



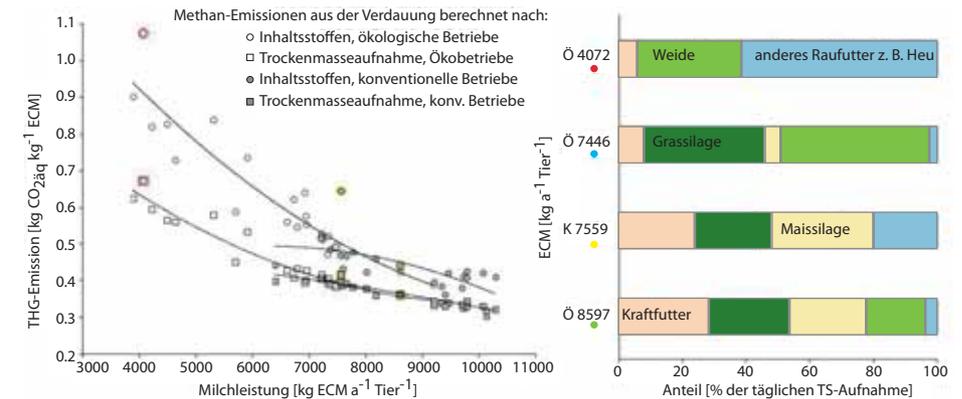
## Modell und Realität

### Erfahrungen zur Berechnung von Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung auf Basis von Daten ökologischer und konventioneller Betriebe

Eine Nachhaltigkeitsbewertung ist ein Multi-Goal-Ansatz. Bei der Bewertung der Umweltwirkung von Managementänderungen müssen mögliche Verlagerungen von Effekten von einem Umweltbereich in den anderen beachtet werden. Natürlich müssen das Wohlergehen der Nutztiere und Menschen auf den Höfen und die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung dabei ebenso beachtet werden. Solcherart Bewertungen erfordern umfassende Modelle. Am Beispiel der mit der Milchproduktion verbundenen Klimawirkungen werden Grenzen und Herausforderungen bei Datenerfassung, Modellierung und Praxistransfer aufgezeigt.

In einem deutschlandweiten Vergleich ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe wurde die Treibhausgaslast eines Liters Milch am Hoftor berechnet

(www.pilotbetriebe.de). Der gesamte Betrieb und alle Vorketten wurden dabei einbezogen. Gefunden wurden Werte zwischen 0,8 kg und 1,4 kg Treibhausgas-Äquivalente pro Liter Milch. Sehr hohe Leistungen der Kühe wurden dabei mit viel Energieeinsatz erkaufte, niedrige Leistungen erforderten weniger Energieeinsatz. Vor allem in Bio-Betrieben wurden durch Humusbildung des Klee-grasanbaus erhebliche Mengen Kohlenstoff im Boden gebunden. Damit wurde die Klimabelastung eines Liters Milch auf Gesamtbetriebsebene verringert. So kann die Produktion von Milch von Kühen aus Herden mit deutlich unterschiedlichen Milchleistungen mit sehr ähnlichen Treibhausgasemissionen verbunden sein.



**Abbildung 1:** Produktgebundene Treibhausgaswirkung aus den Methanemissionen aus der Verdauung von Milchkühen: Auswirkungen der verschiedenen Rechenansätze „nach Inhaltsstoffen“ (Kirchgeßner et al. 1994) und „nach Trockenmasseaufnahme“ (Ellis et al. 2007) (links) und der Rationszusammensetzung (rechts) auf ökologischen (Ö) und konventionellen (K) Betrieben

### Methan aus der Verdauung und Treibhausgase aus Wirtschaftsdüngern als Grundlast der Milchproduktion

Ca. 30 % der Klimagaswirkung der Milchproduktion bis zum Hoftor stammt aus dem unvermeidbaren Methanausstoß der Kühe bei der Verdauung. Besonders bedeutsam für die Höhe der kalkulierten Emissionen ist hier das angewandte Rechenverfahren. Berechnet man den Methanausstoß nach verschiedenen Standards (z. B. nach der Trockensubstanzaufnahme, der Gesamtenergieaufnahme oder nach der Aufnahme einzelner Futterinhaltsstoffe) treten vor allem bei faserreichen Rationen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf (Abb. 1).

Methanemissionen sind aber bei der Milchproduktion auf keinen Fall zu vermeiden, da der mikrobielle Umsatz von faserhaltigen Futtermitteln im Pansen für das Verdauungssystem von Wiederkäuern typisch ist. Dieser gleichzeitig besondere Wert des Wiederkäuers, für

andere Tiere und Menschen unverdauliche Pflanzenteile zu verwerten und Grünlandflächen zu nutzen, ist also mit einer Grundlast an Klimagasausstoß verbunden. Definiert als Minimum der auf den analysierten deutschen Betrieben gefundenen Werte beträgt sie ca. 0,30 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Liter Milch. Erst ab dieser Grundlast können Verbesserungen realistischerweise ansetzen.

Zu den Methanemissionen aus der Verdauung kommen noch die unvermeidbaren Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger. Die darin enthaltenen Nährstoffe substituieren aber andererseits Mineraldünger-Nährstoffe, die in der Regel energieintensiv hergestellt werden. Dies bedeutet wiederum Einsparungen an Treibhausgasemissionen an dieser Stelle der Bilanz. Die rechnerischen Verfahren zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen z. B. bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern arbeiten mit

fixen Emissionsfaktoren (Tab. 1). Dieses stellt eine starke Vereinfachung der betrieblichen Bedingungen dar.

### Modellierungsansätze zur Optimierung der Klimabilanz in der Praxis unter Einbezug des Tieres

Standardisierungen und Vereinfachungen sind bei der Modellierung und bei Betriebsvergleichen nicht zu umgehen. Sie ermöglichen zunächst die Identifikation von Hot-Spots und lohnenden Ansatzpunkten für Managementänderungen. Bei der Interpretation der Ergebnisse und der Ableitung von Handlungsempfehlungen muss man sich aber über die Bandbreite der Fehler und die gesetzten Systemgrenzen bei der Modellierung im Klaren sein. Einzelbetriebliche

Optimierungsprozesse von Verfahrensabschnitten können allerdings in einem zweiten Schritt wesentlich detailliertere Vor-Ort-Messungen und Datengrundlagen erfordern.

Ein wichtiger Schritt bei der Bewertung der Klimawirkung der Milchproduktion ist auch der Einbezug der Herdenstruktur und des Herdenalters. In der Erhebung in Deutschland waren die Bio-Kühe mit 3,3 Laktationsjahren (etwa 5 bis 5,5 Lebensjahre) im Schnitt ein Jahr älter als die Kühe auf konventionellen Betrieben. Zum Teil wurden die Kühe auch deutlich älter, wie die Daten einiger Betriebe zeigen. Der Zuchtfortschritt erfordert zwar die Integration junger Tiere in die Herde. Gibt jedoch ein und dieselbe Kuh ein

**Tabelle 1:** Rechenansätze zur Modellierung der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung (IPCC 1996, IPCC 2006, Haenel et al. 2012)

Emissionsrelevante Substanz x Emissionsfaktor (EF) = klimawirksames Gas	
Lösliche organische Substanz (VS) x EF → CH <sub>4</sub> (EF = B <sub>0</sub> x MCF)	
B <sub>0</sub> für CH <sub>4</sub>	für alle Wirtschaftsdüngerarten: 0,24 m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> VS
MCF für CH <sub>4</sub>	z. B. für Flüssigmist 17-19 % (temperaturabhängig), Festmistlager 2 %
Gesamtstickstoff (N) x EF → N <sub>2</sub> O, NO	
EF für N <sub>2</sub> O-N	z. B. für Festmist und für Gülle mit Schwimmdecke: 0,005 kg kg <sup>-1</sup> N  z. B. für Gülle unter Spalten: 0,002 kg kg <sup>-1</sup> N
Ammoniakalischer N (TAN) x EF → NH <sub>3</sub> → NH <sub>3</sub> -N x 0,01 → N <sub>2</sub> O-N	
EF für NH <sub>3</sub> -N	z. B. für Gülle mit Schwimmdecke u. unter Spalten: 0,045 kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> -N  Gülle in geschlossenen Behältern: 0,015 kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> -N  Festmist: 0,60 kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> -N

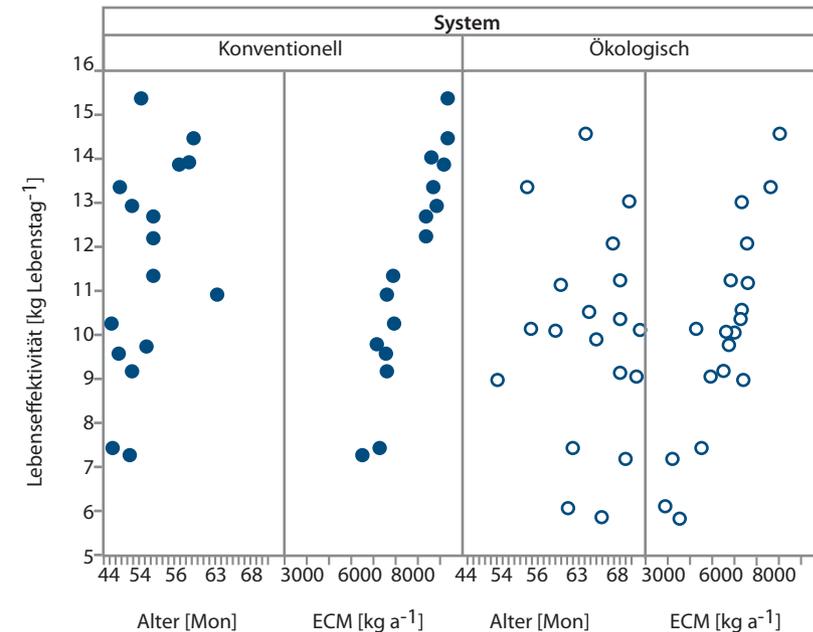
B<sub>0</sub> = maximale Methan-Freisetzungskapazität; MCF = Methan-Umwandlungsfaktor

Jahr länger Milch, entlastet sie die Klimabilanz dadurch, dass erst ein Jahr später ein Ersatztier herangewachsen sein muss. Das Kalb eines Jahres muss dann nicht auf dem Betrieb gehalten werden und dieses „Tierjahr“ mit seinen Emissionen wird nicht der Milchproduktion angerechnet.

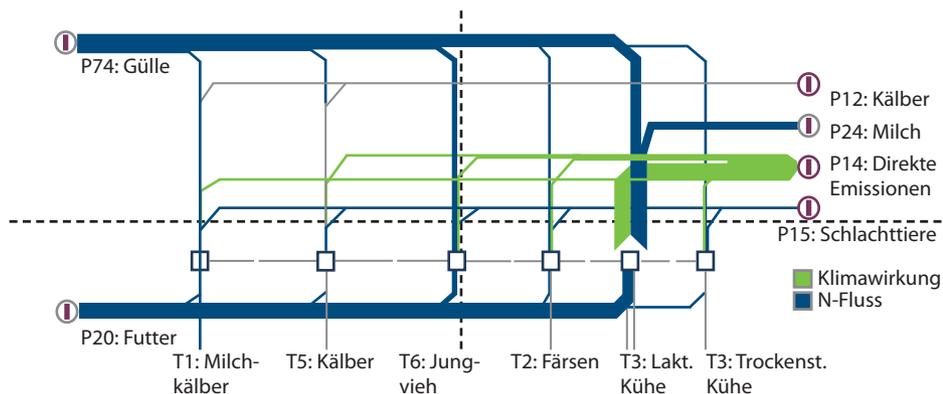
Wenn man die Treibhausgasemissionen auf die Lebens effektivität der Tiere bezieht, das ist die Milchleistung pro Lebenstag, enthält die Treibhausgaslast auch die Emissionen aus der Aufzuchtzeit der Tiere. So können Auswirkungen einer längeren Phase der Milchproduktion und eines gesunden Alterns der Tiere mit bewertet werden (Abb. 2). Hohe Lebens effektivitäten treten aber sowohl in Herden auf, in denen die Tiere lange ge-



nutzt werden und etwas weniger Milch geben als auch in Herden, in denen die Tiere sehr hochleistend sind und schon in geringem Alter, nach z. B. zwei Laktationen, den Betrieb als Schlacht tier verlassen. Daher sind auch zusätzliche Informationen zum Tiergesundheitsstatus



**Abbildung 2:** Lebens effektivität von Milchkühen im Herdenmittel in Abhängigkeit von mittlerem Herdenalter und Herden-Jahresmilchleistung pro Tier in den Pilotbetrieben (ECM = Energiekorrigierte Milchmenge)



**Abbildung 3:** Ansteuerung verschiedener Tier-Altersgruppen im offenen Modell FARM auf Basis der Ökobilanzsoftware umberto® (Thünen-Institut für Ökologischen Landbau)

und Tierwohlaspekte wichtige erforderliche Punkte der Bewertung einer nachhaltigen Milcherzeugung. Nicht zuletzt sind gesunde Tiere die Grundlage für hohe langanhaltende Milchleistungen.

Bei der Modellierung können diese Alterseffekte durch die separate Betrachtung der unterschiedlichen Tier-Altersgruppen erfasst werden. Offene Modelle sollten für jede Tiergruppe einzeln zu variierende und zu optimierende Bereiche schaffen, damit Auswirkungen von Optimierungsprozessen in einzelnen Produktionsabschnitten für das Ganze sichtbar werden (Abb. 3).

### Beratungsansätze zur Nachhaltigkeit erweitern und weiterentwickeln

Für Beratungsansätze zur Verbesserung der Klimabilanz der Milchproduktion muss folgendes beachtet werden: Insgesamt ist für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus der Verdauung der Milchkühe auf praktischen Betrieben die exakte Erfassung der Futterrationen und von deren tatsächlichen täglichen Qualitäten sowie der tatsäch-

lich gefressenen Futtermengen sehr schwierig. Auf den Betrieben und auch bei der anschließenden Modellierung wird die Futterration zudem der Milchleistung der Tiere angepasst. Dies ist für die Nachsteuerung in Praxis und Modell wichtig, jedoch ergeben sich möglicherweise Unschärfen gegenüber dem tatsächlichen Geschehen am Futtertisch. Dies birgt ein Risiko für Fehleinschätzungen.

Auf Betrieben mit hoher Milchleistung wirken sich alle Fehlerquellen bezogen auf die Treibhausgaslast eines Liters Milch weniger stark aus. Auf Höfen, auf denen ungewöhnliche Rationen gefüttert werden und auf denen die Milchleistung geringer ist, wie dies häufig auf ökologischen Betrieben der Fall ist, kann sich das für die errechnete Klimabilanz sehr ungünstig auswirken. Besonders hier sind die detaillierte Analyse von Futterqualitäten und Rationen zum einen und die Erforschung der zutreffenden Emissionsfaktoren für eine „richtige“ Klimabilanz und deren Verbesserung zum anderen sehr bedeutsam.

Auch bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen aus den Wirtschaftsdüngern werden die Wirtschaftsdüngermengen häufig aus den Futterrationen (mit den genannten Unschärfen) berechnet. Verknüpft mit den heute verfügbaren Emissionsfaktoren werden die vielfältigen Bedingungen in praktischen Betrieben dann nur unsicher abgebildet. Grundsätzlich sind, im Gegensatz zur Minderung der Emissionen aus der Verdauung der Tiere, technische Treibhausgas-Minderungsmöglichkeiten bei der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger bedeutsamer. Zu nennen sind z. B. die Abdeckung von Güllelagern, Biogasgewinnung aus Wirtschaftsdüngern und ggf. verlustarme Ausbringungstechniken die zur Emissionsvermeidung angewandt werden.

### Fazit

Nur offene Modelle mit hoher Detailtiefe, die die tatsächliche Betriebspraxis noch sinnvoll darzustellen vermögen, ermöglichen Methodenvergleiche und Variationen auf Betriebsebene. Für die Betriebsoptimierung wichtige Parameter können so identifiziert werden. Beim Ergebnis sollten auch Ergebnisse von Unsicherheitsanalysen, z. B. die der Emissionsfaktoren, berichtet werden. Daneben müssen bei der Bewertung von Klimabilanzen und Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe auch As-

pekte der Landnutzungsintensität, Nährstoffversorgung, Ressourceneffizienz sowie des Tierwohls eingehen, um das Gesamtsystem und seine Wechselwirkungen ausreichend zu berücksichtigen. Insbesondere der Umgang mit Tieren ist dabei von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Bei der zukünftigen Integration von tierwohlbezogenen Parametern in Modelle der Nachhaltigkeitsbewertung ist die Lebenseffektivität von Milchkühen ein Charakteristikum entweder ausschließlich für sehr hohe Produktivität oder auch für ein „gesundes Durchhalten“ der Tiere. Die Diskussion zur Entwicklung und Einbindung von weiteren treffenden Parametern in Modellansätzen ist in diesem Zusammenhang



wichtig (z. B. Lebenszeit, Weidetage, Bewegungsfläche pro Tier, Ergebnisse direkter Tierbeurteilung zu Gesundheit und Wohlergehen). Parameter dieser Art müssen zukünftig (weiter-)entwickelt werden.



**Dr. Hans Marten Paulsen,**  
**Sylvia Warnecke, Maximilian Schüler**  
Thünen-Institut für Ökologischen  
Landbau, Trenthorst  
hans.paulsen@ti.bund.de