

4.2 Berechnung des Klimawirkungspotentials der Milchkuhexkreme ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe in Deutschland aus Stall, Melkstand, Lager und Weidegang

Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

Auf jeweils 22 ökologisch (öko) und konventionell (kon) bewirtschafteten Milchviehbetrieben in Deutschland wurden über einen Zeitraum von drei Jahren Daten zur Milchviehhaltung und Milchviehfütterung erhoben. Aus den potentiell emissionswirksamen Inhaltsstoffen (*volatile solids* (VS), Stickstoff (N) und ammoniakalischer Stickstoff (TAN)) in den Milchviehexkrementen wurden auf Basis der betrieblichen Gegebenheiten die Emissionen von Methan (CH₄), Ammoniak (NH₃), Stickoxid (NO) und Lachgas (N₂O) berechnet. Dafür wurde im Wesentlichen die Methodik der deutschen Klimaberichterstattung verwendet. In beiden Systemen waren am häufigsten Boxenlaufställe vertreten und die Exkreme im Durchschnitt überwiegend einer Flüssigmistlagerung in Güllebehältern zugeführt (öko 67 %, kon 70 %). Die aufsummierten tierbezogenen Klimawirkungen der emittierten Gase der Milchkuhexkreme aus Stall, Melkstand, Wirtschaftsdüngerlager sowie von der Weide lagen im Mittel bei 1.313 bzw. 1.148 kg CO_{2 eq} Tier⁻¹ a⁻¹ auf den ökologischen bzw. konventionellen Betrieben. Die produktbezogenen Klimawirkungen nur aus diesen Quellen waren im Mittel bei den konventionellen Betrieben mit 0,14 kg CO_{2 eq} kg ECM⁻¹ geringer als mit 0,22 kg CO_{2 eq} kg ECM⁻¹ bei den ökologischen, was direkt auf die höhere mittlere Milchleistung der konventionellen Tiere von 8.660 kg ECM Tier⁻¹ a⁻¹ (öko 6.382 kg ECM Tier⁻¹ a⁻¹) zurückzuführen ist. Dabei waren über alle Betriebe die tierbezogenen Klimawirkungen, die auf der Weide entstanden, auf den ökologischen Milchviehbetrieben höher als auf den konventionellen, da der Zeitanteil, den die Tiere der ökologischen Betriebe auf der Weide verbrachten, mit 25 % deutlich höher lag als der bei den konventionellen Betrieben (7 %). Beim Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe mit Weidegang waren die Werte der Betriebssysteme ähnlich. Beim Weidegang beeinflussten vor allem die N₂O-Emissionen aus den Exkrementen das Ergebnis massiv, da hier ein hoher Emissionsfaktor gilt. In den Betrieben ohne Weidegang fallen die Emissionen aus den Exkrementen dagegen anstatt auf der Weide in einem anderen Abschnitt der Prozesskette, d.h. bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger, an. Dies ist mit den bei der hier durchgeführten Detailbetrachtung gesetzten Systemgrenzen nicht berücksichtigt. Minderungsoptionen der Treibhausgaslast aus CH₄, NH₃, NO und N₂O aus den Milchkuhexkrementen müssen daher gesamtbetrieblich analysiert werden.

Schlüsselwörter: Milchvieh, Exkreme, Wirtschaftsdünger, Emissionsfaktor, Lager, volatile solids, TAN, N-Ausscheidung, Methan, Treibhausgas, konventionell, ökologisch

Abstract

Data on dairy cattle performance, housing and feeding were collected on 44 German dairy farms (22 organic (o) and conventional (c), each) for the years 2008, 2009, and 2010. Excretions of volatile solids (VS), nitrogen (N) and total ammoniacal N (TAN) were basis for calculating emissions of methane (CH₄), ammonia (NH₃), nitric oxide (NO) and nitrous oxide (N₂O) from dairy cow excretions according to

the German emission inventory in its 2013 submission. If necessary, adaptations were included to reflect farm level specifics. In both the organic and the conventional system, dairy cows were largely kept in cubicle housing and on average, 67 % (o) and 70 % (c) of the excreta were stored in slurry tanks. On average, the sum of animal related emissions from pasture, milking parlour, stable and manure storage was 1,313 and 1,148 kg CO₂ eq cow a⁻¹ on the organic and conventional farms, respectively. Product related emissions from these sources were, on average, lower in conventional dairy farms (0.14 (c) and 0.22 kg CO₂ eq kg ECM⁻¹ (o)) since the average milk yield was higher (8,660 (c) and 6,382 kg ECM cow⁻¹ a⁻¹ (o)). When all farms were included in the analysis animal related emissions on pastures were higher in the organic system since animals spent more time on pasture (25 % (o) and 7 % (c) of the time). If only farms offering pasture access to the cows were included in the analysis the results between organic and conventional farms were comparable. N₂O emissions from pasture impacted considerably on the overall results of emissions from dairy cow excretions because the emission factor for N₂O is high. The system boundary in this detail study does not account for emissions from manure spreading. On farms without pasture, the emissions from dairy cow excretions take place in another step of the process chain, i.e. during manure spreading, instead of on pasture. To extract mitigation options of emissions of CH₄, NH₃, NO and N₂O from dairy cow excretions whole farm analysis must be conducted.

Keywords: dairy cattle, excreta, manure, emission factor, storage, volatile solids, TAN, N excretion, methane, greenhouse gas, conventional, organic

4.2.1 Einleitung

Die Haltung von Milchkühen macht einen wesentlichen Anteil der landwirtschaftlichen Gesamtemission von Treibhausgasen (THG) in Deutschland aus. Laut nationalem Emissionsinventar stammen davon etwa 8 % aus der Verdauung der Nutztiere, dem Wirtschaftsdüngermanagement und den Emissionen nach Einträgen von Stickstoff (N) in Böden. Die Emissionen von Methan (CH₄) aus der Verdauung der Milchkühe trugen im Jahr 2011 zu rund 57 % zu den gesamten CH₄-Emissionen der deutschen Landwirtschaft bei, während etwa 19 % der gesamten CH₄-Emissionen auf das Wirtschaftsdünger-Management entfielen, und davon wiederum 37 % auf das des Milchviehs. Der Anteil des Wirtschaftsdünger-managements (ohne Ausbringung und Weidegang) an den gesamten Lachgas-(N₂O)-Emissionen der deutschen Landwirtschaft betrug 2011 6,3 %, wovon ein gutes Drittel aus der Milchviehhaltung stammt (Strogies und Gniffke, 2013).

Aufgrund der großen Bedeutung der Milchviehhaltung als THG-Quelle wurden im Verbundprojekt „Klimawirkung und Nachhaltigkeit von Landbausystemen - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben“ neben gesamtbetrieblichen THG-Bilanzen mit den Algorithmen von REPRO (Frank et al., 2013) einzelne Teilbereiche der Milchviehhaltung gesondert dem Verfahren nach GAS-EM modelliert. GAS-EM wird für die deutsche Klimaberichterstattung verwendet (Rösemann et al., 2013). In beiden Ansätzen errechnen sich die emissionsrelevanten Inhaltsstoffe in den Exkrementen der Tiere aus der Fütterung. Dabei kommt der Festlegung der Futtermenge und den tatsächlichen Futterqualitäten eine herausragende Bedeutung zu (Schaub et al. 2013, Schulz et al. 2013). Aufbauend auf den Rationsberechnungen von Schulz et al. (2013) wurden von Warnecke et al. (2013) die emissionsrelevanten Substanzen in den Milchviehexkrementen nach dem in GAS-EM angewendeten Prinzip modelliert. Diesen Daten werden im Folgenden die den betriebsspezifischen Gegebenheiten entsprechenden Emissions-

faktoren für die THG CH_4 , N_2O und die der Gase NH_3 und NO zugewiesen. Die daraus resultierenden THG-Emissionen und deren Klimawirksamkeit werden mit der Methodik von GAS-EM errechnet. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der aktuellen Bewirtschaftung der untersuchten Betriebe diskutiert und systembedingte Unterschiede bzw. einzelbetriebliche Unterschiede betrachtet.

4.2.2 Material und Methoden

Auf 44 Milchviehbetrieben in vier Regionen Deutschlands (Nord, Ost, Süd, West, für eine detaillierte Erläuterung siehe Kassow et al., 2010 und Schmid et al., 2013) wurden für die Jahre 2008, 2009 und 2010 umfassende Betriebsdaten erhoben. Es wurden Futtermittel beprobt und analysiert und die Rationen der laktierenden und trockenstehenden Tiere unter Berücksichtigung der betrieblichen Analysewerte ermittelt (Schulz et al., 2013). Daten zu Leistungs- und Fruchtbarkeitsparametern, zur Haltung der trockenstehenden und laktierenden Tiere im Stall und auf der Weide und zur Melkdauer wurden in jährlichen Betriebsleiterinterviews erfragt, bzw. den monatlichen Ergebnissen oder dem Jahresbericht der Milchleistungsprüfung (MLP; Gruppenmittelwerte) entnommen (Blank et al., 2013). Fehlten Informationen zu den auf dem Pilotbetrieb (PB) für das Milchvieh als Einstreu eingesetzten Strohmenngen, wurden diese in Abhängigkeit von der Aufstallung nach Haenel et al. (2012) mit KTBL-Expertenwerten ergänzt.

Auf Basis dieser Daten und der ermittelten Sommer- und Winterrationen der trockenstehenden und laktierenden Tiere haben Warnecke et al. (2013) die Mengen der potentiell emissionswirksamen Stoffe in den Exkrementen berechnet (*volatile solids* (VS), insgesamt ausgeschiedener N (m_{excr}), organischer N ($m_{\text{excr, org}}$) und ammoniakalischer N (*total ammoniacal nitrogen*, TAN)). Dabei wurden die durchschnittlichen Jahresausscheidungen der Milchkuh unter Berücksichtigung der Dauer der Sommer- und Winterfütterung sowie der Trockensteh- und Zwischenkalbezeit ermittelt. Bei fehlenden Angaben zu den trockenstehenden Tieren wurde eine Trockenstehzeit von 49 Tagen angenommen. Es wurde zudem berücksichtigt, zu welchen Anteilen die Milchviehausscheidungen auf der Weide, im Stall und im Melkstand abgesetzt wurden.

Die THG-Emissionen aus den Milchviehexkrementen wurden, wie zuvor die Ausscheidung emissionswirksamer Stoffe, im Wesentlichen mithilfe der bei Rösemann et al. (2013) beschriebenen Methodik des Modells GAS-EM ermittelt. Dabei wurden die emissionsrelevanten Gegebenheiten, die in den Jahren 2008 bis 2010 auf den Pilotbetrieben festgestellt wurden, berücksichtigt und die Emissionen für Melkstand, Stall, Lager und Weide in den genannten Jahren berechnet. Die Ergebnisse werden für die durchschnittliche Milchkuh dargestellt, d.h. Laktation und Trockenstehen sind nach den betrieblichen Gegebenheiten für das einzelne Untersuchungsjahr berücksichtigt (zur Methodik siehe Schulz et al. 2013). Die hier berichteten Emissionen sind die, die bis zum Ende der Lagerung auftreten. Die Emissionen bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger sind nicht Gegenstand der Betrachtungen.

Die CH_4 -Emissionen wurden aus den tierbezogenen VS-Ausscheidungen unter Berücksichtigung der Methan-Umrechnungsfaktoren (MCF = methane conversion factor) in Tabelle 4.2-1 errechnet. Den N-Emissionen liegt ein Massenflusskonzept zugrunde. Die errechneten Ausscheidungen von m_{excr} , $m_{\text{excr, org}}$ und TAN wurden je nach Ausscheidungs- bzw. Lagerort mit den in Tabelle 4.2-1 zu findenden Emissionsfaktoren für die Gase NH_3 , NO und N_2O nach Haenel et al. (2012) belegt.

Tabelle 4.2-1: Emissionsfaktoren (EF) für gasförmige Stickstoffverbindungen und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die Exkremente der Milchkühe für die verschiedenen Bedingungen und Bereiche auf den Pilotbetrieben (Haenel et al., 2012)

Emissionsorte und -quellen			EF für NH ₃ [kg NH ₃ -N kg TAN ⁻¹]	EF für N ₂ O [kg N ₂ O-N kg (N _{excr} +N _{Stroh}) ⁻¹ (Lager) [kg N ₂ O-N kg N _{excr} ⁻¹] (Weide)	EF für NO [kg NO-N kg (N _{excr} +N _{Stroh}) ⁻¹ (Lager) [kg NO-N kg N _{excr} ⁻¹] (Weide)	MCF für CH ₄ [m ³ CH ₄ m ³ VS ⁻¹]
Lager	Gülle	offener Tank (ohne natürliche Schwimmdecke)	0,15	0,000	0,0000	0,17 / 0,19
		feste Abdeckung (inkl. Zeltstrukturen)	0,015	0,005	0,0005	0,17 / 0,19
		natürliche Schwimmdecke	0,045	0,005	0,0005	0,17 / 0,19
		unter Spaltenboden	0,045	0,002	0,0002	0,17 / 0,19
	Jauche	feste Abdeckung	0,014	-	-	-
	Festmistlager	Außenlager	0,6	0,005	0,0005	0,02
Weide			0,10	0,020	0,007	0,01
Stall	Gülle	Anbindehaltung	0,066			
		Boxenlaufstall	0,197			
	Mist (strohbasierend)	Anbindehaltung	0,066			0,17 / 0,19 (Annahme)
		Boxenlaufstall	0,197			0,17 / 0,19 (Annahme)
		Tiefstreu	0,197	0,010	0,0010	0,17 / 0,19 (Annahme)
		Tretmist	0,213			0,17 / 0,19 (Annahme)
Melkstand			0,197			

Maximale Methanfreisetzungskapazität (MCF) $B_0 = 0,24 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg VS}^{-1}$. MCF temperaturabhängig bei Gülle und Tiefstreu, 11 Pilotbetriebe (PB 35, 36, 37, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 48, 49) im Westen haben als MCF 0,19 (Jahresdurchschnittstemperatur des Landkreises >10°C), alle anderen Betriebe haben 0,17.

Die errechneten NH₃- und NO-Emissionen wirken über den N-Eintrag und die dadurch verursachten N₂O-Emissionen aus Böden indirekt als THG. Zur Berechnung der damit verbundenen N₂O- bzw. CH₄-Emissionen gilt der EF von 0,01 (bezogen auf NH₃-N und NO-N). Für die ermittelten N₂O- bzw. CH₄-Emissionen wurde ein Global Warming Potential (GWP₁₀₀) von 310 bzw. 25 angenommen, um die CO₂-Äquivalente (CO_{2 eq}) zu berechnen.

Abweichungen von der bei Rösemann et al. (2013) beschriebenen Methodik für das Nationale Emissionsinventar ergaben sich in folgenden Punkten:

- Es wurde berücksichtigt, dass es im Untersuchungszeitraum auf neun Pilotbetrieben zwei verbundene Güllelager mit unterschiedlichen Emissionsbedingungen und Lagerdauern gab. Bei der Berechnung wurde dazu jeweils ein zweites Güllelager ergänzt. Zusätzlich zu Betrieben mit hintereinandergeschalteten Güllelagern gab es Betriebe mit zwei parallel betriebenen Güllelagern für verschiedene Gruppen (Trockensteher, Laktierende) mit unterschiedlichen Lagerbedingungen. Diese wurden ebenfalls berücksichtigt.
- Während im Nationalen Emissionsinventar 2013 das erste Mal mit dem Wert von $0,23 \text{ m}^3 \text{ CH}_4^{-1} \text{ kg VS}^{-1}$ für die maximale Methan-Bildungsrate B_0 gerechnet wurde, wurde in den hier vorliegenden Berechnungen noch der zuvor gültige IPCC-Wert von $0,24 \text{ m}^3 \text{ kg CH}_4^{-1}$ verwendet. Auch bei den Berechnungen der gasförmigen Emissionen wurden die Emissionsfaktoren nach Haenel et al. (2012) herangezogen.
- Für den Fall der Einbringung von Wirtschaftsdünger in eine Biogasanlage (PB 32 und 42) wurden die Emissionen der Exkremente, die im Stall und Melkstand ausgeschieden wurden, mit den für diese Bereiche gültigen NH_3 -Emissionsfaktoren berechnet. Da die Exkremente stündlich (PB 32) bzw. täglich (PB 42) aus dem Stall abgezogen wurden, wurde vereinfachend angenommen, dass die anderen N-bürtigen Emissionen sowie die CH_4 -Emissionen nicht im Stall und Wirtschaftsdüngerlager stattfanden, sondern kontrolliert im Fermenter bzw. Gärrestlager.

4.2.3 Ergebnisse

Tabelle 4.2-2 gibt eine Übersicht über die Haltung der Kühe, die in den Stall eingebrachten Strohmenngen und die Güllelagerverhältnisse. Boxenlaufställe waren die dominierende Aufstallungsform sowohl auf den ökologisch (14 Betriebe) als auch den konventionell bewirtschafteten Betrieben (16 Betriebe). Die meisten Tiefstreuställe fanden sich bei den ökologischen Betrieben (sechs gegenüber einem konventionellen). In vier Fällen lebten die Tiere in Anbindehaltung, davon in einem Fall auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb. Güllelager direkt unter den Spalten und Güllelager mit natürlicher Schwimmdecke waren bei ökologischen und konventionellen Betrieben in etwa gleich häufig vertreten. Kein Betrieb brachte zusätzliche Materialien ins Lager auf die Gülleoberfläche auf. Sechs der konventionellen Betriebe nutzten kein Stroh im Stall, sondern Gummimatten bzw. in einem Fall Sand. Die mittlere Stroheinstreumenge in den Ställen war bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit $1.622 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$ nicht statistisch absicherbar höher als bei den konventionellen Betrieben mit einem Eintrag von jährlich $1.482 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Somit war auch der Anteil an TAN (ca. $4 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und Gesamtstickstoff (ca. $8 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$), der durch das Stroh in das Emissionsgeschehen eingebracht wurde, nicht unterschiedlich. Einzelbetrieblich hingegen gab es enorme Schwankungen.

Tabelle 4.2-2: Lagerbedingungen für die Milchkühexkreme im Stall und in den Wirtschaftsdüngerlagern sowie die mit Stroh eingebrachten N-Mengen nach Haenel et al. (2012) auf den ökologisch (ö) und konventionell (k) wirtschaftenden Pilotbetrieben in den Regionen Nord (N), Ost (O), Süd (S) und West (W) (Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010)

Betrieb	Paar	Region	System	Stallsystem	Güllelager 1	Güllelager 2	Strohinput	N _{ges.} im Stroh	TAN im Stroh
							[kg Tier ⁻¹ a ⁻¹]	[kg Tier ⁻¹ a ⁻¹]	[kg Tier ⁻¹ a ⁻¹]
10	1	S	ö	LB	nS	-	208	1	0,5
11	2	S	ö	TM	-	-	2555	12,7	6,4
13	3	S	ö	LB	nS	nS	135	0,7	0,3
15	4	S	ö	LB	fA	-	150	0,7	0,4
18	5	S	ö	TS, FLB	fA	-	146	0,7	0,4
19	6	S	ö	LB	uS	nS	1825	9,1	4,6
32	7	W	ö	LB	o (B)	o	327	1,6	0,8
33	8	W	ö	TS	nS	-	2920	14,6	7,3
35	9	W	ö	LB	uS	-	1825	9,1	4,6
36	10	W	ö	LB	uS	nS	1825	9,1	4,6
37	11	W	ö	LB	nS	-	1825	9,1	4,6
38	12	W	ö	TS	nS	-	2920	14,6	7,3
39	13	W	ö	TS	fA	-	3285	16,4	8,2
50	14	O	ö	TS	nS	-	2555	12,7	6,4
52	15	O	ö	AmK	fA	-	1825	9,1	4,6
53	16	O	ö	LB	nS	-	1971	9,8	4,9
56	17	O	ö	LB	fA	-	3650	18,2	9,1
72	19	N	ö	LB	nS	-	248	1,2	0,6
73	20	N	ö	LB	uS	nS	314	1,6	0,8
75	21	N	ö	TS	nS	-	3042	15,2	7,6
76	22	N	ö	LB	uS	nS	1825	9,1	4,6
77	23	N	ö	LB	uS	nS	311	1,5	0,8
20	1	S	k	LB	o	fA	-	-	-
21	2	S	k	LB	fA	fA	-	-	-
23	3	S	k	LB	fA	fA	-	-	-
25	4	S	k	LB	nS	-	245	1,2	0,6
28	5	S	k	A	nS	-	203	1	0,5
29	6	S	k	LB	nS	-	174	0,9	0,4
42	7	W	k	LB	fA (B)	u-S	460	2,3	1,1
43	8	W	k	TS	-	-	2920	14,6	7,3
45	9	W	k	LB	nS	nS	516	2,6	1,3
46	10	W	k	LB	uS	nS	-	-	-
47	11	W	k	LB	uS	nS	1825	9,1	4,6
48	12	W	k	A	-	uS	1825	9,1	4,6
49	13	W	k	LB	o	-	1825	9,1	4,6
60	14	O	k	FS	nS	fA	4380	21,8	10,9
62	15	O	k	LB	nS	nS	-	-	-
63	16	O	k	FLB	uS	-	1825	9,1	4,6
66	17	O	k	LB, FS	nS	-	1278	6,4	3,2
82	19	N	k	LB	nS	nS	1134	5,7	2,8
83	20	N	k	LB	nS	-	2500	12,5	6,2
85	21	N	k	LB	uS	nS	-	-	-
86	22	N	k	A	nS	-	2519	12,6	6,3
87	23	N	k	LB	uS	-	164	0,8	0,4
Mittelwert ö							1622	8,1	4,0
Mittelwert k							1487	7,4	3,7

A = Anbindestall, AmK = Anbindestall mit Kompostierung, FLB = Fressliegeboxenlaufstall, FS = Flachstall mit Frischmist, LB = Liegeboxenlaufstall, TM = Tretmiststall, TS = Tiefstreustall; fA = feste Abdeckung, nS = natürliche Schwimmdecke, o = ohne Abdeckung und ohne Schwimmdecke, uS = unter Spaltenboden, - = kein Güllelager, (B) = regelmäßiges Pumpen der Exkreme in die hofeigene Biogasanlage

Pro Kuh und Jahr emittierten aus den Exkrementen im Mittel der ökologischen bzw. der konventionellen Betriebe im Bereich der Gebäude (d.h. im Stall, im Melkstand, im Wirtschaftsdüngerlager) oder auf der Weide THG mit einem Klimawirkungspotential von 1.313 bzw. 1.148 kg CO₂ eq (Tabelle 4.2-3). Der Großteil der klimawirksamen Emissionen pro Kuh und Jahr entstand dabei im Bereich der Gebäude, d.h. in Stall, Melkstand und Lager (Abbildung 4.2-1 links). Dort dominierten die direkten Emissionen von CH₄ und N₂O das Klimawirkungspotential pro Tier (Abbildung 4.2-1 links). Die beiden Gase verursachten davon Anteile von 45 % (±15,6, Standardabweichung) bzw. von 42 % (±12,6) auf den ökologischen und von 55 % (± 22,7) bzw. 35 % (±19) auf den konventionellen Betrieben. Mit abnehmendem Festmistanteil auf den Betrieben sanken in den Gebäuden die errechneten NH₃- und N₂O-Emissionen und das damit verbundene Klimawirkungspotential (Abbildung 4,2-1 rechts, Abbildung 4.2-2).

Auf den Betrieben mit Weidegang verursachte Lachgas jeweils zu über 90 % des auf der Weide aus Exkrementen auftretenden Klimawirkungspotentials. Viele konventionelle Betriebe boten den Tieren keinen Weidegang an (13 von 22 Betrieben). Bei der hier durchgeführten ausschließlichen Betrachtung der Emissionen der Exkremente der Milchkühe und über alle 44 Betriebe gemittelt, machten die Exkretionen beim Weidegang bei den ökologischen Betrieben einen höheren Anteil am Klimawirkungspotential als bei den konventionellen Betrieben aus (Abbildung 4.2-1 links, Säulen „Öko“ und „Konv Gesamt“). Beim Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe mit Weidegang waren die Unterschiede geringer (Abbildung 4.2-1 links, Säulen „Öko“ und „Konv“ mit Weide). Die konventionellen Betriebe mit ganzjähriger Stallhaltung zeigten bei den Emissionen pro Tier und Jahr die niedrigsten Werte (Abbildung 4.2-1 links, Säule „Konv nur Stall“). Bei den Einzelbetrieben waren sowohl die Höhe der THG-Emissionen wie auch deren Verteilungen auf die Quellgase sehr unterschiedlich (Abbildung 4.2-2).

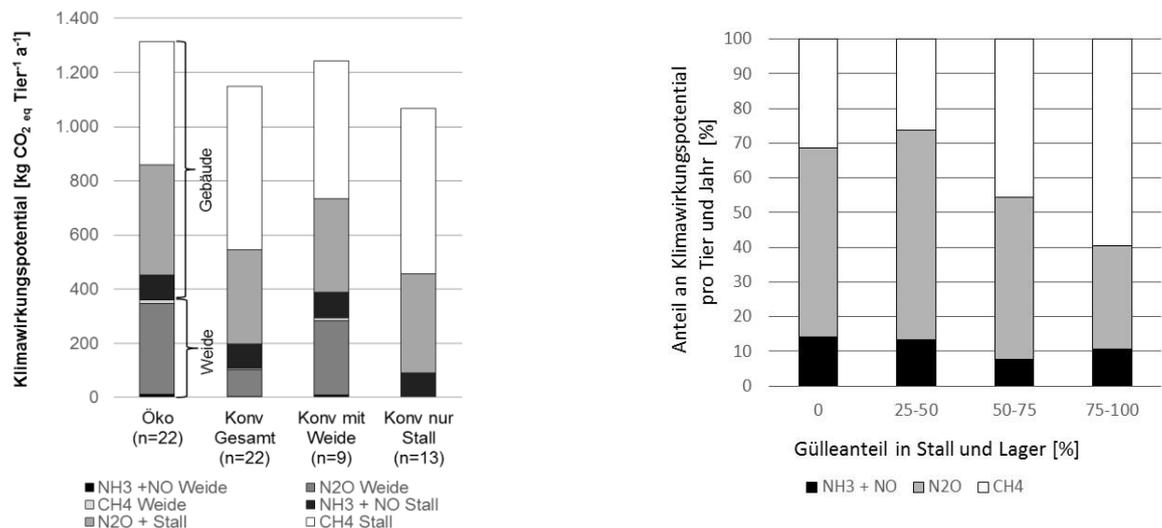


Abbildung 4.2-1: Klimawirkungspotential aus Exkrementen der Milchkühe pro Kuh auf den Pilotbetrieben (Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010).

Links: Mittleres Klimawirkungspotential über alle ökologischen (Öko) bzw. konventionellen Betriebe (Konv) sowie über die konventionellen Betriebe mit bzw. ohne Weidegang.

Rechts: Anteil des Klimawirkungspotentials verursacht durch die emittierten Gase in Stall und Lager bei verschiedenen Gülleanteilen.

Tabelle 4.2-3: Tierbezogenes Klimawirkungspotential der gasförmigen Emissionen der Milchkühexkremete der ökologisch (ö) und konventionell (k) wirtschaftenden Pilotbetriebe in den Regionen Nord (N), Ost (O), Süd (S) und West (W) aufgeteilt nach Weide bzw. Stall, Melkstand und Lager (Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010)

Betrieb	Paar	Region	System	Milchleistung (ECM) [kg Tier ⁻¹ a ⁻¹]	Futterfahre [u]	Klimawirkungspotential der Emissionen auf der Weide [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]				Klimawirkungspotential der Emissionen in Stall, Melkstand, Lager [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]				Summen des Klimawirkungspotentials der Emissionen [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]			
						NH ₃	N ₂ O	NO	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	NO	CH ₄	Weide	Stall, Melkstand, Lager	Weide	Stall, Melkstand, Lager
10	1	S	ö	4.197	3	8,7	287	1,00	11,2	65,3	303	0,30	349	308	717	1.025	
11	2	S	ö	5.285	3	12,0	438	1,53	20,1	159,2	809	0,81	826	471	1.794	2.266	
13	3	S	ö	6.937	2	5,2	215	0,75	9,9	56,8	309	0,31	315	231	681	912	
15	4	S	ö	5.886	3	18,6	768	2,69	37,6	33,4	356	0,36	522	827	911	1.738	
18	5	S	ö	4.469	3	3,4	101	0,35	3,7	78,3	340	0,34	735	108	1.154	1.262	
19	6	S	ö	6.769	3	13,6	459	1,61	16,5	90,3	351	0,35	350	491	792	1.282	
32	7	W	ö	9.185	2	4,9	191	0,67	7,8	108,7	15	0,02	14	205	138	343	
33	8	W	ö	6.593	2	20,1	701	2,45	26,0	82,5	523	0,52	310	750	916	1.666	
35	9	W	ö	6.903	1	3,8	156	0,55	8,1	65,7	155	0,15	890	169	1.111	1.280	
36	10	W	ö	7.212	1	6,1	228	0,80	8,6	83,9	316	0,32	387	244	787	1.031	
37	11	W	ö	7.466	1	10,8	387	1,35	14,5	148,6	732	0,73	688	414	1.569	1.983	
38	12	W	ö	7.184	1	21,0	728	2,55	27,8	90,4	559	0,56	396	779	1.046	1.825	
39	13	W	ö	7.322	2	17,2	650	2,28	26,6	82,7	543	0,54	566	696	1.191	1.888	
50	14	O	ö	6.709	1	4,4	189	0,66	9,4	120,0	588	0,59	717	203	1.426	1.629	
52	15	O	ö	4.072	1	3,7	141	0,49	7,6	120,8	303	0,30	70	153	493	646	
53	16	O	ö	7.313	1	4,1	153	0,54	6,0	150,5	626	0,63	234	164	1.011	1.174	
56	17	O	ö	3.881	1	2,9	112	0,39	5,3	69,7	314	0,31	628	120	1.012	1.132	
72	19	N	ö	4.627	2	4,3	148	0,52	5,7	74,3	310	0,31	409	159	794	953	
73	20	N	ö	8.598	2	7,1	427	1,50	23,8	28,1	216	0,22	319	460	563	1.023	
75	21	N	ö	5.674	2	8,5	291	1,02	10,3	152,7	664	0,66	524	311	1.341	1.652	
76	22	N	ö	6.915	2	4,1	159	0,56	7,0	74,3	303	0,30	224	171	602	773	
77	23	N	ö	7.204	2	13,3	458	1,60	14,8	90,4	292	0,29	541	488	924	1.411	

Tabelle 4.2-3: Fortsetzung

Betrieb	Paar	Region	System	Milchleistung (ECM) [kg Tier ⁻¹ a ⁻¹]	Futterjahre [n]	Klimawirkungspotential der Emissionen auf der Weide [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]				Klimawirkungspotential der Emissionen in Stall, Melkstand, Lager [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]				Summen des Klimawirkungspotentials der Emissionen [kg CO ₂ eq Tier ⁻¹ a ⁻¹]		
						NH ₃	N ₂ O	NO	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	NO	CH ₄	Weide	Melkstand, Lager	Stall, Weide, Melkstand, Lager
20	1	S	k	8.000	2	-	-	-	-	104,6	0	0,00	916	-	1.021	1.021
21	2	S	k	7.353	3	-	-	-	-	17,8	202	0,20	1.030	-	1.250	1.250
23	3	S	k	7.761	3	-	-	-	-	48,1	275	0,28	950	-	1.274	1.274
25	4	S	k	8.168	2	-	-	-	-	39,0	234	0,23	579	-	852	852
28	5	S	k	6.393	3	-	-	-	-	91,5	453	0,45	106	-	650	650
29	6	S	k	7.582	3	12,8	420	1,47	13,9	89,9	423	0,42	416	448	930	1.377
42	7	W	k	10.117	1	-	-	-	-	54,7	57	0,06	108	-	221	221
43	8	W	k	7.186	2	4,0	178	0,62	8,7	124,1	633	0,63	780	191	1.538	1.729
45	9	W	k	7.530	2	-	-	-	-	72,2	326	0,33	712	-	1.111	1.111
46	10	W	k	10.278	1	0,6	17	0,06	0,6	52,5	130	0,13	1.227	18	1.409	1.428
47	11	W	k	9.715	2	2,5	120	0,42	6,6	70,3	307	0,31	503	129	881	1.011
48	12	W	k	10.059	2	12,0	522	1,83	22,1	109,2	397	0,40	118	558	625	1.182
49	13	W	k	9.197	1	4,1	252	0,88	15,0	55,7	151	0,15	871	272	1.077	1.349
60	14	O	k	9.778	1	-	-	-	-	159,2	823	0,82	410	-	1.393	1.393
62	15	O	k	9.440	1	-	-	-	-	72,3	343	0,34	665	-	1.080	1.080
63	16	O	k	7.559	1	-	-	-	-	221,7	814	0,81	204	-	1.240	1.240
66	17	O	k	9.767	1	-	-	-	-	90,6	462	0,46	964	-	1.517	1.517
82	19	N	k	9.325	2	-	-	-	-	82,5	380	0,38	661	-	1.124	1.124
83	20	N	k	9.379	2	-	-	-	-	95,8	405	0,40	649	-	1.150	1.150
85	21	N	k	8.605	2	3,3	138	0,48	6,8	67,7	275	0,27	436	148	779	927
86	22	N	k	9.680	2	8,8	368	1,29	16,1	137,1	403	0,40	118	394	659	1.052
87	23	N	k	7.643	2	5,9	201	0,70	6,9	100,2	174	0,17	835	215	1.109	1.324
Mittelwert ö (n = 22)				6.382	1,9	9,0	336	1,18	14,0	92,1	406	0,41	455	360	953	1.313
Mittelwert k (n = 22)				8.660	1,9	6,0	246	0,86	10,7	88,9	348	0,35	603	264	1.040	1.148

Auch die produktbezogene Klimawirkung der gasförmigen Emissionen aus den Exkrementen erwies sich bei Betrachtung der einzelnen Betriebe sowohl in der Höhe als auch in der Zusammensetzung nach Quellen (CH_4 , NH_3 , N_2O , NO) als sehr heterogen (Abbildung 4.2-2). Im Durchschnitt der ökologischen Betriebe war die Klimawirkung durch direkte N_2O -Emissionen mit $0,12 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg ECM}^{-1}$ etwa doppelt so hoch wie die des Mittels der konventionellen Betriebe. Dagegen lagen die Emissionen von CH_4 , NH_3 und NO bei beiden Bewirtschaftungsformen auf etwa gleichem Niveau.

4.2.4 Diskussion

Mit dem gleichen Datensatz, der für die Berechnung der Emissionen aus den Wirtschaftsdüngern verwendet wurde, wurden bereits die CH_4 -Emissionen aus der Verdauung der Tiere nach Schulz et al. (2013) berechnet. Es ergaben sich hier für die ökologischen bzw. konventionellen Betriebe Klimawirkungspotentiale von $3.822 \text{ kg CO}_2 \text{ eq Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. von $3.759 \text{ kg CO}_2 \text{ eq Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch CH_4 . Das errechnete und in Tabelle 4.2-3 dargestellte mittlere Klimawirkungspotential aus den Milchkuhexkrementen ist mit 1.313 bzw. $1.148 \text{ kg CO}_2 \text{ eq Tier}^{-1} \text{ a}^{-1}$ deutlich geringer. Es liegt im Wertebereich anderer Studien (Frank et al., 2013; Rösemann et al., 2013). Dabei zeigen sich zwischen den Betrieben sehr hohe Unterschiede in der absoluten Höhe des Klimawirkungspotentials wie auch in der relativen Zusammensetzung der Emissionen nach den einzelnen Quellgasen (CH_4 , N_2O , NH_3 , NO). Der Einbezug der jährlichen Milchleistung der Tiere in die Ermittlung der produktbezogenen THG-Emissionen aus den Milchviehexkrementen veränderte die Situation nochmals (Tabelle 4.2-3).

Systembedingte Unterschiede hinsichtlich der Emissionen von THG waren im Mittel der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betriebe im Bereich der Stallungen und Wirtschaftsdüngerlager nicht festzustellen. Das bei Betrachtung aller Betriebe in den ökologischen Betrieben verglichen mit den konventionellen Betrieben höhere mittlere Klimawirkungspotential aus den Exkrementen beim Weidegang ist nicht überraschend, da bei allen ökologischen Betrieben Weidegang gewährt wurde (25 % des Jahres bei den ökologischen gegenüber 7 % bei den konventionellen Betrieben; Warnecke et al. 2013). Beim Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe mit Weidegang sind die Werte der Betriebssysteme erwartungsgemäß ähnlich und z. B. durch die unterschiedlich langen Weidezeiten und auch die Futteraufnahme beeinflusst, die wiederum von der Milchleistung abhängig ist.

Insgesamt werden die Emissionen aus dem System Weidehaltung durch den deutlich höheren Emissionsfaktor für Lachgas aus der Stickstofffracht ($0,02 \text{ kg N}_2\text{O-N kg}^{-1} \text{ N}$) gegenüber denen unter den Lagerungsbedingungen (0 , $0,002$ bzw. $0,005 \text{ kg N}_2\text{O-N kg}^{-1} \text{ N}$) der unterschiedlichen Wirtschaftsdünger beeinflusst (Tabelle 4.2-1). Bei Erweiterung der Betrachtung um die Ausbringung von gelagertem Wirtschaftsdünger zu Düngungszwecken (Emissionsfaktor $0,0125 \text{ kg N}_2\text{O-N kg}^{-1} \text{ N}$, Rösemann et al. 2013) würden sich die Unterschiede zwischen Betrieben mit und ohne Weidegang verringern.

Dagegen traten in den Gebäuden (Stall und Wirtschaftsdüngerlager) beim Mittelwertvergleich systembedingt keine Unterschiede bei den emittierten Gasen auf – obwohl für die geringere Milchleistung der ökologischen Betriebe auch geringere Futtermengen verdaut werden müssen und damit rechnerisch auch weniger Exkremente und emissionswirksame Substanzen anfallen; und auch, obwohl ein hoher Anteil der Exkremente auf der Weide abgesetzt wurde.

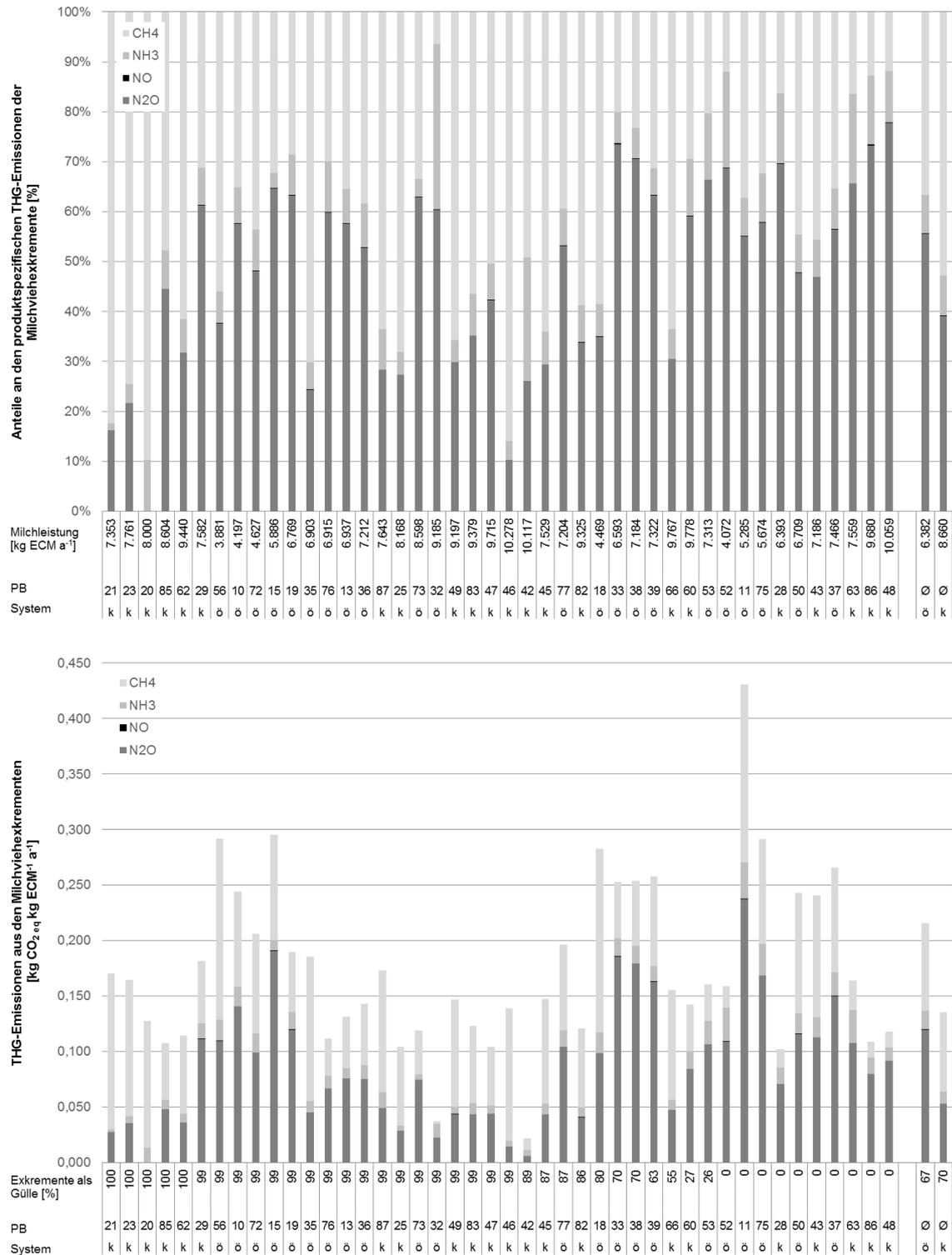


Abbildung 4.2-2: Anteile von CH₄, N₂O, NH₃ und NO am Klimawirkungspotential der Milchkuhhexkremte (**oben**) und produktbezogenes Klimawirkungspotential in Form von CH₄, N₂O, NH₃ und NO der Milchkuhhexkremte (**unten**) der ökologischen (ö) und konventionellen (k) Pilotbetriebe (PB), dargestellt als CO₂-Äquivalente (Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010). Die Reihenfolge der Daten ergibt sich aus dem Anteil der Ausscheidungen, die zum Güllesystem gehören.

Rechnerisch waren im Mittel zwar auch die durchschnittlichen VS-Ausscheidungen pro Kuh und Jahr in den ökologischen Betrieben durch die geringere Futteraufnahme geringer als auf den konventionellen Betrieben (Warnecke et al. 2013). Damit war hier auch das Potential der Ausscheidungen, CH₄ zu emittieren, kleiner. Dieses Emissionspotential wurde durch die Anwendung der zutreffenden Emissionsfaktoren für die betrieblichen Gegebenheiten unterschiedlich hoch ausgeschöpft.

Dies zeigt, dass die Höhe und Zusammensetzung der Klimawirkung der gasförmigen Emissionen aus den Milchkuhexkrementen überwiegend von den betrieblichen Gegebenheiten bestimmt wird. Es handelt sich also bei den Emissionen aus den Exkrementen um einen vielfältig beeinflussten und gleichermaßen um einen vielfältig beeinflussbaren Bereich des Emissionsgeschehens auf landwirtschaftlichen Betrieben.

Rationszusammensetzung und Futtermittelqualität, die direkt die Zusammensetzung der Exkremente beeinflussen, und die Bedingungen, die auf die Exkremente einwirken, während diese emittieren, bestimmen die Emission. Beide Bereiche sind betrieblich mehr (Fütterung, Weidegang) oder weniger kurzfristig (Wirtschaftsdüngerlagerung, Aufstallung) beeinflussbar. Dabei ist es für Optimierungszwecke im Bereich der THG-Emissionen erforderlich, den einzelnen Betrieb entlang der gesamten Produktionskette genau zu analysieren, um gut funktionierende Teilbereiche des Betriebes mit geringen Treibhausgaslasten ebenso zu identifizieren wie Teilbereiche, in denen es größeren Optimierungsbedarf gibt.

Wie am Beispiel der errechneten Lachgasemissionen beim Weidegang und bei der Lagerung von Festmist deutlich wurde, beeinflusst die Höhe der Emissionsfaktoren das Ergebnis auch unter praktischen Bedingungen massiv. Vor allem bei Lachgas mit seinem hohen Treibhausgaspotential (GWP₁₀₀ von 310) sind die Auswirkungen für die Gesamtbilanz und das produktbezogene Klimawirkungspotential bedeutend. Hier wäre es besonders wichtig, mit exakten Messungen bzw. Modellierungen die betriebliche Situation standort- und betriebsgerecht einzuschätzen und ggf. detailliertere Emissionsberechnungen mit zutreffenden Emissionswerten durchzuführen, um weite Optionen für die Verbesserung der Gesamtbilanzen aufzuzeigen.

Beispiel für eine Managementoption von Wirtschaftsdünger sind die beiden Betriebe im Projekt, die die anfallende Milchviehgülle stündlich bzw. täglich aus der Güllegrube am Stall in die hofeigene Biogasanlage leiten. Dadurch sind die klimawirksamen Emissionen aus den Exkrementen im Vergleich zu den Betrieben ohne Biogasanlage stark reduziert (gegenüber den mittleren Werten der ökologischen bzw. konventionellen Betriebe wären es auf diesen zwei Betrieben pro Tier und Jahr rund 950 kg CO₂ eq, die eingespart werden konnten) (Tabelle 4.2-3). Bei Betrieb 42 fielen zudem die Emissionen aus den Exkrementen fast gänzlich in der Biogasanlage an, da den Kühen kein Weidegang angeboten wurde.

Der hohen Reduktion der Treibhausgase aus den Milchviehexkrementen durch die Nutzung in einer Biogasanlage steht allerdings ein sehr hoher baulicher und technischer Aufwand gegenüber. Das könnte dazu führen, dass bei einer umfassenderen Bewertung die THG-Einsparungen im Bereich der Exkremente wieder aufgezehrt werden.

Auch dieses Beispiel macht deutlich, dass für die Bewertung von landwirtschaftlichen Betrieben hinsichtlich ihrer Umweltwirkung jeweils ein ausreichend weit gefasster Ansatz benötigt wird, um einstuft zu können, welche Maßnahmen letztlich zu tatsächlichen, und nicht nur zu vermeintlichen Einsparungen führen. Nur aus umfassenden Bewertungen können solide und wirkungsvolle Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Synergien und Zielkonflikte sollten klar herausgearbeitet werden.

4.2.5 Schlussfolgerungen

Der Weidegang konnte bei der gesetzten Systemgrenze (Treibhausgasemissionen aus Exkrementen der Milchkühe in Stall, Lager und beim Weidegang) als wichtige Einflussgröße auf Unterschiede in den klimawirksamen Emissionen herausgearbeitet werden. Wichtigster Grund dafür war der hohe Emissionsfaktor für Lachgas für die Stickstofffracht der Exkremente auf Weideland im Vergleich zur Wirtschaftsdüngerlagerung, für die geringere Emissionsfaktoren gültig sind. Jedoch fehlt bei dieser engen Systemgrenze die Ausbringung der Wirtschaftsdünger und dessen Lachgasemissionen fließen nicht in die Bilanz ein.

Bei den gasförmigen Emissionen der Milchkuhexkremente und deren Klimawirkung zeigte sich in Stall, Lager und auf der Weide die große Spannweite an betrieblichen Gegebenheiten auf den Pilotbetrieben. Eine wirksame Verringerung der potentiellen Klimawirkung durch gasförmige Emissionen aus den Exkrementen zeigte sich vor allem in den beiden Betrieben mit Biogasanlagen, da hierdurch Emissionen aus dem Stall in den kontrollierten Bereich der Biogasanlage verschoben wurden. Diese liegt jedoch außerhalb der in dieser Untersuchung gesetzten Systemgrenze.

Die Ableitung von Handlungsoptionen zur Reduzierung klimawirksamer gasförmiger Emissionen aus Exkrementen in Stall, Lagern und auf der Weide muss stets auf gesamtbetrieblichen Analysen beruhen und die gesamte Prozesskette berücksichtigen.

4.2.6 Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an Hans-Dieter Haenel vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz in Braunschweig für viele konstruktive Hinweise während der Berechnungsphase.

4.2.7 Literatur

Blank B, Schaub D, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Vergleich von Leistungs- und Fütterungsparametern in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben in Deutschland. *Landbauforsch Appl Agric Forestry Res* 63(1):21-28

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2013) Energie- und Treibhausgasbilanz milchviehhaltender Landwirtschaftsbetriebe in Süd- und Westdeutschland In: Hülsbergen KJ, Rahmann G (Hrsg) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Thünen Report 8. Kapitel 4.5:135-162

Haenel H-D, Röseman C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Döhler H, Eurich-Menden B, Wulf S, Dieterle M, Osterburg B (2012) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2010: Report on methods and data (RMD) Submission 2012. Braunschweig: vTI, Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research - Sonderheft 394 S

Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Aulrich K, Rahmann G (2010) Studies on greenhouse gas emissions in organic and conventional dairy farms. *Landbauforsch-vTI Special issue* 335:65-75

Röseman C, Haenel H-D, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B (2013) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2011: Report on methods and data (RMD) Submission 2013. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 1, 390 S

Schaub D, Rösemann C, Frank H, Paulsen HM, Blank B, Hülsbergen K-J, Rahmann G (2013) Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe - Berechnung ausgewählter Teilbereiche mit den Modellen REPRO und GAS-EM unter besonderer Berücksichtigung der Fütterungsmodellierung. Forschungsbericht Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Schmid H, Blank B, Bokemeyer J, Braun M, Buchwald K-D, Christen O, Frank H, Hohne E, Hülsbergen K-J, Kassow A, Köpke U, Lind P, Maier H, Neuhoff D, Peter J, Plagge J, Paulsen HM, Rahmann G, Reents H-J, Rudolf H, Rucknagel J (2013) Methodischer Ansatz. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep (8):11-31

Schulz F, Warnecke S, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Unterschiede der Fütterung ökologischer und konventioneller Betriebe und deren Einfluss auf die Methan-Emission aus der Verdauung von Milchkühen. In: Hülsbergen KJ, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report 8. Kapitel 4.8:189-206

Strogies M, Gniffke P (2013) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2013. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2011. Climate Change Nr. 08/2013. Umweltbundesamt. 884 S

Warnecke S., Schulz F, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Berechnung emissionswirksamer Substanzen in Exkrementen der Milchkühe ökologischer und konventioneller Betriebe in Deutschland basierend auf den Futterrationen und den Futterinhaltsstoffen. In: Hülsbergen KJ, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report 8. Kapitel 4.9:207-227

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Forschungsergebnisse 2013-2014

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Gerold Rahmann (Hrsg.)

Thünen Report 29

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.ti.bund.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.ti.bund.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:
Hülsbergen H-J, Rahmann G (eds) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben : Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, doi:10.3220/REP_29_2015

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

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Report 29

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@ti.bund.de
www.ti.bund.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-135-4
DOI:10.3220/REP_29_2015
urn:nbn:de:gbv:253-201505-dn055184-1

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen (Hrsg.)
Technische Universität München
Alte Akademie 12
85350 Freising-Weihenstephan
E-Mail: sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

Prof. Dr. Gerold Rahmann (Hrsg.)
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau
E-Mail: gerold.rahmann@ti.bund.de

Thünen Report 29

Weihenstephan/Trenthorst, Germany, im Mai 2015