



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 92 | Ausgabe 1

Mai 2014

AGRARWISSENSCHAFT

FORSCHUNG

—
PRAXIS



CO₂-Fußabdrücke für Milch und Milchprodukte

Von WILFRIED BRADE, Hannover/Dummerstorf

1 Einführung

Die Rinderhaltung ist eine der Hauptquellen landwirtschaftlicher Emissionen. Diesbezüglich werden vor allem die Methan (CH₄)-Emissionen diskutiert, wenn es um die Frage der Reduzierung von Treibhausgas(THG)-Emissionen in der Rinderhaltung geht. Bei einer ausschließlichen Betrachtung der CH₄-Emissionen bedingt durch die enterische Fermentation¹⁾ bleiben jedoch zahlreiche Aspekte einer ressourcen- und umweltschonenden Milcherzeugung mit Rindern unberücksichtigt.

Die Ökobilanz (engl: life cycle assessment, LCA) ist eine neuere Methode zur Messung von Umweltemissionen bei der Herstellung eines Produkts. Bei der Kalkulation von CO₂-Fußabdrücke (engl.: Carbon Footprints, CFs) werden die Prinzipien von LCA genutzt. Für die Berechnung von CFs sind verschiedene Richtlinien (Guidelines) zwischenzeitlich erarbeitet worden, die sich jedoch zum Teil hinsichtlich der Behandlung von Koprodukten (zum Beispiel Allokation von Rindfleisch im Rahmen der Milcherzeugung), möglichen Auswirkungen einer veränderten Landnutzung oder bezüglich der Berücksichtigung von IPCC²⁾-Empfehlungen unterscheiden (9).

Vereinbarungsgemäß werden in deutschen Auswertungen auf Farmniveau (= bis zum "Hofstor") die Herstellung von Maschinen (zum Beispiel Traktoren/Melkmaschinen) in der Regel nicht mit berücksichtigt (und anderen Bereichen beispielsweise dem Maschinenbau zugeordnet). Der Verfasser hat deshalb bevorzugt, vergleichende Gegenüberstellungen von CF-Angaben – möglichst innerhalb derselben Berechnungsmethodik durch vergleichende Angaben innerhalb eines Autorenteam – nachfolgend vorgenommen.

2 Definition von Carbon (CO₂)-Footprints (CF)

Ökobilanzen oder Life Cycle Assessments (LCA) sind ein definiertes Tool zur Messung möglicher Umweltwirkungen bei der Erzeugung eines bestimmten Produktes; beginnend bei notwendigen Vorleistungen bis zum Verbrauch ("from cradle to grave"). Die Ergebnisse der Gesamtbewertung werden typischer Weise in Form von Carbon (CO₂)-Footprints (CF) ausgedrückt, das heißt in der Regel in Form von Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Äquivalenten (CO₂-eq) je Produkteinheit angegeben (1).

CF-Analysen sollten – zumindest bei tierischen Erzeugnissen – die Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Kohlendioxid (CO₂)-Outputs bei der direkten Erzeugung (= On-Farm) sowie in den zugehörigen vor- und nachgelagerten Bereichen (zum Beispiel die Futtererzeugung oder die Exkrementbehandlung) umfassen und eine sinnvolle Allokation möglicher Co-Produkte (zum Beispiel die gleichzeitige Rindfleischerzeugung) einschließen. Zuvor werden die verschiedenen Treibhausgase (THG) auf der Basis ihres GWP (= Global Warming Potentials)³⁾ umgerechnet. In der Abbildung 1 ist ein vereinfachtes Schema zur Quantifizierung von Treibhausgasen (THG) auf Farmniveau dargestellt.

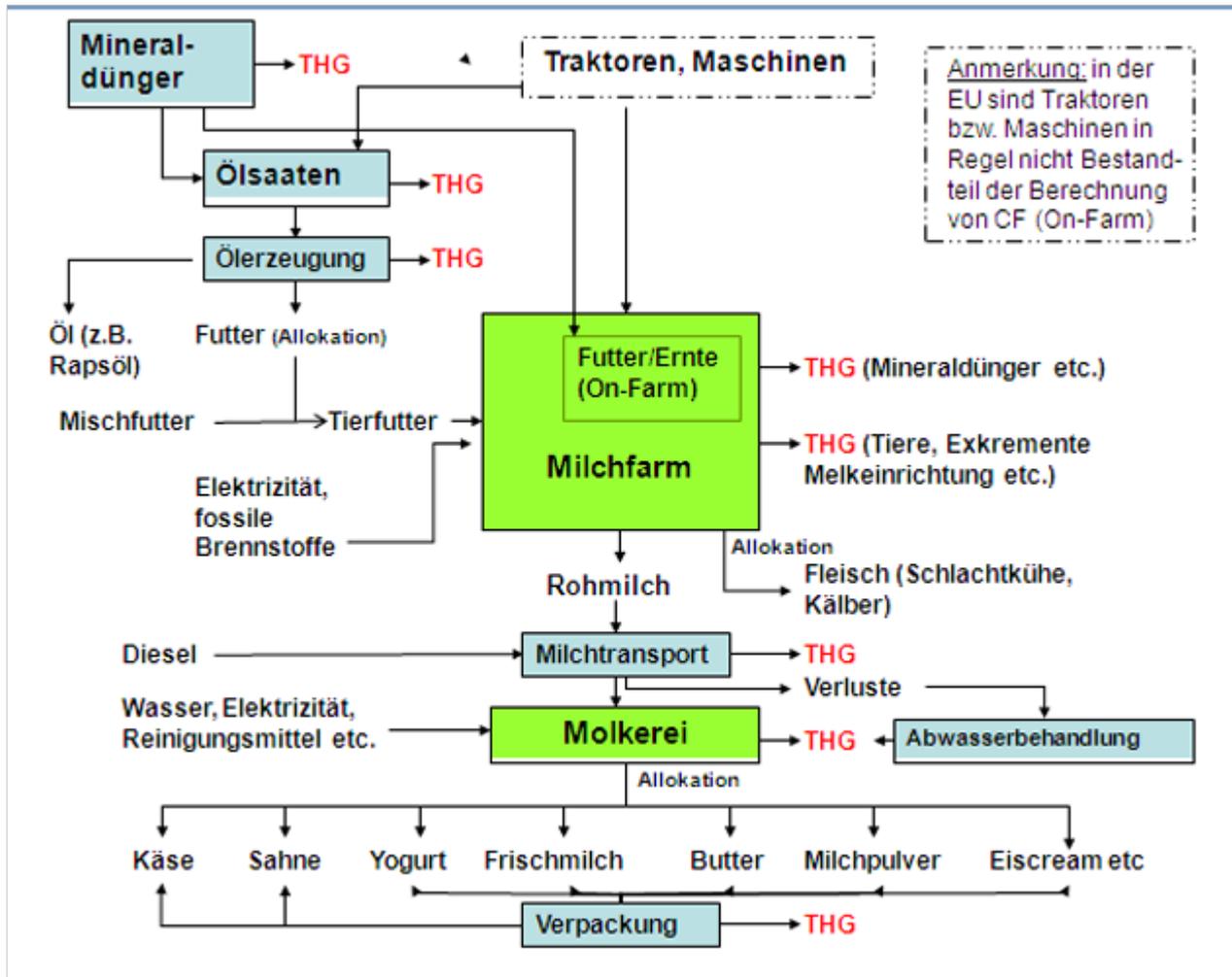


Abbildung 1: Schema zur Quantifizierung von THG auf Farm-Basis (On-Farm) und in der weiteren Verarbeitung
Quelle: eigene Darstellung

Als Bezugsgröße für die Emissionen dient zum einen das (mittlere) Tier, zum anderen die mittleren Aufwendungen in den verschiedenen vor- oder nachgelagerten Produktionsphasen. Bereits die enormen tierindividuellen Unterschiede innerhalb und zwischen den Betrieben bewirken, dass eine erhebliche Variation der berechneten CF in praxi gegeben ist. Auch muss bereits an dieser Stelle erwähnt werden, dass kleine Verbesserungen in der Stufe der Primärerzeugung (On-Farm) zu einer bemerkenswerten Reduzierung des CF für Milchprodukte (Käse, Butter etc.) führen kann (21).

Anzumerken ist, dass tierische Lebensmittel in der Regel einen höheren Ressourcenverbrauch haben als pflanzliche (15). Für Milch wurden bereits mehrere CO₂-Berechnungen – unter deutschen Bedingungen – durchgeführt. Ihr CF bewegt sich bei allen Quellen um rund ein Kilogramm CO₂-eq pro Kilogramm Milch.

3 Bedeutung einzelner Treibhausgase in der Milcherzeugung (On-Farm)

3.1 Einflussfaktoren auf die Methanbildung

Durch landwirtschaftliche Aktivitäten werden vor allem Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) freigesetzt. CH₄ entsteht beim mikrobiellen Abbau von organischen Stoffen unter anaeroben Bedingungen sowohl im Verdauungstrakt der Wiederkäuer und anderer Tiere als auch im Wirtschaftsdüngerlager sowie anderen Stoffumwandlungsprozessen unter Luftabschluss (Deponien). N₂O bildet sich bei der mikrobiellen und chemischen Umwandlung von Stickstoff-Verbindungen, und zwar sowohl bei den oxidierenden (Nitrifikation) als auch den reduzierenden Umsetzungen (Denitrifikation).

Der Pansen von Rindern (Wiederkäuern) ist ein wohl bekanntes Habitat für Archaeen; zu der auch die

sogenannten Methanbildner gehören. CH₄ wird durch Methanogene produziert; eine vielfältige Gruppe obligat anaerober Archaea. Ihre Methansynthese kann als Endprodukt ihrer speziellen "Atmung" angesehen werden. Die Methanogene sind generell Substratspezialisten, die vergleichsweise nur sehr wenige Substanzen umzusetzen vermögen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einige ausgewählte Substrate für die Methan-Bildung

Substrat	Gleichungen
H ₂ und CO ₂	$4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Ameisensäure	$4 \text{ HCO}_2\text{H} \rightarrow \text{CH}_4 + 3 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Essigsäure	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Quelle: (7), stark gekürzt

Häufig sind die methanogenen Archaea in spezifischen Symbiosen mit anderen Mikroorganismen (zum Beispiel Protozoen) im Vormagensystem der Rinder anzutreffen, so dass spezifische Einflussnahmen auf die Pansenmikrobenstruktur zwar intensiv diskutiert werden aber bisher (noch) nicht in praxi dauerhaft erfolgreich möglich sind. Die CH₄-Bildung im Vormagensystem der Rinder ist aus zweierlei Hinsicht problematisch: Methan führt einerseits zu einem Energieverlust zwischen 6 bis 12 Prozent der Energieaufnahme (Abbildung 2). Und zum anderen ist es – wie bereits beschrieben - ein Treibhausgas.

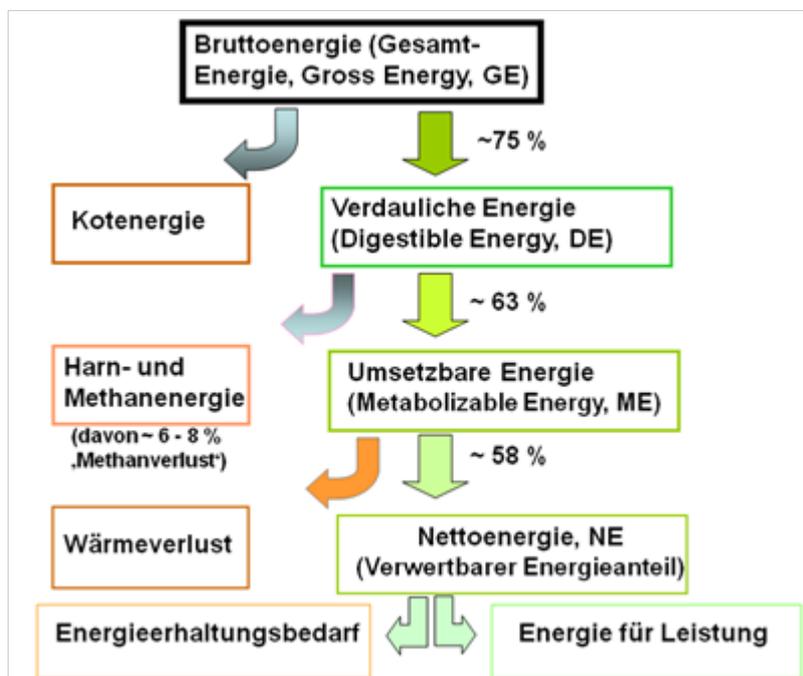


Abbildung 2: Energetischer Abbau der Futtermittel im Tier

Quelle: eigene Darstellung

Bei Wiederkäuern werden in Abhängigkeit von der Tierkategorie, der Höhe der Futteraufnahme, der Rationsgestaltung, der Leistungshöhe und anderen Einflussfaktoren im Mittel zwischen etwa 20 bis 25 Gramm CH₄ je kg verzehrte Futtertrockenmasse (T) ausgeschieden (7, 8). (12) geben folgende THG-Anteile bei der Roh-Milcherzeugung in industrialisierten Ländern an (Abbildung 3):

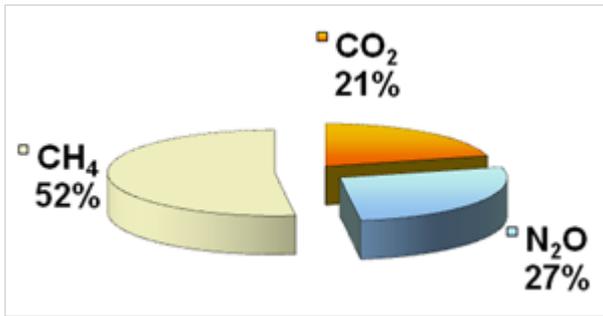


Abbildung 3: Anteil verschiedener THG bei der Milcherzeugung in den industrialisierten Ländern

Quelle: nach (12), eigene Darstellung

Aus Sicht der emittierten THG kommt der CH₄-Bildung somit eine besondere Bedeutung zu (Abbildung 3). Milchprotein kann mit deutlich weniger Methan anfall erzeugt werden als vergleichsweise essbare Proteine über Rinderfleisch (7). Gleichzeitig kann gezeigt werden, dass die Methanausscheidung bei höheren Leistungen generell ansteigt, je erzeugtes Produkt jedoch deutlich abnimmt (3, 5, 7, 9). Mit zunehmender Leistungshöhe wird dieser Effekt allerdings immer geringer (Tabelle 2).

Tabelle 2: CH₄-Emissionen bei der Milcherzeugung durch die Fermentationsprozesse im Pansen oder Dickdarm von Holstein-Kühe (= enterische Fermentation)

Jahresleistung* in kg Milch je Kuh und Jahr (oder kg Milchprotein je Kuh und Jahr)	T-Aufnahme** (kg/Tag)	Anteile verschiedener Futtermittel (in Prozent) Titel		CH ₄ -Anfall je kg Milchprotein (kg/kg)
		Raufutter	Kraftfutter	
4.000 (= 136)	12	90	10	0,69
6.000 (= 204)	15	80	20	0,53
8.000 (= 272)	18	70	30	0,45
10.000 (= 340)	21	60	40	0,40
12.000 (= 408)	24	50	50	0,36

*Bedingungen: 650 kg LM, 42 g kg⁻¹ Milchfett, 34 g kg⁻¹ Milcheiweiß, kein Weidegang;

Zahl der Kälber pro Jahr als Funktion der Milchleistung

**T = Trockenmasse (Futter)

Quelle: (3)

Die CH₄-Reduktion je Kuh und Jahr steigt mit zunehmender Leistungshöhe oder Futteraufnahme an. Demgegenüber ist eine gleichzeitige CH₄-Reduktion je Produkteinheit zu erkennen (Tabelle 2). Dieser "Verdünnungs"-Effekt ist jedoch oberhalb von 12.000 Kilogramm Milch pro Kuh und Jahr nahezu zu vernachlässigen (7). Ähnliche Resultate haben auch (20) publiziert (Tabelle 3).

Tabelle 3: Methanproduktion der Kuh (650 kg LM) in Abhängigkeit von der Leistung

Milch (EKM) ¹ kg/Jahr	Futter-T ² g/kg LM	Methan				
		g/kgT	g/Tag	kg/305 Tage	kg/Jahr ³	g/kg Milch
4.000	20,8	24,8	334	102,0	118,1	29,5
6.000	25,4	23,0	380	115,9	132,0	22,0
8.000	28,5	21,8	404	123,2	139,3	17,4
10.000	31,5	20,7	424	129,4	145,5	14,6
Erhaltung	10,8	28,3	198	-	72,3	-

¹EKM = energiekorrigierte Milch entspricht 4 Prozent Fett; ²T = Trockenmasse; ³einschließlich einer 60-tägigen Trockenperiode

Quelle: (20)

Eine zunehmende Leistung ermöglicht – bei konstanter Milcherzeugung auf Betriebsebene – eine Bestandsreduzierung (Tabelle 4).

Tabelle 4: CH₄-Emission aus der Verdauung bei konstanter Milcherzeugung auf Betriebsebene und unterschiedlicher Milchleistung**

Jahresleistung (kg Milch je Kuh und Jahr)	Erforderliche Tierzahl (Kühe je Betrieb)	CH ₄ -Anfall* aus der Milchkuhhaltung/Betrieb (Tonnen CH ₄ pro Jahr)
4.000	200,0	18,7
6.000	133,3	14,9
8.000	100,0	12,3
10.000	80,0	10,8
12.000	66,7	9,8

* CH₄-Emission nur aus der Verdauung (= enterische Fermentation); ** betriebliche Milchproduktion: 800.000 kg/Jahr

Quelle: (3)

Die Abnahme der Zahl der Kühe auf Betriebsebene – mit zunehmender Produktivität der Kühe – ist derjenige Faktor, der die CH₄-Emission pro Produkteinheit am nachhaltigsten reduzieren lässt (Tabelle 4). In der Literatur werden sehr unterschiedliche Strategien zur Reduktion der ruminalen CH₄-Produktion aufgezeigt (7). Dazu zählen – neben einem verbessertem Management und Zuchtungsmaßnahmen (sowohl Züchtung faserarmer Futterpflanzen als auch gezielte weitere Milchrinderzüchtung) – fütterungsseitige Einflussnahmen wie:

- kraftfutterreiche Rationsgestaltung,
- Einsatz von Futterfetten (Fettsäuren, Ölsaaten) und
- Einsatz von Futterzusatzstoffen oder Zusatzstoffe (Präbiotika, Enzyme).

Prinzipiell besteht hier noch ein erheblicher Forschungsbedarf (7). So ist bei einer kraftfutterreichen Rationsgestaltung ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer Pansenacidose gegeben. Die Verabreichung große Mengen an Futterfetten gehen häufig mit Störungen des Pansenstoffwechsels einher und führen zu einer Anreicherung unerwünschter Fette in der Milch. Auch ist der Einsatz von Ionophoren oder Halogenderivaten in der EU nicht erlaubt (7).

Leider kann (bisher) von Seiten der Züchtung nur indirekt Einfluss auf die CH₄-Bildung der Milchkühe genommen werden, da in praxi zurzeit noch keine umfassende, tierindividuelle Merkmalerfassung, als Grundlage für selektive Entscheidungen, gegeben ist.

3.2 Ausscheidungen von Stickstoffverbindungen

Nutztiere produzieren selbst kein Lachgas (N₂O). Enge Beziehungen bestehen jedoch zwischen der N- und dabei vor allem zwischen der Harnstoffausscheidung der Tiere und der potenziellen N₂O-Bildung (3). Gleichzeitig sind solche Bedingungen beim Exkrementmanagement zu schaffen, die die Bildung von NH₃, NO₂, NO₃ oder N₂O soweit als möglich verhindern (Abbildung 4).

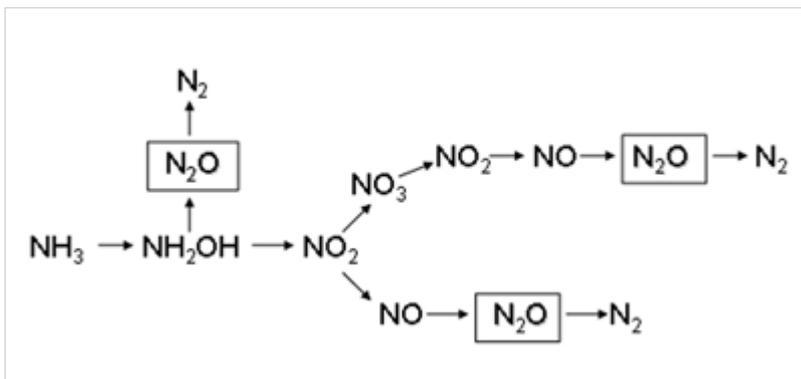


Abbildung 4: Lachgasbildung (N₂O) aus Ammoniak (NH₃)

Quelle: eigene Darstellung

Aus der Abbildung 5 geht hervor, dass auch diese Ausscheidungen je Kilogramm Produkt – mit zunehmender Leistung – relativ abnehmen (3).

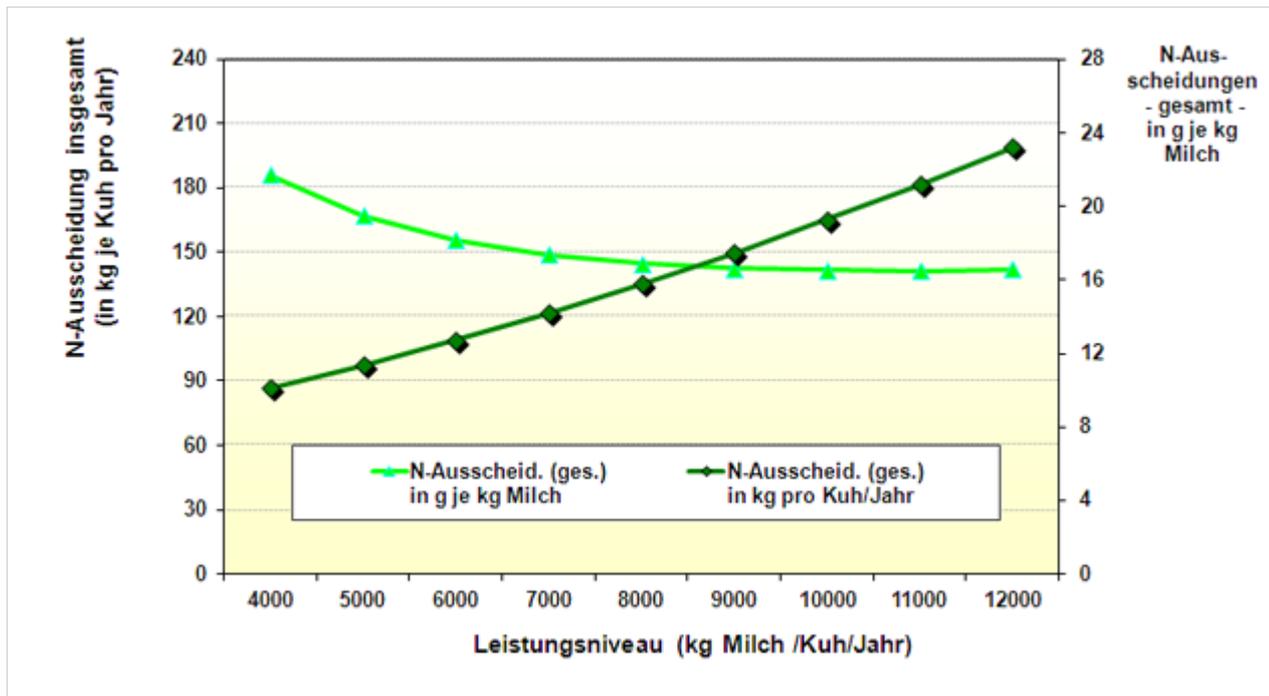


Abbildung 5: N-Ausscheidungen pro Kuh und Jahr bei unterschiedlichem Leistungsniveau

Quelle: eigene Darstellung

N-Reduzierungspotenziale bestehen beim Wiederkäuer unter anderem in (3):

- der bedarfsgerechten Rationsgestaltung/-zusammensetzung (= Deckung des N- und Energiebedarfs der Pansenmikroben oder des Protein-/Aminosäurenbedarfs der Tiere); Vermeidung von Überschüssen, Schaffung optimaler Pansenverhältnisse ($\text{pH} > 6$),
- systematische Reduzierung der N-Emissionen durch hohe Leistungen je Einzeltier und lange Nutzungsdauer; bei niedrigem Erstkalbealter (EKA) der Kühe und
- gezielter Einsatz pansengeschützter Aminosäuren bei hoher Leistung.

4. CO₂-Footprints für Rohmilch (On-Farm)

4.1 CFs für Rohmilch in Deutschland

In Deutschland wurden bereits wiederholt CF für Rohmilch (On-Farm) errechnet (5, 10, 11, 13, 15, 24). (24) bestätigen, dass sich die THG-Emissionen für die Milcherzeugung mit zunehmender Produktivität der Kühe reduzieren (Tabelle 5). Unter der Voraussetzung einer gleichzeitig konstanten Rindfleischerzeugung ist – bei sehr hohen Milchleistungen – leider zusätzlich die Mutterkuhhaltung auszudehnen. Sie führen zu steigenden THG-Emissionen in der Rindfleischerzeugung (Tabelle 5).

Tabelle 5: THG-Emissionen in der Milch- und Rindfleischerzeugung

Kenngröße	Scenario [*] /Leistungsniveau		
	6.000 kg Milch/Kuh/Jahr	8.000 kg Milch/Kuh/Jahr	10.000 kg Milch/Kuh/Jahr
ohne Allokation für Rindfleisch:			
CO ₂ -eq pro kg Milch (On-Farm)	1,35	1,13	0,98
mit Allokation:			
CO ₂ -eq pro kg Milch (On-Farm)	1,06	0,93	0,89
CO ₂ -eq pro kg Rindfleisch (On-Farm)	10,75 ^{**}	13,13 ^{**}	16,24 ^{**}

* konstante Milch- und Rindfleischerzeugung vorausgesetzt;

** zunehmender Anteil der Fleischerzeugung mit Mutterkühen

Quelle: (24)

(23) haben CF-Werte zwischen 1,06 bis 1,23 Kilogramm CO₂-eq je Kilogramm Milch unter britischen Bedingungen ermittelt. Über sehr ähnliche Werte berichtet FLYSJÖ (2012) für die dänische Milcherzeugung. (22) haben CFs für Rohmilch in verschiedenen kanadischen Regionen veröffentlicht. Für Milch (On-Farm) wurden CF-Werte zwischen 1,14 (Atlantische Region) und 0,86 (British Columbia) ermittelt; im Mittel 1,07 Kilogramm CO₂-eq je kg Rohmilch (= Farm-Grenze) und 1,10 je CO₂-eq kg Rohmilch einschließlich Transport bis zur Molkerei. (12) zeigen deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Regionen aus globaler Sicht. Für die Milcherzeugung im industrialisierten Europa nennen sie Werte um 1,2 bis 1,4 Kilogramm CO₂-eq je kg Milch (Abbildung 6).

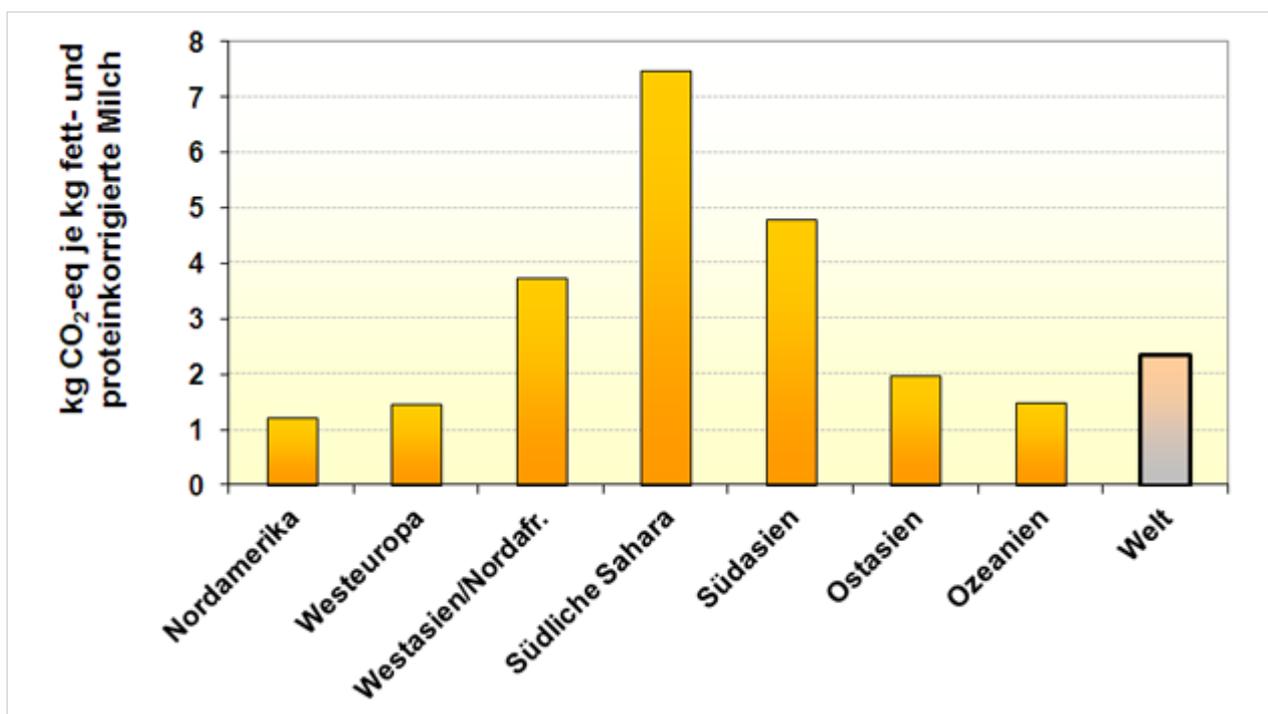


Abbildung 6: Regionale CF-Unterschiede je kg Milch nach Angaben von (12) auf On-Farm-Basis

Quelle: eigene Darstellung

Deutlich höhere Werte sind für die extensive Milcherzeugung in Asien oder Afrika zu nennen (Abbildung 6).

4.2 Unterschiede zwischen Bio und konventionell

(10) haben in einer dreijährigen Studie den Energieeinsatz und Treibhausgas-Emissionen in der ökologischen und konventionellen deutschen Milcherzeugung untersucht. Es zeigte sich, dass beide Betriebstypen im Durchschnitt umgerechnet etwa 2,3 bis 2,4 MJ Energie für ein Kilogramm produzierte Energie-korrigierte Milch (ECM) benötigen (10, 11). Auch die THG-Emissionen unterschieden sich bezüglich der beiden Produktionsformen kaum. Während in der ökologischen Erzeugung ein deutlich höherer Anteil der tierseitigen Methanerzeugung (relativer Anteile: 42 Prozent bei ökologischer Erzeugung, 30 Prozent bei konventioneller Produktion) ermittelt wurde, war die Futtererzeugung in der konventionellen Erzeugung deutlich nachteiliger (10).

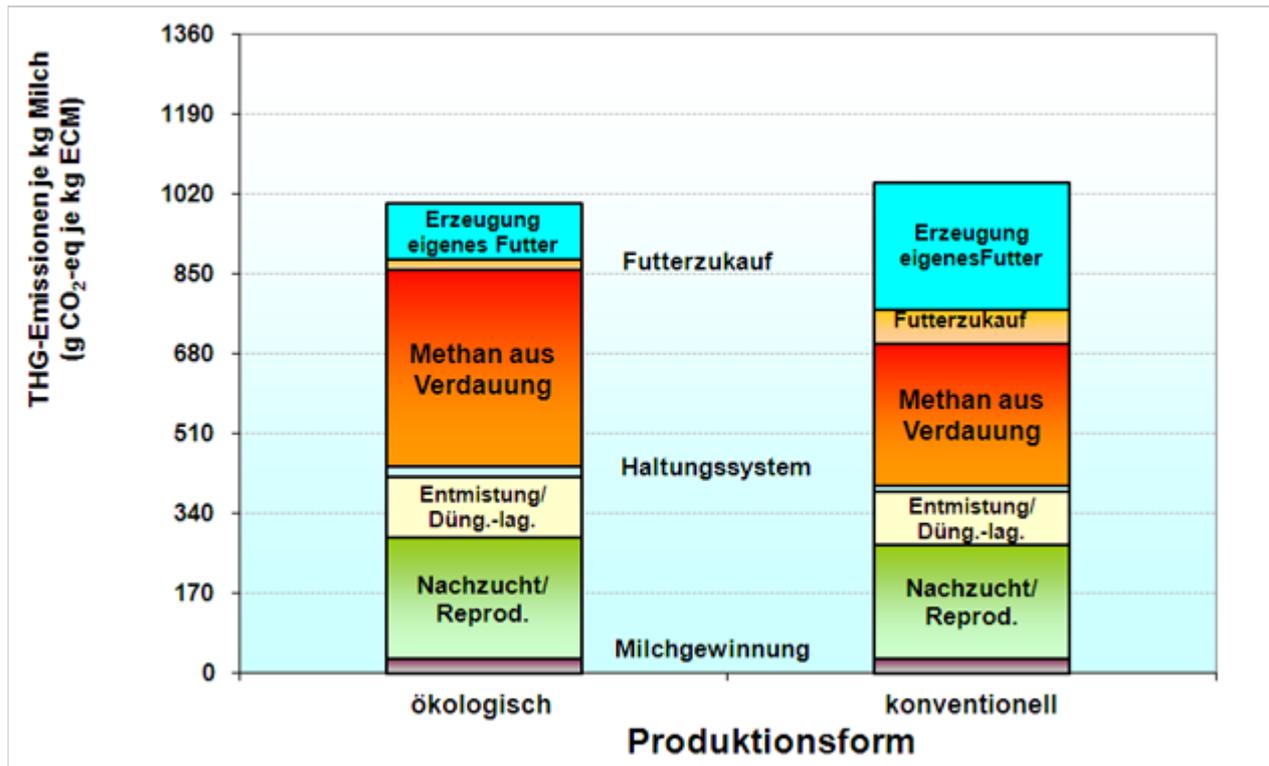


Abbildung 7: THG-Emissionen je kg Milch innerhalb verschiedener Produktionsprozesse

Quelle: (10), eigene Darstellung

In beiden Produktionsformen verursachte die Milcherzeugung im Mittel umgerechnet ungefähr 1.000 bis 1.100 Gramm CO₂-eq pro Kilogramm ECM (Abbildung 7). (10) zeigen, dass mit steigender Milchleistung die Emissionen aus Verdauung und Düngerlagerung abnehmen, dafür der Treibhausgas-Ausstoß bei der Erzeugung energiereicher Futtermittel zunimmt (Abb. 6). Mindern lassen sich Treibhausgas-Emissionen, nach Ansicht von (11) durch eine ausgeglichene Humus- und Nährstoffbilanz im Futterbau, eine verbesserte Nutzungsdauer und Milchleistung der Kühe sowie eine effiziente Färsenaufzucht möglichst bei einem gleichzeitig weiteren Verzicht auf Importfuttermittel (Soja).

(18) verglichen die CF für Rohmilch unter verschiedenen dänischen Bedingungen (konventionell, ökologisch). Die Tabelle 6 vermittelt einige wichtige produktionstechnische Kenngrößen der untersuchten Betriebe.

Tabelle 6: Produktionstechnische Kenngrößen der untersuchten dänischen Betriebe

Kenngrößen	konventionell	ökologisch
Zahl ausgewerteter Betriebe	35	32
Herdengröße (Kuhzahl)	122	115
kg ECM pro Kuh	8.201	7.175
Raufutteranteil (in Prozent der T-Aufnahme)	55	69
Besatzdichte (GV pro Hektar)	1,8	1,12
kg ECM pro Hektar	8.701	4.780
Mineraldüngeraufwand (kg Stickstoff pro Hektar)	68	0

T = Trockenmasse; ECM = energiekorrigierte Milch

Quelle: (18)

Sie ermittelten einen etwas höheren CF bei ökologischer Erzeugung - im Vergleich zur konventionellen Produktion (18), falls keine Allokation bezüglich der gleichzeitigen Fleischerzeugung mit Milchkühen erfolgt (Abbildung 8).

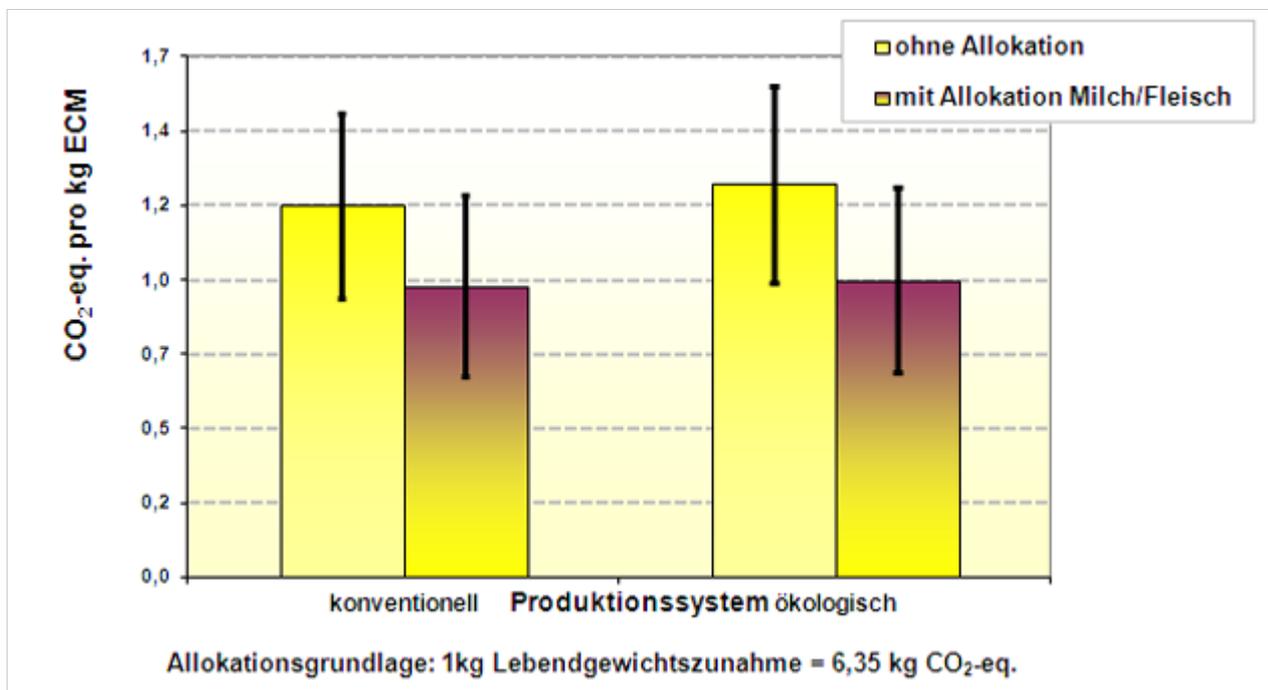


Abbildung 8: THG-Emissionen für Rohmilch (On-Farm-Basis) in der konventionellen und ökologischen Milcherzeugung unter dänischen Bedingungen

Quelle: (18), eigene Darstellung

Da die Fleischerzeugung unter ökologischen Bedingungen jedoch relativ größer ist (aufgrund der niedrigeren Produktionsintensität) verwischen sich diese Differenzen – nach Allokation mit der Fleischerzeugung – wieder (Abbildung 8).

Flächenbedarf für die Milcherzeugung

Der ökologische Pflanzenbau muss gemäß seinen Richtlinien ohne die Ausbringung von Mineraldünger zurechtkommen. Dadurch liegen in der Regel die Ernteerträge pro Hektar um 10 bis 40 Prozent niedriger als in der konventionellen Landwirtschaft (15). Diese Ertragsdifferenzen haben auch Auswirkungen auf den Flächenbedarf der verschiedenen Produktionsformen. Zusätzlich kommen unterschiedliche Leistungsniveaus hinzu, die den Flächenbedarf weiter differenzieren. Für die Erzeugung von Milch haben Ökobetriebe generell einen höheren Flächenbedarf. Ökobetriebe benötigen – aufgrund der geringeren Erträge und der niedrigeren Milchleistung – zur Produktion von einem Kilogramm Milch knapp doppelt so viel landwirtschaftliche Fläche wie konventionelle Betriebe (konventionell: 1,2 m² je kg Milch; ökologisch: etwa 2,2 bis 2,3 m² pro kg Milch) (15).

Die konventionelle deutsche Tierhaltung hat jedoch längst einen nicht unerheblichen Teil ihres Flächenbedarfs "ins Ausland" verlagert (15); rund 25 Prozent der in Deutschland für den Anbau von Futtermitteln genutzten landwirtschaftlichen Flächen (ungefähr 2,6 Millionen Hektar). Durch Landnutzungsänderungen oder Waldflächenrodungen entstehen zwangsläufig zusätzliche negative Klimaeffekte in den Soja oder Getreide exportierenden Staaten, deren Auswirkungen auf die CF-Werte zukünftig korrekterweise noch zu berücksichtigen wäre.

5 CFs für Molkereiprodukte

Die Stufe der Primärerzeugung der Milch bis hin zur Lagerung On-Farm macht in den Industrieländern deutlich mehr als 50 Prozent der gesamten THG-Emissionen der Milch aus (21). Weitere Emissionen entstehen durch Transporte (zur Molkerei und in den Einzelhandel), durch die Milchbe- und -verarbeitung, durch die Verpackungsherstellung, durch Kühlprozesse oder durch den Endverbraucher selber (Einkaufsfahrten, Lagerung zu Hause, Zubereitungsart, Verluste etc.). Durch lange Lagerung, weite Transportwege und hohe Verschwendung kann der klimarelevante Beitrag des Verbrauchers allerdings einen großen Teil der gesamten produktbezogenen Treibhausgas-Emissionen ausmachen (21, 22). (9) hat CFs für verschiedene Molkereiprodukte der Firma Arla Foods errechnet (Abbildung 9).

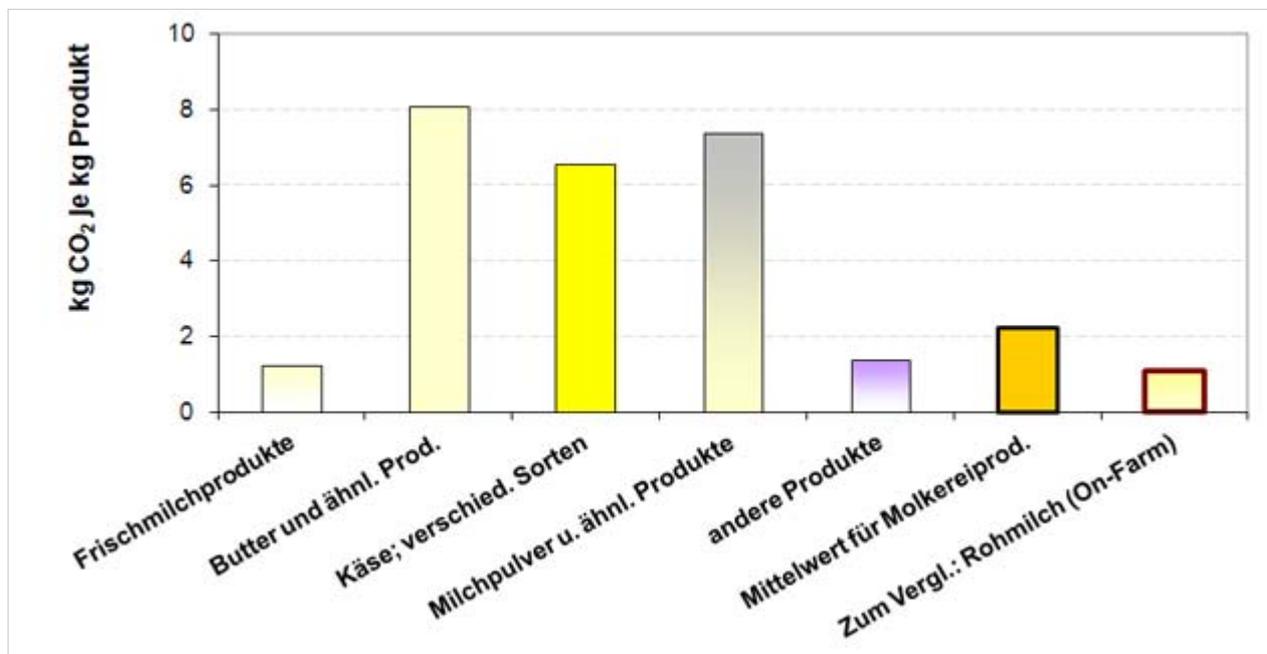


Abbildung 9: Kalkulierte CFs für Milch und Milchprodukte in Dänemark/Arla Foods

Quelle: (9), eigene Darstellung

Die Butterherstellung ist demnach mit einer deutlich höheren Umweltbelastung als die Käseerzeugung belastet. Die Weiterverarbeitung, Verpackung und Verteilung der Milchprodukte führen zu differenzierten CF-Werten je kg Produkteinheit: der CF für Käse (Mittel aus verschiedenen Sorten) erreichte einen Wert von 5,3 kg CO₂-eq je Kilogramm und für Butter 7,3 kg CO₂-eq je Kilogramm unter kanadischen Bedingungen (22). Bedingt durch die

erheblich verschiedenen Proteingehalte der einzelnen Milchprodukte waren die Footprints – mit Bezug auf ein Kilogramm Protein – noch differenzierter; vor allem zwischen Käse und Butter. Der höchste Wert wurde hier mit rund 730 Kilogramm CO₂-eq je Kilogramm Protein errechnet und zeigt damit gleichzeitig die eingeschränkte Vergleichbarkeit der CFs mit Bezug auf ein Kilogramm Milchprotein (Butter enthält weniger als ein Prozent Protein) (Abbildung 10).

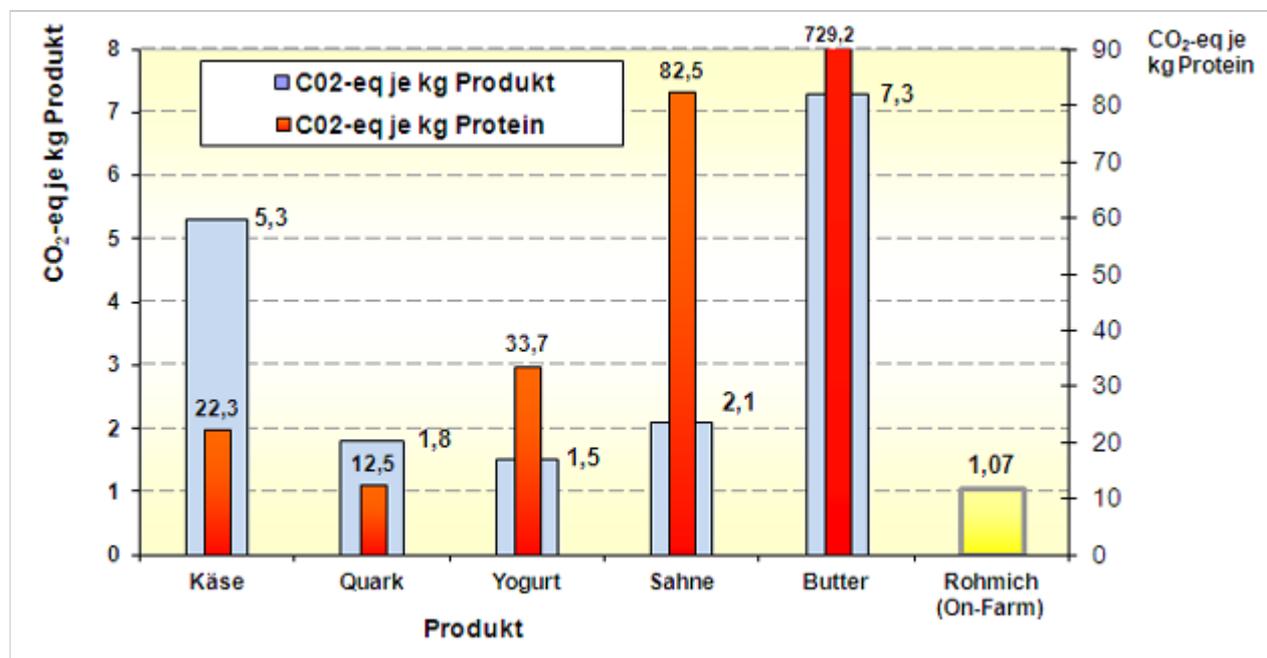


Abbildung 10: CFs für kanadische Milchprodukte

Quelle: (22), eigene Darstellung

In diesem Zusammenhang ist auch die Arbeit von (21) für die US-amerikanische Milchindustrie zu nennen. Sie berechneten einen mittleren CF von 1,23 kg CO₂-eq je Kilogramm Rohmilch (bis zur Farmgrenze). Der weitere Transport zur Molkerei und die dortige Weiterverarbeitung einschließlich Verpackung, notwendiger Transport und Verkauf im Einzelhandel ergab einen CF von 2,05 kg CO₂-eq je Kilogramm "konsumierter" Milch mit einem 90-prozentigem Konfidenzintervall zwischen 1,77 und 2,4 kg CO₂-eq je Kilogramm Konsummilch (21). Hierbei kalkultierten (21) einen Verlust von zwölf Prozent beim Verkauf im Einzelhandel und einen weiteren Verlust beim Verbraucher selbst ein. Die wichtigste THG-Quelle blieb erwartungsgemäß die Rohmilcherzeugung auf Farmebene (Abbildung 11).

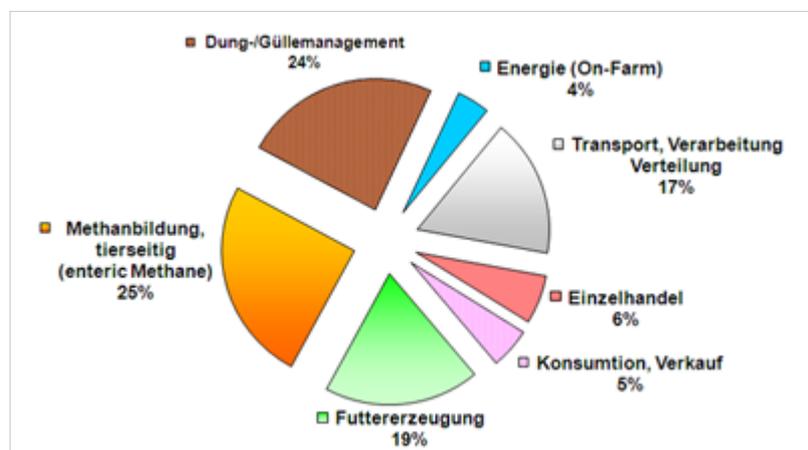


Abbildung 11: Anteil verschiedener Produktionsprozesse am CF von konsumierter Milch in den USA

Quelle: (21), eigene Darstellung

Anmerkung: Die Futtererzeugung schließt die Mineraldüngererzeugung und Bodenbearbeitung mit ein; zusätzlich

wird ein 20-prozentiger Verlust durch Abfall/Müll in der Konsumtionsphase angenommen.

Kritisch ist bei der Berechnung von CFs für Molkereiprodukte anzumerken, dass die Allokation der verschiedenen Molkereiprodukte an der gesamtverarbeiteten Milch auf Molkereiebene nicht ganz leicht ist (22).

6 Diskussion

Der CO₂-Fußabdruck ist ein Maß für die von einer Person oder einem Produkt verursachten Treibhausgasemissionen. Durch diese Footprints soll unter anderem eine Sensibilisierung von Erzeugern und Verbrauchern bezüglich eines effektiven Einsatzes fossiler Kohlenstoff-Quellen sowie eine persönliche Anregung zum Schutz der Umwelt gegeben werden (1, 9).

Der persönliche CO₂-Fußabdruck ist die Bilanz der Treibhausgasemissionen, die durch den individuellen Lebensstil beeinflusst wird. Ein wichtiges Argument für die konsequente Verwendung von produktbezogenen CO₂-Footprints (hier: Lebensmittel) ist, dass die in der Vergangenheit häufig einseitig dargestellten ökologischen Bewertungen der verschiedenen Tierprodukte – ausschließlich auf der Basis zum Beispiel der Methanproduktion – tatsächlich bestehende Zusammenhänge nicht korrekt wiedergeben.

Einseitig publizistische Darstellungen – aufbauend ausschließlich auf dem Methananfall – etwa nach dem Motto "die Kuh als Klimakiller" waren die Folge und sind so schlichtweg falsch!

Es genügt nicht, ausschließlich den Methananfall zu beachten. Lachgas hat – wie bereits dargestellt – beispielweise ein mehr als 10-mal höheres Treibhauspotenzial vergleichsweise gegenüber Methan oder ein etwa 300-mal größeres Potenzial als CO₂ (17). Die CO₂-Footprints je kg Milch sind bei ökologischer Milcherzeugung im Vergleich zur konventionellen Erzeugung nicht notwendigerweise besser.

Zweifellos sind einzelne Emissionsquellen (zum Beispiel für die Mineraldüngerherzeugung) deutlich verschieden. Der intensivere Einsatz rohfaserreicher Futtermittel oder auch die generell geringere Leistungshöhe im ökologischen Landbau bedingen jedoch demgegenüber häufig höhere Methanemissionen je Kilogramm Milch. In der Summe heben sich die Vor- und Nachteile häufig auf, so dass die kalkulierten CO₂-eq pro Kilogramm erzeugte Milch (On-Farm-Basis) zwischen konventioneller und ökologischer Produktionsweise wenig verschieden sind.

Auch kann mittels der Berechnung von CFs gezeigt werden, dass zum Beispiel eine Verringerung des Treibhauspotenzials durch den Einsatz von Biogasanlagen in Rinderhaltungen möglich ist. (15) zeigen, dass ein (mittleres) Reduktionspotenzial durch den Einsatz einer Biogasanlage in Milchkuhbetrieben (bei konventioneller Milcherzeugung) von ungefähr 0,112 kg CO₂-eq je Kilogramm Milch (ungefähr 10 bis 13 Prozent) vorhanden ist.

Die Angabe eines CO₂-Fußabdruckes auf Lebensmitteln (produktbezogener CO₂-Fußabdruck), wie er beispielsweise in Großbritannien seit Jahren erfolgt, ist in Deutschland jedoch (noch) umstritten (19). Bei aller Kritik am CO₂-Fußabdruck wird seitens der Milchindustrie nicht grundsätzlich eine Berechnung und Veröffentlichung von umwelt- und klimarelevanten Daten abgelehnt. Entscheidend ist, dass die Berechnungsgrundlage nachvollziehbar offengelegt und tatsächlich die gesamte Erzeugerkette für ein Produkt korrekt erfasst wird.

IPCC oder IDF (= International Dairy Federation) haben Richtlinien zur Kalkulation von CO₂-Fußabdrücke/Ökobilanzen auf internationaler Ebene erarbeitet, die einzuhalten sind (16, 17).

Ein Label zur Ökobilanz, der die mittlere CO₂-Bilanz für ein Lebensmittel hinreichend korrekt aufzeigt, erstellt von zugelassenen und unabhängigen Instituten nach einem akkreditierten Verfahren, sollte langfristig hilfreich sein (1).

Die Ökobilanz der Milcherzeugung mit dem Wiederkäuer "Kuh" ist im Vergleich zu anderen Lebensmitteln tierischer Herkunft (Fleisch) vergleichsweise vorteilhaft (8, 15, 23). Im Hinblick auf die Offenlegung dieser Tatsache – für Verbraucher und auch Politik – sollte davon künftig bewusst, sowohl im Berufsstand als auch in der Werbung, mehr Gebrauch gemacht werden. Milch ist ein Lebensmittel mit besten Zukunftschancen!

Zusammenfassung

Die Rinderhaltung erfuhr in den zurückliegenden Jahren - aufgrund ihrer umwelt- oder klimarelevanten gasförmigen Ausscheidungen - weltweit zunehmendes öffentliches Interesse. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der verschiedenen Treibhausgase erfolgte in jüngster Zeit wiederholt die Ableitung von sogenannten Carbon Footprints (CF). Mit der vorliegenden Arbeit soll ein aktueller Überblick zu dieser Thematik gegeben werden.

Summary: Carbon (CO₂) footprint for milk and milk products

In the past years, cattle farming saw growing public interest worldwide due to bovine gaseous emissions and their effect on the environment and climate. Recently, calculations of so-called carbon footprints (CF) were made on various occasions, taking into account the effects of different greenhouse gases. With this work the authors would like to provide an update on this issue.

Résumé: Empreintes carbone du lait et des produits laitiers

Au cours des dernières années, l'élevage bovin a connu un réel intérêt dans le monde entier en raison des gaz émis par les déjections et de leur impact sur l'environnement et le climat. Récemment, les empreintes carbone (carbon footprints, CF) ont à nouveau été déterminées tout en tenant compte des différents gaz à effet de serre. Le présent travail donne un aperçu actuel sur ce thème.

FUSSNOTEN

- 1) tierseitige Emission aufgrund des mikrobiellen Abbaus organischer Stoffe unter anaeroben Bedingungen sowohl im Verdauungstrakt der Wiederkäuer als auch anderer Tiere; engl.: enteric fermentation
- 2) IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change (in Deutschland als Weltklimarat bekannt)
- 3) nach der Empfehlung von IPCC (2007): 1 kg CO₂ = 1 kg CO₂-eq; 1 kg CH₄ = 25 kg CO₂-eq; 1 kg N₂O = 298 kg CO₂-eq

LITERATUR

1. BRADE, W. (2010): CO₂-Fußabdruck für Milch und Co, Landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft 12/2010, S. 1-3.
2. BRADE, W., U. DÄMMGEN, N. REINSCH (2013): Züchterische Möglichkeiten zur Emissionsminderung bei Deutschen Holsteins. Züchtungskunde, 85, S. 188-205.
3. BRADE, W., U. DÄMMGEN, P. LEBZIEN, G. FLACHOWSKY (2008): Milcherzeugung und Treibhausgas-Emissionen. Berichte über Landwirtschaft, 86, S. 445-460.
4. CEDERBERG, CHR., A. FLYSJÖ (2004): Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden. SIK-rapport, Nr. 728 (2004). ISBN 91-7290-237-X
5. DÄMMGEN, U., W. BRADE, H. DÖHLER (2009): Modelling CO₂ footprints and trace gas emission for milk protein produced under varying performance and feeding conditions. 60th EAAP Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Barcelona, Spain, 24.-27. August 2009; Vortrag, Kongreßbericht No. 15, S. 402
6. DÄMMGEN, U., H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, J. HAHNE, B. EURICH-MENDEN, E. GRIMM, H. DÖHLER (2013): Landwirtschaftliche Emissionen. Teilbericht zum F&E-Vorhaben "Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST". ISSN 1862-4804, ► www.uba.de/uba-info-medien/4514.html
7. FLACHOWSKY, G., W. BRADE (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde 79, S. 417-465.
8. FLACHOWSKY, G., W. BRADE, A. FEIL, J. KAMPHUES, U. MEYER, M. ZEHETMEIER (2011): Carbon

(CO₂)-Footprints bei der Primärerzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft: Datenbasis und Reduzierungspotenziale. Übers. Tierernährung, 39, S. 1-45.

9. FLYSJÖ, A. (2012): Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains. PhD Thesis. Aarhus University.
10. FRANK, H., H. SCHMID, K.-J. HÜLSBERGEN (2013a): Energie- und Treibhausgasbilanzierung der ökologischen und konventionellen Milchviehhaltung. ► www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/OL/downloads/sonstiges/Frank.pdf (Zugriff am 14.08.2013)
11. FRANK, H., H. SCHMID, K.-J. HÜLSBERGEN (2013b): Energie- und Treibhausgasbilanz milchviehhaltender Landwirtschaftsbetriebe in Süd- und Westdeutschland. ► [www.pilotbetriebe.de/download/Abschlussbericht_2013/5-5_Frank et al 2013.pdf](http://www.pilotbetriebe.de/download/Abschlussbericht_2013/5-5_Frank_et_al_2013.pdf) (Zugriff am 13.08.2013)
12. GERBER, P., T. VELLINGA, KL. DIETZE, A. FALCUCCI, G. GIANNI, J. MOUNSEY, L. MAIORANO, C. OPIO, D. SIRONI, O. THIEME AND V. WEILER (2010): Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. A report of FAO, Animal Production and Health Division, FAO 2010. ► www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf (Zugriff am 13.09.2013)
13. HAAS, G., F. WETTRICH, U. KÖPKE (2001): Comparing intensive and organic grassland farming in Southern Germany by process life cycle assessment. In: Agriculture, Ecosystem and Environment, 83, S. 43-53.
14. HENRIKSSON, M., A. FLYSJÖ, C. CEDERBERG, C. SWENSSON (2011): Variation in carbon footprint of milk due to management differences between Swedish dairy farms. Animal, 5, S. 1-20.
15. HIRSCHFELD, J., J. WEIß, M. PREIDL, TH. KORBUN (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/08, ISBN 978-3-932092-89-3, S. 186
16. IDF (2010): International Dairy Federation. A common carbon footprint for dairy, The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy industry Int. Dairy Federation. Bullentin 445/2010. ► <http://idf-lca-guide.org/Files/media/Documents/445-2010-A-common-carbon-footprint-approach-for-dairy.pdf> (Zugriff am 10.07.2013)
17. IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007: Working Group I: The physical science base: 2.10.2: Direct global warming potentials. ► www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html.
18. KRISTENSEN, T., L. MOGENSEN, M. T. KNUDSEN, J.E. HERMANSEN (2011): Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. Livestock Science, 140, S. 136-148.
19. O.V. (2010): Positionspapier des MIV und VDM zum Carbon Footprint auf Milchprodukten. ► www.milchindustrie.de (Zugriff am 13.09.2013)
20. PIATKOWSKI, B., W. JENTSCH, M. DERNO (2010): Neue Ergebnisse zur Methanproduktion und zu deren quantitativer Vorhersage beim Rind. Züchtungskunde, 82, S. 400-407.
21. THOMA, G., J. POPP, D. NUTTER, D. SHONNARD, R. ULRICH, M. MATLOCK, D.S. KIM, Z. NEIDERMAN, N. KEMPER, C. EAST, F. ADOM (2013): Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. International Dairy Journal, 31, S. 3-14.
22. VERGÉ, X.P.C., D. MAXIME, J. A. DYER, R. L. DESJARDINS, Y. ARCAND, A. VANDERZAAG (2013): Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. J. Dairy Sci., 96, 6091–6104, ► <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-656.3>
23. WILLIAMS, A., G. AUDSLEY, D.L. SANDARS (2006) Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project ISO205. Bedford: Cranfield University and Defra. Available on: ► www.silsoe.cranfield.ac.uk.

24. ZEHETMEIER. M., J. BAUDRACCO, H. HOFFMANN, A. HEIBENHUBER (2012): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal*, 6, S. 154-166.

Autorenanschrift

Prof. Dr. WILFRIED BRADE, Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo); zurzeit: Leibniz-Institut (FBN) für Nutztierbiologie Dummerstorf, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

► brade@fbn-dummerstorf.de