

Treibhausgasbilanzierung von Lebensmitteln (Carbon Footprints): Überblick und kritische Reflektion

Julia Grünberg*, Hiltrud Nieberg* und Thomas G. Schmidt**

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft emittiert etwa 14 % der weltweit anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen. In Deutschland beläuft sich dieser Anteil auf knapp 7 % – ohne die Berücksichtigung importierter Futtermittel, der Produktion von Betriebsmitteln und Landnutzungsänderungen wie Waldrodung und die Entwässerung von Moorböden. Die Gesamtemissionen für die menschliche Ernährung in Deutschland umfassen inklusive Verarbeitung, Transport und Distribution etwa 16 bis 22 %. Daraus leiten sich eine kritische öffentliche Diskussion und die Forderung nach Emissionsreduktion in der gesamten Wertschöpfungskette ab. Die Berechnung der produktionsbedingten Emissionen einzelner Lebensmittel (Carbon Footprint) zeigt wichtige Emissionsquellen auf, woraus sich Minderungspotentiale ableiten lassen. Die Emissionssituation bei Milch, Fleisch und Getreide wird in der aktuellen Literatur uneinheitlich beschrieben. Wichtige Gründe dafür sind unterschiedliche Referenzsysteme der Studien und unterschiedlich gesetzte Systemgrenzen. Einige Studien vergleichen Varianten der landwirtschaftlichen Produktion und beschränken sich auf diesen Teil der Wertschöpfungskette, während andere Arbeiten den gesamten Lebenszyklus (from cradle to grave) betrachten. Die Spannweite der Angaben je Einheit (kg CO₂-Äquivalente je kg Produkt) ist entsprechend groß. Dennoch können besonders wichtige Emissionsbereiche identifiziert werden, aus denen sich Steuerungsmöglichkeiten ableiten lassen. So kann der Verbraucher durch die Vermittlung von Handlungsempfehlungen (bspw. Verringerung des Fleischkonsums, Verwendung von saisonalen Lebensmitteln etc.) oder das Labeling von Lebensmitteln zu einem klimafreundlichen Konsum angeregt werden. Die Höhe der Treibhausgasemissionen des Lebensmittelkonsums hängt jedoch von so vielen Faktoren ab, dass die Ableitung allgemeingültiger Aussagen oftmals problematisch ist.

Schlüsselwörter: Klimaschutz, Ernährung, Lebensmittel, Carbon Footprint, Treibhausgasemissionen, Landwirtschaft, Einsparpotentiale, Steuerungsmöglichkeiten, Handlungsempfehlungen, Systemgrenzen, THG-Bilanzierung

Summary

Carbon Footprints of food: a critical reflection

Agriculture emits about 14 % of global anthropogenic greenhouse gas emissions. In Germany this share is about 7 %, without consideration of imported feedstuff, the production of farm inputs and land use changes such as forest clearing and the drainage of peaty soils. The total emissions of food production in Germany including processing, transport and distribution are between 16 to 22 %. In consequence, a critical public discussion and the demand for emission reduction in the whole value added chain arises. The calculation of the product-related emissions of food (carbon footprint) indicates important emission sources that are used to detect potentials of reduction. The calculated emissions of milk, meat and cereals vary greatly in the present literature mainly due to different reference systems of the studies and the chosen system boundaries. Some studies compare different agricultural production systems and focus only on parts of the value added chain, while other surveys consider the whole life cycle from cradle to grave. Accordingly, the range of results per unit (kg of CO₂ equivalents kg of product) is large. However, the most important emission sources can be derived and options of regulation can be identified. Climate-friendly consumption patterns could be induced by providing advice and guidance to consumers (e.g. reduction of meat consumption and consumption of seasonal food products) and labelling of food products. However, the level of greenhouse gas emissions from food consumption depends on a large number of different factors which makes it often difficult to derive general conclusions.

Keywords: Climate protection, nutrition, food, carbon footprint, greenhouse gas emissions, agriculture, saving potentials, regulation possibilities, guidance, system boundaries, GHG-balances

* Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; julia.gruenberg@vti.bund.de

** Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; thomas.schmidt@vti.bund.de

1 Einleitung

Zeitungsartikel mit Überschriften wie „Grün essen ist gar nicht so einfach“ (FAZ, 2010) oder „Futtern fürs Klima“ (Spiegel, 2009) und das „Klimakochbuch“ (BUND, 2009) mit klimaschonenden Rezepten zeigen, dass die Klimawirkung der menschlichen Ernährung in die öffentliche Diskussion und damit in das Bewusstsein vieler Konsumenten gerückt ist. Auch die Wissenschaft nimmt sich diesem Thema verstärkt an, wie die steigende Anzahl an Forschungsprojekten und Veröffentlichungen zeigen. Ziel vieler Arbeiten ist das Auffinden von effizienten Möglichkeiten zur Minderung der anthropogenen Treibhausgas (THG)-Emissionen. Potentiale zur Einsparung von THG-Emissionen sind insbesondere für die Nationen von großem Interesse, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls konkrete Klimaschutzverpflichtungen ratifiziert haben. Die nationale Klimapolitik Deutschlands strebt mit einer Reduzierung der THG-Emissionen um 40 % bis 2020 im Vergleich zu 1990 besonders ehrgeizige Ziele an (BMU, 2009).

Die menschliche Ernährung trägt einen ähnlich großen Beitrag zu den THG-Emissionen Deutschlands bei wie der Bereich der Mobilität (BMELV, 2009; Quack & Rüdener, 2007) und lässt damit auf ein bedeutendes Minderungspotential schließen. Da sich die produktbezogenen THG-Emissionen verschiedener Lebensmittel deutlich unterscheiden, kann durch eine entsprechende Gestaltung der Produktions- und Konsummuster ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Eine entscheidende Voraussetzung dafür sind die Messung und der Vergleich der Klimawirkungen verschiedener Produkte. Diesem Zweck dient die Bilanzierung der produktbezogenen THG-Emissionen, des sogenannten Carbon Footprint. Für bestimmte Lebensmittel (z. B. Milch) wurden bereits zahlreiche Studien und Artikel über Carbon Footprints veröffentlicht. Der vorliegende Artikel zeigt den aktuellen Stand der Erstellung von Carbon Footprints von Lebensmitteln auf und gibt einen Überblick über die Bilanzierung der THG-Emissionen einiger ausgewählter Produkte (u.a. Milch, Rind-, Schweine-, Geflügelfleisch). Da sich die methodische Vorgehensweise der Bilanzierungen unterscheidet, stellt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse eine Schwierigkeit dar, die in diesem Zusammenhang diskutiert wird.

In der aktuellen öffentlichen Diskussion über den Einfluss der menschlichen Ernährung auf das Klima werden insbesondere an die Verbraucher gerichtete Handlungsempfehlungen und die Kennzeichnung von Lebensmittelprodukten mit einem Klima-Label thematisiert. Diese beiden Aspekte werden im weiteren Verlauf dieses Beitrages kritisch reflektiert und deren Potentiale für den Klimaschutz beurteilt. Abschließend werden die Grenzen der Steuerungsmöglichkeiten der durch die menschliche Ernährung verursachten Klimawirkungen thematisiert.

2 THG-Emissionen durch die menschliche Ernährung

Die Nahrungsmittelproduktion verursacht erhebliche THG-Emissionen. Diese entstehen bei der landwirtschaftlichen Produktion, im Energie- und Chemiesektor (z. B. bei der Düngemittelherstellung) und beim Transport sowie in der Verarbeitung der Lebensmittel. Die Angaben über den Anteil der landwirtschaftlichen Produktion an den gesamten THG-Emissionen Deutschlands variieren. Das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlicht Werte zu den THG-Emissionen im nationalen Inventarbericht, der jährlich im Rahmen der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen herausgegeben wird. Die Bilanzierung der Lachgasemissionen aus der Düngung und der Methan-Emissionen aus der Tierhaltung führt zu einem Anteil der Landwirtschaft von 6,7 % an den gesamten THG-Emissionen Deutschlands. Werden zusätzlich die landwirtschaftliche Nutzung entwässerter Moorböden und die Landnutzungsänderung (Grünlandumbruch) einbezogen, erhöht sich der Anteil der Landwirtschaft auf 11,5 % (UBA, 2009; Pingen & Freibauer, 2010). Ohne Berücksichtigung der Landnutzung/Landnutzungsänderungen, aber unter Einbeziehung der Stickstoff-Düngemittel-Produktion werden der Landwirtschaft über 13 % der gesamten THG-Emissionen Deutschlands angerechnet (Deutscher Bundestag, 2007). Innerhalb des landwirtschaftlichen Sektors spielt die Tierhaltung eine bedeutende Rolle. Inklusiv der Produktion von Futtermitteln werden in Deutschland 71 % der landwirtschaftlichen Emissionen durch die Tierhaltung verursacht (Hirschfeld et al., 2008). Dabei sind die importierten Futtermittel nicht eingeschlossen, obwohl deren Einsatz (6,8 Mio. t jährlich) in der Tierhaltung in Deutschland eine große Rolle spielt (Deutscher Bundestag, 2007).

Die vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) veröffentlichten Sachstandsberichte beurteilen den weltweiten Einfluss unterschiedlicher Sektoren auf die Klimaveränderungen. Im vierten Sachstandsbericht wird der Landwirtschaft 13,5 % der weltweiten anthropogenen THG-Emissionen zugerechnet (IPCC, 2007). Eine Studie der FAO schreibt der Tierhaltung weltweit einen bedeutsamen Beitrag zu und macht diese für 80 % der THG-Emissionen im landwirtschaftlichen Sektor verantwortlich (Steinfeld et al., 2006).

Die Daten zu den THG-Emissionen des landwirtschaftlichen Sektors deuten bereits auf die klimatische Relevanz der menschlichen Ernährung hin. Die landwirtschaftlichen Emissionen sind jedoch nicht ausschließlich der menschlichen Ernährung zuzuschreiben, etwa bei der energetischen Verwendung der Produkte. Andererseits entsteht ein Teil der ernährungsbedingten Emissionen in den der Landwirtschaft nachgelagerten Bereichen wie der Verarbeitung und Lagerung.

Mittlerweile wurde eine ganze Bandbreite an Studien und Beiträgen über die Auswirkungen der menschlichen Ernährung auf das Klima veröffentlicht. Einige beinhalten die Bilanzierung des gesamten Ernährungssektors in Deutschland, zu dem neben der landwirtschaftlichen Produktion auch die Weiterverarbeitung, die Lagerung, der Transport und die Zubereitung von Lebensmitteln gehört. Um einen Überblick zu geben, werden ausgewählte Studien in der folgenden Tabelle zusammenfassend aufgelistet.

- Unterschiedlich gesetzte Systemgrenzen (Einbeziehung unterschiedlicher Aktivitäten zum Bereich Ernährung; unterschiedliche Berücksichtigung von Importen und Exporten)
- Anwendung unterschiedlicher Methoden

Zwischenfazit: Trotz der Ergebnisvarianzen lässt sich festhalten, dass der Bereich Ernährung einen bedeutenden Anteil an den Treibhausgasemissionen hat. Dem-

Tabelle 1:
THG-Emissionen des deutschen Ernährungssektors – Ergebnisse verschiedener Studien

| Quelle | Bezugsjahr der Studie | THG durch Ernährung pro Person in t CO ₂ -Äquivalenten | Anteil der Ernährung an Gesamt THGs in Deutschland in % | ergänzende Angaben |
|------------------------|-----------------------|---|---|--|
| BUND & Misereor (1996) | 1991 | - | 19,9 (nur auf CO ₂ -Emissionen bezogen) | Werte für NO _x : 22,5% SO ₂ : 22% |
| Kjer et al. (1994) | 1991 | 3,2 | 21,7 ¹ | 51,9 % Landwirtschaft 5,8 % Verarbeitungsstufen 13,5 % Handel/Distribution 28,8 % Verbraucheraktivitäten |
| Hoffmann (2002) | 1990 - 1992 | 1,202 ² | Angabe nicht möglich ² | 72 % Landwirtschaftliche Erzeugung 28 % Industrielle Verarbeitung |
| Wiegmann et al. (2005) | 2000 | 1,982 ¹ | 15,9 ¹ | (4,36 t CO ₂ -Äquivalente pro Haushalt und Jahr; Durchschnittshaushalt 2,2 Personen) 45 % Lebensmittelproduktion 40 % Inner-Haus-Verzehr 5 % Außer-Haus-Verzehr |
| Quack & Rüdener (2007) | 2004 | 1,969 ¹ | 16 ¹ | (Lebensmittel (3,188t) + Kühlen, Kochen, Spülen (0,946t) = 4,134 t CO ₂ - Äquivalente pro Haushalt und Jahr; statistischer Durchschnittshaushalt 2,10 Personen) |

¹ Eigene Berechnungen auf Basis der in den Studien ermittelten Daten. Die personen- bzw. haushaltsbezogenen Angaben der Studien wurden für die gesamte deutsche Bevölkerung angenommen. Inwieweit die Studien einen geringeren Lebensmittelverzehr von Kindern berücksichtigen, ist nicht bekannt. Wurde dieser Aspekt in den vorliegenden Studien nicht beachtet, so sind die Angaben des Anteils der Ernährung an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland eher überschätzt.

² Die Daten beziehen sich auf eine Ernährungsstudie mit Frauen mittleren Alters.

Quellen: eigene Zusammenstellung

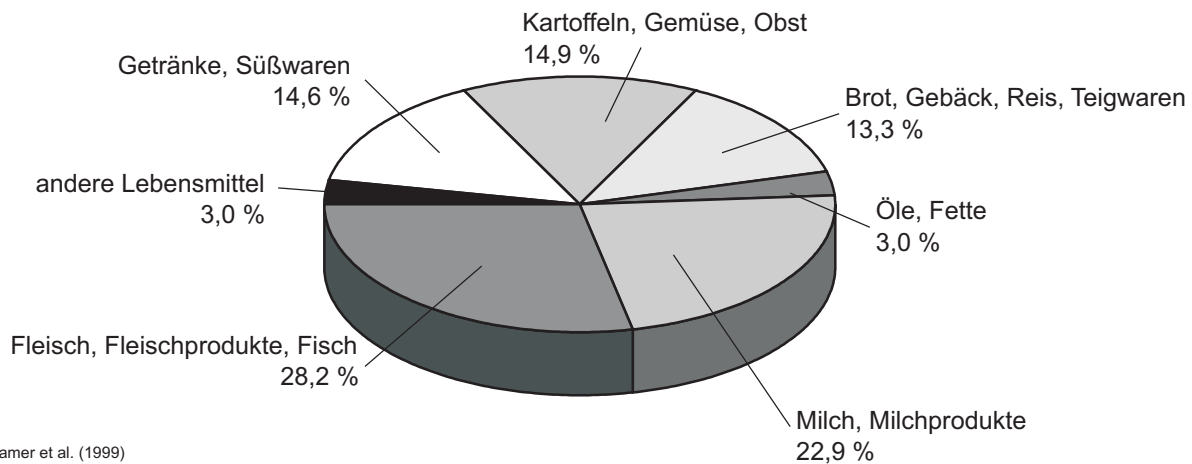
Je nach Studie werden dem gesamten Lebensmittelsektor 16 bis 22 % der gesamten THG-Emissionen Deutschlands zugeschrieben. Die Gründe für die Ergebnisunterschiede sind vielfältig. Von Bedeutung sind vor allem folgende Aspekte:

- Unterschiedlicher zeitlicher Bezug: durch Daten aus unterschiedlichen Jahren, geänderte Faktoren zur Berechnung der Treibhausgasemissionen, veränderte Treibhausgasemissionen der anderen Sektoren, veränderte Verzehrsgewohnheiten, strukturelle und produktionstechnische Änderungen in der Landwirtschaft
- Unterschiedliche Datengrundlagen (Statistiken, Erhebungen etc.)
- Unterschiedlicher Detaillierungsgrad
- Unterschiedliche Zuordnung von Gütern und Aktivitäten zu den verschiedenen Bedürfniskategorien (Ernährung, Wohnen etc.)

nach lohnt es sich, das Emissionsminderungspotential des Verbraucherbereichs genauer zu analysieren.

Die verschiedenen Kategorien innerhalb des Bereichs Ernährung sind im Bezug auf deren Klimaschädlichkeit unterschiedlich bedeutsam. Werden die Treibhausgasemissionen aller Stufen (von der Produktion bis zum Verzehr) den einzelnen Produktgruppen zugeordnet, so zeigt sich beispielsweise für die Niederlande (vgl. Abbildung 1), dass der höchste Anteil der Treibhausgasemissionen dem Konsum von Fleisch und Fleischprodukten sowie Fisch zuzuschreiben ist (28,2 %). Knapp dahinter mit 22,9 % liegt der Verzehr von Milch und Milchprodukten. Bei diesem Vergleich werden neben der Produktion auch die durch Verarbeitung, Transport und Lagerung der Produkte entstehenden Emissionen einbezogen.

Die vorgestellten Studien beziehen sich auf die THG-Bilanzierung des gesamten Lebensmittelsektors. Im Ver-



Quelle: Kramer et al. (1999)

Abbildung 1:

Anteil der verschiedenen Lebensmittelkategorien an den Treibhausgasemissionen des Nahrungsmittelverbrauchs von niederländischen Haushalten

gleich zu der Betrachtung des kompletten Bereichs der menschlichen Ernährung fokussieren sich andere Studien auf die Klimaauswirkungen bestimmter Lebensmittel. Im folgenden Kapitel wird deshalb auf die THG-Bilanzierung einzelner Produkte näher eingegangen.

3 Berechnung und Bewertung der Klimabelastung einzelner Lebensmittel

Inzwischen liegt eine Vielzahl an Veröffentlichungen zu den THG-Emissionen verschiedener Lebensmittel vor. Teilweise liegen den THG-Bilanzierungen konkrete Fragestellungen zugrunde, beispielsweise der Vergleich der Klimabelastung des ökologischen und konventionellen Landbaus (Bokisch et al., 2000; Cederberg & Flysjö, 2004; Cederberg & Mattson, 2000; Haas et al., 2001; Hirschfeld et al., 2009; Hülsbergen & Küstermann, 2007; Lindenthal et al., 2010; Plassmann & Edwards-Jones, 2009; Thomassen et al., 2007; Williams et al., 2006). Andere Studien legen den Fokus auf regionale bzw. importierte Lebensmittel (Blanke & Burdick, 2005; Demmeler & Burdick, 2005; Schlich et al., 2008) oder pflanzliche bzw. tierische Lebensmittel (Carlsson-Kanyama, 1998). Produktbedingte THG-Emissionen sind darüber hinaus in der frei zugänglichen Datenbank GEMIS (Fritsche & Schmidt, 2008) zu finden. Zusätzlich gibt es weitere lizenzgebundene Datenbanken (z. B. Ecolinvent), die die Klimabelastung der Produktion einzelner Produkte angeben.¹

Die Ermittlung der produktbezogenen Emissionen ermöglicht detaillierte Aussagen über die Klimarelevanz bestimmter Lebensmittel und damit über eine klimafreundliche Ausrichtung des Lebensmittelkonsums. Aus diesem Grund sind die Werte aus den Datenbanken bzw. Veröffentlichungen Grundlage für viele weitere, teils wissenschaftliche oder populärwissenschaftliche Beiträge und Diskussionen (Beispiele: Fritsche & Eberle, 2007; Koerber et al., 2008; Wehde & Dosch, 2010; BUND et al., 2008; Salmhofer et al., 2001; Wallen et al., 2004; Stehfest et al., 2009; Engels, 2008; NABU, 2010; Schlatzer, 2010; Flachowsky & Hachenberg, 2009; Garnett, 2009; Edward-Jones et al., 2008).

Methodisches Vorgehen bei der THG-Bilanzierung

Für die Bilanzierung produktbezogener THG-Emissionen sind die Emissionen von Interesse, die innerhalb des Lebenszyklus eines Produktes entstehen. Der Lebenszyklus eines Produktes umfasst sämtliche Stufen der Wertschöpfungskette. Emissionen von Nicht-Kohlendioxid-Treibhausgasen werden in die ihrer Klimawirkung entsprechenden Mengen an CO₂-Äquivalenten (CO_{2eq}) umgerechnet. Die Gesamtmenge der THG-Emissionen, die mit einem Produkt in Verbindung gebracht werden, wird auch als ‚Carbon Footprint‘ bezeichnet (Europäische Kommission, 2007). In anderen Quellen wird die Bezugsgröße des Carbon Footprint genauer erläutert, nämlich als Lebenszyklus, der die Herstellung und den Transport der Rohstoffe und Vorprodukte sowie die Produktion, die Distribution, die Nutzung, die Nachnutzung und die Entsorgung mit einbezieht (PCF, 2009).

Die Bilanzierung der THG-Emissionen erfolgt derzeit nicht nach einer international einheitlichen Methodik. Die

¹ Weitere Studien zu produktbezogenen Bilanzierungen werden in den folgenden Abschnitten dieses Artikels in tabellarischen Zusammenstellungen genannt.

Berechnung kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen: Entweder als Bottom-up-Ansatz mit einer Aggregation aller bekannten Emissionsquellen einer Produktlinie oder als Top-down-Ansatz mit der Disaggregation von Gesamtmengen einer Volkswirtschaft in Produktionsbereiche und Produktionsverfahren. Letztere Methode wurde z. B. von Weidemar et al. (2008) und Schmidt & Osterburg (2009) umgesetzt, wobei die Rahmendaten aus der Emissionsberichterstattung in einer Input/Output-Analyse auf einzelne Produkte übertragen werden. Den meisten Studien liegt jedoch der Bottom-up-Ansatz zugrunde, der durch die Produkt-Ökobilanz (LCA, Life Cycle Assessment) berechnet werden kann. Die Erstellung von Ökobilanzen ist zwar in den international verbreiteten Normen ISO 14040 und 14044 geregelt, diese umfassen jedoch neben den THG-Emissionen weitere Kriterien und sind somit nicht speziell auf die Klimawirkung der Produkte abgestimmt. Die genannten ISO Normen bieten jedoch eine gute Grundlage für konkretere Standards zur Bilanzierung der produktbedingten THG-Emissionen, wie beispielsweise für den Standard PAS 2050 des BSI (British Standard Institution), der 2008 veröffentlicht wurde. Daneben gibt es in weiteren Ländern Bestrebungen, Standards für die THG-Bilanzierung im Ernährungssektor zu erstellen. Die International Standardization Organisation (ISO) strebt derzeit die Erstellung eines wissenschaftlich fundierten und international harmonisierten Standards für die Bilanzierung des Carbon Footprints von Produkten an (PCF, 2009).

Überblick über Carbon Footprints verschiedener Lebensmittel

Wie erläutert, existieren unterschiedliche methodische Ansätze, auf die sich die einzelnen Studien berufen können. Zumeist wird jedoch auf den Bezug zu einer Standardmethode verzichtet und das Vorgehen bei der Kalkulation in den Studien beschrieben.

Im Folgenden werden für die Produkte Kuhmilch, Rindfleisch, Geflügelfleisch, Schweinefleisch und Weizen die produktbezogenen THG-Emissionen aus verschiedenen Studien gegenübergestellt (vgl. Tabellen 2 bis 6). Damit soll verdeutlicht werden, wie stark die Werte aus unterschiedlichen Quellen variieren können. Die einbezogenen Pfade und die gewählten Kategorien geben dabei Hinweise auf mögliche Ursachen der Ergebnisvarianzen.

Außerdem werden einige weitere, z. T. verarbeitete Produkte aufgelistet (Tabelle 7). Dies ermöglicht einen umfassenderen Überblick über die THG-Emissionen der unterschiedlichen Lebensmittelgruppen. Die von diesen Bilanzierungsergebnissen abgeleiteten Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Ausrichtung der Ernährung werden im letzten Kapitel dieses Beitrags aufgegriffen und diskutiert.

Tabelle 2:
THG-Emissionen der Herstellung von Kuhmilch

| Land | THG in kg CO ₂ eq / kg Produkt | einbezogener Pfad / Bemerkung | Quelle |
|----------------|---|--|----------------------------|
| Deutschland | 0,8 - 1,4 | Produktion | Deitert et al. (2008) |
| Deutschland | 0,98 ¹ | Produktion, Lagerung, Transport | GEMIS (2009) |
| Deutschland | 1,05 | Produktion | Schmidt & Osterburg (2009) |
| Deutschland | ca. 0,8 - 1,0 | Produktion, Lagerung, Transport, Verpackung, Einkauf | Reinhardt et al. (2009) |
| Deutschland | 0,85 | Produktion | Hirschfeld et al. (2008) |
| Deutschland | 1,3 | Produktion | Haas et al. (2001) |
| Dänemark | 1,01 | Produktion | LCA Food Database (2009) |
| Großbritannien | 1,06 | Produktion | Williams et al. (2006) |
| Irland | 1,3 - 1,5 | Produktion | Casey & Holden (2005) |
| Niederlande | 1,4 | Produktion | Thomassen et al. (2007) |
| Schweden | 0,90 | Produktion | Cederberg & Flysjö (2004) |
| Schweden | 1,1 | Produktion | Cederberg & Mattson (2000) |
| EU-27 | 2,4 | Kombination des Lebenszyklusansatzes mit einer 'top-down'-Methode, gesamte Kette bis Endverbraucher (inkl. Abfallentsorgung) | Weidema et al. (2008) |
| USA | 1,09 | Produktion | Phetteplace et al. (2001) |
| Kanada | 1,00 | Produktion | Vergé et al. (2007) |
| Neuseeland | 0,72 | Produktion | Basset-Mens et al. (2005) |
| Neuseeland | 0,86 (je l) | Produktion | Ledgard et al. (2004) |

¹ Angabe der Werte für die konventionelle/intensive Produktion

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 3:
THG-Emissionen der Herstellung von Rindfleisch

| Land | Kategorie | THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Einbezogener Pfad/Bemerkung | Quelle |
|----------------|---|--|--|--------------------------|
| Deutschland | Rindfleisch | 14,0 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung | GEMIS (2009) |
| | Rindfleisch, tiefgekühlt | 14,7 | Produktion, Verarbeitung, Tiefkühlung | |
| Deutschland | Rindfleisch, Einzelhandel/Einkauf | 24 - 28 39 - 56 | ohne Landnutzungswandel mit Landnutzungswandel | Reinhardt et al. (2009) |
| Deutschland | Rindfleisch, Schlachtgewicht ab Hof | 8,4 | Produktion, Ochsen-, bzw. Bullenmast von Kälbern aus Milchviehhaltung | Hirschfeld et al. (2008) |
| | Rindfleisch, Schlachtgewicht ab Hof | 16,8 | Produktion, Ochsen-, bzw. Bullenmast von Kälbern aus Mutterkuhhaltung | |
| | Rindfleisch, Schlachtgewicht ab Hof | 6,04 14,5 | Produktion, Altkühe aus Milchviehhaltung Produktion, Altkühe aus Mutterkuhhaltung | |
| Deutschland | Rindfleisch, essbare Teile | 28,9 | Verdauungsemissionen, Futtermittelproduktion (überwiegend Weide, kein Kraftfutter), 500g Tageszunahme | Flachowsky (2008) |
| | Rindfleisch, essbare Teile | 11,0 | Verdauungsemissionen, Futtermittelproduktion (Stallhaltung, Grassilage, etwas Kraftfutter), 1000g Tageszunahme | |
| | Rindfleisch, essbare Teile | 7,0 | Verdauungsemissionen, Futtermittelproduktion (Stallhaltung, Maissilage, Kraftfutter), 1500 g Tageszunahme | |
| Belgien | Rindfleisch | 14,8 | Produktion, Transport (Lebendvieh, Fleisch), Schlachtung | Nemry et al. (2001) |
| Dänemark | Rind, Lebendgewicht | 11,6 | Produktion | LCA Food Database (2009) |
| | Rindersteak, frisch Endverbrauch | 42,4 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport | |
| Großbritannien | Rindfleisch, Schlachthof | 15,8 | Produktion, Ausmast von Milchviehkälbern | Williams et al. (2006) |
| | Rindfleisch, Schlachthof | 25,3 | Produktion, Mutterkuhhaltung | |
| Irland | Emissionen je kg Lebendgewicht Pro Jahr | 13,0 | Produktion | Casey & Holden (2006) |
| EU-27 | Rindfleisch, Endverbrauch | 28,7 | Kombination des Lebenszyklusansatzes mit einer ‚top-down‘-Methode, gesamte Kette bis Endverbraucher (inkl. Abfallentsorgung) | Weidema et al. (2008) |
| Afrika, USA | Rindfleisch | 14,8 | Produktion, Feedlot-System USA | Subak (1999) |
| | Rindfleisch | 8,1 | Produktion, traditionelle Weidehaltung Afrika | |
| Japan | Rindfleisch, Schlachthof | 36,4 | Produktion, Einbeziehung der Vorproduktion, Mutterkuhhaltung | Ogino et al. (2007) |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 4:
THG-Emissionen der Herstellung von Geflügelfleisch

| Land | Kategorie | THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Einbezogener Pfad/Bemerkung | Quelle |
|----------------|--|--|--|----------------------------------|
| Deutschland | Masthähnchen | 3,48 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung | GEMIS (2009) |
| | Masthähnchen, tiefgekühlt | 4,24 | Produktion, Verarbeitung, Tiefkühlung | |
| Deutschland | Geflügelfleisch, frisch, berechnet für Lebendgewicht | 1,66 – 4,6 | Produktion (aus anderen Studien abgeleitet) | Hirschfeld et al. (2008) |
| Dänemark | Geflügelfleisch, Endverbrauch frisch | 3,16 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport | LCA Food Database (2009) |
| Großbritannien | Geflügelfleisch | 4,6 | konventionelle Produktion | Williams et al. (2006) |
| | Geflügelfleisch | 6,7 | ökologische Produktion | |
| Schweden | Geflügelfleisch, frisch | 1,7 | Produktion bis Lebensmitteleinzelhandel | Farmer's group Lantmännen (2008) |
| EU-27 | Geflügelfleisch, Endverbrauch | 3,6 | Kombination des Lebenszyklusansatzes mit einer ‚top-down‘-Methode, gesamte Kette bis Endverbraucher (inkl. Abfallentsorgung) | Weidema et al. (2008) |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 5
THG-Emissionen der Herstellung von Schweinefleisch

| Land | Kategorie | THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Einbezogener Pfad/Bemerkung | Quelle |
|----------------|---|--|--|----------------------------|
| Deutschland | Schweinefleisch | 3,2 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport sowie Entsorgung von Restmüll, Abfallstoffen und Verpackungsmaterialien | Westfleisch (2010) |
| Deutschland | Schweinefleisch | 3,3 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung | GEMIS (2009) |
| | Schweinefleisch, tiefgekühlt | 4,0 | Produktion, Verarbeitung, Tiefkühlung | |
| Deutschland | Schweinefleisch, Schlachtgewicht | 1,7 (3,3) | Agrarische Produktion (in Klammern: inkl. Vorleistungen) | Schmidt & Osterburg (2009) |
| Deutschland | Schweinefleisch, Schlachtgewicht ab Hof | 3,1 | Bezogen auf die Produktion | Hirschfeld et al. (2008) |
| Dänemark | Schwein, Lebendgewicht | 2,3 | Produktion | LCA Food Database (2009) |
| | Schweinefilet, frisch | 4,6 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport | |
| | Schweine-Hackfleisch, frisch | 2,3 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport | |
| Großbritannien | Schweinefleisch | 6,4 | konventionelle Produktion | Williams et al. (2006) |
| | Schweinefleisch | 5,6 | ökologische Produktion | |
| Schweden | Schweinefleisch, Endverbrauch | 6,1 | Produktion, Verarbeitung, Kühlung und Transport | Carlsson-Kanyama (1998) |
| EU-27 | Schweinefleisch, Endverbrauch | 11,2 | Kombination des Lebenszyklusansatzes mit einer 'top-down'-Methode, gesamte Kette bis Endverbraucher (inkl. Abfallentsorgung) | Weidema et al. (2008) |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 6:
THG-Emissionen der Herstellung von Weizen

| Land | Kategorie | THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Einbezogener Pfad/Bemerkung | Quelle |
|----------------|--------------|--|---|----------------------------|
| Deutschland | Weizen | 0,404 | Produktion | GEMIS (2009) |
| Deutschland | Winterweizen | 0,466 | Produktion | Schmidt & Osterburg (2009) |
| Deutschland | Winterweizen | 0,403 | Produktion | Hirschfeld et al. (2008) |
| Dänemark | Weizen | 0,710 | Produktion | LCA Food Database (2009) |
| Großbritannien | Futterweizen | 0,731 | Produktion, Lagerung, Trocknung | Williams et al. (2006) |
| Niederlande | Winterweizen | 0,399 | Produktion | Kramer et al. (1999) |
| Australien | Weizen | 0,57 – 2,21 | Produktion (Vergleich verschiedener Anbausysteme) | Howden & O'Leary (1997) |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 7:
THG-Emissionen der Herstellung weiterer, z. T. verarbeiteter Produkte

| Lebensmittel | kg CO _{2eq} / kg Produkt |
|--|--------------------------------------|
| GEMIS (2009) | |
| Schinken (Schwein) | 4,791 |
| Joghurt | 1,279 |
| Sahne | 8,001 |
| Käse | 8,903 |
| Butter | 25,001 |
| Gemüse frisch | 0,148 |
| Gemüse frisch, ökologischer Anbau | 0,125 |
| Gemüse Konserve | 0,506 |
| Gemüse, tiefgekühlt | 0,408 |
| Kartoffeln | 0,196 |
| Pommes Frites, tiefgekühlt | 5,680 |
| Margarine | 0,755 |
| Mischbrot | 0,763 |
| Bier | 0,458 |
| Saft | 1,625 |
| Lindenthal et al. (2010) | |
| Joghurt natur 3,5 % Fett, konventionelle Produktion | 1,369 |
| Joghurt Himbeere 1,8 % Fett, konventionelle Produktion | 1,186 |
| Camenbert | 7,898 |
| Karotten, konventionelle Produktion | 0,097 |
| Kopfsalat, konventionelle Produktion | 0,124 |
| Weizenbrötchen, konventionelle Produktion | 0,840 |
| Dinkelvollkornbrot, konventionelle Produktion | 0,732 |
| Kjer et al. (1994) | |
| Tomate, Freiland | 0,098 |
| Tomate, Treibhaus | 3,186 |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Wie aus den Tabellen 2 bis 6 ersichtlich, wurden von den verschiedenen Autoren für ein und dasselbe Produkt teilweise stark unterschiedliche Werte für die Höhe der THG-Emissionen berechnet. Die in den Tabellen genannten Kategorien und Systemgrenzen geben Hinweise auf mögliche Unterschiede bei der Bilanzierung produktbezogener THG-Emissionen. Werden die errechneten Emissionen auf unterschiedliche funktionelle Einheiten verteilt, beispielsweise auf 1 kg Lebendgewicht oder 1 kg Fleisch, so ist der direkte Vergleich dieser Werte nur wenig aussagekräftig. Die Ableitung des Wertes einer Kategorie aus dem angegebenen Wert einer anderen ist immer mit Unsicherheiten behaftet, da die notwendigen Daten (im genannten Beispiel der Ausschlagungsgrad) meist nur geschätzt werden können. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die

Vergleichbarkeit der ermittelten Emissionsdaten sind die Systemgrenzen. Damit ist gemeint, welche Stufen der Wertschöpfungskette in die Berechnung einbezogen werden. Bilanzierungen beschränken sich teilweise lediglich auf die Produktion eines Produktes, andere beziehen weitere Schritte wie den Transport, die Verarbeitung, die Lagerung, den Handel und die Entsorgung des Abfalls ein. Einige Bilanzen umfassen auch die durch die landwirtschaftliche Produktion implizierten Landnutzungsänderungen. Die Vergleichbarkeit der Werte wird auch dadurch begrenzt, dass die gezogenen Systemgrenzen in den Studien nicht immer genau angegeben sind. Doch auch bei angegebenen Systemgrenzen kann es zu weiteren Unsicherheiten im Hinblick auf die Vergleichbarkeit verschiedener Studien kommen, und zwar dann, wenn die berücksichtigten Faktoren innerhalb der einzelnen bilanzierten Stufen der Wertschöpfungskette nicht eindeutig benannt werden. In diesen Fällen lässt sich nicht beurteilen, ob tatsächlich alle relevanten Inputs berücksichtigt worden sind. Hinzu kommt, dass aus den Studien nicht immer hervorgeht, wie zuverlässig die verwendeten Daten sind.

Bei der Interpretation der aufgelisteten Werte ist jedoch auch zu beachten, dass gewisse Variationen der THG-Emissionen die tatsächlichen Gegebenheiten widerspiegeln. Unterschiede im Management und den Strukturen der Betriebe beeinflussen die Klimabilanzen der Produkte. Beispielsweise können im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion Sorten oder Rassen, die eine besonders effiziente Umsetzung der eingesetzten Futter- oder Düngemittel aufweisen, zu einer besseren Klimabilanz des Endprodukts führen. Ebenso können regionale Gegebenheiten (z. B. Klima, Bodeneigenschaften, Tageslänge) bedingen, dass ähnliche landwirtschaftliche Produktionssysteme je nach Standort unterschiedlich klimabelastend sind. Beispielsweise sind die für die landwirtschaftliche Nutzung entwässerten Moorböden eine starke Quelle für Treibhausgase (Freibauer et al. 2009). Auf diesen Standorten produzierte Lebensmittel sind daher mit verhältnismäßig hohen produktbedingten THG-Emissionen belastet.

Die Bilanzierung der landwirtschaftlichen Produktion stellt auch deswegen eine besondere Herausforderung dar, weil ihr biologische Systeme zugrunde liegen. Unterschiedlich hohe Emissionswerte können aufgrund von natürlichen jahreszeitlich- und witterungsbedingten Schwankungen entstehen und müssen nicht zwangsläufig auf generell klimaschädlichere Produktionssysteme hindeuten. Um derartige Einflüsse näher zu beleuchten, sind Messungen an einem Standort zu unterschiedlichen Zeitpunkten notwendig. Auf diesen Aspekt soll an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden.

Einfluss der Allokationsart

Neben der Festlegung der Systemgrenzen, also der Entscheidung, welche Produktionsschritte in die Bilanzierung einbezogen werden, ist auch von Bedeutung, auf welche Outputs die errechneten Emissionen verteilt werden. Am Beispiel des Produktes Kuhmilch wird im Folgenden dargestellt, welchen Einfluss die Zuordnung der Emissionen auf die jeweiligen Produkte bei der Bilanzierung der THG-Emissionen haben kann. Derartige Gegenüberstellungen wären auch für weitere Produkte möglich, da die Wahl der Allokationsart nicht nur bei der Milchproduktion eine entscheidende Rolle spielt. Bei der Produktion und insbesondere der Verarbeitung von landwirtschaftlichen Pro-

dukten fallen oftmals Koppelprodukte an. In dem System Milchviehhaltung entstehen neben der Milch weitere sogenannte Koppelprodukte wie Kälber und Altkühe. Da die Milch zumeist das entscheidende Produkt der Milchviehhaltung darstellt, werden diese Koppelprodukte teilweise vernachlässigt. Werden neben der Milch weitere Produkte berücksichtigt, so kann dies nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Die Tabelle 8 gibt einen Überblick über verschiedene Möglichkeiten der Allokation bei der THG-Bilanzierung der Milchproduktion.

Die Anteile der THG-Emissionen, die dem Produkt Milch zugerechnet werden, schwanken zwischen 63 und 100 %. Dabei können die unterschiedlichen Erklärungen für die Wahl der jeweiligen Allokationsmethode für sich genommen durchaus stimmig und überzeugend sein.

Tabelle 8:
Unterschiedliche Zuordnung der Emissionen zu (Koppel-) Produkten

| Art der Allokation | Eigenschaften | Anteil der Milch an Gesamtemissionen in % | Anteil der Koppelprodukte an Gesamtemissionen in % | Angabe zu Koppelprodukten | Autor / Methode |
|--|---|--|---|---|--|
| Keine Aufteilung auf Koppelprodukte | | 100 | 0 | | Cederberg & Stadig (2003); Deittert et al. (2008); Haas (2001); SEMCO (2006) |
| Zuordnung nach Gewichten | Koppelprodukte basierend auf Verkaufsgewichten | 96,6 | 3,4 | Kalb, 24 Monate alte männliche Tiere & Altkuh | Casey & Holden (2006) |
| Aufteilung nach ökonomischen Kriterien | Verteilung der Emissionen nach dem ökonomischen Wert der (Co-) Produkte | 92 | 8 (6 % Altkuh; 2 % Kalb) | Kalb & Altkuh | Cederberg & Stadig (2003) |
| Aufteilung nach ökonomischen Kriterien | Verteilung der Emissionen nach dem ökonomischen Wert der (Co-) Produkte | 92 | 8 (0,44 % Kalb; 5,5 % Altkuhfleisch; 0,057 % Tierfutter; 1,1 % Gülle; 0,19 % Leder) | Kalb, Altkuh-Fleisch, Tierfutter, Gülle, Leder | Wiltshire et al. (2009) |
| Aufteilung nach ökonomischen Kriterien | Verteilung entsprechend des jahresspezifischen Produktionswerts der (Co-) Produkte | 91 | 9 | Altkuh (Kalb: anteilig bei Milch- und Fleischprodukten angerechnet) | Schmidt & Osterburg (2009) |
| Physische Zuordnung (beruhend auf biologischen Zusammenhängen) | Einteilung entsprechend des physiologischen Futterbedarfs der Tiere zur Produktion von Milch und Fleisch | 86 | 14 | Fleisch | Lundie et al. (2009) |
| Aufteilung nach biologischen Kriterien | Einteilung entsprechend des physiologischen Futterbedarfs der Tiere zur Produktion von Milch und Fleisch | 85 | 15 | Bullenkälber und Altkühe | Cederberg & Mattsson (2000) |
| Erweiterte Systembetrachtung | Berücksichtigt die Vermeidung der Fleischproduktion aus Mutterkuhhaltung durch Kalb-/Altkuh-Produktion der Milchviehhaltung | 63 | 37 | Kalb & Altkuh | Cederberg & Stadig (2003) |
| Zuordnung von Zeitabschnitten | Zuweisung der Trockenstehphase zum Kalb | Gesamtemissionen minus zwei Monate je Kalb | Emissionen von zwei Monaten je Kalb | Kalb | Faist (2000) |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Werden jedoch unterschiedliche Zuordnungen gewählt, je nachdem, welche konkrete Fragestellung mit Hilfe einer THG-Bilanzierung beantwortet werden soll, so leidet darunter die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Der Vergleich ist bei den dargestellten Studien teilweise auch deshalb erschwert, weil nicht genau ausgewiesen wird, ob es sich bei dem Koppelprodukt Fleisch nur um das Kalb oder die Altkuh handelt. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass die bilanzierten Parameter detailliert aufzulisten sind.

Neben den Allokationen zwischen verschiedenen Produkten, wie Milch und Fleisch können auch innerhalb der Produktgruppen Zuteilungen der Emissionen erfolgen. Daten für Schweinefleisch aus der LCA Food Database werden beispielsweise nach ökonomischen Gesichtspunkten aufgeteilt. So werden einem Kilogramm Schweinefilet 4,56 kg CO_{2eq} zugerechnet, einem Kilogramm Hackfleisch hingegen nur 2,31 kg CO_{2eq}. Diese Zuteilung kann mit der höheren Zahlungsbereitschaft der Verbraucher für Filetstücke begründet werden, die einen höheren Preis für diese Produktteile bewirkt und die Produktion von Schweinefleisch insgesamt mehr fördert als Teile/Stücke, die mit einer geringeren Zahlungsbereitschaft verbunden sind. Schwankungen in der Preisrelation zwischen verschiedenen Produkten können allerdings dazu führen, dass Verbesserungen oder Verschlechterungen der THG-Bilanz einzelner Produktteile gar nicht in Zusammenhang mit tatsächlichen Veränderungen der THG-Emissionen stehen.

Zwischenfazit und erste Schlussfolgerungen

Für die Erarbeitung von THG-Minderungskonzepten ist von wesentlicher Bedeutung, die Unterschiede in den THG-Bilanzen von verschiedenen Produktionsverfahren, Lebensmitteln oder Lebensmittelgruppen zu kennen. Nur so können Belastungsschwerpunkte und besondere Risiken erkannt und Prioritäten bei der Reduzierung von Carbon Footprints gesetzt werden. Für die Ableitung von Maßnahmen, die auf Marktreaktionen insbesondere von Verbrauchern setzen, wird ein sowohl transparentes wie nachvollziehbares Informationsgerüst zur THG-Relevanz von verschiedenen Produktions- und Verarbeitungsschritten, zum Transport und zu anderen emissionsrelevanten Faktoren im System Lebensmittelerzeugung gebraucht.

Dabei ist es für die Ableitung von Klimaschutzmaßnahmen wichtig ausschließen zu können, dass methodische Unterschiede bei den Bilanzierungen die Ergebnisse stark beeinflussen. Tatsächlich zeigt sich jedoch, dass ein Vergleich zwischen den veröffentlichten Emissionswerten häufig nur eingeschränkt möglich ist, da sich die Vorgehensweisen bei den Bilanzierungen teilweise stark unterscheiden. Wie bereits erwähnt, erfolgt die Bilanzierung der THG-Emissionen im Ernährungsbereich derzeit nicht nach international einheitlichen Standards, sondern wird auch

davon beeinflusst, welche Institution diese durchführt und auf welche Fragestellungen der Fokus gelegt wird. Aus diesem Grund ist die Entwicklung von Bilanzierungsstandards zu fordern. Standards garantieren die Verlässlichkeit der Daten und zeigen auf, welche Ergebnisse für einen Vergleich geeignet sind. Zu fordern bleibt also, das Durcheinander der Systemvermischungen durch eine klärende Debatte in der Wissenschaft zu überwinden.

Grundsätzlich ist die Frage zu stellen, welcher Teil des Lebensweges bei der Bilanzierung zur Ableitung von Handlungsempfehlungen sinnvollerweise zu berücksichtigen ist. Sollen sich die Handlungsempfehlungen zum Beispiel an die Verbraucher richten, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen: Im Bereich der Verarbeitung kann die jeweilige Energieeffizienz der eingesetzten Technologien zu Unterschieden in den Emissionswerten führen. Auch die Lagerung und Distribution von Produkten kann unterschiedlich klimafreundlich gestaltet sein. Große Varianzen bestehen ebenso auf der Seite der Verbraucher, die durch die Wahl der Transportmittel (Fahrrad, Auto) und Art der Lagerung starken Einfluss auf die Gesamtbilanz nehmen können. Außerdem ist die Art der Zubereitung bedeutsam, u.a. mit welchen Haushaltsgeräten welche Portionsmengen zubereitet werden. Teilweise ist der Lebenszyklusabschnitt, der sich in den Haushalten der Verbraucher abspielt, für die gesamte THG-Bilanz sehr relevant. Die Komplexität der Handlungsoptionen in der Haushaltsphase erschwert jedoch die Einbeziehung dieses Bereiches in die THG-Bilanzierung von Lebensmitteln. Unter diesem Aspekt erscheint es nicht sinnvoll, den Carbon Footprint der Lebensmittelproduktion und der Verbrauchsphase zu kombinieren.

4 Steuerungsmöglichkeiten im Ernährungssektor

Durch die Analyse der Klimawirkung verschiedener Produktgruppen lassen sich Aussagen darüber treffen, in welchen Bereichen das Ernährungssystem besonders starke Auswirkungen auf das Klima hat und sich somit vielversprechende Ansatzpunkte für den Klimaschutz bieten. Die Ergebnisse der THG-Bilanzierungen können also herangezogen werden, um die Hauptstellschrauben für Maßnahmen des Klimaschutzes innerhalb des Ernährungssektors aufzuzeigen. Ansatzpunkte ergeben sich sowohl auf der Seite der Konsumenten als auch entlang der Produktions- und Handelsprozesse.

Sämtliche Stufen der Wertschöpfungskette im Ernährungssektor können zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen. So haben der Lebensmitteleinzelhandel und -großhandel die Möglichkeit die THG-Emissionen des Ernährungssektors zu reduzieren, indem sie die Zusammenstellung ihrer Sortimente sowie die Lagerung und Distribution nach Aspekten des Klimaschutzes ausrichten. In der Verarbeitungsindustrie bietet unter anderem die Stei-

gerung der Energieeffizienz Möglichkeiten, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Auf landwirtschaftlicher Ebene kann durch Anpassungen der Produktionsmethoden, die Klimabelastung der Lebensmittelherstellung verringert werden. Beispiele sind der effizientere Einsatz von mineralischen und organischen Stickstoffdüngern, die Etablierung von emissionsarmen Verfahren der Güllelagerung und -ausbringung sowie eine veränderte Zusammenstellung der Futtermittelrationen in der Tierhaltung.

Die Realisierung derartiger Einsparpotentiale bedarf entsprechender Anreize. Auf staatlicher Seite bieten sich eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten zur Förderung einer klimafreundlichen Ausgestaltung der Land- und Ernährungswirtschaft. Hierzu zählen unter anderem: Information und Aufklärung von Unternehmen (Wissens-transfer), Förderung von Forschung und Entwicklung, „Auszeichnung/Belohnung“ für Unternehmen mit besonders guter Effizienz und/oder Klimabilanz, Verbesserung der Transporteffizienz (z. B. mit Bahn- und Schiffsverkehr), Vereinbarungen mit dem Lebensmitteleinzelhandel über klimafreundliche Produktzusammenstellung, Aufklärung der Verbraucher (Förderung des klimafreundlichen Konsums), Investitionsförderung klimafreundlicher Technik, Steuern und Abgaben.²

Auf der Konsumentenebene kann die Aufklärung über die „Klimaschädlichkeit“ bestimmter Lebensmittel bei Verbrauchern mit hoher Umweltpreferenz zu einer freiwilligen Bevorzugung der klimafreundlicheren Produkte führen. Mit ihrer Nachfrage wirken die Konsumenten auf das Angebot an Lebensmitteln im Lebensmitteleinzelhandel ein und haben durch die Zusammenstellung ihres Einkaufes einen Einfluss auf die Klimaschädlichkeit ihres Lebensmittelkonsums. Die Voraussetzung für ein entsprechendes Verhalten der Verbraucher ist deren Wissen darüber, wie ein möglichst klimafreundlicher Konsum gestaltet werden sollte. Derartige Informationen können den Konsumenten über allgemeingültige Aussagen oder eine Kennzeichnung von Lebensmitteln mit einem Label vermittelt werden.

Bereits heute werden die Verbraucher oftmals mit Aussagen über die Klimaschädlichkeit von Produkten konfrontiert. Es werden Handlungsanweisungen gegeben, wie ein klimafreundlicher Konsum gestaltet werden kann. Vor dem Hintergrund, dass die Klimawirkung von Lebensmitteln heutzutage bereits über verschiedene Wege (Label, Handlungsempfehlungen) kommuniziert wird, soll im

Folgenden kritisch reflektiert werden, inwieweit die zugrundeliegenden Zusammenhänge dies rechtfertigen und an welchen Stellen Pauschalierungen problematisch sind. Dabei geht es zunächst um allgemeingültige Handlungsempfehlungen und anschließend um die Möglichkeit, Lebensmittel mit einem Klima-Label zu kennzeichnen. Abschließend werden die Grenzen der Steuerungsmöglichkeiten durch eine veränderte Nachfrage beleuchtet.

4.1 Handlungsempfehlungen

Die Öffentlichkeit schenkt der klimafreundlichen Ausrichtung der Ernährung eine immer größere Aufmerksamkeit. Es werden vermehrt Beiträge zu diesem Thema veröffentlicht, die konkrete Empfehlungen für die klimafreundliche Gestaltung von Einkauf, Lagerung und Zubereitung beinhalten. Da Handlungsempfehlungen das Potential haben, weit verbreitet und tatsächlich handlungsrelevant zu werden, ist eine Diskussion über deren Aussagekraft und Verlässlichkeit notwendig.

Nur wenn Handlungsempfehlungen konkret, verständlich und praktikabel sind, ist zu erwarten, dass sie von den Verbrauchern berücksichtigt werden. Dazu müssen Sachverhalte vereinfacht und verallgemeinert werden. Dem steht die Komplexität der Klimaauswirkungen des Bereiches Ernährung konträr gegenüber. Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten methodischen Unterschiede von Bilanzierungen erschweren die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und damit die Ableitung von Empfehlungen. Doch selbst bei einer einheitlichen Vorgehensweise bei der Bilanzierung produktbezogener THG-Emissionen können sich die Beurteilung der Klimaschädlichkeit von Lebensmitteln und die Verallgemeinerung von Ergebnissen schwierig gestalten. Inwieweit die Pauschalisierung der jeweiligen Bereiche problematisch ist, wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels erörtert. Dabei werden diejenigen Handlungsanweisungen beleuchtet, die im Zusammenhang mit der Klimaschutzthematik derzeit häufig im Gespräch sind:

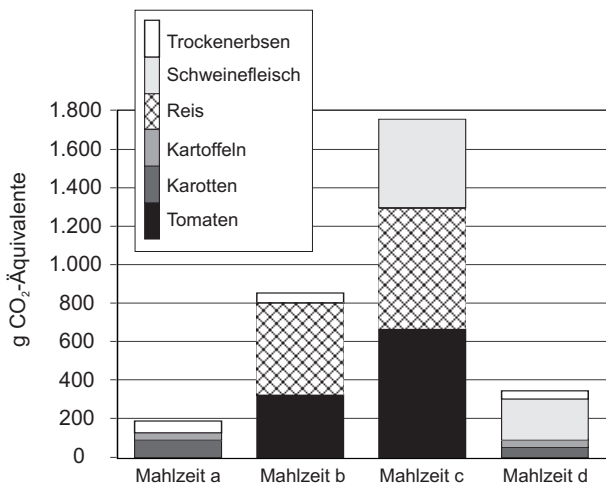
- Reduktion tierischer Produkte
- Bevorzugung von Produkten aus ökologischem Landbau
- Konsum regionaler Produkte
- Kauf von saisonalem Gemüse und Obst aus dem Freiland
- Bevorzugung frischer, gering verarbeiteter Lebensmittel
- Einsatz energieeffizienter Haushaltsgeräte
- klimafreundliche Gestaltung des Einkaufs (zu Fuß oder mit dem Fahrrad)
- Reduktion des Abfalls / der Lebensmittelverluste

² Eine intensive Diskussion aller möglichen Maßnahmen entlang der Wertschöpfungskette wäre sinnvoll, würde jedoch den Rahmen dieses Beitrages sprengen und bleibt deshalb anderen vorbehalten. Dieser Beitrag konzentriert sich im Folgenden aufgrund der zunehmenden Diskussion von Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen bei den Verbrauchern abstellen, auf die kritische Reflektion von Handlungsempfehlungen zum klimafreundlichen Konsum. Ob die Vermittlung von Handlungsempfehlungen an die Verbraucher der wirksamsten Hebel ist, ist jedoch kritisch zu hinterfragen.

Reduktion tierischer Produkte

Der Konsum tierischer Produkte geht im Vergleich zu pflanzlichen Produkten zumeist mit höheren Klimabelastungen einher. Insbesondere verursacht der Konsum von Rindfleisch ungleich mehr THG-Emissionen als vegetarische Kost bei gleichem Energiegehalt. In Diskussionen und Artikeln über eine klimafreundliche Ernährung wird daher oftmals der Appell an die Verbraucher gerichtet, den Konsum tierischer Produkte, insbesondere Rindfleisch, einzuschränken.

Je nachdem, womit tierische Produkte substituiert werden, ist jedoch auch ein Anstieg der verursachten THG-Emissionen von Mahlzeiten möglich. Wird beispielsweise der Schweinefleischkonsum reduziert und dafür der Verbrauch von Reis und Gemüseprodukten aus dem Gewächshaus erhöht, kann sich die Klimabilanz durch diese Ernährungsänderung verschlechtern. Das zeigen zum Beispiel Berechnungen von Carlsson-Kanyama (1998). Wie der Abbildung 2 entnommen werden kann, ist ein vegetarisches Essen nicht zwangsläufig mit niedrigeren Treibhausgasemissionen verbunden als ein fleischhaltiges Mahl



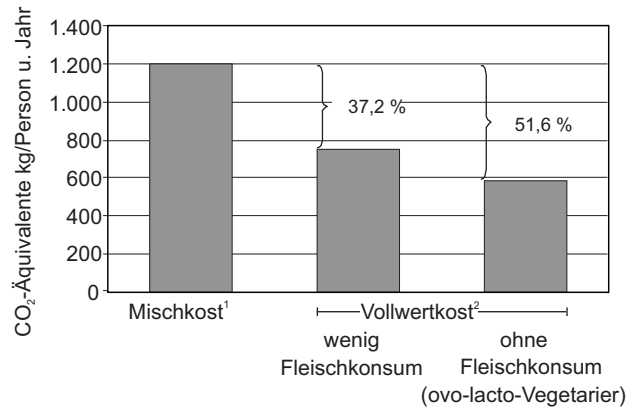
Quelle: Carlsson-Kanyama (1998)

Abbildung 2:

Treibhausgasemissionen von vier verschiedenen Mahlzeiten mit demselben Energie- und Eiweißgehalt (2 MJ und 22 bis 24 g Protein)

Trotz dieser theoretischen Überlegungen zur Substitution tierischer Produkte ist der wichtige Einfluss der Tierhaltung bei den THG-Emissionen weitgehend unumstritten. Beispielsweise weist eine Studie der FAO der Tierhaltung einen Beitrag von 18 % an den gesamten anthropogenen THG-Emissionen zu (Steinfeld et al., 2006) und weist damit auf das große Minderungspotential dieses Bereiches hin. Die Ergebnisse der Bilanzierungen von Taylor (2000) und Hoffmann (2002) unterstützen diese Empfehlung. Wie die Abbildung 3 zeigt, können Verbraucher/innen durch den

Wechsel der Ernährungsweise von der Mischkost zur ovo-lacto-vegetarischen Ernährung, die Treibhausgasemissionen der Ernährung um knapp 52 % verringern. Bei einer ovo-lacto-vegetarischen Ernährungsweise wird auf den Konsum von Fleisch verzichtet, nicht aber auf Milch- und Eiprodukte.³



¹ Hoher Verzehr an Brot/Backwaren (vorwiegend aus Auszugsmehlen), Kartoffeln, Fleisch/-waren, Erfrischungsgetränken, Kaffee und Tee; geringer Verzehr an Gemüse, Hülsenfrüchten, Obst, Nüssen und Samen.

² Hoher Verzehr an Gemüse, Obst, Vollkornprodukten, Kartoffeln, Hülsenfrüchten, Milch/-produkten, Nüssen und Samen; geringer oder kein Verzehr an Fleisch/Fisch

Quelle: Hoffmann (2002)

Abbildung 3:

Treibhausgasemissionen verschiedener Ernährungsweisen

Wiegmann et al. (2005) ermittelten ein etwas niedrigeres Reduktionspotential. Ihren Berechnungen zufolge reduziert eine Halbierung des Fleischkonsums die mit der Ernährung verbundenen Treibhausgasemissionen lediglich um 5,2 %. Die Kalkulationen von Faist (2000) ergeben einen um 24 % geringeren Energiebedarf bei einem kompletten Verzicht auf tierische Produkte, jedoch nur ein Einsparpotential von 4 % bei einem Wechsel zu einer ovo-lacto-vegetarischen Ernährung.

Bevorzugung von Produkten aus ökologischem Landbau

Die Ergebnisse der Klimabilanz der ökologischen Landwirtschaft zeigen ein differenziertes Bild. In verschiedenen Studien wurde ermittelt, dass in der ökologischen Pflanzenproduktion trotz der geringeren Erträge weniger Treibhausgase je kg Produkt emittiert werden als bei konventionellen Anbauverfahren (vgl. Tabelle 9). Bedeutsam ist dabei unter anderem der Verzicht auf den Einsatz von Mineraldünger, der in einem sehr energieaufwendigen

³ Hier soll kritisch angemerkt werden, dass die Tierhaltung nicht ausschließlich Produkte vom lebenden Tier (Bsp.: Ei, Milch) liefert, sondern immer auch Fleischprodukte (Bsp.: Altkuh, Kalb).

Prozess hergestellt wird und daher mit einer starken Klimabelastung einher geht (Bokisch et al., 2000; Hirschfeld et al., 2008; Hülsbergen & Küstermann, 2007).

Auch Rahmann et al. (2008) schließen in einem umfassenden Literaturüberblick, dass der ökologische Landbau weniger Treibhausgase freisetzt als vergleichbare konventionelle Systeme. Dabei wird jedoch darauf verwiesen, dass es gegenwärtig unterschiedliche Aussagen über die Klimarelevanz des ökologischen Landbaus gibt. Eine eindeutige Festlegung erscheint tatsächlich schwierig, wie Ergebnisse aus dem Bereich der Milchproduktion zeigen. In der Tabelle 10 sind die Ergebnisse einiger Studien gelistet, die THG-Bilanzierungen sowohl für ökologische als auch für konventionelle Produktionsverfahren durchgeführt haben.

Die aufgelisteten Studien kommen bei der Bilanzierung ökologischer und konventioneller Produktion zu keinem einheitlichen Ergebnis. Zwei der insgesamt sieben Studien können keinen eindeutigen Unterschied der Systeme feststellen (Cederberg & Flysjö, 2004; Haas et al., 2001), fünf Studien sehen die stärkere Belastung bei der konventionellen Produktion (Cederberg & Mattson, 2000; GEMIS, 2009; Hirschfeld et al., 2008; Lindenthal et al., 2010, Plassmann & Edwards-Jones, 2009) und zwei weitere stellen fest, dass die ökologische Milchproduktion mit einer stärkeren Klimabelastung einhergeht (Thomassen et al., 2007; Williams et al., 2006). Die Gründe für derartige Ergebnisunterschiede können vielfältig sein. Einflüsse haben die Datengrundlage sowie die gewählte Methode.

Tabelle 9:

Vergleich der THG-Emissionen pflanzlicher Produkte aus ökologischem und konventionellem Anbau

| Quelle | Bezug (Produkt) | Konventionelle Produktion THG in g CO _{2eq} / kg Produkt | Ökologische Produktion THG in g CO _{2eq} / kg Produkt | Land |
|--------------------------------|-----------------|--|---|-------------|
| Bokisch et al. (2000) | Winterweizen | 314 | 193 | Deutschland |
| Hirschfeld et al. (2008) | Winterweizen | 403 herkömmlicher Betrieb 365 ‚best-practice‘-Betrieb | 180 herkömmlicher Betrieb 141 ‚best-practice‘-Betrieb | Deutschland |
| Hülsbergen & Küstermann (2007) | Pflanzenbau | 370 | 274 | Deutschland |
| GEMIS (2010) | Weizen | 404 | 273 | Deutschland |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 10

Vergleich der THG-Emissionen von Kuhmilch aus ökologischem und konventionellem Anbau

| Ergebnis | Quelle | Konventionelle Produktion THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Ökologische Produktion THG in kg CO _{2eq} / kg Produkt | Land |
|--|----------------------------------|--|--|----------------|
| Ökologische Produktion klimafreundlicher | GEMIS (2009) | 0,98 | 0,92 | Deutschland |
| | Hirschfeld et al. (2008) | 0,85 herkömmlicher Betrieb 0,70 ‚best-practice‘-Betrieb | 0,78 herkömmlicher Betrieb 0,63 ‚best-practice‘-Betrieb | Deutschland |
| | Plassmann & Edwards-Jones (2009) | 1,6 (1,0 – 3,2) | 1,3 (0,9 – 2,4) | Großbritannien |
| | Lindenthal et al. (2010) | 1,2 | 1,0 (EU-Standard) | Österreich |
| | Cederberg & Mattson (2000) | 1,1 | 0,95 | Schweden |
| Klimabelastung konventioneller und ökologischer Verfahren ähnlich hoch | Cederberg & Flysjö (2004) | 0,90 hohe Intensität / Leistung 1,04 mittlere Intensität / Leistung | 0,94 (keine statistisch signifikanten Unterschiede zur konventionellen Produktion) | Schweden |
| | Haas et al. (2001) | 1,3 intensive Produktion (1,0 extensivierte Produktion) | 1,3 | Deutschland |
| Konventionelle Produktion klimafreundlicher | Williams et al. (2006) | 1,06 | 1,23 | Großbritannien |
| | Thomassen et al. (2007) | 1,4 | 1,5 | Niederlande |

Quelle: eigene Zusammenstellung

Bei der Diskussion um die Klimawirkungen des ökologischen Landbaus sind die Aspekte der Systemgrenzen besonders bedeutend. Durch die unter mitteleuropäischen Bedingungen häufig geringeren Erträge im ökologischen Landbau ist der Flächenbedarf für die gleiche Produktionsmenge höher. Dies kann zu einer Verdrängung von klimafreundlicheren Nutzungsalternativen des Bodens (Grünland, Wald) führen und damit negative Auswirkungen auf das Klima haben. Dieser Aspekt würde insbesondere dann an Bedeutung gewinnen, wenn sich der Anteil der ökologischen Landwirtschaft stark erhöht. Andererseits ist die ökologische Landwirtschaft in Deutschland weit weniger auf Futtermittelimporte angewiesen als die konventionelle, da ein Großteil der benötigten Eiweißfuttermittel hierzulande angebaut wird (bspw. Bohnen und Erbsen). In der konventionellen Tierhaltung spielt der Import von Soja hingegen eine bedeutende Rolle und hat damit Auswirkungen auf die Landnutzung in den Soja-Anbauregionen. Die Berücksichtigung dieses Zusammenhangs bei der Kalkulation der THGs beeinflusst das Abschneiden der konventionellen Milchproduktion. Ein weiterer Aspekt bei dem Vergleich der verschiedenen Produktionsverfahren ist die CO₂-Bindung durch den Humusaufbau im Boden, der für die ökologische Bewirtschaftung typisch ist (Rahmann et al., 2008). Inwieweit die Anrechnung der potentiellen CO₂-Speicherung im Boden sinnvoll ist, soll an dieser Stelle nicht näher erläutert werden. Fest steht jedoch, dass die Berücksichtigung derartiger Faktoren das Bilanzierungsergebnis beeinflusst.

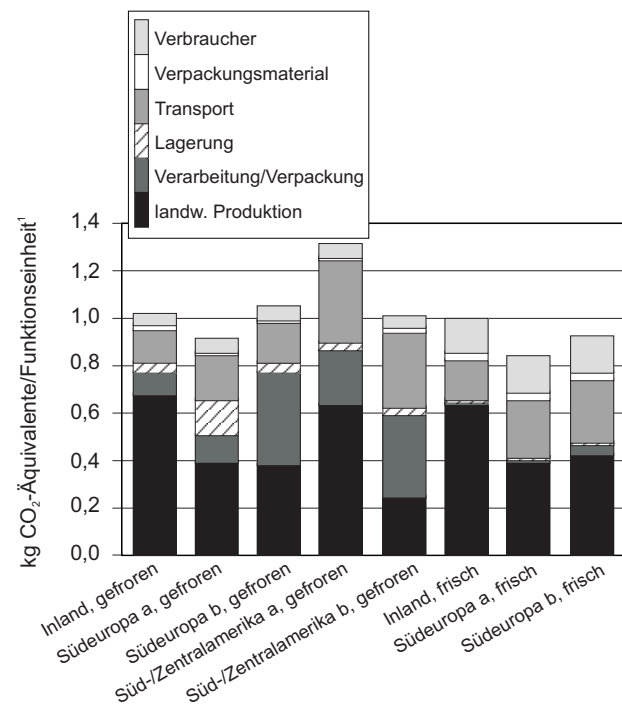
Konsum regionaler Lebensmittel

Dem Transport von Nahrungsmitteln bis zur Stufe des Lebensmitteleinzelhandels werden 3,8 bis 8 % der ernährungsbedingten THG-Emissionen zugerechnet (Kjer et al., 1994, Taylor, 2000). Dabei ist der Import aus Übersee für einen Großteil (fast 70 %) des Transportaufkommens verantwortlich, obwohl dieser nur einen geringfügigen Teil (3,5 %) der ernährungsrelevanten Güter in Deutschland betrifft (Lauber & Hoffmann, 2001).

Bedeutend ist der Transport insbesondere bei Lebensmitteln, die mit dem Flugzeug importiert werden, etwa bei Überseeimporten von frischem Fisch oder Erdbeeren. Aufgrund der erheblichen Klimabelastung durch Flugzeuge spiegelt sich ein solcher Transport sehr stark im Carbon Footprint dieser Produkte wieder (Wiegmann et al., 2005). Es wird ein weiterer Anstieg der Flugimporte von Lebensmitteln erwartet, womit auch die Bedeutung der transportbedingten THG-Emissionen zunehmen wird (Foster et al., 2006). Die starken Auswirkungen der Flugtransporte auf das Klima lassen die pauschale Aussage zu, dass mit dem Flugzeug transportierte Lebensmittel dem Klima mehr schaden als Lebensmittel, die mit einem anderen Trans-

portmittel befördert wurden. Eine Kennzeichnung der mit dem Flugzeug transportierten Lebensmittel könnte den Verbrauchern daher die Möglichkeit geben, den Kauf dieser besonders klimaschädlichen Produkte zu vermeiden.

Doch regionale Produkte verfügen nicht per se über eine bessere THG-Bilanz. Nach Wiegmann et al. (2005) schneiden diese bei den transportbedingten Treibhausgasemissionen zum Teil sogar schlechter ab, da die Transporte in der Region mit kleineren Fahrzeugen durchgeführt werden und häufig durch eine geringere Auslastung und schlechtere Logistikketten gekennzeichnet sind. Auch die Berechnungen von Lagerberg-Fogelberg & Carlsson-Kanyama (2006) für Broccoli zeigen, dass regionale Produkte im Hinblick auf Treibhausgasemissionen nicht immer die bessere Wahl sind (siehe Abbildung 4). Die unterschiedlichen Produktionssysteme und Ertragshöhen in den verschiedenen Ländern sind in diesem Beispiel bedeutend. So wiegen die günstigeren Produktionsbedingungen in Südeuropa die transportbedingten Treibhausgasemissionen auf. Dieser Zusammenhang ist besonders dann relevant, wenn das importierte Gemüse im Freiland und das regionale Gemüse im Gewächshaus produziert werden.



¹ Funktionseinheit frischer Broccoli: 1,0 kg; gefrorener Broccoli: 1,1 kg

Quelle: Lagerberg-Fogelberg & Carlsson-Kanyama (2006)

Abbildung 4:

Treibhausgasemissionen für Broccoli in Schweden bei unterschiedlicher Herkunft und Verarbeitung

Auch Edwards-Jones et al. (2008) kommen auf Grundlage ihrer Literaturanalyse zu dem Schluss, dass keine

eindeutige Aussage darüber getroffen werden kann, ob regionale Lebensmittel weniger Treibhausgasemissionen verursachen als die entsprechenden Produkte, die nicht regional erzeugt wurden. Eine derartige Einschätzung wird auch dadurch erschwert, dass der Begriff der Regionalität in unterschiedlichen Studien nicht einheitlich definiert wird. Zudem sollte bedacht werden, dass die THG-Emissionen von regionalen Produkten keineswegs ausschließlich in der Region entstehen. Teilweise wird ein erheblicher Anteil der produktbedingten THG-Emissionen durch importierte Vorleistungsprodukte wie beispielsweise Futtermittel verursacht (Plassmann & Edward-Jones, 2009). Auch der Aspekt der Systemgrenzen spielt für die Beurteilung der Klimawirkung regionaler Produkte eine bedeutende Rolle. Nur eine einheitliche Methode bei der Bilanzierung ermöglicht einen aussagekräftigen Vergleich zwischen Produkten unterschiedlicher Herkunft (Demmeler & Burdick, 2005).

Kauf von saisonalem Gemüse und Obst aus dem Freiland

Die Produktion von Gemüse wirkt sich unterschiedlich stark auf das Klima aus, je nachdem, ob es im Freiland oder in beheizten Treibhäusern angebaut wird. Durch den hohen Energieaufwand für die Wärmeerzeugung liegen die THG-Emissionen beim Anbau im Treibhaus 5- bis 30-mal höher als bei der Gemüseerzeugung im Freiland (Freyer & Dorninger, 2008). Die Bereitstellung saisonaler Produkte erfordert nur einen geringen Aufwand für die Lagerung. Ebenso ist der saisonale Anbau von Gemüse im Freiland mit weniger Emissionen verbunden als der alternative Anbau im Gewächshaus, der durch die Möglichkeit der Beheizung auch asaisonal möglich ist.

Frische, gering verarbeitete Lebensmittel

Die Verarbeitungstiefe von Lebensmitteln hat einen Einfluss auf die produktbedingten THG-Emissionen. Vor allem Produkte, die einen Trocknungsprozess durchlaufen, sind oftmals mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden. So verursachen Pommes Frites durch die energieaufwendige Verarbeitung im Vergleich zu frischen Kartoffeln etwa die 20fache Menge an Emissionen (5,8 kg CO_{2eq}/kg Pommes Frites im Vergleich zu 0,3 kg CO_{2eq}/kg Kartoffel; Wiegmann et al., 2005). Ein weiteres Beispiel ist die Verarbeitung von Äpfeln zu getrockneten Apfelringen, die mit einer Erhöhung der emittierten Treibhausgase um mehr als das 40fache einhergeht (0,057 kg CO_{2eq}/kg Äpfel; 2,339 kg CO_{2eq}/kg Apfelringe; Hoffmann, 2002).

Bei tiefgekühlten Lebensmitteln ist die Aufrechterhaltung der Kühlkette während des Transports und der Lagerung energieaufwendig und mit der Emission von Treibhausgasen verbunden. Daher verursacht beispielsweise tiefgekühltes Gemüse drei Mal mehr THG-Emissionen als

frisches Gemüse. Lässt diese Aussage zunächst auf einen erheblichen Einfluss der Kühlung schließen, sollte doch beachtet werden, dass es sich bei Gemüse um ein Lebensmittel handelt, das generell nur mit wenigen THG-Emissionen verbunden ist. Der Aufwand der Kühlung fällt bei Lebensmitteln, die insgesamt hohe THG-Emissionen verursachen, wesentlich weniger ins Gewicht. Bei Rindfleisch beeinflusst die Tiefkühlung das Gesamtergebnis nur mit einem Anstieg um etwa 5 % (GEMIS, 2009, vgl. Tabelle 7).

Dem Verderb von Lebensmitteln könnte bei dieser Bewertung allerdings eine entscheidende Rolle zugunsten von Tiefkühlkost zukommen, da bei frischen Lebensmitteln die Verluste meist höher sind. Systematische Untersuchungen zu diesem Thema gibt es jedoch bisher noch nicht.

Einsatz energieeffizienter Haushaltsgeräte

Neben der Produktion und dem Transport von Lebensmitteln sind auch die daran anschließenden Prozessschritte an den Treibhausgasemissionen entscheidend beteiligt. Die Auswirkungen der Lagerung und Zubereitung von Lebensmitteln in privaten Haushalten sind von ähnlich großer Bedeutung wie die Herstellung der Produkte bis hin zum Lebensmitteleinzelhandel. Wiegmann et al. (2005) ordnen mit 52 % den größten Anteil an den gesamten ernährungsbedingten Treibhausgasemissionen dem Energieverbrauch für die Lebensmittellagerung, die Mahlzeitzubereitung und die Raumwärme in privaten Haushalten zu. Insbesondere Kühlgeräte und Geschirrspüler spielen dabei bedeutende Rollen (Wiegmann et al.; 2005). Wichtige Ansatzpunkte zur Verringerung der ernährungsbedingten THG-Emissionen sind demnach im Bereich der Haushalte zu finden.

Klimafreundliche Gestaltung des Einkaufs

Ein weiterer Ansatzpunkt für den Klimaschutz im Bereich des Ernährungssektors bietet die Gestaltung der Einkaufsfahrten, da insbesondere die PKW-Nutzung mit einer deutlichen Klimabelastung verbunden ist. Das folgende Beispiel veranschaulicht den Einfluss, den die Einkaufsfahrt und eine geänderte Produktwahl in einem konkreten Fall haben können: Tiefgekühltes Gemüse verursacht im Vergleich zu frischem Gemüse die dreifache Menge an THG-Emissionen. Entscheidet sich ein Verbraucher zugunsten des Klimas für 1 kg frischer anstelle von tiefgekühlter Ware, so spart er damit eine geringere Menge an THG-Emissionen ein (nämlich 268 g CO_{2eq}), als er durch eine 2 km lange Autofahrt verursacht (ca. 330 g CO_{2eq}) (GEMIS, 2009; KBA, 2009). Das Einsparpotential durch die Wahl der klimafreundlicheren Alternative innerhalb der Produktgruppe Gemüse erscheint zunächst groß. Dieser Einfluss wird jedoch relativiert, wenn die Klimaauswirkung der PKW-Nutzung verglichen wird. Diese Gegenüberstel-

lung weißt zum einen darauf hin, dass zur Einschätzung der Wirksamkeit einzelner Verhaltensänderungen ein Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen in unterschiedlichen Kategorien sinnvoll ist. Zum anderen wird deutlich, dass die Nutzung von PKWs ein wichtiger Ansatzpunkt für den Klimaschutz im Rahmen des privaten Konsums ist.

Reduktion des Abfalls / der Lebensmittelverluste

Ein erhebliches Einsparpotential bietet zudem die Vermeidung von Abfällen. In einer schweizerischen Studie kalkuliert Jungbluth (2000) mit 10 % Lebensmittelverlusten auf der Verbraucherebene. Heller & Keoleian (2003) ermitteln für die USA Verluste in Höhe von 26 %. Die Ergebnisse einer britischen Studie (WRAP, 2008) liegen mit ca. 30 % auf der Verbraucherebene in einem ähnlichen Bereich. Allein die Reduktion der Menge an Lebensmitteln, die von den Verbrauchern gekauft, aber nicht konsumiert wird, könnte also einen eindeutigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Lebensmittelverluste entstehen jedoch nicht nur beim Verbraucher, sondern auch auf den vorangehenden Stufen der Wertschöpfungskette, also während der Produktion, der Lagerung, der Verarbeitung und im Handel. Auch in diesen Bereichen bieten sich sinnvolle Ansatzpunkte zur Einsparung von THG-Emissionen durch die Vermeidung von Abfällen.

4.2 Labeling

Im Gegensatz zu den zuvor diskutierten Handlungsempfehlungen, die Aussagen zu Klimaauswirkungen von Konsummustern und Lebensmittelgruppen treffen, beziehen sich Label direkt auf das damit gekennzeichnete Produkt. Derartige Label sind bereits auf bestimmten Lebensmittelprodukten in einigen Ländern zu finden, und auch in Deutschland gibt es Überlegungen, diese einzuführen (PCF, 2009). Je nach Kommunikationsstrategie lassen sich Klima-Label in verschiedene Gruppen einteilen: *Low Carbon Label* weisen auf eine besonders klimaschonende Wirtschaftsweise des Produktionsunternehmens hin. *Carbon Intensity Label* vermitteln den Konsumenten über ein Label, welche Menge an CO₂-Äquivalenten durch die Produktion einer bestimmten Menge des Produktes entstanden ist. *Carbon Rating Label* kennzeichnen Produkte, die innerhalb einer Kategorie besonders gut abschneiden. *Carbon Neutral Label* werden für Produkte vergeben, deren bilanzierte THG-Emissionen durch die Unterstützung von Emissions-Reduktions-Maßnahmen kompensiert wurden, beispielsweise durch Wiederaufforstungsprojekte (Walter & Schmidt, 2008).

Ist ein Produkt bereits mit einem oder sogar mehreren anderen Labeln gekennzeichnet, so kann eine weitere

Kennzeichnung zu einer Verwirrung der Verbraucher führen. Bei Routinekäufen wie dem Lebensmitteleinkauf erfassen die Konsumenten nur begrenzt Informationsgehalte. Auch besonders komplexe Informationen können den Konsumenten überfordern, wie beispielsweise die grammgenaue Angabe des Carbon Footprint. Der Vergleich der Werte verschiedener Lebensmittel übersteigt möglicherweise die Kapazitätsgrenze der Konsumenten hinsichtlich der Informationsverarbeitung (Eifert & Figge, 1995; Eisend et al., 2008).

Die Grundlage für die Kennzeichnung einzelner Lebensmittel bildet zumeist die Ermittlung des Carbon Footprint. Die Schwierigkeiten, die sich durch methodische Unterschiede bei der Bilanzierung ergeben, wurden im Laufe dieses Artikels bereits beleuchtet. Im Hinblick auf die Produktkennzeichnungen sind weitere Aspekte von Bedeutung: So schwankt die übliche Portionsgröße verschiedener Lebensmittelprodukte stark. Auch wenn beispielsweise ein mit dem Flugzeug importiertes Gewürz sehr hohe THG-Emissionen je kg Produkt verursachen würde, so wäre der Einfluss auf die Gesamtbilanz einer Mahlzeit vermutlich gering, weil Gewürze in vergleichsweise kleinen Mengen eingesetzt werden. Da standardisierte Gewichtseinheiten als Bezugsbasis problematisch sind, könnte die Angabe des Carbon Footprint üblicher Portionsgrößen sinnvoll sein.

Flachowsky & Hachenberg (2009) sehen das Gewicht für Lebensmittel tierischer Herkunft generell nicht als optimale Bezugsbasis. Da die Tierproduktion in Europa stärker auf die Erzeugung von Eiweiß als auf die Gesamtmenge abzielt, wird die Bezugsbasis „essbares Eiweiß tierischer Herkunft“ vorgeschlagen. Diese Angabe würde die Vergleichbarkeit tierischer Lebensmittel untereinander erhöhen, den Vergleich mit Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft (und entsprechend anderer Bezugsbasis) jedoch erschweren.

Da die Herkünfte der eingesetzten Rohstoffe in der weiterverarbeitenden Industrie häufig wechseln können, müsste die Bilanzierung der Herstellung dementsprechend regelmäßig angepasst werden. Es würde jedoch einen enormen Aufwand bedeuten, jede Lebensmittelcharge zu bilanzieren. Die Nutzung von Durchschnittswerten schränkt die Aussagekraft der vermittelten Information über die Klimawirkung der einzelnen Produkte wiederum ein.

Insbesondere auf Unternehmensebene ist anzunehmen, dass das Labeling von Lebensmittelprodukten nur dann durchgeführt wird, wenn entsprechende (äußere) Anreize vorhanden sind. Dies könnten beispielsweise Förderungen, rechtliche Regelungen oder Wettbewerbsvorteile sein. Um zu gewährleisten, dass die Bilanzierung immer auf das Ziel des Klimaschutzes ausgerichtet wird, können Kontrollen durch unabhängige Institutionen oder eine staatliche Aufsicht ratsam sein.

Die genannten Aspekte verdeutlichen, dass die Kommunikation der Carbon Footprints von Lebensmitteln über ein Label mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Ob sich trotz der damit verbundenen Herausforderungen ein einheitliches System zur Kennzeichnung von Lebensmitteln etablieren wird, ist daher zu bezweifeln (Grießhammer & Hochfeld, 2010).

4.3 Grenzen der Steuerungsmöglichkeit

Wie in den vorangegangenen Kapiteln diskutiert wurde, hat die Vermittlung der Klimawirkung von Lebensmitteln über Handlungsanweisungen oder Klima-Label das Ziel, zu einer veränderten Nachfrage der Konsumenten zu führen. Da die Auswirkungen der Produktion, des Transportes und des Konsums von Lebensmitteln auf das Klima sehr komplex sind, besteht hier ein hoher Kommunikationsbedarf. Gelingt die Vermittlung derartiger Sachverhalte, kann dadurch eine Nachfrageänderung bewirkt werden. Es ist zu erwarten, dass klimafreundliche Lebensmittel Verbraucher mit einem ausgeprägten Klimabewusstsein ansprechen. Das Interesse an der Thematik Klimaschutz und klimafreundlicher Ernährung muss aber nicht zwangsläufig dazu führen, dass derartige Eigenschaften beim Einkauf tatsächlich berücksichtigt werden. Erfahrungen mit dem Konsum von ökologisch produzierten Lebensmitteln zeigen, dass Verbraucher ihre Absicht zum Kauf von Öko-Produkten häufig überschätzen und ihre tatsächliche Kaufentscheidung oftmals von anderen Kriterien wie dem Produktpreis abhängig machen (Niessen & Hamm, 2007). Inwieweit die Verbraucher ihre Einkaufsentscheidungen tatsächlich an Carbon Footprints orientieren würden, kann dementsprechend nicht vorausgesagt werden. Ebenso fraglich ist, wie stark die Vermittlung von Handlungsempfehlungen für einen klimafreundlichen Konsum das Einkauf- und Konsumverhalten beeinflussen kann.

Wenn es aber gelingt, einen Anstieg bzw. Rückgang der Nachfrage nach bestimmten Lebensmitteln zu bewirken, so beeinflusst dieser wiederum das Angebot und hat damit unter Umständen weitreichende Auswirkungen auf andere Bereiche innerhalb des Ernährungssektors. Welche Effekte diese veränderte Konsumentennachfrage haben kann, soll im Folgenden thematisiert werden.

Da die Tierproduktion mit besonders hohen THG-Emissionen einhergeht, bietet – wie oben schon diskutiert – die Reduzierung des Verzehrs tierischer Lebensmittel eine Möglichkeit für die Verbraucher, einen individuellen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu leisten. Eine Ernährungsweise mit einem hohen Anteil pflanzlicher und gering verarbeiteter Produkte führt im Vergleich zu einer in Deutschland üblichen Lebensmittelzusammenstellung neben einer geringeren THG-Emission auch zu niedrigeren Lebensmittelkosten (Mertens et al., 2009). Ob die

Reduktion des Konsums tierischer Produkte tatsächlich mit einer Reduktion der THG-Emissionen einher geht, hängt letztlich von der alternativen Verwendung des Geldes ab. Wenn die Verbraucher den eingesparten Teil ihres Budgets für zusätzliche Produkte und Dienstleistungen ausgeben, die hohe THG-Emissionen verursachen, so kann dies insgesamt zu einer höheren Klimabelastung führen. Vor diesem Hintergrund ist der Umstieg auf Produkte mit höherer Wertschöpfung, wie dies beispielsweise bei Produkten des ökologischen Landbaus der Fall ist, im Hinblick auf den Klimaschutz positiv zu bewerten.

Die Produktion von Nahrungsmitteln steht in Konkurrenz zu alternativen Verwendungen der erforderlichen Ressourcen (insbesondere des Bodens) durch andere landwirtschaftliche, forstliche oder energetische Nutzungen bzw. der Erhaltung von natürlichen Waldgebieten oder der Wiederaufforstung. Dadurch hat die Ausdehnung oder Einschränkung einzelner Produktionsbereiche immer auch Auswirkungen auf alternative Systeme. Beispielsweise könnte ein Rückgang der Nachfrage nach Milch und Rindfleisch über fallende Preise eine Einschränkung der grünlandbasierten Rinderhaltung bewirken. Damit würde der Anreiz der alternativen Verwendung der Fläche steigen, etwa zur ackerbaulichen Nutzung nach einem Umbruch der Grünlandflächen. Diese Landnutzungsänderung geht mit zusätzlichen Treibhausgasemissionen einher und würde dem Ziel des Klimaschutzes somit entgegenwirken (Osterburg et al., 2009).

Beschränkt sich der Nachfragerückgang nach Milch und Rindfleisch auf bestimmte Regionen, beispielsweise auf Deutschland, so kann der implizierte (Weltmarkt-) Preisrückgang wiederum eine weitere Steigerung des Verbrauchs bei den übrigen Verbrauchern außerhalb Deutschlands bewirken. Derartige „leakage“-Effekte bleiben begrenzt, wenn parallel zu dem Nachfragerückgang auch ein Angebotsrückgang stattfindet, beispielsweise durch die Ausdehnung (und Steigerung der Konkurrenzfähigkeit) des Energiepflanzenbaus.

Wie anhand der wenigen Beispiele schon gezeigt werden konnte, hängt die Beurteilung klimapolitischer Maßnahmen nicht nur von deren unmittelbaren Wirkungen, sondern auch – und zwar von Maßnahme zu Maßnahme unterschiedlich – von ihren mittelbaren Wirkungen ab. Werden letztere vernachlässigt, kommt man schnell zu falschen Politikempfehlungen. Die Existenz mittelbarer Wirkungen und komplexer Zusammenhänge sollte also bei der Ableitung von Klimaschutzmaßnahmen auf der Grundlage produktbedingter THG-Emissionen stets bedacht werden. Die Schwierigkeit komplexe Sachverhalte, wie beispielsweise Landnutzungsänderungen, einzubeziehen, stellt eine Herausforderung dar, der sich in der wissenschaftlichen Forschung und Diskussion bereits angenommen wird.

Literatur

- Balz J, Bittig K, Bergmann M (eds) (2009) Das Klimakochbuch : klimafreundlich einkaufen, kochen und genießen. Stuttgart : Kosmos, 120 p
- Basset-Mens C, Ledgard S, Carran A (2005) First life cycle assessment of milk production from New Zealand dairy farm systems [online]. Zu finden in <http://www.anzsee.org/anzsee2005papers/Basset-Mens_LCA_NZ_milk_production.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Bockisch F-J (ed) (2000) Bewertung von Verfahren der ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf den Energieinsatz und bestimmte Schadgasemissionen : Studie als Sondergutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn. Braunschweig : FAL, III, 206 p, Landbauforsch Völknerode SH 211
- Blanke M, Burdick B (2005) Food (miles) for thought : energy balance for locally-grown versus imported apple fruit. *Environ Sci Pollut Res* 12(3):125-127
- BMELV (2009) Klimaschutzbericht 2008 : Bericht des BMELV für einen aktiven Klimaschutz der Agrar-, Forst- und Ernährungswirtschaft und zur Anpassung der Agrar- und Forstwirtschaft an den Klimawandel [online]. Zu finden in <<http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/383152/publication-File/22425/Klimaschutzbericht2008.pdf>> [zitiert am 07.06.2020]
- BMU (2009) Klimaschutzpolitik in Deutschland [online]. Zu finden in <http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php> [zitiert am 01.06.2010]
- BUND, Misereor (1996) Zukunftsfähiges Deutschland : ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel : Birkhäuser, 454 p
- Bund für Umwelt und Naturschutz (2008) Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt : ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte ; eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Frankfurt : Fischer, 655 p
- Carlsson-Kanyama A (1998) Climate change and dietary choices : how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced?. *Food Policy* 23(3/4):277-293
- Casey JW, Holden NM (2005) Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. *Agric Syst* 86:97-114
- Casey JW, Holden NM (2006) Greenhouse gas emissions from conventional, agri-environmental scheme and organic Irish suckler-beef units. *J Environ Qual* 35:231-239
- Cederberg C, Flysjö A (2004) Life cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden. Göteborg : SIK, SIK Rapport 728
- Cederberg C, Mattson B (2000) Life cycle assessment of milk production : a comparison of conventional and organic farming. *J Cleaner Prod* 8:49-60
- Cederberg C, Stadig M (2003) System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *Int J LCA* 8(6):350-356
- Deittert C, Müller-Lindenlauf M, Athmann M, Köpke U (2008) Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe mit unterschiedlicher Fütterungsintensität und Produktionsstruktur [online]. Zu finden in <http://orgprints.org/13567/1/13567-03OE414-ioL_uni_bonn-2008-deittert-oekobilanz_milchvieh.pdf> [zitiert am 08.06.2020]
- Demmeler M, Burdick B (2005) Energiebilanz von regionalen Lebensmitteln. *Kritische Agrarber* 2005:182-188
- Deutscher Bundestag (2007) Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Hans-Josef Fell, Cornelia Behm, Ulrike Höfken und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen. Bonn, Drucksache / Deutscher Bundestag 16/5346
- Edwards-Jones G, Mila i Canals L, Hounsome N, Truninger M, Koerber G, Hounsome B, Cross P, York EH, Hospido A, Plassmann K, Harris IM, Edwards RT, Day GAS, Deri Tomos A, Cowell SJ, Jones DL (2008) Testing the assertion that 'local food is best' the challenges of an evidence-based approach. *Trends Food Sci Technol* 19:265-274
- Engels H (2008) Gemeinsam auf Spurensuche für den Klimaschutz, *Neue Landwirtschaft* 9:46-48
- Eifert M, Figge P (1995) Produktbezogener Umweltschutz durch (ökologische) Produktkennzeichnung?. *Z angew Umweltforsch* 8(3):360-372
- Eisend M, Kuß A, Langer A (2008) Zu viel des Guten? Zum Einfluss der Anzahl von Ökolabels auf die Konsumentenverwirrtheit. *Marketing* 30(1):19-28
- Europäische Kommission (2007) CARBON FOOTPRINT : what it is and how to measure it [online]. Zu finden in <http://ca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf> [zitiert am 02.06.2010]
- Europäische Umweltagentur (2006) Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2004 and inventory report 2006 [online]. Zu finden in <http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2006_6/EC-GHG-Inventory-2006.pdf> [zitiert am 02.06.2010]
- Faist M (2000) Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren : akteurbezogene Stoffflussanalyse [online]. Zu finden in <<http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=13884>> [zitiert am 02.06.2010]
- Farmer's group Lantmännen (2008) Swedish chicken get life cycle analysis [online]. Zu finden in <<http://www.treehugger.com/files/2008/08/climate-declared-swedish-chicken.php>> [zitiert am 02.06.2010]
- Freibauer A, Drösler M, Gensior A, Schulze E-D (2009) Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. *Natur Landsch* 84(1):20-25
- Flachowsky G (2008) Treibhausgase und Ressourceneffizienz : Aspekte der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft, *Ernähr Umsch* (7/8):414-419
- Flachowsky G, Hachenberg S (2009) Wie sind Footprints zu bewerten? – Untersuchungen zur Klimarelevanz der Fleischerzeugung. *Fleischwirtschaft* (6):13-18
- Foster C, Green K, Bleda M, Dewick P, Evans B, Flynn A, Mylan J (2006) Environmental impacts of food production and consumption : final report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. London : DEFRA, 198 p
- Freyer B, Dorninger M (2008) Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich : aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich [online]. Zu finden in <<http://www.leader-austria.at/umwelt/links>> [zitiert am 02.06.2010]
- Fritsche UR, Eberle U (2007) Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln : Arbeitspapier [online]. Zu finden in <<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb08/559820798.pdf>> [zitiert am 02.06.2010]
- Fritsche U, Schmidt K (2008) Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme : Handbuch zu GEMIS 4.5 [online]. Zu finden in <<http://www.oeko.de/service/gemis/de/material.htm>> [zitiert am 02.06.2010]
- Garnett T (2009) Livestock-related greenhouse gas emissions : impacts and options for policy makers. *Environ Sci Pol* 12:491-503
- GEMIS (2009) Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, Version 4.5 [online]. Zu finden in <<http://www.oeko.de/service/gemis>> [zitiert am 02.06.2010]
- Griebhammer R, Hochfeld C (2010) Memorandum Product Carbon Footprint : Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung [online]. Zu finden in <http://www.bmu.de/produkte_und_umwelt/doc/45235.php> [zitiert am 02.06.2010]
- Heller MC, Keoleian GA (2003) Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agric Syst* 76:1007-1041
- Hirschfeld J, Korbun T, Preidl M, Weiß J (2008) Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Berlin : IÖW, 187 p, Schriftenreihe des IÖW 186
- Hoffmann I (2002) Ernährungsempfehlungen und Ernährungsweisen : Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt und Gesellschaft. Giessen
- Howden SM, O'Leary GJ (1997) Evaluating options to reduce greenhouse gas emissions from an Australian temperate wheat cropping system. In: *Environ Modelling Software* 12(2-3):169-176
- Howden S, Reyenga P (1999) Methane emissions from Australian livestock : implications of the Kyoto Protocol. *Aust J Agric Res* 50:1285-1291
- Hülsbergen K-J, Küstermann B (2007) Ökologischer Landbau : Beitrag zum Klimaschutz. In: Wiesinger K, Cais K (eds) *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern : Öko-Landbau-Tag 2009 am 28. April 2009 in Freising-Weihenstephan ; Tagungsband*. Freising : LfL, pp 9-21
- International Dairy Federation (2007) Reduction of greenhouse-gas emissions at farm and manufacturing levels Brussels : IDF, Bulletin Int Dairy Fed 422
- Jungbluth N (2000) Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums : Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz [on-

- line]. Zu finden in <<http://www.esu-services.ch/cms/fileadmin/download/jungbluth-2000-umweltfolgen.pdf>> [zitiert am 02.06.2010]
- KBA (2009) Jahresbilanz der Neuzulassungen 2008 [online]. Zu finden in <http://www.kba.de/cdn_015/nn_125396/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/2008_n_jahresbilanz.html> [zitiert am 12.01.2009]
- Kjer I, Kramer P, Müller-Reißmann K-F, Schaffner J, Simon K-H, Zehr M, Zerger U, Kaspar F, Bossel H, Meier-Ploeger A, Vogtmann H (1994) Landwirtschaft und Ernährung : Teilbericht A: Quantitative Analysen und Fallstudien. In: Studienprogramm : Band 1: Landwirtschaft, Teilband 2. Bonn : Economica-Verl
- Kramer KJ, Moll HC, Nonhebel S (1999) Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agric Ecosyst Environ* 72:9-16
- Lagerberg-Fogelberg C, Carlsson-Kanyama A (2006) Environmental assessment of foods : an LCA inspired approach. In: Fuentes C, Carlsson-Kanyama A (eds) Environmental information in the food supply system. Stockholm : FOI, Rep FOI-R-1903-SE, pp 55-84
- Lauber I, Hoffmann I (2001) Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland : Teil I: Ausmaß und Verteilung. *Z Ernährungswissenschaften* 2(2):108-113
- LCA Food Database (2009) [online]. Faculty of Agricultural Sciences Aarhus Universität. Zu finden in <<http://www.lcafood.dk/>> [zitiert am 03.12.2009]
- Ledgard S, Finlayson J, Patterson M, Carran R, Wedderburn M (2004) Effects of intensification of dairy farming in New Zealand on whole-system resource use efficiency and environmental emissions. In: Halberg N (ed) Life cycle assessment in the agri-food sector : proceedings from the 4th International Conference, October 6-8, Byxholm, Denmark. Tjele : DIAS, pp 48-52
- Lindenthal T, Markut T, Hörtenhuber S, Rudolph G, Hanz K (2010) Klimavorteil erneut nachgewiesen : Klimabilanz von Ökoprodukten, *Ökologie Landbau* 153(1):51-53
- Lundie S, Schulz M, Peters G, Nebel B, Ledgard S (2009) Carbon footprint measurement methodology report. [online]. Zu finden in <<http://www.fonterra.com/wps/wcm/connect/944cee00415ae42c834eebd111458f1c/Carbon%2BFootprint%2Bmethodology%2Bfinal.pdf?MOD=AJPERES&CA CHEID=944cee00415ae42c834eebd111458f1c>> [zitiert am 07.06.2010]
- Mertens E, Schneider K, Claupein E, Spiller A, Hoffmann I (2008) Lebensmittelkosten bei verschiedenen Ernährungsweisen : Vergleich einer üblichen Lebensmittelauswahl mit einer Lebensmittelauswahl entsprechend Empfehlungen zur Prävention ernährungsabhängiger Krankheiten. *Ernähr Umsch* 55(3):139-148
- Mertens E, Foterek K, Schneider K, Claupein E, Spiller A, Hoffmann I (2009) Lebensmittelkosten bei Klima schonenden Ernährungsweisen im Vergleich zur üblichen Ernährung. In: Freibauer A, Osterburg B (eds) Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel : Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft', 15./16. Juni 2009, Braunschweig. Braunschweig : vTI, p 208
- Mrusek K (2010) Grün essen ist gar nicht so einfach [online]. Zu finden in <<http://www.faz.net/s/RubEC1ACFE1EE274C81BCD3621EF555C83C/Doc-EE0BDFE2426F64275B8D5CA87A24EA59-ATpl-Ecommon-Sspezial.html>> [zitiert am 02.06.2010]
- NABU (2010) Klimaschutz in der Landwirtschaft [online]. Zu finden in <<http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/klimaschutz-landwirtschaft-web.pdf>> [zitiert am 02.06.2010]
- Nemry F, Theunis J, Brechet Th, Lopez P (2001) Greenhouse gas emissions reduction and material flows [online]. Zu finden in <http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/CG2131/rappCG31_en.pdf> [zitiert am 02.06.2010]
- Niessen J, Hamm U (2007) Verknüpfung von Daten des tatsächlichen Kaufverhaltens mit Befragungsergebnissen über das bekundete Kaufverhalten und Einstellungen von Verbrauchern [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/15138/>> [zitiert am 07.06.2010]
- Ogino A, Orito H, Shimada K, 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
- Osterburg B, Nieberg H, Röder N, Isermeyer F, Haenel H-D, Hahne J, Krentler J-G, Paulsen HM, Schuchardt F, Schweinle J, Weiland P (2009) Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors : Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz [online] Zu finden in <http://www.vti.bund.de/de/institute/lr/publikationen/bereich/ab_03_2009_de.pdf> [zitiert am 02.06.2010]
- Pachauri RK, Reisinger A (eds) (2007) Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [online]. Zu finden in <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html> [zitiert am 02.06.2010]
- PCF (2009) Product Carbon Footprinting : ein geeigneter Weg zu klimaverträglichen Produkten und deren Konsum? ; Erfahrungen, Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Product Carbon Footprint Pilotprojekt Deutschland [online]. Zu finden in <<http://www.oeko.de/oekodoc/883/2009-007-de.pdf>> [zitiert am 02.06.2010]
- Phetteplace H, Johnson D, Seidl A (2001) Greenhouse-gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States. *Nutr Cycl Agroecosystems* 60:99-102
- Pingen S, Freibauer A (2010) Klimaschutz und Landwirtschaft : mehr Klarheit zu den Zahlen. *Dtsche Bauernkorrespondenz* (05):8-9
- Plassmann K, Edwards-Jones G (2009) Where does the carbon footprint fall? Developing a carbon map of food production. *Sustainable Markets Discussion Paper* 4
- Quack D, Rüdener I (2007) Stoffstromanalyse relevanter Produktgruppen. Energie- und Stoffströme der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2005 [online]. Zu finden in <http://www.ecotopten.de/download/EcoTop-Ten_Endbericht_Stoffstrom_2007.pdf> [zitiert am 12.06.2010]
- Rahmann G, Aulrich K, Barth K, Böhm H, Koopmann R, Oppermann R, Paulsen HM, Weißmann F (2008) Klimarelevanz des ökologischen Landbaus : Stand des Wissens. *Landbauforsch* 58(1-2):71-89
- Reinhardt G, Gärtner S, Münch J, Häfele S (2009) Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel : Energie- und Klimagasbilanzen [online]. Zu finden in <http://www.ernaehrungsdenkwerkstatt.de/fileadmin/user_upload/EDWText/TextElemente/Ernaehrungsoekologie/Regionale_Lebensmittel_IFEU_2009.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Salmhofer C, Strasser A, Sopper M (2001) Ausgewählte ökologische Auswirkungen unseres Ernährungssystems am Beispiel Klimaschutz. *Natur und Kultur : transdisziplinäre Z ökol Nachhaltigkeit* 2/2:60-81
- Schlätzer M (2010) Klimawandel als tierisches Produkt [online]. Zu finden in <http://www.oekom.de/fileadmin/zeitschriften/umak_Leseproben/umak_2010_02_Schlätzer.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Schlich E, Hardtert B, Krause F (2008) Beef of local and global provenance : a comparison in terms of energy, CO₂, scale, and farm management [online]. Zu finden in <http://www.uni-giessen.de/fbr09/pt/PT_Publikationen/LCA-food08_Proceedings_Schlich.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Schmidt TG, Osterburg B (2009) Aufbau des Berichtsmoduls 'Landwirtschaft und Umwelt' in den umweltökonomischen Gesamtrechnungen : Projekt II: Ergänzungen und Anwendung der Ergebnisse aus Projekt I ; Endbericht [online]. Zu finden in <<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltökonomischeGesamtrechnungen/LandwirtschaftUmwelt,templated=renderPrint.psm>> [zitiert am 07.06.2010]
- Schröder D (2009) Futtern fürs Klima [online]. Zu finden in <<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,659296,00.html>> [zitiert am 07.06.2010]
- Sevenster M, de Jong F (2008) A sustainable dairy sector : global, regional and life cycle facts and figures on greenhouse-gas emissions [online]. Zu finden in <<http://www.euromilk.org/upload/docs/EDA/A%20sustainable%20dairy%20sector%20Global,%20regional%20and%20life%20cycle%20facts%20and%20figures%20on%20greenhouse-gas%20emissions.pdf>> [zitiert am 07.06.2010]
- SEMCO (2006) Product Category Rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for milk and milk based liquid products, PCR 2006:5, Version 1, 2006-11-10 [online]. Zu finden in <<http://www.environmentaldec.com/pcr/pcr0605e.pdf>> [zitiert am 07.06.2010]
- Statistisches Bundesamt Deutschland (2010) Bevölkerung [online]. Zu finden in <<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Zeitreihen/LangeReihen/Bevoelkerung/Content100/lrbev01ga,templated=renderPrint.psm>> [zitiert am 07.06.2010]

- Stehfest E, Bouwman L, van Vuuren D, den Elzen M, Eickhout B, Kabat P (2008) Climate benefits of changing diet. *Clim Change* 95:83–102
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006) *Livestock's long shadow : environmental issues and options*. Rome : FAO, 390 p
- Subak S (1999) Global environmental costs of beef production. *Ecol Econ* 30(1):79-91
- Taylor C (2000) Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren [online]. Zu finden in <<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/273/pdf/d000074.pdf>> [zitiert am 07.06.2010]
- Thomassen MA, van Calker KJ, Smits MCJ, Iepema GL, de Boer IJM (2007) Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands *Agric Syst* 96(1-3):95-107
- Umweltbundesamt (2009) Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2007 : Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2009 [online]. Zu finden in <<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3727.pdf>> [zitiert am 07.06.2010]
- Vergé XPC, Dyer JA, Desjardins RL, Worth D (2007) Greenhouse-gas emissions from the Canadian dairy industry in 2001. *Agric Syst* 94:683-693
- von Koerber K, Kretschmer J, Prinz S (2008) Globale Ernährungsgewohnheiten und –trends : externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten “Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung”. Zu finden in <http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008_ex10.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- von Koerber K, Kretschmer J (2009) Ernährung und Klima : nachhaltiger Konsum ist ein Beitrag zum Klimaschutz [online]. Zu finden in <http://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2009/vonKoerber_Kretschmer.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Wallen A, Brandt N, Wennersten R (2004) Does the Swedish consumer's choice of food influence greenhouse gas emissions? *Environ Sci Pol* 7:525-535
- Walter S, Schmidt M (2008) Carbon footprints und carbon label : eine echte Hilfe bei der Kaufentscheidung? *Umwelt-Wirtschafts-Forum* 16(4):175-181
- Wehde G, Dosch T (2010) Klimaschutz und Biolandbau in Deutschland : die Rolle der Landwirtschaft bei der Treibhausgasminderung [online]. Zu finden in <http://www.bioland.de/fileadmin/bioland/file/bioland/Startseite/Bioland_Klimapapier_02.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Weidema BP, Wesnaes M, Hermansen J, Kristensen T, Halberg N (2008) Environmental improvement potentials of meat and dairy products [online]. Zu finden in <ftp://ftp.jrc.es/pub/library/Impro_Meet.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Westfleisch (2010) Nachhaltigkeitsbericht 2009 [online]. Zu finden in <<http://www.westfleisch.de/unternehmen/nachhaltigkeitsbericht.html>> [zitiert am 07.06.2010]
- Wiegmann K, Eberle U, Fritsche UR, Hünecke K (2005) Umweltauswirkungen von Ernährung : Stoffstromanalysen und Szenarien [online]. Zu finden in <http://www.ernaehrungswende.de/pdf/DP7_Szenarien_2005_final.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Wiltshire J, Wynn S, Clarke J, Chambers B, Cottrill B, Drakes D, Gittins J, Nicholson C, Phillips K, Thorman R, Tiffin D, Walker O, Tucker G, Thorn R, Green A, Fendler A, Williams A, Bellamy P, Audsley E, Chatterton J, Chadwick D, Foster C (2009) Scenario building to test and inform the development of a BSI method for assessing greenhouse gas emissions from food : technical annex to the final report ; report to Defra, Project Reference Number: FO0404 [online]. Zu finden in <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FO0404_8543_TRP.pdf> [zitiert am 07.06.2010]
- Williams AG, Audsley E, Sanders DL (2006) Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities : main report Defra Research Project IS0205 [online]. Zu finden in <www.silsoe.cranfield.ac.uk> and <www.defra.gov.uk> [zitiert am 20.20.2009]
- WRAP (2008) The food we waste [online]. Zu finden in <http://www.wrap.org.uk/retail/case_studies_research/report_the_food_we.html> [zitiert am 07.06.2010]