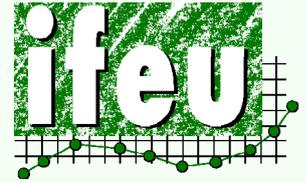


**Maria Müller-Lindenlauf
Gunnar Zipfel
Nils Rettenmaier
Sven Gärtner
Julia Münch
Detlev Paulsch
Guido Reinhardt**



CO₂-Fußabdruck und weitere Umweltwirkungen von Gemüse aus Baden-Württemberg

Endbericht

im Auftrag der Marketinggesellschaft Baden-Württemberg mbH (MBW)



Heidelberg, 30. Juni 2013

Erstellt im Auftrag der Marketinggesellschaft Baden-Württemberg mbH (MBW) als Teilprojekt im Rahmenprogramm zur Evaluierung der „CO₂-Fußabdrücke im baden-württembergischen Lebensmittelsektor“ des Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz (MLR).

IMPRESSUM

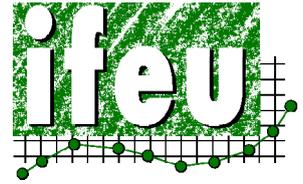
Autoren: Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Gunnar Zipfel
Nils Rettenmaier
Sven Gärtner
Julia Münch
Dr. Detlev Paulsch
Dr. Guido Reinhardt

Herausgeber,
Gestaltung: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3, D-69120 Heidelberg
www.ifeu.de

Erscheinungsjahr: 2013

Bildquellen: Titelblatt, S. 8-18: © Peter Kirillov / **FOTOLIA**
Titelblatt, S. 19-26: © NilsZ / **FOTOLIA**
Titelblatt, S. 27-31: © Denis Sokolov / **FOTOLIA**

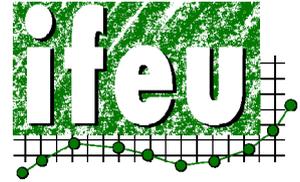
63 Seiten



Inhalt

Zusammenfassung	i
1 Hintergrund und Zielsetzung	- 1 -
2 Methodik und Vorgehensweise	- 2 -
2.1 Vorgehensweise	- 2 -
2.2 Untersuchte Umweltwirkungen	- 3 -
2.3 Untersuchte Gemüsekulturen	- 4 -
2.4 Datenbasis	- 6 -
2.5 Allgemeine Festlegungen	- 7 -
3 CO₂-Fußabdruck und Ökobilanzergebnisse für ausgewählte Produktlinien	- 9 -
3.1 Tomaten	- 9 -
3.1.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege	- 9 -
3.1.2 Ergebnisse für den CO ₂ -Fußabdruck von Tomaten	- 12 -
3.1.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien	- 17 -
3.2 Eissalat	- 21 -
3.2.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege	- 21 -
3.2.2 Ergebnisse für den CO ₂ -Fußabdruck von Eissalat	- 22 -
3.2.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien	- 26 -
3.3 Weißkohl	- 29 -
3.3.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege	- 29 -
3.3.2 Ergebnisse für den CO ₂ -Fußabdruck von Weißkohl	- 29 -
3.3.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien	- 32 -
3.4 Exkurs: Verbraucherverhalten	- 34 -
3.4.1 Einkaufsverhalten am Beispiel Tomate	- 34 -
3.4.2 Gekühlte Lagerung	- 35 -
3.4.3 Abfall	- 36 -

3.5	Exkurs: Regionale Produktion im Vergleich zu Importwaren	- 38 -
4	Weitere Umweltwirkungen mit besonderer Relevanz für die Landwirtschaft	- 40 -
4.1	Nährstoffeintrag in Gewässer	- 40 -
4.2	Wasserbedarf	- 42 -
4.3	Flächenbedarf und Bodenschutz	- 42 -
4.4	Biodiversität	- 44 -
5	Diskussion	- 46 -
5.1	Übertragbarkeit der Ergebnisse	- 46 -
5.2	Möglichkeiten und Grenzen des Instruments „CO ₂ -Fußabdruck“ für regionales Gemüse	- 47 -
5.3	Vergleich der ermittelten Werte mit der Literatur	- 48 -
6	Schlussfolgerungen	- 50 -
7	Empfehlungen	- 53 -
8	Literatur	- 58 -
9	Anhang	- 60 -
9.1	Zentrale Merkmale der Lebenswege	- 60 -
9.2	Erläuterungen: CO ₂ -Rechner für die Ernährung	- 62 -
	Abkürzungsverzeichnis	- 66 -



Zusammenfassung

Das baden-württembergische Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz (MLR) hat die MBW Marketinggesellschaft mbH beauftragt, ein Rahmenprogramm zur Evaluierung der „**CO₂-Fußabdrücke im baden-württembergischen Lebensmittelsektor**“ zu entwickeln und umzusetzen.

Zu diesem Zweck sollte untersucht werden, welche spezifischen Treibhausgasemissionen mit der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung verschiedener Lebensmittel der Land- und Ernährungswirtschaft und dem Konsumverhalten verbunden sind. Hierbei galt es, die gegebenen Strukturen in Baden-Württemberg, d. h. die unterschiedlichen Erzeugungs-, Verarbeitungs- und Vermarktungssysteme, zu berücksichtigen. Mit der Ermittlung und Bewertung der CO₂-Fußabdrücke sollen Empfehlungen und Hinweise für eine klimafreundliche Weiterentwicklung des baden-württembergischen Lebensmittelsektors aufgezeigt werden. Zum anderen soll eine fundierte und nachvollziehbare Verbraucherinformation im Hinblick auf ein entsprechendes Konsumverhalten ermöglicht werden.

Um diese übergeordneten Ziele zu erreichen, hat die MBW Marketinggesellschaft mehrere Projekte vergeben, die jeweils ausgewählte Lebensmittel zum Gegenstand haben. Das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH befasste sich mit dem CO₂-Fußabdruck und weiteren Umweltwirkungen für regional produzierte Gemüsekulturen aus Baden-Württemberg. In enger Zusammenarbeit mit der Gemüsering Stuttgart GmbH und der EDEKA Handelsgesellschaft Südwest mbH wurden dabei die Treibhausgasemissionen sowie weitere Umweltwirkungen ausgewählter Produktlinien für **Tomaten, Eissalat und Weißkohl** untersucht.

Als **methodischer Rahmen** dienen die ISO-Normen 14040 & 14044 (Produkt-Ökobilanzen). Die Studie fokussiert die Treibhausgasbilanz, beinhaltet aber auch eine Bilanzierung der Umweltwirkungskategorien Energieaufwand, Versauerung, Eutrophierung (Nährstoffeintrag), Ozonabbau und Sommersmog entlang des gesamten Produktlebensweges. Der gesamte Lebensweg beinhaltet die landwirtschaftliche Produktion einschließlich der vorgelagerten Prozesse (z. B. Düngemittelproduktion), die Verarbeitung (Waschen, Sortieren und Verpacken) sowie die Vermarktung und schließt sämtliche Lagerungs-, Kühl- und Transportprozesse mit ein. Im Rahmen von Exkursen werden jeweils zusätzlich unterschiedliche Arten von Konsumverhalten untersucht sowie ein alternativer Gemüseimport aus anderen Anbauregionen. Für die landwirtschaftliche Produktion wurden zusätzlich Wasserbedarf, Bodenschutz, Flächenbedarf und Auswirkungen auf die Biodiversität in die Betrachtungen mit einbezogen. Im Folgenden werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst.

Der CO₂-Fußabdruck von **Tomaten** unterscheidet sich erheblich je nach Anbausystem (beheiztes Gewächshaus bzw. Folientunnel). Der Heizenergiebedarf der Gewächshäuser hat mit Abstand den größten Einfluss auf die CO₂-Bilanz. Aus Sicht des Klimaschutzes sollte daher auf beheizte Gewächshäuser zugunsten von Freilandanbau oder Folientunneln verzichtet werden oder die Heizenergie zumindest mit erneuerbaren Energieträgern und in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Ebenso sollten aus Sicht des Klimaschutzes eher großfruchtige Sorten verwendet werden, da diese im Bezug auf die Aufwendungen pro Flä-

che gegenüber den Snacktomaten einen höheren Ertrag liefern und oft weniger aufwendig verpackt sind.

Bei **Eissalat** und **Weißkohl** wurde nur Freilandanbau betrachtet. Der CO₂-Fußabdruck wird insbesondere durch Verpackung und Vertrieb (Kühlung) sowie durch einen relativ hohen Anteil an Ausschussware beeinflusst. Der Anteil an Ausschussware kann durch ein optimiertes Management bei Anbau, Lagerung, Vertrieb und Einkauf verringert werden. Bei beiden Gemüsesorten tragen versauernde Emissionen und Nährstoffeinträge in Böden ähnlich viel zur Gesamtumweltbelastung bei wie die Treibhausgasemissionen. Bei Weißkohl führen zudem N₂O-Emissionen aus der Düngung in relevantem Umfang zum Ozonabbau. Aus Sicht des Umweltschutzes sind ausgeglichene Nährstoffbilanzen beim Anbau aller untersuchten Gemüsesorten von hoher Relevanz.

Haupterkennnis: **Regionale und saisonale Produkte** aus unbeheiztem Anbau sind aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes gegenüber überregional produzierten / importierten, beheizt angebauten oder gelagerten Produkten vorzuziehen. Die größten Umweltvorteile werden erzielt, wenn die regionalen und saisonalen Produkte als lose Ware direkt vom Erzeuger (d.h. ohne Kühl- und Lageraufwendungen) über regionale Wochenmärkte vermarktet werden. Dies ist jedoch bei heutigen Produktions- und Absatzstrukturen nur für einen kleinen Teil der Ware möglich.

Neben der Ermittlung der THG-Bilanzen, dem Hauptziel der Studie, galt es im Rahmen des Projektes noch weitere Teilziele zu verfolgen. So sollten z.B. die Möglichkeiten und Grenzen des Instrumentes „CO₂-Fußabdruck“ hinsichtlich Aussagekraft und unternehmens- und produktspezifischer Umsetzbarkeit beleuchtet werden. Das **Instrument „CO₂-Fußabdruck“** kann zwar zentrale Einflussgrößen auf die Klimabilanz regionalen Gemüses aufzeigen, aus denen Optimierungsmöglichkeiten abgeleitet werden können. Es eignet sich jedoch nicht als Gütesiegel zur Kennzeichnung von Lebensmitteln, da lediglich die Klimabilanz des Produktes bewertet wird, andere für Ressourcen- und Umweltschutz wichtige Parameter aber nicht berücksichtigt werden. Zudem erfordert eine valide, den internationalen ISO-Normen voll entsprechende und für ein Siegel geeignete Bilanz bei Gemüse einen im Verhältnis zum Produktwert hohen Erfassungsaufwand, vor allem aufgrund der spezifischen Marktstrukturen (große Vielzahl von Produktlinien, Erzeugern und Verkaufsstellen, Witterungsabhängigkeit der Produktion).

Die Studie schließt mit Empfehlungen für verschiedene Akteure entlang der Wertschöpfungskette (Erzeuger, Händler sowie Verbraucher) sowie für die Politik und identifiziert weiteren Forschungsbedarf.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Das baden-württembergische Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz (MLR) hat die MBW Marketinggesellschaft mbH beauftragt, ein Rahmenprogramm zur Evaluierung der „CO₂-Fußabdrücke im baden-württembergischen Lebensmittel-sektor“ zu entwickeln und umzusetzen.

Zu diesem Zweck soll der Umfang der mit der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Lebensmitteln verbundenen spezifischen Treibhausgasemissionen von verschiedenen Produkten der Land- und Ernährungswirtschaft einschließlich des Konsumverhaltens untersucht werden. Hierbei galt es die gegebenen Strukturen in Baden-Württemberg, d. h. die unterschiedlichen Erzeugungs-, Verarbeitungs- und Vermarktungssysteme zu berücksichtigen. Mit der Ermittlung und Bewertung der CO₂-Fußabdrücke soll ein wichtiger Beitrag für eine „klimafreundliche“ Weiterentwicklung des baden-württembergischen Lebensmittelsektors sowie für eine fundierte und nachvollziehbare Verbraucherinformation im Hinblick auf ein entsprechendes Konsumverhalten geleistet werden.

Um dieses übergeordnete Ziel zu erreichen, hat die MBW Marketinggesellschaft mehrere Projekte vergeben, die jeweils ausgewählte Lebensmittel zum Gegenstand haben. Das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH wurde mit dem vorliegenden Projekt betraut; es befasst sich mit dem CO₂-Fußabdruck und weiteren Umweltwirkungen für regional produzierte Gemüsekulturen aus Baden-Württemberg. In enger Zusammenarbeit mit baden-württembergischen Unternehmen wurden dabei die Treibhausgasemissionen sowie weitere Umweltwirkungen ausgewählter Produktlinien untersucht.

Die Untersuchung diene der Beantwortung der folgenden Fragestellungen:

- Welcher CO₂-Fußabdruck sowie welche weiteren Umweltwirkungen sind mit den ausgewählten Produktlinien verbunden?
- Lassen sich die Ergebnisse auf andere Unternehmen, Produkte und Produktlinien aus Baden-Württemberg übertragen?
- Welche Möglichkeiten und Grenzen bietet das Instrument „CO₂-Fußabdruck“ bzw. „Ökobilanz“ hinsichtlich Aussagekraft und unternehmens- und produktspezifischer Umsetzbarkeit im baden-württembergischen Lebensmittelsektor?

Die Studie steht im Kontext der Diskussion um die Nachhaltigkeit regionaler Lebensmittel. Im Rahmen dieser Studie werden ausschließlich ökologische Aspekte der Nachhaltigkeit betrachtet. Ökonomische und soziale Aspekte sowie Fragen der Produktqualität und Gesundheit regionaler Lebensmittel sind nicht Gegenstand dieser Studie. Eine abschließende Bewertung von Lebensmitteln im Hinblick auf die Nachhaltigkeit sollte andere Säulen der Nachhaltigkeit mit bedenken (Abb. 1.1).



Abb. 1-1 Säulen der Nachhaltigkeit für Lebensmittel. Neben den „klassischen“ Säulen der Nachhaltigkeit (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) wurde der Bereich Gesundheit ergänzt, da Gesundheitsaspekte für die Bewertung von Lebensmitteln im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von entscheidender Bedeutung sind.

2 Methodik und Vorgehensweise

2.1 Vorgehensweise

Der CO₂-Fußabdruck (engl. Product Carbon Footprint, PCF), ist ein Maß für alle Treibhausgas-Emissionen, die entlang des Lebenszyklus eines Produkts anfallen. Der CO₂-Fußabdruck wird ermittelt, um die Klimawirksamkeit von Produkten oder Dienstleistungen zu bestimmen, zu bewerten und zu kommunizieren. Eine internationale Norm für den CO₂-Fußabdruck ist derzeit in Entwicklung (ISO-Norm 14067: Carbon Footprint of Products). Bis dahin dienen die Normen der Produkt-Ökobilanz (ISO-Normen 14040 & 14044) als methodischer Rahmen für die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks. Ökobilanzen sind wesentlich umfangreicher und untersuchen zusätzlich zum Treibhauseffekt noch weitere potenzielle Umweltwirkungen (z. B. Versauerung, Eutrophierung oder stratosphärischer Ozonabbau) eines Produkts oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebenszyklus. Der CO₂-Fußabdruck eines Produktes entspricht damit einer Teilmenge seiner Ökobilanz (nämlich der Treibhausgas-Bilanz).

Auch in dieser Studie orientiert sich die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks sowie weiterer Ökobilanzergebnisse an den internationalen Normen für Produkt-Ökobilanzen (ISO 14040 & 14044). Dabei werden die Input- und Outputflüsse und potenziellen Umweltwirkungen des untersuchten Produkts entlang seines gesamten Lebensweges („von der Wiege bis zur Bahre“) betrachtet.

Der gesamte Lebensweg beinhaltet die landwirtschaftliche Produktion einschließlich der vorgelagerten Prozesse (z. B. Düngemittelproduktion), die Verarbeitung (Waschen, Sortieren und Verpacken) sowie die Vermarktung. Dabei sind auch sämtliche Lagerungs-, Kühlungs- und Transportprozesse mit eingeschlossen. Zusätzlich werden das Verbraucherverhalten sowie ein alternativer Gemüseimport aus dem Ausland jeweils im Rahmen eines kurzen Exkurses untersucht.

Die Untersuchung fokussiert auf den CO₂-Fußabdruck, bezieht aber auch weitere Umweltwirkungen mit ein (siehe Kapitel 2.2).

2.2 Untersuchte Umweltwirkungen

Der Schwerpunkt der Analyse liegt auf der Bestimmung des CO₂-Fußabdrucks (Treibhausgasbilanz), d. h. eines Teilaspekts der Ökobilanz.

Zusätzlich wurden weitere Umweltparameter untersucht, um eine umfassende ökologische Bewertung der Beispielprodukte zu ermöglichen. Dies sind als weitere, quantitativ und entlang des gesamten Lebensweges erfasste Ökobilanz-Kategorien:

- Energieaufwand,
- Versauerung,
- Terrestrische Eutrophierung (im Weiteren: Nährstoffeintrag in Böden),
- Ozonabbau und
- Sommersmog.

Für die landwirtschaftliche Produktion wurden zusätzlich die folgenden Wirkungsbereiche betrachtet:

- Aquatische Eutrophierung (im Weiteren: Nährstoffeintrag in Gewässer),
- Wasserbedarf,
- Flächenbedarf und Bodenschutz sowie
- Biodiversität.

Diese Wirkungsbereiche haben für die Landwirtschaft eine besondere Relevanz. Eine genaue, quantitative Erfassung für alle betrachteten Lebenswege war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich, aufgrund der hohen Bedeutung dieser Kategorien für die Nachhaltigkeit der Gemüseproduktion werden diese Kategorien jedoch trotzdem mit aufgenommen. Dabei wird die Bedeutung der betrachteten baden-württembergischen Gemüseproduktionsverfahren für die genannten Umweltwirkungsbereiche kurz abgeschätzt und erläutert.

Tab. 2-1 und Tab. 2-2 stellen die untersuchten Umweltwirkungen zusammenfassend dar.

2.3 Untersuchte Gemüsekulturen

Obst und Gemüse unterscheiden sich von anderen frischen Lebensmitteln wie etwa Fleisch durch ihre relativ geringe Verarbeitung und hohe Saisonalität. Es existiert eine große Produktvielfalt, die sich in deutlich unterschiedlichen Produktionsketten niederschlägt. Für die Analyse wurden drei Gemüsekulturen ausgewählt, die zum einen eine hohe Bedeutung im baden-württembergischen Gemüseanbau haben und zum anderen jeweils spezifische, umweltrelevante Anbaueigenschaften aufweisen:

Tomate: Feingemüse. Hohe Temperaturansprüche, hoher Pflegeaufwand, Anbau regelmäßig in Gewächshäusern / Folientunneln. Geringe Lagerfähigkeit. Verkauf als lose Ware oder fertig abgepackt. Es werden verschiedene Tomatensorten angeboten, z. B. Cocktailtomaten oder Rispentomaten.

Eissalat: Salat. Kulturpflanze mit mäßigen Temperaturansprüchen, sehr kurzer Wachstumsperiode und daher mehreren Ernten im Jahr. Anbau im Freiland, teilweise mit Vliesabdeckung zur Verfrühung. Sehr geringe Lagerfähigkeit. Verkauf als lose Ware oder fertig abgepackt.

Kohl: Grobgemüse. Geringe Temperaturansprüche, hoher Nährstoffbedarf, geringer Pflegeaufwand. Anbau fast ausschließlich im Freiland, teilweise mit Vliesabdeckung zur Verfrühung. Sehr gute Lagerfähigkeit. Verkauf im Allgemeinen als lose Ware.

Tab. 2-1 Untersuchte Umweltwirkungen der Ökobilanz (quantitative Bewertung entlang des gesamten Lebensweges).

Wirkungskategorie	Einheit	Kurzbeschreibung
Treibhauseffekt	kg CO ₂ -Äquiv. je Produkteinheit	Bezeichnet die Erwärmung der Atmosphäre in Folge der vom Menschen verursachten Freisetzung von klimawirksamen Gasen. Neben Kohlenstoffdioxid (CO ₂) werden auch Methan (CH ₄) und Lachgas (Distickstoffoxid, N ₂ O) sowie eine Reihe von Spurengasen erfasst. Änderungen im Bodenkohlenstoffgehalt aufgrund des Anbaus wurden in dieser Studie nicht erfasst.
Energieaufwand	MJ je Produkteinheit	Energieeinsatz bzw. -einsparung ist ein Indikator der Ressourcenbeanspruchung. Üblicherweise wird in Ökobilanzen die nicht erneuerbare Primärenergie ausgewiesen. Zu den nicht erneuerbaren Energieträgern zählen die fossilen Brennstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle sowie Uranerz. Die Primärenergie unterscheidet sich von der Endenergie dadurch, dass auch der Aufwand für die Bereitstellung der Energieträger mit erfasst wird (Förderung, Raffinerie, Transporte etc.). Im Folgenden wird diese Umweltwirkungskategorie der besseren Begrifflichkeit halber mit „Energieaufwand“ bezeichnet.
Versauerung	kg SO ₂ -Äquiv. je Produkteinheit	Verschiebung des Säuregleichgewichts in Böden und Gewässern durch den Eintrag Säure bildender Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und Chlorwasserstoff in Böden und Gewässer. Versauerung schädigt sensible Ökosysteme wie Wälder oder Magerwiesen aber auch Gebäude (Stichwort: „Saurer Regen“).
Nährstoffeintrag in Böden	kg PO ₄ -Äquiv. je Produkteinheit	Einbringung von Nährstoffen in Böden natürlicher und empfindlicher Ökosysteme über atmosphärische Deposition. Die Eutrophierung der Böden natürlicher Ökosysteme führt zur Verdrängung seltener und gefährdeter Arten. Die wichtigsten Quellen atmosphärischer Nährstoffdeposition sind Emissionen von Ammoniak und Stickoxiden.
Ozonabbau	kg R-11-Äquiv. je Produkteinheit	Zerstörung des schützenden Ozons in der Stratosphäre durch bestimmte Gase wie FCKW oder Lachgas (Stichwort „Ozonloch“).
Sommer-smog	kg C ₂ H ₄ -Äquiv. je Produkteinheit	Bildung von so genannten Photooxidantien wie z. B. Ozon in bodennahen Luftschichten (Stichwort „Ozonalarm“) durch Zusammenwirken mehrerer Faktoren, zu denen Sonneneinstrahlung, Stickoxide und ungesättigte Kohlenwasserstoffe gehören.

Tab. 2-2 Zusätzliche Umweltwirkungen mit besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft (Bewertung nur für Anbau).

Wirkungskategorie	Einheit	Kurzbeschreibung	Quantitativ / Qualitativ
Nährstoffeintrag in Gewässer	kg PO ₄ -Äquiv. je Produkteinheit	Einbringung von Nährstoffen in Gewässer durch Auswaschung von Nitrat und Phosphaten aus landwirtschaftlichen Flächen sowie durch Abwässer.	Teilweise quantitativ
Wasserbedarf	L Wasser je Produkteinheit	Wasser wird im Gemüseanbau vor allem für die Beregnung sowie – in deutlich geringem Umfang – für das Waschen benötigt.	Teilweise quantitativ
Flächenbedarf und Bodenschutz	m ² Fläche je Produkteinheit	Landwirtschaftliche Produktion benötigt Fläche, die dadurch nicht mehr für alternative Verwendungen, z. B. Naturschutz, zur Verfügung steht. Durch die Bewirtschaftung können sich zudem die Fruchtbarkeit der Fläche und damit die langfristige Produktivität verändern (z.B. durch Humusabbau, Verdichtung oder Erosion).	Teilweise quantitativ
Biodiversität	(ausschließlich qualitative Bewertung)	Biodiversität wird durch die Art der Flächenbewirtschaftung beeinflusst. Dabei sind verschiedene Triebkräfte des Biodiversitätsverlustes bzw. –erhaltes zu unterscheiden: Die Naturnähe des Ökosystems, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die Düngeintensität sowie die Nutzungshäufigkeit bzw. der Einsatz von Landmaschinen.	Qualitativ

2.4 Datenbasis

Gemüseanbau

Daten zum Gemüseanbau wurden vom Gemüsering Stuttgart GmbH zur Verfügung gestellt. Die Gemüsering Stuttgart GmbH als ein Unternehmen mit langjähriger Erfahrung in der Vermarktung regionaler Produkte als auch mit eigenen Produktionsstandorten in Baden-Württemberg diente hierbei als Schnittstelle zwischen den produzierenden Betrieben und der wissenschaftlichen Untersuchung und stellte konkrete, unternehmensbezogene Daten für die Produktion der drei oben aufgeführten Kulturen aus insgesamt 6 Betrieben zur Verfügung. Hierzu wurden von der Gemüsering Stuttgart GmbH sowohl eigene als auch externe Produktionsbetriebe eingebunden. Die Übertragbarkeit der Daten auf andere Betriebe

be wird in Kapitel 5 diskutiert. Die Daten wurden mit Literaturwerten ergänzt, z. B. zum Treibstoffbedarf für bestimmte Feldarbeitsgänge (KTBL 2008, KTBL 2009).

Vermarktung

Daten zur Distribution wurden von der Gemüsering Stuttgart GmbH (Transport zu Gemüse-ringlager, Lagerung bei Gemüsering, Vertrieb) und der EDEKA Handelsgesellschaft Südwest mbH zur Verfügung gestellt. Die Übertragbarkeit der Daten auf andere Betriebe wird in Kapitel 5 diskutiert. Daten zur Direktvermarktung wurden der IFEU-internen Datenbank entnommen.

Verbraucherverhalten

Daten zum Verbraucherverhalten wurden aus Literaturwerten sowie aus Daten der IFEU-internen Datenbank errechnet.

Vorketten der Betriebsmittel

Daten zu den Vorketten der Betriebsmittel und Energieträger wurden Ökobilanz-Datenbanken entnommen (IFEU-interne Datenbank, GEMIS, ecoinvent).

Ableitung typischer Lebenswege

Aus den Angaben der Projektpartner wurden typische Produktlebenswege abgeleitet. Dazu wurden die Angaben der Partnerbetriebe vereinfacht und zum Teil an übliche Verfahren angepasst. Auf diese Weise wird zum einen die Repräsentativität der Daten erhöht (mehr dazu siehe Kapitel 5), zum anderen wird dem Datenschutz gegenüber den beteiligten Unternehmen Rechnung getragen.

Weitere Angaben zu den Lebenswegen für Tomaten, Eissalat und Kohl aus Baden-Württemberg

Weitere Informationen zu den untersuchten Lebenswegen für Tomaten, Eissalat und Kohl aus Baden-Württemberg finden sich im Anhang in Kapitel 9.1.

2.5 Allgemeine Festlegungen

Systemgrenzen

Betrachtet wird der gesamte Lebensweg von der Jungpflanzenerzeugung mit all ihren Inputs bis zum Verkauf an den Endkunden im Einzelhandel (siehe Abb. 2-1). Dabei werden auch alle Transporte, Lageraufwendungen und Abfallströme mit erfasst. Zusätzlich wird in einem Exkurs das Verbraucherverhalten betrachtet.

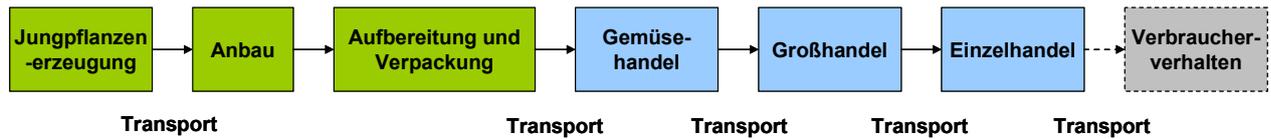


Abb. 2-1 Schematischer Lebensweg Gemüse.

Räumlicher und zeitlicher Bezug

Die Berechnungen beziehen sich auf das Wirtschaftsjahr 2010. Der räumliche Bezug ist für den (regionalen) Anbau sowie für den Vertrieb Baden-Württemberg. Für Hintergrunddaten (Vorketten von Betriebsmitteln und Energieträgern etc.) wurden Werte für Deutschland 2010 verwendet.

Funktionelle Einheiten

Die funktionelle Einheit ist die Bezugsgröße, in der die Umweltwirkungen ausgewiesen werden. Für alle drei betrachteten Gemüsesorten wurde die folgende funktionelle Einheit verwendet:

- 1 Kilogramm vermarktete Ware

Normierung

Die Normierung ist ein optionales Element der Ökobilanz. Sie dient dem Zweck, unterschiedliche Umweltwirkungskategorien einander sinnvoll gegenüber stellen zu können. Dazu müssen die Ergebnisse in den verschiedenen Umweltwirkungskategorien in eine gemeinsame Einheit umgerechnet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung werden die Ergebnisse auf die so genannten „Einwohnerwerteswerte“ (kurz: ETW) normiert. Das sind der Ressourcenverbrauch bzw. die Emissionen, die ein Bürger der Bundesrepublik Deutschland im Schnitt am Tag verursacht. Die Umrechnungsfaktoren für Absolutwerte in Einwohnerwerteswerte sind in Tab. 2-3 angegeben. Die Normierung wurde nur für die quantitativ und entlang des gesamten Lebensweges betrachteten Ökobilanz-Wirkungskategorien angewendet.

Tab. 2-3 Umrechnungsfaktoren von Absolutwerten in Einwohnerwerteswerte.

Umweltwirkung	Umrechnungsfaktor: Einwohnerwerteswert
Treibhauseffekt	33 kg CO ₂ -Äquivalente je Person und Tag
Energieaufwand	433 MJ je Person und Tag
Versauerung	86 g SO ₂ -Äquivalente je Person und Tag
Nährstoffeintrag	13 g PO ₄ -Äquivalente je Person und Tag
Ozonabbau	0,12 g R-11-Äquivalente je Person und Tag
Sommersmog	43 g Ethen-Äquivalente je Person und Tag



3 CO₂-Fußabdruck und Ökobilanzergebnisse für ausgewählte Produktlinien

Im Folgenden werden der CO₂-Fußabdruck sowie weitere Kenngrößen der Ökobilanz von Tomaten (Kapitel 3.1), Eissalat (Kapitel 3.2) und Weißkohl (Kapitel 3.3) dargestellt. In den abschließenden Kapiteln (Kapitel 3.4 und Kapitel 3.5) wird auf das Verbraucherverhalten und den Vergleich von regionaler Produktion zu Importware eingegangen. Der Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit halber sind in den Abbildungen zu den verschiedenen untersuchten Produkten die gleichen Lebenswegabschnitte mit jeweils gleichen Farben dargestellt. Wenn in einigen Abbildungen nicht alle Lebenswegabschnitte sichtbar sind, sind sie mit sehr kleinen Zahlenwerten verbunden, d. h. sie wurden nicht übergangen.

3.1 Tomaten

Eingangs werden die untersuchten Lebenswege bzw. Anbausysteme von Tomaten dargestellt, um im Anschluss daran die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks sowie weiterer Wirkungskategorien der Ökobilanz zu präsentieren.

3.1.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege

Verglichen wurden drei Anbausysteme (siehe Abb. 3-1): Regional produzierte Tomaten aus einem beheizten Gewächshaus bzw. einem unbeheizten Folientunnel, sowie überregional produzierte Tomaten aus einem beheizten Gewächshaus. Die wichtigsten Merkmale der drei Systeme sind im Folgenden beschrieben.

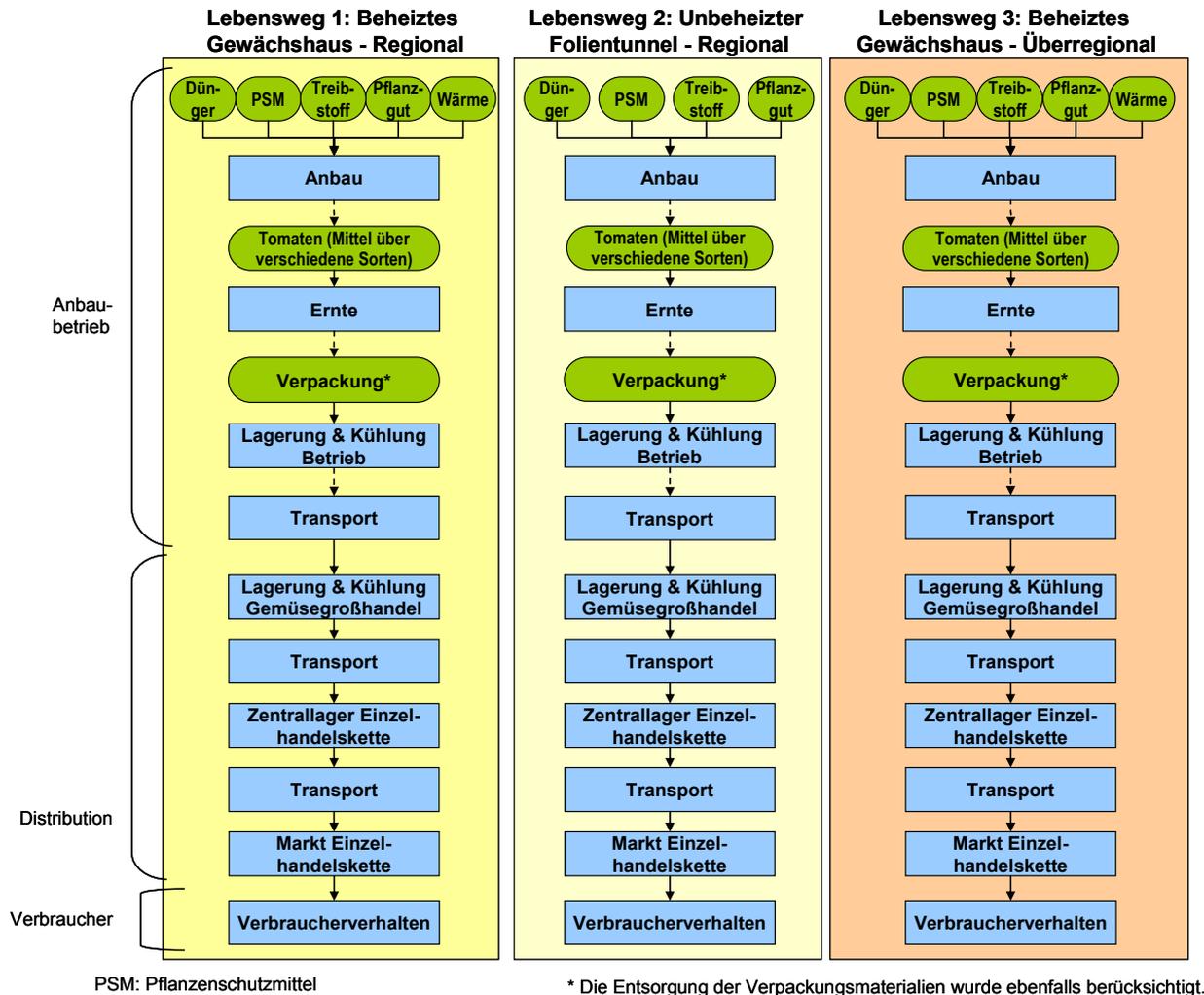
Tomaten aus der Region – beheiztes Gewächshaus: Typische konventionelle Produktion; Steinwollematten als Anbausubstrat; Gewächshaus aus Glas, Stahl und Aluminium (Abschreibzeit: 20 Jahre); Wärmeerzeugung mit Erdgas-Kessel; überregionaler Bezug der Jungpflanzen; Transport der Waren bis zum Einzelhandel typischerweise 330 km. Ernteperiode: Mitte März bis Mitte Dezember.

Tomaten aus der Region – unbeheizter Folientunnel: Typische konventionelle Produktion; Anbau in Bodenkultur; Folie und Stahl für Folientunnel (Abschreibzeit: Folie 5 Jahre; Stahl 20 Jahre); kein Heizenergieaufwand; überregionaler Bezug der Jungpflanzen; Transport der Waren bis zum Einzelhandel typischerweise 330 km. Ernteperiode: Anfang Juni bis Mitte Oktober.

Tomaten überregional – beheiztes Gewächshaus: Typische konventionelle Produktion; Produktionsstandort in Deutschland, aber außerhalb Baden-Württembergs. Steinwollematten als Anbausubstrat; Gewächshaus aus Glas, Stahl und Aluminium (Abschreibzeit: 20 Jahre);



Wärmeerzeugung mit Erdgas-Kessel; überregionaler Bezug der Jungpflanzen; Transport der Waren zum Einzelhandel insgesamt 650 km. Ernteperiode: Mitte März bis Mitte Dezember.



IFEU 2012

Abb. 3-1 Betrachtete Anbausysteme für Tomaten.

Neben dem Anbausystem (Folientunnel oder beheiztes Gewächshaus) und der Regionalität (Transportentfernung) gibt es eine Reihe weiterer Einflussgrößen, welche die Ökobilanz von Tomaten bestimmen. Die Relevanz verschiedener Einflussgrößen auf die Ökobilanz von Tomaten kann mit so genannten Sensitivitätsanalysen untersucht werden. Dabei werden einzelne Parameter verändert und die Auswirkungen auf das Gesamtergebnis verglichen. Im Rahmen dieser Tomaten-Ökobilanz wurden folgende Sensitivitätsanalysen durchgeführt:

**Anbau:**

- **Energiebereitstellung für die Gewächshausbeheizung:** Die Art der Wärmeerzeugung für die Heizung der Gewächshäuser ist eine zentrale Einflussgröße für die Klimabilanz. Hierfür wurden die Varianten „Erdgas-Heizkessel“ (=Standard) und „-BHKW“, „Erdöl-Heizkessel“ und „-BHKW“ sowie „Holzhackschnitzel-Heizkessel“ und „-BHKW“ verglichen. Dabei ist zu beachten, dass im Falle einer Heizung mit Erdgas das CO₂ aus der Verbrennung zur Düngung des Gewächshauses verwendet wird. Im Falle einer Heizung mit Holzhackschnitzeln oder Erdöl ist dies nicht üblich, da keine geeigneten und kostengünstigen Gasreinigungsverfahren verfügbar sind. In diesen Fällen wird technisches CO₂ zur Düngung zugekauft.
- **Sortenwahl:** Rispentomaten, Cocktailtomaten und Snacktomaten. Die Sorten unterscheiden sich vor allem im Ertrag sowie in den üblicherweise eingesetzten Verpackungsarten, jedoch kaum in den Anbauansprüchen.
- **Verpackungsarten:** Tomaten werden häufig als lose Ware in Kunststoff- oder Kartonsteigen angeboten. Die wird dann vom Kunden im Einzelhandel nach Belieben abgewogen. Darüber hinaus finden sich Tomaten in folienumhüllten Kartonschalen (eingeschweißt in Flow-Pack-Folie). Als eher ungewöhnliche, relativ aufwendige Verpackungsform wurden zusätzlich PE-Kunststoffbecher für Snacktomaten analysiert.

Distribution:

- Die Distribution erfolgt im Standardfall über einen regionalen Gemüsegroßhändler, der die Waren wiederum an Einzelhandelsketten ausliefert. Im Standardfall wurde eine Distribution über baden-württembergische Großhandelslager in baden-württembergische Supermärkte angesetzt.
- Als Sensitivitätsanalyse wurde die Direktvermarktung loser Ware über einen Wochenmarkt betrachtet. Entfernung vom Anbaubetrieb: 50 km, direkter Verkauf ohne Kühlung, Bezug direkt vom Erzeuger (nicht über andere Wochenmarktbeschicker). Dieser Lebensweg stellt eine Art „best case“ da und ist bei heutigen Produktions- und Einkaufstrukturen nur für einen geringen Anteil der Waren geeignet.

Einkauf:

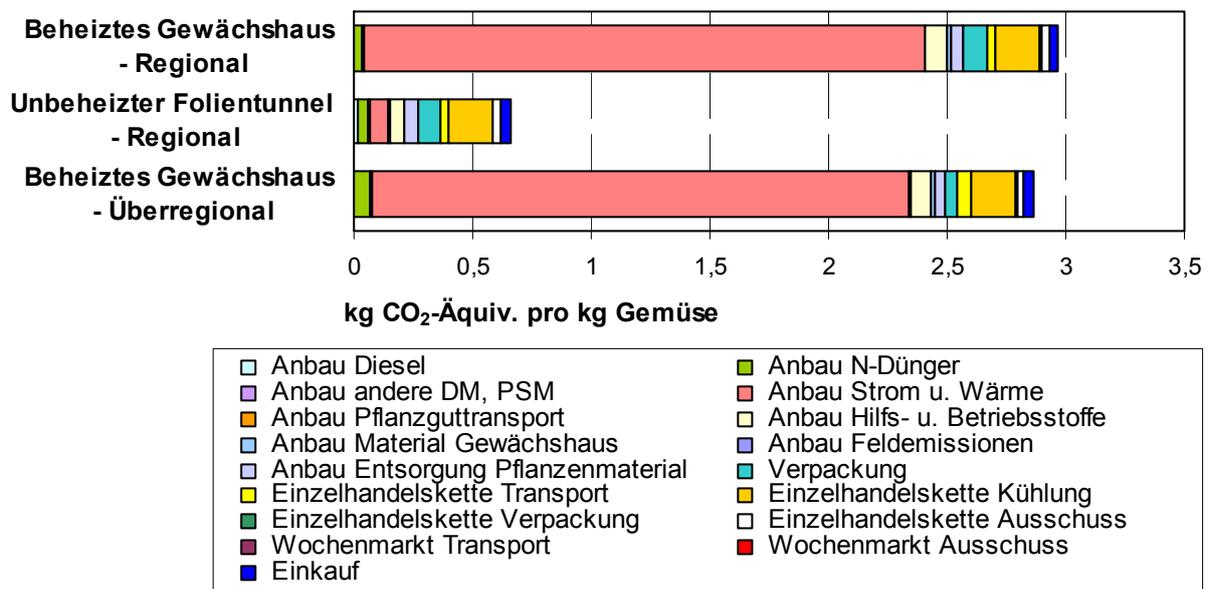
- Als Standardfall wurde angesetzt, dass die Tomaten in einem Großeinkauf (ca. 20 kg Ware bei Einkauf im Supermarkt; 10 kg Ware bei Einkauf auf dem Wochenmarkt) eingekauft werden, für den der Kunde ca. 5 km mit dem PKW zurücklegt. Sensitivitäten des Einkaufsverhaltens werden in Kapitel 3.4 (Verbraucherverhalten) separat und für alle drei Gemüsekulturen zusammenfassend betrachtet.



3.1.2 Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck von Tomaten

Systemvergleich

Der Vergleich der Anbausysteme (Abb. 3-2) zeigt deutlich: In den beheizten Gewächshäusern ist der Energiebedarf mit einem Anteil von ca. 80 % an den Gesamtemissionen die absolut dominierende Einflussgröße. Die Gesamtemissionen sind bei Anbau in beheizten Gewächshäusern mehr als viermal so hoch wie in unbeheizten Folientunneln. Die Transportaufwendungen spielen demgegenüber kaum eine Rolle. Die überregional produzierten Tomaten weisen sogar eine etwas günstigere Klimabilanz auf, was in diesem Fall auf einen geringeren Einsatz von Betriebsmitteln und Verpackungsmaterialien zurückzuführen ist.



IFEU 2012

Abb. 3-2 Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck von Tomaten für verschiedene Anbausysteme. Details zu den Anbausystemen: siehe Kapitel 3-1 und Abb. 3-1.

Lesebeispiel:

1. Balken: Durch den Konsum von 1 kg Tomaten aus einem beheizten Gewächshaus in Baden-Württemberg entstehen üblicherweise ca. 3 kg Treibhausgas-Emissionen. Den größten Anteil daran hat der Bedarf an Strom und Wärme im Gewächshaus mit etwa 2,4 kg CO₂-Äquivalenten.

Der Hauptunterschied zwischen beheizten und unbeheizten Systemen ist die Ernteperiode: Regionale Tomaten aus unbeheiztem Anbau sind nur zwischen Anfang Juni und Mitte Oktober verfügbar (Abb. 3-3). Aus Klimasicht ist es also am sinnvollsten, im Frühjahr und Winter auf frische Tomaten aus Deutschland zu verzichten. Auf die Klimabilanz von Importtomaten wird in Kapitel 3.5 (Exkurs: Regionale Produktion im Vergleich zu Importware) eingegangen.

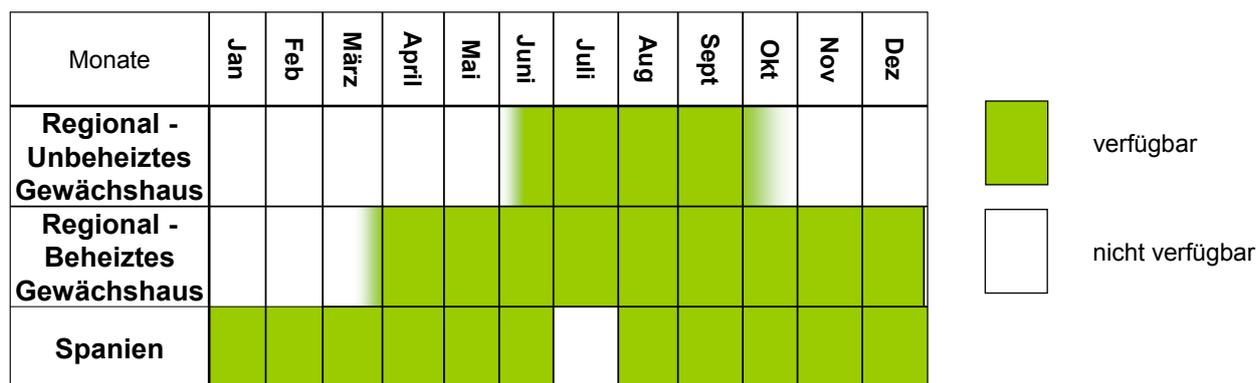
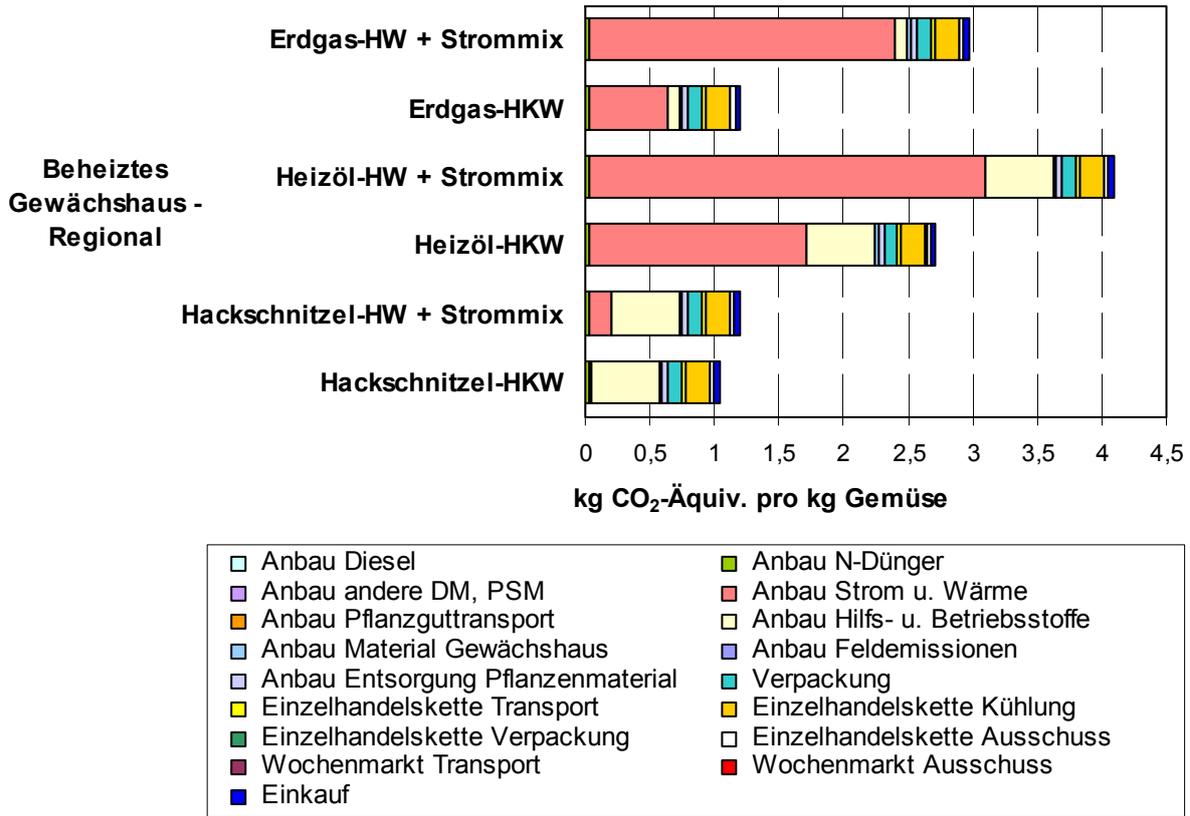


Abb. 3-3 Saisonale Verfügbarkeit von Tomaten aus den verschiedenen Anbausystemen.

Optimierte Wärmeerzeugung für Gewächshäuser

Die Art der Wärmeerzeugung sowie die Wahl des Energieträgers haben einen erheblichen Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck von regionalen Tomaten aus beheizten Gewächshäusern (Abb. 3-4). Im Standardfall wurde angesetzt, dass die Wärme mit einem Erdgas-Heizkessel erzeugt wird und der benötigte Strom aus dem Netz bezogen wird. Durch Einsatz eines Erdgas-Heizkraftwerkes kann die Klimabilanz deutlich verbessert werden: Die Emissionen aus der Wärme- und Strombereitstellung lassen sich dadurch um etwa 75 % senken, so dass sich insgesamt nur noch ca. 1,2 kg Treibhausgas-Emissionen je kg Tomaten aus beheiztem Gewächshaus ergeben. Die Emissionen liegen damit allerdings immer noch deutlich über den Emissionen für Tomaten aus unbeheiztem Anbau (siehe oben Abb. 3-2: 0,7 kg CO₂-Äquivalente je kg Tomaten). Heizölbetriebene Heizkessel und Heizkraftwerke sind aus Klimaschutzsicht nachteilig gegenüber einer erdgasbetriebenen Heizung. Für einen propangefeuerten Heizkessel sind ähnliche Werte wie für Erdgas zu erwarten. Der Einsatz von Hackschnitzeln als regenerativem Energieträger hat im Vergleich zum Einsatz von Erdgas in Kraft-Wärme-Kopplung nur geringfügige Einsparungen von Treibhausgas-Emissionen zur Folge. Zwar entfallen die Emissionen aus der Verbrennung, welche bei den fossilen Energieträgern dominieren, beinahe vollständig. Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, muss beim Einsatz von Hackschnitzeln jedoch technisches CO₂ als Dünger im Gewächshaus eingesetzt werden, dessen Aufwendungen stark ins Gewicht fallen (in Abbildung 3.4 unter „Anbau Hilfs- und Betriebsstoffe“ subsummiert). Beim Einsatz von Erdgas dagegen kann das CO₂ aus den aufgereinigten Abgasen des Heizkessels gewonnen werden. Dadurch ergeben sich insgesamt nur geringfügige Vorteile für den regenerativen Energieträger. Der geringe Unterschied zwischen einem Hackschnitzel-Heizkessel und einem Hackschnitzel-BHKW ist darauf zurückzuführen, dass – anders als bei den fossilen Energieträgern - keine Gutschrift für den ins Netz eingespeisten Strom gegeben wurde. Der Strom aus regenerativen Quellen wird in Deutschland nach EEG besonders vergütet. Daher speisen Anlagenbetreiber diesen Strom üblicher Weise ins Netz ein, anstatt ihn intern zu nutzen. Die CO₂-Einsparungen durch diesen Strom aus regenerativen Quellen werden in den deutschen Energie-Mix eingerechnet. Eine Gutschrift der CO₂-Einsparungen durch die Stromeinspeisung für den Anlagenbetreiber würde eine Doppelberücksichtigung darstellen (näheres dazu: Pehnt et al. 2010).



IFEU 2012

Abb. 3-4 CO₂-Fußabdruck von Tomaten aus einem beheizten Gewächshaus in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung verschiedener Arten der Wärmebereitstellung. HW: Heizwerk. HKW: Heizkraftwerk

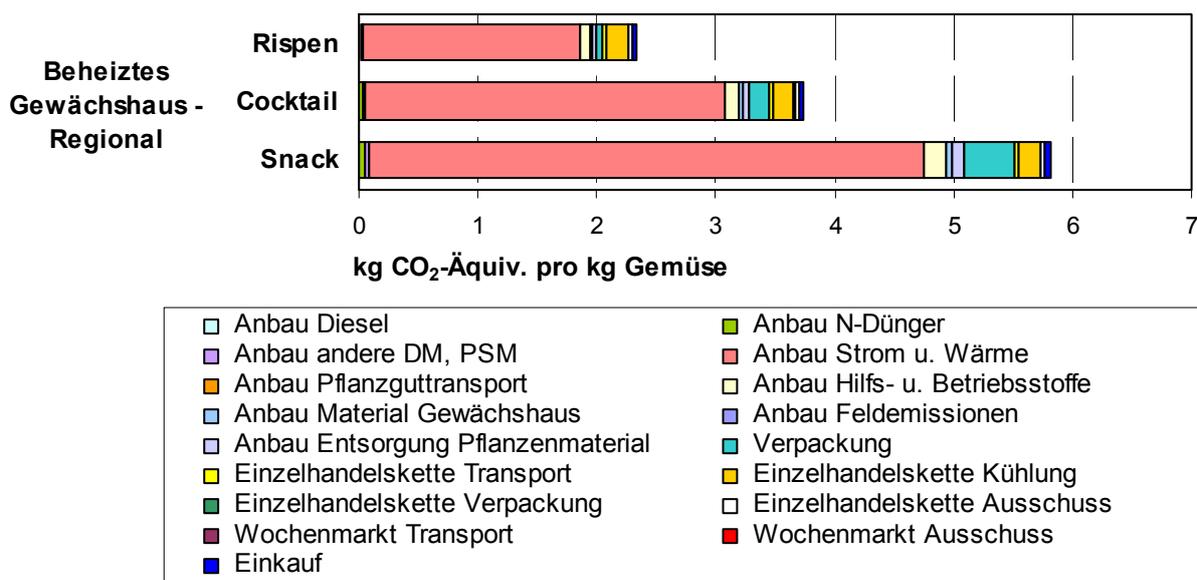
Sortenwahl und Ertrag

Neben der Heizenergie ist die Sortenwahl eine weitere zentrale Einflussgröße in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck von regionalen Tomaten. Tomaten mit großen Früchten (Rispen-tomaten, Fleischtomaten, normale runde Tomaten sowie Eiertomaten) liefern einen höheren Ertrag je m² Anbaufläche als kleinfruchtige Sorten wie Cocktailtomaten oder Snacktomaten (Tab. 3-1). Da die Aufwendungen je m² Anbaufläche etwa gleich sind, haben Cocktailtomaten und Snacktomaten einen wesentlich höheren CO₂-Fußabdruck (Abb. 3-5). Aus Sicht des Klimaschutzes sollten daher großfruchtige, ertragsstarke Sorten bevorzugt werden. Dies sind z. B. normale runde Tomaten oder Rispen-tomaten. Dazu kommt, dass Cocktailtomaten in der Regel nicht als lose Ware angeboten werden, sondern in folienumhüllten Kartonschalen, die wiederum in Kunststoffsteigen ausgeliefert werden. Diese Verpackungsart trägt ebenfalls zu einem höheren CO₂-Fußabdruck bei. Snacktomaten werden in diesem Beispiel in Kunststoffbechern angeboten, die wiederum in Kartonsteigen ausgeliefert werden. Dies ist mit Abstand die aufwendigste Verpackungsart. Damit widerspricht die ökologische Sicht dem allgemeinen Trend zu kleinfruchtigen Sorten. Ökonomische, gesundheitliche, geschmackliche und soziale Aspekte der Sortenwahl waren nicht Gegenstand dieser Studie.



Tab. 3-1 Typische Erträge verschiedener Tomatensorten.

Tomatensorte	Ertrag	Standard-Verpackung
Rispentomaten	56 kg / m ²	Lose in EPS-Steige
Cocktailtomaten	33 kg / m ²	Folienumhüllt in Kartonschale
Snacktomaten	22 kg / m ²	PET-Becher, in Kartonsteigen

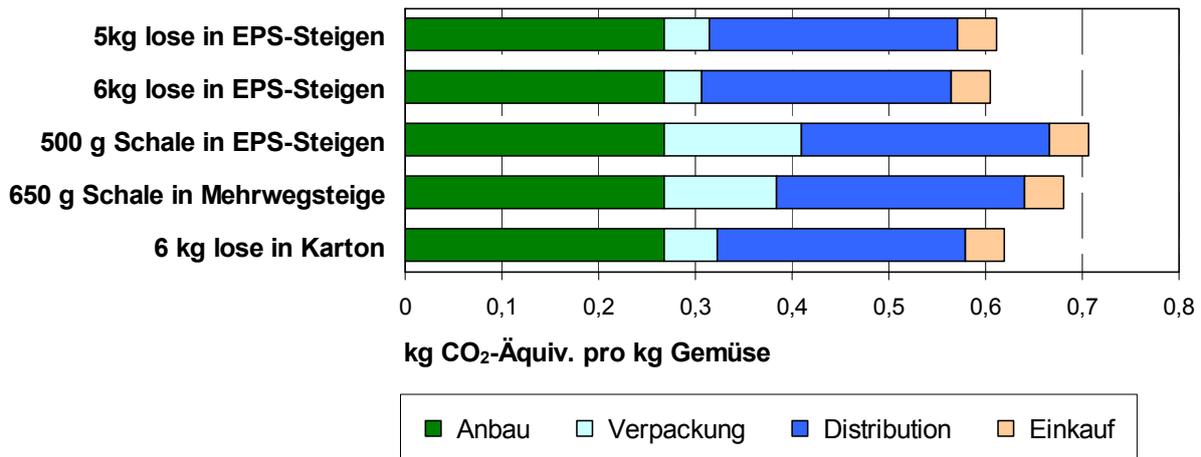


IFEU 2012

Abb. 3-5 Vergleich des CO₂-Fußabdrucks verschiedener Tomatensorten bei ansonsten gleichen Anbauverfahren in einem beheizten Gewächshaus in Baden-Württemberg.

Verpackungsarten

Im Folgenden wird betrachtet, wie sich unterschiedliche Verpackungsarten auf den CO₂-Fußabdruck auswirken, wenn unterschiedliche Erträge unberücksichtigt bleiben. Dazu ist in Abb. 3-6 beispielhaft dargestellt, wie sich der CO₂-Fußabdruck von Tomaten aus unbeheizten, regionalen Folientunneln verändert, wenn unterschiedliche Verpackungsformen gewählt werden. Man sieht: Die Aufwendungen für in Folie eingeschweißte Kartonschalen sind in etwa doppelt so hoch wie für lose Ware. Ob als Steige für die lose Ware Mehrwegsteigen (z. B. aus dem Europool-System) oder Kartonsteigen verwendet werden, macht demgegenüber nur einen geringen Unterschied. Das gleiche gilt für die Füllmenge (hier: 5 bzw. 6 kg lose Ware in Mehrwegsteigen). Aber jede eingesparte Tonne CO₂ – auch wenn sie relativ gesehen kaum ins Gewicht fällt – ist ein Beitrag zum Klimaschutz. Mehrwegsteigen sind daher gegenüber Kartonsteigen vorzuziehen, ebenso große Steigen gegenüber kleinen Steigen.



IFEU 2012

Abb. 3-6 Einfluss unterschiedlicher Verpackungsarten auf den CO₂-Fußabdruck von Tomaten. EPS: Europool Kunststoffsteigen. Mehrwegsteige: Individuelle Mehrweg-Kunststoffsteige (nicht EPS-System)

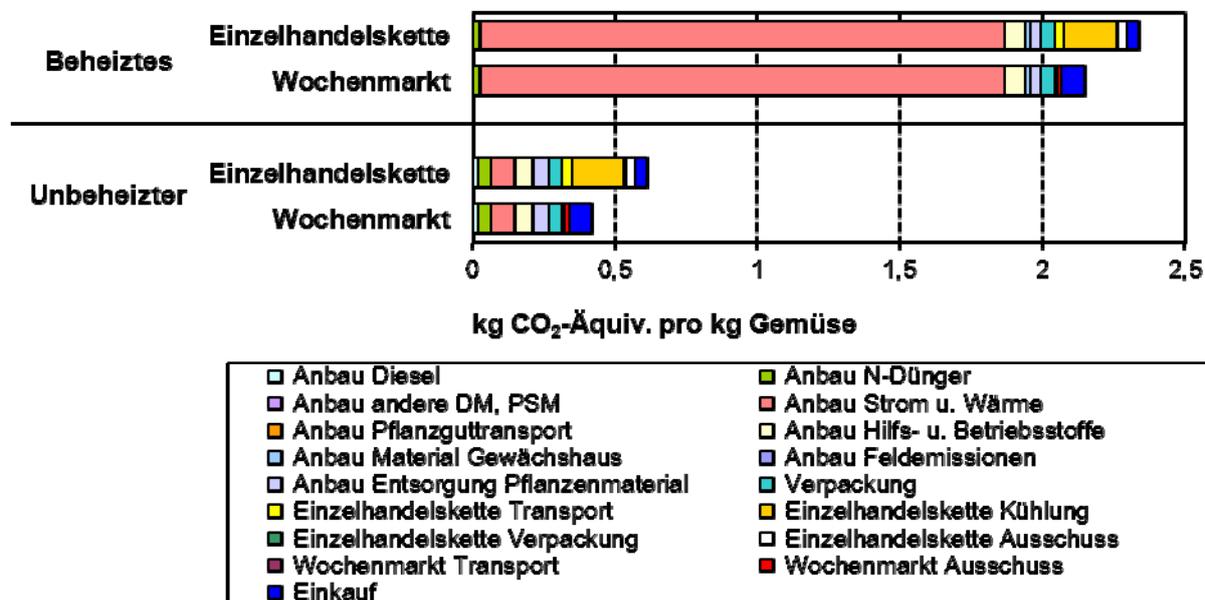
Distributionswege

Das meiste Gemüse wird in Deutschland in den Supermärkten der Einzelhandelsketten und Discounter bezogen – Tendenz steigend (BBE 2005). Der Anteil Gemüse, der direkt vermarktet wird (ohne längere gekühlte Lagerung und ohne Zwischenhandel direkt vom Erzeuger), ist demgegenüber gering. Aus Sicht des Klimaschutzes ist die unmittelbare und direkte Vermarktung regionaler Produkte - z.B. über einen lokalen Wochenmarkt - jedoch deutlich klimafreundlicher, da dadurch die Aufwendungen für Lagerung und Transporte im Groß- und Einzelhandel eingespart werden (Abb. 3-7). Wenn Tomaten aus unbeheizten Folientunneln direkt und ohne Zwischenlagerung und Zwischenhandel über einem regionalen Wochenmarkt vermarktet werden können, dann können dadurch ca. 30 % der Gesamtemissionen eingespart werden. Voraussetzung dafür ist, dass der Kunde nicht extra wegen 1 kg Tomaten mit dem PKW zum Wochenmarkt fährt, sondern einen Großeinkauf macht (d.h. hier: ca. 10 kg Waren einkauft) oder mit dem Fahrrad fährt.

Die Vermarktung über Marktstände, die ihre Waren über Zwischenhändler beziehen und unter Umständen auch länger lagern (Wochenmarktbesicker), wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Eine generelle Aussage zur Vermarktung über Wochenmärkte kann daher nicht getroffen werden. Die Auswirkungen auf die Klimabilanz für den Fall, dass der Verbraucher sich nur zum Kauf von 1 kg Tomaten ins Auto setzt und z. B. zu einem Tomatenhof fährt, werden in Kapitel 3.4 beschrieben. Voraussetzung ist ebenfalls, dass sich die Menge an Abfallware – sei es beim Händler oder im heimischen Kühlschrank – in den Distributionswegen nicht unterscheidet: Wenn die Verluste beim Einkauf vom Direktvermarkter deutlich über denen beim Einkauf im Supermarkt liegen sollten, würde der Supermarkt relativ gesehen besser abschneiden. Hierzu liegen jedoch keine verlässlichen Zahlen vor. Zu beachten ist, dass der Bezug von Gemüse über Direktvermarkter nur für Kunden im nahen Umfeld des Erzeugerbetriebes möglich ist. Angesichts der heutigen Produktionsstrukturen kann also nur ein kleiner Anteil der Ware auf diese Weise vermarktet werden.



Für einen abschließenden und detaillierten Vergleich der Umweltbilanz verschiedener Vermarktungswege empfehlen die Autoren eine vertiefte Untersuchung.



IFEU 2012

Abb. 3-7 Einfluss des Vermarktungsweges auf den CO₂-Fußabdruck: Direktvermarktung durch den Erzeuger (z.B. auf einem Wochenmarkt) vs. Einzelhandelskette.

Fazit: CO₂-Fußabdruck von Tomaten

Die wichtigste Einflussgröße in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck von Tomaten ist die Heizenergie. Tomaten aus unbeheizten Gewächshäusern sind deutlich klimafreundlicher. Vermarktungswege, Sorten und Verpackungswege spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Nichtsdestotrotz lassen sich auch hier Emissionen einsparen, wenn großfruchtige Sorten (Fleischtomaten, runde oder Rispentomaten) angebaut und als lose Ware vermarktet werden.

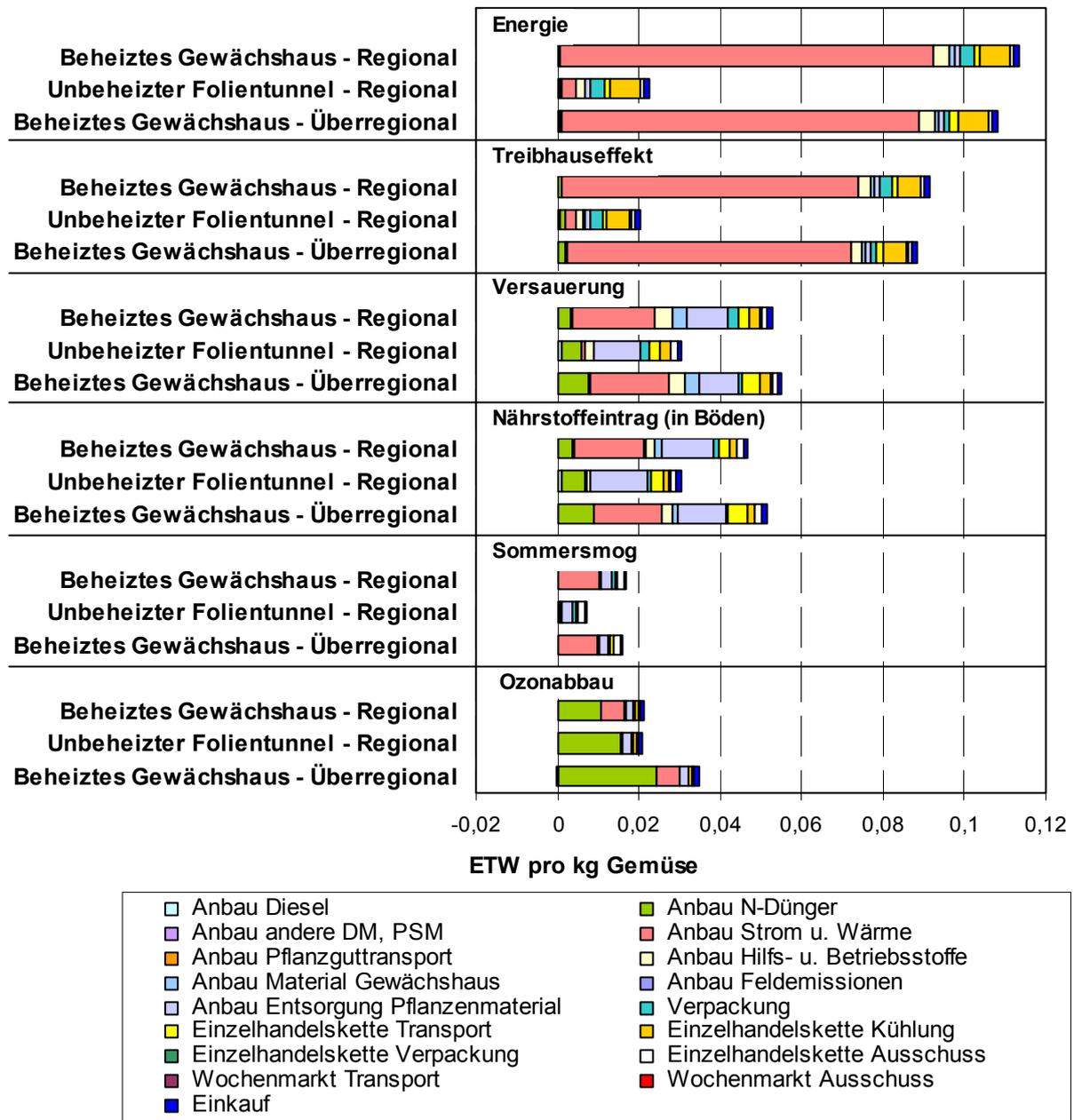
3.1.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien

Der Klimawandel ist das derzeit am meisten beachtete Umweltproblem. Doch es ist nicht das einzige. Im Folgenden werden daher weitere Umweltwirkungen der untersuchten Tomaten-Produktionssysteme dargestellt.

Abb. 3-8 zeigt die Umweltwirkungen der drei betrachteten Tomaten-Produktionssysteme in allen sechs betrachteten Ökobilanz-Wirkungskategorien, die für den gesamten Lebensweg analysiert wurden. Es zeigt sich, dass der Betrieb mit unbeheizten Folientunneln in allen sechs Kategorien die geringsten Umweltwirkungen aufweist, wobei die Unterschiede in der Kategorie Ozonabbau allerdings geringfügig sind. Diese Umweltwirkung wird überwiegend durch die Lachgas-Emissionen (N₂O) verursacht, die bei der Düngemittelherstellung und -ausbringung entstehen. Ferner ist ersichtlich, dass die benötigte Heizenergie nicht nur für die Treibhausgasemissionen, sondern auch für alle anderen Umweltwirkungen außer dem



Ozonabbau eine zentrale Rolle spielt. In den Kategorien Versauerung und Nährstoffeintrag treten allerdings andere, ähnlich wichtige Einflussgrößen hinzu: Dies sind vor allem die Entsorgung der Tomatenpflanzen nach der Ernte (in der Regel ebenfalls über Kompostierungsanlagen) sowie der Bedarf an Düngemitteln. Außerdem spielen Transporte und die damit verbundenen Emissionen für diese Kategorie eine etwas größere Rolle.



IFEU 2012

Abb. 3-8 Vergleich der drei Tomaten-Produktionsverfahren in den Ökobilanz-Kategorien Energieaufwand, Treibhausgasemissionen, Versauerung, Nährstoffeintrag in Böden, Sommersmog und Ozonabbau; ausgedrückt in Einwohnertageswerten je kg Tomaten.

**Lesebeispiel:**

1. Balken: Der Energieaufwand für die Bereitstellung von 1 kg Tomaten aus diesem Produktionsverfahren (beheiztes Gewächshaus, regional) entspricht dem 0,115 fachen (bzw. 11,5 %) des mittleren täglichen Energie-Rucksacks eines Bundesbürgers.

Die Darstellung der Ergebnisse in Einwohnertageswerten erlaubt es, die mit dem Verbrauch von einem Kilogramm Tomaten verbundenen Umweltlasten mit den jeweiligen Gesamt-Umweltlasten eines Durchschnittsbürgers zu vergleichen. Es zeigt sich: Wer an einem Tag 1 kg Tomaten aus beheiztem Anbau verzehrt, hat damit etwas weniger als 10 % der durchschnittlichen täglichen Emissionen eines Bürgers der Bundesrepublik Deutschland verursacht. In der Kategorie Energieaufwand noch etwas mehr (ca. 11,5 %). In Bezug auf die anderen Wirkungskategorien fallen die Umweltlasten geringer aus. In den Kategorien Versauerung und Nährstoffeintrag entspricht 1 kg Tomaten nur etwa 3-5 % der täglichen Emissionen eines Bundesbürgers; in den Kategorien Ozonabbau und Sommersmog weniger als 4 %. Unter den hier betrachteten sechs Kategorien hat die Tomatenproduktion also für Treibhausgasemissionen und den Energieaufwand die größte Bedeutung. Die versauernden Emissionen und Nährstoffeinträge über die Luft in den Boden sollten bei Optimierungsstrategien jedoch im Blick behalten werden. Zentrale Stellgröße im Anbau ist hierfür das Nährstoffmanagement sowie die fachgerechte Kompostierung des Pflanzenmaterials. Darüber hinaus tragen Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Erzeugung von Strom und Wärme wesentlich zu diesen Umweltwirkungen bei.

**Fazit: CO₂-Fußabdruck und Ökobilanz von Tomaten**

Der mit Abstand wichtigste Parameter für den CO₂-Fußabdruck von Tomaten ist der **Heizenergiebedarf** für Gewächshäuser. Aus Sicht des Klimaschutzes sollte auf beheizte Gewächshäuser und den Verzehr frischer Tomaten außerhalb der Saison verzichtet werden. Wenn Gewächshäuser beheizt werden, sollte die Heizenergie möglichst mit erneuerbaren Energieträgern und in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Die Klimabilanz dieser Heizsysteme kann weiter verbessert werden, wenn es gelingt, die Abgase soweit aufzureinigen, dass sie als CO₂-Düngung verwendet werden können.

Im Hinblick auf die **Sortenwahl** sind großfruchtige Sorten gegenüber Cocktail- und Snacktomaten zu bevorzugen. Dies gilt vor allem in beheizten Systemen, bei denen der flächenabhängige Heizenergiebedarf bei den ertragsschwächeren kleinfruchtigen Sorten stärker ins Gewicht fällt.

Die **Verpackung** sollte so materialarm wie möglich erfolgen – also nach Möglichkeit als lose Ware in Mehrwegsteinen.

Transportentfernungen wirken sich auf die Klimabilanz nur geringfügig aus. Dennoch spart jeder vermiedene Transportkilometer Emissionen, so dass effizienten und kurzen Wegen aus Klimaschutzsicht der Vorzug zu geben ist.

Die **Direktvermarktung** von loser Ware **über regionale Wochenmärkte** (durch den Erzeuger) ist aus Umweltschutzsicht vorteilhafter als der Vertrieb über Einzelhandelsketten, weil dadurch Kühl- und Lageraufwendungen vermieden und Transporte gering gehalten werden. Voraussetzung ist, dass auf Wochenmärkten keine höheren Warenverluste auftreten als beim Vertrieb über Einzelhandelsketten. Dieser Vermarktungsweg ist jedoch bei heutigen Produktionsstrukturen nur für einen kleinen Teil der Waren möglich.

Neben dem Klimaschutz sind **Nährstoffausträge** ein Kernindikator der Nachhaltigkeit im Gemüsebau. In Substratkulturen sollte dafür Sorge getragen werden, dass keine Leckagen im Dünge- und Bewässerungssystem auftreten. In Erdkultur können durch optimiertes Düngungs- und Fruchtfolge-management die Nährstoffausträge reduziert werden. Nach Abschluss der Ernteperiode sollten die Tomatenpflanzen fachgerecht kompostiert werden.



3.2 Eissalat

In diesem Kapitel werden eingangs die untersuchten Lebenswege bzw. Anbausysteme von Eissalat dargestellt, um im Anschluss die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks sowie weiterer Umweltwirkungskategorien zu präsentieren.

3.2.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege

Im Eissalat-Anbau in Baden-Württemberg gibt es keine so großen Verfahrensunterschiede wie im Tomatenanbau. Der Anbau erfolgt üblicherweise im Freiland. Heizenergie ist daher nicht erforderlich. Zur Verfrüfung werden Vliesabdeckungen eingesetzt.

Bilanziert wurde ein typisches Anbausystem mit folgenden Merkmalen:

- typische konventionelle Produktion,
- überregionaler Bezug der Jungpflanzen,
- Transport der Waren zum Markt typischerweise 200-450 km; Lademenge ca. 10 t bei Transport vom Betrieb bis zum Großmarkt. Bei Transport von Großmarkt zu Einzelhandel in der Regel mit LKW 40 t und 90 % Auslastung. Rückfahrten leer bzw. nur mit Mehrweg-Verpackungen,
- Ertrag 35.000-55.000 Köpfe je Hektar und Satz, 1,8-2 Sätze je Hektar Anbaufläche,
- Frühjahrsanbau mit Vliesabdeckung (10-20 % der Anbaufläche),
- unterschiedliche Verpackungen: folienumhüllt in EPS-Kunststoffsteige (9 Köpfe je Steige) oder Karton (10-12 Köpfe je Karton).

Um die Relevanz bestimmter Unterschiede in Eissalat-Lebenswegen genauer zu analysieren, wurden verschiedene so genannte Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Dabei werden jeweils nur bestimmte Parameter entlang des Lebenswegs verändert. Die folgenden Sensitivitätsanalysen wurden durchgeführt:

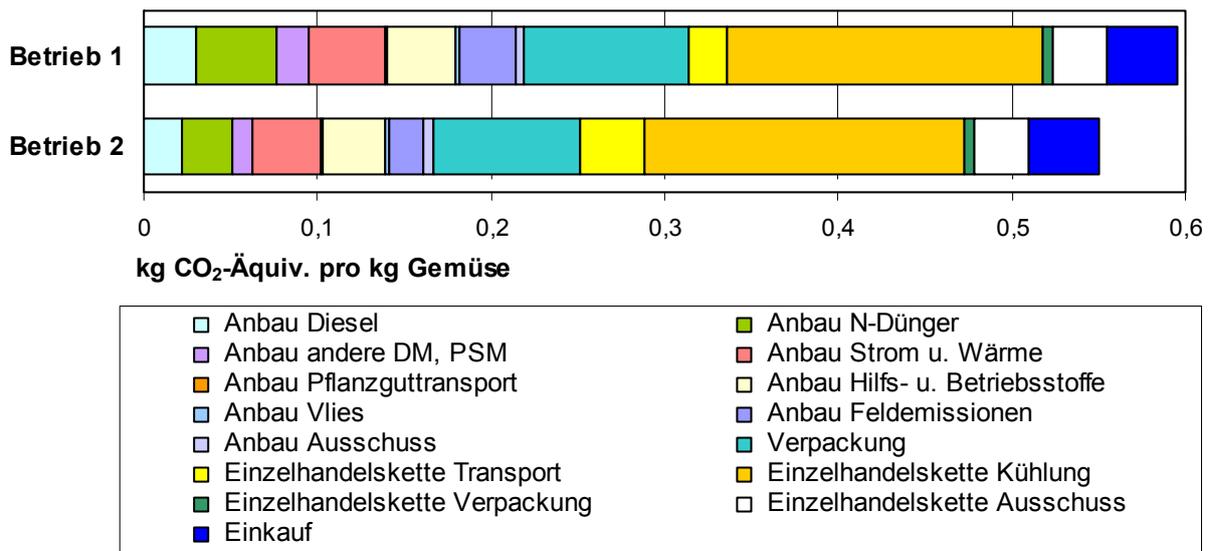
- **Saisonalität:** Vergleich von Frühjahrs-Eissalat (mit Vliesabdeckung zur Verfrüfung) und Sommer- / Herbst-Eissalat.
- **Verpackungsarten:** Eissalat wird üblicherweise in Flow-Pack-Folienverpackung angeboten. Die Köpfe werden entweder in Kunststoff-Mehrweg-Steigen (z. B. aus dem Europool-System (EPS)) oder in Kartons (=einmalige Nutzung) angeboten. Die Anzahl der Köpfe je Karton bzw. je Steige schwankt in der Regel zwischen 9 und 12 Köpfen.
- **Feldarbeiten und Witterung:** Aufgrund unterschiedlicher Witterungs- und Bodenverhältnisse kann es zum Teil deutliche Unterschiede in den erforderlichen Bodenbearbeitungsverfahren geben. Auch die Erträge können sich dementsprechend erheblich unterscheiden.



3.2.2 Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck von Eissalat

Betriebsvergleich

Der CO₂-Fußabdruck je Kopf Eissalat liegt bei ca. 0,5-0,6 kg CO₂-Äquivalente je Kopf Salat. Unterschiede zwischen verschiedenen Betrieben sind in der Regel eher gering, da es anders als bei Tomaten keine erheblichen Unterschiede in den Anbauverfahren gibt (siehe dazu die Betriebsbeispiele in Abb. 3-9). Die wichtigsten Einflussgrößen in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck sind die Verpackung und die Einzelhandelskette (Energieaufwand für Kühllager, Kühlmittel, Transportentfernungen).



IFEU 2012

Abb. 3-9 CO₂-Fußabdruck von Eissalat zweier typischer baden-württembergischer Betriebe.

Saisonalität

Eissalat, der bereits im Mai aus heimischem Anbau auf dem Markt kommt, muss zu Beginn der Anbauperiode mit einer Vliesabdeckung gegen Kälte geschützt werden. Außerdem stammen die Jungpflanzen für diesen frühen Salat aus beheizten Gewächshäusern. Abb. 3-10 zeigt den CO₂-Fußabdruck von Frühjahrssalat und Sommer- / Herbstsalat im Vergleich. Der CO₂-Fußabdruck für Frühjahrssalat ist ca. 15 % höher. Ohne Verfrüfung ist Eissalat erst ab Juni verfügbar (siehe Abb. 3-11). Der CO₂-Fußabdruck für verfrühten (aber unbeheizten!) Salat ist jedoch immer noch etwas geringer als für importierten, nicht verfrühten Eissalat aus Spanien (Aufwendungen für den Transport aus Spanien: ca. 180 g CO₂-Äquivalente je Kopf Salat).

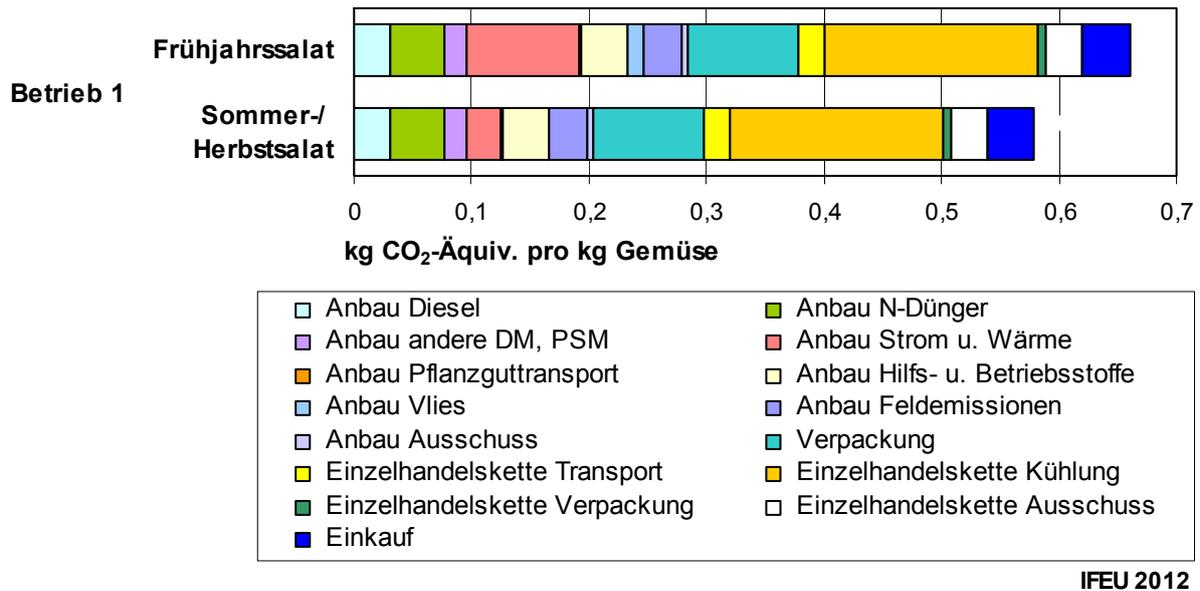


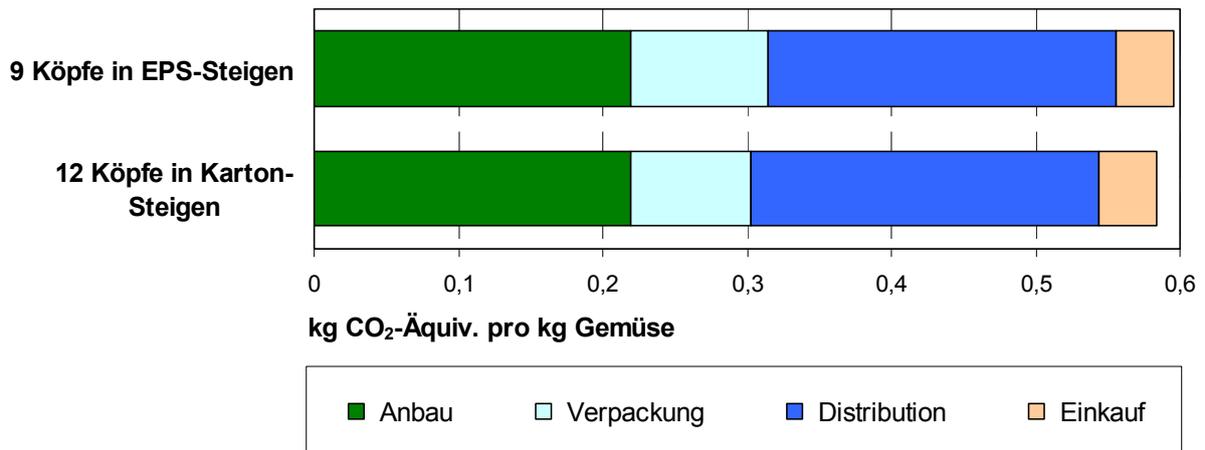
Abb. 3-10 Vergleich des CO₂-Fußabdrucks von Frühjahrssalat und Sommer- / Herbstsalat (ohne Verfrühung).



Abb. 3-11 Verfügbarkeit von regionalem Eissalat mit und ohne Verfrühung.

Verpackungsarten

Eissalat wird üblicherweise in Flow-Pack-Folienverpackung angeboten. Die Köpfe werden entweder in Kunststoff-Mehrweg-Steigen (z. B. aus dem Europool-System (EPS)) oder in Kartons (=einmalige Nutzung) angeboten. Abb. 3-12 zeigt: Der CO₂-Fußabdruck ändert sich in Abhängigkeit von der Verpackungsart nur marginal. Allerdings unterscheiden sich die hier betrachteten Varianten auch nur in der Art der verwendeten Steigen; in beiden Fällen wurde eine zusätzliche Verpackung der Eissalat-Köpfe in Flow-Pack-Folie angesetzt. Bei Verwendung von Kunststoff-Mehrweg-Steigen entfällt ca. 1 / 3 der gesamten Verpackungsaufwendungen auf die Flow-Pack-Folie. Wird Eissalat ohne eine solche Folienverpackung angeboten, können dadurch die Verpackungsaufwendungen also deutlich reduziert werden.



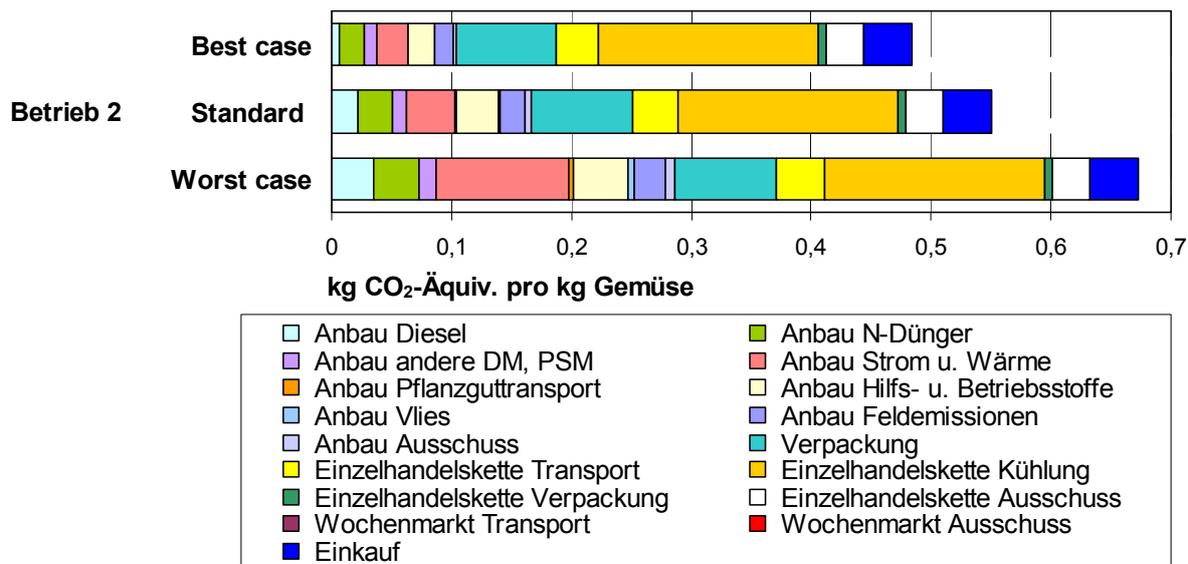
IFEU 2012

Abb. 3-12 CO₂-Fußabdruck für Eissalat in verschiedenen Verpackungen: Mehrweg-Kunststoffsteigen (EPS) vs. Kartonsteigen.

Arbeitsverfahren und Witterung

Der Feldanbau ist weniger standardisiert als der Anbau in Gewächshäusern. Aufgrund unterschiedlicher Witterungs- und Bodenverhältnisse kann es zum Teil deutliche Unterschiede in den erforderlichen Bodenbearbeitungsverfahren geben. Auch die Erträge können sich dementsprechend erheblich unterscheiden. Hinzu kommt, dass bei kühler Witterung im Frühjahr mehr Heizenergie für die Jungpflanzenanzucht benötigt wird, und entsprechend bei heißer Witterung im Sommer mehr Strom für die Kühlung der Salatköpfe (insbesondere für die Vakuumkühlung für ein rasches Runterkühlen von der Außentemperatur auf die Lagertemperatur).

Abb. 3-13 zeigt, wie sich der CO₂-Fußabdruck von Eissalat aus Betrieb 2 verändert, je nachdem ob von einem besonders effektiven Anbaujahr („Best case“) oder einem besonders schlechten Jahr ausgegangen wird („Worst case“). Die wesentlichen Unterschiede zwischen den drei Szenarien sind in Tab. 3-2 beschrieben. Der Energiebedarf für die Kühlung und Beheizung in der Jungpflanzenanzucht haben sich als die wichtigste Stellgröße erwiesen.



IFEU 2012

Abb. 3-13 CO₂-Fußabdruck aus Betrieb 2: „Best case“, „Standard“ und „Worst case“ hinsichtlich Anbauverfahren und Witterung.

Tab. 3-2 Zentrale Parameter des „Best case“, „Standard“ und „Worst case“ Szenarios für einen beispielhaften Eissalat-Anbaubetrieb in Baden-Württemberg.

Parameter	Best case	Standard	Worst case
Jungpflanzen [Stück je ha und Satz]	65.000	65.000	65.000
Aberntequote	90 %	80 %	70 %
Treibstoffbedarf [L Diesel je Salatkopf]	0,0012	0,0043	0,0069
Düngung [kg N je Salatkopf]	0,002	0,0027	0,0035
Strom- und Wärmebedarf [kWh / Salatkopf]	0,04	0,07	0,18
Biomasse Verbleib auf Feld [kg je Salatkopf]	0,060	0,15	0,210

Distributionswege

Der direkte Vertrieb loser Ware vom Erzeuger über Wochenmärkte ist aus Sicht des Klimaschutzes in der Regel günstiger als der Vertrieb über den Einzelhandel, soweit hierdurch Transportwege und Lagerzeiten reduziert werden und keine höheren Warenverluste entstehen. Dies ist jedoch nur für einen kleinen Teil der Ware möglich, die an Kunden im nahen Umfeld des Erzeugerbetriebes abgesetzt wird. Über die Klimabilanz der Vermarktung über Wochenmarktbeschicker konnte im Rahmen dieser Studie keine Aussage getroffen werden. Auch die ökonomische Machbarkeit ist nicht Gegenstand dieser Studie. Nähere Informationen hierzu finden sich in Kapitel 3.1.2.

**Fazit: CO₂-Fußabdruck von Eissalat:**

Wichtigste Einflussgröße in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck von Eissalat sind der Vertrieb (Verpackung und Einzelhandelskette Kühlung). Die einzelnen Aufwendungen für den Anbau fallen demgegenüber weniger ins Gewicht. Eissalat, der im Sommer und Herbst angebaut wird, ist gegenüber dem Frühjahrssalat hinsichtlich der Klimafreundlichkeit im Vorteil, da keine Beheizung in der Jungpflanzenanzucht und keine Vliesabdeckung benötigt werden. Wichtige Stellschrauben beim Anbau sind die Menge an Stickstoffdüngemitteln, der Ertrag sowie die Menge an Ausschuss, der auf dem Feld verbleibt (nicht geerntete/vermarktete Köpfe).

3.2.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien

Der Klimawandel ist das derzeit am meisten beachtete Umweltproblem. Doch es ist nicht das einzige. Im Folgenden werden daher die Auswirkungen der Eissalat-Produktion auf weitere Umweltgüter dargestellt.

Abb. 3-14 zeigt die Umweltwirkungen einer typischen Eissalat-Produktion in Baden-Württemberg in allen sechs Ökobilanz-Wirkungskategorien, die für den gesamten Lebensweg analysiert wurden. Es zeigt sich: Die Produktion von Eissalat hat neben dem Treibhauseffekt noch andere, wesentliche Umweltwirkungen. Hier sind insbesondere versauernde Emissionen und Nährstoffeinträge über die Luft in Böden zu nennen: Der Beitrag zur Gesamtumweltbelastung je Salatkopf ist in diesen Kategorien ähnlich hoch wie in der Kategorie Treibhauseffekt. Sommersmog spielt dagegen im Standardfall eine geringere Rolle. Die wichtigste Einflussgröße auf die Versauerung und die Nährstoffeinträge sind Stickoxidemissionen aus der Verbrennung fossiler Treib- und Brennstoffe (im Transport sowie zur Bereitstellung von Strom) sowie – insbesondere im „Worst case“ – Ammoniakemissionen aus der Düngung und der Ausschussware. Ammoniakemissionen lassen sich durch ein optimiertes Nährstoffmanagement reduzieren. Ziel sollte ein über die Fruchtfolge möglichst ausgeglichenes Feldbilanzsaldo sein. Insgesamt ist der Beitrag von Eissalat zur Gesamtumweltbelastung in Deutschland mit unter 3 % je kg Salatkopf relativ gering.

**Fazit: CO₂-Fußabdruck und Ökobilanz von Eissalat**

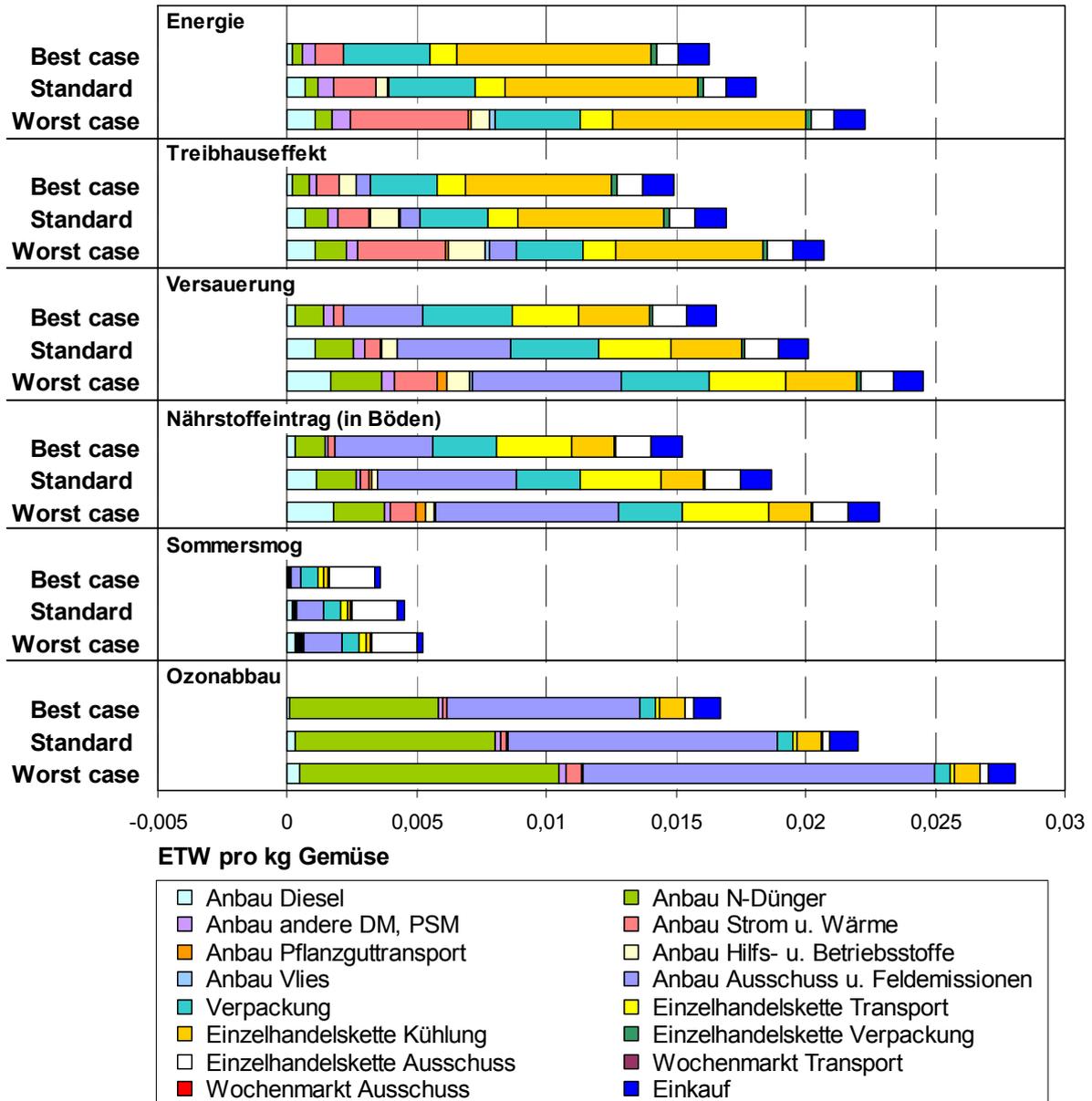
Die Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck und die Ökobilanz von Eissalat schwanken nicht so sehr wie die von Tomaten, da es in Baden-Württemberg keine bedeutenden Unterschiede in den Produktionsverfahren gibt. Im Freilandanbau sind die Pflanzen jedoch stärkeren Umwelteinflüssen ausgesetzt, so dass stärkere Schwankungen in den Aufwendungen für den Anbau und den Erträgen zwischen verschiedenen Anbaujahren zu beobachten sind.

Auch ein hoher Anteil an **Ausschussware** wirkt sich negativ auf die Ökobilanz aus. Aus Umweltschutzsicht ist es daher wünschenswert, durch gutes Anbaumanagement, Warenmanagement und Einkaufsverhalten den Anteil an nicht verzehrten Salatköpfen zu reduzieren.

Die **Direktvermarktung** von loser Ware **über regionale Wochenmärkte** (durch den Erzeuger) ist aus Umweltschutzsicht vorteilhafter als der Vertrieb über Einzelhandelsketten, weil dadurch Kühl- und Lageraufwendungen vermieden und Transporte gering gehalten werden. Voraussetzung ist, dass auf Wochenmärkten keine höheren Warenverluste auftreten als beim Vertrieb über Einzelhandelsketten. Dieser Vermarktungsweg ist jedoch bei heutigen Produktionsstrukturen nur für einen kleinen Teil der Waren möglich.

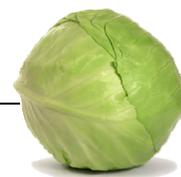
Bei der Vermarktung über den **Einzelhandel** ist insbesondere die Kühltechnik von hoher Bedeutung für den Umweltschutz. Hier sollten möglichst moderne Kühltechniken mit geringem Kühlmittelbedarf und einer hohen Energieeffizienz zum Einsatz kommen.

Wie auch für Tomaten gilt, dass ausgeglichene **Nährstoffbilanzen** aus Umweltschutzsicht von hoher Bedeutung sind.



IFEU 2012

Abb. 3-14 Weitere Ökobilanzergebnisse für Eissalat: Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Energie, Versauerung, Nährstoffeinträge, Sommersmog und Ozonabbau für einen typischen Anbaubetrieb in einem „Best case“, „Standard“ und „Worst case“ Szenario. Angegeben ist jeweils der Einwohnertageswert (ETW).



3.3 Weißkohl

In diesem Kapitel werden eingangs die untersuchten Lebenswege bzw. Anbausysteme von Weißkohl dargestellt, um im Anschluss die Ergebnisse des CO₂-Fußabdrucks sowie weiterer Umweltwirkungskategorien zu präsentieren.

3.3.1 Beschreibung der untersuchten Lebenswege

Weißkohl wird in Baden-Württemberg auf über 500 Hektar angebaut und ist damit eine der wichtigsten Feldgemüsekulturen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2012). Bilanziert wurde ein typisches Anbausystem mit folgenden Merkmalen:

- konventionelle Produktion,
- regionaler Bezug der Jungpflanzen,
- Transport zum Markt typischerweise 350 km mit LKW 40 t,
- Unterschiedliche Ernteerträge und unterschiedliche Verpackung:
 - Frühkohl: ca. 25 % der Anbaufläche; Vliesabdeckung zur Verfrühung; Erntemenge ca. 35.000 Köpfe je Hektar; mittleres Gewicht 1,6 kg / Kopf nach Putzen (Putzabfall verbleibt auf Feld); Verpackung: 10 kg lose in Kunststoffsteigen oder 10-kg-Säcke in Holzkisten;
 - Lagerkohl: ca. 75 % der Anbaufläche; keine Vliesabdeckung; Erntemenge ca. 32.000 Köpfe je Hektar; Einlagerung nach der Ernte im Anbaubetrieb für im Mittel 18 Wochen; mittleres Gewicht 2,4 kg / Kopf nach Putzen (Putzen bei Auslagerung; Abfall geht in Biogasanlage); Verpackung: 15 kg lose in Kunststoffsteigen oder 10-kg-Säcke in Holzkisten.

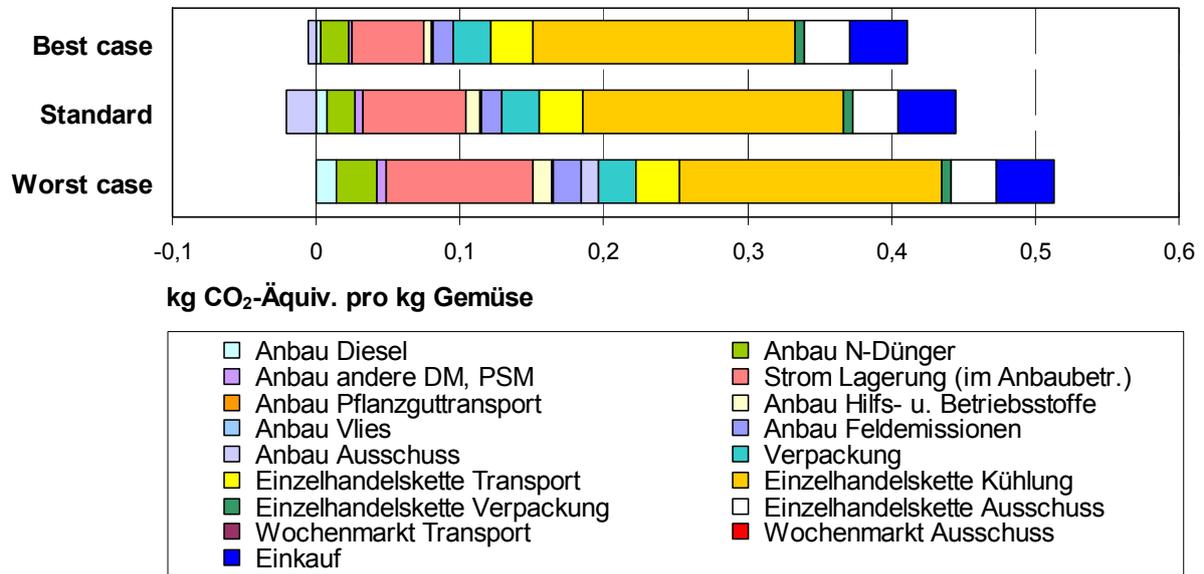
3.3.2 Ergebnisse für den CO₂-Fußabdruck von Weißkohl

Betriebsvergleich

Abb. 3-15 zeigt die Klimabilanz von Weißkohl aus einem typischen Betrieb in Baden-Württemberg für drei Szenarien („Best case“, „Standard“ und „Worst case“). Ein Kilo Weißkohl, wie er im Supermarkt angeboten wird, hat im Standardfall einen CO₂-Fußabdruck von etwa 0,42 kg CO₂-Äquivalenten. Zu beachten ist die Gutschrift von ca. 0,02 kg CO₂-Äquivalenten je kg Weißkohl im Standard-Szenario (bzw. 0,006 kg CO₂-Äquivalente im „Best case“-Szenario) für den Lebenswegabschnitt „Anbau Ausschuss“: Diese Gutschrift ist darauf zurückzuführen, dass der Bioabfall, der beim Putzen des im Erzeugerbetrieb eingelagerten Kohls anfällt, in einer Biogasanlage zur Stromerzeugung verwendet wird. Der Abfall besteht aus den nach der Lagerung entfernten äußeren Blättern sowie in geringerem Umfang aus nicht mehr für den Verzehr geeigneten Kohlköpfen.



Der CO₂-Fußabdruck von Kohl wird insgesamt durch die Emissionen aus der Vertriebskette dominiert. Anbau und Lagerung im landwirtschaftlichen Betrieb haben einen Anteil von ca. 25-50 % an der Gesamtbilanz. Den größten Anteil daran hat wiederum der Energiebedarf für die Lagerung mit 12-17 %.



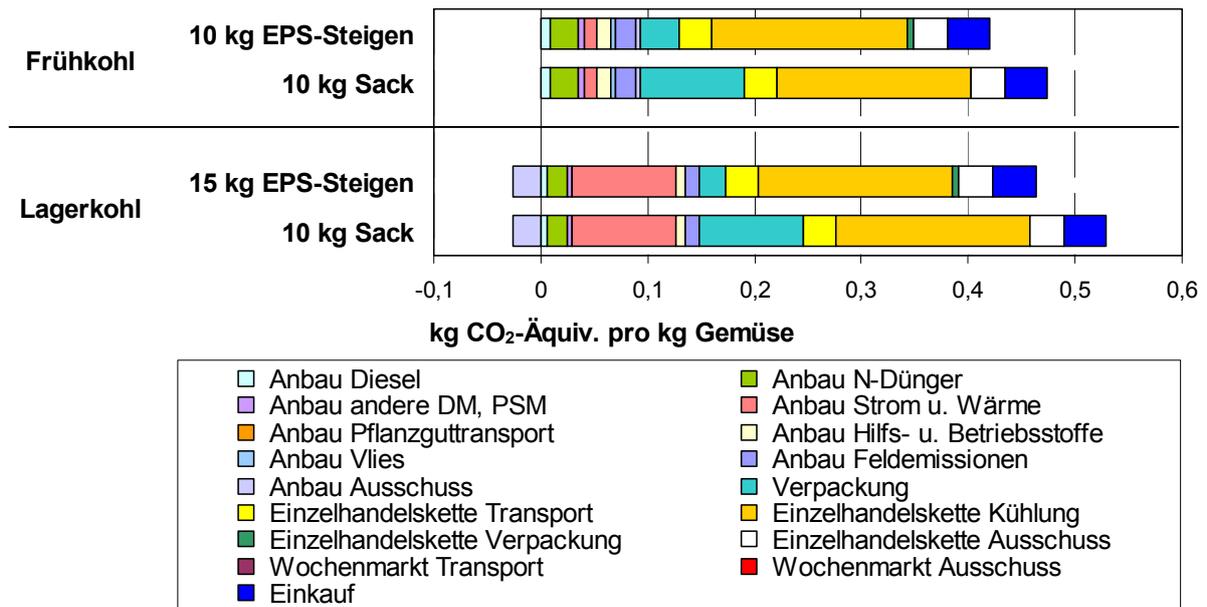
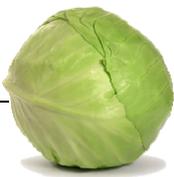
IFEU 2012

Abb. 3-15 CO₂-Fußabdruck von Weißkohl in Baden-Württemberg. Für den Anbau wurden drei Varianten unterschieden: „Best case“, „Standard“ und „Worst case“.

Im „Worst case“ Szenario können die Treibhausgasemissionen um fast 50 % höher liegen als im Standardszenario. Im „Worst case“ Szenario wurde angesetzt, dass es zu erheblichen Lagerverlusten kommt, die nicht in einer Biogasanlage genutzt, sondern auf die Felder ausgebracht werden. Beim Abbau dieser Biomasse entstehen in geringem Umfang (biogenes) Methan sowie Lachgas als hoch treibhauswirksame Gase. Die Kohlendioxidemissionen aus dem Abbau von Biomasse werden nicht als Treibhausgase gewertet, denn es handelt sich um biogenes CO₂, welches kurz zuvor beim Wachstum der Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen worden ist (rezentes CO₂).

Frühkohl versus Lagerkohl

Der Unterschied des CO₂-Fußabdruckes hinsichtlich der Saisonalität von Weißkohl ist nur sehr gering (siehe Abb. 3-16). Während für den Anbau des Frühkohls, der bereits ab Mitte Juni aus regionalem Anbau in den Verkauf kommt, eine Abdeckung aus Vlies benötigt wird, spielen für den Lagerkohl die Aufwendungen für Stromaufwendungen für die gekühlte Lagerung eine große Rolle. Frühkohl wird üblicher Weise direkt auf dem Feld geputzt, Ausschussware und abgeputzte Blätter verbleiben auf der Fläche. Der Ausschuss des Lagerkohls, der insbesondere beim Putzen nach der Lagerung anfällt, wird häufig in Biogasanlagen verwendet und führt zu einer Gutschrift für vermiedene Treibhausgasemissionen. Diese Aspekte heben sich gegenseitig auf, so dass beide Produktionssysteme hinsichtlich des CO₂-Fußabdrucks annähernd gleich abschneiden.



IFEU 2012

Abb. 3-16 CO₂-Fußabdruck von Weißkohl in Baden-Württemberg: Vergleich von Früh- und Lagerkohl sowie zwei Verpackungsvarianten.

Monate	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Frühkohl						verfügbar	verfügbar	verfügbar	verfügbar	verfügbar		
Lagerkohl	verfügbar	verfügbar	verfügbar	verfügbar	verfügbar	verfügbar				verfügbar	verfügbar	verfügbar

Abb. 3-17 Verfügbarkeit von regionalem Weißkohl mit und ohne Verfrüfung.

Distributionswege

Der direkte Vertrieb loser Ware vom Erzeuger über Wochenmärkte ist aus Sicht des Klimaschutzes in der Regel günstiger als der Vertrieb über den Einzelhandel, soweit hierdurch Transportwege und Lagerzeiten reduziert werden und keine höheren Warenverluste entstehen. Dies ist jedoch nur für einen kleinen Teil der Ware möglich, die an Kunden im nahen Umfeld des Erzeugerbetriebes abgesetzt wird. Über die Klimabilanz der Vermarktung über Wochenmarktbeschicker konnte im Rahmen dieser Studie keine Aussage getroffen werden. Auch die ökonomische Machbarkeit ist nicht Gegenstand dieser Studie. Nähere Informationen hierzu finden sich in Kapitel 3.1.2.

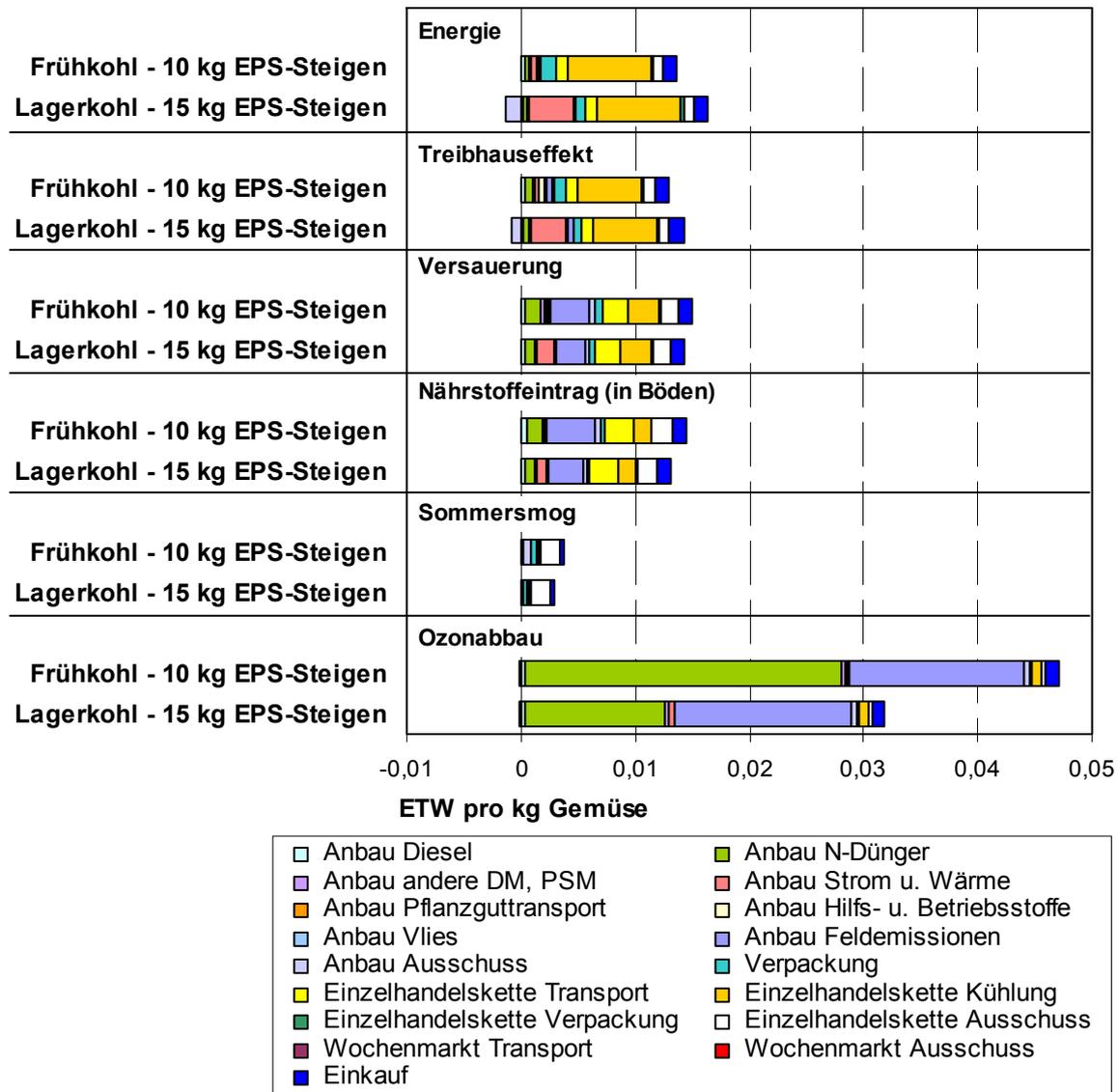
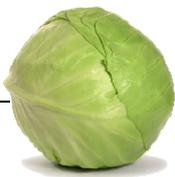


3.3.3 Ergebnisse für weitere Ökobilanzkategorien

Der Klimawandel ist das derzeit am meisten beachtete Umweltproblem. Doch es ist nicht das einzige. Im Folgenden werden daher die Auswirkungen der Kohlproduktion auf weitere Umweltgüter dargestellt.

Abb. 3-18 zeigt die Umweltwirkungen der zwei betrachteten Kohl-Produktionssysteme in allen sechs betrachteten Ökobilanz-Wirkungskategorien, die für den gesamten Lebensweg analysiert wurden. Es zeigt sich: Die Produktion von Kohl hat hinsichtlich der Wirkungskategorien Versauerung und Nährstoffeinträge eine ähnlich große Bedeutung wie für den Treibhauseffekt. Der Beitrag zum Ozonabbau ist sogar noch deutlich größer.

Die wichtigsten Einflussgrößen auf die Versauerung und die Nährstoffeinträge sind Stickoxidemissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (im Transport sowie zur Bereitstellung von Strom) sowie Ammoniakemissionen aus der Düngung. Ammoniakemissionen lassen sich durch ein optimiertes Nährstoffmanagement reduzieren. Ziel sollte ein über die Fruchtfolge möglichst ausgeglichenes Feldbilanzsaldo sein. Der Ozonabbau wird (seit dem Verbot der FCKWs) vor allem durch N_2O -Emissionen aus der Landwirtschaft verursacht. Für Frühkohl ergeben sich deutlich höheren Emissionen, da die gleiche Düngemittelzufuhr bei geringeren Kopfgewichten angesetzt wurden.



IFEU 2012

Abb. 3-18 Weitere Ökobilanz-Wirkungskategorien für die zwei betrachteten Produktionssysteme von Weißkohl: Treibhauseffekt, Energie, Versauerung, Nährstoffeintrag in Böden, Sommersmog und Ozonabbau.

Die Reduzierung des Ausschusses bzw. die Nutzung der Ausschussware in einer Biogasanlage birgt bezüglich der Versauerung und des Nährstoffeintrags in Böden ein großes Verbesserungspotential. Hinsichtlich des Ozonabbaus ist ein optimiertes Nährstoffmanagement die wichtigste Stellschraube. Insgesamt ist der Beitrag von Weißkohl zur Gesamt-Umweltbelastung in Deutschland mit unter 5 % je kg Kohlkopf relativ gering.

Fazit: CO₂-Fußabdruck und Ökobilanz von Weißkohl:

Wichtigste Einflussgrößen in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck von Weißkohl sind – ähnlich wie beim Eissalat – der Vertrieb (Einzelhandelskette Kühlung) und die Verpackung. Unterschiede hinsichtlich der Saisonalität spielen aufgrund sich ausgleichender Effekte (Aufwendungen für Verfrühung einerseits, Aufwendungen für gekühlte Lagerung andererseits) keine wesentliche Rolle. Weitere wichtige Stellschrauben des Anbaus sind die Nährstoffbilanz und die Menge und die Verwendung des Abfalls (Blätter, die beim Putzen der Köpfe anfallen und nicht marktfähige Köpfe).

Ähnlich wie bei Eissalat gibt es für Weißkohl keinen aufwendigen Gewächshausanbau. Einzelbetriebliche bzw. **witterungsabhängige Schwankungen** in den Aufwendungen und Erträgen im Anbau beeinflussen die Ökobilanz stark und sind nur mit hohem Aufwand genau zu erfassen.

Auch ein hoher Anteil an **Ausschussware** wirkt sich negativ auf die Ökobilanz aus. Aus Umweltschutzsicht wäre es daher wünschenswert, den Anteil an Abfallware durch gutes Management im Anbau, bei der Lagerung, im Vertrieb sowie im Einkauf zu reduzieren.

Die **Direktvermarktung** von loser Ware **über regionale Wochenmärkte** (durch den Erzeuger) ist aus Umweltschutzsicht vorteilhafter als der Vertrieb über Einzelhandelsketten, weil dadurch Kühl- und Lageraufwendungen vermieden und Transporte gering gehalten werden. Voraussetzung ist, dass auf Wochenmärkten keine höheren Warenverluste auftreten als beim Vertrieb über Einzelhandelsketten. Dieser Vermarktungsweg ist jedoch bei heutigen Produktionsstrukturen nur für einen kleinen Teil der Waren möglich.

Bei der Vermarktung über den Einzelhandel ist insbesondere die **Kühltechnik** von hoher Bedeutung für den Umweltschutz. Hier sollten möglichst moderne Kühltechniken mit geringem Kühlmittelbedarf und einer hohen Energieeffizienz zum Einsatz kommen.

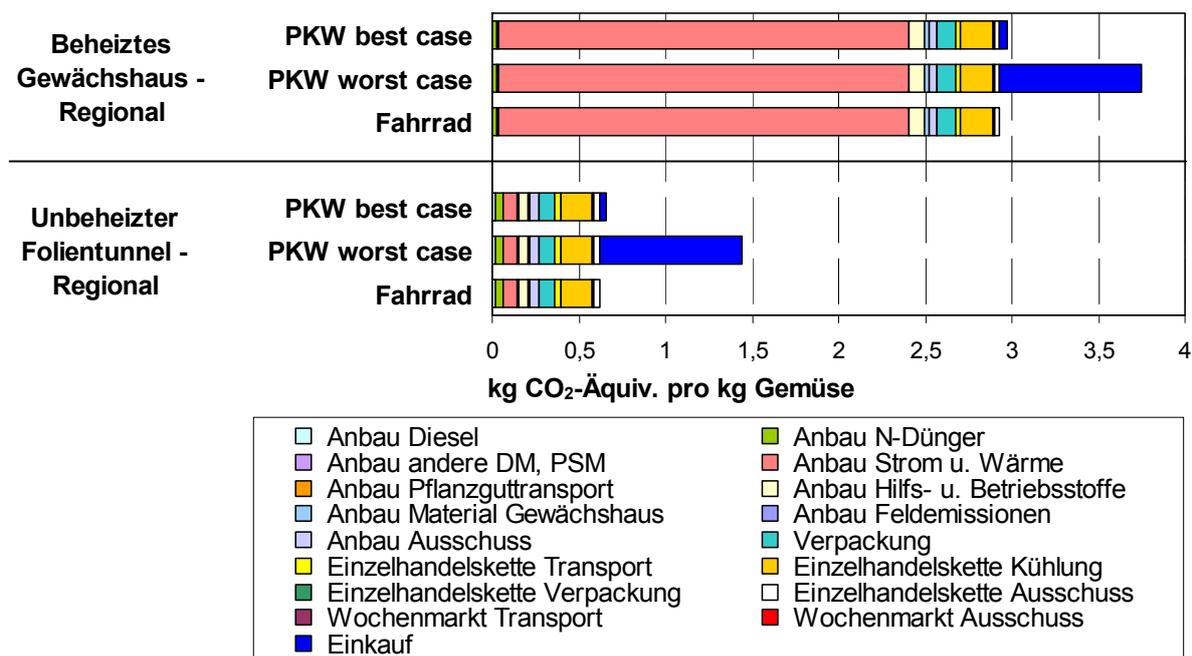
Wie auch für Eissalat und Tomate gilt, dass ausgeglichene **Nährstoffbilanzen** aus Umweltschutzsicht von hoher Bedeutung sind.

3.4 Exkurs: Verbraucherverhalten

Nicht nur Produzenten und Handel, sondern auch die Verbraucher haben einen erheblichen Einfluss auf die Ökobilanz der von ihnen verzehrten Lebensmittel. Dies wird im Folgenden verdeutlicht.

3.4.1 Einkaufsverhalten am Beispiel Tomate

Hinsichtlich des Einkaufsverhaltens wurden 3 verschiedene Szenarien miteinander verglichen. Hierbei stellt „PKW Best case“ den in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Standardfall dar; es wird eine zurückgelegte Strecke von 5 km angesetzt, bei einem Einkauf von 20 kg, wovon 1 kg Tomaten sind. Der „PKW Worst case“ setzt ebenfalls eine Strecke von 5 km voraus, hierbei wird jedoch ausschließlich 1 kg Tomaten gekauft. Beim Szenario „Fahrrad“ wird der Einkauf ohne Aufwendungen durch die Nutzung eines PKWs angesetzt. Abb. 3-19 zeigt die Auswirkungen des Einkaufsverhaltens auf den CO₂-Fußabdruck von Tomaten.



IFEU 2012

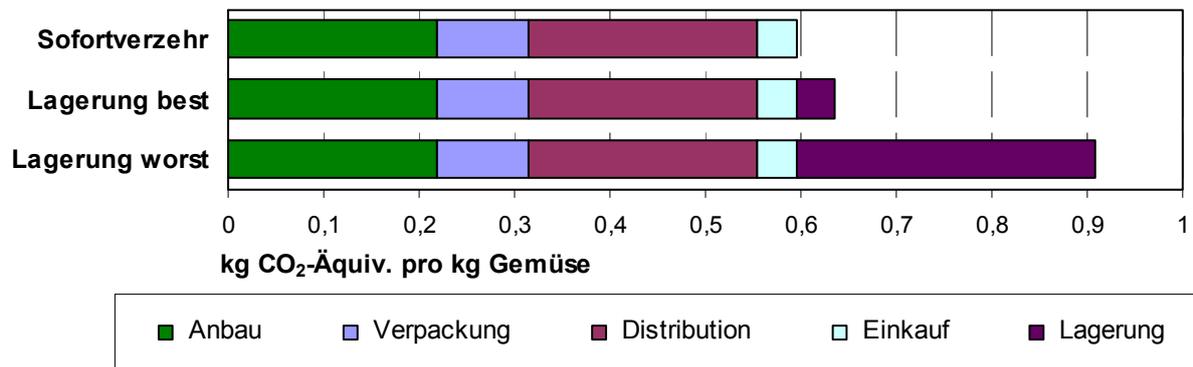
Abb. 3-19 Einfluss des Einkaufsverhaltens der Konsumenten auf den CO₂-Fußabdruck von Tomaten zweier verschiedener Anbausysteme.

Deutlich ist der Einfluss der PKW-Nutzung zu erkennen. Während der Unterschied zwischen der Fahrrad-Nutzung und dem „PKW Best case“ noch gering ausfällt, hat der Einkauf im „PKW Worst case“ einen entscheidenden Anteil an den Treibhausgasemissionen bezogen auf 1 kg Tomaten. Beim Anbau im unbeheizten Folientunnel machen diese Emissionen mehr als die Hälfte des CO₂-Fußabdrucks aus.

Auch wenn das Einkaufsverhalten die Bedeutung des Anbausystems nicht übersteigt, so kann der Verbraucher die relative geringe Last an Treibhausgas-Emissionen derjenigen Tomaten, die im unbeheizten Folientunnel angebaut werden, durch sein Einkaufsverhalten im schlimmsten Fall verdoppeln. Insofern ist es wichtig, Verbraucher über diesen Einfluss aufzuklären und sie dadurch zu möglichst effektiven PKW-Fahrten im Rahmen von Großeinkäufen anzuleiten, oder sie sogar zum Einkauf mit dem Fahrrad zu bewegen.

3.4.2 Gekühlte Lagerung

Neben dem Einkaufsverhalten ist das Lagerverhalten eine weitere zentrale Einflussgröße, die vom Verbraucher abhängig ist. In Abb. 3-20 ist die Klimabilanz von Eissalat für verschiedene Lagervarianten dargestellt: Sofortverzehr (Standard), Lagerung im Kühlschrank für 4 Tage bei hoher Energieeffizienz („Lagerung best“) sowie Lagerung im Kühlschrank für 4 Tage bei geringer Energieeffizienz („Lagerung worst“). Es zeigt sich: Im „Worst case“ ist der CO₂-Fußabdruck gegenüber dem Sofortverzehr um ca. 50% höher.



IFEU 2012

Abb. 3-20 CO₂-Fußabdruck von Eissalat bei Sofortverzehr (Standard), bei 4 Tagen Lagerung in einem Kühlschrank mit hoher Energieeffizienz („Lagerung best“) sowie bei 4 Tagen Lagerung im Kühlschrank bei geringer Energieeffizienz („Lagerung worst“).

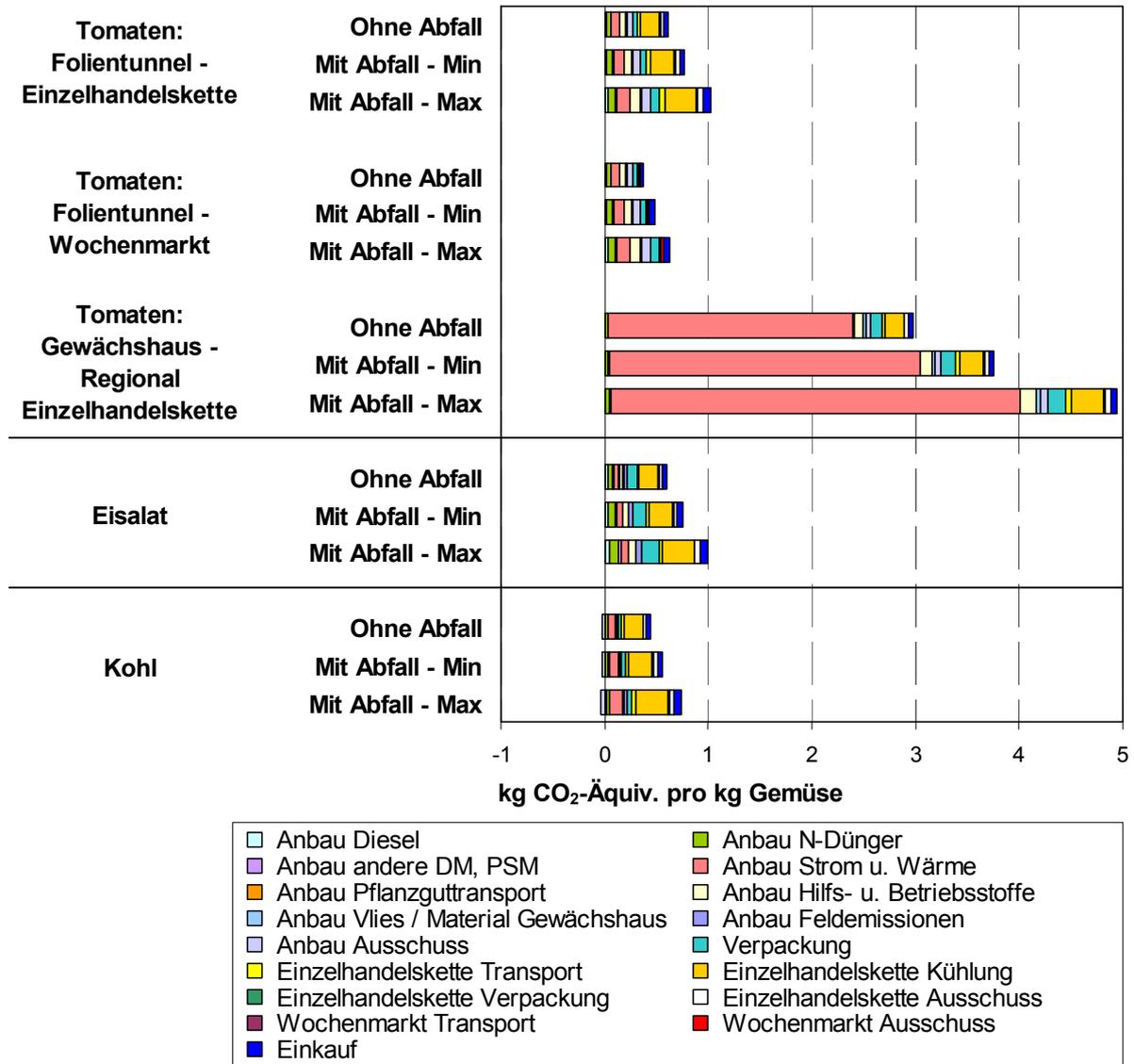
Zu beachten ist, dass die Dauer der gekühlten Lagerung und der Vertriebsweg zusammenhängen können. Findet zum Beispiel der Wochenmarkt nur einmal in der Woche statt und wird die Ware daher lange (und womöglich in einem alten Kühlschrank mit geringer Energieeffizienz) gelagert, so kann diese Ware hinsichtlich des CO₂-Fußabdruck schlechter abschneiden als Gemüse, das im Supermarkt eingekauft und sofort verzehrt wird.

3.4.3 Abfall

Der dritte Einflussfaktor auf den CO₂-Fußabdruck von Gemüse auf Seiten der Verbraucher ist die Menge des verdorbenen Gemüses, das in Privathaushalten anfällt. In deutschen Privathaushalten werden ca. 21 % der gekauften Lebensmittel weggeworfen (TheConsumerView 2011). In Abb. 3-21 sind für verschiedene Gemüsesorten die CO₂-Fußabdrücke ohne und mit Einberechnung der in Privathaushalten verderbenden Menge an Gemüse einander gegenübergestellt.

Bei den Szenarien, bei denen der Abfall mitberücksichtigt ist, sind jeweils minimale und maximale Werte für den Anteil verderbenden Gemüses angesetzt. Beim Min-Szenario wird der Wert von 21 % angesetzt (TheConsumerView 2011). Beim Max-Szenario wurde ein Wert von 40 % angesetzt. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass Gemüse zusammen mit Milchprodukten und Brot zur Gruppe der am schnellsten verderbenden Lebensmittel zählt. Dieser Wert ist doppelt so hoch wie der Durchschnitt über alle Lebensmittel, aber dennoch eine realistische Höchstquote. Die Berücksichtigung des anfallenden Abfalls hat zur Folge, dass die Gesamtemissionen aus dem Anbau und der Verpackung einer entsprechend geringeren Menge an tatsächlich verzehrtem Gemüse zugeordnet werden: In diesem Fall also 80 % bzw. 60 %. Dadurch erhöht sich der CO₂-Fußabdruck des tatsächlich verzehrten Gemüses beträchtlich, nämlich um 26,5 % bzw. 32 % (Abb. 3-21). Dies wirkt sich bei Gemüsesorten, die mit hohen CO₂Emissionen verbunden sind, umso stärker aus und stellt diejenigen mit ohnehin geringen CO₂Emissionen im Vergleich dazu noch positiver dar.

Analog zum Aspekt Zusammenhang zwischen Distributionsweg und Lagerdauer gibt es unter Umständen auch einen Zusammenhang zwischen Distributionsweg und der Menge des Abfalls in Privathaushalten: Sollten beim Verkauf über den Wochenmarkt mehr Lebensmittel verderben als beim Bezug über den Supermarkt (z. B. wegen häufigerem Einkauf), so verbessert sich dadurch relativ gesehen der CO₂-Fußabdruck von Supermarkt-Ware.

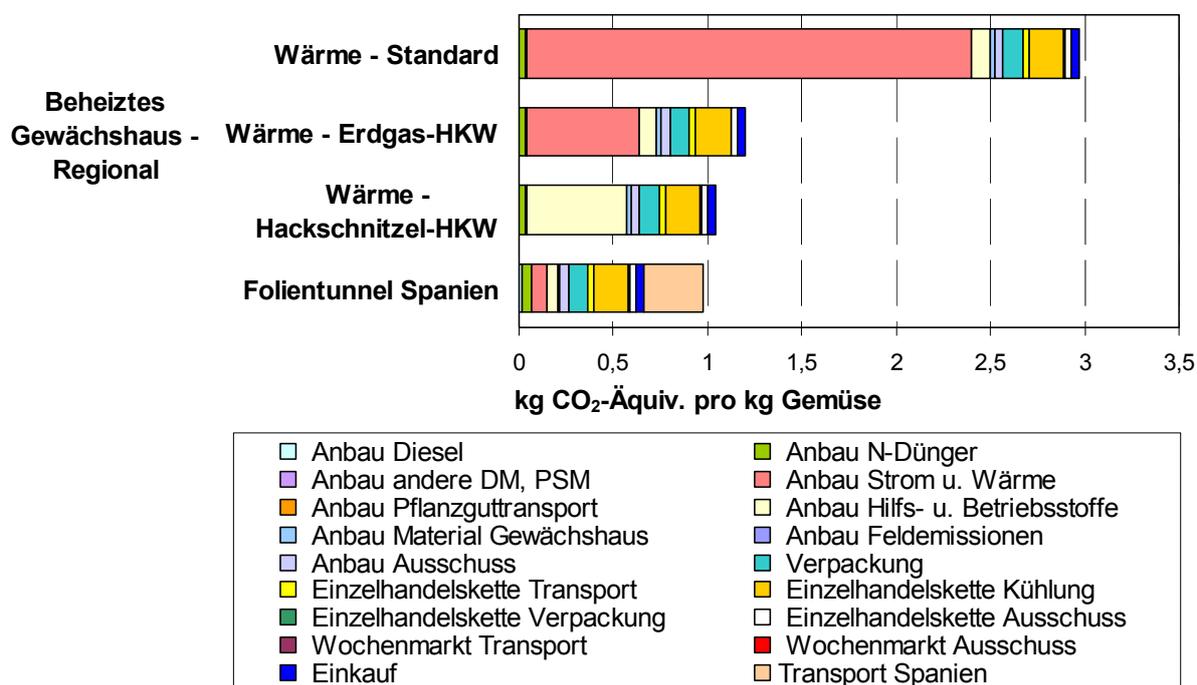


IFEU 2012

Abb. 3-21 Einfluss des Anteils an Abfall in Privathaushalten auf den CO₂-Fußabdruck verschiedener Gemüsesorten.

3.5 Exkurs: Regionale Produktion im Vergleich zu Importwaren

Im Rahmen dieser Erhebung wurde regionale Produktion in Baden-Württemberg sowie im Fall von Gewächshaus-Tomaten auch die Produktion in einer anderen Region Deutschlands untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die Produktion von Tomaten außerhalb der Saison in Deutschland sehr viel Heizenergie erfordert. Damit stellt sich die Frage, ob in diesem Fall aus ökologischen Gründen einem Import von Waren aus wärmeren Regionen (Spanien) der Vorzug zu geben ist. Die Aufwendungen für den Transport aus Spanien nach Deutschland sind den Aufwendungen für die Beheizung in deutschen Gewächshäusern gegenüberzustellen. Dies geschieht in Abb. 3-22. Dabei zeigt sich, dass selbst bei Einsatz von besonders umweltfreundlichen Hackschnitzelheizungen Importtomaten noch klimafreundlicher sind.



IFEU 2012

Abb. 3-22 Vergleich des CO₂-Fußabdrucks von Tomaten aus regionalem beheiztem Anbau (Darstellung für verschiedene Energieträger) sowie aus unbeheiztem Folientunnel-Anbau in Spanien.

Fraglich ist, inwieweit die Produktionsverfahren in Südspanien hinsichtlich der klimarelevanten Aufwendungen und Erträge dem Anbau in Folientunneln in Deutschland vergleichbar sind. Dies konnte im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden. Als Näherungswert wurde von gleichen Produktionsverfahren und Erträgen ausgegangen. Beim Vergleich von Waren aus verschiedenen Anbauregionen sind jedoch insbesondere auch die lokalen Umweltwirkungen zu beachten. Die Produktion von Tomaten in Südspanien ist insbesondere auf Grund des hohen Wasserbedarfs ökologisch problematisch (Downward et al. 2007).

Ähnliches gilt für die Produktion von Salat: Auch Eissalat ist im Winter nicht aus regionalem Freilandanbau verfügbar. Unterglas-Anbau spielt eine geringe Rolle und konnte im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden. Aus vorhergehenden Untersuchungen wurde jedoch

bereits deutlich, dass auch bei Salaten im Winter Importwaren gegenüber regionaler Ware aus beheiztem Anbau klimafreundlicher ist (Reinhardt et al. 2009). Verbraucher sollten daher beim Einkauf regionaler Ware unbedingt auch auf die Saisonalität achten. Die beste Alternative im Winter sind winterfeste Salate (z. B. Feldsalat) und Gemüse (z. B. Kohl).

4 Weitere Umweltwirkungen mit besonderer Relevanz für die Landwirtschaft

4.1 Nährstoffeintrag in Gewässer

Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in Grund- und Oberflächengewässer stellen nach wie vor ein ökologisches Problem dar. Dies gilt insbesondere für Stickstoffeinträge aus intensiv gedüngten landwirtschaftlichen Flächen. Im Jahr 2010 wurden in Baden-Württemberg noch an über 10 % der Grundwasser-Messstellen Nitratwerte über dem Grenzwert von 50 mg / L gemessen (LUBW 2011). Aus Umwelt- und Verbraucherschutzsicht besteht daher nach wie vor Handlungsbedarf.

Hinsichtlich der Relevanz des regionalen Gemüseanbaus für die Stickstoffeinträge in Gewässer ist zwischen Substratkulturen und Erdkulturen im Folientunnel bzw. im Freiland zu unterscheiden. Tomaten werden sowohl in Substratkulturen als auch in Erdkultur im Folientunnel angebaut. Bei Salat ist Substratkultur in Baden-Württemberg unüblich, hier wurde nur der Anbau im Freiland untersucht. Kohl wird praktisch nur in Erdkultur angebaut.

Beim Anbau in Gewächshäusern auf Substratkultur werden die Düngemittel der Nährlösung zugesetzt. Überschüssige, nicht von den Pflanzen aufgenommene Nährstoffe werden bei guter fachlicher Praxis wieder der Nährlösung zugemischt (geschlossener Kreislauf). Daher sind in diesem Fall keine direkten Nährstoffausträge in Gewässer zu erwarten. Zu beachten ist jedoch, dass bei Tomatenanbau erhebliche Nährstoffmengen im Kraut gebunden werden: Im Fall der untersuchten Betriebe zwischen 450 und 2000 kg N/ha. Die großen Unterschiede sind vor allem durch Sortenunterschiede und Unterschiede in der Pflanzdichte bedingt (Sauer 2012). Für einen nachhaltigen Anbau ist daher die umweltfreundliche Verwendung des Krautes von hoher Relevanz. Das Kraut wird üblicherweise kompostiert und anschließend als organischer Dünger verwendet. Bei einer guten fachlichen Praxis der Düngemittelverwendung ist davon auszugehen, dass hierdurch keine bedeutenden Nährstoffausträge in Gewässer entstehen. Relevante Risiken könnten bei der Ausbringung unkompostierten Krautes auf Freiflächen im Herbst entstehen, wenn keine Folgekultur angebaut wird, welche die freiwerdenden Nährstoffe rasch aufnehmen könnte.

Bei Anbau in Erdkultur lässt sich das Pflanzenwachstum weniger gut regulieren als beim Anbau in Substratkultur. Kaum kompensierbare Schwankungen in der Temperatur, der Sonneneinstrahlung oder der Feuchte bestimmen die tatsächliche Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen. Zudem können einmal ausgebrachte und nicht von den Pflanzen aufgenommene Düngemittel nicht mehr zurückgewonnen werden und unterliegen der Auswaschung. Im Freilandanbau / Erdkultur-Anbau von Tomaten können Stickstoffüberschüsse von bis zu 300 kg N je Hektar erreicht werden (ermittelter Maximalwert aus Praxiserhebung). Diese Nährstoffüberschüsse können nur zu einem Teil durch Zwischenkulturen aufgefangen werden. Der Tomatenanbau in Erdkultur trägt daher zur Nitratbelastung der Gewässer bei. Ähn-

liches gilt für den Anbau von Salat: Hier wurden Nährstoffüberschüsse bis zu 120 kg je Hektar und Satz festgestellt – bei zwei Sätzen im Jahr entspricht dies also auch ca. 240 kg. Gelangen diese 240 kg ins Trinkwasser, werden damit über 20 Mio. Liter Wasser bis zum Nitrat-Grenzwert (von 50 mg / L) belastet. Laut Düngeverordnung sind nur Nährstoffüberschüsse bis 60 kg je Hektar und Jahr zu tolerieren (DüV 2009).

Ein Teil der Stickstoffüberschüsse kann durch nachfolgende Kulturen aufgenommen werden. Wie hoch dieser Anteil ist, hängt von der Fruchtfolgegestaltung ab. In Baden-Württemberg tauschen Betrieben des Freiland-Gemüsebaus z. T. Flächen, um eine Konzentration auf wenige Kulturarten je Betrieb bei gleichzeitig hinreichendem Fruchtfolgeabstand zu ermöglichen. In diesem Fall ist eine gute Abstimmung zwischen den Betriebsleitern erforderlich, um ein effizientes Nährstoffmanagement zu erreichen.

Für den Weißkohlanbau gilt ähnliches wie für Eissalat. Zwar wurden im Rahmen dieser Studie nur Nährstoffüberschüsse bis zu ca. 50 kg N je Hektar und Jahr festgestellt. Da aber nur ein Betrieb erfasst wurde, kann daraus nicht auf ein geringeres Austragungsrisiko gegenüber Salat und Freilandtomaten geschlossen werden.

Tab. 4-1 Potenzielle Stickstoffausträge (Feldbilanzsaldo) in Gewässer aus den untersuchten Gemüse-Produktlinien

Kultur	Feldbilanzsaldo [kg N / ha und Jahr]	Anmerkungen
Tomate - Substratkultur	0 kg Feldbilanzsaldo, 400 – 2000 kg N in Kraut	Nährstoffüberschüsse nur in Kraut → Verwendung in Kompostierungsanlage → sehr geringes Austragungsrisiko
Tomate - Erdkultur	Bis ca. 300 kg Feldbilanzsaldo 200 – 1000 kg N in Kraut	Erhebliches Austragungsrisiko, Aufnahme der Nährstoffüberschüsse über Folgekulturen unsicher Bei unkompostierter Ausbringung des Pflanzenmaterials auf Freiflächen im Herbst → zusätzliches erhebliches Austragungsrisiko
Eissalat - Freiland	Errechnete Werte: in Einzelfall bis ca. 300 kg	Im Einzelfall erhebliches Austragungsrisiko, Aufnahme der Nährstoffüberschüsse über Folgekulturen unsicher
Weißkohl - Freiland	Errechneter Wert aus dieser Studie: 50 kg Im Einzelfall Werte bis 300 kg möglich.	Im Einzelfall erhebliches Austragungsrisiko, Aufnahme der Nährstoffüberschüsse über Folgekulturen unsicher

Fazit: Grundsätzlich gilt: Bei Anbau in offenen Systemen (Erdkultur) sollte ein besonderes Augenmerk auf dem Stickstoffmanagement liegen.

4.2 Wasserbedarf

Im Gemüseanbau wird zum Teil bewässert. Wasser ist eine lokal begrenzte Ressource. Lokale Wasserspeicher sollten im Sinne der Nachhaltigkeit nicht übernutzt werden. Dies bedeutet: Der mittlere Wasserverbrauch einer Region sollte den mittleren jährlichen Nachfluss über Niederschläge nicht übersteigen. Der Wasserbedarf der Tomatenproduktion konnte im Rahmen dieses Projektes nicht genau erfasst werden. Literaturwerte gehen von ca. $9,5 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ aus (SLfULG 2004). Dies entspricht 950 mm Regen und ist ca. das 1,3 - fache des mittleren Jahresniederschlags in Baden-Württembergischen Gemüseanbauregionen (Mittelwert: ca. 700 mm). Tomatenanbau ist also ein starker Wasserzehrer. Angesichts der geringen Anbaufläche von ca. 70 ha in Baden-Württemberg (LEL 2010) ist dennoch nicht von einer Übernutzung der lokalen Wasserressourcen auszugehen. Dies gilt jedoch nur, solange auf den übrigen Flächen überwiegend keine intensive Wassernutzung erfolgt. Aktuell ist keine Abnahme der Grundwasservorräte in Baden-Württemberg zu verzeichnen (LUBW 2011).

Bei der Produktion von Eissalat wird ebenfalls Beregnungswasser eingesetzt. Zusätzlich wird Wasser für die Reinigung der Salatköpfe verbraucht. Dabei werden die Köpfe kurz durch einen Waschtunnel gefahren. Der Wasserbedarf hierzu war im Rahmen dieses Projekts nicht genau zu ermitteln, kann aber als im Vergleich zum Beregnungswasser als vernachlässigbar angesehen werden. Zu berücksichtigen ist allenfalls, dass zur Reinigung auf jeden Fall Wasser in Trinkwasserqualität benötigt wird.

Zur Beregnung des Eissalats wurde ein Wasserbedarf von ca. 25-35 Litern je Salatkopf ermittelt (bei 2 Sätzen). Dies entspricht etwa $180\text{-}300 \text{ mm} / \text{m}^2$, die zusätzlich zum natürlichen Niederschlag ausgebracht werden. Damit liegt der Gesamt-Wasserbedarf in einer ähnlichen Größenordnung wie im Tomatenanbau. Im Kohlanbau wurde ein etwas geringerer Beregnungswasserbedarf von bis zu 120 mm ermittelt.

Fazit: Aktuell ist aufgrund des geringen Anteils des Gemüsebaus an der Gesamtfläche nicht von einer Übernutzung der lokalen Wasserspeicher in Baden-Württemberg durch den intensiven Gemüseanbau auszugehen. Die Wasserentnahme je Hektar liegt jedoch deutlich über der Wasserzufuhr je Hektar über den natürlichen Niederschlag.

4.3 Flächenbedarf und Bodenschutz

Die betrachteten Anbausysteme unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Naturraumbeanspruchung (im Folgenden als Flächenbedarf bezeichnet) als auch in der Intensität der Flächenbeanspruchung. Der Flächenbedarf ist eine Kenngröße der Ressourcenbeanspruchung: Aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung und steigender Nachfrage nach Bioenergie und Futtermitteln für die Fleischerzeugung wird Ackerfläche global gesehen zunehmend zur knappen Ressource.

Die Flächenbeanspruchung drückt aus, inwieweit eine ackerbauliche Nutzung den langfristigen Erhalt der natürlichen Bodenfruchtbarkeit fördert oder gefährdet. Der Erhalt der Boden-

fruchtbarkeit und damit der Produktivität der Flächen ist eine Bedingung der Nachhaltigkeit. Beide Parameter – Flächenbedarf und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit – sind eng miteinander verbunden.

Der **Flächenbedarf** - ausgedrückt in Quadratmetern Anbaufläche je Jahr, die für den Anbau von 1 kg Gemüse benötigt werden – ist in Abb. 4-1 dargestellt. Die Erzeugung von Eissalat benötigt demnach mehr als 6-mal so viel Fläche wie die Erzeugung von Tomaten in Folientunneln, die Erzeugung von Kohl benötigt in etwa die 2- bis 4-fache Fläche. Der Tomatenanbau erweist sich damit als das produktivste (aber eben auch intensivste) Anbausystem.

Innerhalb des Tomatenanbaus zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Flächenbedarf zwischen dem Anbau in Folientunneln/Erdkultur und dem Anbau im Gewächshaus. Beim Anbau im Gewächshaus werden deutlich höhere Erträge erzielt und daher für die gleiche Produktionsmenge weniger Fläche benötigt. Damit einher geht jedoch eine intensivere Flächenbeanspruchung.

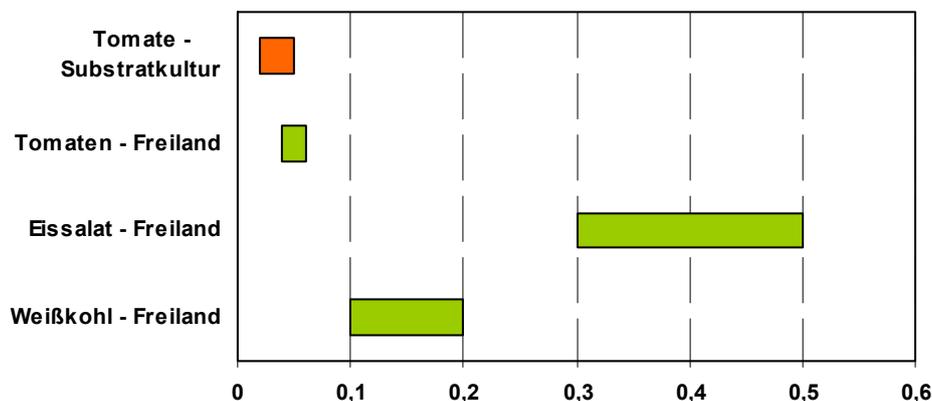


Abb. 4-1 Flächenbedarf je kg Gemüse für die vier untersuchten Produktlinien (Bandbreiten). Roter Balken: Versiegelte Fläche. Grüne Balken: Intensiv genutzte Ackerfläche.

Bezüglich der **Flächenbeanspruchung** bzw. der Auswirkungen des Gemüseanbaus auf die Bodenfruchtbarkeit ist Folgendes festzuhalten: In beheizten Gewächshäusern in Baden-Württemberg erfolgt der Anbau in der Regel in Substratkulturen. Der Boden des Gewächshauses ist komplett versiegelt. Die Gewächshausfläche ist damit der Siedlungs- und Verkehrsfläche und nicht der landwirtschaftlichen Fläche zuzuordnen. Natürliche Bodenfruchtbarkeit ist nicht mehr gegeben. Anders beim Anbau von Tomaten in Erdkultur in Folientunneln sowie beim Anbau von Salat und Kohl im Freiland: Hier wird die Bodenfruchtbarkeit genutzt, aber durch den intensiven Anbau auch beansprucht. Es erfolgen eine intensive Bodenbearbeitung sowie ein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und mineralischen Düngemitteln.

Durch die intensive Bewirtschaftung könnte der Humusgehalt und damit die Bodenfruchtbarkeit langfristig abnehmen. Hierzu kann im Rahmen dieser Studie keine abschließende Aus-

sage getroffen werden. Bei Konzepten für eine nachhaltige Landwirtschaft sollte der langfristige Erhalt der Bodenfruchtbarkeit neben Aspekten des Klimawandels und anderen Umweltwirkungen jedoch unbedingt mit berücksichtigt werden.

Fazit: Gewächshausanbau ist wegen der geringen Flächenbelegung je Produkteinheit vorteilhaft gegenüber dem Freilandanbau, stellt aber den massiveren Eingriff in Landschaft dar und entzieht den Boden langfristig der ackerbaulichen oder ökologischen Nutzung. Der Gemüseanbau in Erdkultur stellt eine intensive ackerbauliche Nutzung dar, bei dem für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit aus Sicht der Nachhaltigkeit besondere Sorge getragen werden sollte.

4.4 Biodiversität

Die Biodiversität in Mitteleuropa erreichte ihren Höhepunkt etwa um 1850. Die vorindustrielle Landwirtschaft erhöhte die Biodiversität durch die Schaffung neuer, aber naturnaher Biotope. Die industrielle Landwirtschaft führte demgegenüber zu einem massiven Artensterben. Der Erhalt der Biodiversität und dabei insbesondere die Verhinderung des Aussterbens seltener Arten ist ein besonderes Anliegen des Naturschutzes. Die Biodiversität in einer Agrarlandschaft wird insbesondere durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Das Vorkommen naturnaher Flächen (niedrige Hemerobiestufen¹)
- Den Einsatz von Bioziden (Pflanzenschutzmitteln) auf landwirtschaftlichen Flächen
- Mechanische Eingriffe (Bodenbearbeitung, mechanische Unkrautkontrolle, Einsatz von Landmaschinen allgemein)
- Austräge eutrophierender und versauernder Emissionen und dadurch bedingt Einträge von Nährstoffen und Säurebildnern in natürliche Ökosysteme sowie weitere Luftschadstoffe (siehe oben Kapitel 3.1.3, 3.2.3 und 3.3.3: Dort insbesondere Wirkungskategorien Versauerung und Nährstoffeintrag in Böden).

Die Luftemissionen wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln behandelt. Hier stellen die Gemüsekulturen eine mäßige Belastung dar. Relevanter sind aus Sicht des Artenschutzes die Naturnähe/-ferne der Flächen sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.

Hinsichtlich der **Naturferne** lässt sich sagen: Gewächshausflächen sind der Siedlungs- und Verkehrsfläche und nicht der landwirtschaftlichen Fläche zuzuordnen. Aus Sicht der Vegetationskunde sind diese Flächen der höchsten Hemerobiestufe zuzurechnen (metahemerob, Klotz et al. 2002). Der Anbau in Erdkultur in Folientunneln ist demgegenüber das naturnähere System. Auch hier erfolgt jedoch eine sehr intensive Nutzung (zweite Hemerobiestufe, polyhemerob). Zum Erhalt seltener und gefährdeter Arten der Ackerbegleitflora leisten diese Flächen ebenfalls keinen Beitrag.

¹ Hemerobie = Grad der menschlichen Beeinflussung / Naturferne

Ähnliches gilt für den Anbau von Salat und Kohl. Der Anbau von Salat und Kohl erfolgt im Freiland, in intensiv genutzten Ackerflächen. Durch mechanische und chemische Unkrautbekämpfung gibt es auf den Nutzflächen praktisch keine Ackerbegleitflora. Die Salat- und Kohlanbauflächen leisten also ebenfalls keinen wesentlichen Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt und sind ebenfalls der Hemerobiestufe 2 (polyhemerob) zuzurechnen.

Der **Pflanzenschutzmitteleinsatz** im Tomatenanbau ist in geschlossenen Gewächshaus-systemen gering. Schädlinge werden in der Regel durch den Einsatz von Nützlingen bekämpft. Chemische Insektizide wurden in dem betrachteten regionalen Gewächshausbetrieb nur in Ausnahmefällen und dann nur lokal eingesetzt. Auch Fungizide sind in der Regel nicht erforderlich, da Pilzinfektionen durch gute Hygiene (jährliches Desinfizieren des Gewächshauses) stark begrenzt werden können. Die eingesetzten Pflanzenschutzmittel gelangen zudem bei guter fachlicher Praxis nicht aus dem Gewächshaus und können daher weder Grundwasser noch angrenzende Ökosysteme schädigen.

Anders verhält es sich beim Anbau von Tomaten im Folientunnel: Hier stellt der Boden eine mögliche Infektionsquelle mit Pilzsporen da, die ein erhebliches Risiko für die empfindlichen Tomatenpflanzen darstellen. Ferner können Schädlinge leichter in den Folientunnel eindringen, und Nützlinge sind schwerer anzusiedeln. In Folientunneln ist der Pflanzenschutzmitteleinsatz daher in der Regel höher als in Gewächshäusern. Im Rahmen dieses Projektes wurden Aufwandmengen von ca. 0,8 g Wirkstoff / m² im Folientunnel und bis zu 0,2 g Wirkstoff / m² im Glashaus gefunden. Über die Toxizität der Mittel sowie das Risiko von Rückständen auf den Früchten kann im Rahmen dieses Projektes keine abschließende Aussage getroffen werden. Ähnliches gilt für den Anbau von Eissalat und Kohl im Freiland.

Fazit: Die Anbauflächen leisten keinen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität von Agrarökosystemen. Naturschutz muss auf anderen Flächen stattfinden. Dies sollte bei der Planung der Gesamt-Flächenbelegung in Baden-Württemberg beachtet werden. Gewächshausanbau ist wegen der geringen Flächenbelegung je Produkteinheit vorteilhaft gegenüber dem Freilandanbau, stellt aber den massiveren Eingriff in die Landschaft dar und entzieht den Boden langfristig der ackerbaulichen oder ökologischen Nutzung. Über Auswirkungen des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf die Öko- und Humantoxizität kann im Rahmen dieser Studie keine Aussage getroffen werden. Toxizitätsaspekte sollten in einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung jedoch Beachtung finden.

5 Diskussion

5.1 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Repräsentativität der landwirtschaftlichen Betriebe

Die vorliegende Studie basiert auf Datenerhebungen einzelner Praxisbetriebe. Die Repräsentativität dieser Betriebe für die Klimabilanz des Gemüsebaus in Baden-Württemberg kann nicht in einem mathematischen Sinne bestimmt werden, da die hierzu erforderlichen statistischen Daten über Anbauverfahren, Betriebsmitteleinsatz etc. nicht vorliegen. Die Auswahl der Betriebe erfolgte mit Hilfe regionaler Gemüsebauexperten (Gemüsering Stuttgart GmbH). Kriterium für die Auswahl war, dass es sich um typische und zukunftsfähige Betriebe handelt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Betriebe den überwiegenden Anteil der baden-württembergischen Tomaten, Kohl und Eissalat-Produktion angemessen repräsentieren. Die von den Betrieben gelieferten Daten wurden mit Literaturwerten (insbesondere KTBL 2008, KTBL 2009) abgeglichen und vom IFEU auf Konsistenz geprüft.

Repräsentativität des Vertriebs

Daten zur Distribution wurden vom Gemüsering Stuttgart GmbH und der EDEKA Handelsgesellschaft Südwest mbH zur Verfügung gestellt. Dieser Handelsweg repräsentiert die Gemüsevermarktung über den Einzelhandel. Wesentliche Einflussfaktoren auf die Umweltbilanz des Vertriebs sind die Energieaufwendungen für die gekühlte Lagerung und den Transport sowie der Kühlmittelbedarf. Die Transportentfernung spielt für die Gesamtbilanz eine untergeordnete Rolle. Große Unterschiede in den Transportentfernungen zwischen verschiedenen Handelsketten sind nicht zu erwarten, sofern die Distribution über ein baden-württembergisches Zentrallager erfolgt. Die Lagerdauer ist durch die Haltbarkeit des Gemüses bestimmt, sodass auch darin keine wesentlichen Unterschiede zwischen verschiedenen Handelsketten bestehen. Deutlichere Unterschiede könnten eventuell in der verwendeten Kühltechnik sowie im Anteil an Ausschussware bestehen.

Deutliche Unterschiede in der Umweltbilanz sind zudem bei der Direktvermarktung loser Ware über regionale Wochenmärkte zu erwarten. Dieser Lebensweg wurde daher als zusätzliche Variante auf Basis von Literaturwerten und der IFEU-internen Datenbank (IFEU 2011) definiert. Da hierzu im Rahmen dieser Studie keine Datenerhebung durchgeführt wurde, ist die Aussagekraft der Ergebnisse qualitativ nicht vollständig mit der Variante „Vertrieb über den Einzelhandel“ vergleichbar. Es ist möglich, dass die Direktvermarktung über den Wochenmarkt in der Realität deutlich andere (ggf. schlechtere) Ergebnisse liefert als hier dargestellt, falls in diesem Lebensweg mehr Abfall anfallen sollte. Da hierzu keine Literaturwerte vorlagen, wurde von gleichen Abfallraten in beiden Vertriebswegen ausgegangen. Die Vermarktung von Gemüse über Marktstände, die ihre Waren über Zwischenhändler bezie-

hen und eventuell eigene Lager unterhalten (Wochenmarktbesucher), könnte ebenfalls ein schlechteres Ergebnis aufweise. Dieser Vermarktungsweg konnte auf Grund der schlechten Datenlage nicht in die Betrachtung mit einbezogen werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

5.2 Möglichkeiten und Grenzen des Instruments „CO₂-Fußabdruck“ für regionales Gemüse

Die Erstellung der CO₂-Bilanz („CO₂-Fußabdruck“) hat sich als ein geeignetes Instrument erwiesen, um zentrale Einflussgrößen auf die Klimawirksamkeit von Gemüse zu erkennen und Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten.

Dabei zeigten sich jedoch auch Grenzen des Instruments CO₂-Fußabdruck:

- In Betrieben mit mehreren Kulturen (Eissalat, Kohl) sind die Aufwendungen schlecht den einzelnen Kulturen zuzuordnen und die Datenunsicherheit ist hoch. Häufig verfügen Betriebe nicht über die für einen CO₂-Fußabdruck benötigten Aufzeichnungen. Diese Aufzeichnungen zu verlangen, bedeutet eine weitere Bürokratisierung der Landwirtschaft.
- Der Aufzeichnungs- und Berechnungsaufwand für einen betrieblichen CO₂-Fußabdruck ist für kleine Betriebe überproportional hoch. Die Auszeichnung von Gemüseprodukten mit einem quantitativen CO₂-Fußabdruck begünstigt damit technisierte und große Betriebe. Diese Effekte sind bei der Entscheidung für oder gegen CO₂-Siegel zu berücksichtigen.
- Landwirtschaftliche Produktion ist witterungs- und standortabhängig und unterliegt großen jährlichen und saisonalen Schwankungen. Dazu kommen eine vielfältige Agrarstruktur mit vielen, unterschiedlich strukturierten Betrieben, unterschiedlichen Produktionsverfahren, unterschiedlichen Verpackungen und Vertriebswegen und ein hoher zeitabhängiger Aufwand für Lagerhaltung und Kühlung. Der CO₂-Fußabdruck müsste korrekterweise für jede Verkaufsstelle, jeden Betrieb oder im Extremfall sogar jede Charge einzeln erstellt werden. Dies ist nur mit sehr hohem Aufwand möglich.
- Der CO₂-Fußabdruck ist kein Nachhaltigkeitsindikator. Andere, zentrale Umweltwirkungen neben dem Klimaschutz bleiben unberücksichtigt. Diese eingeschränkte Sichtweise ist insbesondere für die landwirtschaftliche Erzeugung gefährlich und kann zu aus Umweltschutzsicht falschen Schlussfolgerungen führen. Denn die Landwirtschaft hat auch auf andere zentrale Schutzgüter einen erheblichen Einfluss (z. B. Nährstoffausträge, siehe Kapitel 3.1.3, 3.2.3, 3.3.3, 4.1).
- Das Verbraucherverhalten kann in einem produktbezogenen CO₂-Fußabdruck nur abgeschätzt werden, hat aber auch wesentlichen Einfluss auf die Klimabilanz des konsumierten Produktes (siehe Kapitel 3.4).
- Methodische Entscheidungen (z. B. zur Aufteilung von nur aggregiert vorliegenden Gesamtaufwendungen auf Einzelprodukte und -prozesse) können dazu führen, dass sich für vergleichbare Produkte ein unterschiedlicher CO₂-Fußabdruck ergibt. Die

vorhandenen Ökobilanznormen sind hierzu nicht hinreichend präzise. Der Vergleich der Absolutwerte von CO₂-Bilanzen aus verschiedenen Studien ist nur eingeschränkt möglich. Unter Umständen können sich dadurch wettbewerbsverzerrende Effekte ergeben.

Aus den genannten Gründen ist die **Auszeichnung** eines CO₂-Fußabdrucks auf Produkten nicht zu empfehlen.

Zum **Zusammenhang zwischen regionaler Erzeugung und CO₂-Fußabdruck** ist festzustellen, dass „regionales“ Gemüse nicht notwendigerweise einen geringeren CO₂-Fußabdruck aufweist als überregional erzeugtes Gemüse. Dies gilt insbesondere dann, wenn Gemüse nicht saisonal erzeugt bzw. konsumiert wird und ein hoher Aufwand (vor allem von Energie) zur Kompensation ungünstiger Witterungsbedingungen bzw. zur Lagerung notwendig ist. Transportaufwendungen verursachen im Vergleich zu Beheizung oder Kühlung in der Regel weniger Treibhausgasemissionen. Daher sind insbesondere „Food miles“ kein Indikator der Klimafreundlichkeit (vgl. auch Edwards-Jones et al. 2008). Regionale und zugleich auch saisonale Produkte sind aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes tendenziell vorteilhaft gegenüber importierten, beheizt angebauten oder gelagerten Produkten (vgl. dazu auch Brooks et al. 2011).

Zur Verbesserung der **Verbraucherinformation** könnten Verbrauchern CO₂-Bilanzen in Form von speziell auf die Ernährung zugeschnittenen CO₂-Rechnern zur Verfügung gestellt werden. Dadurch können das Bewusstsein für die Klimarelevanz des eigenen Ernährungsverhaltens gesteigert und in der Folge nachhaltige Kaufentscheidungen unterstützt werden.

5.3 Vergleich der ermittelten Werte mit der Literatur

In der Literatur finden sich bereits eine Reihe Studien zum CO₂-Fußabdruck bzw. zur Ökobilanz von Gemüse. Tomaten wurden dabei schon besonders häufig untersucht (z. B. Cellura et al. 2011, Högberg 2010, Page et al. 2010, Roy et al. 2008, Theurl 2008, Williams et al. 2006). Dabei zeigen sich große Unterschiede in den ermittelten Absolutwerten des CO₂-Fußabdrucks: Die Schwankungsbreite geht von 0,1 (Högberg 2010) bis über 9 kg (Williams et al. 2006) CO₂-Äquivalente je kg Tomaten. Die erheblichen Unterschiede lassen sich zum Teil durch Unterschiede in den standörtlichen Gegebenheiten, den Anbauverfahren, den verwendeten Energieträgern, den Transportentfernungen und den gewählten Systemgrenzen direkt erklären. Einige Unterschiede sind jedoch nicht ohne weiteres erklärlich und erfordern eine tiefere Analyse der zugrunde gelegten Modellannahmen und Datengrundlagen. Die Studie von Theurl 2008 ist methodisch und hinsichtlich der untersuchten Systeme am ehesten mit der vorliegenden Studie vergleichbar. Dabei wurde für den Anbau in einem beheizten Gewächshaus in Österreich ein typischer CO₂-Fußabdruck von 1,1-1,4 kg CO₂-Äquivalente je kg Tomaten ermittelt. Dies ist zwar deutlich unter dem von uns ermittelten typischen Wert von ca. 3 kg. Der Unterschied ist jedoch darauf zurückzuführen, dass Theurl von einer Heizung mit Fernwärme ausgeht. Bei einer ölbetriebenen Heizung ermittelt Theurl einen CO₂-Fußabdruck von ca. 1,9 – 2,4 kg CO₂-Äquivalenten. Berücksichtigt man ferner die bei Theurl deutlich geringeren Aufwendungen für die Distribution (nur ca. 0,08 kg CO₂-

Äquivalente je kg Tomaten, gegenüber ca. 2,5 kg in unserer Studie) so ergibt sich ein vergleichbarer Wert.

Tab. 5-1 Literaturwerte zum CO₂-Fußabdruck von Tomaten

Referenz	Ermittelter CO ₂ - Fußabdruck [kg CO ₂ -eq/kg Tomaten]	Anmerkungen
Cellura et al. 2011	0,74	Gesamter Lebensweg, Freiland, Italien
Höberg 2010	0,1 - 1,7	Schweden, Gesamter Lebensweg, verschiedene Anbauverfahren
Page et al. 2010	0,35 - 1,6	Gesamter Lebensweg, Australien, verschiedene Anbauverfahren
Roy et al. 2008	0,3 - 0,9	Gewächshaus, Japan
Theurl 2008	0,1 - 2,4	Österreich, gesamter Lebensweg, verschiedene Anbauverfahren
Williams et al. 2008	9,4	Großbritannien, Mittel über alle Anbauverfahren

Etwas schlechter ist die Datenlage für Salat. Hier konnte mit Hospido et al. 2009 nur eine verlässliche Quelle gefunden werden. Hospido ermittelt einen CO₂-Fußabdruck von 0,25 – 0,41 kg CO₂-Äquivalente / kg Salat (Lebensweg bis Großhandel, Großbritannien). In der vorliegenden Studie wurde für den gleichen Lebenswegabschnitt ein CO₂-Fußabdruck von 0,09 – 0,35 kg CO₂-Äquivalente / kg Salat ermittelt. Die Ergebnisse beider Studien liegen damit in der gleichen Größenordnung.

Für Kohl konnte keine valide, öffentlich verfügbare Treibhausgasbilanz gefunden werden.

Die Auswertung der Literatur insgesamt zeigt, dass für die Handelskette deutlich weniger Daten verfügbar sind als für den Anbau. In vielen Studien wird die Distribution gar nicht berücksichtigt (z. B. Williams et al. 2006). In anderen Fällen ergeben sich deutlich geringere Werte als in der vorliegenden Studie (z. B. Theurl 2008). Diese Unterschiede könnten zum Teil auf mangelnde Datenverfügbarkeit im Bereich Distribution, Lagerung und Einzelhandel zurückzuführen sein. Die Beteiligung einer regionalen Einzelhandelskette im Rahmen dieser Studie konnte erheblich dazu beitragen, diese Datenlücke zu schließen. Es ist jedoch zu empfehlen, den Bereich der Distribution in weiteren Studien zu untersuchen um die hier gewonnen Ergebnisse zu bestätigen, weiter zu konkretisieren und ggf. spezifische Optimierungsmöglichkeiten abzuleiten.

6 Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Studie zusammengefasst und kurze Antworten auf die im ersten Kapitel genannten Zielfragen gegeben.

Welcher CO₂-Fußabdruck sowie welche weiteren Umweltwirkungen sind mit den betrachteten Tomaten-, Eissalat- und Weißkohl-Produktlinien verbunden?

Die folgende Tabelle Tab. 6-1 gibt einen Überblick über den CO₂-Fußabdruck sowie weitere Umweltwirkungen für die ausgewählten Produktlinien. Die für den CO₂-Fußabdruck ermittelten Werte wurden mit Literaturwerten verglichen und entsprechen in etwa den für ähnliche Produktionsbedingungen (z. B. für Österreich) ermittelten Werten. Bei allen drei untersuchten Produkten – insbesondere jedoch bei Tomaten – bestehen erhebliche Bandbreiten im CO₂-Fußabdruck und auch in anderen Umweltwirkungen. Diese Bandbreiten sind zum Teil auf Unterschiede im Produktionsverfahren zurückzuführen, z. B. auf die Beheizung. Zu einem geringeren Teil bilden die Bandbreiten regionale Unterschiede in Standort und Witterung ab.

Regionales Gemüse hat nicht grundsätzlich einen geringeren CO₂-Fußabdruck als Importware. Insbesondere im Falle einer nicht saisonalen Produktion können z. T. deutlich höhere Umweltlasten auftreten als bei Importware, vor allem wenn ungünstige Witterungsbedingungen technisch aufwendig kompensiert werden (z. B. durch Anbau in beheizten Gewächshäusern),.

Lassen sich die Ergebnisse auf andere Unternehmen, Produkte und Produktlinien aus Baden-Württemberg übertragen?

Die Ergebnisse können hinsichtlich der Größenordnung als repräsentativ für die Erzeugung und den Vertrieb der drei ausgewählten Gemüsearten in Baden-Württemberg angesehen werden. Die absoluten Werte für den CO₂-Fußabdruck können für einzelne Unternehmen jedoch durchaus relevant von den hier vorgestellten Werten abweichen. Eine Übertragung der exakten Absolutwerte auf andere Anbauverfahren derselben Gemüsearten ist daher nur bedingt möglich. Dies gilt in noch stärkerem Maße bei deutlich abweichenden Anbausystemen (z. B. ökologischer Anbau).

Auf andere Gemüsearten lassen sich die Ergebnisse bestenfalls bedingt übertragen: Bei vergleichbaren Anbauverfahren und Erträgen ist ein CO₂-Fußabdruck in der gleichen Größenordnung zu erwarten. Die aus der Hot-Spot-Analyse gewonnenen Erkenntnisse über zentrale Einflussgrößen (Heizenergie, Nährstoffbilanz, Verpackungsmaterial, Länge der Vertriebswege) sind auch für andere Gemüsearten relevant und richtungssicher.

Tab. 6-1 CO₂-Fußabdruck und zentrale Ergebnisse der Umweltbilanz für die untersuchten Produktlinien. Typischer Wert und Bandbreite (in Klammern)

	Tomaten – beheiztes Gewächshaus	Tomaten – unbeheizter Folientunnel	Eissalat, Freiland- anbau	Weißkohl, Freiland- anbau
CO ₂ -Fußabdruck: Absolutwerte [kg CO ₂ -Äquiv. / kg Ware]	3 (1 – 5,8)	0,7 (0,4 – 1,4)	0,6 (0,5 – 0,9)	0,4 (0,4 – 0,7)
Einwohnerwerte [ETW / kg Ware]	ca. 0,09	ca. 0,02	ca. 0,02	ca. 0,01
Nährstoffeinträge in Böden [ETW / kg Ware]	ca. 0,05	ca. 0,03	ca. 0,01	ca. 0,01
Weitere relevante Umweltwirkungen	Energie- aufwand, Versauerung	Energie- aufwand, Versauerung	Energie- aufwand, Versauerung, Ozonabbau, Nährstoff- einträge in Gewässer	Energie- aufwand, Versauerung, Ozonabbau, Nährstoff- einträge in Gewässer

Welche Möglichkeiten und Grenzen bietet das Instrument „CO₂-Fußabdruck“ bzw. „Umweltbilanz“ hinsichtlich Aussagekraft und unternehmens- und produkt-spezifischer Umsetzbarkeit im baden-württembergischen Lebensmittelsektor?

Das Instrument „CO₂-Fußabdruck“ wird seit einigen Jahren weltweit intensiv diskutiert – nicht nur, aber auch im Lebensmittelsektor. Eine internationale Norm für den CO₂-Fußabdruck ist derzeit in Entwicklung (ISO-Norm 14067: Carbon Footprint of Products). Diese Norm wird explizit nicht nur für Lebensmittel entwickelt, sondern soll auf jegliche Art von Produkten anwendbar sein. In den folgenden Aufzählungen werden wichtige Vor- und Nachteile genannt, die mit diesem in Entwicklung befindlichen Instrument verbunden sein könnten (ohne den Anspruch auf Vollständigkeit):

Das Instrument CO₂-Fußabdruck ist grundsätzlich geeignet, zentrale Einflussgrößen auf die Klimabilanz von regionalem Gemüse aufzuzeigen und Optimierungsmöglichkeiten abzuleiten. Hierzu ist eine Bilanzierung geeignet, die stichprobenweise bei einzelnen Betrieben und im Abstand einiger Jahre durchgeführt wird. Dabei sollten neben den hier betrachteten Kulturen auch weitere Produkte, Anbauverfahren und -systeme berücksichtigt werden.

Zum Aufdrucken auf das Produkt ist der CO₂-Fußabdruck jedoch wenig geeignet. Eine valide, den internationalen ISO-Normen voll entsprechende Bilanz, erfordert bei Gemüse einen im Verhältnis zum Produktwert hohen Erfassungsaufwand. Eine solche Bilanz wäre spezifisch für jeden Betrieb, jede Verkaufsstelle und im Extremfall jede Charge zu bestimmen.

Das Verbraucherverhalten als eine der zentralen Einflussgrößen auf die Klimabilanz des Produktes wäre in einem solchen Siegel nur als Schätzwert darstellbar.

Ein CO₂-Siegel misst nur eine von vielen Umweltwirkungen. Eine Kennzeichnung mit absoluten Emissionszahlen wäre daher bezüglich der Umweltfreundlichkeit des Produktes nicht aussagekräftig. Eine vollständige Ökobilanz wäre demgegenüber zwar aussagekräftiger, aber entsprechend aufwendiger in der Durchführung und schwerer an den Kunden kommunizierbar.

Angesichts der spezifischen Bedingungen des Gemüseanbaus in Baden-Württemberg ist die Erstellung eines CO₂-Fußabdrucks für Gemüse im Verhältnis zum Umsatz der einzelnen Betriebe besonders aufwendig – hier sind insbesondere die Agrarstruktur in Südwestdeutschland mit relativ kleinen Betrieben und Schlaggrößen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011), die Vielzahl an Betrieben, Produkten und Anbauverfahren sowie die Standort- und Witterungsabhängigkeit der landwirtschaftlichen Produktion ausschlaggebend. Bei der Erstellung der vorliegenden Studie hat sich gezeigt, dass die für die Bilanzierung erforderlichen Daten in den Betrieben nicht unmittelbar und in geeigneter Form vorliegen (z. B. sind die Aufwendungen an Energie und Betriebsmitteln nicht eindeutig den bestimmten Produkten oder Verfahren zuzuordnen). Produkt- oder betriebsspezifische, verpflichtende Ökobilanzen bzw. CO₂-Bilanzen fördern daher tendenziell stark technisierte und große Betriebe.

Die Förderung großer Agrarbetriebe ist zwar aus ökonomischen Gründen nachvollziehbar, aus Naturschutzsicht jedoch nicht immer wünschenswert. Kleine Betriebe mit kleinen Schlägen führen zu stark parzellierten und strukturreichen Landschaften. An den Grenzen zwischen den Parzellen können Hecken oder Feldraine stehen, die artenreich sind und einen großen naturschutzfachlichen Wert haben. Eine kleinteilig strukturierte Landwirtschaft hat daher potenziell (wenn auch nicht notwendig) eine höhere Artenvielfalt als weitgehend ausgeräumte Agrarlandschaften mit großen Schlägen. Baden-Württemberg ist im internationalen Vergleich, aber auch schon im Vergleich mit Nordostdeutschland, tendenziell eher strukturreich.

7 Empfehlungen

Im Folgenden wird kurz dargestellt, welche Empfehlungen für Unternehmer, die Politik und die Verbraucher die Autoren aus dieser Studie ableiten. Abschließend wird kurz aufgezeigt, wo weiterer Forschungsbedarf besteht. Die Empfehlungen geben Anregungen aus Sicht des Umweltschutzes. Andere, nicht umweltbezogene Aspekte der Nachhaltigkeit (Wirtschaftlichkeit, gesunde Ernährung etc.) waren nicht Gegenstand dieser Studie und sind daher auch bei den Empfehlungen nicht mit berücksichtigt.

Welche Empfehlungen lassen sich aus der Studie für Unternehmer im baden-württembergischen Gemüse-Sektor ableiten?

Empfehlungen für Erzeuger:

- Es wird empfohlen, sich pro-aktiv mit dem Thema CO₂-Fußabdruck / Ökobilanz auseinanderzusetzen, um für Anfragen oder gar verpflichtende Anforderungen seitens des Handels gewappnet zu sein. Aus Effizienzgründen könnte diese pro-aktive Beschäftigung mit dem Thema CO₂-Fußabdruck / Ökobilanz bevorzugt auf der Ebene von Erzeugergemeinschaften oder Verbänden erfolgen, um die einzelnen Betriebe zu entlasten.
- Es wird empfohlen, für weitere ausgewählte Produkte Ökobilanzen durchführen zu lassen, um Erkenntnisse über den Status quo der Umweltlasten zu gewinnen, v. a. im Hinblick auf Optimierungsmöglichkeiten. Trotz der Kosten für eine solche Studie kann sich diese Investition langfristig lohnen, da Stellschrauben zur Prozessoptimierung aufgedeckt werden können, die sich direkt positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken können (beispielsweise durch reduzierten Energieverbrauch). Ebenso kann ein solches Engagement auch an die Kunden kommuniziert werden. Um die Kosten für einzelne Erzeuger gering zu halten, könnten solche Studien ebenfalls auf der Ebene von Erzeugergemeinschaften oder Verbänden durchgeführt werden, ggf. unter Einbeziehung der landwirtschaftlichen Fachberatung. Des Weiteren sollte geprüft werden, inwiefern hierfür auch Förderprogramme zur Verfügung stehen.
- Standortangepassten Kulturen und Sorten und saisonalem Anbau sollte aus Umweltschutzsicht möglichst der Vorzug gegeben werden. Wo beheizte Gewächshäuser eingesetzt werden, sollte möglichst anderweitig nicht verwendbare Abwärme zum Beheizen verwendet werden. Falls eigene Heizanlagen eingesetzt werden, sollten diese zumindest in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden. Erdgasbetriebene Anlagen und solchen, die mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben werden, unterscheiden sich nicht wesentlich, da im letzteren Fall die Abgase nicht als CO₂-Dünger eingesetzt werden können.

Empfehlungen für Händler:

- Auch Handelsunternehmen wird empfohlen, sich pro-aktiv mit dem Thema CO₂-Fußabdruck / Ökobilanz auseinanderzusetzen und Bilanzierungen entweder selbst in Angriff zu nehmen oder durchführen zu lassen, v. a. um Erkenntnisse über den Status quo der eigenen Umweltlasten und Optimierungsmöglichkeiten zu gewinnen.
- Handelsunternehmen wird des Weiteren empfohlen, bei Einkauf, Anbau, Verarbeitung und Vertrieb auf besonders umweltfreundliche Verfahren zu achten und diese auch den Kunden transparent zu machen (z. B. Saisonalität, unbeheizter Anbau). Dazu können aus Ökobilanzstudien gewonnene Erkenntnisse als Grundlage dienen.
- Von einer Produktkennzeichnung mit CO₂-Siegeln wird abgeraten. Wenn sich Unternehmen in Bereich von Umweltsiegeln engagieren möchten, so sollte der Mitwirkung an der Entwicklung von einheitlichen Labeln auf nationaler bzw. europäischer Ebene der Vorzug vor unternehmens- oder branchenspezifischen Kennzeichnungen gegeben werden, um die Transparenz und Vergleichbarkeit der Kennzeichnungen zu gewährleisten. Dabei sollte eine möglichst umfassende Umweltkennzeichnung angestrebt werden, die neben der Klimabilanz weitere Umweltwirkungskategorien berücksichtigt.

Welche Verbraucher-Empfehlungen lassen sich aus der Studie ableiten?

- Gemüseprodukte sollten nach Möglichkeit regional UND saisonal eingekauft werden. Regionale, aber nicht saisonale Produkte weisen zum Teil eine deutlich höhere Umweltlast auf als Importwaren.
- Gemüseabfälle sollten soweit wie möglich vermieden werden. Nur das einzukaufen, was auch tatsächlich verzehrt wird, schont die Umwelt und den eigenen Geldbeutel.
- Wenn Gemüse aus dem Umland direkt vom Erzeuger bezogen werden kann, also ohne gekühlte Lagerung und Zwischenhandel - z.B. über einen örtlichen Wochenmarkt -, so ist dies eine klimafreundliche Alternative zum Einkauf im Supermarkt. Allerdings nur, wenn dazu nicht weite Strecken mit dem Auto zurückgelegt werden, sondern der Markt zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit einem Zwischenstopp auf einer anderen Fahrt zu erreichen ist. Außerdem sollte im Haushalt der Anteil an nicht verzehrter, verdorbener Ware dadurch nicht steigen, z. B. weil der Wochenmarkt seltener erreichbar ist und die benötigten Mengen über die Woche nicht so gut geplant werden können.
- Generell gilt: Das Einkaufsverhalten hat einen großen Einfluss auf die Umweltbilanz der Produkte. Wer einen Großeinkauf tätigt oder mit dem Fahrrad fährt, spart gegenüber der Fahrt mit dem Auto zum Supermarkt für einen Salatkopf schon über 25 % der Emissionen ein.

Welche Politik-Empfehlungen lassen sich aus der Studie ableiten?

- Es wird empfohlen, den CO₂-Fußabdruck für weitere Produkte, Ernährungsstile oder Mahlzeiten ermitteln zu lassen, um die gewonnenen Einsichten zu vertiefen und zu erweitern.

- Die Auszeichnung von Produkten mit einem Absolutwert für den CO₂-Fußabdruck (z. B. in g CO₂ je kg Produkt) auf Lebensmittelprodukten sollte vorerst nicht unterstützt werden. Stattdessen sollt die Weiterentwicklung des „Carbon footprint“ zu einem echten „Environmental footprint“ unterstützt werden. Durch eine einseitige Auszeichnung des CO₂-Fußabdrucks von Lebensmitteln könnten ansonsten falsche Anreize geschaffen werden (klimaoptimierte Produktion ist nicht gleichbedeutend mit umweltschonend), außerdem könnten positive Aspekte der relativ kleinstrukturierten Landwirtschaft in Baden-Württemberg (z. B. in punkto Biodiversität) dabei aus dem Blickfeld geraten.
- Alternativ bzw. ergänzend dazu ist es aus Umweltschutzsicht wichtig, die Kunden über die Umweltwirkungen bestimmter Herstellungsverfahren und Darbietungsformen zu informieren und diese eventuell auf dem Produkt zu kennzeichnen, z. B. „Energiesparend weil aus unbeheiztem Anbau“ oder „lose Ware spart Verpackung“ etc. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass Gemüse aus regionalem Anbau nicht automatisch klimafreundlicher ist als Importware, d. h. „regional“ ist nicht immer gleich erste Wahl. Ferner ist zu bedenken, dass bisher keine geeignete Definition von „regionalen Lebensmitteln“ vorliegt. Die Entwicklung eines Konzeptes ist jedoch im BMELV in Arbeit (BMELV 2012).
- Zur Förderung eines umweltfreundlichen Verbraucherverhaltens könnte verstärkt Informations- und Bildungspolitik betrieben werden. Dazu zählt insbesondere, das Bewusstsein für Saisonalität zu fördern – am besten schon bei den Kindern. Informationen über regionale UND saisonale Produkte können umgekehrt das Bewusstsein für Umwelt, Klima und Region fördern und zu nachhaltigem Verhalten auch in anderen Lebensbereichen beitragen.
- Auch das Bewusstsein für die Umweltrelevanz des eigenen Einkaufsverhaltens (Autofahrten, Lebensmittelabfälle im eigenen Haushalt etc.) sollte gefördert werden, um einen nachhaltigen Lebensstil zu unterstützen. Dies könnte sowohl im Bereich Bildungspolitik geschehen als auch durch entsprechende landes- oder bundesweite Informations- und Werbekampagnen.
- Zur Erleichterung der Verbraucherinformation und der Umweltbildung könnte auf Basis dieser und weiterer Studien ein CO₂-Rechner für die Ernährung erstellt werden, der es Verbrauchern erlaubt, sich einen Überblick über die CO₂-Last ihrer Ernährung zu verschaffen. Solche CO₂-Rechner könnten Verbrauchern z. B. online zur Verfügung gestellt und in Bildungsprogrammen verwendet werden. In einem zweiten Schritt könnten solche CO₂-Rechner zu umfassenderen „Umwelt- und Ressourcenrechnern“ erweitert werden, die neben dem Treibhauseffekt auch andere Umweltwirkungskategorien abbilden. Zusätzlich könnte ein solcher CO₂- bzw. Umwelt- und Ressourcenrechner mit Hinweisen auf eine gesunde Ernährung verbunden werden, z.B. basierend auf den Ernährungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE). Damit können Synergien zwischen gesundem und umweltfreundlichem Verhalten aufgezeigt werden (siehe dazu auch Kapitel 9.2 im Anhang).

Wo besteht Forschungsbedarf?

- Im beheizten Gewächshausanbau von Tomaten werden z. T. die Abgase aus erdgasbetriebenen Heizanlagen gereinigt und als CO₂-Dünger verwendet. Bei anderen Brennstoffen wird in der Regel technisches CO₂ zugekauft, weil die Abgase der Heizkessel nicht hinreichend gut gereinigt werden können, um als CO₂-Dünger verwendbar zu sein. Durch verbesserte, kostengünstige Verfahren der Gasreinigung, die eine CO₂-Düngung mit Abgasen aus regenerativen Energieträgern erlauben, könnten Umweltlasten reduziert werden. Hier besteht Bedarf an technischen Entwicklungen. Allerdings wäre es aus Umweltschutzsicht noch günstiger, wenn Tomaten erst gar nicht in beheizten Gewächshäusern sondern in Folientunneln bzw. im Freiland angebaut würden.
- Im Rahmen dieses Projektes wurden überschlägige Nährstoffbilanzen durchgeführt, obwohl sich die allgemeine Datenlage zu Nährstoffbilanzen im Gemüsebau in Baden-Württemberg als lückenhaft erwies. Insbesondere liegen nur wenige Daten zu Nährstoffbilanzen von Tomaten in Erdkultur vor. Ein solcher Anbau von Tomaten in Erdkultur und unbeheiztem Folientunnel ist gegenüber dem geschlossenen System (Gewächshaus + Substratkultur) deutlich energiesparender, andererseits aber mit dem Risiko von Nährstoffausträgen verbunden, die Grund- und Oberflächengewässer belasten können. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass erhebliche Unterschiede in den Nährstoffüberschüssen auftreten können. Hier sollten unbedingt vertiefende Studien angefertigt werden.
- Die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks förderte einige Punkte zu Tage, die es zu verbessern gilt:
 - Eine Reihe von Ökobilanz-Studien zu Lebensmitteln berücksichtigen die Handelskette nicht oder nur teilweise. Hier gilt es die im Rahmen dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen, um den Beitrag verschiedener Handelswege zum Gesamt-CO₂-Fußabdruck genauer zu beziffern und daraus Optimierungsmöglichkeiten und Empfehlungen abzuleiten.
 - Die Literatursichtung hat gezeigt, dass für einige Gemüsekulturen keine oder sehr wenige CO₂-Fußabdrücke / Ökobilanzstudien vorliegen. Hier könnte das Bild durch weitere Studien komplettiert werden.
 - Da Gemüse nur einen Teil des baden-württembergischen Lebensmittelsektors ausmacht, wird empfohlen, für weitere relevante Produktsegmente (z. B. Milchprodukte) CO₂-Fußabdrücke / Ökobilanzen zu ermitteln.
 - Szenarioberechnungen auf Basis von Literaturwerten weisen darauf hin, dass die Treibhausgas-Emissionen bei einem Vertrieb direkt vom Erzeuger über Wochenmärkte aufgrund geringerer Transport- und Lageraufwendungen deutlich geringer sind als bei der Vermarktung über den Einzelhandel. In der Praxis beziehen jedoch viele Marktstände ihre Ware nicht nur direkt von regionalen Erzeugern sondern auch über Wochenmarktbesucher. Außerdem ist nicht bekannt, ob die Abfallanteile bei Wochenmärkten höher (oder niedriger) sind als im Einzelhandel. Es besteht Forschungsbedarf zum Vergleich der Treibhausgasbilanz verschiedener praxisrelevanter Vermarktungswege.

- Je vollständiger das Produktspektrum abgedeckt ist, desto eher lassen sich Bilanzen zu kompletten Mahlzeiten oder Ernährungsstilen erstellen. Dazu gibt es bislang nur wenige Studien.

8 Literatur

- BBE (2005) BBE Unternehmensberatung: Branchenreport Obst und Gemüse 2005.
- BMELV (2012) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): Bundesverbraucherministerin Aigner startet Initiative für eine bessere Kennzeichnung regionaler Lebensmittel. Pressemitteilung vom 25.01.2012.
- Brooks et al. (2011) Brooks M., Foster C., Holmes M., Wiltshire J.: Does consuming seasonal foods benefit the environment? Insights from recent research. *Nutrition Bulletin* 36, 449-453.
- Cellura et al. (2011) Cellura M., Longo S., Mistretta M.: Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. *Journal of Cleaner Production* doi:10.1016/j.jclepro.2011.10.021
- Downward et al. (2007) Downward S. R., Taylor R.: An assessment of Spain's Programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería, southeast Spain. *Journal of Environmental Management* 82, 277-289.
- DüV (2009) Düngeverordnung der Bundesrepublik Deutschland in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 18 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist.
- ecoinvent (2007) Frischknecht, R. et al.: ecoinvent Data v2.0 – Ökoinventare für Energiesysteme. ESU-services, Uster (CH).
- Edwards-Jones et al. (2008) Edwards-Jones G., Milà i Canals L., Hounsome N., Truninger M., Koerber G., Hounsome B., Cross P., York E.H., Hospido A., Plassmann K., Harris I.M., Edwards R.T., Day G.A.S., Deri Tomos A., Cowell S.J., Jones D.L.: Testing the assertion that 'local food is best': the challenges of an evidence-based approach. *Trends in Food Science & Technology* 19, 265-274.
- GEMIS (2007) Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS) Version 4.42.
- Högberg (2010) Högberg J.: European Tomatoes - Comparing global warming potential, energy use and water consumption from growing tomatoes in Sweden, the Netherlands and the Canary Islands using life cycle assessment. Environment Department SIK - Swedish Institute for Food and Biotechnology. Sweden, Gothenburg. MSc Thesis.
- Hospido et al. (2009) Hospido A., Milà i Canals L., McLaren S., Truninger M., Edwards-Jones G., Clift R.: The role of seasonality in lettuce consumption: a case study of environmental and social aspects. *Int J Life Cycle Assess* 14, 381-391.
- IFEU (2011) Institut für Energie- und Umweltforschung: IFEU-interne Berechnungen und Abschätzungen. Heidelberg, 2011.
- ISO (2006) Deutsches Institut für Normung e.V.: ISO 14040:2006 & ISO14044:2006. Umweltmanagement – Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, Anforderungen und Anleitungen. Beuth Verlag, Berlin.
- Klotz et al. (2002) Klotz S., Kühn I.: Indikatoren des anthropogenen Einflusses auf die Vegetation. Schriftenreihe für Vegetationskunde, Heft 38, 241-246. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

- KTBL (2008) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. KTBL-Datensammlung, Darmstadt.
- KTBL (2009) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): Gartenbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren. KTBL-Datensammlung, Darmstadt.
- LEL (2010) Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume (LEL): Agrarmärkte 2010. Unterlagen für Unterricht und Beratung in Baden-Württemberg.
- LUBW (2011) Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz in Baden-Württemberg (LUBW): Grundwasser-Überwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 2010. Kurzbericht.
- Page et al. (2010) Page G., Bellotti B., Ridoutt B.G.: Exploring hotspots in the carbon footprint and energy use profiles of tomatoes grown for the Sydney market. World Congress on Conservation Agriculture, 26-29 September 2011 - incorporating Farming Systems Design and Landcare. Brisbane, Australia.
- Pehnt et al. (2010): Pehnt M., Seebach D., Irrek W., Seifried D.: Umweltnutzen von Ökostrom. Vorschlag zur Berücksichtigung in Klimaschutzkonzepten: Diskussionspapier. IFEU, Öko-Institut, WI und Ö-Quadrat, 2010.
- Reinhardt et al. (2009) Reinhardt G., Gärtner S., Münch J., Häfele S.: Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie- und Klimagasbilanzen. Heidelberg, 2009.
- Roy et al. (2008) Roy P., Nei D., Okadome H., Nakamura N., Orikasa T., Shiina T.: Life cycle inventory analysis of fresh tomato distribution systems in Japan considering the quality aspect. Journal of Food Engineering 86, 225-233.
- Sauer (2012) Sauer H. Landwirtschaftliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg. Mündliche Mitteilungen, Januar 2012.
- SLfULG (2004) Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Gartenbau (SLfULG): Gewächshautomaten – Hinweise zum umweltgerechten Anbau. Managementunterlage.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Agrarstrukturen in Deutschland: Einheit in Vielfalt. Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2012) Gemüseernte in Baden-Württemberg 2011. Statistische Berichte Baden-Württemberg – Agrarwirtschaft. Stuttgart, 2012.
- TheConsumerView (2011) Das Wegwerfen von Lebensmitteln – Einstellungen und Verhaltensmuster. Quantitative Studie in deutschen Privathaushalten. Ergebnisse Deutschland. Save Food Studie für Cofresco Frischhalteprodukte Europa.
- Theurl (2008) Theurl M.C.: CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Social Ecology Working Paper 110. Wien.
- Williams et al. (2006) Williams A.G., Audsley E., Sandars D.L.: Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205. Bedford: Cranfield University and Defra.

9 Anhang

9.1 Zentrale Merkmale der Lebenswege

Tab. 9-1 Tomaten aus Baden-Württemberg (grün hinterlegt: Anbaubetrieb, blau hinterlegt: Vertrieb; violett hinterlegt: Einkauf)

	Beheizter Anbau (Glashaus)	Unbeheizter Anbau (Folientunnel)
Ertrag	20-55 kg/m ² , je nach Sorte	20 kg
Substrat	Steinwolle	Erdkultur
Anlieferung Jungpflanzen	Überregional, 500 km Transportentfernung	
Stickstoff-Düngung	Stickstoffbedarf entsprechend Ertrag und Sorte Dünger über Nährlösung	Stickstoffbedarf entsprechend Ertrag und Sorte Bodendüngung
Pflanzenschutz	In Ausnahmefällen Fungizide, keine Insektizide (Nützlingseinsatz)	Fungizideinsatz: ca. 6 Anwendungen. In Ausnahmefällen Insektizide (in der Regel Nützlingseinsatz gegen Schadinsekten ausreichend)
CO ₂ -Düngung	Bei Heizung mit Erdgas: Verwendung der aufbereiteten Abgase als CO ₂ -Dünger. Bei anderen Brennstoffen: Einsatz von technischem CO ₂ zur Düngung.	keine CO ₂ -Düngung
Strom	Standard und „Worst case“: Netzstrom. „Best case“: BHKW (Erdgas oder Biomasse)	Standard und „Worst case“: Netzstrom. „Best case“: BHKW (Erdgas oder Biomasse)
Wärme	Witterungsabh., Beheizung auf ca. 18°C. Standard: Erdgas-Kessel „Worst case“: Heizöl-Kessel „Best case“: BHKW (Erdgas oder Biomasse)	Kein Wärmebedarf
Transport zu Großhandel	Regional: 20 – 200 km	
Transport zu Einzelhandel	200 km, LKW 40 t	
Strom Markt	Stark schwankend je nach verwendeter Kühltechnik, Isolation etc.: bis zu 0,3 kWh/kg Ware	
Einkauf	Standard: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 20 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Worst case“: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 1 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Best case“: Einkauf zu Fuß oder mit dem Fahrrad	

Tab. 9-2 Eissalat (grün hinterlegt: Anbaubetrieb, blau hinterlegt: Vertrieb; violett hinterlegt: Einkauf)

Eissalat aus Baden-Württemberg	
Ertrag	35.000 – 55.000 Köpfe je Satz 1,8 – 2 Sätze je Hektar Anbaufläche 0,6 kg / Kopf
Anlieferung Jungpflanzen	Regional: 100 – 200 km
Stickstoffdüngung	Stickstoff: 30 – 150 kg/ha
Pflanzenschutz: Ausgebrachte Menge PSM	0,5 – 0,8 g/Salatkopf
Vliesmaterial	Bei Frühjahrs-Salat: 17g/m ² Kunststoffvlies
Diesel	70 – 350 L/ha je nach Anbauverfahren
Strom	Netzstrom, hauptsächlich für Verpackung und Kühlung
Verpackung	Flowpack-Folie, Kunststoffmehrwegsteigen bzw. Kartonsteigen
Transport zu Großhandel	Regional: 20 – 200 km
Transport zu Einzelhandel	200 km, LKW 40 t
Strom Markt	Stark schwankend je nach verwendeter Kühltechnik, Isolation etc.: bis zu 0,3 kWh/kg Ware
Einkauf	Standard: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 20 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Worst-case“: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 1 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Best case“: Einkauf zu Fuß oder mit dem Fahrrad

Tab. 9-3 Weißkohl (grün hinterlegt: Anbaubetrieb, blau hinterlegt: Vertrieb; violett hinterlegt: Einkauf)

Weißkohl aus Baden-Württemberg	
Ertrag	32.000 – 35.000 Köpfe je Satz 1,6 – 2,5 kg / Kopf
Anlieferung Jungpflanzen	Lokal, 20 km
Düngung	Stickstoff: 200 – 250 kg/ha (entspricht 6-8 g / Kopf) Phosphor: 30 - 50 kg/ha (entspricht ca. 0,9 – 1,5 g / Kopf) Kalium: 115 - 330 kg/ha (entspricht ca. 3 - 11 g / Kopf)
Pflanzenschutz: Ausgebrachte Menge PSM	0,04 – 0,08 g/Kopf
Vliesmaterial	Bei Frühkohl: 17g/m ² Kunststoffvlies
Diesel	75 – 275 L/ha je nach Anbauverfahren
Strom Gemüsebaubetrieb	Netzstrom, hauptsächlich für Verpackung und Kühlung
Verpackungen	10 kg in PE-Sack und Holzkisten oder lose in Kunststoffsteigen bzw. Kartonsteigen
Transport zu Großhandel	Regional: 20 – 200 km
Transport zu Einzelhandel	200 km, LKW 40 t
Strom Markt	Stark schwankend je nach verwendeter Kühltechnik, Isolation etc.: bis zu 0,3 kWh/kg Ware
Einkauf	Standard: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 20 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Worst-case“: Einkauf mit PKW (Kleinwagen) 1 kg Waren (Wocheneinkauf), Fahrstrecke 5 km; „Best case“: Einkauf zu Fuß oder mit dem Fahrrad

9.2 Erläuterungen: CO₂-Rechner für die Ernährung

Bei den Politikempfehlungen in Kapitel 7 wurde vorgeschlagen, einen CO₂-Rechner für die Ernährung zu erstellen, der später zu einem Umwelt- und Ressourcenrechner ausgebaut werden könnte. Zum besseren Verständnis werden im Folgenden einige kurze Hinweise gegeben, wie ein solcher CO₂-Rechner aussehen könnte.

Der Rechner könnte im Hinblick auf die Gestaltung an den vom IFEU erstellen Bürgerrechner anknüpfen, der z.B. über die Homepage des Umweltbundesamtes aufgerufen werden kann. Dieser Rechner verfügt bereits über eine Kategorie „Ernährung“, die jedoch nur eine begrenzte Differenzierungstiefe aufweist (**Abb. 9-1**). Ein eigener Ernährungsrechner könnte deutlich umfangreicher gestaltet sein. Dadurch wird dem Nutzer ermöglicht, ein genaueres Bild der Umweltlasten seiner Ernährung zu erhalten. Der Rechner könnte z.B. verwendet werden, um die CO₂-Bilanz der Ernährung an einem Tag oder in einer Woche abzubilden.

Zusätzlich könnte der Ernährungsrechner mit Empfehlungen der DGE zur gesunden Ernährung verbunden werden (**Abb. 9-2**). Damit können Synergien zwischen gesunder und umweltfreundlicher Ernährung aufgezeigt werden. Solche Synergien bestehen insbesondere im

reduzierten Fleischkonsum und einem hohen Anteil pflanzlicher und frischer Produkte. Ein Ernährungsrechner kann Hinweise geben, welche Produkte eher mehr oder eher weniger konsumiert werden sollten und wie die Produkte aus Umweltschutzsicht am besten bezogen werden sollten. Ein Ernährungsrechner könnte in Zusammenarbeit mit Ernährungsexperten erstellt und beispielsweise in der Bildungsarbeit eingesetzt werden.

Für eine genauere Spezifizierung des Rechners ist es erforderlich, zunächst den Anwenderkreis und den gewünschten Umfang des Rechners festzulegen. Dazu z.B. die folgenden Varianten denkbar:

Variante 1 („kleine Lösung“): CO₂- bzw. Umwelt- und Ressourcenrechner für Gemüse- ring und vergleichbare Unternehmen

Der Rechner beschränkt sich auf Gemüse, eventuell auch auf nur auf die hier betrachteten Gemüsearten. Über die Homepage des Gemüse rings könnte der Rechner der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Der Rechner könnte modular aufgebaut werden:

- Basismodul: Entwicklung eines CO₂-Rechners
- Erweiterungsmodul I: Erweiterung zu einem Umwelt- und Ressourcenrechner durch Integration weiterer Umweltwirkungskategorien

Variante 2 („große Lösung“): CO₂-Rechner für die Verbraucherinformation und Bildung

Der Rechner richtet sich an die Allgemeinheit und wird einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, z. B. auf der Homepage des MLR und weiteren stark frequentierten Seiten. Der Rechner umfasst alle wichtigen Arten von Lebensmitteln (Obst und Gemüse, Milchprodukte, Fleisch, Backwaren etc.). Dazu ist neben dem Rückgriff auf Literaturdaten eventuell auch die Bilanzierung weiterer Produkte erforderlich. Der Rechner könnte modular aufgebaut werden:

- Basismodul: Entwicklung eines CO₂-Rechners. Dabei können Synergieeffekte mit dem bereits vom IFEU entwickelten Bürgerrechner genutzt werden. Dieser enthält bereits eine Kategorie „Ernährung“, die deutlich erweitert werden kann (Abb. 9-1).
- Erweiterungsmodul I: Ausbau zum Umwelt- und Ressourcenrechner durch Integration weiterer Umweltwirkungskategorien. Dies ist wichtig, um dem Verbraucher ein differenzierteres Bild der Umweltwirkungen der Ernährung zu ermöglichen: Die aus Klimaschutzsicht günstigsten Lebensmittel sind nicht notwendig auch in anderen Umweltwirkungskategorien vorteilhaft.
- Erweiterungsmodul II: Einbeziehung von Gesundheitsaspekten. Dabei würden Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung integriert (z. B. die „Ernährungspyramide“, **Abb. 9-2**). Auf diese Weise können Synergien zwischen gesunder und umweltfreundlicher Ernährung aufgezeigt werden. Die Kombination von Gesundheits- und Umweltschutzaspekten kann die Handlungsmotivation stärken und insgesamt zu einer nachhaltigen Ernährung beitragen.

Die beiden Erweiterungsmodulare können unabhängig voneinander mit dem Basismodul kombiniert werden.

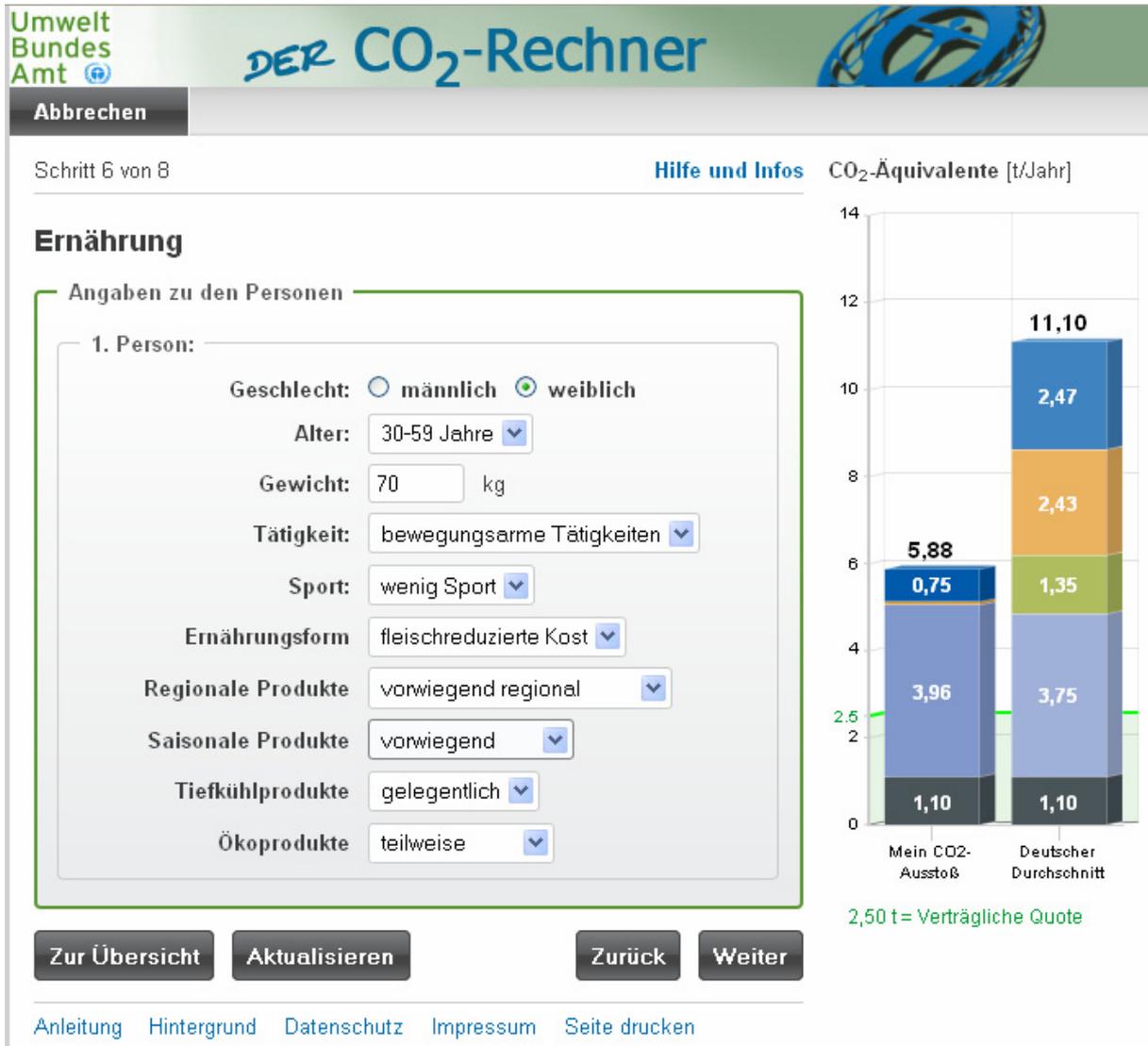


Abb. 9-1 Der CO₂-Bürgerrechner: Rubrik Ernährung. Hier: Eingebunden in die Homepage des Umweltbundesamtes als Beispiel für eine häufig frequentierte Seite. Quelle: IFEU 2011.

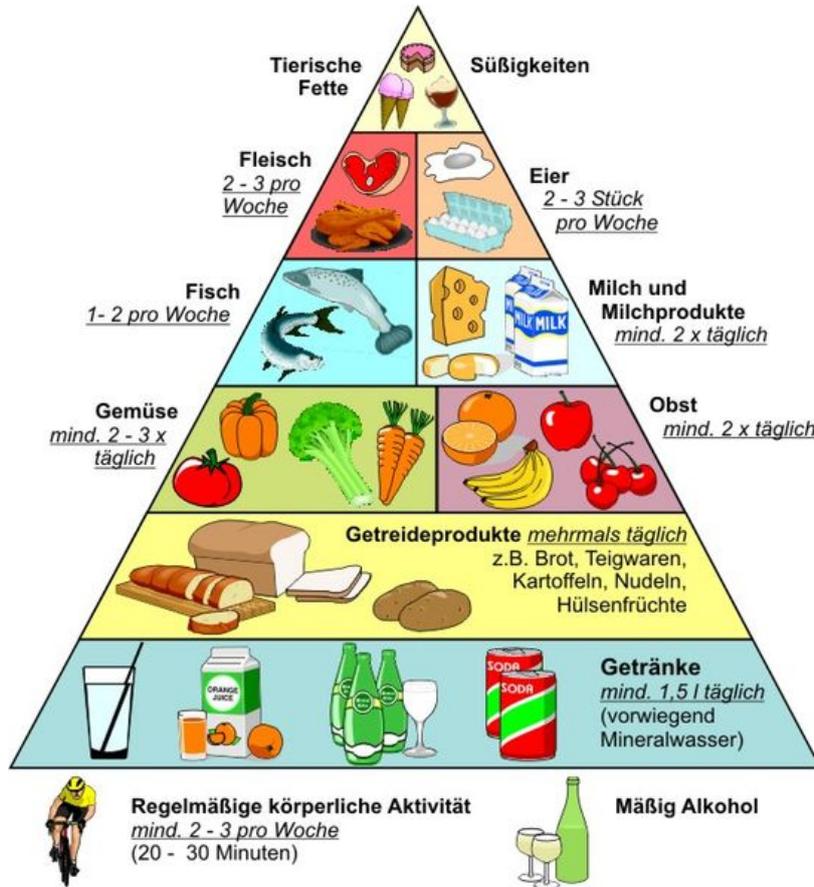


Abb. 9-2 Ernährungspyramide (in Anlehnung an die Empfehlungen der DGE 2005).

Abkürzungsverzeichnis

Äquiv.	Äquivalente
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
CH ₄	Methan. Klimawirksames Gas, das vom Menschen freigesetzt wird.
C ₂ H ₄	Ethen. Ungesättigter Kohlenwasserstoff, der zur Bildung von Sommersmog beiträgt.
CO ₂	Kohlenstoffdioxid. Klimawirksames Gas, das vom Menschen freigesetzt wird.
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DüV	Düngeverordnung der Bundesrepublik Deutschland
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Kurztitel: Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EPS	Europool-System
ETW	Einwohnerwert
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GEMIS	Global Emission Model for Integrated Systems
LEL	Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume
LKW	Lastkraftwagen
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz in Baden-Württemberg
MLR	Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz
N ₂ O	Lachgas (Distickstoffoxid). Klimawirksames Gas, das vom Menschen freigesetzt wird.
PCF	Product Carbon Footprint
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PKW	Personenkraftwagen
PO ₄	Ammoniumphosphat. Nährstoff, der über atmosphärische Deposition zur Eutrophierung der Böden natürlicher Ökosysteme beiträgt.
R11	Fluorchlorkohlenwasserstoff, der zum Ozonabbau in der Stratosphäre beiträgt.
SLfULG	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Gartenbau
SO ₂	Schwefeldioxid. Säure bildender Luftschadstoff, der zur Versauerung beiträgt.