

Die Bewertung umweltrelevanter menschlicher Aktivitäten prägt unsere Zeit und ist notwendig, nicht nur aus Sicht möglicher Umweltwirkungen, sondern auch aus Sicht eines effektiven Einsatzes begrenzt verfügbarer natürlicher Ressourcen, z. B. fossiler Energieträger, landwirtschaftlicher Nutzfläche, Wasser, Phosphor und anderer Rohstoffe. In diesem Beitrag kommentiert und ergänzt Prof. FLACHOWSKY unseren Kurzbericht in Heft 3, S. 134–135.

Treibhausgase und Ressourceneffizienz

Aspekte der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft



Prof. Dr. Gerhard Flachowsky
 Institut für Tierernährung
 Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)
 Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
 Bundesallee 50
 38116 Braunschweig

In diesem Zusammenhang sind auch die Bemühungen einzuordnen, alle Ressourceneinträge (Inputs) und Austräge (Outputs) an umwelt- bzw. klimarelevanten Substanzen bei der Erzeugung, Verarbeitung, Vermarktung und bei der Aufbereitung der Lebensmittel in der Küche quantitativ zu erfassen. Beispiele für solche Substanzen sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickstoff (N) und daraus entstehende Gase (z. B. Ammoniak, [NH₃]; Lachgas, [N₂O]); aber auch Phosphor (P), verschiedene Spurenelemente (z. B. Kupfer [Cu], Zink [Zn]). Derartige Bemühungen sind in verschiedenen Industriezweigen schon längere Zeit üblich und werden dort als *Life-Cycle-Assessments* (Lebenskreislauf-Bewertungen, Lebensweganalysen oder Ökobilanzen) bezeichnet.

Treibhausgase und Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

Bedingt durch die gegenwärtige Klima-/Umweltdiskussion gelangte auch die Lebensmittelerzeugung und dabei vor allem die Herstellung von Lebensmitteln tierischer Herkunft in den Fokus der Betrachtungen, da sie besonders ressourcenverbrauchend ist. Die Ergebnisse/Aussagen solcher Studien können allerdings nur so gut sein wie die verfügbare Datenbasis. Dabei ist insbeson-

dere zu berücksichtigen, dass eine Vielzahl von Einflussfaktoren zu großen Schwankungen führen kann.

Umso mehr verwundert es, wie die Autoren des Artikels „Mehr Klimaschutz auf Acker, Ladentheke und Küchentisch“ (FRITSCHKE und EBERLE in *Ernährungs Umschau* 55, 2008, 134–135) nach einer vom Öko-Institut e.V. Darmstadt herausgegebenen Dokumentation [1], in der sie die „Klimabilanz“ von „konventionell“ mit „ökologisch“ erzeugten Lebensmitteln vergleichen, bis aufs Gramm genau CO₂-Äquivalente je kg Produkt angeben können.

Für den interessierten Leser sind diese Daten unkommentiert verwirrend und suggerieren eine Genauigkeit, die un-

Produkt/Autoren	CO ₂ -Äquivalente in g/kg Produkt	
	konventionell [1] / [2]	ökologisch [1] / [2]
Milch	940 / 826	883 / 843
Rindfleisch*	13 311 / 10 066	11 374 / 10 223
Schweinefleisch*	3 252 / 4 109	3 039 / 4 965
Geflügelfleisch*	3 508 / 1 978	3 039 / 2 846
Eier	1 931 / 1 724	1 542 / 1 592

*vermutlich Schlachtkörpermasse (Fleisch + Knochen)

Tab. 1: „Klimabilanz“ für Lebensmittel tierischer Herkunft aus konventioneller und ökologischer Landwirtschaft beim Einkauf im Handel (n. [1] bzw. [2])



realistisch ist. Sie können auch die Politik zu vorschnellen Reaktionen veranlassen, was eine allzu pauschale Deklaration der CO₂-Äquivalente der Lebensmittel zur Folge haben kann. Ähnlich präzise Angaben wurden kürzlich von HEISSENHUBER [2] in Auswertung der Dissertation von WORTOWITZ [3] mitgeteilt. Allerdings ist bei dieser Studie im Gegensatz zur Auswertung des Öko-Instituts mit Ausnahme der Eierzeugung die Klimabilanz der konventionell hergestellten Lebensmittel günstiger als die der ökologisch erzeugten, wie ♦ Tabelle 1 zeigt. Neben dem verwendeten Datenmaterial hat vermutlich die angewandte Berechnungsmethode ebenfalls Auswirkungen auf das erhaltene Ergebnis. Unter Berücksichtigung der Vielzahl von Einflussfaktoren erscheint gegenwärtig die Angabe von Mittelwerten und der zu erwartenden Variati-

onsbreiten für die CO₂-Äquivalente als realistisch (z. B. 11,0; 7,0–23,0 kg CO₂-Äquivalente/kg Schlachtkörperleermasse beim Rind), wie nachfolgend exemplarisch demonstriert werden soll.

„Outputs“ mit Klimarelevanz

Als wesentliche Outputs mit Klimarelevanz können betrachtet werden (♦ Abbildung 1):

- Futterbau einschl. Bodenbearbeitung, Pflege, Ernte, Lagerung, Aufbereitung; CO₂, N₂O
- Wachsendes Rind (aus Verdauungstrakt und Exkrementmanagement): CH₄, N (daraus entstehen z. T. NH₃ und N₂O, [4, 5]).

Obwohl von den Tieren auch CO₂ ausgeschieden wird (≈ 1 kg je kg Futter-Trockensubstanz), wird diese

Menge als emissionsneutral betrachtet, da es sich – was oft übersehen wird – um vorher durch die Photosynthese in pflanzlichen Futtermitteln gebundenes CO₂ handelt (♦ Abbildung 1).

Als „Neben-Austräge“ sind zu erwähnen (z. B. [3, 6, 7]):

- Transporte von Futter und Tieren
- Futterbehandlung (einschl. Mischfutterherstellung)
- Haltung der Tiere
- Schlachtung und Verarbeitung
- Lagerung, Kühlung, Vermarktung
- Aufbereitung in der Küche (z. B. Kochen, Braten u. a.)

Das *Internationale Panel on Climate Change* [8] unterstellt für die verschiedenen Prozesse CO₂-Outputs, mit denen Kalkulationen möglich sind. In eigenen Berechnungen wurden bei der Rindermast die in ♦ Ta-

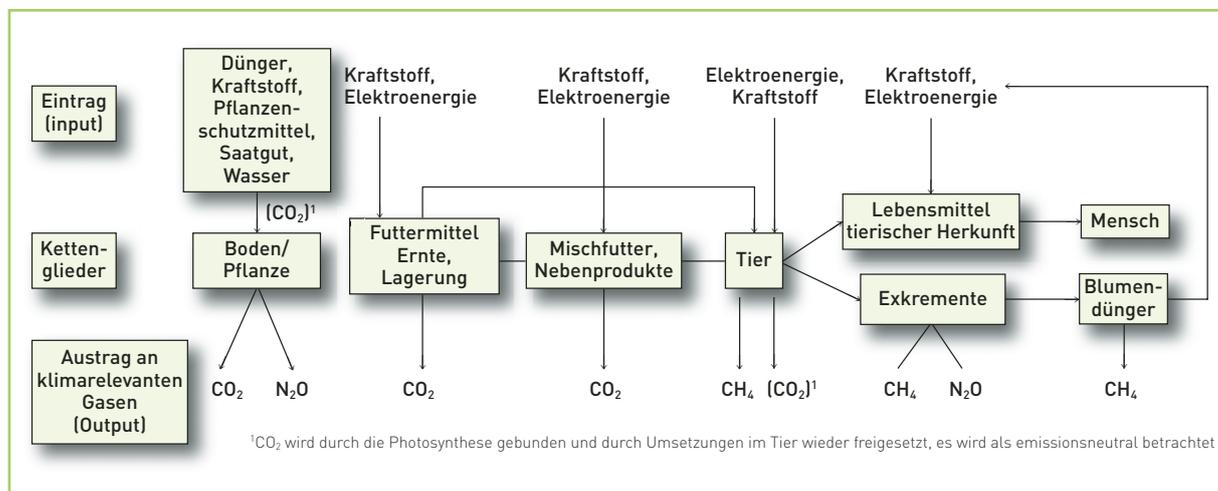


Abb. 1: Wesentliche Elemente des Nahrungskettengliedes bzw. -netzwerkes „Lebensmittel tierischer Herkunft“ sowie ausgewählte Einträge von Ressourcen und Austräge von klimarelevanten Gasen

Ressource/Output	Mengen
Futtermittel	
Grundfuttermittel	120 g CO ₂ /kg Trockensubstanz (T)
Getreide	220 g CO ₂ /kg T
Nebenprodukte [6]	Zuordnung unklar (zwischen 0 und 100 % des CO ₂ -Anfalls bei der Herstellung)
Methanausscheidung [4]	
Verdauungstrakt	
Grundfutterreich	25–30 g CH ₄ /kg T-Aufnahme
Krafftutterreich	20–25 g CH ₄ /kg T-Aufnahme
Stickstoffausscheidung [5]	
N ₂ O-Bildung:	100–200 g/kg Lebendmassezunahme 0,5–2 % der N-Ausscheidung
Sonstige Outputs mit Klimarelevanz	
Transporte, Lagerung, Verarbeitung, Haltung der Tiere, Schlachtung	In eigenen Kalkulationen bisher nicht berücksichtigt

Tab. 2: Umweltrelevante Austräge im Rahmen der Nahrungskette (n. versch. Literaturquellen)

belle 2 zusammengestellten Daten verwendet.

Umrechnung in CO₂-Äquivalente

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Aufwendungen können je kg Lebendmassezunahme (LMZ) in Abhängigkeit von der Lebendmassezunahme je Tag die in ♦Tabelle 3 angegebenen Mengen an CO₂-Äquivalenten kalkuliert werden.

Bei der Schlachtung der Rinder können lediglich ≈ 50 % der Lebendmasse dem Schlachtierleerkörper zugeordnet werden und etwa 40 % entsprechen dem essbaren Anteil (Fleisch und essbare Innereien); der Proteingehalt beträgt etwa 19 % in den essbaren Teilen [9]. Unter Berücksichtigung dieser Unterstellungen sind in ♦Tabelle 3 die CO₂-Äquivalente je kg Schlachtierleerkörper, je kg Fleisch (essbare Teile) bzw. je kg essbares Protein angegeben. Essbares

Protein erscheint als geeigneter Maßstab für den Vergleich verschiedener Proteinquellen (z. B. Fleisch, Milch und Eier), da die Proteinerzeugung unter europäischen Bedingungen das Hauptziel der Tierproduktion ist. In ♦Tabelle 4 werden in Abhängigkeit von der Leistungshöhe der Tiere Kalkulationen zu den Ausscheidungen je kg essbares Protein vorgenommen. Dabei zeigt sich, dass Protein von Nichtwiederkäuern (Schwein, Geflügel) mit einer deutlich besseren Klimabilanz erzeugt werden kann, was vor allem auf die bei diesen Tieren kaum vorhandene Methanemission zurückzuführen ist.

Entscheidend – die Bewertungskriterien

Beim Vergleich von Angaben zu Ausscheidungen nach verschiedenen Autoren können u. a. folgende Einflussgrößen Ursachen für voneinander abweichende Daten sein:

Welche Bezugsbasis wurde verwendet?

- je Einheit Lebendmasse
- je Einheit Schlachtkörpermasse (Fleisch und Knochen)

Lebendmassezunahme (g/Tag)	Essbares Protein (g/Tag)	Futteraufnahme (kg T/Tier und Tag) ¹	Anteil Krafftutter (% der T-Aufnahme) ¹	Methanausscheidung (g/kg T)	N-Ausscheidung (g/Tag)	N ₂ O-Bildung (% der N-Ausscheidung) ²	CO ₂ -Äquivalente (kg/kg)			
							Lebendmassezunahme	Schlachtierleerkörper	Essbare Teile	Essbares Protein
500 (überwiegend Weide, kein Krafftutter)	48	6,5	0	26	110	2	11,5	23,0	28,0	110
1 000 (Stallhaltung, Grassilage, etwas Krafftutter)	95	7,0	15	24	130	1	5,5	11,0	13,8	55
1 500 (Stallhaltung, Maissilage, Krafftutter)	143	7,5	30	22	150	0,5	3,5	7,0	9,0	35

¹CO₂-Output: 120 kg/t Grundfutter-Trockensubstanz; 220 kg/t Krafftutter-Trockensubstanz

²Ein Teil des ausgeschiedenen Stickstoffs (vor allem Harnstoff-N) wird in das Treibhausgas-relevante Lachgas (N₂O) umgewandelt
LM = Lebendmasse

Tab. 3: Beispiele zur Kalkulation der CO₂-Äquivalente bei der Rindfleischerzeugung (150–550 kg LM) in Abhängigkeit vom Futtereinsatz sowie der Methan- und N-Ausscheidungen

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	1 000 g	1,3	0,18	1,5	55
	1 500 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

Tab. 4: Ausscheidungen je kg essbares Protein tierischer Herkunft bei verschiedenen Proteinquellen

- je Einheit essbare Teile (z. B. Fleisch und essbare Innereien)
- je Einheit essbares Protein (wird als naturwissenschaftliche Größe bevorzugt [9])

Wie wurde mit gegenwärtig unzulänglich quantifizierbaren Outputs mit hohem Treibhauspotenzial (THP; z. B. THP von N₂O ≈ 300 × CO₂ [8]) umgegangen?

- Vielzahl von Einflussfaktoren (Haltung der Tiere, Exkrementlagerung und -ausbringung, Bodenverhältnisse u. a.)
- Unsicherheiten bei der Vorhersage (Abweichungen bei den vorgenommenen Unterstellungen, ♦Tabellen 2 und 3; z. T. mehr als 10-facher Unterschied)

Auf welcher Basis erfolgte die Ökobilanzierung?

- Leistung des Einzeltieres
- Berücksichtigung komplexer Systeme (Netzwerke; z. B. System Rind liefert Milch und Fleisch; System Schwein einschl. Aufzucht und Sauenhaltung)

Welche Datenbasis wurde bei der Verwendung von Nebenprodukten (z. B. Nebenprodukte der Verarbeitung von Getreide, Zuckerrüben, Ölfrüchten oder bei der Bioenergieerzeugung) in der Tierernährung berücksichtigt (s. [6])?

- In Deutschland werden für industriell hergestelltes Mischfutter (≈ 19 Mio. t, [10]) etwa 50 % Nebenprodukte (mit steigender Tendenz, da Getreidepreise ansteigen) eingesetzt.
- Welche CO₂-Äquivalente wurden dabei berücksichtigt?

Die Auflistung dieser Zusammenhänge und Probleme soll nicht zu der Schlussfolgerung führen, dass derartige Life-Cycle-Studien bei der Lebensmittelerzeugung nicht zielführend oder gar unmöglich sind. Sie sind dringend erforderlich und für eine objektive Bewertung und den Vergleich von Produktionsformen und Intensitätsniveaus – auch aus globaler Sicht – notwendig. Dabei geht es nicht nur um Umwelt-/Klimaschutz, sondern noch mehr um Ressourceneffizienz, vor allem wenn man die prognostizierte Menge an Lebensmitteln tierischer Herkunft im Blick hat (♦Tabelle 5).

	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	1 043	180

¹Schlachtkörpermasse

Tab. 5: Herausforderungen für die Tierproduktion: „Livestock's long shadow“ [12]

Ressourceneffizienz bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

Die Ursachen für die nach ♦Tabelle 5 aufgezeigten Entwicklungen sind neben dem weiteren Anstieg der Erdbevölkerung (≈ 40 %) vor allem im steigenden Einkommen der Menschen in Entwicklungsländern und dem Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft als Wohlstandsindikator zu sehen [11, 12]. Diese Entwicklung stellt nicht nur eine gewaltige Herausforderung an einen effektiven Ressourceneinsatz (z. B. Fläche, Wasser, Dünger, fossile Energie) bei der Futtererzeugung und dem Futtereinsatz sowie in die Agrarwissenschaften und -wirtschaft dar, sondern hat auch weitreichende Konsequenzen für die Ernährungswissenschaft und -wirtschaft.

Erzeugung von Nahrungsprotein

Während gegenwärtig global etwa 30 g essbares Protein je Einwohner und Tag zur Verfügung stehen (mit extremer Variationsbreite zwischen den Ländern bzw. verschiedenen Bevölkerungsgruppen in einzelnen Ländern), wird dieser Wert auf ≈ 40 g je Einwohner und Tag im Jahre 2050 ansteigen.

Eigene Kalkulationen bei etwa gleichem Intensitätsniveau wie gegenwärtig ergaben aus globaler Sicht nahezu eine Verdoppelung der gegenwärtig erforderlichen Futtermengen (♦Tabelle 6). Diese Futtermengen erscheinen kaum erzeugbar, so dass Abstriche von den anspruchsvollen Zielen in ♦Tabelle 5, die Erhö-

Mensch/Tier	Anzahl (Mrd., [13])	Verbrauch (Verzehr) in Trockensubstanz (T) (kg/Tag) (Mrd. t/Jahr)	
Menschen	6,5	0,45	1,1
Großtiere			
Rinder/Büffel/Pferde/Kamele	1,6	10	5,8
Kleinviehwiederkäuer	1,8	1	0,7
Schweine	0,95	1	0,35
Geflügel	18,5	0,07	0,45
Verbrauch Futtermittel, gesamt gegenwärtig 2050			7,3 14?
Erforderlicher Flächenertrag (bei 1,5 Mrd. ha Ackerfläche und 3,3 Mrd. ha Grasland in: t T/ha)	1,4	2,7	

Tab. 6: Erforderliche Nahrungsmengen für Menschen und Tiere sowie notwendiger Flächenertrag (eigene Kalkulation)

hung der Intensität der Pflanzen- und Tierproduktion und die Reduzierung der Tierzahlen als Auswege erscheinen.

Bei diesen Kalkulationen ist außerdem zu berücksichtigen, dass die verfügbare Fläche nicht ausschließlich zur Futter- und Lebensmittelerzeugung zur Verfügung steht, sondern dass auch andere Verbraucher, wie die Erzeugung von Bioenergie und nachwachsenden Rohstoffen, Siedlungsflächen sowie schützenswerte Flächen um die verfügbaren Areale konkurrieren.

Flächenbedarf

Die je Einwohner erforderliche Fläche zur Erzeugung von Lebensmit-

teln tierischer Herkunft hängt vor allem von der Höhe der Pflanzenerträge und der Leistungshöhe der Tiere sowie von der verzehrten Proteinmenge ab. Der Flächenverbrauch ist bei gleichen Erträgen umso höher, je mehr Protein tierischer Herkunft verzehrt wird und je höher der Fleischanteil an dieser Proteinmenge ist. Geringere Flächenerträge und niedrige Leistungen der Tiere verursachen bei gleichem Proteinverzehr ebenfalls einen höheren Flächenbedarf (◆ Tabelle 7).

Unter Berücksichtigung der je Einwohner verfügbaren Ackerfläche (gegenwärtig: ≈ 2300; 2050: ≈ 1600 m²) belegen die in Tabelle 7 zusammengestellten Zahlen, dass ein bestimmtes Leistungs- bzw. Intensitätsniveau

Verzehr an essbarem Protein tierischer Herkunft (g/Tag) Ertrags- bzw. Leistungsniveau	10		20		40		60	
	A ¹	B ²	A	B	A	B	A	B
Proportion zwischen Protein aus Fleisch³ und Milch (% des Proteins)								
70 : 30	260	105	520	210	1 050	420	1 560	630
50 : 50	225	95	450	190	900	380	1 350	570
30 : 70	190	85	380	170	760	340	1 140	510

¹Leistungsniveau A: 4 t T Getreide, 10 t T Grundfutter/ha; 15 kg Milch, Lebendmassezunahme beim Mastrind: 600 g, Schwein; 400 g, Geflügel: 30 g/Tag
²Leistungsniveau B: 8 t T Getreide, 15 t T Grundfutter/ha; 30 kg Milch, Lebendmassezunahme beim Mastrind: 1 200 g, Schwein: 800 g, Geflügel: 60 g/Tag
³Proportion zwischen Protein von Mastrind, Schwein und Geflügel (in %): = 15 : 60 : 25
 Neben der Fläche stellt das Wasser eine weitere begrenzt vorhandene Ressource dar. In vielen Regionen ist es bereits gegenwärtig Bezugsfaktor Nummer 1.

Tab. 7: Einflussfaktoren auf den Flächenbedarf zur Lebensmittelerzeugung je Einwohner (m² pro Jahr, eigene Kalkulationen)

erforderlich ist, um ausreichend Fläche auch für weitere Verbraucher verfügbar zu haben.

Wasserbedarf der Landwirtschaft

Zur Erzeugung von 1 kg Getreide wird etwa 1 m³ Wasser benötigt, bei Feuchtreis ist es deutlich mehr (◆ Tabelle 8). Infolge der Konvertierungsverluste bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft werden je kg Produkt höhere Wassermengen benötigt. Wie bereits bei den CO₂-Emissionen diskutiert, besteht auch beim Wasserverbrauch eine erhebliche Variationsbreite.

Fazit

Die wenigen Beispiele in diesem Beitrag demonstrieren die strategische Bedeutung eines sparsamen Umgangs mit begrenzt verfügbaren Ressourcen.

Unter Berücksichtigung dieser und weiterer Zusammenhänge erscheint es dringend erforderlich, zu einer besseren Quantifizierung der Ein- und Austräge entlang der gesamten Nahrungskette (Wertschöpfungskette) zu gelangen. Dazu sind vor allem aus globaler Sicht gemeinsame Bemühungen aller an der Nahrungskette arbeitenden Forschungseinrichtungen unter Berücksichtigung nachfolgend aufgeführter Aspekte notwendig:

- Effizienzsteigerungen in allen Gliedern der Nahrungskette (des -netzwerkes), z. B. Fossile Energie, Wasser, Fläche, begrenzt verfügbare Rohstoffe (u. a. Phosphor)
- Herstellung eines Gleichgewichtes zwischen Futtererzeugungsvermögen eines Standortes und dem Umfang der gehaltenen Tierbestände zur Vermeidung von irreversiblen Standortschäden (z. B. Vermeidung von Überweidung) und aufwändigen Transporten.
- Schaffung von Anreizen in viehrefeichen Regionen zur Erzeugung der erforderlichen Lebensmittel

Produkt	Wasser (globales Mittel; m ³ /kg) ¹	
Feuchtreis	2,3	
Sojabohne	1,8	
Weizen	1,3	
		je kg essbares Protein (m ³ /kg) ¹
Milch	1,0	29
Rindfleisch	15,5	81
Schweinefleisch	4,9	32
Geflügelfleisch	3,9	20
Eier	3,3	28

¹eigene Kalkulation

Tab. 8: Virtueller „Wassergehalt“ verschiedener Agrarprodukte (n. [13] und [14]) sowie Kalkulation des virtuellen Wasserverbrauches zur Erzeugung von essbarem Protein tierischer Herkunft

mit weniger Tieren (z. B. Verbesserung von Tiergesundheit und Futterbasis, Entwicklung einer Futtervorratswirtschaft, Vermeidung von Lagerungsverlusten)

■ Intensivierung der Forschung zur weiteren Verbesserung der Ressourceneffizienz, z. B. klassische wie biotechnologische Züchtung von Pflanzen mit geringen Ansprüchen (Low-Input-Sorten), Verbesserung des Pflanzenbaus und der Pflanzengesundheit, effektivere Umwandlung von Futtermitteln in Lebensmittel tierischer Herkunft durch bedarfsgerechte Tierernährung mit gesunden Tieren, Berücksichtigung von Ökobilanzen entlang der Nahrungs- und Wertschöpfungsketten (Life-Cycle-Studien, Erfassung aller Rohstoff-/Ressourceneinträge sowie der umweltrelevanten Austräge)

Diese Maßnahmen sind sowohl aus Sicht eines effizienten Ressourceneinsatzes als auch der Reduzierung umweltrelevanter Ausscheidungen zielführend.

Öffentlichkeits- und medienwirksame „Schnellschüsse“ unter Berücksichtigung unsicherer oder falscher Ausgangsdaten können zur „Vorverurteilung“ bestimmter Produktionsformen und vor allem zu falschen Schlussfolgerungen führen. Bevor Forderungen an das Handeln der Politik for-

muliert werden, sollten die entsprechenden „Hausaufgaben“ durch die Wissenschaft abgearbeitet werden.

Literatur

1. Fritsche R., Eberle U (2007) Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln – Arbeitspapier – Öko-Institut e. V., Darmstadt, 13 S.
2. Heissenhuber A. (2008) Ökonomische Aspekte einer energieeffizienten Landwirtschaft, KTBL-Vortragstagung, 8./9. April 2008, Fulda, KTBL-Schrift 463: 42–53
3. Woitowitz A. (2007) Auswirkungen einer Einschränkung des Verzehrs von Lebensmitteln tierischer Herkunft auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren – dargestellt am Beispiel konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise. Dissertation, Techn. Univ. München, 237 S.
4. Flachowsky G, Brade W (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskd. 79: 417–465
5. Flachowsky G, Lebzién P (2007) Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase – Möglichkeiten der Tierernährung zur Emissionsminderung. Übers. Tierernährg. 35: 191–231
6. Bockisch FJ et al. (2000) Bewertung von Verfahren der ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen

Produktion im Hinblick auf Energieeinsatz und bestimmte Schadgasemissionen. Landbauf. Völkenrode, SH 211: 206 S.

7. Brunsch R et al. (2008) Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung auf der Grundlage von Energiebilanzen. KTBL-Vortragstagung, 8./9. April 2008, Fulda, KTBL-Schrift 463: 115–128
8. IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and other Land Use. <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>
9. Flachowsky G. (2002) Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. J Appl Anim Res 22: 1–24
10. DVT (Deutscher Verband Tierernährung e.V., 2007): Mischfutter-Tabellarium 2007, DVT, Bonn, 33 S.
11. Keyzer MA et al. (2005) Diets shifts towards meat and the effect on cereal use: Can we feed the animals in 2030. Ecologic. Econom. 55: 187–202
12. Wennemer H, Flachowsky G, Hoffmann V (2005) Protein, Population, Politik, Wege zur nachhaltigen Eiweißversorgung im 21. Jahrhundert. Plexus Verlag, Miltenberg und Frankfurt/M. 160 S.
13. Steinfeld H. et al. (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/A0701E00.pdf
14. Faostat (2006): Statistical database of the Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO <http://faostat.fao.org/faostat/>
14. Hoekstra AY, Chapagain AK (2007): Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management 21: 35–48