is positively correlated ($p < 0.001$) with the proportion of maize silage in the basic ration. High milking herds with high mean lifetime efficiency are existent in both farming systems.

Keywords: performance and feeding parameters, greenhouse gas emissions, dairy cattle, conventional, organic

* Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau

Kontakt: hans.paulsen@ti.bund.de

Einleitung

In Deutschland macht der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen von Treibhausgasen (THG) rund 8 % aus. Neben den Emissionen der landwirtschaftlichen Nutzung der Böden (Lachgas) stammt der größte Teil der THG-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Lachgas, Methan) und aus der Verdauung der Nutztiere (Methan), insbesondere der Milchkühe (Umweltbundesamt, 2011; Haenel et al., 2012). Für die Verminderung der produktbezogenen THG-Emissionen in der Milchviehhaltung im Bereich des Managements gibt es vielfältige Ansatzpunkte. Die Leistungssteigerung wird hierbei als eine der bedeutendsten Maßnahmen angesehen, da für dieselbe Menge an produzierter Milch die Tierzahlen reduziert werden können (Zehetmeier et al., 2011). Allerdings darf eine Steigerung der Milchleistung nicht dazu führen, dass beispielsweise durch einen verstärkten Kraftfuttereinsatz die THG-Emissionen im Bereich zu stark zunehmen (Reenberg und Fenger, 2011; Casey und Holden, 2005). Auch können sich sehr hohe Milchleistungen negativ auf die Gesundheit der Tiere (Klug et al., 2002; Zollitsch, 2002) und bei schlechtem Management ungünstig auf die Fruchtbarkeit auswirken, weil der Konzeptionszeitpunkt der Kühe in die Hochlaktation fällt (Seeland und Henze, 2003). Dadurch abnehmende Leistung oder verlängerte Zwischenkalbezeiten haben Effekte auf die THG-Bilanz der Milchproduktion. Insgesamt wirkt sich eine gute Tiergesundheit auf Nutzungsdauer und Lebensleistung der Tiere positiv aus und führt so indirekt zu einer Verminderung der THG-Emissionen (Garnsworthy, 2004; Bell et al., 2011).

Weitere mögliche Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen liegen in der Veränderung der Futterzusammensetzung, so können die direkten Methan-Emissionen aus der Verdauung der Rinder beispielsweise durch eine erhöhte Verdaulichkeit des Grundfutters oder die Erhöhung des Fettanteils in der Ration in gewissen Grenzen vermindert werden (Boadi et al., 2002; Boadi et al., 2004; Flachowsky und Brade, 2007; Sejian et al., 2011). Auch kann die Nutzungsdauer der Kühe erhöht werden, um die produktbezogenen THG-Emissionen zu mindern, da sich die der Aufzuchtphase zuzuordnenden THG-Emissionen bei langer Nutzungsdauer auf entsprechend höhere Milchmengen verteilen. In einer Studie von Hörtenhuber und Zollitsch (2008) nahmen die THG pro kg Milch bei Steigerung der Nutzungsdauer von zwei auf drei Laktationen um 17 % ab.

Wirtschaftsdüngermanagement, Haltungssysteme und die Futtergewinnung sind weitere direkt mit der Milchviehhaltung verknüpfte Steuergrößen der THG-Emissionen. Unterscheidet sich die ökologische Milchviehhaltung generell von der konventionellen, könnte dies grundsätzliche Unterschiede in der THG-Bilanz der Betriebssysteme ausmachen.

Im Projekt „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen – Untersuchung in einem Netzwerk von Pilotbetrieben“ werden die THG-Bilanzen für einzelne ökologische und konventionelle Betriebe in Deutschland auf der Basis von Betriebsdaten und Futteranalysen berechnet und mögliche Auswirkungen des betrieblichen Managements

analysiert (Kassow et al., 2010). Im Folgenden werden Daten zu ausgewählten Leistungs-, Haltungs- und Fütterungsparametern der Betriebssysteme zusammenfassend dargestellt.

Material und Methoden

Futterregime, Leistung und Management von 44 Milchviehbetrieben (jeweils 22 ökologische und konventionelle Betriebspaare, die nahe beieinander liegen und ähnliche Grundbedingungen aufweisen) wurden deutschlandweit über drei Jahre analysiert. Auf jedem dieser Betriebe wurden im Winter/Frühjahr 2009, 2010 und 2011 Proben aller Futtermittel gemäß den Vorgaben der VDLUFA gewonnen und die Hauptnährstoffe (Asche, Rohprotein, Rohfaser und Rohfett) mit der Weender-Futtermittelanalyse bestimmt. Die Nährstoffgehalte (ME, NEL und nXP) wurden berechnet (Einzelfuttermittel nach GfE, 2001; Mischfuttermittel nach Menke und Steingaß, 1987). Die Daten zu Leistung und Fütterungsregime wurden bei einem Betriebsbesuch zum Ende jeden Jahres erhoben. Zur Auswertung wurden Mittelwerte und Spannweiten der Daten bestimmt und die Mittelwerte mittels t-Test ($p < 0,05$) verglichen. Eventuelle Zusammenhänge zwischen den Datensätzen wurden mittels Regressionsanalyse ermittelt.

Ergebnisse

Eine Beschreibung der 22 untersuchten Betriebspaare anhand ausgewählter Kenngrößen findet sich in Tabelle 1.

Im Folgenden sind Zusammenhänge zwischen verschiedenen Leistungs- und Fütterungsparametern der Betriebe dargestellt.

Es ist kein gesicherter Zusammenhang zwischen Milchleistung und Nutzungsdauer zu erkennen (Abbildung 1 A). Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe haben jedoch ein insgesamt niedrigeres Milchleistungsniveau (im Mittel 24 % geringer) als die konventionellen Betriebe; vgl. Tabelle 1). Die Nutzungsdauer, ermittelt nach durchschnittlichem Herdenalter, in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben liegt mit einem Durchschnitt von 3,3 Jahren ein Jahr höher als die der konventionellen Betriebe (Tabelle 1).

Die Lebenseffektivität beschreibt die Leistung je Lebens-tag inklusive der Aufzuchtphase der Kuh (Eilers, 2010). In Abbildung 1 B wird deutlich, dass die Lebenseffektivität der Tiere in beiden Betriebssystemen positiv mit der Milchleistung korreliert ist ($p < 0,001$). Die Nutzungsdauer der Tiere wirkt sich in der Erhebung nicht messbar auf die Lebenseffektivität aus (Abbildung 1 C), während es aber einen negativen Zusammenhang zwischen Erstkalbealter und Lebenseffektivität gibt ($p < 0,001$, Abbildung 1 D). Hohe Lebenseffektivitäten bei den Tieren kommen in beiden Betriebssystemen vor. Die höchsten Werte des Erstkalbealters (Abbildung 1 D) und der Nutzungsdauer (Abbildung 1 C) sind in den ökologischen Betrieben zu finden.

Tabelle 1

Überblick über ausgewählte Kenngrößen der untersuchten ökologischen und konventionellen Milchviehbetriebe (Mittelwerte und Spannweiten (Min bis Max) der Wirtschaftsjahre 2009/2010/2011)

	n	ökologisch	n	konventionell
Anzahl Betriebe		22		22
Betriebsgröße (ha LF)	22	249/ 30-1299	22	312/ 35-1959
Grünlandanteil (%)	22	67/ 4-100	22	36/ 6-100
Herdengröße	22	71/ 18-257	22	113/ 26-450
Rasse		Holstein Schwarzbunt		12
		Holstein Rotbunt		1
		Fleckvieh	22	2
		Braunvieh		1
		Diverse*		6
Milchleistung (kg/(Kuh Jahr))	21	6478 ^b / 4307-9289	21	8571 ^a / 6130-10588
Milcheiweiß (%)	22	3,28 ^b / 3,03-3,66	22	3,42 ^a / 3,18-3,55
Milchfett (%)	22	4,06 ^a / 3,68-4,43	22	4,10 ^a / 3,38-4,39
Erstkalbealter (Monate)	19	31 ^a / 26-35	17	28 ^b / 25-33
Nutzungsdauer (Monate)	19	39 ^a / 25-59	16	27 ^b / 18-37
Zwischenkalbezeit (Tage)	21	409 ^a / 364-502	19	406 ^a / 365-433
Lebenseffektivität (kg/(Kuh d))	19	10,3 ^b / 6,1-14,8	17	12,0 ^a / 7,6-15,4
Haltungssystem Laktierende		Boxenlaufstall mit Spalten		11
		Boxenlaufstall planbefestigt	21	3
		Tiefstrestall		7
		Anbindehaltung		1
Weidegang Sommer		ganztags		8
		halbtags	19	11
		ohne		0
Tage mit Weidegang pro Jahr (d/a)	16	200	13	66
Weidestunden pro Jahr (h/d)	16	2510/ 1008-5856	13	774/ 0-3048
Kraftfutteranteil Laktierende (% TS)	21	16,2 ^b / 0-34,8	20	25,7 ^a / 9,1-35,7
Maissilageanteil im Grundfutter Laktierende (% TS)	21	10,9 ^b / 0-48,0	20	45,6 ^a / 0-70,5
NEL in Ration Laktierende (MJ NEL/(kg TS))	21	6,52 ^b / 5,02-7,27	20	6,81 ^a / 6,33-7,70
nXP-Gehalt in Ration Laktierende (g/(kg TS))	21	145,8 ^b / 112,3-179	20	150,4 ^a / 135-165,2
*Diverse: es handelt sich um Betriebe mit gemischten Herden (Holstein Schwarzbunt, Holstein Rotbunt, Fleckvieh, Braunvieh, Deutsches Schwarzbuntes Niederungsgründ, Braunvieh alte Zuchtichtung und Kreuzung Fleischrind Milchrind)				
^{a,b} Mittelwerte, die sich signifikant unterscheiden (t-Test, p < 0,05), sind mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichnet				

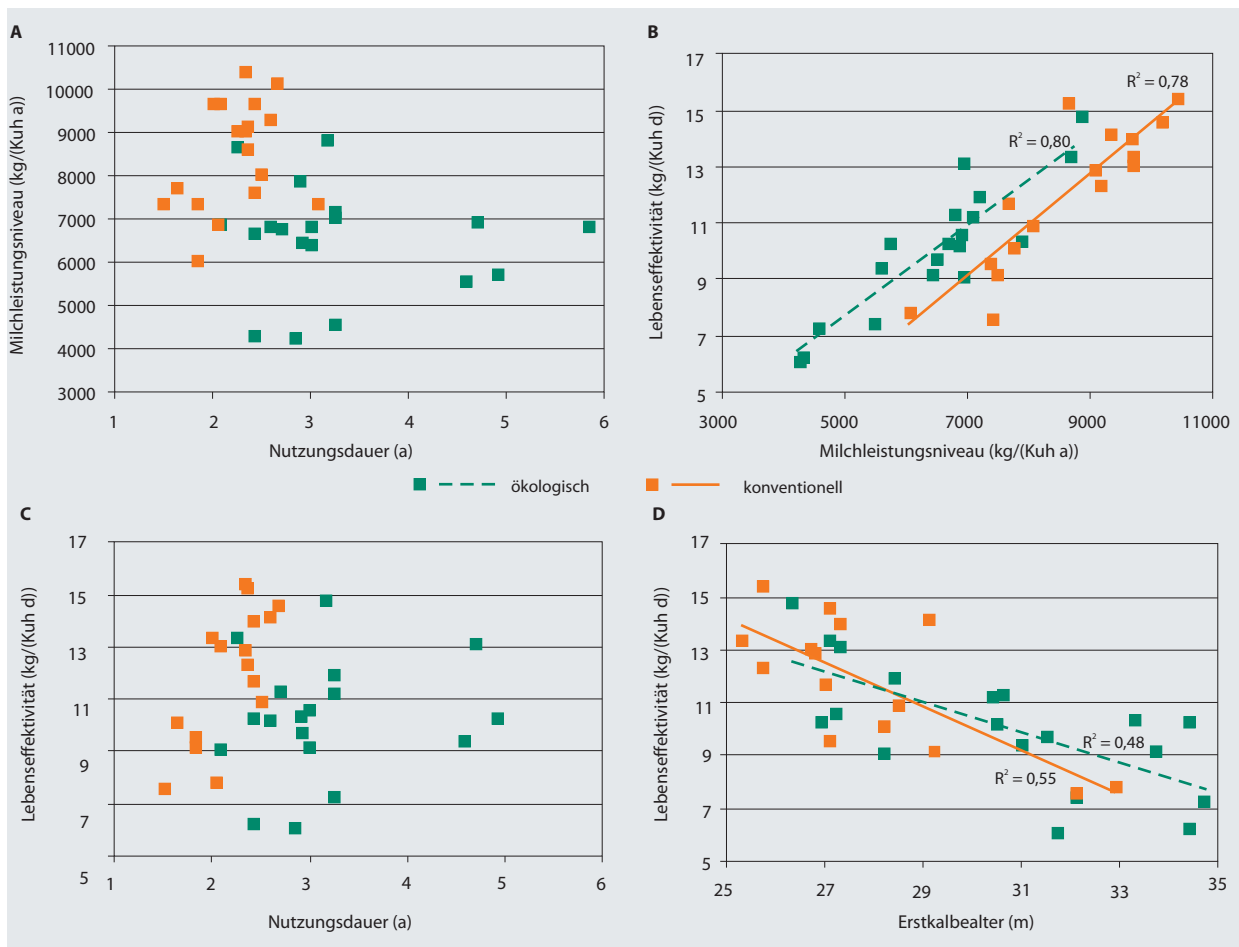


Abbildung 1

Zusammenhang von Milchleistung und Nutzungsdauer (A, $n = 37$), Lebenseffektivität und Milchleistung (B, $n = 35$), Lebenseffektivität und Nutzungsdauer (C, $n = 34$) und Lebenseffektivität und Erstkalbealter (D, $n = 34$) ökologischer und konventioneller Milchviehherden aus vier Regionen Deutschlands, Mittelwerte der Wirtschaftsjahre 2009, 2010, 2011

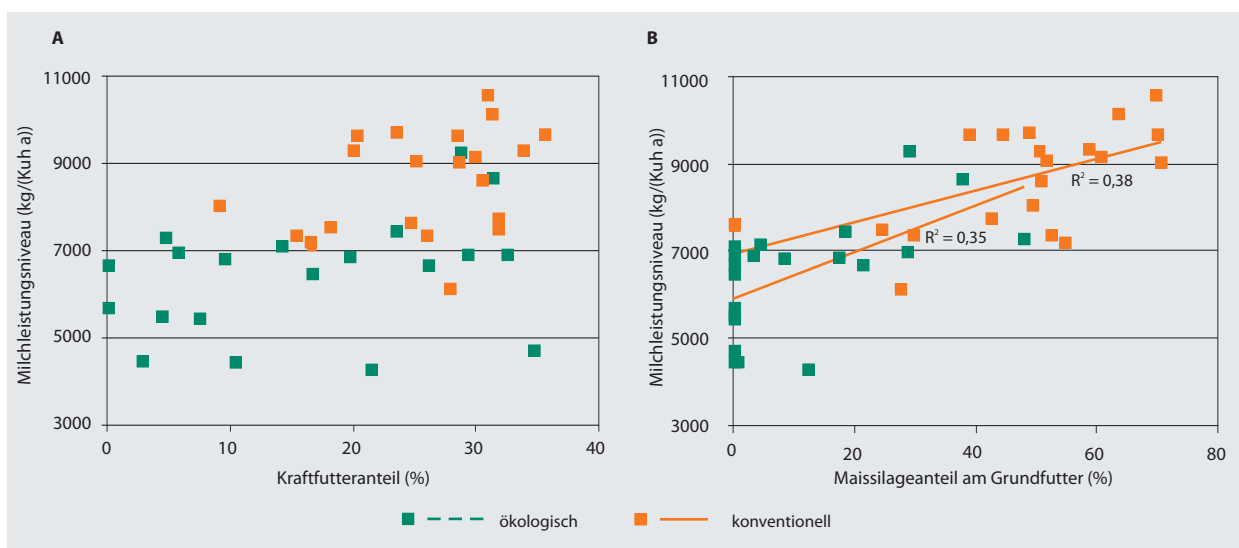


Abbildung 2

Zusammenhang von Milchleistung und dem Kraftfutteranteil (A, $n = 33$) und Milchleistung und dem Maissilageanteil am Grundfutter (B, $n = 33$) in der Ration ökologischer und konventioneller Milchviehherden aus vier Regionen Deutschlands, Mittelwerte der Wirtschaftsjahre 2009, 2010, 2011

In Tabelle 1 und Abbildung 2 A ist zu erkennen, dass der Kraftfutteranteil in den Rationen der ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Durchschnitt deutlich unter dem der konventionell wirtschaftenden Betriebe liegt. Es konnte kein gesicherter Zusammenhang zwischen Milchleistung und Kraftfutteranteil in der Ration gefunden werden. Jedoch steigt die Milchleistung in beiden Bewirtschaftungssystemen mit zunehmendem Anteil an Maissilage im Grundfutter ($P < 0,001$, Abbildung 2 B).

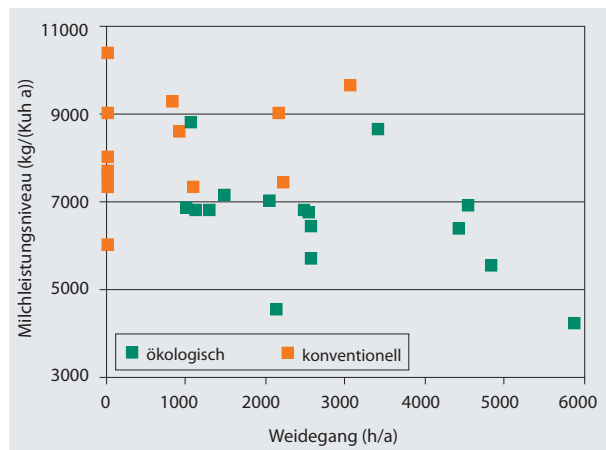


Abbildung 3

Zusammenhang von Milchleistung und Weidegang ökologischer und konventioneller Milchviehherden aus vier Regionen Deutschlands, Mittelwerte der Wirtschaftsjahre 2009, 2010, 2011 ($n = 29$)

Insgesamt haben die Tiere in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben mehr Weidegang als die Tiere in konventionellen Betrieben (Tabelle 1). Auf 7 der 13 konventionellen Betriebe kommen die Kühe gar nicht auf die Weide. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Dauer des Weidegangs und der Milchleistung ermittelt werden (Abbildung 3).

Diskussion

In der aktuellen Studie liegt die durchschnittliche Milchleistung der ökologischen Betriebe im Mittel über alle drei Versuchsjahre mit 6478 kg/(Kuh a) deutlich unter denen der konventionellen Betriebe mit 8571 kg/(Kuh a). Aus zahlreichen anderen Studien (Wangler und Harms, 2006; Hirschfeld et al., 2008; Benbrook et al., 2010) sind ähnliche Ergebnisse bekannt. In einer neueren Studie von Brinkmann et al. (2011) wurde ein mittlerer Wert von 6224 kg/(Kuh a) für ökologische Herden ($n = 106$) gefunden.

Auch die höhere Nutzungsdauer der Tiere in ökologisch wirtschaftenden Betrieben entspricht den Ergebnissen anderer Studien (Wangler und Harms, 2006; Benbrook et al., 2010). Sie ist ein wichtiger wirtschaftlicher Indikator und auch ein Indikator für die Tiergerechtigkeit und -gesundheit (Klug et al., 2002). Für die THG-Emissionen bedeutet eine kurze Nutzungsdauer, dass die Emissionen aus der Aufzucht-

phase sich auf eine geringere Nutzungsdauer der Tiere verteilen, z. B. müssen Futtermittel, die ansonsten in der Milchproduktion eingesetzt werden könnten, an die Nachzucht verfüttert werden. Dies kann sich negativ auf die produktbezogenen THG-Emissionen auswirken (Bell et al., 2011). Jedoch müssen in diesem Zusammenhang auch die Auswirkungen verschiedener Allokationsverfahren zwischen Milch- und Fleischproduktion diskutiert werden (Zehetmeier et al., 2012), denn die Nachzucht der Milchtiere verlässt bei längerer Nutzungsdauer ggf. den Betrieb, und die THG-Emissionen aus der Aufzucht fallen anderswo an. Ein negativer Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und jährlicher Milchleistung, wie ihn Klug et al. (2002) und Wangler und Harms (2006) in ihren Studien gefunden haben, konnte mit der eigenen Studie wie auch mit anderen Untersuchungen (Fürst und Fürst-Waltl, 2006) nicht belegt werden.

Die Lebens effektivität steigt in der vorliegenden Studie mit zunehmender Milchleistung und sinkendem Erstkalbealter an (Abbildung 1). Die Lebens effektivität der Herden auf den konventionellen Betrieben ist trotz der geringeren Nutzungsdauer der Tiere höher als die der ökologischen Betriebe. Jedoch finden sich auch ökologische Betriebe, deren Herde eine hohe Lebens effektivität (> 13 kg/(Tier d)) bei durchaus unterschiedlichen und auch hohen Nutzungsdauern aufweist (zwischen 2,2 und 4,8 Jahren). Gemeinsam sind den drei Betrieben ein Erstkalbealter von < 28 Monaten (Abbildung 1).

In einer Studie von Gruber et al. (2004) sind Ergebnisse vieler Fütterungsversuche zusammengetragen worden, und es wurde für Versuche mit insgesamt 70766 Versuchstieren ein durchschnittlicher Kraftfutteranteil in der Ration von 25,6 % gefunden. Der durchschnittliche Kraftfutteranteil der konventionellen Betriebe in der aktuellen Studie bewegt sich bei 25,7 %, während der Anteil in den ökologischen Betrieben mit 16,2 % deutlich niedriger ist (Tabelle 1).

Gruber (2007) sowie Steinwigger und Gruber (2002) fanden in ihren Studien im Gegensatz zu den Daten der vorliegenden Erhebung einen Zusammenhang zwischen dem Kraftfutteranteil in der Ration und der Milchleistung. Auch wenn sich eine solche Leistungssteigerung in Bezug auf die THG-Emissionen positiv auswirken kann, ist ein hoher Kraftfuttereinsatz im Hinblick auf den Klimaschutz auch kritisch zu sehen, wenn das Kraftfutter nicht auf dem landwirtschaftlichen Betrieb erzeugt sondern zugekauft wird und in der Vorkette der Kraftfuttermittelherstellung hohe THG-Emissionen entstehen (Rahmann et al., 2008; Gerber et al., 2010).

In 71 % der ökologischen Betriebe der vorliegenden Studie wurde Maissilage in der Fütterung eingesetzt. Rauch und Spiekers (2010) fanden in ihrer deutschlandweiten Studie einen mehr als doppelt so hohen Maissilageanteil im Grundfutter ökologisch wirtschaftender Betriebe von 27 % ($n = 48$) als in der vorliegenden Studie (10,9 %, $n = 21$). Gruber et al. (2004) fanden auf konventionellen Betrieben im Grundfutter einen durchschnittlichen Maissilageanteil von 30,2 %, während der Anteil bei den untersuchten konventionellen Betrieben in der eigenen Studie mit 45,6 % höher liegt. Mit zunehmendem Anteil an Maissilage im Grundfutter steigt auch die Milchleistung an.

Die ermittelten Unterschiede in der Rationsgestaltung zwischen den Betriebssystemen machen deutlich, dass für eine sachgerechte Bewertung der THG-Emissionen der Milchviehhaltung, auch die THG-Emissionen der Futtererzeugung berücksichtigt werden müssen (Schils et al., 2005; Stewart et al., 2009; Kristensen et al., 2011).

Während für die ökologischen Milchviehbetriebe laut EG-Öko-Verordnung Weidegang vorgeschrieben und gängig ist (EU-Kommission, 2007; Molkentin, 2006), und auch in dieser Studie deutlich höhere Weidezeiten in den ökologischen Betrieben gefunden wurden (Tabelle 1), lassen immer weniger konventionelle Betriebe ihre Tiere auf die Weide (Spiekers, 2008). Gründe hierfür sind beispielsweise stärker begrenzte Weidefutteraufnahme im Gegensatz zur reinen Stallhaltung, stärkere Stoffwechselbelastungen und Probleme mit Trittschäden auf den Weiden (Steinwider und Starz, 2006). Allerdings kann die Weidewirtschaft neben den Vorteilen für eine tiergerechte Haltung der Stallfütterung und damit verbundener Schnittnutzung der Futterflächen auch ökologisch durchaus überlegen sein, da so geringere Emissionen für die Futtergewinnung anfallen. Dies bedarf genauer einzelbetrieblicher Analysen. Dass bei steigendem Einsatz von Weidefutter eher mit sinkender Milchleistung zu rechnen ist (Kohnen und Schellberg, 2009) konnte in dieser Studie (Abbildung 3) und auch bei einer Praxisstudie von Leisen et al. (2009) nicht bestätigt werden.

Es zeigt sich, dass in den Werten der verschiedenen Leistungs-, Herden- und Fütterungsparametern eine große Bandbreite besteht und es bei den Bewirtschaftungssystemen Überlappungsbereiche gibt. Bei Betrachtung der Mittelwerte der Parameter gibt es jedoch generelle Unterschiede zwischen den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben. Zu nennen sind hier: Unterschiede in der Milchleistung, der Nutzungsdauer, dem Erstkalbealter, der Lebenseffektivität, dem Kraftfutteranteil und dem Maissilageanteil am Grundfutter (Tabelle 1). Die Parameter, die die THG-Emissionen der Milchviehhaltung beeinflussen können, hängen damit maßgeblich vom einzelbetrieblichen Management und nicht nur vom Bewirtschaftungssystem ab. Mit der Studie sind belastbare Wertepaare aus ökologischen und konventionellen Betrieben in Deutschland dargestellt.

Danksagung

Das Projekt wurde durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (OLOE160 und OLOE353) sowie mit Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung des Johann Heinrich von Thünen-Instituts gefördert. Projektpartner waren der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, das Institut für Organischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und die Bioland-Beratung GmbH.

Literatur

- Bell MJ, Wall E, Russell G, Simm G, Scott AW (2011) The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J Dairy Sci* 94:3662-3678
- Benbrook C, Carman C, Clark EA, Daley C, Fulwider W, Hansen M, Leifert C, Martens K, Paine L, Petkewitz L, Jodarski G, Thicke F, Velez J, Wegner G (2010) A dairy farm's footprint : evaluating the impacts of conventional and organic farming systems [online]. Zu finden in <http://www.organic-center.org/reportfiles/COEFFinal_Nov_2.pdf> [zitiert am 30.10.2012]
- Boadi DA, Wittenberg KM, McCaughey WP (2002) Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF6) tracer gas technique. *Can J Anim Sci* 82:151-157
- Boadi DA, Wittenberg KM, Scott SL, Burton D, Buckley K, Small JA, Ominski KH (2004) Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. *Can J Anim Sci* 84:445-453
- Brinkmann J, March S, Barth K, Becker M, Drerup C, Isselstein J, Klocke D, Krömker V, Mersch F, Müller J, Rauch P, Schumacher U, Spiekers H, Tichter A, Volling O, Weiler M, Weiß M, Winckler C (2011) Status quo der Tiergesundheitssituation in der ökologischen Milchviehhaltung in Deutschland : Ergebnisse einer repräsentativen bundesweiten Felderhebung. In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois KP, Williges U (eds) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau : Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Berlin: Köster, pp 161-169
- Casey J-W, Holden N-M (2005) Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. *Agric Syst* 86:97-114
- Eilers U (2010) Lebenseffektivität : ein neuer Maßstab für Nachhaltigkeit in der Milcherzeugung. *Landinfo* (4):3-6
- EU-Kommission (2007) Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 [online]. Zu finden in ><http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2007R0834:20081010:DE:PDF>> [zitiert am 05.12.2012]
- Flachowsky G, Brade W (2007) Potentiale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde* 76(6):417-465
- Fürst C, Fürst-Waltl B (2006) Züchterische Aspekte zu Kalbeverlauf, Totgeburtenrate und Nutzungsdauer in der Milchviehzucht. *Züchtungskunde* 78(5):365-383
- Garnsworthy PC (2004) The environmental impact of fertility in dairy cows : a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Anim Feed Sci Technol* 112(1-4):211-223
- Gerber P, Vellinga T, Opio C, Henderson B, Steinfeld H (2010) Greenhouse gas emissions from the dairy sector : a life cycle assessment [online]. Zu finden in <<http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>> [zitiert am 05.11.2012]
- GfE-Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder 2001. Frankfurt a M : DLG-Verl, 136 p, Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere 8
- Gruber L, Schwarz FJ, Erdin D, Fischer B, Spiekers H, Steingaß H, Meyer U, Chassot A, Jilk T, Obermaier A, Guggenberger T (2004) Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung : Tagungsunterlage ; Beiträge der Veranstaltung vom 24. und 25.03.2004 in Fulda. Bonn : Verband Landwirtschaftskammern, pp 86-103
- Gruber L (2007) Einfluss des Kraftfutters auf Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen [online]. Zu finden in <<http://www.kgzs-ms.si/slike/ZED07/08Gruber.pdf>> [zitiert am 30.10.2012]
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Döhler H, Eulich-Menden B, Wulf S, Dieterle M, Osterburg B (2012) Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990-2010. *Landbauforsch SH* 356:1-181
- Hirschfeld J, Weiß J, Preidl M, Korbun T (2008) Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Berlin : IÖW, 187 p, SchrI IÖW 186
- Hörtenhuber S, Zollitsch W (2008) Treibhausgase von der Weide : welche Vorteile bringt die Öko-Rinderhaltung? *Ökologie Landbau* 145:23-25

- Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Aulrich K, Rahmann G (2010) Studies on greenhouse gas emissions in organic and conventional dairy farms. *Landbauforsch SH* 335:65-75
- Klug F, Rebeck F, Wangler A (2002) Die Nutzungsdauer beim weiblichen Milchrind : Teil 1. *Großtierpraxis* 3:12:5-12
- Kohnen H, Schellberg J (2009) Futterkosten, Milchleistungskurven und Fruchtbarkeit von hochleistenden Milchkühen mit Weidegang. *SchrR Bayer Landesanst Landwirtsch* 8:81-85
- Kristensen T, Mogensen L, Trydeman Knudsen M, Hermansen JE (2011) Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Sci* 140:136-148
- Leisen E, Pries M, Heimberg P, Vormann M (2009) Kraftfuttergaben und Milchleistung bei Weidegang von Milchviehherden im Ökologischen Landbau. In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau : Werte - Wege - Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel ; Bd. 2: Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. Berlin: Köster, pp 82-85
- Menke K-H, Steingaß H (1987) Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse : 2.: Regressionsgleichungen. *Übers Tierernähr* 15:59-94
- Molkentin J (2006) Untersuchungen zur analytischen Unterscheidung ökologisch und konventionell erzeugter Milch. *Landbauforsch Völknerode SH* 298:91-100
- Rahmann G, Aulrich K, Barth K, Böhm H, Koopmann R, Oppermann R, Paulsen HM, Weißmann F (2008) Klimarelevanz des Ökologische Landbaus - Stand des Wissens. *Landbauforsch* 58(1/2):71-89
- Rauch P, Spiekers H (2010) Einsatz von Maisprodukten als Futtermittel in Ökobetrieben. *SchrR Bayer Landesanst Landwirtsch* 6:13-17
- Reenberg A, Fenger N-A (2011) Globalizing land use transitions : the soybean acceleration. *Geogr T Kobenhavn* 111(1):85-92
- Schils RLM, Verhagen A, Aartasi HFM, Sebek LBJ (2005) A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutr Cycl Agroecosystems* 71:163-175
- Seeland G, Henze C (2003) Beziehungen zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit in einer Schwarzbuntpopulation nach intensiver Steigerung der Milchleistung. *Arch Tierzucht* 46:103-112
- Sejian V, Lakritz J, Ezeji T, Lal R (2011) Forage and flax seed impact on enteric methane emission in dairy cows. *Res J Vet Sci* 4:1-8
- Spiekers H (2008) Ansprüche der Milchviehhaltung an das Grundfutter vom Grünland [online]. Zu finden in <http://www.lfltest.bayern.de/ipz/gruenland/31542/dt_by_gl_tag_2008_spiekers.pdf> [zitiert am 30.10.2012]
- Steinwider A, Gruber L (2002) Leistungsgrenzen der Milchkuh im Biolandbau sowie bei konventioneller Haltung [online]. Zu finden in <<http://cgi.zar.at/download/seminar02.pdf>> [zitiert am 04.12.2012]
- Steinwider A, Starz W (2006) Sind unsere Kühe für die Weide noch geeignet? In: Geßl R (ed) 13. Freiland-Tagung Freilandhaltung: Perspektive für die Zukunft? : Kurzfassungen der Vorträge an der Veterinärmedizinischen Universität Wien, 28. September 2006. Wien : Freiland-Verl, pp 37-43
- Stewart AA, Little SM, Ominski KH, Wittenberg KM, Janzen HH (2009) Evaluating greenhouse gas mitigation practices in livestock systems : an illustration of a whole-farm approach. *J Agric Sci* 147:367-382
- Umweltbundesamt (2011) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011 : nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2009. [online]. Zu finden in <<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4126.pdf>> [zitiert am 04.12.2012]
- Wangler A, Harms J (2006) Verlängerung der Nutzungsdauer der Milchkühe durch eine gute Tiergesundheit bei gleichzeitig hoher Lebensleistung zur Erhöhung der Effizienz des Tiereinsatzes [online]. Zu finden in >http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Betriebswirtschaft/Archiv_Verfahrensoekonomie/_Dateien/fo_Lebensleistung.pdf> [zitiert am 04.12.2012]
- Zehetmeier M, Gandorfer M, Heißenhuber A (2011) Diskussion der Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung als mögliche Strategie zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. *ÖGA-Tagung* 21:7-8
- Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A (2012) Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6(1):154-166
- Zollitsch W (2002) Leistungsgrenzen bei Nutztieren – was ist möglich? [online]. Zu finden in <<http://cgi.zar.at/download/seminar02.pdf>> [zitiert am 04.12.2012]

