

Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft und Treibhausgase – Nutztiere als „Mittäter“ und „Opfer“

G. Flachowsky und S. Dänicke

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit Braunschweig

Einleitung

Ansteigende Erdbevölkerung (auf ≈ 140 %) und höhere Einkommen in vielen Ländern werden bis zum Jahre 2050 etwa zu einer Verdopplung des Verbrauches an Lebensmitteln tierischer Herkunft führen (auf 180 % bei Milch) bzw. 203 % bei Fleisch; Tab. 1)

Tabelle 1: Herausforderungen für die Tierproduktion bis 2050 (Steinfeld et al. 2006)

	gegenwärtig	Prognose für 2050	Anstieg in % (zu gegenwärtig)
Menschen auf der Erde (Mrd.)	6,5	9,0	138
Fleischproduktion (Mio t) ¹⁾	229	465	203
Milchproduktion (Mio t)	580	1043	180

¹⁾ Schlachtkörpermasse

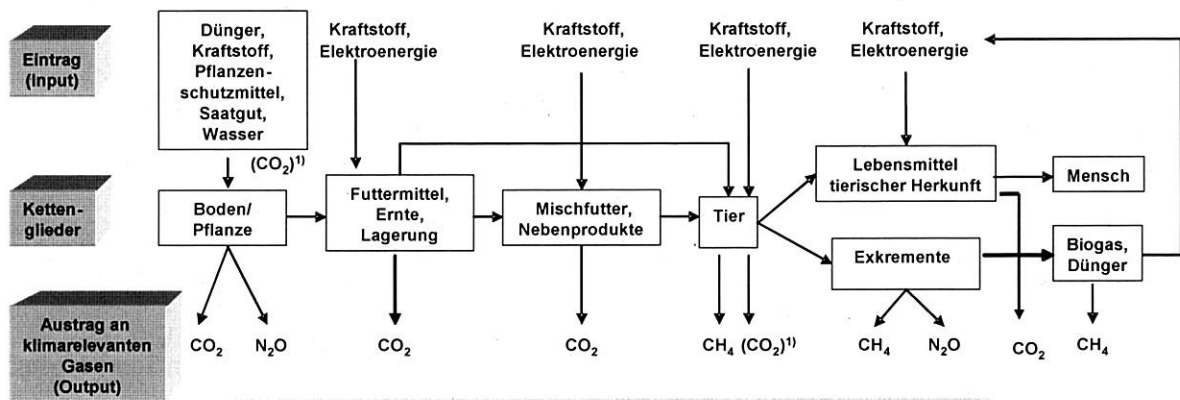
Die Ursachen für diesen Anstieg sind neben dem Wachstum der Erdbevölkerung vor allem im hohen Genusswert von Milch, Fleisch, Eiern und Fisch und den höheren Einkommen in vielen Ländern (s. Delgado et al. 1999, Keyzer et al. 2005) zu suchen. Diese Entwicklung stellt gewaltige Anforderungen an die Pflanzenzüchtung, den Pflanzenbau sowie die Konvertierung der Futtermittel in Lebensmittel tierischer Herkunft und hat erhebliche Konsequenzen für klimarelevante Emissionen. In Tabelle 2 sind die erforderlichen Nahrungsmengen dargestellt.

Nutztiere als „Mittäter“

Zur Bewertung der Einträge (Inputs) in die und der Austräge (Outputs) aus der Nahrungskette ist eine umfassende Quantifizierung notwendig (Abb. 1). Auf der Basis derartiger Daten können Schlussfolgerungen bezüglich Ressourceneffizienz sowie „Mittäterschaft“ und „Opfer“ Lebensmittel liefernder Tiere in Verbindung mit Treibhausgasen abgeleitet werden.

Tabelle 2: Erforderliche Nahrungsmengen für Menschen und Tiere sowie notwendiger Flächenertrag (eigene Kalkulation)

Mensch/Tier	Anzahl (Mrd.)	Verbrauch (Verzehr) in Trockensubstanz (T)	
		(kg/Tag)	(Mrd. t/Jahr)
Menschen	6,5	0,45	1,1
Großtiere			
Rinder/Büffel/Pferde/Kamele	1,6	8	4,6
Kleinviehwiederkäuer	1,8	1	0,7
Schweine	0,95	1	0,35
Geflügel	18,5	0,07	0,45
Verbrauch Futtermittel, gesamt gegenwärtig 2050			6,1 ≈ 12?
Erforderlicher Flächenertrag (bei 1,5 Mrd. ha Ackerfläche und 3,3 Mrd. ha Grasland; in: t T/ha)	1,3	2,6	



¹⁾ CO₂ wird durch die Photosynthese gebunden und durch Umsetzungen im Tier freigesetzt, es wird als emissionsneutral betrachtet.

Abbildung 1: Wesentliche Elemente des Nahrungskettengliedes bzw. -netzwerkes „Lebensmittel tierischer Herkunft“ sowie ausgewählte Einträge von Ressourcen und Austräge von klimarelevanten Gasen

Dabei fallen nicht nur Methan (CH₄) und Stickstoff-Verbindungen als direkte klimarelevante Austräge der Nutztiere an, sondern entlang der Nahrungskette entsteht aus Bestriebsmittel-bedingtem Inputs auch Kohlenstoffdioxid (CO₂, Abb. 1). Durch Lebensmittel liefernde Tiere, vor allem durch Wiederkäuer, wird Methan (Treibhausgasgefahr: 23 x CO₂), vor allem im Rahmen der Umsetzungen im Vormagensystem gebildet. Die anfallende Methanmenge hängt u.a. von Tierart, Höhe der Futteraufnahme, Rationsgestaltung und weiteren Einflussfaktoren ab. Im Mittel können 20 – 25 g CH₄/kg Futtertrockensubstanzaufnahme erwartet werden (s. Flachowsky und Brade 2007). Das von den Tieren ebenfalls ausgeschiedene CO₂ wird als emissionsneutral eingeschätzt (s. Abb. 1). Stickstoff (N) wird in unterschiedlicher Form (Harnstoff, Protein-gebunden, Harnsäure u.a.) ausgeschieden; Klimarelevanz erlangt vor allem das in unterschiedlichem Umfang gebildete Lachgas (N₂O; 0,5 – 10 % der N-Ausscheidung, Treibhausgasfaktor: ≈ 300 x CO₂, IPCC 2006). Neben der Tierart hängt die ausgeschiedene Stickstoffmenge von der Höhe der Proteinversorgung (Überschüsse vermeiden) und dem Leistungsniveau ab. Selbst bei hohen Leistungen der Nutztiere werden über 50 % des aufgenommenen Stickstoffs in den Exkrementen ausgeschieden (Tab. 3).

Tabelle 3: Produktion von essbarem Protein tierischer Herkunft mit verschiedenen Tierarten/-kategorien und N-Ausscheidung in Abhängigkeit von der Leistungshöhe

Eiweißquelle (Lebendmasse)	Leistung je Tag	Kennzahlen der Futteraufnahme		Essbare Fraktion (%)	Proteingehalt in der essbaren Fraktion (g/kg Frischmasse)	Essbares Protein		N-Ausscheidung	
		Höhe (kg T/Tag)	Grundfutter/ Krautfutter- verhältnis (auf T-Basis, %)			g/Tag	g/kg Lebend- masse	kg/kg essbares Protein	Prozent der N- Aufnahme
Milchkuh (650 kg)	10 kg Milch	12	90/10	95	34	323	0,5	0,65	75
	20 kg Milch	16	75/25			646	0,9	0,48	70
	40 kg Milch	25	50/50			1292	2,0	0,35	65
Milchziege (60 kg)	2 kg Milch	2	80/20	95	36	68	1,1	0,40	70
	5 kg Milch	2,5	50/50			170	2,8	0,23	60
Mastrind (350 kg)	500 g LMZ ¹⁾	6,5	95/15	50	190	48	0,12	2,5	90
	1000 g LMZ	7	85/15			95	0,24	1,6	84
	1500 g LMZ	7,5	70/30			143	0,36	1,2	80
Mastschwein (80 kg)	500 g LMZ	1,8	20/80	60	150	45	0,55	0,8	85
	700 g LMZ	2	10/90			63	0,8	0,7	80
	900 g LMZ	2,2	0/100			81	1,0	0,6	75
Mastküken (1,5 kg)	40 g LMZ	0,07	10/90	60	200	4,8	3,2	0,4	70
	60 g LMZ	0,08	0/100			7,2	4,8	0,3	60
Legehennen (1,8 kg)	50 % LL ²⁾	0,10	20/80	95	120	3,6	2,0	0,6	80
	70 % LL	0,11	10/90			5,1	2,8	0,35	65
	90 % LL	0,12	0/100			6,6	3,7	0,2	55

¹⁾ Lebendmassezunahme ²⁾ Legeleistung

Bewertung der Emission (CO₂Äq-Footprints)

Durch CO₂-Footprints (CO₂-Fußabdrücke unter Berücksichtigung der klimarelevanten Emissionen, CO₂, CH₄ und N₂O) wird eine vergleichende Bewertung verschiedener Produkte (s. Tab. 3) und Erzeugungsformen sowie eine Sensibilisierung von Erzeugern und Verbrauchern zur weiteren Minimierung der Ausscheidungen von Treibhausgasen angestrebt (s. Flachowsky und Meyer 2008). Die CO₂-Footprints hängen von verschiedenen Einflussfaktoren ab (z.B. Futterbau, Methan- und Lachgasbildung sowie Leistungshöhe der Tiere). Dabei ist einzuschätzen, dass infolge der Vielzahl der

Einflussfaktoren derartige Angaben gegenwärtig wenig belastungsfähig sind (s. auch Flachowsky und Meyer 2008).

Tabelle 4: N- und CH₄-Ausscheidungen sowie CO₂-Äquivalente je kg essbares Protein tierischer Herkunft bei verschiedenen Proteinquellen und Leistungshöhen (s. Flachowsky und Meyer 2008)

Proteinquelle	Leistungshöhe (je Tag)	Ausscheidung (kg/kg essbares Protein)			
		N	P	CH ₄	CO ₂ -Äquivalente
Milch	10 kg	0,65	0,10	1,0	30
	20 kg	0,44	0,06	0,6	16
	40 kg	0,24	0,04	0,4	12
Rindfleisch	1000 g	1,3	0,18	1,5	55
	1500 g	1,0	0,14	1,2	35
Schweinefleisch	700 g	0,7	0,10	0,08	12
	900 g	0,55	0,08	0,05	10
Geflügelfleisch	40 g	0,35	0,04	0,01	4
	60 g	0,25	0,03	0,01	3
Eier	70 %	0,4	0,07	0,02	5
	90 %	0,3	0,05	0,02	4

Eine vergleichende Gegenüberstellung der CO₂Äq-Footprints für die verschiedenen Proteinquellen tierischer Herkunft auf der Basis von essbarem Protein verdeutlicht, dass Milch und Rindfleisch infolge der Methanemission beim Wiederkäuer höhere Werte aufweisen als Proteinquellen von Nichtwiederkäuern (Tab. 4).

Aus globaler Sicht wird eingeschätzt, dass nahezu ein Drittel der Treibhausgasemissionen (13,4 Mrd. t CO₂Äq) auf die Landwirtschaft entfallen (Tab. 5). Der Anteil der Nutztiere an den Treibhausgasen aus der Landwirtschaft dürfte etwa die Hälfte betragen. Gegenwärtig wird die jährliche Zuwachsrate an CO₂-Äquivalenten weltweit mit ≈ 1 Mrd. t angegeben (Isermeyer et al. 2008). Diese Situation unterstreicht die Notwendigkeit, Reduzierungspotenziale zu erkennen und umzusetzen (s. Lebziern und Flachowsky 2008).

Tabelle 5: Treibhausgasemissionen, global (Isermeyer et al. 2008)

Region	CO ₂ Äquivalente (Mrd t/Jahr)			Gesamt	in %
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
<i>Welt</i>	31,9	6,0	3,1	41,4	100
davon Landwirtschaft	7,6	3,1	2,6	13,4	32

Nutztiere als „Opfer“

Es steht außer Frage, dass bei den stattfindenden bzw. zu erwartenden Klimaveränderungen, wie beispielsweise:

- Ansteigende Temperatur ($\approx 1^\circ\text{C}$ im 20. Jahrhundert in Deutschland, DWD 2008; global: $0,74^\circ\text{C}$),
- Höhere CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre (Anstieg z.Z. $\approx 2 \text{ ppm CO}_2/\text{Jahr}$, IPCC 2006),
- Anstieg des Meeresspiegels ($1,8 \text{ mm/Jahr}$ im Zeitraum 1961 – 2003; $3,1 \text{ mm/Jahr}$ im Zeitraum 1993 – 2003; IPCC 2006),
- Zunehmende Witterungsumbilden (Unwetter, Starkregen, Sommertrockenheit u.a.).

erhebliche Auswirkungen auf Futterwirtschaft und Tierproduktion haben werden. Die Konsequenzen der Klimaveränderungen für die Nutztiere sind im Einzelfall noch nicht vorhersehbar. Sie müssen auch nicht immer eindeutig negativ sein, wie häufig postuliert wird. Beispielsweise kann die höhere CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre bei ausreichender Wasser- und Düngerbereitstellung zu höheren Erträgen bei Getreide führen (Tab. 6), da CO_2 wichtiger Pflanzennährstoff für die Photosynthese ist.

Nachfolgend werden zu erwartende Auswirkungen auf Futterwirtschaft und Tierproduktion aufgelistet:

- Auswirkungen auf Futterwirtschaft
 - Ertragsverluste bis –ausfälle bei Trockenheit und/oder Unwetter
 - Ertragssteigerung bei optimalen Bedingungen (z.B. Wasser, Dünger)
 - Anderes Befallsmuster durch Schädlinge, weiteres Vordringen von Schädlingen in den Norden
 - Zusammensetzung und Futterwert der Futtermittel, evtl. stärkere Lignifizierung, größeres oder kleineres Endopserm (Schmachthorn) in Samen
 - Andere Futterpflanzen
 - Konsequenzen für Futtermittelswirtschaft (z.B. mehrjährige Vorräte bei Ertragsausfall)
- Ausgewählte Auswirkungen auf Tierproduktion
 - Konsequenzen höherer Temperaturen auf Futteraufnahme und Leitung der Tiere,
 - Ausreichende Tränkwasserbereitstellung (z.B. + 2l je Milchkuh und Tag je 1°C höhere Temperatur; Meyer et al. 2004)
 - Kühlung im Stall, am Tier; Dachbegrünung u.a.
 - Weiterentwicklung von Fütterungs- und Haltungssystemen
 - Auftreten neuer bzw. bisher in Mitteleuropa nicht oder kaum auftretender Tierkrankheiten
 - Herausforderung für Tierzüchtung, bessere Anpassung der Tiere.

Tabelle 6: Einfluss erhöhter CO_2 -Gaben (555 gegenüber 360 ppm) und unterschiedlicher N-Düngung auf Ertrag und Proteingehalt der Körner von Wintergerste und Winterweizen (Effekte bei 360 ppm $\text{CO}_2 \hat{=} 100 \%$; Weigel und Manderscheid 2005)

	N-Düngung (kg/ha)	
Wintergerste	132	264
Kornertrag	+ 13,0	+ 12,0
Proteingehalt	- 12,1	- 13,0
Winterweizen		
Kornertrag	+ 7,8	+ 15,6
Proteingehalt	- 11,2	- 4,5

Forschungsbedarf und Schlussfolgerungen aus der Sicht der Tierproduktion

Aus Sicht der Tierproduktion können u.a. folgender Forschungsbedarf sowie entsprechende Schlussfolgerungen für eine effiziente Ressourcennutzung, die Reduzierung der Emissionen und die Anpassung an eintretende Klimaänderungen abgeleitet werden:

- Effizienzsteigerungen in allen Gliedern der Nahrungskette (s. Abb. 1) mit dem Ziel der Erhöhung der Leistung und der Verminderung der Tierzahlen (global)
 - Fossile Energie
 - Wasser
 - Fläche
 - Begrenzt verfügbare Rohstoffe (z.B. Phosphor)
- Reduzierung der CH₄- und N-Austräge durch zootechnische Maßnahmen (Tierernährung, -haltung, -züchtung, Exkrementmanagement u.a.)
- Bessere Quantifizierung der Ein- und Austräge in die Nahrungskette (s. Abb. 1)
- Spezifische Fragen zur besseren Quantifizierung der Zusammenhänge:
 - | |
|-----------------|
| CO ₂ |
|-----------------|

 - Verbesserung der Kenntnisse über Energieeinsatz bzw. CO₂-Austrag bei der Futtererzeugung (Pflanzenschutzmittel, Zusatzstoffe, u.a.), Transport, Lagerung, Tierhaltung u.a.
 - Bewertung des Energieeinsatzes für die Aufbereitung von Nebenprodukten und Futterbehandlungsverfahren
 - | |
|-----------------|
| CH ₄ |
|-----------------|

 - Prüfung und Überführung von Möglichkeiten zur Reduzierung der Methanbildung
 - | |
|------------------|
| N ₂ O |
|------------------|

 - Senkung der N-Ausscheidungen bei Lebensmittel liefernden Tieren, Bedarfsdeckung „auf den Punkt“
 - Erfassung der N₂O-Bildung in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren
 - | |
|-----------|
| Insgesamt |
|-----------|

 - Betrachtung von komplexen Systemen (z.B. Rind als Milch- und Fleischlieferant)
 - Life Cycle Assessments (Ökobilanzen) entlang der gesamten Nahrungskette (-netzwerkes)
- Konsequenzen der globalen Entwicklungen (steigender Bedarf an Nahrungsmitteln, Rohstoffverbrauch für Bioenergie u.a.) auf die Intensität der heimischen Agrarproduktion, die Bedeutung der Biotechnologie sowie der Ressourceneffizienz
- Umfassende Bewertung zu erwartender Klimaänderungen auf Futterbau, Futterwert und praktische Fütterung (Klimafolgenforschung)

Literatur

- Delgado C., Rosegrant M., Steinfeld H., Ehni S. and Courbois C. (1999): Livestock to 2020 „The next food revolution“, Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 28, IFFRE/FAO/ILRI/ Washington, DC.
- DWD (2008): Entwicklung des Klimas in Deutschland im 20. Jahrhundert, Res.besprechung, Berlin, 08.09.2008.
- Flachowsky G. (2002): Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. J. Appl. Anim. Re., 22, 1-24.

- Flachowsky G. und Brade W. (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskd.* 79, 417-465.
- Flachowsky G., Meyer U. (2008): CO₂-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft – Notwendigkeit, Wissensstand und Einflussfaktoren. 7. BOKU-Symp., Tierernährung, 4. Dezember 2008, Wien, (im Druck).
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4, Agriculture, Forestry and other Land use (2006). <http://www.ipce-nggip.iges.or.jp/public/2006/gl/vol4.htm>.
- Isermeyer F., Otte A., Christen O., Froberg K., Hartung J., Kirschke D., Schmitz M. und Sundrum A. (2008): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik, Gutachten, Berichte über Landwirtschaft, SH 116, 198 S.
- Keyzer M.A., Merbis M.D., Pawel I.F.P.W. and Wesenbeeck C.F.A. (2005): Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? *Ecol. Economics* 55, 187-202.
- Lebzien P., Flachowsky G. (2008): Zur Bewertung des Methan-Reduzierungspotenzials von Futtermitteln und –zusatzstoffen im Pansen. 7. BOKU-Symp., Tierernährung, 4. Dezember 2008, Wien, (im Druck).
- Meyer U., Everinghoff M., Gädeken D. and Flachowsky. (2004): Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 90, 117-121.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T. Castel V., Rosales M. and De Haan C. (2006): Livestock's long shadow, Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom. http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/AO70IF00.pdf
- Weigel H.-J. and Manderscheid R. (2005): CO₂-enrichment effects on forage and grain nitrogen content of pasture and cereal plants. *J. Crop Improvements* 13, 73-89.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky
Institut für Tierernährung
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
e-mail: gerhard.flachowsky@fli.bund.de

