

## Modelluntersuchungen zu Treibhausgasemissionen der ökologischen und konventionellen Milcherzeugung

Frank, H.<sup>1</sup>, Schmid, H.<sup>1</sup> und Hülsbergen, K.-J.<sup>1</sup>

*Keywords: Treibhausgasemissionen, Energiebilanz, Milchviehhaltung, Pilotbetriebe*

### Abstract

*A model to analyse the fossil energy input and the greenhouse-gas (GHG) emissions of dairy farms is presented. The model was applied in model farms that base on a set of real dairy farms. The subject of the examination is to identify the major energy inputs and contributing factors to the GHG-emissions of dairy farming. The results show that the fodder production, the milking process and the breeding of heifers are the biggest energy inputs. The main sources of GHG are the fodder production and methane from digestion. Strategies to optimise farming systems and to mitigate GHG-emissions from dairy farms can be derived from the results.*

### Einleitung und Zielsetzung

In der Milchviehhaltung werden bedeutende Mengen fossiler Energie eingesetzt, die zur Emission von Treibhausgasen (THG) beitragen. Weitere THG-Emissionsquellen sind stoffwechselbedingte Methanemissionen, Lachgasemissionen aus Böden, Humusabbau, Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager und Emissionen durch indirekten Landnutzungswandel bei der Erzeugung von Importfuttermitteln (z.B. Soja-schrot). Die Milchviehhaltung hat national und international bedeutende Anteile an den THG-Emissionen (FAO 2010, UBA 2011). Ziel ist es daher, diese Emissionen zu reduzieren. Für eine Minderung der ausgestoßenen THG auf betrieblicher Ebene sind umfangreiche Modelle zur genauen Analyse der THG-Quellen und zur Ableitung betriebsspezifischer Minderungsstrategien notwendig.

Dieser Beitrag stellt Ergebnisse von Modellkalkulationen zur Energiebilanz und THG-Emissionen der Milchviehhaltung auf einzelbetrieblicher Ebene vor. Das Modell wurde in Praxisbetrieben (ökologischen und konventionellen Pilotbetrieben, vgl. Frank et al. 2011, 2012) eingesetzt. Wegen betrieblicher Einflüsse (Standort, Management) sind die Identifikation von Einflussfaktoren und die Ableitung von generellen Optimierungsstrategien anhand von Praxisbetrieben schwierig. Deshalb wurden ökologische und konventionelle Modellbetriebe auf der Grundlage dieser Pilotbetriebe (Fütteration, Haltungsbedingung, Leistungsniveau) konstruiert; sie ermöglichen Analysen der Energieinputs und der THG-Quellen ohne zufällige standort- und betriebsbedingte Einflüsse.

### Methoden

Das neuentwickelte Energiebilanz- und THG-Modell der Milchviehhaltung (Frank et al. 2011, 2012) ist mit dem Modell REPRO (Hülsbergen 2003, Küstermann et al. 2008) vernetzt und nutzt REPRO-Module und -Daten. Die Modellbetriebe werden anhand der Produktionsverfahren vergleichbarer Leistungsgruppen der Pilotbetriebe in Futter-

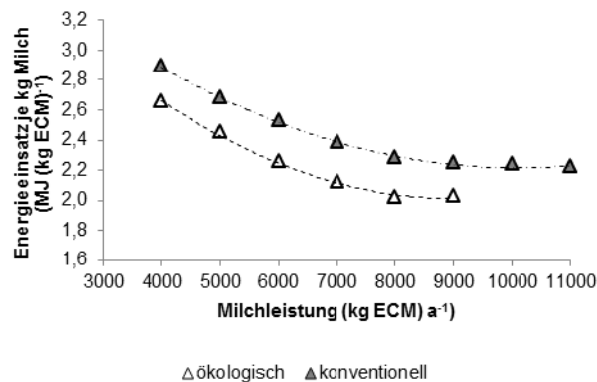
---

<sup>1</sup> Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland. [helmut.frank@mytum.de](mailto:helmut.frank@mytum.de)

bau (Erträge, Maßnahmen) und Milchviehhaltung (Leistungsdaten, Futterration, Hal-tungs- und Entmistungssystem) definiert. Auf dieser Grundlage werden der direkte und indirekte fossile Energieeinsatz und die THG-Emissionen für den gesamten Pro-duktionsprozess berechnet. Berücksichtigt werden die Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energie (CO<sub>2</sub>), anbaubedingte Emissionen (N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> aus der C-Sequestrierung) in der Futtererzeugung, stoffwechselbedingte Emissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer (CH<sub>4</sub>) und THG-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlagerung (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Auch die Färsenaufzucht wird einbezogen. Zukauffutter-mittel werden unter Einbeziehung des indirekten Landnutzungswandels (iLUC; FAO 2010) modellhaft bewertet. Der gesamte Energieeinsatz und die Emissionen werden mittels physikalischer Allokation den Produkten Milch und Fleisch zugeordnet.

## Ergebnisse

Der fossile Energieeinsatz wird maßgeblich durch die Futtererzeugung, die Milchge-winnung und die Färsenaufzucht bestimmt. Die Milchgewinnung weist keine system-bedingten Unterschiede zwischen den Produktionssystemen auf. Dagegen unter-scheiden sich die Inputs für die Futtererzeugung (Eigenfutter und Futterzukauf) zum Teil deutlich zwischen ökologischen und konventionellen Verfahren. Haupteinflussfaktoren sind die Anbauintensität, der Mineraldüngereinsatz und das Ertragsniveau. Für die Kraffuttererzeugung wird mehr Energie benötigt als für die Grundfuttererzeugung (Frank *et al.* 2012). Mit steigender Milchleistung nimmt der Energieeinsatz für die Fut-terration je kg Milch zu. Der Energieeinsatz für die Färsenaufzucht hängt maßgeblich vom Management ab; Einflussfaktoren sind das Erstkalbealter und die Nutzungsdauer der Milchkühe (benötigte Zahl an Färsen). Aus der Summe der einzelnen Energieein-puts ergibt sich ein degressiver Verlauf des produktbezogenen Energieeinsatzes (MJ je kg ECM) (Abb. 1).



**Abb. 1: Fossiler Energieeinsatz je kg Milch in Abhängigkeit von der Milchleistung**

Ab einer Milchleistung von rund 8000 kg ECM a<sup>-1</sup> ist keine weitere Effizienzsteigerung festzustellen, der Energieeinsatz je kg Milch bleibt annähernd gleich. Dies beruht auf dem Anstieg des Energieinputs für die Futtererzeugung während andere Energiein-puts (z.B. Lagerung, Haltungssystem, Entmistung) abnehmen. Bei gleichem Leis-

tungsniveau setzen die ökologischen Modellbetriebe ca. 10 % weniger fossile Energie ein, was vor allem auf den Weidegang und die grundfutterintensivere Fütterung zurückzuführen ist.

Analog verhalten sich die THG-Emissionen je kg Milch (Abb. 2). Bis zu einer Milchleistung von 8000 kg ECM a<sup>-1</sup> gehen die produktbezogenen THG-Emissionen zurück; danach tritt keine nennenswerte Abnahme der THG-Emissionen je kg Milch auf. Ökologische Milcherzeugung emittiert nach diesen Modellkalkulationen ca. 20 % weniger THG bei gleicher Milchleistung.

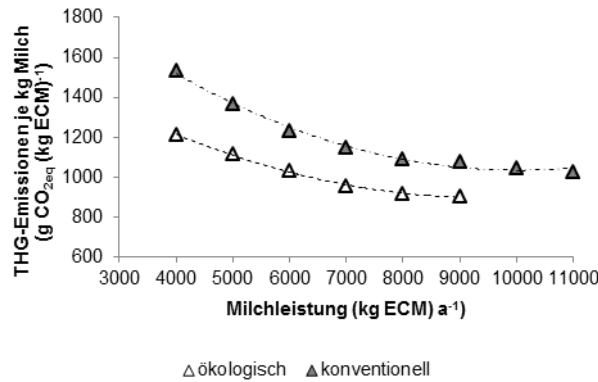


Abb. 2: THG-Emissionen je kg Milch in Abhängigkeit von der Milchleistung

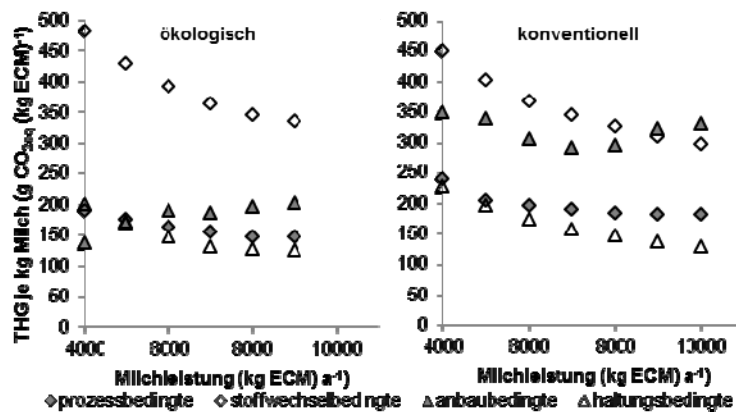


Abb. 3: Entwicklung der Emissionen aus den unterschiedlichen THG-Quellen in Abhängigkeit von der Milchleistung

Das Verhältnis der Emissionsquellen (Abb. 3) zueinander ändert sich leistungsabhängig deutlich. Mit steigender Milchleistung nehmen die Methanemissionen in der Bedeutung ab, während die anbaubedingten Emissionen aus der Futtererzeugung zunehmen (höhere N<sub>2</sub>O-Verluste, negative Humusbilanz durch Maisanbau, iLUC durch Zukauffuttermittel).

### Diskussion

Die Ergebnisse der Modellkalkulationen zeigen, dass der Energieeinsatz in der ökologischen Milchproduktion geringer ist als in der konventionellen. Ebenso sind die THG-Emissionen je kg Milch geringer. Dies zeigen auch Untersuchungen in Praxisbetrieben (Frank et al. 2011, 2012). Mit steigender Milchleistung nehmen die Methanemissionen je kg Milch ebenso wie die Emissionen aus dem Energieeinsatz und Wirtschaftsdüngern ab. Dagegen steigen in beiden Produktionssystemen die anbaubedingten Emissionen, die direkt mit der Futtererzeugung zusammenhängen. Der mit der Milchleistung steigende Bedarf an qualitativ hochwertigem Futter und die krautfutterreichere Ration führen zu einem Anstieg des Energieeinsatzes und der THG-Emissionen in der Futtererzeugung. Eine Reduktion einer Emissionsquelle kann zu einem Anstieg anderer Emissionen führen. Dies ist bei einer Optimierung von Betriebssystemen zu beachten. Die vorliegenden Modellrechnungen erlauben eine Betrachtung ohne Standort- oder Managementeinflüsse, wie sie in Praxisbetrieben auftreten. Aus den gewonnenen Erkenntnissen können schließlich generelle Aussagen über Optimierungsstrategien zur Steigerung der Energieeffizienz und Minderung von THG-Emissionen abgeleitet werden. Dies ist die Grundlage für einzelbetriebliche Optimierungsstrategien, für die schließlich auch Standort- und Managementeinflüsse einbezogen werden müssen. Hierzu sind weitere Forschungsarbeiten notwendig.

### Danksagung

Das Projekt wurde aus dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) (06OE160 und 06OE353) und aus Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung für das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) gefördert.

### Literatur

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2010): Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment.
- Frank, H., Schmid, H., Hülsbergen, K.-J (2011): Analyse des Einsatzes fossiler Energie und der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Milchviehhaltung – methodischer Ansatz und erste Ergebnisse. In: Eurich-Menden, B. (Hg.): Emissionen der Tierhaltung. Treibhausgase, Umweltbewertung, Stand der Technik. Darmstadt: KTBL.
- Frank, H., Schmid, H., Hülsbergen, K.-J (2012): Modell zur Energiebilanzierung der Milchviehhaltung - Anwendung in Pilotbetrieben. In: Wiesinger, K., Cais, K. (Hg.): Angewandte Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. LfL-Schriftenreihe, 4/2012: 36–42.
- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag.
- Küstermann, B.; Kainz, M.; Hülsbergen, K. -J (2008): Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 38–52.
- Umweltbundesamt (UBA) (2011): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2009.