

**Fragenkatalog für die Öffentliche Anhörung am Montag, 22. Februar 2010,  
zum Thema „Landwirtschaft und Klimaschutz“**

*Beantwortung durch Gerhard Flachowsky (bis 30.04.2009 Leiter des Institutes für Tierernährung des Friedrich-Loeffler-Institutes in Braunschweig, seit 01.05.2009 Gastwissenschaftler an diesem Institut)*

*Es erfolgt nur die Beantwortung der Fragen, für die ein gewisser Sachverstand vorhanden ist (Tierwissenschaften im Allgemeinen und Tierernährung im Besonderen)*

Auswirkungen des Klimawandels

1 Welche Auswirkungen wird der Klimawandel auf die europäische und die deutsche Landwirtschaft haben und was sind Ihrer Ansicht nach die geeigneten Anpassungsstrategien?

*Nutztiere als „Mittäter“ (Treibhausgasverursacher) und „Opfer“ (Auswirkungen auf Futterwirtschaft und Tierhaltung, s. Anlage 1)*

*Anpassung: Anwendung vorhandenen Wissens (Kühlung der Ställe bzw. Tiere, Veränderte Rationsgestaltung bzw. Ergänzung der Rationen)*

*Forschungsbedarf: Einfluss erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration und erhöhter Temperatur auf Zusammensetzung und Futterwert der Futtermittel, entsprechende Rationsergänzungen mit Futterzusatzstoffen, Bewertung neuer bzw. nach neuen Technologien erzeugter Futtermittel, tierzüchterische Maßnahmen zur Anpassung (erhöhte Wärmetoleranz)*

2 Auf moderate klimatische Veränderungen wird sich die moderne Landwirtschaft in Deutschland gut einstellen können. Sie hat vielfältige Möglichkeiten, sich durch Veränderungen darauf einzulassen und verantwortlich zu zeigen. Seit 1990 konnte die Landwirtschaft eine deutliche Senkung der Emissionen aus der Tierproduktion und Düngung verzeichnen. Worin liegen die Gründe für die hier erreichten Erfolge?

- *Rückgang der Tierzahlen im Ergebnis der Anpassungen im Osten und der höheren Leistungen der Tiere*
- *Verbesserte Fütterung (z.B. N-angepasste Rationen, mehr Kraftfutter, effektivere Nutzung der Futtermittel durch Futterzusatzstoffe)*

Landwirtschaft als Emittent

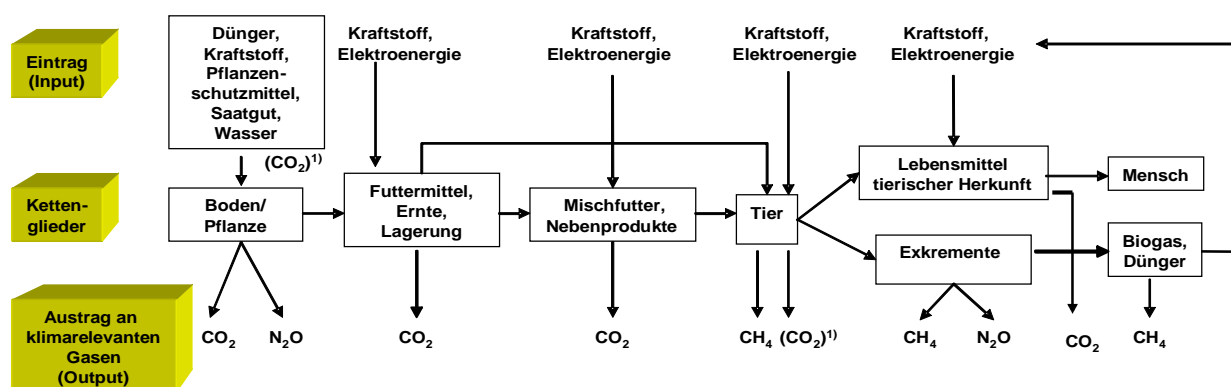
3 Wie genau lassen sich die Treibhausgasemissionen einer bestimmten Branche zuordnen und wer hat diese Zuordnung bislang festgelegt?

Vorgaben des IPCC, Anpassung in D durch Prof. Dämmgen und seiner AG (früher Inst. für Agrarökologie der FAL, heute Inst. für Agrarrelevante Klimaforschung des vTI Braunschweig)

Die Zuordnung hängt wesentlich von den gewählten Systemgrenzen innerhalb der Nahrungskette (Wertschöpfungskette) ab (s. Abb. 1). Eine weitere wichtige Größe ist die (Belastbarkeit der) Datenbasis.

Abbildung 1:

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



<sup>1)</sup>  $CO_2$  wird durch die Photosynthese gebunden und durch Umsetzungen im Tier freigesetzt, es wird als emissionsneutral betrachtet.

4 Wie bewerten Sie die Rolle der Landwirtschaft als Emittent von klimaschädlichen Gasen?

*Einschätzung global: etwa ein Drittel der Gesamtemissionen werden der Landwirtschaft zugeordnet*

*Einschätzung für D: 12 – 15% der Gesamtemissionen*

*Diese Angaben hängen wesentlich von der verfügbaren Datenbasis und den gewählten Systemgrenzen ab (s. Abb.1)*

5 Das  $CO_2$  der Kuh ist Teil des natürlichen Kreislaufs. Viele weitere Faktoren bedingen aber im Gegensatz zu dem Ausstoß von Wiederkäuern Kohlendioxid-Emissionen in erheblichem Maße. Können Sie einmal darstellen, wie der Ausstoß von  $CO_2$  aus der Landwirtschaft solchen Kohlendioxid-Emissionen aus anderen Industriebereichen (z.B. durch Propangas, Flüssiggas, Holz, Benzin, Diesel) gegenübersteht? Wie ist hier die Wertigkeit?

*$CO_2$  ist bei Mensch und Tier das Endprodukt des Energiestoffwechsels und kann in Abhängigkeit von Lebendmasse und Stoffwechselaktivität quantifiziert werden. Bei den Betrachtungen zur Klimarelevanz bleibt dieses  $CO_2$  meist unberücksichtigt, da*

es bei anderen Nutzungswegen der pflanzlichen Biomasse auch anfällt (z.B. Rotte auf dem Feld oder im Wald, Verbrennung). Völlig anders ist die Situation bei den Betriebsmittel-bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Anfall aus fossilen Energieträgern, z.B. für Dünger, Pflanzenschutz, Transporte, Verarbeitung, Heizung u.a.). Das Besondere beim Wiederkäuer ist nicht der CO<sub>2</sub>-Ausstoß, sondern die Methanbildung (CH<sub>4</sub>) als unvermeidbares Nebenprodukt, vor allem im Ergebnis der mikrobiellen Umsetzungen unter anaeroben Bedingungen im Vormagensystem (Pansen) dieser Tiere (in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung 12 – 30g je kg aufgenommene Futtertrockensubstanz; im Mittel etwa 20g). Infolge des hohen Treibhauspotentials des Methans (23x so hoch wie bei CO<sub>2</sub>) entfallen beim Wiederkäuer in Abhängigkeit von Tierart (z.B. Rind, Schaf, Ziege, Wildwiederkäuer), Nutzungsrichtung (z.B. Milch oder Fleisch) und Leistungshöhe 50 – 80 der Treibhausgasemissionen bzw. des CO<sub>2</sub>eq-Fußabdruckes auf Methan. Methan entsteht auch in mikrobiellen Verdauungsräumen beim Mensch und bei Nichtwiederkäuern (Pferd, Schwein, Geflügel), allerdings in deutlich geringeren Mengen (nahezu 0 – 5g/kg Trockensubstanzaufnahme) als beim Wiederkäuer. Ein Vergleich mit anderen Industriebereichen ist aus meiner Sicht nicht möglich, da es sich um völlig andere Prozesse handelt und andere Ressourcen eingesetzt werden.

6 Welchen Zusammenhang sehen sie in der Intensität der landwirtschaftlichen Produktion und den damit verbundenen Klimaschutz. Bringt eine höhere agronomische Intensität einen positiven oder negativen Beitrag zum Klimaschutz?

Die Zusammenhänge sind sehr komplex und hängen wesentlich von den gewählten Systemgrenzen ab (s. Abb. 1). Bei ausschließlichem Bezug auf die Leistung (z.B. je l Milch) werden die Emissionen je Produkt bei höheren Leistungen geringer (s. Tab. 1). Wird jedoch das „System Rind“ betrachtet (z.B. Milch, Fleisch), dann trägt eine Leistungssteigerung (z.B. >8000kg Milch/Jahr) nur unwesentlich zur Emissionsminderung bei bzw. die Emissionen je erzeugtes Produkt können sogar ansteigen, da infolge der geringeren Kuhzahlen bei höheren Leistungen zusätzliche Wege zur Rindfleischerzeugung (z.B. Mutterkuhhaltung) erforderlich werden. Bei Betrachtung der gesamten Nahrungskette (s. Abb. 1) sind die größten Effekte zu erwarten, wenn Minderungen auf jeder Stufe angestrebt werden (z.B. „Low Input Varieties“ als Pflanzen, s. Abb. 5 und Beantwortung von Frage 24).

### Tierhaltung

7 Welche Rolle spielt eine moderne, intensive Nutztierhaltung bei der Verbesserung der Klimabilanz der Landwirtschaft und inwieweit ist eine verbesserte Effizienz von Systemen der Tierproduktion notwendig?

Global: Gewaltiges Reduzierungspotential (höhere Leistungen – weniger Tiere)  
National bzw. lokal: Begrenztes Reduzierungspotential (< 20%) infolge der bereits erreichten hohen Intensität

Zu dieser Thematik ist unbedingt eine komplexe Betrachtung notwendig (s. Abb. 1 und 2). Langfristig werden in Pflanzen- und Tierzucht die größten und am nachhaltigsten wirksamen Potentiale gesehen (s. Antworten zu Fragen 24 und 30, Abb. 6).

8 Wie bewerten Sie konkret die Tierhaltung, insbesondere die Haltung von Rindern (Milchvieh und Fleischrindern), Schweinen und Geflügel, hinsichtlich ihres Beitrags zu den landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen und welche Konsequenzen müssen sich daraus Ihrer Ansicht nach für die Tierhaltung und den Verzehr tierischer Produkte ergeben?

*Der Anteil der Tierproduktion (einschl. aller Vorleistungen) an den gesamten Treibhausgas-Emissionen der agrarischen Primärproduktion wird mit etwa 70% eingeschätzt. Diese Einschätzungen sind mit gewissen Unsicherheiten behaftet, da die Zuordnung der Emissionen nicht einfach ist und die Datenbasis (vor allem Lachgas; N<sub>2</sub>O) gegenwärtig nur wenig belastbar ist.*

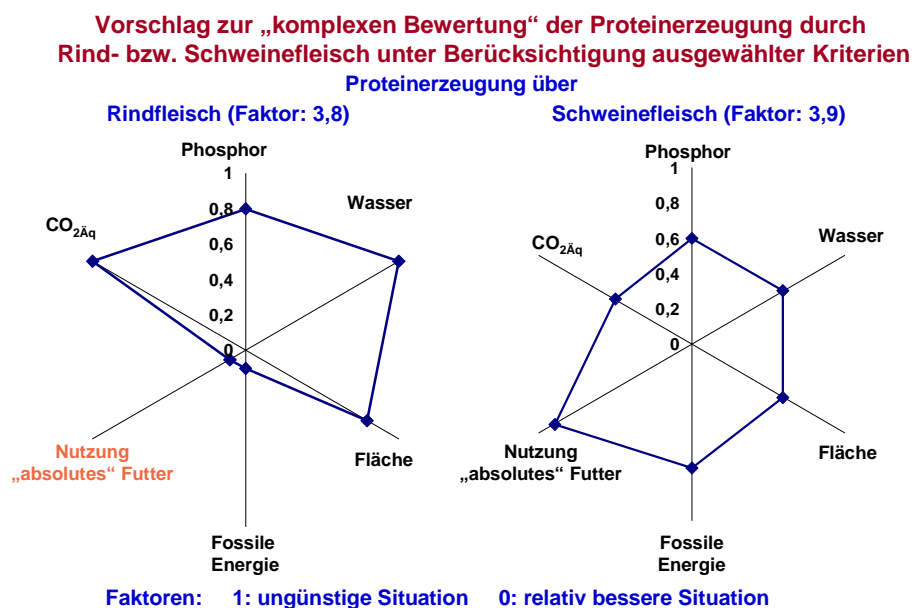
*Bei den Wiederkäuern (Rinder, Schafe, Ziegen) entfallen etwa zwei Drittel der Emissionen auf das Tier (vor allem Methan im Pansen), bei Nichtwiederkäuern (Schweine, Geflügel) können über die Hälfte der Emissionen den Futtermitteln zugeordnet werden.*

*Eine einseitige „Verurteilung“ der Wiederkäuer vorzunehmen, wäre jedoch verhängnisvoll, da sie verschiedene Vorteile (z.B. Nutzung absoluter“ Futtermittel, keine Nahrungskonkurrenz zum Menschen u.a.) aufweisen, wie Abb. 2 in einer komplexen Betrachtung beispielhaft demonstriert wird (nicht nur Emissionen, sondern auch begrenzt verfügbare Ressourcen wurden berücksichtigt).*

*Bei der Gesamtbetrachtung der Aufwendungen für Lebensmittel tierischer Herkunft sollten auch die Futtermittel für Heimtiere (z.B. in den NL etwa 10% der Produktion), die Abfälle, die bei der Entsorgung und Aufbereitung der Lebensmittel im Handel und in Haushalten/Großküchen anfallen sowie die momentan nicht effiziente Nutzung von Nebenprodukten der Schlachtkörperverarbeitung (z.B. Tiermehl) berücksichtigt werden.*

*Die Ableitung von Konsequenzen für die Tierhaltung und den Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft ist demnach ein vielschichtiger Prozess und sollte nicht ausschließlich aus der Sicht der Treibhausgasemissionen vorgenommen werden.*

Abbildung 2:

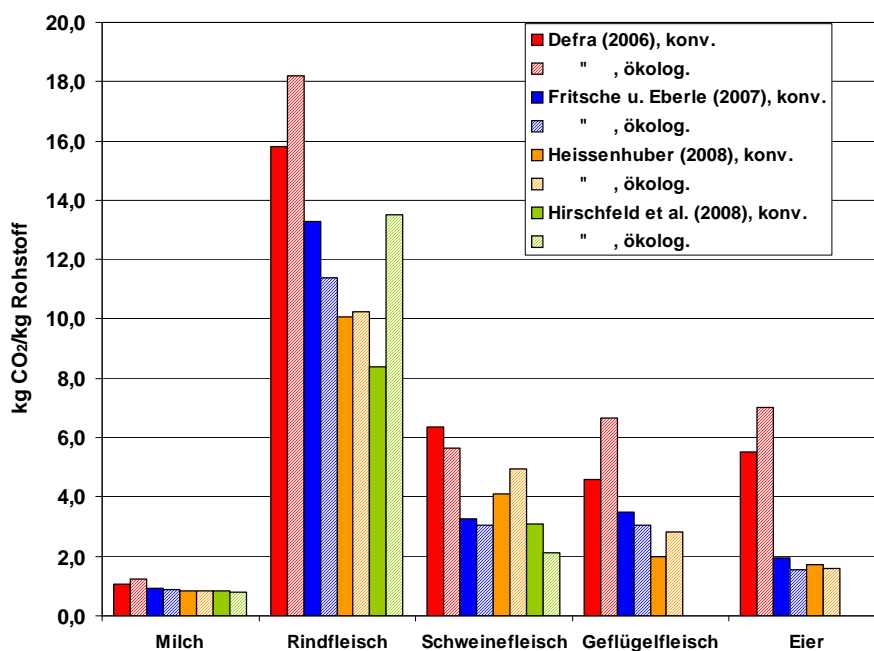


9 Wie hoch sind die auf Produktionseinheiten bezogenen Treibhausgasbelastungen aus der Landwirtschaft in Deutschland – insbesondere in der Tierhaltung – und wie lassen sie sich verringern?

*Die Treibhausgasemissionen lassen sich mit sog. CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken (Carbon-Footprints) abbilden (Abb. 3, s. auch Anlage 3). Diese Fußabdrücke zeigen bei aller Unsicherheit der Daten nach verschiedenen Autoren und Erzeugungsformen (konventionell und ökologisch), dass für Rindfleisch die höchsten Aufwendungen notwendig sind.*

*Bei Bezug auf das essbare Eiweiß tierischer Herkunft können für Wiederkäuerprodukte die höchsten Werte ermittelt werden (Tab. 1). Deutliche Effekte sind auch in Abhängigkeit von der Leistungshöhe ersichtlich.*

**Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft aus herkömmlicher oder ökologischer Erzeugung nach verschiedenen Autoren**



**Tabelle 1: Produktion von essbarem Protein tierischer Herkunft mit verschiedenen Tierarten bzw. -kategorien sowie Ausscheidungen in Abhängigkeit von der Leistungshöhe (nach Flachowsky 2002)**

Eiweißquelle (Lebend- masse)	Leistung je Tag	Futter- aufnahme (kg T/Tag)	Essbares Protein (g/Tag)	N-Aus- scheidung (% der Aufnahme)	Methanaus- scheidung (g/Tag)	Ausscheidungen je kg essbares Protein (kg/kg)		
						N	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> Äq <sup>-</sup> Footprints
Milchkuh (650 kg)	10 kg Milch	12	323	75	310	0,65	1,0	30
	20 kg Milch	16	646	70	380	0,44	0,6	16
	40 kg Milch	25	1292	65	520	0,24	0,4	12
Mastrind (350 kg)	500 g LMZ1)	6,5	48	90	170	2,3	2,5	110
	1000 g LMZ	7	95	84	175	1,3	1,5	55
	1500 g LMZ	7,5	143	80	180	1,1	1,2	35
Mastschwein (80 kg)	500 g LMZ	1,8	45	85	5	1,0	0,12	16
	700 g LMZ	2	63	80	5	0,7	0,08	12
	900 g LMZ	2,2	81	75	5	0,55	0,05	10
Mastküken (1,5 kg)	40 g LMZ	0,07	4,8	70	Spuren	0,35	0,01	4
	60 g LMZ	0,08	7,2	60		0,25	0,01	3
Legehennen (1,8 kg)	50 % LL2)	0,10	3,6	80	Spuren	0,6	0,03	7
	70 % LL	0,11	5,1	65		0,4	0,02	5
	90 % LL	0,12	6,6	55		0,3	0,02	4

### Reduzierungspotenziale

#### *Methan (CH<sub>4</sub>):*

*Potenzial in D und Europa infolge der hohen Leistungen und das relativ hohen Kraftfuttereinsatzes weitgehend „ausgereizt“; Futterzusatzstoffe mit*

*Methanreduzierungs-potenzial in EU nicht zugelassen (z.B. Ionophore); Ergebnisse aus Laborversuchen nicht in langfristigen Tierversuchen überprüft bzw. bestätigt. Nutzung von Exkrementen (vor allem mit hohem Methanbildungspotenzial) in Biogasanlagen (verbessertes Exkrementmanagement)*

*Stickstoff als Vorstufe von Lachgas (N<sub>2</sub>O)*

*Stickstoff- bzw. Aminosäurenversorgung die Tiere entsprechend den wissenschaftlichen Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (z.B.: GfE 1999, 2001, 2007):*

- *Bedarfsdeckung auf den „Punkt“*
- *Protein- bzw. Aminosäurenversorgung in Abhängigkeit von Lebendmasse und Leistungshöhe der Tiere*
- *Einsatz von kristallinen Aminosäuren und weiteren Futterzusatzstoffen*
- *Exkrementmanagement zu Vermeidung der Lachgasbildung*

*Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)*

*Minimierung der Betriebsmittel-bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der Nahrungskette (s. Abb. 1), wobei die evtl. geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen durch evtl. höhere CH<sub>4</sub>-Emissionen (z.B. beim Ersatz von Kraftfutter durch Grundfutter) aufgehoben werden können (Betrachtung der gesamten Kette).*

10 Welches Einsparpotential an Treibhausgasemissionen ergäbe sich national, europaweit und global aus dem Verzicht bzw. aus der deutlichen Einschränkung des Fleischkonsums in Deutschland?

*Global fallen jährlich etwa 45 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente an. In D ist es etwa 1 Mrd.t. Wenn davon etwa 15% der Landwirtschaft (etwa 150 Mio.t) und davon etwa ein Drittel der Fleischerzeugung zugeordnet werden, dann sind das etwa 45 Mio.t CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. annähernd 0,1% der angegebenen Gesamtemissionen. Unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit bzw. Unsicherheit, die in all diesen Angaben vorhanden ist, würde ein absoluter Verzicht auf den Fleischverzehr in Deutschland („Volk der Vegetarier oder Veganer“) im „Grundrauschen“ der globalen Emissionen untergehen.*

*Weiterführende Betrachtungen zum Fleischverzehr finden sich in Anlage 2.*

11 Sind Verhaltensänderungen der Verbraucherinnen und Verbraucher notwendig? Wie können diese angestoßen werden? Halten Sie z. B. einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für sinnvoll und umsetzbar?

*Im langfristigen Trend ist in Deutschland ein Rückgang des Fleischverzehrs zu erwarten (Abb. 4), der allerdings von verschiedenen Einflussfaktoren abhängt (Spiller et al 2010). Dieser Verzehr wird von gegenwärtig nahezu 60 kg auf deutlich unter 45 kg je Einwohner und Jahr im Jahre 2050 abfallen. Insgesamt werden gegenwärtig in D etwa 60g tierisches Protein je Einwohner und Tag verzehrt.*

*Global ist allerdings eine andere Entwicklung zu erwarten. Nach Einschätzung der Welternährungsorganisation (FAO; Steinfeld et al. 2006) ist bis zum Jahre 2050 nahezu eine Verdoppelung der Fleischerzeugung zu erwarten (von etwa 230 auf etwa 465 Mio.t). Für die Milcherzeugung ist mit einem Anstieg auf etwa 180% zu rechnen. Global stehen dann je Einwohner und Tag etwa 35 g essbares Protein tierischer Herkunft zu Verfügung.*

*Als wesentliche Ursachen für diese Entwicklung können die weiter wachsende Erdbevölkerung (von etwa 6,7; gegenwärtig; auf über 9 Mrd. Menschen in 2050), das ansteigende Einkommen in bevölkerungsreichen Schwellenländern (Fleisch als*



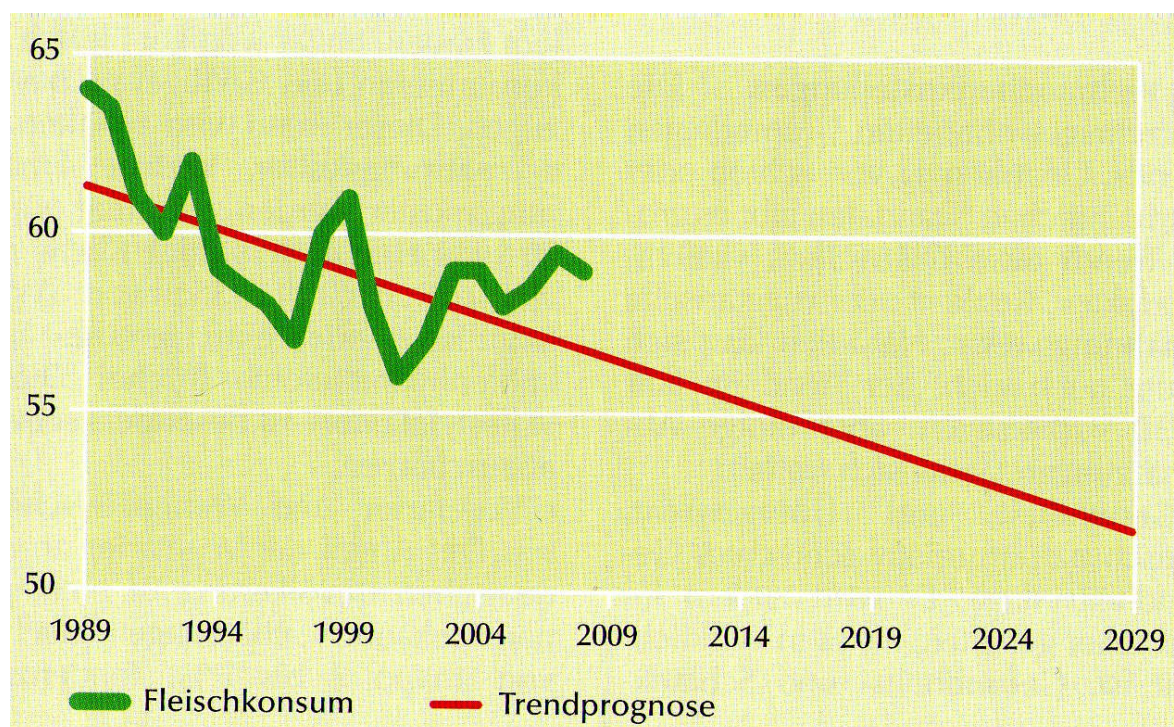
„Wohlstandsindikator“), der hohe „Genusswert“ von Lebensmitteln tierischer Herkunft und das „Nachahmen“ des westlichen Lebensstils erwähnt werden.

Durch CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke wird eine Sensibilisierung von Erzeugern und Verbrauchern bezüglich der Umweltrelevanz der erzeugten Lebensmittel angestrebt.

Da die Emissionen weitgehend von der Höhe des Ressourceneinsatzes abhängen (s. Abb. 1), können CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke auch zu einem sparsamen Ressourceneinsatz beitragen. Infolge des hohen Treibhausgasfaktors für Methan (x23) sind diese Zusammenhänge (hoher Fußabdruck – hoher Ressourceneinsatz) bei Wiederkäuerprodukten nicht oder nur teilweise zutreffend.

Eine Bewertung der CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke wurde bereits unter Frage 9 vorgenommen (s. Abb. 3). Vor einer Einführung in die Praxis und evtl. daraus resultierenden Konsequenzen (z.B. Emissionsteuer auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Footprints) sind weitere Forschungen notwendig (z.B. „belastbare“ Daten für N<sub>2</sub>O-Emissionen, Festlegung von Systemgrenzen, Anlage 3)

**Abbildung 4: Regressiver Fleischverzehr in Deutschland (kg/Kopf und Jahr; nach Spiller et al. 2010)**



12 Wie hoch kann der Beitrag der Landwirtschaft zukünftig zur Minderung der Freisetzung von Treibhausgasen sein?

13 In welchem Maße und auf welche Weise muss Ihrer Ansicht nach die Landwirtschaft zur Reduktion von Treibhausgasen und zum Erreichen des 2 Grad-Zieles beitragen und welche Vorschläge haben Sie für konkrete Maßnahmen?

Analyse des Ressourceneinsatzes und der Emissionen entlang der Nahrungskette (s. Abb. 1) und Erarbeitung eines Kataloges von kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen (s. Abb. 6) mit Reduzierungspotenzialen (s. auch Frage 30)



- Kurzfristig: Umsetzung von bekanntem Wissen (s. Antworten zu Fragen 9 und 30), Erarbeitung von Grundlagen für CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke,

- Mittelfristig: CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke als Maßstab für Ressourceneinsatz und Emissionen,

- Langfristig: Ausschöpfung der Potentiale von Pflanzen- und Tierzucht zur Reduzierung des Ressourceneinsatzes und von Emissionen (s. auch Antworten auf Fragen 24 und 30)

*In diesem Zusammenhang soll jedoch auch angemerkt werden, dass der lineare Zusammenhang von CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und Temperaturanstieg zunehmend von kompetenten wissenschaftlichen Gremien hinterfragt wird (s. Anlage 6)*

14 Gibt es aus Ihrer Sicht regionale Unterschiede in den Potentialen zur Treibhausgasminderung in Deutschland und müssen möglicherweise auf Ebene der Bundesländer angepasste Programme entwickelt werden?

15 Welche landwirtschaftlichen Produktionsverfahren bieten die größten Möglichkeiten zur Minderung von Treibhausgasfreisetzungen?

16 Treibhausgase entstehen in der Produktion, bei der Lagerung und im Vertrieb von Nahrungsmitteln auch durch Energieeinsatz und Transport. Welche Möglichkeiten zur Minimierung sehen sie hier?

*Diesbezügliche Betrachtungen sollten entlang der gesamten Nahrungskette (s. Abb. 1., einschl. Verarbeitung, Handel, Haushalt) vorgenommen werden. Aus Sicht der agrarischen Primärproduktion haben züchterische Maßnahmen (Pflanze und Tier) die größte Nachhaltigkeit und sind langfristig angelegt (s. Frage 24).*

17 Welche Möglichkeiten sehen Sie, durch Zieldefinitionen, Nachhaltigkeitsindikatoren und Managementsysteme eine Minimierung von Treibhausgasemissionen zu erreichen? Wo sind hier die Grenzen und welche Rolle spielt dabei die Beratung der Betriebe?

18 Wie beurteilen Sie die Potentiale des Ökologischen Landbaus sowohl hinsichtlich der Reduktion von klimaschädlichen Emissionen als auch hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel und der Bindung von CO<sub>2</sub>?

*Hier wird weiterer Forschungsbedarf gesehen (z.B. Lachgasemissionen bei Freilandhaltung, Einfluss der Besonderheiten der Fütterung, wie z.B. Verzicht auf den Einsatz von kristallinen Aminosäuren zur optimalen Bedarfsdeckung), bevor verbindliche Aussagen möglich werden.*

*Da im ökologischen Landbau kein oder wenig Mineraldünger eingesetzt wird, sind die Emissionen auf die Fläche bezogen geringer als bei herkömmlicher Landwirtschaft. Da andererseits die Erträge vom Acker bzw. die Leistungen der Tiere meist niedriger sind, gleichen sich diese Vorteile auf das Produkt bezogen meist wieder aus.*

*Die in Abbildung 3 zusammengestellten CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke zeigen auch die Unsicherheiten der verschiedenen Autoren bezüglich der Bewertung von herkömmlichen und ökologischen Landbau.*

19 Das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie, den Stickstoffüberschuss bis 2010 auf 80 kg/ha zu begrenzen, wird deutlich verfehlt werden. Welche Möglichkeit sehen Sie, den Stickstoffüberschuss und die mit der Düngung einhergehende Emission von Lachgas zu verringern?

#### Bindung/Fixierung von Klimagasen

20 Wie sieht aus Ihrer Sicht die Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft aus, da die Branche ja nicht nur Klimagase emittiert, sondern diese auch in großem Umfang bindet?

21 Kann die Landwirtschaft einen höheren Beitrag zur langfristigen CO<sub>2</sub> – Fixierung (z.B. in Böden) leisten und wenn ja, wie?

22 Welche CO<sub>2</sub>-Mengen werden durch die Landbewirtschaftung in Deutschland wieder gespeichert und welche Möglichkeiten gibt es, diese CO<sub>2</sub>-Speicherfunktion der Landwirtschaft zu honorieren?

23 Pflanzen produzieren das organische Material, aus dem sie zur Hauptsache bestehen (Kohlenhydrate), selbst. Experimente unter kontrollierten Bedingungen haben gezeigt, dass bei optimaler Licht-, Nährstoff- und Wasserversorgung durch die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft der Ertrag noch gesteigert werden kann (CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt). Wie schätzen Sie diesen Befund ein und welche Möglichkeiten der Übertragung in die Landwirtschaft bzw. in den Gartenbau sehen Sie?

*Diese Entwicklung (Erhöhung des Pflanzennährstoffes CO<sub>2</sub> in der Luft von etwa 380 auf vielleicht 550 ppm oder mehr bis 2050) sollte strategisch durch die Pflanzenzüchtung berücksichtigt werden (s. Abb. 5; Erhöhung des Photosynthesepotenzials der Kulturpflanzen). Aus den zu erwartenden Entwicklungen (z.B. höhere Erträge, größere und stärkereichere Samen, die jedoch weniger Protein und verschiedene Spurennährstoffe enthalten können), können sich Konsequenzen für eine für eine ressourcenschonende und emissionsarme Tierernährung ergeben (Rationsergänzung mit entsprechenden Nährstoffen).*

24 Welche Potentiale sehen Sie in der Nutzung moderner Pflanzenzucht und -anbaumethoden zur Verbesserung der Klimabilanz der Landwirtschaft?

*Die Photosynthese bzw. die Erzeugung pflanzlicher Biomasse ist der Startpunkt jeder Nahrungskette (s. Abb. 1). Aus diesem Grund ist für mich die Pflanzenzüchtung mit der Zielstellung eines minimalen Einsatzes von begrenzt verfügbaren Ressourcen (wie Fläche, Wasser, fossile Energie, Phosphor u.a., s. Abb. 5) und der effektiven Nutzung der theoretisch unbegrenzt verfügbaren Ressourcen, wie z.B. Sonnenenergie, Stickstoff und Kohlendioxid aus der Luft sowie der Ideenreichtum von Natur und Mensch bei Kombinationen im pflanzlichen Genpool (s. Abb. 5) die größte Herausforderung für eine nachhaltige Ernährungssicherung und die Verbesserung der Klimabilanz. Sogenannte „Low Input Varieties“ können als*

*Startpunkt einer zweiten „Grünen Revolution“ betrachtet werden. Grundsätzliche Gedanken zu dieser Thematik wurden kürzlich vom „Scientific Committee for Agricultural Research“ (SCAR 2008) und von der britischen „Royal Society“ (2009) geäußert (s. Anlage 4)*

#### **Abbildung 5: Verfügbare Ressourcen je Einwohner und mögliche Potenziale für die Pflanzenzüchtung**

<b>Sonnenenergie, Licht</b>	~
<b>Stickstoff, Kohlendioxid (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)</b>	~ ↑
<b>Fläche</b>	↓
<b>Wasser</b>	↓
<b>Fossile Energie</b>	↓
<b>Mineralische Rohstoffe (z.B. P)</b>	↓
<b>Mögliche Kombinationen im Genpool</b>	↑

#### Anreize

25 Welchen Beitrag leistet der Agrarsektor für den Klimaschutz und wie ist er noch zu verbessern?

26 Einige Bundesländer haben bereits die 5-Prozent-Grenze für den Grünlandumbruch überschritten. Wo sehen sie Gefahren für einen weiteren Verlust von Grünland? Welche Maßnahmen empfehlen Sie, diesem Druck zu begegnen?

27 Wie wirkt sich die aktuelle Förderung der Landwirtschaft und der Betriebe auf die Treibhausgasemissionen aus? Welche Möglichkeiten sehen sie, durch die Agrarförderung eine Minimierung der Treibhausgasemissionen anzustoßen?

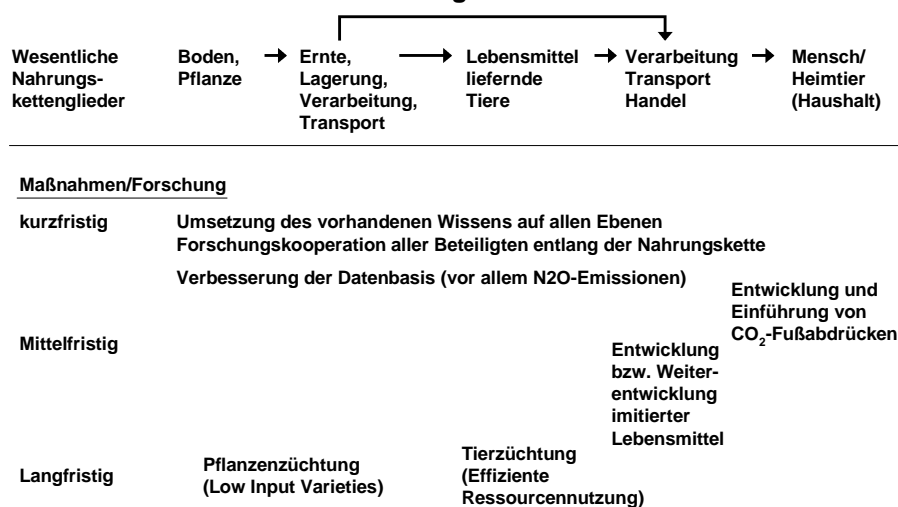
28 Welche Anreize sollten landwirtschaftlichen Betrieben gegeben werden, um mehr Klimaschutz zu leisten, auch im Hinblick auf die Agrarreform 2013?

29 Welche Anreizimpulse für weitere Klimaschutzmaßnahmen könnte die Bundesregierung – auch in Hinblick auf die Neuausrichtung der GAP nach 2013 – geben?

30 Welche Rolle sollten Klimaschutz, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Bindung bei der anstehenden Reform der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik spielen, und haben Sie Vorschläge für die konkrete Ausgestaltung?

*Alle Betrachtungen sollten entlang der Nahrungskette erfolgen. Es ist eine Einheit zwischen effizienter Ressourcennutzung und minimalen Emissionen anzustreben. Ein umfassendes Forschungsprogramm unter Berücksichtigung kurz-, mittel- und langfristiger Aufgaben sollte in D gemeinsam mit EU-Partnern etabliert werden (s. Abb. 6). Interdisziplinäre Forschungsansätze auf allen Ebenen sind erforderlich.*

**Abbildung 6: Beispiele für kurz-, mittel- bzw. langfristige Maßnahmen sowie Forschungsbedarf zur Effizienzsteigerung und zur Minimierung der Emissionen entlang der Nahrungskette**



*Außerdem möchte ich anregen, dass vor weitreichenden Entschlüssen auch kritische Stimmen zur Bedeutung der Gasemissionen für den Klimawandel in die Betrachtungen einfließen. In Anlage 5 wird eine entsprechende Auflistung gezeigt.*

### Verzeichnis der Anlagen

*Anlage 1: Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft und Treibhausgase - Nutztiere als „Opfer“ und „Mittäter“, Poster 25 im Tagungsband „Moderne Tierernährung – sicher, effizient und klimaschonend“, Tagungsband BMELV und FLI; Braunschweig, d. 13./14.Nov. 2008*

*Anlage 2: „Anmerkungen zum Fleischverzehr“ aus „Unsere zukünftige Ernährung unter besonderer Berücksichtigung von Lebensmitteln tierischer Herkunft – Was können wir uns (noch) leisten? Mühle und Mischfutter (2009), 146, S. 771-774 und 799-802*

*Anlage 3: CO<sub>2</sub>-Footprints for food of animal origin – Present stage and open questions. „Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit“, (2009), 4, S. 190-198*

*Anlage 4: Globale Ernährungssicherung: Was gibt es Neues? NovoArgumente 2010, Heft 105, im Druck*

*Anlage 5: „Der Klimawandel fällt aus“ NovoArgumente 2009, Heft 103, S. 49-55*



Anlage 1

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT  
**FLI**  
 Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
 Federal Research Institute for Animal Health

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

Gerhard Flachowsky und Sven Dänicke  
 Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsanstalt für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38118 Braunschweig,  
 e-mail: gerhard.flachowsky@fli.bund.de

---

### 1 Globale Herausforderung für die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft

Ansteigende Erdbevölkerung (auf ≈ 140 %) und höhere Einkommen in vielen Ländern werden bis zum Jahre 2050 etwa zu einer **Verdoppelung des Verbrauches an Lebensmitteln tierischer Herkunft** führen ( auf 180 % für Milch bzw. 203 % für Fleisch; FAO 2006).

### 2 Futterbedarf

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.

---

### 3 Einträge

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

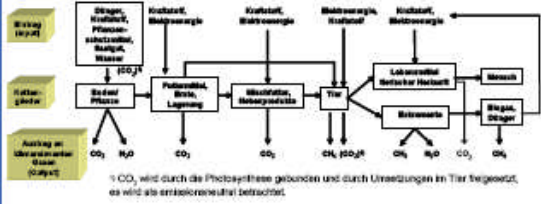


Abbildung 1: Wesentliche Elemente der Nahrungskette bzw. -netzwerkes „Lebensmittel tierischer Herkunft“ sowie ausgewählte Einträge von Ressourcen und Austräge von klimarelevanten Gasen

### 4 Klimarelevante Austräge

Durch Lebensmittel liefernde Tiere wird, vor allem durch Wiederkäuer, **Methan (CH<sub>4</sub>)** im Rahmen der Umsetzungen im Vormagensystem gebildet. Das ebenfalls **ausgeschiedene CO<sub>2</sub>** 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 (N<sub>2</sub>O; 0,5 – 10 % der N-Ausscheidung)**. Neben der **Proteinquelle** hängt die Höhe der Ausscheidungen vor allem vom **Leistungsniveau** der Tierproduktion ab, wie Tabelle 1 exemplarisch demonstriert. Außerdem zeigt Tabelle 1 CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Footprints) für verschiedene Proteinquellen.

Tabelle 1: N- und CH<sub>4</sub>-Ausscheidungen sowie CO<sub>2</sub>-Äquivalente je kg essbares Protein tierischer Herkunft bei verschiedenen Proteinquellen und Leistungshöhen

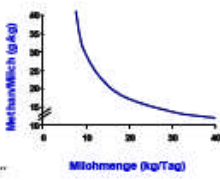
Proteinquelle	Leistungshöhe (je Tag)	Ausscheidung (kg/kg essbares Protein)		
		N	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> -Äquivalent
Milch	10 kg	0,65	1,0	30
	20 kg	0,44	0,6	16
	40 kg	0,24	0,4	12
Rindfleisch	1000 g	1,3	1,5	55
	1500 g	1,0	1,2	35
Schweinefleisch	700 g	0,7	0,08	12
	900 g	0,55	0,05	10
Geflügelfleisch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

---

### 5 Reduzierungspotenziale

Die Tierproduktion verfügt über ein beachtliches **Reduzierungspotenzial** zur weiteren Senkung von Ausscheidungen, von den nachfolgend exemplarisch einige Reduzierungsmöglichkeiten für Methan erwähnt sind:

- Höhere Leistungen der Tiere, Reduzierung der Tierzahlen
- Verbesserung der Tiergesundheit, weniger Tierverluste, kurze Aufzucht-dauer, lange Nutzungsdauer
- Möglichst exakte Bedarfsdeckung in Abhängigkeit von Tierart/-kategorie, Leistungshöhe u. a. (Überschüsse vermeiden)
- Noch präzisere Ermittlung des Bedarfes der Tiere
- Fütterungstechnik, Tierhaltung und Exkrementmanagement
- Betrachtung des „Gesamtsystems Rind“



Bei **niedrigen Leistungen** der Tiere sind die **Reduzierungspotenziale relativ höher als bei hohen Leistungen**

### 6 CO<sub>2</sub>äq-Footprints

Durch CO<sub>2</sub>-Footprints (CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke bei der Erzeugung) wird eine vergleichende Bewertung verschiedener Produkte (s. Tab. 1) und Erzeugungsformen sowie eine **Sensibilisierung von Erzeugern und Verbrauchern** zur weiteren Minimierung der Ausscheidungen von Treibhausgasen angestrebt. Die CO<sub>2</sub>-Footprints hängen von verschiedenen Einflussgrößen ab (z. B. Futterbau, Methan- und Lachgasbildung, sowie Leistungshöhe der Tiere). Es kann eingeschätzt werden, dass infolge der **Vielzahl der Einflussfaktoren** derartige Angaben **gegenwärtig wenig geeignet sind, um entsprechende Wertungen vorzunehmen**.

---

### 7 Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Lebensmittel liefernde Tiere

- Ansteigende Temperatur, höhere CO<sub>2</sub>-Konzentration und Witterungsunbilden (Unwetter, Sommertrockenheit u. a.) haben erhebliche Auswirkungen auf Futterwirtschaft und Tierproduktion
- Ausgewählte Auswirkungen auf Futterwirtschaft
  - Ertragsverluste bis -ausfall
  - Anderes Befallsmuster durch Schädlinge
  - Zusammensetzung und Futterwert der Futtermittel
  - Andere Futterpflanzen
  - Konsequenzen für Futtermittelwirtschaft
- Ausgewählte Auswirkungen auf Tierproduktion
  - Konsequenzen auf Futter-/Wasseraufnahme und Leistung
  - Kühlung im Stall, am Tier; Dachbegrünung
  - Zu erwartende „neue“ Tierkrankheiten
  - Weiterentwicklung von Fütterungs- und Haltungssystemen, Herausforderung für Tierzüchtung

### 8 Forschungsbedarf und Schlussfolgerungen aus der Sicht der Tierproduktion

- Effizienzsteigerungen in allen Gliedern der Nahrungskette (s. Abb. 1)
- Reduzierung der CH<sub>4</sub>- und N-Austräge durch zootechnische Maßnahmen (Tierernährung, -haltung, -züchtung, Exkrementmanagement u. a.)
- Bessere Quantifizierung der Ein- und Austräge in die Nahrungskette, Ökobilanz (s. Abb. 1)
- Umfassende Bewertung zu erwartender Klimaveränderungen auf Futterbau, Futterwert und praktische Fütterung
- Konsequenzen globaler Entwicklungen (z. B. Bedarf an Nahrungsmitteln, Bioenergie, Biotechnologie) auf die Intensität der heimischen Agrarproduktion



## Anlage 2

### Anmerkungen zum Fleischverzehr (Aus: „Unsere zukünftige Ernährung unter besonderer Berücksichtigung von Lebensmitteln tierischer Herkunft – Was können wir uns (noch leisten?)“)

Ein besonderer Diskussionspunkt und eine gewaltige Differenzierung zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen, Ländern bzw. Regionen bestehen im Verzehr an Lebensmitteln tierischer Herkunft, und dabei vor allem beim Fleischverzehr.

Auf die Frage, ob wir Lebensmittel tierischer Herkunft in unserer Ernährung benötigen, ist eigentlich mit „nein, aber ...“ zu antworten, da diese Lebensmittel beispielsweise:

- zu einer ausgeglichenen Ernährung (z. B. essenzielle Aminosäuren, verschiedene Spurennährstoffe, wie Eisen, Vitamine A und B<sub>12</sub> u. a.) beitragen,
- einen hohen Genusswert haben,
- in verschiedenen Ländern Ausdruck des sozialen Status (z. B. enge Beziehungen zwischen Einkommen und Fleischverzehr) sind.

Die Ausgewogenheit der menschlichen Diät kann deutlich verbessert werden, wenn von den empfohlenen 0,75–1 g Protein je kg Lebendmasse und Tag (nach [10, 11] ca. 60 g je Einwohner und Tag) etwa ein Drittel Protein tierischer Herkunft ist. Allerdings ist diese Ausgewogenheit auch durch eine optimale Supplementierung pflanzlicher Kost mit Aminosäuren und Spurennährstoffen möglich. Das Pro und Contra zum Fleischverzehr nahm vielleicht schon mit der Domestikation der Haustiere seinen Anfang, zumindest sind aus der Antike verschiedene Bewertungen bekannt.

Die Domestikation der Haustiere begann vor etwa 10000 Jahren und hat wesentlich zum Sesshaftwerden des Menschen und zur Entwicklung der verschiedenen Zivilisationen beigetragen. Fleischverzehr konnte damit vom Zufallserlebnis in Abhängigkeit vom Jagderfolg zum täglichen Ereignis werden. Schaf und Ziege wurden zuerst domestiziert.

Die Menschen der Frühzeit waren vor allem vom Rind fasziniert. Diese Tiere lieferten neben Milch auch Fleisch, außerdem Knochen für Angelhaken, Wurfspieße und Speere sowie Haut für Zelte, Boote und Kleidung. Rinder waren lange Zeit die nützlichsten Tiere, vor allem im Nahen Osten sowie in Ost- und Nordafrika, später aber auch bei den Griechen und Römern. Der Reichtum der Völker und auch die möglichen Kriegsbeuten wurden vor allem an den Tierbeständen gemessen. In Homers „Ilias“ ist beispielsweise über den Beutezug Nestors in Elis (Kreta) zu lesen: „Ungeheuer war damals die Beute, fünfzig Herden von Rindern, Schafen und Ziegen ...“ Später wird mitgeteilt, dass „der göttliche Sauhirt Eumaios auf Ithaka einen Hof mit 600 Mutter Schweinen und 300 Ebern betreibt, die jeden Tag in die fruchtbeladenen Eichenwälder getrieben werden“. „Massentierhaltung“ gab es demnach auch schon in der Antike.

Auch die Römer äußerten sich bei den Streifzügen durch Europa über die Viehhaltung in den eroberten Gebieten. So stellte Tacitus fest, dass sich „die Germanen freuen, wenn sie viel Vieh haben“, und dass „das ihr einziger und der ihnen willkommenste Reichtum ist“. Nach Cäsar „legen die Germanen auf Ackerbau keinen Wert, ihre Nahrung besteht zum großen Teil aus Milch, Käse und Fleisch“. Von größter Bedeutung dürften dabei die Schweine gewesen sein, die sich vor allem von Eicheln und Bucheckern ernährten.

In der Bibel wird die Einstellung zum Fleischverzehr auch kommentiert. Der Apostel Paulus hat sich sowohl vor den Römern als auch vor den Korinthern zum Fleischverzehr geäußert: „Der Starke glaubt, alles essen zu dürfen, der Schwache aber isst kein Fleisch. Auf Jesus, unseren Herren, gründet sich meine feste Überzeugung, dass an sich nichts unrein ist.“ (Röm. 14, 2, 14), „Speise aber wird uns nicht vor Gott bringen. Weder haben wir einen Nachteil, wenn wir Fleisch nicht essen, noch einen Vorteil,

wenn wir Fleisch essen. Seht aber zu, dass dieses Euer Freiheitsrecht nicht zum Anstoß für die Schwachen werde.“ (Kor. 8, 8–9)

Diese Äußerungen sind von großer Toleranz gekennzeichnet und sollten als Vorbild für manche gegenwärtig geführte Auseinandersetzung gelten.

Im Laufe der Jahrhunderte hat sich bei verschiedenen Religionen ein Verzicht auf den Verzehr bestimmter Fleischarten entwickelt, wie z. B. bei Juden/Moslems auf Schweinefleisch, nach dem 3. Buch Moses auf Schweine- und Kamelfleisch und bei den Hinduisten auf Kalb- und Kuhfleisch.

Die Gründe für einen Fleischverzicht können dabei vielfältig sein, z. B.:

- ethische Vorbehalte (z. B. Tötung eines Mitgeschöpfes),
- hygienische Aspekte (Trichinen, Verderb u. a.),
- Ressourcenverbrauch und andere Aspekte.

Gandhi beschreibt beispielsweise seine bzw. die Einstellung der Hindus zur Kuh folgendermaßen [12]: „Das charakteristische Merkmal des Hinduismus ist die Hochachtung, mit der die Kuh behandelt wird. Die Kuh zu beschützen, scheint mir eine der bewundernswürdigen Äußerungen des menschlichen Fortschrittes zu sein. Für mich ist die Kuh die Verkörperung der gesamten in-frahumanen Welt; sie versetzt den Gläubigen in die Lage, seine Einheit mit allem Leben zu erfassen. Es ist in meinen Augen eine Wahrheit, die sich von selbst versteht, dass die Kuh die natürliche Wahl als Symbol dieser Einheit sein muss. Die Kuh ist ein Gedicht der Nächstenliebe. Sie zu beschützen, heißt alle stummen Geschöpfe Gottes zu beschützen.“

Das Pro und Contra zum Fleischverzehr und die unterschiedlichen Motive zur Lebensmittelauswahl haben sich über die Jahrhunderte fortgesetzt.

Das Fasten (Reinigung/Askese) als völliger Nahrungsverzicht bis hin zum Verbot einzelner Speisen (z. B. Freitagsfisch = Verzicht auf vierfüßige Tiere) resultiert aus den verschiedenen Einstellungen zum Leben bzw. zum Lebensmittel.

Veganer oder Vegetarier verzichten vollständig auf Lebensmittel tierischer Herkunft bzw. akzeptieren keine Tötung von Tieren zur Lebensmittelgewinnung. Bei entsprechender Diätgestaltung sind derartige Ernährungsformen möglich. Bezüglich der Vegetarier ist anzumerken, dass Milch und Eier von Tieren erzeugt werden, bei deren Schlachtung (falls sie geschlachtet werden) am Ende der Produktionsperiode jedoch auch Fleisch anfällt.

Da weltweit infolge der gewachsenen Erdbevölkerung die Fleischerzeugung und der Fleischverbrauch anstiegen (s. Tab. 2), werden die Sorgen um den hohen Ressourcenverbrauch bei der Fleischerzeugung immer deutlicher artikuliert. In einem Vorwort zu Rifkin's „Imperium der Rinder“ [12] stellte E. U. von Weizsäcker fest: „(...) in unserer überbevölkerten Welt kommen auf zwei Menschen ein Rind“ (dies stimmt allerdings nicht, s. Tab. 5). „Es ist ein politischer Skandal, dass diese Viehherden hauptsächlich für die Reichen dieser Welt gehalten werden. Sollte sich eines Tages ein Dritter Weltkrieg an Nord-Süd-Konflikten entzündend, so wäre mit ziemlicher Sicherheit ein Landkonflikt über Rinderhaltung mit im Spiel. Der Norden könnte durch eine Verminderung des Fleischkonsums gewaltig zur Entspannung der Weltlage beitragen.“ Einstein formuliert seine Bedenken zum Fleischverzehr noch klarer: „Nichts wird die Chance auf ein Überleben auf der Erde so steigern, wie der Schritt zur vegetarischen Ernährung.“

Andere Autoren wiederum betonen den hohen ernährungsphysiologischen und vor allem den Genusswert von Fleisch und Fleischerzeugnissen.

An diesen Gegenüberstellungen wird deutlich, dass über Fleisch und Fleischverzehr schon viele Jahrhunderte diskutiert wird und dass sich unterschiedliche Einstellungen in verschiedenen Religionen widerspiegeln.

Der mittlere Fleischverzehr unterlag in Deutschland im Zeiten-

lauf erheblichen Schwankungen (zwischen 15 und 100 kg je Einwohner und Jahr), wobei manche Angaben nicht nachvollziehbar sind und vermutlich nur ausgewählte Bevölkerungsgruppen betreffen.

Global ist bis 2050 etwa mit einer Verdoppelung (von  $\approx 230$  auf  $\approx 465$  Mio. t) der Fleischerzeugung zu rechnen (FAO 2006); in Deutschland wird der Fleischverzehr langfristig von gegenwärtig knapp 60 auf deutlich  $< 50$  kg/Kopf und Jahr (nach Spiller 2010) in diesem Zeitraum zurückgehen.

## Anlage 3

J. Verbr. Lebensm. 4 (2009): 190–198  
 1661-5751/09/020190-9  
 DOI 10.1007/s00003-009-0481-6  
 © Birkhäuser Verlag, Basel, 2009

## CO<sub>2</sub>-Footprints for Food of Animal Origin – Present Stage and Open Questions

G. Flachowsky and S. Hachenberg

Institute of Animal Nutrition, Friedrich-Loeffler-Institute (FLI), Braunschweig

Correspondence to: Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, Institute of Animal Nutrition, Friedrich-Loeffler-Institute (FLI),  
 Federal Research Institute for Animal Health, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany,  
 Tel.: +49 531 596 3102, Fax: +49 531 596 3199, E-mail: gerhard.flachowsky@fli.bund.de

Received: March 6, 2009; accepted: March 12, 2009  
 Online First 12 April 2009

**Key words:** CO<sub>2</sub>-footprints, food chain, milk, meat, eggs.

**Abstract:** The environmental assessment of human activities is presently a hot topic. It is not only important from an ecological perspective, but also from the view of efficient utilization of limited natural resources such as fuel, land area, water and phosphorus. The environmental impact of food of animal origin is currently quantified by so-called CO<sub>2</sub>eq-footprints.

To define CO<sub>2</sub>eq-footprints, emissions arising along the food chain will be calculated according to their greenhouse potentials (carbon dioxide = 1 eq; methane ≈ 23 eq, laughing gas ≈ 300 eq). For the primary production of milk, meat and eggs, emissions during crop production, transportation, the storing and processing of feeds, animal keeping, enteric losses and excrement management can be mentioned as examples.

Data for CO<sub>2</sub>eq-footprints in literature for beef and pork/poultry meat presently vary between 7–30 and 2–7 CO<sub>2</sub>eq/kg empty body weight, respectively.

Currently there are different gaps which must urgently be closed before CO<sub>2</sub>eq-footprints can be specified correctly:

- Uniform reference basis (e.g. edible fraction or edible protein of animal origin),
- Clear definition of system borders,
- Standardisation of methods,
- further quantification of emissions along the food chain (esp. N<sub>2</sub>O, but also CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>),
- Improvement of knowledge to reduce emissions along the food chain; consequences of modern biotechnology.

At the present stage of knowledge, the ranking of food of animal origin and the introduction of CO<sub>2</sub>eq-taxes on the basis of CO<sub>2</sub>eq-footprints may lead to preliminary and possibly wrong conclusions for policy- and decision-makers. Furthermore, interdisciplinary cooperation between scientists working along the food chain is necessary to solve the problems and to develop

better and more reliable CO<sub>2</sub>eq-footprints.

**Zusammenfassung:** Die Bewertung der Umweltwirkung menschlicher Aktivitäten ist von großer Bedeutung. Sie ist nicht nur aus Umweltsicht wichtig, sondern auch aus Gründen einer effizienten Nutzung begrenzt verfügbarer Ressourcen, wie fossile Energie, Fläche, Wasser und Phosphor. Gegenwärtig wird versucht, so genannte CO<sub>2</sub>-Footprints (Fussabdrücke) für Lebensmittel abzuleiten und damit die Wirkung auf die Umwelt zu quantifizieren.

Die CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwerte werden auf der Basis der Emissionen entlang der Nahrungskette und unter Berücksichtigung des Treibhaus-Potenzials der Emissionen (CO<sub>2</sub> × 1 Äq, CH<sub>4</sub> × 23 Äq, N<sub>2</sub>O × 300 Äq) kalkuliert. Emissionen aus dem Pflanzenbau sowie bei Ernte, Transport, Lagerung, Aufbereitung, Tierhaltung, aus dem Verdauungstrakt der Tiere und beim Exkrementmanagement wurden bei der Kalkulation der CO<sub>2</sub>eq-Footprints für Milch, Fleisch und Eier berücksichtigt.

Die höchsten Werte wurden für Rindfleisch (7,0–30,0 kg CO<sub>2</sub>eq/kg Schlachttierleerkörper), gefolgt von Schweine- und Geflügelfleisch (2,0–7,0 kg CO<sub>2</sub>eq/kg) kalkuliert. Neben den Emissionen je kg Lebensmittel tierischer Herkunft wurden auch Daten je kg essbares Protein tierischer Herkunft abgeleitet.

**Tab. 1** Greenhouse gas emission, global and from Germany (Isermeyer et al., 2008).

Region	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O CO <sub>2</sub> eq (Bill. t/year)	Total	in %
World	31.9	6.0	3.1	41.4	100
Agriculture	7.6	3.1	2.6	13.4	32
Germany	0.87	0.05	0.06	1.00	100
Agriculture	n.s.	0.02	0.04	0.06	6 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 2–15% under consideration of factory caused emissions

**Tab. 2** CO<sub>2</sub>-emissions from manufacturing resources of various feeds (by various authors).

Feed	CO <sub>2</sub> -emission (kg/kg DM)	Authors
Roughages	0.07 <sup>1)</sup>	Bockisch et al., 2000
Pasture/Grass	0.22 <sup>1)</sup>	"
	0.10	Brunsch et al., 2008
	0.12–0.15	Kim and Dale, 2004
	0.10	Kraatz et al., 2006
Grass silage	0.24 <sup>1)</sup>	Bockisch et al., 2000
	0.09 <sup>1)</sup>	"
	0.12	Brunsch et al., 2008
	0.17	Kraatz et al., 2006
Corn silage	0.09 <sup>1)</sup>	Bockisch et al., 2000
	0.15 <sup>1)</sup>	"
	0.12	Brunsch et al., 2008
	0.15	Kraatz et al., 2006
Hay	0.09 <sup>1)</sup>	Bockisch et al., 2000
	0.25 <sup>1)</sup>	"
	0.12	Brunsch et al., 2008
	0.19	Kraatz et al., 2006
Concentrates	0.27	Abel, 1996
Tritical	0.19 <sup>1)</sup>	Bockisch et al., 2000
Corn	0.21 <sup>1)</sup>	"
Barley	0.31 <sup>1)</sup>	"
Wheat	0.26	Brunsch et al., 2008
	0.32 <sup>1)</sup>	"
	0.25–0.29	Kim and Dale, 2004
	0.20	Kraatz et al., 2006
	0.50 <sup>1)</sup>	Küstermann et al., 2007
	0.36 <sup>1)</sup>	"

<sup>1)</sup>CO<sub>2</sub> in organic farming

Es besteht die dringende Notwendigkeit, die Datenbasis zur Ableitung der CO<sub>2</sub>eq-Footprints zu verbessern. Ein Ranking der Lebensmittel tierischer Herkunft nach der Höhe der CO<sub>2</sub>eq-Footprints oder die Einführung von Emissionssteuern erscheint beim gegenwärtigen Kenntnisstand verfrüht und kann vermutlich zu falschen Schlussfolgerungen bei Politik- und Entscheidungsträgern führen. Zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>eq-Footprints erscheinen u. a. folgende Forschungsarbeiten notwendig:

- Einheitliche Referenzbasis (z.B. essbare Fraktion oder essbares Protein tierischen Ursprungs),
- Definition von Systemgrenzen,
- Standardisierung der Methoden,
- weitere Quantifizierung der Emissionen entlang der Nahrungskette (vor allem N<sub>2</sub>O, aber auch CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>),
- intensive Studien zur Emissionsminderung entlang der Nahrungskette, Einflüsse der modernen Biotechnologie.

Eine Kooperation von Wissenschaftlern, die entlang der Nahrungskette arbeiten, ist dringend erforderlich, um die Aussagen der CO<sub>2</sub>eq-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft zu verbessern und belastbarer zu gestalten.

## 1. Introduction

Efficient utilization of limited natural resources such as fuel, land area, water, phosphorus and further resources and the reduction of emission such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) or laughing gas (N<sub>2</sub>O) are main objectives of research and

**Tab. 3** Methane per kg dry matter in dependence on ration composition of ruminants (by various authors).

Concentrate (%)	% of gross energy intake	g/kg DM-intake
0	8 - 10	25 - 40
50	6 - 8	20 - 25
90	4 - 6	15 - 20

**Tab. 4** Methane emission by various animal species.

Animal group	Methane-emission	
	% of gross energy intake (average and range)	g/kg DM-intake (average and range)
Ruminants	6–8 (2–15)	20–25 (10–40)
Horses	2–3 (1–5)	6–8 (2–12)
Pigs <sup>1)</sup>	0.5 (0–2)	2–3 (0–8)
Poultry <sup>2)</sup>	(0–0.3)	(0–1)

<sup>1)</sup>Highest values in sows, lowest values in piglets<sup>2)</sup>Higher values with more fibre in diets (e.g. forage for laying hens, ducks, geese)**Tab. 5** Methane emissions from food producing animals in various regions (in Mio. t/year, Steinfeld et al., 2006).

Region	Methane-Emissions	
	Digestion	Excrement-Management
Africa and West Asia	15.2	0.9
India	11.8	1.0
China	8.8	3.8
Other Asia	8.0	1.1
North America	5.0	3.4
Middle and South America	21.2	1.4
Oceania and Japan	3.3	0.4
East Europe	5.7	1.4
Others	0.9	0.1
West Europe	5.7	4.1
Total	85.6	17.6

production activities of men. For example the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration increased from ≈ 280 (19<sup>th</sup> century) to 380 ppm (presently) and will probably increase to 550 ppm in 2050 (IPCC, 2006) because of burning of carbon from fuel and other activities. This increase is discussed in connection with global warming and climate change (IPCC, 2006). Presently the global greenhouse gas (GHG) emission is estimated to be about 41 billion tones (t) CO<sub>2</sub>-equivalents (CO<sub>2</sub>eq) per year (Tab. 1), about 32% come from agriculture.

The global growing rate is given with ≈ 1 billion tones CO<sub>2</sub>eq per year presently. This increase caused considerations to assess the emissions by so-called Life Cycle Assessments (LCA), also called ecobalances or CO<sub>2</sub>-footprints for manufacturing



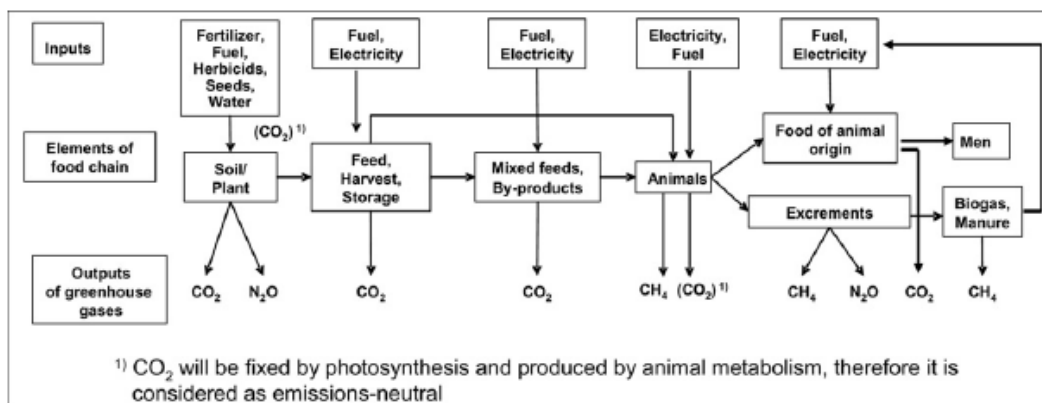


Fig. 1 Substantial elements of the chain to produce food of animal origin as well as selected inputs of resources and outputs of greenhouse gases.

Tab. 6 N<sub>2</sub>O-emissions in Germany from arable land and grassland in dependence of fertilising (Jungkunst et al., 2006).

Form of cultivation	Fertilizer	Number	Average	Minimum	Maximum
kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>					
Arable Land	-	9	1.35	0.04	2.50
	+	50	4.85	0.07	17.10
Grassland	-	16	1.18	0.10	3.40
	+	28	2.15	0.30	10.00

various products including food. CO<sub>2eq</sub>-footprints means the sum of all climate relevant emissions under consideration of their greenhouse potential such as 1 for CO<sub>2</sub>, 23 x CO<sub>2</sub> for CH<sub>4</sub> and ≈ 300 x CO<sub>2</sub> for N<sub>2</sub>O (IPCC, 2006). The footprints are given as CO<sub>2eq</sub> in gram or kilogram per product. The objective of the footprints is to sensitize producers and consumers for an efficient use of fossil carbon sources and to reduce greenhouse gas emissions per product. Presently some companies label already their products with such footprints. The objective of the paper is to introduce to footprints, to deduce CO<sub>2eq</sub> footprints for selected food of animal origin and to come to open questions and to further research need.

## 2. Fundamentals for CO<sub>2eq</sub>-footprints

Knowledge about the emissions of greenhouse gases along the food chain (value-added chain, Fig. 1) is the most important prerequisite for calculation of CO<sub>2eq</sub>-footprints. In the case of food of animal origin knowledge on emissions from manufacturing resources (plant production, harvesting, transportation, storage, conservation, processing in feed mills, animal keeping, etc.) and animal caused emissions from the digestive tract and the excrement management are fundamentals for further calculations.

## 2.1 Emissions from manufacturing resources

The value of CO<sub>2</sub>-emission from fuel depends on the intensity of farm management esp. from type and amount of fertilizer, but also from the plant yields and the expenditures for transportation, feed processing and animal keeping.

Tab. 2 summarizes some values of CO<sub>2</sub>-emissions from manufacturing resources for various feed by different authors. There is a considerable variation between feeds and authors. In most case organic farming shows lower CO<sub>2</sub>-emissions than conventional agriculture.

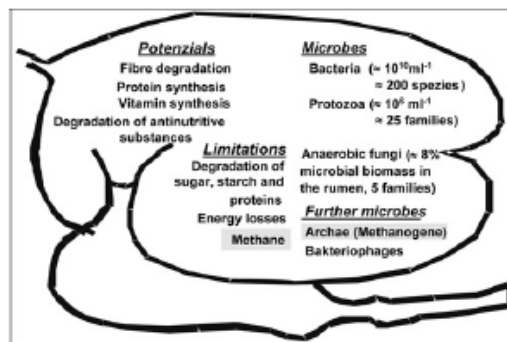


Fig. 2 Potentials, limitations and microbes in the rumen.



**Tab. 7** Calculation of emissions per cow and year (Parameters: body weight: 650 kg per cow, milk yield: 8000 kg per year, 1 calf per year, Daemmgen and Haenel, 2008).

Source of emissions	Emissions (kg per cow per year)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Fertilizer	210	5.5	1.1
Feed	83		1.2
Transport Treatment	43		
Rumen fermentation		119	
Fermentation of excrement management		19	0.9
Emissions from soil		- 1	1.8
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>143</b>	<b>5</b>
CO <sub>2</sub> -Equivalents (kg/cow and year) (g/kg milk) <sup>1)</sup>		5200	
		650	
CO <sub>2</sub> -Equivalents of emission (kg/cow)	336	3290	1500
(% of total emission)	6	65	29

<sup>1)</sup> without calf and heifer

**Tab. 8** CO<sub>2eq</sub> per kg milk in dependence on type of production (by various authors).

Type of production		Authors
Conventional (kg CO <sub>2eq</sub> /kg milk)	Organic (kg CO <sub>2eq</sub> /kg milk)	
0.40 (40 kg milk/day)		Own data (2008)
0.55 (20 kg kg milk/day)		
1.00 (10 kg kg milk/day)		
0.65 (not given)		Dämmgen and Hänel (2008)
0.83	0.84	Woitowicz (2007)
0.85	0.78	Hirschfeld et al. (2008)
0.89	1.13	Iepema and Pijnenburg (2001)
0.94	0.88	Fritsche und Eberle (2007)
0.97	1.13	Zijpp (2001)
0.99	0.94	Cederberg und Mattsson (2000)
1.06	1.23	DEFRA (2006)
1.30	1.30	Haas et al. (2001)
1.40	1.50	Thomassen et al. (2007)

0.12 kg CO<sub>2</sub> per kg dry matter (DM) of roughage and 0.22 kg CO<sub>2</sub> per kg DM of concentrate (average of some reviews, see Tab. 2) were used for further calculations of CO<sub>2eq</sub>-footprints.

Less data are available for CO<sub>2</sub>-emission for feed transportation and processing (Bockisch et al., 2000; Feil, 2005) as well as animal keeping (Bockisch et al., 2000; Brunsch et al., 2008; HEA, 1996; Hirschfeld et al., 2008).

## 2.2 Animal caused emissions

Methane is one of the most important greenhouse gas emissions from livestock production. Especially ruminants emit CH<sub>4</sub> as unavoidable natural by-product of rumen fermentation, because of their microbial settlement in the rumen (Fig. 2). On the other side and caused by the microbes, ruminants have very important potentials to convert cellulose and other low quality roughages as well as non-protein-nitrogen-

compounds (Fig. 2) in food of animal origin (e.g. milk and meat).

The methane amount depends on ration composition (Tab. 3) and added supplements with methane reduction potentials. Apart from ruminants nonruminants emit also methane, but to a much lower extend than ruminants (Tab. 4). About 40% of the global methane emission (≈ 240 Mio t) falls to animal husbandry. There are large differences between various regions (Tab. 5). Methane emissions arising from excrements may be reduced by utilization of excrements in biogas-fermenters.

Many papers were published about origin of methane, methane emission and influencing factors recently (e.g. Beauchemin et al., 2008; Flachowsky and Brade, 2007; Jouany, 2008; Kreuzer and Soliva, 2008; Tamminga et al., 2007). Therefore no further details should be discussed here.

Food producing animals do not excrete laughing gas. They excrete various N-sources with different propensity to ammonia (NH<sub>3</sub>)-formation (Fig. 3). For example ammonia is much faster coming from urea than from uric acid. Ammonia is a very important precursor for N<sub>2</sub>O-formation (Fig. 4), which depends mainly on microbial activities in the soil. Furthermore N<sub>2</sub>O-formation is influenced by source of N, soil quality, moisture, temperature and management of soil as summarized by Flachowsky and Lebzien (2007).

Normally the N<sub>2</sub>O-emission depends on amount of N-fertilization (Tab. 6), but there exist also studies, where the N-emission is independent on level of N-fertilization (Jungkunst et al., 2006; Roelandt et al., 2005). The N<sub>2</sub>O-emission may vary between 0 and about 10% of N-amount given to the land (Bockisch et al., 2000; Hirschfeld et al., 2008). Normally the IPCC-value of 1.25% of N is transferred to N<sub>2</sub>O-N in the soil (IPCC, 2006) is used for calculation of N-emissions from the soil. In some cases this average value may be wrong (Bockisch et al., 2000; Crutzen et al., 2007).

## 3. CO<sub>2eq</sub>-Footprints

The level of CO<sub>2eq</sub>-footprints for food of animal origin depends primarily on the system borders (Fig. 1); that means which emission sources will be considered for calculations. The intensity of production (e.g. conventional and organic farming) and the level of emissions also influence the CO<sub>2eq</sub>-footprints. Tab. 7 shows calculations for CO<sub>2eq</sub>-footprints for milk under consideration of fertilizer production, feeds, transport, processing, rumen fermentation and excrement management. Reproduction of cows, emissions from the previous achievements (e.g. machinery, cowshed etc.), further processing and trade of milk have been not considered in the calculation of Tab. 7.

All the factors mentioned above and further variables influence the level of CO<sub>2eq</sub>-footprints and their range as shown in Tab. 8 for milk by various authors (0.4–1.5 kg CO<sub>2eq</sub>/kg milk). In fact of the wide impact possibilities and the high variability the precisions of the data are unexpected.

Much higher variations are described for beef (Tab. 9 and 10). The values are influenced by body weight gain, feeding


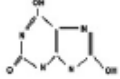


N-Source					Other
	Urea	Uric acid	Peptides, Proteins	Amino acids, Biogenic amines	Creatine, Hippuric acid, Allantoin etc.
Occurrence	Urine	Poultry-Urine (~ 75 % of the NPN)	Feces	Feces, Urine	Urine, Feces
Percentage of total N-excretion (%)	40 - 80	40 - 60	30 - 50	0 - 5	1 - 10
Enzyme for degradation	Urease	Uricase	Proteasen, Desaminasen	Desaminasen	various enzymes
NH <sub>3</sub> -development	very rapidly	slowly	slowly	rapidly	slowly till rapidly
Influencing factors on NH <sub>3</sub> -development	pH, temperature, time	temperature, time, moisture	temperature, time, moisture	temperature, time, moisture	temperature, time, moisture

Fig. 3 Important N-sources in excrements and their propensity to NH<sub>3</sub> - formation.

Tab. 9 Calculations of CO<sub>2eq</sub>-footprints for beef (150–550 kg body weight) in dependence on weight gain, feeding, Methane- and N-emissions (Flachowsky, 2008).

Weight gain (g/day)	Feed intake (kg/DM/ animal and day)	Portion concentrate (% of DM-intake) <sup>1)</sup>	Methane Emissions (g/kg DM)	N-excretion (g/day)	N <sub>2</sub> O-synthesis (% of N-excretion)	CO <sub>2eq</sub> (kg/kg)		
						Weight gain	Empty body gain	Edible fraction
500 (Pasture, no concentrate)	6.5	0	26	110	2	11.5	23.0	28.0
1000 (Indoor, grass silage, some concentrate)	7.0	15	24	130	1	5.5	11.0	13.8
1500 (Indoor, corn silage, concentrate)	7.5	30	22	150	0.5	3.5	7.0	9.0

<sup>1)</sup>CO<sub>2</sub>-Output: 120 kg/t roughage - DM

<sup>2)</sup> 220 kg/t concentrate - DM

Tab. 10 CO<sub>2eq</sub> per kg empty body gain of beef cattle in dependence on type of production (by various authors).

Type of production	Authors
Conventional (kg CO <sub>2eq</sub> /kg empty body gain)	
8.5	Reitmayer, (2005)
Organic (Beef cows)	
29.0	
8.7/10.1	Woitowicz, (2007)
10.2	
7.0 (1500 g daily weight gain)	
11.0 (1000g daily weight gain)	Own data, (2008)
23.0 (500g daily weight gain)	
11.5	Wechselberger, (2000)
13.3	Fritsche and Eberle, (2007)
15.8	DEFRA, (2006)
23.6	Casey und Holden, (2006)
36.4	Ogino et al., (2007)
(Beef cows, fattening bulls, 40% meat yield)	

and the system borders (Tab. 9). The highest values were measured with beef cows. The base for calculations such as body weight gain, empty body weight, edible fraction, meat or

edible protein has an important influence on the CO<sub>2eq</sub>-footprints. Once again, the grade of accuracy of the data raise to questions.

Similar calculations were done for pork, poultry meat and eggs (e.g. DEFRA, 2006; Fritsche and Eberle, 2007; Heissenhuber, 2008; Hirschfeld et al., 2008). The authors compared conventional with organic farming (Fig. 5). The results are characterized by a high variation between food sources and authors. There is no clear tendency concerning production system. Fritsche and Eberle (2007) calculated always lower CO<sub>2eq</sub>-footprints for organic farming, but there were no clear trends in the studies of all other authors (Fig. 5).

The main objective of animal husbandry in Europe and some other countries is the production of edible protein in milk, meat and eggs. Food of animal origin contains apart from important amino acids also many essential trace nutrients and is characterized by a high enjoyable value. Therefore animal protein may be considered as a base for calculation of CO<sub>2eq</sub>-footprints. From the scientific view edible protein seems to be a suitable parameter to compare various ways of animal production from the view of feed/resource efficiency and emissions. Tab. 11 summarizes protein yields of different

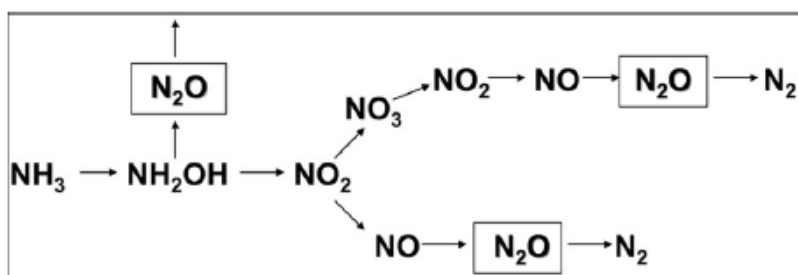


Fig. 4 Laughing gas (N<sub>2</sub>O) from ammonia (NH<sub>3</sub>) (Wrage et al., 2001).

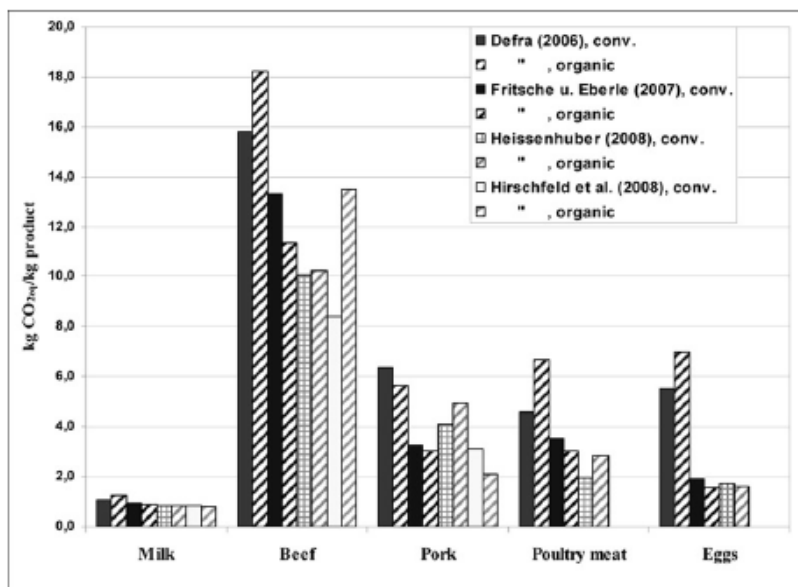


Fig. 5 CO<sub>2</sub>e footprints of food of animal origin from conventional and organic farming by various authors.

animal husbandry depending on their performances as well as their emissions per kg edible protein.

#### 4. Research need

The assessments and rankings of foods of animal origin on the base of CO<sub>2</sub>e-footprints on the present stage of knowledge (Fig. 5) may lead to preliminary and possible wrong conclusions for policymakers and deciders. Furthermore there could be the impression that all things are clear and there is no need for any further research. Therefore the following research activities can be seen to qualify and improve the CO<sub>2</sub>e-footprints:

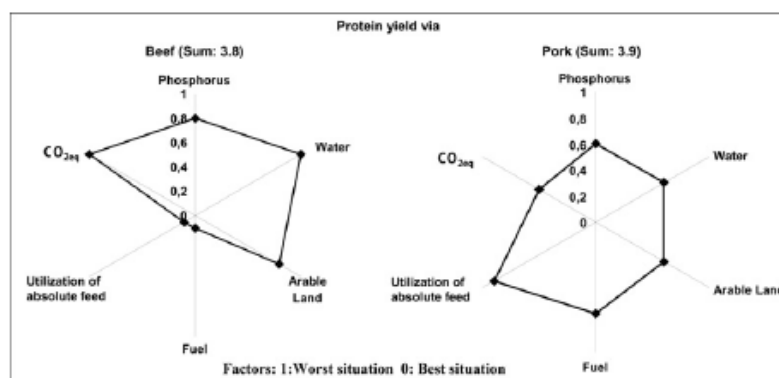
- Further quantification of emissions along the food chain under consideration of influencing factors such as:
  - Quantification of laughing gas emissions,
  - Quantification of manufacturing caused emissions,

- Improvement on knowledge on enteric and management caused methane emission,
- Standardization of methods, clear definition of system borders.
- Improvement of knowledge to reduce emissions along the food chain:
  - Lower CO<sub>2</sub>-emissions,
  - Reduction of N-excretion (esp. urea-excretions by animals),
  - Reduction of enteric methane emissions, using of excrements in biogas fermenter.
- Assessment and consequences of "modern" biotechnology on emissions.

A cooperation of animal scientists (e.g. nutritionists, breeders, veterinarians etc.) with scientists working in the fields of ecology and economy seems to be necessary to solve the problems and to develop better and loadable CO<sub>2</sub>e-footprints.

**Tab. 11** Production of edible protein of animal origin of various animal species/categories in dependence on animal performances (Flachowsky, 2002) and emissions per kg edible protein.

Protein sources (Body weight)	Performance per day	Parameters of feed intake		Edible fraction (%)	Protein in edible fraction (g/kg fresh matter)	Edible protein (g/day)	Emissions in kg per kg edible protein		
		Intake (kg DM per day)	Roughage: Concentrate, Ratio (on DM base, %)				N	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2eq</sub>
Dairy cow (650 kg)	10 kg milk	12	90/10	95	34	323	0.65	1.0	30
	20 kg milk	16	75/25						
	40 kg milk	25	50/50						
Dairy goat (60 kg)	2 kg milk	2	80/20	95	36	68	0.5	0.8	20
	5 kg milk	2.5	50/50						
Beef cattle (350 kg)	500 g <sup>1)</sup>	6.5	95/5	50	190	48	2.3	3.5	110
	1000 g <sup>1)</sup>	7	85/15						
	1500 g <sup>1)</sup>	7.5	70/30						
Growing /Fattening pig (80 kg)	500 g <sup>1)</sup>	1.8	20/80	60	150	45	1.0	0.12	16
	700 g <sup>1)</sup>	2	10/90						
	900 g <sup>1)</sup>	2.2	0/100						
Broilers (1.5 kg)	40 g <sup>1)</sup>	0.07	10/90	60	200	4.8	0.35	0.01	4
	60 g <sup>1)</sup>	0.08	0/100						
Laying hen (1.8 kg)	50% <sup>2)</sup>	0.10	20/80	95	120	4.8	0.6	0.03	7
	70% <sup>2)</sup>	0.11	10/90						
	90% <sup>2)</sup>	0.12	0/100						

<sup>1)</sup> Daily weight gain<sup>2)</sup> Laying performance**Fig. 6** Proposal of complex assessment of production of protein of animal origin on the base of beef and pork under consideration of various parameters.

But footprints are only one side to assess and compare various foods of animal origin. Apart from low emissions there is also a need for a more efficient use of limited natural resources such as arable land, water, fuel, phosphorus etc. Furthermore many products such as grass, straw and other by-products from agriculture and food industry may be effective used as feeds in animal nutrition. Therefore a more complex assessment of various forms to produce food of animal origin seems to be helpful and necessary. Fig. 6 shows on the base of a simple calculation such an example for beef and pork. Six factors were considered in the spider web (fuel, area, water, phosphorus, CO<sub>2eq</sub>-footprints and "absolute" feed). Situation 1 is considered as unfavourable, 0 would be the best situation. There is an urgent need for improvement of such models (considering of further factors, evaluation of factors, way of

calculation for total assessment etc.). A total assessment would be possible by addition of individual values (0 to 1) or by calculation of the area in the spider web. Coming back to the examples in Fig. 6 nearly the same total assessment value could be calculated for beef and pork under consideration of the values assumed in the simple model.

## 5. Conclusion

At the present stage of knowledge, ranking of food of animal origin on the basis of CO<sub>2eq</sub>-footprints may lead to preliminary and possibly wrong conclusions. Especially the precision of the already stated CO<sub>2eq</sub>-footprints needs to questions. The data base for CO<sub>2eq</sub>-footprints needs to be further improved before

they may contribute to the assessment of greenhouse gas emissions during the primary production of food of animal origin. Further factors as limited natural resources or utilization of grassland or agricultural/industrial by-products should be considered for a complex assessment of various production systems in future.

## 6. References

- Abel, H.-J. (1996) Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei verschiedenen Formen der Lebensmittelerzeugung. Schriftenreihe der Schaumann-Stiftung zur Förderung der Agrarwissenschaften, Hülseberger Gespräche 16:153–161.
- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'Mara, F., and McAllister, T. A. (2008) Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Austral J Exp Agric* 48:21–27.
- Bockisch, F.-J., Ahlgrimm, H.-J., Böhme, H., Bramm, A., Dämmgen, U., Flachowsky, G., Heinemeyer, O., Höppner, F., Murphy, D. P. L., Rogasiki, J., Röver, M., and Sohler, S. (2000) Bewertung von Verfahren der ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf Energieeinsatz und bestimmte Schadgasemissionen. *Landbau Völknerode*, SH 211, 206 S.
- Brunsch, R., Kraatz, S., Berg, W., and Rus, C. (2008) Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung auf der Grundlage von Energiebilanzen. *KTBL-Schrift* 463:115–125.
- Casey, J. W., and Holden, N. M. (2006) Greenhouse gas emission from conventional, agri-environmental scheme and organic Irish suckler – Beef Univ J Environm Quality 35 2:31–239.
- Cederberg, C., and Mattson, B. (2000) Life cycle assessment of milk production – A comparison of conventional and organic farming. *J Cleaner Prod* 8:250–260.
- Crutzen, P. J., Mosier, A. R., Smith, K. A., and Winiwarter, W. (2007) N<sub>2</sub>O-release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmos Chem Phys Discuss* 7:1191–1205.
- Daemmgen, U., and Hanel, H.-D. (2008) Emissions of greenhouse gases and gaseous air pollutants – a challenge for animal nutrition. *Proc Soc Nutr Physiol* 17:163–167.
- DEFRA (August 2006) Determination the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report ISO 205. Cranfield Univ. Silsoe Inst., <http://www.cranfield.ac.uk>
- Feil, A. (2005) IFF-Kolloquium 2005 – Sind Maßnahmen zur Reduzierung der Energiekosten denkbar? *Aufbereitungstechnik* 46:52–56.
- 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.
- Flachowsky, G. (2008) Treibhausgase und Ressourceneffizienz. Aspekte der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. *Ernährungsumschau* 55:414–419.
- Flachowsky, G., and Brade, W. (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskd* 79:417–465.
- Flachowsky, G., and Lebzien, P. (2007) Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase – Möglichkeiten der Tierernährung zur Emissionsminderung. *Übersicht Tierern* 35:191–231.
- Fritsche, R., and Eberle, U. (2007) Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. *Arbeitspapier, Öko-Institut e.V. Darmstadt*, 13 S.
- Haas, G., Wetterich, F., and Köpke U. (2001) Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in Southern Germany by process life cycle assessment. *Agricult Ecosyst & Environm* 83:43–53.
- HEA (Hauptverwaltungsstelle für Elektrizitätsanwendung e.V.) (1996) *Strom – Tips für Landwirte*. HEA (Hrsg.), Energieverlag GmbH, Heidelberg, S. 14 ff.
- Heissenhuber, A. (2007) *Ökonomische Aspekte einer energieeffizienten Landwirtschaft*. *KTBL-Vortragstagung*, 08./09.04.2008, Fulda, *KTBL-Schrift* 463:42–53.
- Hirschfeld, J., Weiß, J., Preicht, M., and Korbun, T. (2008) *Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland*. *Schriftenreihe des IÖW* 186/08, Berlin, 188 S.
- Iepema, G., and Pijnenburg, J. (2001) *Conventional versus organic dairy farming. A comparison of three experimental farms on environmental impact, animal health and animal welfare*. MSc thesis, Animal Production Systems Group, Wageningen University, The Netherlands.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006) *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 4, Agriculture, Forestry and other Land use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>.
- Isermeyer, F., Otte, A., Christen, O., Froberg, K., Hartung, J., Kirschke, D., Schmitz, M., and Sundrum, A. (2008): *Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik*. *Gutachten. Berichte über Landwirtschaft*, SH 116: 198 S.
- Jouany, J.-P. (2008) Enteric methane production by ruminants and its control. In: Andrieu, A., and Wilde, D. (eds.) *Gut efficiency: the key ingredient in ruminant*. Wageningen Academic Publ., 35–59.
- Jungkunst, H. F., Freibauer, A., Neufeldt, H., and Bareth, G. (2006) Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany – a synthesis of available annual field data. *J Plant Nutr and Soil Sci* 169:341–351.
- Kim, S., and Dale, B. E. (2004) Cumulative energy and global warming impact from the production of biomass for biobased products. *J. Industrial Ecol.* 7:147–162.
- Küstermann, B., Kainz, M., and Hülsebergen, K. J. (2007) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23:1–16.
- Kraatz, S., Berg, W., Küstermann, B., and Hülsebergen, K. J. (2006) *Energy and carbon balancing in livestock keeping*. *Proc World Congress: Agricultural engineering for a better world congress Bonn, 03.-07.09.2006*, VDI-Berichte Nr. 1958, VDI-Verlag Düsseldorf, 417–418.
- Kreuzer M., and Soliva C. R. (2008) *Nutrition: Key to methane mitigation in ruminants*. *Proc Soc Nutr Physiol* 17:168–171.
- Ogino, A., Orito, H., Shimada, K., and Hirooka, H. (2007) Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method. *Anim Sci J* 78:424–432.
- Reitmayr, T. (1995) *Entwicklung eines rechnergestützten Kennzahlensystems zur ökonomischen und ökologischen Beurteilung von agrarischen Bewirtschaftungsformen – Dargestellt an einem Beispiel*. *Agrarwirtschaft, Frankfurt/Main*, SH 147.
- Roelandt, C., van Wesemael, B., and Rounseveldt, M. (2005) Estimation annual N<sub>2</sub>O-emissions from agricultural soils in temperature climates. *Global Change Biol* 11:1701–1711.
- Steinfeld, D., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., and de Haan, C. (2006) *Livestock's long shadow*. Environmental issues and options. *Food and Agric. Org. of the UN (FAO)*, Roma. <http://www.virtualecentre.org/on/library/key.pub/longshad/AO701EEO.pdf>.
- Tamminga, S., Bannink, K., Dijkstra, J., and Zorn, R. (2007) *Feeding strategies to reduce methane loss in cattle*. *Animal Science Group, Wageningen*. UR, Rep. 34:44 p.
- Thomassen, M. A., van Calster, K. J., Smits, M. C. J., Iepema, G. L., and



- de Boer I. J. M. (2007) Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricult Systems*.
- Wechselberger, P. (2000) Ökonomische und ökologische Beurteilung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen und -systeme anhand ausgewählter Kriterien. *FAM-Bericht*, Shaker-Verlag, Aachen, 502 S.
- Woitowicz, A. (2007) Auswirkungen einer Einschränkung des Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren – dargestellt am Beispiel konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise. Diss., TU München, 237 S.
- Wrage, N., Velthof, G. L., Van Beusichem, M. L., and Oenema, O. (2001) Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology Biochemistry* 33:1723–1732.
- van der Zijpp, I. A. J. (2001) Animal production systems: on integration and diversity. Habilitation, Univ. Wageningen, The Netherlands.

---

To access this journal online:  
<http://www.birkhauser.ch/JVL>

---

## Anlage 4

*Manuskript NOVO-Argumente 105; 2010 (im Druck)*

### **Globale Ernährungssicherung: Was gibt es Neues?**

Von Gerhard Flachowsky

In den zurückliegenden Jahren sind verschiedene Publikationen von unterschiedlichen Arbeitsgruppen erschienen, die sich mit der Erzeugung und Bereitstellung ausreichender Mengen von Lebensmitteln auf globaler Ebene beschäftigen. Dabei variieren sowohl die von den verschiedenen Autoren unterstellten Ausgangsbedingungen und daraus resultierend auch die Schlussfolgerungen und Empfehlungen. Als Ursachen für die „Inflation“ derartiger Ausarbeitungen sind u.a. anzusehen:

- Dramatischer Anstieg der Erdbevölkerung von etwa 3 Mrd. (1961) auf etwa 6,7 Mrd. Menschen (auf etwa 220 Prozent des Ausgangswertes); Anstieg der landwirtschaftlichen Nutzfläche dagegen nur von 4,51 auf 4,94 Mrd. ha (auf etwa 110 Prozent); davon Ackerfläche von 1,27 auf 1,41 Mrd. ha (von 1961 bis 2007; FAOSTAT 2009)<sup>1</sup>
- Verfehlen des Millennium-Zieles „Halbierung der global Hungernden von etwa 800 auf 400 Mio. Menschen (bis 2015; festgelegt auf dem „World Food Summit, 1996), stattdessen z. Z. über 1 Mrd. Hungernde.
- Zeitweiser Anstieg der Lebensmittelpreise in verschiedenen Regionen/Ländern infolge der Verknappung von verfügbarem Getreide auf dem Weltmarkt (Bioenergie-Gewinnung, Ertragsschwankungen).
- Keine Lösung der Ernährungsproblematik für etwa 600 Mio. Menschen, die Subsistenz-Tierhaltung auf sehr niedrigem Niveau betreiben.
- Weiterer Bodenverlust durch Versalzung und Degradation, Begrenzung des Faktors Wasser.
- Verknüpfung der Landwirtschaft und dabei hauptsächlich der Tierhaltung mit klimarelevanten Emissionen und dem so genannten Treibhauseffekt.
- Vorbereitung und Durchführung der Welternährungskonferenz im November 2009 in Rom und des Weltklimagipfels im Dezember 2009 in Kopenhagen.

Verschiedene Autoren widmen dabei der Tierhaltung und besonders der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft (Milch, Fleisch, Eier, Fisch u.a.) besondere Aufmerksamkeit. In Verbindung mit diesem Aspekt ist vor allem die Ausarbeitung der Welternährungsorganisation (FAO) „Livestock´s long shadow“ (Steinfeld et al. 2006)<sup>2</sup> zu erwähnen. In diesem Papier erfolgt eine Bewertung der Landwirtschaft und dabei vor allem der Tierhaltung, die Anlass zum Nachdenken und Handeln ist. Beispielsweise werden etwa ein Drittel (etwa 14 Mrd. t CO<sub>2</sub>Äq) der jährlich global anfallenden Treibhausgase (etwa 42 Mrd. t CO<sub>2</sub>Äq) der Landwirtschaft zugeordnet (IPCC, 2007a, b)<sup>3</sup>.

Nach dieser Studie<sup>2</sup> erschienen von verschiedenen Organisationen bzw. Gruppen von Wissenschaftlern (z.B. IAASTD der UN, 2008a, b; World Bank 2008; The Wageningen Univ., 2008; SCAR 2008; The Royal Society 2009) Ausarbeitungen mit Gedanken und Anregungen zur globalen Ernährungssicherung. Zu ausgewählten Beispielen sollen nachfolgend einige Anmerkungen gemacht werden.

#### **FAO – Studie (Steinfeld et al. 2006)<sup>2</sup>**

Diese Ausarbeitung basiert auf einer Bilanzaufnahme unter besonderer Berücksichtigung der Emissionen aus der Tierhaltung und den daraus zu erwartenden Entwicklungen. Die weiter ansteigende Erdbevölkerung und höhere Einkommen in bevölkerungsreichen Entwicklungsländern<sup>4</sup> lassen bis 2050 nahezu einer Verdoppelung des Verbrauches an Lebensmitteln tierischer Herkunft erwarten. Daraus resultieren ein deutlicher Anstieg der

erforderlichen Futtermengen und/oder eine bessere Konvertierung der Futtermittel in nutzbare Tierprodukte.

„Livestock´s long shadow“ fand eine große Verbreitung in der Fachöffentlichkeit und teilweise auch in der Politik. In der Tagespresse brachte die Studie es sogar bis zu einem Bericht in der *New York Times*. Die Ausarbeitung stellt gewissermaßen einen Leitfaden für die weitere Gestaltung der Tierhaltung dar, obwohl sie diesem Anspruch nicht uneingeschränkt gerecht wird.

Zu bemängeln sind u.a. verschiedene „handwerkliche“ Schwächen, wie z.B. unbefriedigende Definition des Begriffes Ressourcen, wenn es um Ressourceneffizienz geht; die unkritische Übernahme des Begriffes Fleisch (Was ist gemeint? Fleisch, Schlachtkörpermasse, die die Knochen mit einschließt oder was?); welches Produktionsniveau wird bei „Organic farming“, also „Ökolandbau“, erwartet bzw. unterstellt? Zu erwähnen ist auch, dass etwa 60 Prozent der zitierten Literaturstellen (410 von 679 Quellen) aus nicht referierten Zeitschriften bzw. aus Vorträgen stammen und demnach kein Begutachtungssystem durchlaufen haben.

Über einen weiteren Nachteil dieser Ausarbeitung kann nur spekuliert werden: Das negative Image der Landwirtschaft, das diese Studie bei potenziellen Geldgebern hinterlässt, könnte dazu führen, das dringend benötigte Mittel nicht in die Landwirtschaft und auch nicht in die Agrarforschung und noch weniger in die Tierhaltung fließen, sondern image- bzw. profitträchtigeren Bereichen (z.B.....) bereitgestellt werden.

#### **IAASTD-Ausarbeitung der Vereinten Nationen (UN, 2008a,b)<sup>5</sup> und Studie der Weltbank (2008)<sup>6</sup>**

Die IAASTD-Ausarbeitung, auch als Weltagrарbericht bezeichnet, und die Studie der Weltbank wurden von zusammengesetzten Expertengruppen im Auftrag der Vereinten Nationen erarbeitet. Beide Studien nehmen eine internationale Bewertung der landwirtschaftlichen Kenntnisse sowie von Wissenschaft und Technologie für Entwicklung vor und kommen zu der Einschätzung, dass es so wie bisher (business as usual) nicht weiter gehen kann. Die globale Lebensmittelunsicherheit wird als chronisches Problem . Forschung und Entwicklung werden als vitale Voraussetzungen für die weltweite Entwicklung der Landwirtschaft angesehen. Die ständige Verbesserung der Pflanzen durch züchterische Maßnahmen ist von großer Bedeutung, die Effekte können jedoch überwiegend nur auf fruchtbaren Böden mit gutem Wassermanagement umgesetzt werden.

Während die IAASTD-Ausarbeitung auch soziale, ökonomische, politische und ökologische Aspekte (Multifunktionalität der Landwirtschaft) in die Schlussfolgerungen einfließen lässt, sieht der Report der Weltbank in der Kombination von züchterisch verbesserten Kulturpflanzen und verbesserter landwirtschaftlicher Praxis die größten Effekte.

#### **Studie der Universität Wageningen (NL; Koning et al, 2008)<sup>7</sup>**

Von einem interdisziplinären Team der Universität Wageningen – es waren u.a. die Fachdisziplinen Nutzpflanzenwissenschaften, Agrarökonomie und Lebensmittelqualität vertreten – wurde eine Ausarbeitung vorgelegt, die sich ausgehend von historischen Betrachtungen u.a. mit der gegenwärtigen und zukünftigen globalen Ernährungssituation beschäftigt. Die Autoren setzen sich sowohl mit fachlichen Aspekten der Erzeugung von Lebensmitteln pflanzlicher und teilweise auch tierischer Herkunft als auch mit sozialen und politischen Themen auseinander. Die Autoren beklagen die gegenwärtige Situation, vor allem in Entwicklungsländern, zeigen aber keine prinzipiellen Lösungsansätze zur Überwindung dieser Situation auf. Die Menge an pflanzlicher Biomasse (Phytomasse), die in der Tierernährung zum Einsatz kommt (etwa 80 Prozent der vom Menschen genutzten Phytomasse wird weltweit an Nutztiere verfüttert) und die Intensität der Umwandlung in Lebensmittel tierischer Herkunft werden in der Studie nicht tiefgründig analysiert, was vermutlich aus der Zusammensetzung der Bearbeitergruppe resultiert.

Gewisse Aufmerksamkeit widmen die Autoren auch dem Flächenbedarf für die Futtererzeugung der Heimtiere (etwa 10 Prozent der Fläche in den Niederlanden) und dem Umgang der Verbraucher mit Lebensmitteln (10–15 Prozent wandern in den Niederlanden in den „Biomüll“).

Auf der Basis der natürlichen Ressourcen (wobei die verwendeten Zahlen teilweise von den Daten anderer Autoren erheblich abweichen – (z.B. 7,6 Mrd. ha landwirtschaftliche Nutzfläche, davon 3,5 Mrd. ha Ackerland und 4,1 Mrd. ha Grasland; globale Landoberfläche: 13,4 Mrd. ha), werden umfangreiche Kalkulationen zur möglichen Erzeugung von pflanzlicher Biomasse vorgenommen. Überraschend sind auch die Aussagen, dass die Weltlandwirtschaft (unter Einbeziehung aller verfügbaren Flächen einschl. der Wälder) 72 Mrd. Tonnen Getreideäquivalente (gegenwärtig etwa 7 Mrd.t) erzeugen könnte. Diese Menge würde ausreichen, täglich für 47 Mrd. Menschen 4,2 kg Getreideäquivalente bereit zu stellen.

Beim Lesen der Studie entsteht teilweise der Eindruck, dass es den Autoren um das Aufzeigen potentieller Möglichkeiten und weniger um realistische Ansätze geht. Die Studie liefert auch keine Lösungsansätze für die etwa 600 Mio. „Smallholder farmers“, meist landlose Kleinbauern, die mit wenigen Tieren um ihr Überleben und das ihrer Familie kämpfen.

### **Ausarbeitung der EU-Kommission (SCAR 2008)<sup>8</sup>**

Der Ständige Ausschuss für Agrarforschung (SCAR 2008) hat sich kürzlich grundsätzlich zu den Konsequenzen der Klimaänderungen und der begrenzt verfügbaren Ressourcen für die Ernährungssicherung und die Agrarforschung geäußert. Die Bewertung erfolgte vor allem auf Grundlage der Aussagen von der FAO und dem IPCC, so dass auch bei den Schlussfolgerungen und Empfehlungen keine wesentlich neuen Akzente zu erwarten waren. Die EU erwartet einen verstärkten internationalen Wettbewerb um Fläche und Wasser. Mitte des Jahrhunderts soll dieser Wettbewerb zunehmend auch um Phosphor und fossile Energie stattfinden. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei dem Phosphor gewidmet, ohne zu berücksichtigen, dass erhebliche Unterschiede zwischen den momentan ökonomisch erschließbaren globalen Phosphorvorräten und dem potenziell vorhandenen Phosphor bestehen.

Bemerkenswert ist die Einschätzung von SCAR, dass die Patentierung des Wissens durch große Unternehmen den freien Wissensfluss und damit die Züchtungsforschung weitgehend verhindert und somit fundamentale Dinge der menschlichen und gesellschaftlichen Entwicklung wesentlich beeinflussen. Die Regierungen und internationale Gremien sind diesbezüglich gefordert. Zu einer analogen Einschätzung kam die Royal Society (2009)<sup>10</sup>. SCAR (2008) beklagt die Situation, dass Wissenschaft und Technologie in den 27 EU-Ländern sehr unterschiedlich entwickelt sind und dass kein integrativer Ansatz bzw. kein wissenschaftliches Netzwerk zur Bewältigung der Herausforderungen innerhalb der EU gegenwärtig möglich ist. Trotz dieser Einschätzung leitet SCAR am Ende der Ausarbeitung Forschungsbedarf in den Bereichen Züchtung, Tierernährung, Ressourceneffizienz etc. ?? ab und macht Prioritätensvorschläge für die Abarbeitung.

### **Beiträge und Schlussfolgerungen des FAO-Meetings „How to feed the world in 2050“ (Rom, Juni 2009) und der Welternährungskonferenz (Rom, November 2009)**

In mehreren Beiträgen analysierten die Referenten auf beiden Veranstaltungen die gegenwärtige Ernährungslage und versuchten unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren (z.B. Flächen- und Wasserverfügbarkeit, mögliche Klimaänderungen, Bedeutung der Bioenergie) Kalkulationen für die Ernährung von 9,1 Mrd. Menschen im Jahr 2050 vorzunehmen.

In den Schlussfolgerungen wird im Wesentlichen von der bisherigen Entwicklung extrapoliert (Anstieg der Erdbevölkerung erfordert Erhöhung der Weltgetreideernte von jährlich 2,1 auf etwa 3 Mrd. t und Erhöhung der Fleischerzeugung von 270 auf etwa 470 Mio. t). Hunger und Unterernährung können nicht vollständig ausgeschlossen werden, zumal die möglichen Klimaänderungen, die weiter ansteigende Bioenergiegewinnung und unklare Preisentwicklungen für pflanzliche Rohstoffe als unplanbare Risiken für eine langfristige Ernährungssicherung anzusehen sind.

Es ist bedauerlich, dass sich die Autoren nicht klarer zu den Wurzeln des Dilemmas (vorhandene Kenntnisse – mangelnde Umsetzung) bekennen bzw. deren Beseitigung einfordern. Eine öffentlich geförderte Pflanzenzüchtung (Entwicklung von „Low Input

Varieties“, s. Beitrag der Royal Society<sup>10</sup>) sollte auch die Farmer in den weniger begünstigten Regionen der Erde in die Lage versetzen, ausreichend pflanzliche Biomasse für die Menschen und die für eine optimale Humanernährung (etwa 20 g Eiweiß tierischer Herkunft je Erwachsenen und Tag) und andere tierische Leistungen (z.B. Zugkraft) erforderlichen Tierbestände zu erzeugen. Teilweise wird zwar in den Dokumenten in Frage gestellt, ob die gegenwärtigen Investitionen zur Lösung der Gesamtproblematik ausreichen, zwingende Schlussfolgerungen bzw. Empfehlungen werden jedoch nicht abgeleitet. Zuzustimmen ist der Schlussfolgerung, dass kurzfristige und langfristige Programme zur Hungerbekämpfung umzusetzen sind und dass dazu der politische Wille notwendig ist. Etwas unklar bleiben allerdings die Inhalte dieser Programme.

### **Potenzial imitierter Lebensmittel (Aiking et al. 2006)<sup>9</sup>**

Die Bemühungen zum Ersatz von Lebensmitteln tierischer Herkunft durch sogenannte imitierte, aus Pflanzenbestandteilen hergestellte Lebensmittel, sind nicht neu. Bereits in den 60er und 70er Jahren gab es Ansätze zur Erzeugung derartiger Produkte, „Soja-Milch“ hat sich zwischenzeitlich auf dem Markt (allerdings mit hohen Preisen) etabliert. In ihrer Ausarbeitung beschäftigen sich Aiking et al. (2006) vor allem mit dem Ressourceneinsatz und Umweltaspekten bei der Erzeugung von Fleischimitaten („Pigs or Peas?“). Eine multidisziplinäre Forscherinitiative, bestehend aus Ökologen, Ökonomen, Politikwissenschaftlern, Technologen, Psychologen, Biologen und Chemikern, unterstützt von „The Netherlands Organisation for Scientific Research NWO“ nimmt in der Ausarbeitung, die als PROFETAS (Protein, Foods, Environment, Technology And Society) bezeichnet wurde, interessante Kalkulationen und Ableitungen, vor allem zu Ersatzmöglichkeiten von Schweinefleisch, vor. Dabei sind die unterstellten Daten allerdings häufig zu hinterfragen. In Auswertung der verschiedenen Vergleiche konnten die Autoren feststellen, dass die imitierten Lebensmittel nährstoffökonomische (u.a. geringerer Flächenbedarf, niedrigerer Ressourceneinsatz wie Wasser und fossile Energie) und ökologische Vorteile (u.a. geringere feste und gasförmige Emissionen) gegenüber den vom Schwein stammenden Lebensmitteln aufwiesen, dass sie jedoch aus unterschiedlichen Gründen (z.B. Aussehen, Schmackhaftigkeit, Sensorik, fehlende „Fleisch-Ähnlichkeit“) in den verschiedenen Verzehrstests von den meisten Testprobanden nicht akzeptiert wurden. Allerdings kann sich bei adäquaten Tests in Entwicklungsländern ein anderes Bild ergeben. Gegenwärtig sind die angebotenen Imitate meist noch erheblich teurer als die Vergleichsprodukte vom Tier. Unter Berücksichtigung der globalen Situation ist allerdings zu erwarten, dass durch interdisziplinäre Forscherteams auf dem Gebiet der imitierten Lebensmittel tierischer Herkunft weitere Entwicklungen erfolgen werden.

### **Ausarbeitung der „Royal Society“ (2009)<sup>10</sup>**

Die „Royal Society“, ein honoriges Wissenschaftler-Gremium in Großbritannien (Präsident: Lord Rees of Ludlow) hat kürzlich (Oktober 2009) ein strategisch bedeutsames Papier unter dem Titel „Reaping the benefits – Science and the sustainable intensification of global agriculture“ veröffentlicht. In dieser Studie (Vorsitz: Sir David Baulcombe, Professor für Botanik an der Universität Cambridge in Großbritannien) wird überzeugend herausgearbeitet, dass die gegenwärtigen Probleme der globalen Ernährungssicherung nicht der privaten Wirtschaft und Forschung überlassen werden können, sondern dass die Regierungen und die öffentlich geförderte Forschung gefragt sind. Ausgehend von einer Analyse der gegenwärtigen Ernährungssituation bewerten die Autoren die Herausforderungen für die zukünftige Pflanzenproduktion, analysieren Entwicklungen in den biologischen Wissenschaften und ihre positiven Potenziale für den Nahrungspflanzenanbau. Konsequenzen und mögliche Komplikationen der Umsetzung der Innovationen beim Nahrungspflanzenanbau auf Die Autoren stellen dabei die Ausnutzung der Sonnenenergie, die sehr gering ist, und die für die Photosynthese in den Pflanzen erforderlichen Substrate (wie z.B. Kohlendioxid, Stickstoff, Wasser und verschiedene Spurennährstoffe) in den Mittelpunkt der Betrachtungen und fordern ein Umdenken in der Pflanzenzüchtung einschließlich der Anwendung der Biotechnologie.



Die Autoren schätzen ein, dass in einem Zeitraum von etwa 10 Jahren mindestens zusätzlich 2 Mrd. Pfund Sterling (etwa 2,2 Mrd. Euro) zu den gegenwärtig bereitgestellten Mitteln für entsprechende Forschungen erforderlich sind, um einen nachhaltigen Beitrag zur globalen Ernährungssicherung leisten zu können. Internationale Programme sollten vor allem die Forschung mit Hirse und Reis fördern, während die britischen Prioritäten auf Weizen, aber auch auf Gerste, Raps, Kartoffeln und verschiedene Gemüsearten setzen sollten. So genannte „Low Input Varieties“ mit verbesserter photosynthetischer Effizienz und/oder der Möglichkeit der Bindung von Luftstickstoff, erhöhten Erträgen, verbesserten Resistenzen gegenüber biotischen und abiotischen Stressoren, effektiverer Wassernutzung und anderen Eigenschaften sollten die Ziele der Pflanzenzüchtung sein. Diese Zielstellung wird somit dem Titel der Ausarbeitung „Nachhaltige Intensivierung der globalen Landwirtschaft“ vollkommen gerecht.

Etwa 50 Jahre nach der ersten „Grünen Revolution“ erachten die Autoren die Zeit als reif für eine zweite „Grüne Revolution“ bzw. für eine Umsetzung des in den Forschungslaboratorien der Welt angereicherten Wissens zum Wohle der Allgemeinheit und nicht nur zum Eigennutz einzelner Gruppen. Diese Pflanzenzüchtungs-Initiative soll „natürlich“ unter britischer Führung erfolgen. Später dürfen/sollen EU-Partner eingebunden werden.

Die Initiative der „Royal Society“ ist gegenwärtig sicher die kritischste und konstruktivste Ausarbeitung zur Beseitigung globaler Imbalancen bei der Ernährungssicherung. Sie setzt bei der Pflanzenzüchtung und damit an der „Wurzel der Erzeugung von Biomasse“ an. Alle weiteren Prozesse, ob sie sich mit der Aufbereitung der Rohstoffe zu Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft oder zu Futtermitteln für die Tierernährung beschäftigen, benötigen die Bereitstellung ausreichender Mengen qualitativ hochwertiger pflanzlicher Rohstoffe.

### Bewertung und Schlussfolgerungen

Obwohl die verschiedenen Ausarbeitungen die Problematik der globalen Ernährungssicherung in unterschiedlicher wissenschaftlicher Breite und Tiefe abarbeiten, gelangen fast alle Gruppen zu der Einschätzung, dass eine nachhaltige Intensivierung Voraussetzung für die Lösung der Problematik ist. Während sich die meisten Ausarbeitungen von „aktuellen“ Zwängen (ansteigende Preise für Rohstoffe, höherer Bedarf aus unterschiedlichen Gründen u.a.) leiten lassen, wird in den Ausarbeitungen der Royal Society<sup>10</sup> und partiell des SCAR<sup>8</sup> die Pflanzenzüchtung mit der Zielstellung der effektiveren Nutzung des Potenzials der Photosynthese und aller begrenzt verfügbaren Ressourcen (wie Fläche, Wasser, fossile Energie, verschiedene Pflanzennährstoffe u.a.) als Ausgangspunkt zur Lösung des bedeutsamen Problems globale Ernährungssicherung angesehen. Dabei kommt auch zum Ausdruck, dass dies kein Selbstläufer ist, sondern dass eine gesellschaftliche Umorientierung auf dem Gebiet der Züchtungsforschung notwendig ist. In der nachfolgenden Übersicht wird eine Auflistung verschiedener Potenziale für eine effektive Pflanzenzüchtung vorgenommen.

Variation im genetischen Pool	↑
Pflanzennährstoffe in der Atmosphäre (N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> )	↑↔
Sonnenenergie	↔
Landwirtschaftliche Nutzfläche	↓
Wasser	↓
Fossile Energie	↓
Mineralische Pflanzennährstoffe	↓

### Potenziale zur Erzeugung pflanzlicher Biomasse und ihre Verfügbarkeit je Einwohner bei zunehmender Erdbevölkerung bzw. ansteigendem Nahrungsbedarf (↑ Anstieg, ↓ Abfall, ~ kein wesentlicher Einfluss)

Mehr pflanzliche Biomasse stellt die Voraussetzung für alle weiteren Verarbeitungs- und Veredlungsprozesse dar. Unbenommen davon sind die Bemühungen um einen ressourcenschonenden Umgang bei der Ernte und Lagerung des Pflanzenmaterials und bei der Konvertierung der Futtermittel in essbare Tierprodukte zu intensivieren. Veränderungen

an Lebensmittel liefernden Tieren, die eine effektivere Umwandlung der Futternährstoffe in Milch, Fleisch und Eier bzw. essbares Protein tierischer Herkunft ermöglichen (wie z.B. geringerer Erhaltungsbedarf der Tiere bzw. günstigere Relation zwischen Leistungs- und Erhaltungsbedarf, bessere Verdaulichkeit der Nährstoffe, erhöhter Proteinansatz usw.) sollten ebenso in die Überlegungen zur globalen Ernährungssicherung einbezogen werden wie die Verbesserung der Tiergesundheit und die Verminderung von Tierverlusten. Welche Schlussfolgerungen lassen sich sonst noch ziehen? Die vorgenommenen Kurzeinschätzungen einiger Ausarbeitungen können natürlich nicht vollständig sein. Auch weitere Beiträge auf Tagungen oder in wissenschaftlichen Zeitschriften (seit 2009 wird von Springer, Dordrecht, Niederlande, die Zeitschrift „Food Security“ herausgegeben) enthalten interessante Ideen und können Anregungen für praktisches Handeln vermitteln. Neu und überaus erfreulich ist auch, dass Kollege Joachim von Braun nach acht Jahren erfolgreicher Arbeit am Internationalen Food Policy Research Institute (ISPRI) in Washington zu Jahresbeginn an das Zentrum für Entwicklungsforschung in Bonn zurückkehrte und der deutschen Arbeit auf diesem Gebiet sicher neue Impulse verleihen wird.<sup>11</sup>

Prof. Gerhard Flachowsky war langjähriger Leiter des Institutes für Tierernährung am Friedrich-Loeffler Institut (FLI) in Braunschweig. Gegenwärtig ist er u.a. Mitglied des Panels für gentechnisch veränderte Organismen (GMO-Panel) der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und Sachverständiger der Global Feed Initiative der Welternährungsorganisation (FAO)

### Anmerkungen

<sup>1</sup> FAOSTAT: Food and agricultural commodities production, 2009, Available online: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

<sup>2</sup> H.Steinfeld/P.Gerber/T.Wassenaar/V.Castel/M.Rosales/C.de Haan: Livestock´s long shadow: Environmental issues and options. – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom, 2006, 406S.

<sup>3</sup> IPCCa and b: a) Climate Change 2007a; Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of the WG II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Available online:

[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg2\\_report\\_impacts\\_adaptation\\_and\\_vulnerability.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm).

b) Summary for Policy Makers.2007b; Contribution of the WG II, Available online:

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-spm.pdf>

<sup>4</sup> M.A.Keyzer / M.D.Merbis / I.F.P.W.Pawel / C.F.A.van Weesenbek: Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? Ecological Economics 55 (2005) 187-202.

<sup>5</sup> IAASTDa and b: a) International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development: Executive summary of the synthesis report. 2008a, Available online: [http://www.agassessment.org/docs/IAASTD\\_EXEC\\_SUMMARY\\_JAN\\_2008.pdf](http://www.agassessment.org/docs/IAASTD_EXEC_SUMMARY_JAN_2008.pdf).

b) Agriculture at a crossroads: Global summary for decision makers. 2008b, Available online: [http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads\\_Global%20Summary%20for%20Decision%20Makers%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Global%20Summary%20for%20Decision%20Makers%20(English).pdf)

<sup>6</sup> World Bank: World development report 2008: Agriculture for development, The international Bank for Reconstruction and Development, Available online:

<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/EXTWDRS/EXTWDR2008/0,,menuPK:2795178-pagePK:64167702-piPK:64167676-theSitePK:2795143.00html>

<sup>7</sup> N.B.J.Koning / M.K.Van Ittersum / G.A.Becx et al: Long-term global availability of food: Continued abundance or new scarcity? NJAS 55-3, 2008, 229-291.

<sup>8</sup> SCAR (EU Commission – Standing Committee on Agricultural Research): New challenges for agricultural research: Climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems. The 2<sup>nd</sup> SCAR Foresight Exercise, Brüssel, Dez. 2008, 112 S.

<sup>9</sup> H.Aiking / J.de Boer / J.Vereijken: Sustainable protein production and consumption: Pigs or peas?, Environment & Policy, Vol. 45, Springer Dordrecht, NL, 2006, 226 S.

<sup>10</sup> The Royal Society: Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. RS Policy document 11/09, Oct. 2009, RS 1608, 64 S.

<sup>11</sup> Siehe z.B.: „Brot allein macht nicht satt. Kühe als Klimafaktor, stiller Hunger als Bedrohung: Ein Gespräch mit dem Ernährungsexperten Joachim von Braun“, Die Zeit, 7.1.2010, [www.zeit.de/2010/02/N-Interview-von-Braun?page=1](http://www.zeit.de/2010/02/N-Interview-von-Braun?page=1).

## Anlage 5

# KLIMA- KONFERENZ KOPENHAGEN DER WELT- UNTERGANG FÄLLT AUS!

Zweifel an der These vom menschengemachten Klimawandel häufen sich.  
Die Alarmisten rudern vorsichtig zurück, doch die Politik schaltet weiter auf Durchzug.  
Von **Günter Keil**

Den Klimawandel gibt's tatsächlich. Genau genommen gab es ihn schon immer. Auch jetzt erleben wir ihn, und zwar als einen langsamen Anstieg der globalen Temperatur, der allerdings seit 1998 eine Pause macht. Dieser Erwärmungstrend lässt sich seit rund 150 Jahren beobachten. Er setzte ein, als die „Kleine Eiszeit“, die Europa zwischen 1500 und 1850 in zwei aufeinanderfolgenden Kälteschocks im Griff hatte, zu Ende ging. Seither nähert sich die mittlere Erdtemperatur dem Zustand einer Warmzeit, wie sie das vorletzte Mal zwischen 200 v. Chr. und 200 n. Chr. als „Römische Warmzeit“ und das letzte Mal im Mittelalter zwischen 900 und 1350 n. Chr. herrschte. Damals betrieben die Wikinger im teilweise eisfreien Grönland – ihrem Grünland – Landwirtschaft. Die Rückkehr zu einer Warmzeit lässt seit 150 Jahren den Meeresspiegel langsam und gleichmäßig ansteigen. Mitte des 19. Jahrhunderts begann auch der Rückzug vieler Gletscher.

Diese Erwärmung wird vom UN-Weltklimarat IPCC als überwiegend vom Menschen verursacht gedeutet – als Folge der Emission von sogenannten Treibhausgasen, insbesondere CO<sub>2</sub>. Verbunden wird das mit der Darstellung von Weltuntergangsszenarien nebst dramatischen Verhinderungsappellen.<sup>21</sup> Dabei konnte bis heute eine Reihe von Widersprüchen der IPCC-Thesen nicht ausgeräumt werden. So stieg die Durchschnittstemperatur der Erde zwischen 1945 und 1975 nicht etwa an – ganz im Gegensatz zur CO<sub>2</sub>-Konzentration. Die Durchschnittstemperatur sank vielmehr deutlich, doch das IPCC weiß damit umzugehen: In den grafischen Temperaturdarstellungen, die eine gefährliche Entwicklung veranschaulichen sollen, wird stets das Ausgangsjahr 1850 als Messlatte angeführt. Das suggeriert dem Laien, die 1850 herrschende Globaltemperatur sei ein erstrebenswertes Ideal, von dem wir uns in den vergangenen anderthalb Jahrhunderten in Richtung einer gefährlichen Erwärmung entfernt haben. „Erwärmungspausen“ fallen aus dieser Perspektive nicht mehr sonderlich ins Gewicht. Geflissentlich übergangen wird dabei

auch, dass 1850 das „Dalton-Minimum“ endete. So bezeichnet man die letzte Phase der für die Menschen schrecklichen, 350 Jahre andauernden „Kleinen Eiszeit“ mit ihrem letzten Temperatur-Tiefpunkt. Es erscheint arg befremdlich, just diese Epoche als Maßstab für irgendwelche Klimaschutzanstrengungen anzuführen. Die Verhältnisse waren damals extrem lebensfeindlich. Durch die langsame Wiedererwärmung der Erde haben wir uns glücklicherweise weit davon entfernt.

#### Die unterschätzte Sonne

In den letzten IPCC-Berichten wird eingestanden, dass über wesentliche Strahlungsantriebe des Klimas – insbesondere über die wichtigen abkühlenden Aerosole und über die Wirkungen der Sonne selbst – große Wissenslücken bestehen. Trotzdem wird der solare Einfluss auf das Klima als sehr gering eingeschätzt. Entsprechend sind die Computermodelle des IPCC programmiert worden. Dagegen haben Sonnenforscher längst erstaunlich genaue Korrelationen zwischen der Sonnenaktivität und den Klimaveränderungen auf der Erde für die zurückliegenden Zeiträume festgestellt. Es sind insbesondere die Sonnenflecken, die eine Aussage über die Sonnenaktivitäten erlauben. Aus historischen Aufzeichnungen konnte ein starker Zusammenhang zwischen einer niedrigen Sonnenfleckenaktivität und einem abkühlenden Klima abgeleitet werden. Sonnenflecken sind kältere, dunkle Regionen mit starken Magnetfeldern, die auf der Sonnenoberfläche sichtbar sind. Sie kommen und gehen regelmäßig in einem etwa elfjährigen Rhythmus, der 1843 von dem deutschen Astronomen Samuel Heinrich Schwabe entdeckt wurde.<sup>1</sup> Die Sonnenfleckenanzahl, die sich ebenfalls feststellen lässt, schwankt von Zyklus zu Zyklus. Bedeutend ist die Zahl auf den Höhepunkten eines Zyklus, denn das Erdklima hängt hiervon ab. Drastische Effekte gab es zwischen 1645 und 1715: In diesem 70-jährigen Zeitraum wurden insgesamt nur 50



Sonnenflecken beobachtet. Zum Vergleich: Ein normaler Zyklus weist etwa 45.000 Sonnenflecken auf. Diese Periode einer verhältnismäßig inaktiven Sonne mit nur 50 Sonnenflecken ist als das „Maunder-Minimum“ bekannt – der kälteste Teil der Kleinen Eiszeit, über deren negative Auswirkungen auf das Leben es viele historische Belege gibt. Vergleichbares geschah zwischen 1800 und 1830 im „Dalton-Minimum“ – einer zweiten sehr kalten Periode der Kleinen Eiszeit. Die Sonnenfleckenanzahl war damals über zwei Zyklen hinweg mit einem Maximum von 40 außerordentlich niedrig. Und auch das kühle „1900-Minimum“ streckte sich über zwei Zyklen mit höchstens 60 Sonnenflecken.<sup>1,2,3,4</sup>

Der Vergleich der Temperatur der Meeresoberfläche mit der Anzahl der Sonnenflecken hat eine erstaunlich enge Korrelation ergeben. Über die vergangenen 130 Jahre zeigt sich ein nahezu deckungsgleicher Verlauf. Ganz im Gegensatz dazu ist die vom IPCC bevorzugte Verbindung zwischen  $\text{CO}_2$  und Temperaturanstieg alles andere als evident. Wissenschaftler beobachten derzeit sehr genau, wie der Sonnenzyklus Nr. 23, der eigentlich 2007 beendet sein sollte, in den folgenden Zyklus Nr. 24 übergeht. Aktuell befindet sich der Sonnenzyklus in einem Tal – dem tiefsten des vergangenen Jahrhunderts. In den Jahren 2008 und 2009 produzierte die Sonne Rekorde bezüglich niedriger Sonnenfleckenanzahlen, schwacher Teilchenstrahlung (Sonnenwind) und niedrigerer Licht- und Wärmestrahlung. „In unserer beruflichen Karriere haben wir niemals etwas Vergleichbares gesehen“, kommentierte Dean Pesnell vom Goddard Space Flight Centre. „Das solare Minimum dauerte viel länger an, als wir es 2007 vorhergesagt.“ Ende Mai 2009 hat ein internationales Expertengremium, unterstützt von der NASA, für den solaren Zyklus Nr. 24 vorhergesagt, dass er einer der schwächsten in der jüngeren Geschichte mit nur 90 Sonnenflecken im Mai 2013 sein wird.

#### Kommt ein neues Minimum?

Der beobachtete Zeitraum ist noch zu kurz, um sichere Aussagen über den aktuellen und den kommenden Zyklus zu treffen, zumal Sonnenfleckenzyklen bis zu 14 Jahre andauern können. Deshalb sind sich die Forscher noch nicht einig: Der NASA-Sonnenphysiker David Hathaway sieht das gegenwärtige Sonnen-Minimum noch gut innerhalb der Normen für Solarzyklen. Er stellte fest, dass die Sonne zu Beginn des 20. Jahrhunderts doppelt so lange passiv war wie momentan. Andere jedoch warnen: William Livingston und Matthew Penn vom National Solar Observatorium in Tucson, Arizona, schließen aus ihren Forschungen über die magnetischen Felder der Sonnenflecken, dass die Inaktivität womöglich sogar bis 2014 anhalten werde. Doch wie es danach weitergeht, können auch sie nicht sagen. Auch die Wissenschaftler Cornelius de Jager und Silvia Duhau kamen mit ihren Forschungen über die Eigenschaften der Sonne zu der Schlussfolgerung: „Das System erlebt einen Übergang vom jetzigen ‚Großen Maximum‘ auf eine Periode niedrigerer Sonnenaktivität. Nach 2014 könnte eine Abkühlung wie um 1810 im Dalton-Minimum einsetzen.“<sup>4</sup>

Khabibullo Abdusamatow, der Leiter des russischen Pulkowo Astronomischen Observatoriums, stimmt diesen Prognosen zu. Er rechnet mit dem Beginn einer Abkühlung zwischen 2012 und 2015 mit einem Tiefpunkt um 2041 und einer 55 Jahre anhaltenden Kälteperiode. Das Ausmaß dieser Abkühlung werde dem Maunder-Minimum ähneln.<sup>2</sup> Dem physikalischen Zusammenhang zwischen der Sonnenfleckenaktivität und dem Erdklima sind erst vor wenigen Jahren die dänischen Forscher Henrik Svensmark und Eigil Friis-Christensen theoretisch und experimentell auf die Spur gekommen. Sie postulierten 1997, dass mit den Sonnenflecken eine Partikelemission – der sogenannte Sonnenwind – einhergeht, der das Magnetfeld der Erde verändert und damit der kosmischen Höhenstrahlung einen veränderten Einfluss auf die Erdatmosphäre erlaubt. Diese wiederum beeinflusst offenbar die Wolkenbildung und damit die Reflexion der Sonnenstrahlung. Dieser indirekte, jedoch starke Einfluss der Sonne erklärt womöglich die historisch belegten Klimaänderungen. Das eigenartige IPCC-Argument, der Einfluss der Sonne sei einerseits kaum verstanden, andererseits aber sehr gering, ist damit unhaltbar geworden.<sup>25</sup>

Dass die Sonne in eine inaktive Phase eingetreten ist, steht fest. Wie genau sie sich aber in der nächsten Zukunft verhalten wird, weiß weiterhin niemand mit Sicherheit vorherzusagen. Aber offensichtlich haben die Sonnenforscher mit ihren lange zurückreichenden Datenreihen und ihren aus dem Einfluss der Sonne abgeleiteten Erklärungen vergangener Klimaschwankungen die besseren Karten als das IPCC.

#### Werden Treibhausgase überschätzt?

Das Problem der aktuellen Klimadiskussion beginnt jedoch schon früher, und zwar mit der physikalisch falschen Bezeichnung „Treibhauseffekt“. Ein Treibhaus ist eine lichtdurchlässige, aber jeden Luftaustausch durch Glasscheiben verhindernde Hülle. Es wird darin warm, weil die von der Sonne erwärmte Luft am Aufsteigen gehindert wird. Die Erdatmosphäre ist dagegen ein offenes System, bei dem erwärmte Luft selbstverständlich in höhere Schichten aufsteigen und dort ihre Wärme durch Wärmeleitung oder Strahlung weitergeben kann. Die Erdatmosphäre ist also das Gegenteil eines Treibhauses. Sie ist ein hoch kompliziertes, turbulentes, dynamisches System, dessen physikalische Beschreibung und Berechnung ungelöst ist.<sup>23,24</sup>

Manche Argumente des IPCC haben durch unablässige Wiederholung fast einen Status von Naturgesetzen erhalten, wie etwa die Annahme, dass die sogenannten Treibhausgase – und gemeint ist nicht etwa der Wasserdampf, sondern die Spurengase  $\text{CO}_2$ , Methan und Lachgas  $\text{N}_2\text{O}$  – für die in den Jahren 1975–1998 festgestellte Erwärmung der unteren Erdatmosphäre ursächlich seien. Vor allem auf das  $\text{CO}_2$  konzentriert sich die Diskussion, weil dessen Konzentration, so winzig sie auch ist, durch menschliche Aktivitäten in der Tat kontinuierlich ansteigt. Deshalb geht es bei den Forderungen des IPCC und seiner politischen Anhänger fast ausschließlich um eine Verringerung



des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Dass Wasserdampf als dominierendes „Treibhausgas“ dafür verantwortlich ist, dass die Erdoberfläche statt minus 18 Grad Celsius eine menschenfreundlichere Temperatur hat, wird von niemandem bestritten. Aber das extrem verdünnte CO<sub>2</sub> spielt möglicherweise eine derart untergeordnete Rolle, dass seine erwärmende Wirkung gar nicht messbar ist. Und sie wurde auch niemals experimentell bewiesen.<sup>2,5,6,7,22</sup>

Schon die Brauchbarkeit der CO<sub>2</sub>-Treibhausgas-Theorie wird von renommierten Wissenschaftlern bestritten: Der russische Ozeanologe Oleg Sorotkin, Mitglied der Russischen Akademie der Naturwissenschaften, bezeichnet diese im späten 19. Jahrhundert von Svante Arrhenius aufgestellte Theorie als fehlerhaft, niemals ernsthaft überprüft und viel zu einfach, um die sehr komplizierten Prozesse in der Atmosphäre zu beschreiben. So werde speziell in ihrer dichten Schicht, der Troposphäre, viel weniger Wärme in den Weltraum zurückgestrahlt, als durch Luftströmungen befördert wird – und dies sei ein vollkommen anderer Mechanismus, der die Erderwärmung nicht erklären könne.<sup>2</sup>

#### Im Treibhaus wird es kühler

Die fortlaufende Messung der Globaltemperatur über höchst ungleichmäßig verteilte (und dazu noch teilweise fehlerhaft messende) Bodenstationen wie auch über weitaus präziser arbeitende Satelliten hat ergeben, dass sich die mittlere Temperatur der Erdoberfläche seit 1998 nicht mehr weiter erhöht hat. Seit 2002 ist sie sogar eindeutig rückläufig, mit einem besonders dramatischen Temperatureinbruch im Winter 2007/2008, der alle bis dahin gemessenen Temperaturveränderungen übertraf. Die Erde ist heute nicht mehr viel wärmer als 1878 oder 1941. Das IPCC hingegen hat erst 2007 für die nächsten Jahrzehnte eine Erwärmung von 0,2 Grad Celsius pro Jahrzehnt vorhergesagt. Abbildung 1 zeigt das Ergebnis genauer Satellitenmessungen für die untere Troposphäre, die sogenannte „Wetterküche der Erde“.<sup>19</sup> Diese Entwicklung ist selbstverständlich allen Wissenschaftlern, nicht aber unseren Politikern aufgefallen. Vielleicht, weil in der deutschen Presse darüber kaum berichtet worden ist.

Beim IPCC scheint man nun aber deshalb etwas nervös zu werden. IPCC-Experten veröffentlichten im Februar 2009 eine neue Studie, in der sich eine sehr ungewöhnliche Aussage fand: Auch bei einer sehr viel geringeren Temperaturerhöhung als zuvor angenommen wird weiterhin vermehrt mit Trockenzeiten, Hitzewellen, Überschwemmungen und Unwettern gerechnet. Demnach müsste die mittelalterliche Warmzeit, in der es wärmer war als heute, die reine Hölle gewesen sein. Nur weiß man nichts davon. Man kann sich schwerlich des Eindrucks erwehren, dass hier neue Angstbotschaften verbreitet werden, um von den Unzulänglichkeiten früherer Thesen abzulenken. Der Temperaturrückgang hat mitunter auch amüsante Aspekte: So wurde am 21. Juli 2009 in Nashville, Tennessee, der Heimatstadt des Klimakatastrophen-Nobelpreisträgers Al Gore, die tiefste Temperatur an einem 21. Juli in der Geschichte der Stadt gemessen.

2009 unterbot den bis dahin geltenden Rekord des Jahres 1877.

Zehn Jahre sind für eine Bewertung von Klimaveränderungen gewiss ein kurzer Zeitraum, denn man betrachtet dabei die Mittelwerte von 30 Jahren. Eine Bestätigung für das angeblich dominierende klimaerwärmende Wirken des tatsächlich langsam stetig weiter ansteigenden CO<sub>2</sub> liefert die Abkühlung seit 1998 allerdings nicht. Stattdessen beobachten wir derzeit die schmerzliche Widerlegung früherer IPCC-Prognosen. Hinter der kritischen Haltung russischer Forscher gegenüber den IPCC-Prognosen steht übrigens auch die Befürchtung, dass zu viel Geld und Zeit in die Bekämpfung einer fiktiven Klimaerwärmung investiert wird – Ressourcen, die dann bei einer weiteren drastischen Abkühlung fehlen. Dieses Szenario könnte wesentlich schlimmere Folgen haben als eine Erwärmung. Das kann sich ausrechnen, wer sich den Unterschied zwischen der überwiegend positiv wirkenden mittelalterlichen Warmzeit und der katastrophalen „Kleinen Eiszeit“ mit Ernteverlusten und Hungerelend vor Augen führt.<sup>2</sup>

#### Computermodelle in der Kritik

Die Kritik an den IPCC-Klimaprognosen richtet sich vor allem auch gegen die verwendeten Computermodelle. Beispielhaft für die Phalanx der Kritiker ist der wohl bekannteste Experte für wissenschaftliche Vorhersagen, Dr. J. Scott Armstrong. Sein Verdikt: Die benutzten Modelle beruhen allein auf der Meinung einzelner Wissenschaftler und waren niemals als Vorhersagemodelle entwickelt oder getestet worden. Eine Überprüfung der vom IPCC beschriebenen Verfahren hätte ergeben, dass sie 72 wissenschaftliche Vorhersage-Prinzipien verletzen. Insgesamt, so stellte Armstrong fest, fehlte dem vom IPCC benutzten Vorhersage-Instrumentarium die wissenschaftliche Grundlage.<sup>7</sup>

Meteorologen kritisieren, dass diese Modelle die Dynamik und die Wirkung von Wolken, Regen und Luftströmungen nicht ausreichend oder gar nicht beschreiben können und dass sie auch bei der Beschreibung der Meeresströmungen versagen. Die Hochrechnungen konzentrierten sich auf die Wirkung von Treibhausgasen, die mithilfe von umstrittenen Rückkopplungseffekten mit den in den IPCC-Berichten genannten großen Temperaturerhöhungen in Zusammenhang gebracht werden.<sup>23</sup> Kana Kusano, Programmdirektor bei der Japanischen Agentur für Meeres- und Erdwissenschaft und Technologie (JAMSTEC), verglich in seinem jüngsten Gutachten die Computersimulationen des IPCC mit Astrologie.<sup>6</sup>

#### Die Pazifische Dekadische Oszillation meldet sich zurück

Im April 2008 gab es weitere Unannehmlichkeiten für die IPCC-Anhänger: Die NASA veröffentlichte die Messergebnisse ihres Aqua-Satelliten, der die Temperatur der Meeresoberfläche erfasst. Die Ozeanografen erkannten, dass ein lange bekanntes, periodisch schwankendes Klimaphänomen, die Pazifische Dekadische Oszillation (PDO), wieder in ihre kalte Phase überwechselt war. Ein riesiges Kaltwassergebiet erstreckt sich nun



wieder von Alaska bis vor die Küste Kaliforniens und von dort weiter zum Äquator weit in den Pazifik hinein. Die Wissenschaftler erwarten, dass die jüngste PDO das Erdklima beeinflussen wird.<sup>9</sup> Das geschah offenbar auch zwischen 1945 und 1977 in der bislang letzten PDO-Kaltphase, in der es auch zu einem kräftigen Temperaturabfall auf der Erde kam, was vom IPCC nicht erklärt werden kann und deshalb ignoriert wird. Die PDO wird durch die Sonne gesteuert, was der Klimatologe Theodor Landscheidt nachweisen konnte.<sup>1</sup>

Die frappierende Begleitbotschaft der NASA-Ozeanografen lautet, dass die aktuelle Kaltphase der PDO 20 bis 30 Jahre andauern kann. Man erwartet konstante oder sinkende Temperaturen. Demnach könnte es wohl für recht lange kühler im globalen „Treibhaus“ werden. Vor diesem wissenschaftlichen Hintergrund ist nun auch das Ende des Temperaturanstiegs nach dem El-Niño-Rekordjahr 1998 durch den Einfluss der sonnenabhängigen Klimaphänomene La Niña und PDO erklärbar.

#### Rückzugsbewegungen an der Klimafront

Auch den Wissenschaftlern des Kieler Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften waren die jüngsten Entwicklungen in den Ozeanen selbstverständlich bekannt; allerdings sorgten sie dann zur Überraschung der Szene mit einer von der IPCC-Linie stark abweichenden Publikation weltweit für große Aufmerksamkeit – außer in Deutschland.<sup>10</sup> Die Wissenschaftler verkündeten in der Fachzeitschrift *Nature* eine Änderung ihrer Klimamodelle, die nun für die kommenden zehn Jahre keine weitere Temperaturerhöhung, sondern gleichbleibende oder auch niedrigere Globaltemperaturen ergeben. Ursache seien „natürliche Schwankungen“, von denen bislang seltsamerweise nie die Rede war. Für die Zeit danach stellten die Kieler aber wieder eine Erwärmung in Aussicht. Eine Begründung dafür wurde nicht geliefert. Der Kieler Professor Mojib Latif betonte entsprechend: „Der Kampf gegen den Klimawandel muss fortgeführt werden.“ Die Scheinlogik lautet offenbar, dass das CO<sub>2</sub> schuld ist, wenn die Globaltemperatur steigt, und dass es natürliche Schwankungen sind, wenn das nicht geschieht. Doch wie sich die Kieler Klimaexperten auch drehen und wenden, indirekt mussten sie nun eingestehen, dass der CO<sub>2</sub>-Erwärmungseffekt offenbar nach wie vor sehr viel kleiner ist als die von der Sonne verursachten Einflussfaktoren. In seinen populärwissenschaftlichen Vorträgen vor unbedarften Bürgern verbreitet Latif weiterhin Schreckensvisionen von der Klimakatastrophe, auf seine Veröffentlichung in *Nature* möchte er indes nicht gerne angesprochen werden. In der Forschung also der geachtete Prof. Jekyll, vor Publikum Mr. Angst-Hyde.

Wenn die Sonnenforscher recht behalten, dann sind die vom IPCC geforderten und nun von nahezu allen Regierungen mit Milliarden subventionierten Maßnahmen zur Verringerung des globalen Temperaturanstiegs nichts anderes als ein Kampf gegen die Sonne selbst. Ein ziemlich mächtiger Gegner, mit dem schon Ikarus seine Probleme hatte. Für Oleg Sorotkin ein Don-Quichotte-Kampf gegen Windmühlen.

#### Kritik in der Wissenschaft nimmt zu

Wissenschaftler, die immer noch als Zeugen des menschengemachten Klimawandels angeführt werden, sind keineswegs verlässliche Verbündete der Politiker. Ihr Widerstand gegen die Instrumentalisierung ihrer Forschung nimmt zu. So wurde die Oregon-Petition gegen das Kioto-Protokoll und die IPCC-Theorie von über 32.000 US-Wissenschaftlern unterzeichnet.<sup>17</sup> 2008 gab es eine Vielzahl von Aktionen gegen die Klimahysterie: Im Februar 2008 fand in Düsseldorf eine Tagung statt, bei der deutsche Wissenschaftler massive Kritik an der IPCC-Theorie und an der deutschen Klimapolitik übten. Im Folgemonat fand in New York der dreitägige Wissenschaftskongress „2008 Internationale Konferenz zum Klimawandel“ mit 500 Teilnehmern statt. Im Ergebnis entstand die „Manhattan-Deklaration“, in der die Aussagen des IPCC über den Klimawandel abgelehnt werden.

Indien veröffentlichte derweil einen kritischen Bericht über die Verbreitung von Angst vor einer Erderwärmung. Und vom 33. Internationalen Geologiekongress, der im August 2008 in Oslo stattfand, wurde berichtet, dass etwa zwei Drittel aller Vortragenden und Diskutanten dem IPCC und der Fokussierung auf den menschengemachten Klimawandel „feindselig und ablehnend“ gegenüberstanden. Eine Umfrage unter kanadischen Wissenschaftlern ergab, dass 68 Prozent der Einschätzung widersprachen, die Forschung sei sich zum Klimawandel einig. Eine Umfrage der japanischen Geoforschungs-Union anlässlich eines Symposiums zeigte vielmehr, „dass 90 Prozent der Teilnehmer den IPCC-Berichten nicht glauben“. Mehr als 700 internationale Wissenschaftler haben im Dezember 2008 dem US-Senat in einem „Minority Report“ die Unrichtigkeit der IPCC-Prognosen dargelegt und den behaupteten Wissenschaftler-Konsens bestritten.<sup>20</sup> Die Initiative folgte dem „Minority Report“ vom Dezember 2007, den 400 Wissenschaftler unterzeichnet hatten.

Die Kritikwelle setzte sich auch 2009 fort: Im Februar legten Forscher der Japanischen Gesellschaft für Energie und Ressourcen (JSER) – das höchste wissenschaftliche Beratergremium auf dem Gebiet des Klimawandels – einen äußerst kritischen Bericht über die IPCC-Hypothesen vor, die in allen wesentlichen Punkten als widersprüchlich und falsch bezeichnet wurden. Dieser Bericht, an dem auch der oben genannte Kusano mitgewirkt hat, ist ein bedeutender Bruch mit der von der UN und westlichen Ländern unterstützten Hypothese des vom Menschen verursachten Klimawandels. Im März 2009 erschien ein 255-seitiger Bericht des US-Senats, in dem erneut festgestellt wird, dass „mehr als 700 internationale Wissenschaftler die Behauptungen über eine vom Menschen verursachte globale Erwärmung ablehnen“. Im April 2009 veröffentlichte die polnische Akademie der Wissenschaften ein Dokument, in dem das Konzept der menschenverursachten globalen Erwärmung kritisiert wird. Im Mai beschloss die Versammlung der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft (APS), ihre bisherige Stellungnahme zur Klimafrage zu revidieren und ein hochrangiges Unterkomitee einzurichten. Die Entscheidung fiel, nachdem eine Gruppe von 54 Physikern dem



APS-Vorstand geschrieben hatte, dass „gemessene oder rekonstruierte Temperaturverläufe zeigen, dass die Veränderungen im 20. und 21. Jahrhundert weder ungewöhnlich noch dauerhaft sind und dass historische und geologische Aufzeichnungen viele wärmere Perioden als heute zeigen“.

Im Juli folgte schließlich eine Protestwelle der Mitglieder der American Chemical Society (ACS), der weltgrößten Wissenschaftlergesellschaft, nachdem der Chefredakteur der *Chemical and Engineering News* in einem Leitartikel die Kritiker der Erwärmungshypothese als „Leugner“, die „sinnvolle Gegenmaßnahmen gegen den globalen Klimawandel sabotieren“ wollten, bezeichnet hatte. Ebenfalls im Juli richtete die EIKE-Gruppe einen von 290 Personen, darunter viele Wissenschaftler, unterschriebenen offenen Brief an die Bundeskanzlerin – mit der eingehend begründeten Aufforderung, ihre Klimapolitik zu überdenken.<sup>12</sup> Den stets behaupteten Konsens der Wissenschaft im Sinne des IPCC gab es zu keiner Zeit. Mit den jüngsten Initiativen ist diese Behauptung endgültig widerlegt. Forschung war noch nie ein Arbeitsfeld, auf dem Mehrheiten bestimmen, was „Wahrheit“ ist. Dennoch sieht die Politik keine Veranlassung umzudenken.

#### Und nun?

Nach wie vor wird die öffentliche Diskussion von der Klimaangst-Fraktion dominiert. Der grundvernünftige und mehr als 40 Jahre in Deutschland vorbildlich verfolgte Ansatz zur rationellen Verwendung und Einsparung von Energie und Rohstoffen reicht den Politikern längst nicht mehr. Stattdessen ist dieser erfolgreiche Weg kürzlich um absurde und teure Maßnahmen wie die finanzielle Bestrafung von CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels teurer Emissionszertifikate noch weiter verlassen worden. Dadurch könnte ein riesiger Geldstrom in Richtung Russland in Gang gesetzt werden. Um Russland dazu zu bewegen, das Kioto-Abkommen zu unterzeichnen, wurden ihm große Mengen dieser Zertifikate zugeteilt. Diese müssen nun von deutschen Energieunternehmen eingekauft werden. Jetzt kaufen wir Russlands teures Gas – und wenn wir es verbrennen wollen, zahlen wir dafür ein zweites Mal. Durch diese Transfers wird übrigens keine einzige Tonne CO<sub>2</sub>-Emission vermieden. Das angeblich die Kohleverstromung rettende Verfahren des aufwendigen und ineffizienten Abtrennens und Vergrabens von CO<sub>2</sub> wird derweil als Entwicklungsprojekt gefördert. Dessen Nutzlosigkeit steht fest; doch fast alle Energieunternehmen machen gute Miene zum bösen Spiel. Die Klimaschutz-Heuchelei kennt kaum noch Grenzen.

Debattieren Sie über diesen Artikel:  
[noy2-argumente.com](http://noy2-argumente.com)

Mehr zum Thema finden Sie im Dossier „Klimawandel“ unter:  
[noy2-argumente.com](http://noy2-argumente.com)

Dr. Günter Keil war als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU München / Fraunhofer Gesellschaft sowie im Bereich Projektförderung beim Bundesforschungsministerium tätig. Heute lebt er als freier Autor in Sankt Augustin.

In *Novo86* (1–2 2007) forderte er in seinem Artikel „Der einsame Ausstieg“, Deutschland solle nicht länger in der technologischen Schmollecke verharren.

#### Anmerkungen

- 1 T. Landscheidt: „Solar Activity: A dominant Factor in Climate Dynamics“, dieser und neun weitere Artikel auf [john-daly.com](http://john-daly.com), 1998.
- 2 K. Abdusamatov / O. Sorotkin: „Eine Kaltzeit wird bald die globale Erwärmung ersetzen“ (in Englisch), Nachrichtenagentur Novosti, 22.1.08, [en.rian.ru/science](http://en.rian.ru/science).
- 3 Larry Bell: „Global Warming and Energy Implications: Will Nature soon cool hot Debates?“ in: *Energy Tribune*, 2008, [energytribune.com](http://energytribune.com).
- 4 C. de Jager / S. Duhau: „Forecasting the Parameters of Sunspot Cycle 24 and beyond“ in: *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics*, Bd. 71/09, S. 239–245, [iceagenow.com](http://iceagenow.com).
- 5 Website der Meteorologin Dr. Joanne Nova: [joannenova.com](http://joannenova.com).
- 6 K. Kusano / S. Akasofu u.a. (Japan Society of Energy and Resources, JSER, 2009): „Die globale Erwärmung ist nicht vom Menschen verursacht“ (in Englisch), Übersetzung von A. Orlowski, [theregister.co.uk](http://theregister.co.uk).
- 7 J. Scott Armstrong: „No scientific Basis for forecasting Climate“, [wattsupwiththat.com](http://wattsupwiththat.com), 2009.
- 8 Der US-Meteorologe Anthony Watts deckte die miserablen Zustände beim Temperatur-Messnetz der staatlichen NOAA auf. Seine Website findet sich unter [wattsupwiththat.com](http://wattsupwiththat.com).
- 9 NASA: „La Niña and Pacific Decadal Oscillation cool the Pacific“, 2008, [earthobservatory.nasa.gov](http://earthobservatory.nasa.gov).
- 10 N. S. Keenlyside / M. Latif / J. Jungclauss / L. Kornbluh / E. Roeckner, IFM-GEOMAR Kiel und MPI für Meteorologie, Hamburg: „Advancing decadal-scale Climate Prediction in the North Atlantic Sector“ in: *Nature* 453, S. 84–88, 5/08, [nature.com](http://nature.com).
- 11 Website des „Science & Environmental Policy Project (SEPP)“: [sepp.org](http://sepp.org); Prof. Fred Singer, wöchentlicher Mail-Newsletter TWTW (The Week That Was).
- 12 Deutsche Webseite des EIKE – Europäisches Institut für Klima und Energie, [eike-klima-energie.eu/](http://eike-klima-energie.eu/).
- 13 Klimapolitik-kritische Webseite: [klimanotizen.de](http://klimanotizen.de).
- 14 ICECAP: International Climate and Environmental Change Assessment Project, [icecap.us/](http://icecap.us/).
- 15 Dr. Benny Peiser, Editor CCNet Newsletter zu Klima, Umwelt, Energie, Politik, [jmu.ac.uk/](http://jmu.ac.uk/).
- 16 The Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, Arizona, USA, [co2science.org/](http://co2science.org/).
- 17 Petition von über 31.000 US-Wissenschaftlern, [www.petitionproject.org/](http://www.petitionproject.org/).
- 18 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2004): „Herausforderung Klimawandel“, [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de).
- 19 Sammlung von wissenschaftlichen Messkurven und Diagrammen (inkl. Abbildung im Artikel), [friendsofscience.org](http://friendsofscience.org).
- 20 „U.S. Senate Minority Report: More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims“, 11.12.08, [epw.senate.gov](http://epw.senate.gov).
- 21 IPCC: „4. Sachstandsbericht des IPCC, Klimaänderungen 2007: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger“, Bern, Wien, Berlin 2007.
- 22 H.-J. Lüdecke: *CO<sub>2</sub> und Klimaschutz – Fakten, Irrtümer, Politik*, Bouvier-Verlag, 2007.
- 23 S. Fred Singer: *Die Natur, nicht menschliche Aktivität, bestimmt das Klima*, TvR Medienverlag, Jena 2008.
- 24 G. Delisle / P. Dietze / H. Malberg / H. Borchert / S. Dittrich: fünf Artikel zum Thema „Zur Kontroverse um Klimawandel, CO<sub>2</sub>-Einfluss und Energiepolitik: Ist Klimaschutz in der gegenwärtigen Form sinnvoll?“, Tagungsband des Stahlinstituts VDEh und des DVS, 20.2.08, Essen.
- 25 N. Marsh / H. Svensmark (2000): „Cosmic Rays, Clouds and Climate“, *Space and Science Reviews*, S. 1–16, Kluwer Acad. Publishers.