

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Fachgebiet für Agrarmarktanalyse und Agrarmarketing

Den Konsumenten im Fokus: Eine verbraucherorientierte Analyse des Product

Carbon Footprints entlang der Wertschöpfungskette von Spargel.

Dipl.-Ing. (FH) Paul Lampert

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften (Dr. rer. pol.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Martin Moog

Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. Klaus Menrad

2. Univ.-Prof. Luisa Menapace, Ph.D.

Die Dissertation wurde am 17.03.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften am 15.08.2016 angenommen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die mich auf diesem Weg unterstützt haben. Auf akademischer Seite allen voran bei meinem Doktorvater, Klaus Menrad, der es verstand, mich über die gemeinsamen Jahre immer bestmöglich zu fördern, zu beraten und zu motivieren. Darüber hinaus sorgt er immer für ein angenehmes und persönliches Miteinander und setzt sich in ganz besonderer Weise für seine Mitarbeiter ein. Dafür gebührt ihm ein besonderer Dank. Überdies möchte ich Luisa Menapace für die Zweitbegutachtung und Martin Moog für den Vorsitz der Prüfungskommission danken.

Auf privater Seite möchte ich meiner Familie, allen voran meiner Frau Kerstin, ganz herzlich danken. Sie gibt mir tagtäglich die Unterstützung, dieses (und weitere) Projekte zu verwirklichen und steht immer an meiner Seite. Vielen lieben Dank! Meine Eltern haben mir diesen Weg ermöglicht, in dem sie mir die Freiheiten gegeben haben, mich zu entfalten. Ich sehe dies als Privileg an und möchte auch hier meinen tiefen Dank aussprechen, genauso wie meinen Schwestern Regina und Stephanie. Ebenso sind meine Großeltern seit Kindesbeinen für mich da, auch hierfür ein großes Dankeschön.

Vielen weiteren Menschen gebührt Dank, insbesondere aus dem Kollegenkreis. Stellvertretend seien Thomas Decker, Agnes Emberger-Klein und Andreas Lemmerer genannt. Unser Sekretariat mit Dorothea Rönsch und Corinna Braun organisieren den Lehrstuhlbetrieb im Sinne der Mitarbeiter, was zum guten Klima beiträgt und man sich auf seine Kernaufgaben konzentrieren kann, vielen Dank! Euch allen ist diese Arbeit gewidmet. Vergelt's Gott!

Zusammenfassung

Diese Dissertation beschäftigt sich mit einer verbraucherorientierten Analyse des Product Carbon Footprints (PCF) entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Spargel. Dabei werden sowohl die Determinanten des PCFs auf Verbraucherseite bei Kauf und Verwendung von Spargel, als auch die Relevanz solcher Informationen auf die Kaufentscheidung von Konsumenten erforscht.

Die Ergebnisse dieser Dissertation sind in vier wissenschaftlichen Publikationen unterteilt. In der ersten Publikation wird der generelle Verbrauchereinfluss auf die Berechnung des PCFs aufgezeigt, der je nach betrachtetem Szenario und Produktionssystem bei Spargel und anderen Gartenbauprodukten die dominierende Quelle von Emissionen entlang der Wertschöpfungskette sein kann. In der zweiten Publikation werden verschiedene Distributionswege für Obst/Gemüse am Beispiel Spargel hinsichtlich des Ausstoßes von Klimagasen untersucht. Für die jeweilige Einkaufsstätte wird dabei der PCF separat berechnet und der Konsumenteneinfluss, der vor allem durch die Einkaufsfahrt bestimmt wird, quantifiziert. Hierbei zeigt sich, dass ein Verkaufsstand in Summe die wenigsten Emissionen beim Kauf von Spargel hervorruft, die Vermarktung über einen Hofladen durch die dadurch verursachte lange Einkaufsfahrt der Konsumenten unter Klimaschutzaspekten negativ zu beurteilen ist. Um die aus der Literatur abgeleiteten Einflüsse von Einstellungen, technischen Komponenten und soziodemographischen Parametern während der Verwendungsphase korrekt untersuchen zu können, wird in der dritten Publikation erstmalig ein Kausalmodell entwickelt, um die Höhe des Einflusses dieser Faktoren zu bestimmen. Neben dem Alter der Küchengeräte als technische Komponente zeigen sich auch positive Einflüsse von Einstellungen der Konsumenten zu Umweltfragen oder der Gesundheitsorientierung auf die Höhe des PCF. Die vierte Publikation untersucht, anhand der Daten eines Information-Display-Matrix (IDM) – Experimentes, die Relevanz von Informationen zum PCF für die Kaufentscheidung. Dabei ist festzustellen, dass diese Informationen bisher nur für eine kleine Gruppe von Konsumenten Einfluss auf die Kaufentscheidung haben und bei der Mehrzahl der Konsumenten andere Informationen wie die Herkunft des Spargels Schlüsselfunktionen bei diesem Prozess übernehmen.

Die Ergebnisse dieser Dissertation liefern wertvolle Hinweise auf die grundsätzliche Bedeutung des Konsumenteneinflusses bei einer PCF-Berechnung, sowie insbesondere auf dessen determinierende Faktoren, die in früheren Untersuchungen so noch nicht im Fokus standen. Die Erkenntnisse zur Bedeutung von Informationen zum PCF bei der Kaufentscheidung bieten eine Basis für weitere Untersuchungen, um daraus in der Folge eine entsprechende Kommunikationsstrategie entwickeln zu können.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Zusammenfassung.....	II
Inhaltsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis	IV
1. Einleitung.....	1
1.1 Forschungsfragen und Forschungsziele.....	4
1.2 Aufbau der Dissertation	6
2. Bezugsrahmen und Methoden	7
2.1 Panelerhebung	7
2.2 Product Carbon Footprint.....	9
2.2.1 <i>Definition des Product Carbon Footprint</i>	9
2.2.2 <i>Vorgehensweise bei der PCF-Berechnung</i>	10
2.2.3 <i>Funktionelle Einheit</i>	13
2.2.4 <i>Bilanzgrenzen</i>	13
2.2.5 <i>Allokation</i>	13
2.3 Strukturgleichungsmodellierung mit dem PLS-Algorithmus	14
2.3.1 <i>Hypothesen- und Modellbildung</i>	18
2.3.2 <i>Konzeptualisierung der Konstrukte</i>	20
2.3.3 <i>Konstrukt Operationalisierung</i>	20
2.3.4 <i>Gütekriterien für die latenten Variablen und das Gesamtmodell</i>	21
2.3.5 <i>Schätzung des Modells</i>	26
2.4 Information-Display-Matrix.....	27
3. Veröffentlichungen.....	30
3.1 Carbon footprints of the horticultural products strawberries, asparagus, roses and orchids in Germany	30
3.2 Distributing asparagus: A climate perspective considering producer and consumer aspects.	32
3.3 The Carbon-Conscious Consumer? A causal model for the product carbon footprint of asparagus at the consumer stage.....	34
3.4 Consumer perceptions of carbon footprint information on vegetables in Germany	36
4. Diskussion	38
5. Schlussfolgerungen.....	48

6.	Literaturverzeichnis	51
----	----------------------------	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gütebeurteilung reflektiver Modelle

Tabelle 2: Gütekriterien der formativen Konstrukte

Tabelle 3: Gütebeurteilung des Strukturmodells

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einordnung der Untersuchung in die Wertschöpfungskette Spargel

Abbildung 2: PLS-Modell

Abbildung 2: Differenzierung von formativen und reflektiven Konstrukten

Abbildung 3: Kausalmodell zur Verwendungsphase von Spargel beim Verbraucher

Abbildung 4: Differenzierung von formativen und reflektiven Konstrukten

Abbildung 5: Die IDM aus Probandensicht

Abkürzungsverzeichnis

CO _{2e}	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
IDM	Information-Display-Matrix
PAS 2050	Public Available Specification
PCF	Product Carbon Footprint
PCR	Product Category Rule
PLS	Partial-Least-Square
SGM	Strukturgleichungsmodell

1. Einleitung

Um den Klimawandel aufzuhalten sind "tiefe Einschnitte bei den weltweiten Treibhausgasemissionen erforderlich, einhergehend mit einer Dekarbonisierung der Weltwirtschaft im Laufe des Jahrhunderts", so die G7-Staaten in ihrer Abschlusserklärung beim Gipfel 2015 auf Schloss Elmau (Bundesregierung, 2015a). Dieses Bekenntnis zum Klimaschutz wurde als eines der wenigen greifbaren Ergebnisse dieses Gipfels, sogar von Umweltschutzorganisationen, gefeiert. Doch nicht nur die G7-Staaten setzten ein Signal zum Klimaschutz im Jahr 2015: die Beschlüsse des Klimagipfels von Paris wurden weltweit als Durchbruch gegen den durch den Menschen verursachten Temperaturanstieg gefeiert. 190 Staaten haben sich darauf geeinigt, die Erderwärmung deutlich unter 2° C zu begrenzen und 1,5° C als neue Zielgröße im Klimavertrag zu fixieren (Bundesregierung, 2015b). Ein Handeln ist auch zwingend erforderlich, denn so stark wie vom Jahr 2012 auf das Jahr 2013 ist der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre seit 1984 nicht gestiegen. Der Gehalt der klimaschädlichen Gase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) ist dadurch auf die bisher höchste je gemessene Konzentration in der Atmosphäre gestiegen (World Meteorological Organization, 2014).

Aber nicht nur Industrie und Handel nehmen mit der teils energieintensiven Produktion von Gütern und Dienstleistungen großen Einfluss auf den CO₂-Ausstoss. An der Menge von ca. 11 t CO_{2e}, die jeder Bundesbürger im Jahr emittiert, nimmt der Konsum von Lebensmitteln 1,65 t CO_{2e} ein, Emissionen durch privat verursachten Verkehr summieren sich zu 2,52 t CO_{2e} und der private Konsum von z.B. Textilien, Möbeln, Schmuck oder Dienstleistungen beträgt sogar 2,75 t CO_{2e} (Schächtele und Hertle, 2007). Durch diese Zahlen wird bereits deutlich, dass der Verbraucher signifikanten Einfluss auf die Höhe der emittierten Klimagase hat und daher diese auch beeinflussen kann. Dieser Einfluss kann in zwei Richtungen gehen: Zum einen durch den gezielten *Konsum* von Produkten, die klimaschonend produziert worden sind und zum anderen auch durch das *Verhalten* des Verbrauchers, das den Kauf und die Verwendung von Produkten und Dienstleistungen begleitet.

Eine Möglichkeit, Emissionen zu verringern, ist also der Konsum von Produkten, die in der Produktionsphase möglichst wenig klimaschädliche Gase verursacht haben. Dies wird in der Regel im Falle von Lebensmitteln einheimischen bzw. regional erzeugten Produkten unterstellt, obwohl dies nicht immer Gültigkeit besitzt (Blanke, 2012). Die sogenannten „Food Miles“ waren der erste Ansatz über das in Produkten einverlebte klimaschädliche Potenzial nachzudenken. Dieses Konzept wurde 1994 erstmals im „The Food Miles Report - the dangers of long-distance food transport“ (Paxton, 1994) einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt und implizierte somit, dass der weite Transport von Lebensmitteln grundsätzlich klimaschädlicher ist als lokale Produktion. Dass dieses Konzept zu kurz gegriffen war, zeigte sich in den folgenden Jahren, als man begann, produktbezogene Klimabilanzen, sog. Product Carbon Footprints (PCF), zu errechnen. So ist der Anteil der Emissionen, die durch den Transport auf Produktions- und Großhandelsebene entstehen (je nach genutztem Transportmedium), oftmals nur im Bereich von einem Zehntel (Weber und Matthews, 2008) und importierte Produkte dadurch nicht per se schlechter in der Klimabilanz als im Inland produzierte Lebensmittel (Reinhardt *et al.*, 2009).

Bisher wurde eine Kennzeichnung mit Informationen zum PCF auf Lebensmitteln in Deutschland von Experten, Industrie und Handel sowie der Politik weitestgehend abgelehnt (Quack *et al.*, 2010), u.a. aufgrund methodischer Unsicherheiten durch (noch immer) unzureichende Harmonisierung (Schlich, 2011) und der hohen Variabilität des PCF, die z.B. durch unterschiedliche Produktionsmethoden, je nach Jahreszeit, entstehen kann. Diese Ablehnung geschah jedoch ohne den Einfluss oder die Meinung des Verbrauchers - durch entsprechende Untersuchungen gestützt - einzubeziehen. Weltweit gesehen sind nämlich Informationen zum PCF und anderen Umweltkategorien auf Produkten durchaus in zunehmender Verbreitung, wie Beispiele aus Schweden oder Frankreich zeigen, wo eine Kennzeichnungspflicht für Produkte von Herstellern ab einer gewissen Größe mittlerweile gesetzlich verankert ist (Vergez, 2012). Allerdings gibt es bisher wenige Erkenntnisse darüber, inwieweit Verbraucher in Deutschland Informationen zum Carbon Footprint auf

Lebensmitteln bzw. speziell bei Gemüse wahrnehmen und in die Kaufentscheidung miteinbeziehen, so wie es z.B. durch Hartikainen (2014) für Finnland untersucht wurde.

Jedoch verfolgte man in den frühen Studien der Carbon Footprint Berechnung und auch in der Folge oftmals lediglich einen cradle-to-gate-Ansatz, d.h. eine Quantifizierung der Emissionen, die ab Verlassen des Werkstores des Produktes durch den Handel und insbesondere dem Verbraucher bei der ‚last dirty mile‘ entstehen, erfolgte nicht. Im Bereich von gartenbaulichen Produkten seien für eine Bilanzgrenze „bis Werkstor“ beispielhaft die Studien von Ressourcen Management Agentur (2011) für Tomaten, Kendall und McPherson (2012) für Baumschulprodukte, Luske (2010) für Bananen oder Blanke (2012) für Äpfel genannt. In den Studien des PCF Pilotprojektes Deutschland (Priess, 2009) erfolgte eine Verbraucherbetrachtung in breiterem Maße, allerdings auf Sekundärdaten und Szenarien beruhend. Nur wenige Studien nutzten für Deutschland bereits Primärdaten zur Berechnung der Emissionen auf Verbraucherebene, wie Sima *et al.* (2012) bzw. Mohr (2013) für die Einkaufsfahrt beim Lebensmitteleinkauf oder Deinert und Pape (2011) für das Einkaufs- und Verwendungsverhalten bei Brot. In diesen Untersuchungen zeigte sich, dass der Verbraucher durch sein Handeln deutlichen Einfluss auf die Gesamtbilanz des PCF nehmen kann. So kann der Verbrauchereinfluss sogar (je nach Szenario) die Emissionen aus der Produktion um ein Vielfaches übersteigen (z.B. Dierks, 2008 oder Bergmann, 2009). Somit kann das Verbraucherverhalten bei Kauf- und Verwendung eines Produktes einen entscheidenden Hebel darstellen, klimabezogene Emissionen zu vermindern. Allerdings ist bislang noch wenig über den tatsächlichen Verbrauchereinfluss (auf Basis von Primärdaten) beim Kauf- und Verwendungsprozess auf die gesamte Klimabilanz von Lebensmitteln bekannt.

Im Bereich der Lebensmittel stellen Obst und Gemüse ein bedeutendes Sortiment im Lebensmitteleinzelhandel dar. Im Jahr 2011 lag die Einkaufsmenge von privaten Haushalten bei rund 6,8 Mio. t (Handels Magazin, 2012), was einem Umsatz auf Einzelhandelsebene von rund 2,5 Mrd. Euro in Deutschland entspricht (Statista, 2015). Der Warengruppe Obst und Gemüse ist daher eine große Bedeutung im Sortiment des Lebensmitteleinzelhandels beizumessen. Allerdings verursachen

diese Produkte in der Landwirtschaftlichen Produktion auch einen nicht unerheblichen Teil an Treibhausgasemissionen. Deutschlandweit emittiert die Landwirtschaft rund 69,6 Mio. t CO_{2e}, was rund 7 % der gesamten Emissionen darstellt. Damit war dieser Wirtschaftssektor der zweitgrößte Emittent von Klimagasen Deutschlandweit (Umweltbundesamt, 2014). Analog verhält es sich weltweit, wo die Landwirtschaft sogar mit rund 11 % der gesamten Emissionen als ebenfalls zweitgrößter Verursacher von klimaschädlichen Gasen gilt (WRI, 2012). Daher scheint es angebracht, Verbraucherreaktionen bei Produkten aus diesem Wirtschaftssektor hinsichtlich ihrer Klimawirkung zu untersuchen. Als Beispielprodukt für diese Untersuchung wurde Spargel gewählt, da dieser neben der großen Marktbedeutung und einem hohen Selbstversorgungsgrad von 83 % (Behr, 2012) eine für das Untersuchungsziel entsprechende Wertschöpfungskette mit unterschiedlichen Vermarktungswegen sowie eine ausgeprägte Konsumentenphase besitzt.

Der direkte Absatz vom inländischen Erzeuger an die Konsumenten (also unter Umgehung eines Handelsunternehmens) gilt unter vielen Gesichtspunkten als nachhaltige Form der Vermarktung von frischen Lebensmitteln, da dafür keine lange und aufwändige Supply-Chain installiert werden muss und die Wege zum Konsumenten kurz erscheinen. Unter Klimagesichtspunkten scheint dies auf den ersten Blick ebenfalls sinnvoll, jedoch muss auch hier die Verbraucherphase für eine ganzheitliche Bewertung miteinbezogen werden. Bislang gibt es allerdings kaum Erkenntnisse darüber, inwieweit der Verbraucher durch sein Verhalten die Vorteilhaftigkeit verschiedener Vermarktungswege frischer Lebensmittel unter Klimagesichtspunkten beeinflusst.

1.1 Forschungsfragen und Forschungsziele

Die oben aufgeführten Verhaltensoptionen von Verbrauchern zur Verminderung des PCF sind der Ausgangspunkt für die Analyse und den inhaltlichen Fokus in der vorliegenden Arbeit. Um diese korrekt in den Kontext einer cradle-to-grave-Betrachtung einer PCF-Berechnung zu stellen, ist es allerdings notwendig, die gesamte Wertschöpfungskette (Produktion – Vermarktung – Verbraucher) mit einzubeziehen. Daher beginnt diese Dissertation mit einer Gesamtbetrachtung zum PCF von verschiedenen Produkten aus dem Gartenbau und der Lebensmittelproduktion mit besonderem

Fokus auf dem gewählten Beispielprodukt und dessen Anbau. Aufbauend auf diese Gesamtbetrachtung analysiert ein weiterer Teil der Dissertation danach den Einfluss des Verbrauchers auf die Vorzüglichkeit verschiedener Vermarktungsformen von Spargel im Hinblick auf ihre Klimafreundlichkeit.

Die aufgezeigten Wissenslücken im Erfassen der tatsächlichen klimabezogenen Emissionen auf Konsumentenseite und der durch Szenarien (bereits vermutete) hohe Einfluss des Verbrauchers auf die gesamte Klimabilanz, unterstreichen die Notwendigkeit der Forschung auf Basis von Primärdaten in diesem Bereich. Ein übergeordnetes Ziel dieser Dissertation ist es daher, den Einfluss des Verbrauchers auf den Product Carbon Footprint zu quantifizieren und das diesen Emissionen zugrunde liegende Verhalten besser zu verstehen. Dafür ist es notwendig, das Zusammenwirken verschiedener Einflussfaktoren auf das klimarelevante Verbraucherverhalten systematisch zu analysieren. Daher besteht ein weiterer Teil dieser Arbeit darin, ein Modell für dieses Verbraucherverhalten zu entwickeln, das einerseits die technische Ausstattung der Haushalte berücksichtigt, andererseits durch den Einbezug von Einstellungen und soziodemographischen Faktoren die Verbraucher näher charakterisiert. Die Arbeit wird abgerundet durch eine Untersuchung der Verbraucherwahrnehmung und –bewertung der Kommunikation von produktbezogenen CO₂-Informationen.

Wird eine vollständige Betrachtung des PCF entlang der gesamte Wertschöpfungskette angestrebt, so zeigen sich, vor allem im Bereich der Konsumentenphase, enorme Wissenslücken, die bisher auf empirischer Basis noch wenig gefüllt wurden. Um diese teilweise zu reduzieren, sollen die folgenden Forschungsfragen in der vorliegenden Dissertation untersucht werden.

1. Welchen Einfluss auf die Höhe des PCF hat der Verbraucher durch sein Verhalten bei Einkauf und Verwendung am Beispiel Spargel?

2. Welche Determinanten bestimmen die Höhe des PCFs in der Verwendungsphase bei Spargel?

3. Welche Relevanz haben Informationen zum PCF für die Kaufentscheidung von Konsumenten bei Spargel?

1.2 Aufbau der Dissertation

Aufbauend auf die Einleitung folgen vier weitere Kapitel im Rahmen dieser Arbeit sowie ein Literaturverzeichnis. Im nächsten Kapitel werden zunächst der Forschungsrahmen für die nachfolgenden Untersuchungen und die methodischen Grundlagen zur Berechnung sowie Hintergründe des Product Carbon Footprint als eine der zentralen Arbeitsgrößen erläutert. In einem weiteren Teil dieses Kapitels werden die methodischen Hintergründe zum entwickelten Kausalmodell, insbesondere dem angewandten Strukturgleichungsmodell, ausgearbeitet. Als letzten Teil im 2. Kapitel wird auf die Information-Display-Matrix (IDM) gesondert eingegangen, da diese als primäre Erhebungsmethodik bei der Klärung der Frage der Kaufentscheidung von Produkten mit Informationen zu PCF zum Einsatz kam. Anschließend sind in Kapitel 3 die in den Veröffentlichungen beinhaltenen Ergebnisse in einer jeweils kurzen Zusammenfassung dargestellt. Es folgen danach zwei weitere Kapitel zur Diskussion der Ergebnisse mit Hinweisen zu weiterem Forschungsbedarf sowie finale Schlussfolgerungen der Arbeit.

2. Bezugsrahmen und Methoden

Im Rahmen der Arbeit werden alle Phasen entlang der Wertschöpfungskette von Spargel, mit besonderem Fokus auf durch den Verbraucher stark beeinflusste Abschnitte, abgebildet (siehe Abbildung 1).

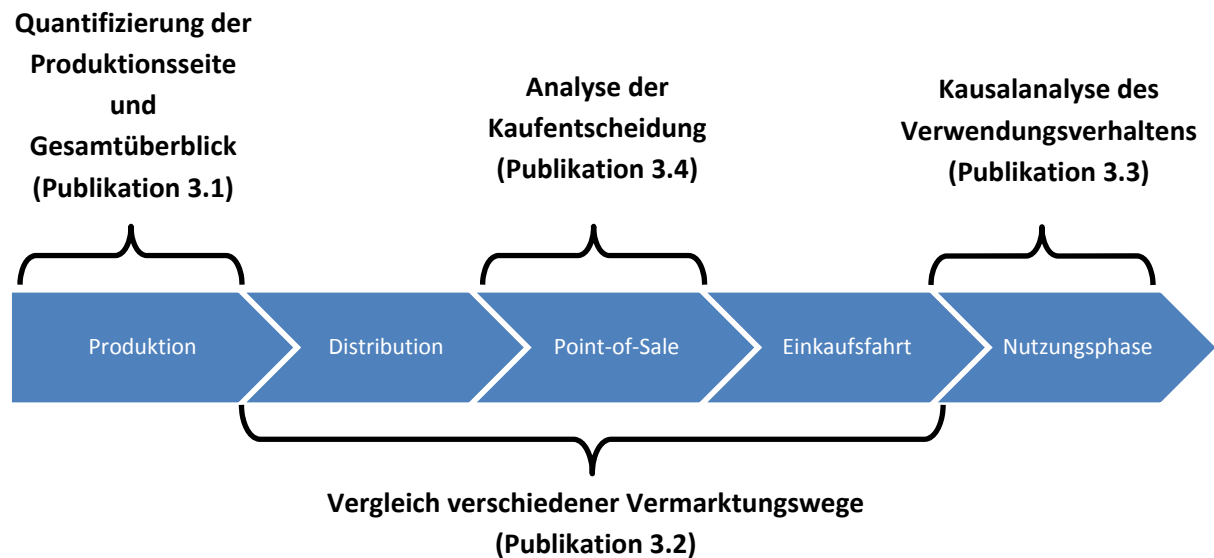


Abbildung 1: Einordnung der Untersuchung in die Wertschöpfungskette Spargel

Dafür waren verschiedene methodische Ansätze von Nöten, um die übergeordneten Untersuchungsziele zu erreichen und die Forschungsfragen zu beantworten.

2.1 Panelerhebung

Eine wesentliche Größe in der vorliegenden Arbeit ist die Quantifizierung des PCF bei verschiedenen Prozessen. Dies geschah sowohl auf Produzentenseite, als auch insbesondere auf Konsumentenseite und erfüllte somit die Anforderungen einer ‚cradle-to-grave‘-Betrachtung. Als innovativer Ansatz zur Berechnung des PCF auf Konsumentenseite kann die Erhebung und Verwendung von Primärdaten in dieser Untersuchung gesehen werden. Um den Anforderungen an eine kohärente Erfassung des Verbraucherverhaltens im Sinne des Untersuchungszieles gerecht zu werden, schied eine einmalige Befragung als Erhebungsmethodik aus, da die bei einer einmaligen Befragung zu erwartenden Unsicherheiten (z.B. durch Erinnerungslücken zum Alltagsverhalten der Befragten) vermutlich einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis genommen hätten. Daher wurden die Daten mit Hilfe eines

eigens dafür aufgebauten Verbraucherpanels erhoben. Ziel des Panels war es, eine valide Datenbasis für das emissionsrelevante Verbraucherverhalten zu generieren und unterschiedliche Einflussgrößen über einen längeren Zeitraum aufzuzeichnen. Unter Panelerhebungen werden Untersuchungen verstanden, die bei einem bestimmten gleichbleibenden Kreis von Untersuchungsgegenständen in (regelmäßigen) zeitlichen Abständen wiederholt zum gleichen Untersuchungsgegenstand durchgeführt werden (Berekoven *et al.*, 2001; Weis und Steinmetz, 2008). So konnte mit diesem Instrument die Art und Variabilität im Verhalten (z.B. unterschiedliche Einkaufsfahrten oder verschiedenes Kochverhalten) aufgezeichnet werden. Die Panelerhebung hatte somit den Charakter einer Tagebuchstudie, mit dem Unterschied, dass das Tagebuch aus ausgefüllten standardisierten Fragebögen mit regelmäßiger Einsendung bestand. Methodisch ist dies ein Weg, selbstberichtetes Verhalten über einen gewissen Zeitraum möglichst valide aufzuzeichnen. Der Fragebogen war so gestaltet, dass bei den erhobenen Angaben Antworten mit sozialer Erwünschtheit soweit möglich vermieden werden konnten. Allgemein kann es alleine durch die Teilnahme an der Untersuchung und die bloße Anwesenheit des Fragebogens u.U. zu Verzerrungen der Untersuchung kommen (Paneffekt), da Probanden Gefahr laufen ihr Verhalten bewusst oder unbewusst durch die ständige (Selbst-) Kontrolle zu ändern (Meffert *et al.*, 2012). Der Aufbau des Verbraucherpanels erfolgte durch verschiedene Aktivitäten: Durch Zeitungsaufrufe, Social Media, Email-Marketing, Hinweise im Lokalradio sowie persönliche Akquise in Supermärkten, wobei sich letzteres als erfolgreichste Methode erwies. So konnten zu Beginn ca. 500 Teilnehmer geworben werden, aus denen letztlich 168 aktive Panelisten erwachsen. Ein nicht zu unterschätzendes Problem bei der Durchführung von Verbraucherpanelerhebungen ist das sog. Panelsterben (Meffert *et al.*, 2012), das ein sukzessives Ausscheiden von Teilnehmern aus der Erhebung meint. Diesem wurde mit monatlichen Motivations- und Erinnerungsschreiben entgegen gewirkt, sowie mit einer attraktiven Verlosung für alle Teilnehmer, die bis zum Schluss des Panels partizipierten. Die Laufzeit des Panels umfasste die Monate April bis Juli 2012, was kongruent zum relevanten Vermarktungszeitraum von Spargel war und eine dementsprechende Kauffrequenz des Produktes erwarten ließ. So konnten über 420 Kauf- und

Verwendungsvorgänge bei den 168 Teilnehmern über die erfassten vier Monate aufgezeichnet und die verwertbaren Daten zur Berechnung des PCF auf der Konsumentenseite herangezogen werden.

In dem Produktfragebogen wurden alle notwendigen Informationen erhoben, um den Product Carbon Footprint berechnen zu können. Vor allem drei Phasen wurden mit Hilfe dieses Erhebungsbogens erfasst: Der Einkauf am Point-of-Sale, die Einkaufsfahrt dorthin sowie die Verwendungsphase bis hin zur Entsorgung. Bei der Einkaufsfahrt wurden Daten zu Verkehrsmitteln (Auto, öffentliche Verkehrsmittel, Fahrrad, zu Fuß), die Entfernung zur Einkaufsstätte, Informationen zu kombinierten Einkaufsfahrten bzw. Umwegen, sowie zur Größe (Gewicht bzw. Bonsumme) des Warenkorbes gesammelt. Bei der Verwendungsphase wurden Informationen zur Lagerung (Dauer und Lagerort), zum Kochprozess (Methoden, Menge Spargel und Wasser, Verwendung eines Deckels) und zum Reinigungsprozess des dazu benötigten Geschirrs (Verwendung eines Geschirrspülers, Handreinigung, verbrauchte Warmwassermenge) mit Hilfe der Fragebögen erhoben.

Neben diesen Produktfragebögen, die jeweils bei einem Produktkauf ausgefüllt werden sollten, waren die Teilnehmer zu Beginn aufgerufen, Angaben zu Grunddaten des Haushaltes wie Angaben zu Energieverbrauchswerten von Haushaltsgeräten oder Kraftfahrzeugen zu machen. Weiterhin wurden soziodemographische Merkmale erhoben und eine Batterie mit anerkannten Statements zu persönlichen Einstellungen aus den Bereichen Nachhaltigkeit, Umweltbewusstsein, Bio-Lebensmittel, Regionalität und Gesundheitsbewusstsein in Bezug auf Lebensmittel abgefragt.

2.2 Product Carbon Footprint

Aus den gewonnen Paneldaten konnte dann der Product Carbon Footprint auf Verbraucherseite errechnet werden.

2.2.1 Definition des Product Carbon Footprint

Lange Zeit herrschte international Uneinigkeit darüber, wie der Product Carbon Footprint im Detail zu definieren ist. Folgende Definition gilt in der Fachwelt mittlerweile als anerkannt:

„Der Product Carbon Footprint („CO₂-Fußabdruck“) bezeichnet die Bilanz der Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts in einer definierten Anwendung und bezogen auf eine definierte Nutzeinheit.“ (Grießhammer, 2009)

Üblicherweise werden die Treibhausgasemissionen als CO₂-Äquivalente (CO_{2e}) ausgedrückt. Unter Treibhausgasen werden alle klimarelevanten Gase verstanden, für die im IPCC-Report ein Koeffizient für das Treibhauspotenzial existiert. Dies sind insbesondere Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) aber auch Schwefelhexafluorid (SF₆) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) (Blickwedel *et al*, 2010). Während der Erstellung dieser Dissertation wurde die ISO-Norm 14067 *Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication* veröffentlicht. In dieser wird der PCF folgendermaßen definiert:

„Der Carbon Footprint eines Produktes ist die Summe aus Treibhausgas-Emissionen und Treibhausgasfixierung innerhalb eines Produktsystems, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten und basierend auf einer Lebenszyklusanalyse“ (ISO, 2013).

Im Grunde zielen beide o.g. Definitionen in die gleiche Richtung, jedoch weist die ISO-Definition als Einheit explizit CO₂-Äquivalente aus. Allerdings wurde die ISO-Norm erst nach Berechnung der Werte dieser Dissertation veröffentlicht, so dass als Berechnungsgrundlage in dieser Studie der PAS 2050 zum Einsatz kam.

2.2.2 Vorgehensweise bei der PCF-Berechnung

Wie erwähnt erfolgte die Berechnung des PCF in dieser Arbeit nach den Richtlinien des PAS 2050:2011 *Specification for the assessment of the lifecycle greenhouse gas emissions from goods and services* (BSI, 2011) sowie des PAS 2050-1 *Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products* (BSI, 2012). Allerdings sieht der PAS 2050 vor, Emissionen aus der Einkaufsfahrt des Konsumenten nicht zu berücksichtigen. Es war jedoch ein zentrales Anliegen dieser Dissertation, genau diese Wissenslücken zu schließen. Daher wurde die Einkaufsfahrt des Konsumenten,

abweichend zum PAS 2050, in die Berechnung mit aufgenommen. Der jetzt veröffentlichte ISO Standard 14067 inkludiert die Einkaufsfahrt bei einer cradle-to-grave-Betrachtung ebenso.

Die allgemeinen Richtlinien des PAS 2050 wurden ergänzt durch die branchenspezifischen Vorgaben des PAS 2050-1 horticulture (BSI, 2012), der ersten branchenspezifischen Richtlinie zur Berechnung des PCF. Die Entwicklung dieses Standards ist dem komplexen System der gartenbaulichen Produktion und den damit bei der PCF-Berechnung verbundenen, immer wieder auftretenden Unsicherheiten geschuldet. Bestehende Unschärfen auf Produktionsseite wurden mit diesen branchenspezifischen Regelungen weitestgehend ausgeschaltet. Der PAS 2050-1 horticulture wurde von einem europäischen Expertengremium aus dem Bereich der PCF-Berechnung von Gartenbauprodukten unter Führung der British Standards Institution (BSI) erarbeitet und im Frühjahr 2012 veröffentlicht. Seitdem hat der Gartenbau, als die erste Branche überhaupt, einen spezifischen Standard zur Berechnung des CO₂-Fußabdruckes, der den besonderen Anforderungen der gartenbaulichen Produktion Rechnung trägt. Dabei sind diese Branchenregelungen nicht für sich alleine zu betrachten, sondern immer in Ergänzung zu den allgemeingültigen und weiter gefassten Regeln des PAS 2050. Im Unterschied dazu bringen die Branchenrichtlinien dem Bearbeiter allerdings Klarheit bei spezifischen Fragen der gartenbaulichen Produktion, wo der PAS 2050 Spielraum in der Auslegung von Bedingungen erlaubt hätte und somit eine spätere Vergleichbarkeit von Studien erschwert sein könnte.

Die Regularien zur PCF-Berechnung auf Verbraucherseite sind nicht explizit festgelegt, insbesondere die Einkaufsfahrt wird - wie erwähnt - im PAS 2050 nicht berücksichtigt. Eine Orientierung für unseren Ansatz der ganzheitlichen Bilanzierung bot auf Verbraucherseite die Vorgehensweise beim PCF Pilotprojekt im Bereich der untersuchten Lebensmittelprodukte (Priess, 2009) sowie insbesondere zur Berücksichtigung der Einkaufsfahrt die Hinweise und Erfahrungen aus Sima *et al.* (2012).

Das Ziel der Analyse war in einem ersten Schritt, den Energieverbrauch der einzelnen Phasen auszuwerten, diesen in CO₂-Emissionen mit entsprechenden Emissionsfaktoren zu konvertieren und schließlich in Bezug auf 1 kg Spargel zu setzen. Als Datengrundlage für die Emissionsfaktoren dienten die anerkannten Datenbanken EcolInvent (v2.2) (Frischknecht *et al.*, 2005), GaBi (PE International, 2013) sowie ProBas des Umweltbundesamtes (UBA, 2012).

Generell setzt sich der PCF in der Nutzungsphase von Spargel aus folgenden Teilen zusammen:

$$PCF_{\text{Einkaufsfahrt}} + PCF_{\text{Lagerung}} + PCF_{\text{Kochprozess}} + PCF_{\text{Spülprozess}}$$

Um die Emissionen aus der Einkaufsfahrt zu bestimmen, wurde das genutzte Transportmittel, die Strecke zur Einkaufsstätte, eventuell in Kauf genommenen Umwege (bei Kombination mit anderen Fahrtzielen) betrachtet und der daraus resultierende Kraftstoffverbrauch errechnet. Anschließend wurde unter Berücksichtigung der Kraftstoffart mit dem entsprechenden Emissionsfaktor und der Warenkorbgröße daraus die direkten klimarelevanten Emissionen von 1 kg Spargel errechnet. Für die anschließende Lagerung im Kühlschrank beim Konsumenten zu Hause wurde bereits im Fragebogen der Grunddaten relevante Informationen wie Energieverbrauch des Kühlschranks und der durchschnittliche Befüllungsgrad erhoben. Daraus wurden dann die Jahresemissionen des Kühlschranks anhand des deutschen Strommixes errechnet und in Beziehung zum benötigtem Volumen von 1 kg Spargel, der Größe des Kühlschranks, dem Befüllungsgrad sowie der Lagerdauer in Stunden gesetzt.

Um Emissionen beim Kochprozess zu ermitteln war es erforderlich nach verschiedenen Herd-Typen mit Hilfe der gesammelten empirischen Daten zu differenzieren. Auf Basis deren spezifischen Energieverbrauchs und der notwendigen Zeit zum Kochen von 1 l Wasser wurde für jeden Typ die benötigte Energie ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass das Wasser zunächst zum Kochen gebracht wird, dann der Spargel zugegeben und weitere 10 Minuten gekocht wird. Für die Teilnehmer, die einen Deckel zum Kochen genutzt haben, wurde eine vorsichtige Schätzung von 30% Energieeinsparung für die Kochphase (Jung, 2008) angenommen.

Zur Abbildung des Prozesses der Geschirrsäuberung wurde nach Besitz und Verwendung einer Geschirrspülmaschine im Fragebogen zu den Haushaltsdaten gefragt. Im Falle der Verwendung einer Geschirrspülmaschine waren dann zusätzliche Informationen zu sammeln, die für die PCF-Berechnung notwendig waren. Dies war vor allem das Spülprogramm der Geschirrspülmaschine, die Effizienzklasse und - wenn möglich - der Name des Geschirrspüler-Modells. Auf Basis dessen wurde ein typischer Geschirrspüler festgelegt und den einzelnen Fällen hinsichtlich der Effizienzklasse angepasst. Für diejenigen Teilnehmer, die das Geschirr händisch abgewaschen haben, wurden Informationen über die Art ihrer Warmwasserbereitung (Boiler etc.) und der Wassermenge für das benutzte Geschirr abgefragt und so die Emissionen bestimmt.

2.2.3 Funktionelle Einheit

Als funktionelle Einheit bei den Berechnungen wurde 1 kg Spargel in einer Plastiktüte verpackt zu Grunde gelegt. Dies stellt sowohl eine übliche Einkaufs- und Verbrauchsmenge für zwei Personen als auch eine häufig verwendete Verpackungsform im Lebensmitteleinzelhandel dar.

2.2.4 Bilanzgrenzen

Anspruch bei der Bilanzierung war ein cradle-to-grave-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung der Konsumentenphase. Jedoch forderten die Forschungsfragen auf Konsumentenseite engere Bilanzgrenzen zu setzen, um die spezifischen Fragestellungen im Detail beantworten zu können. So wurde für Publikation 3.2 lediglich die Distributionsphase des Produktes, jedoch unter Einbezug sowohl der Produzentenseite als auch der Konsumentenseite (insbesondere Einkaufsfahrt) berücksichtigt. Für Veröffentlichung 3.3 wurde, um das Strukturgleichungsmodell aufzustellen, ausschließlich die Verwendungsphase des Konsumenten beim Beispielproduktes Spargel als Bilanzgrenze gesetzt.

2.2.5 Allokation

Die untersuchten Prozesse entlang der Wertschöpfungskette (Erzeugung, Vermarktung und Konsum von Spargel) führten lediglich zu einem Endprodukt, Koppelprodukte traten nicht auf. Im Falle der

Entsorgung wurde eine Systemerweiterung analog zu Rööös (2013) vorgenommen, um die bei der Müllverbrennung gewonnene Energie (Elektrizität) zu berücksichtigen, in die ein Teil des Abfalles von Produzenten und Verbraucher verbracht werden. Die aus den Abfällen gewonnene Energie hilft, Emissionen zu vermeiden, die sonst aus anderen Energieträgern gewonnen werden müsste. Als Basis für die Höhe der Emissionsgutschrift wird in dieser Untersuchung der durchschnittliche deutsche Energiemix zugrunde gelegt. Im Falle der Einkaufsfahrt des Konsumenten wurde eine physikalische Allokation der klimarelevanten Emissionen nach der Größe des gekauften Warenkorbes (in kg) in Bezug auf den Anteil des gekauften Spargels vorgenommen, so wie es auch in der Ökobilanzierung nach ISO 14044 (Matschenz, 2008) und in allen Berechnungsrichtlinien (BSI, 2011; Matschenz, 2008) als bevorzugte Methode gilt. Für die physikalische Allokation bei der Lagerung wurde das Volumen des Spargels in Beziehung zum Volumen des Kühlschranks unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Befüllungsgrades gesetzt. Beim Prozess der Geschirrsäuberung wurde für den Geschirrspüler ebenfalls eine physikalische Allokation vorgenommen. Es wurde geschätzt, dass pro 1 kg Spargel zwei Gedecke (Teller, Glas, Messer & Gabel) und ein Topf mit Deckel benötigt wird. Der Referenz-Geschirrspüler hat eine Kapazität von 13 Maßgedecken, so dass anhand dieser Daten die Emissionen entsprechend zugeordnet werden konnten.

2.3 Strukturgleichungsmodellierung mit dem PLS-Algorithmus

Der unter oben genannten Voraussetzungen berechnete PCF diene im Bereich der Verwendungsphase von Spargel als abhängige Variable in einem eigens dafür entwickelten Kausalmodell. Zur Schätzung dieses Modells wurde der PLS-Algorithmus als eine der Möglichkeiten innerhalb der Strukturgleichungsmodellierung gewählt.

Grundsätzlich ist die Strukturgleichungsmodellierung als ein multivariates statistisches Verfahren zum Testen kausaler Zusammenhänge latenter Variablen (Kaplan, 2009) definiert. Es stellt im Rahmen der Kausalanalyse eine Kombination von Faktoranalyse und eine Weiterentwicklung der Pfadanalyse (als eine Form der Regressionsanalyse) dar. Dabei besteht das Modell aus zwei Haupttypen von Variablen: latenten Variablen und beobachteten Variablen. Latente Variablen sind

nicht direkt messbar, sie sind durch eine Reihe von beobachteten Variablen definiert. Diese Variablen werden direkt über Befragungen, Tests usw. (Schumacker, 2010) gemessen. Es ist die einzigartige Eigenschaft von Strukturgleichungsmodellen innerhalb der Kausalmodellierung, dass diese eine Messung von latenten Variablen erlauben, d.h. dadurch können auch Beziehungen zwischen nicht direkt beobachtbaren Variablen überprüft werden (Backhaus, 2000).

Allgemein gibt es zwei Formen eines Strukturgleichungsmodells: Den kovarianz-basierten Ansatz und den varianz-basierten Ansatz (Haenlein und Kaplan, 2004). LISREL, AMOS oder EQS als die am weitesteten verbreiteten Softwareprogramme der kovarianz-gestützten Verfahren, wurden in der Vergangenheit meist als Standard bei der Schätzung von Strukturgleichungsmodellen angesehen (Ringle, 2004b, Haenlein und Kaplan, 2004). Jedoch gibt es eine wachsende Zahl von Studien mit dem Partial-Least-Square (PLS) Ansatz als eines der varianz-basierten Methoden (Huber, 2007), insbesondere in der Marketingforschung (Henseler *et al.*, 2009). Grundsätzlich besteht ein Strukturgleichungsmodell aus einem Strukturmodell und einem Messmodell bzw. einem inneren und einem äußeren Gleichungssystem. Im Strukturmodell werden die latenten Variablen miteinander (auf Basis theoretischer oder sachlogischer Überlegungen) in Beziehung gesetzt, im Messmodell werden die Beziehungen zwischen den latenten Variablen und den entsprechenden manifesten Variablen geschätzt (Huber, 2007).

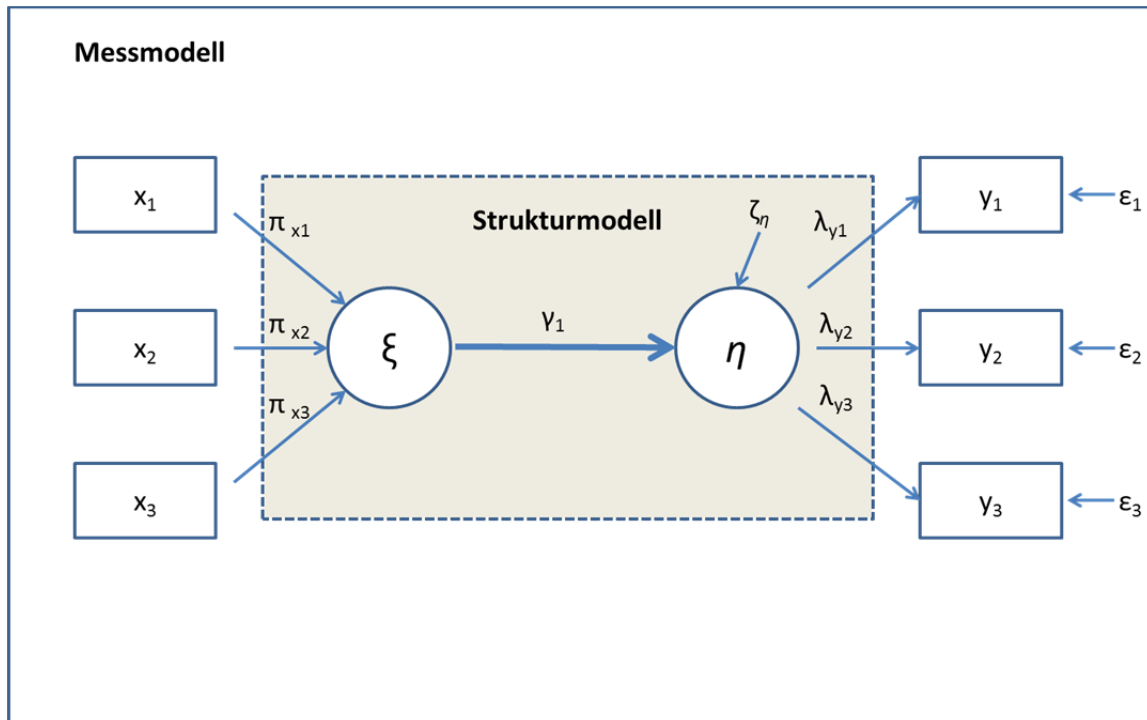


Abbildung 2: Prinzip eines PLS-Modells (Eigene Darstellung nach Huber, 2007)

Abbildung 2 zeigt ein vollständiges PLS-Modell nach der Parameterschätzung, wobei x_{1-3} die direkten messbaren Größen sind, π_{x1-3} und λ_{y1-3} die entsprechenden multiplen Regressionskoeffizienten darstellen und ξ das latente exogene Konstrukt bezeichnet, welches nicht im Modell erklärt wird. γ_1 ist der Pfadkoeffizient (mit direkter Wirkung auf das Konstrukt) und η reflektiert das latente endogene Konstrukt, das innerhalb des Modells erklärt werden soll. y_{1-3} sind die direkten messbaren Größen von η , und ζ beschreiben die Residuen der endogenen Variable η , während ε_{1-3} die Residualvariablen der Indikatorvariablen darstellen (Backhaus, 2000). Das Ziel der PLS Schätzung besteht darin, die Varianz der Messfehler der Variablen aller abhängigen Variablen zu minimieren. In der PLS Methode wird angenommen, dass die latenten Konstrukte "als exakte Linearkombinationen der Indikatoren mit der Methode der kleinsten Quadrate (ordinary least squares - OLS) geschätzt, aber in einem iterativen Algorithmus angewendet werden." (Kline, 2011). Das heißt, der PLS-Ansatz hat das Ziel, mit Hilfe der OLS-Methode, die Varianz der im Strukturmodell befindlichen Variablen zu erklären (Chin und Newsted, 1999). Huber (2007) weist darauf hin, dass im Gegensatz zu kovarianz-basierten Ansätzen eine Zahl von 100 Probanden ausreicht, um ein komplexes Modell mit Hilfe von

PLS zu schätzen. Aufgrund der relativ kleinen Stichprobe ($n = 168$) in dem Verbraucherpanel war der PLS-Ansatz daher innerhalb des Methodensets der Strukturgleichungsmodellierung die Schätzungsmethode der Wahl (Kline, 2011). Es ist weiterhin das bevorzugte Verfahren, wenn die hinter dem Modell stehende Theorie noch nicht so stark ausgeprägt ist, aber das Ziel der Arbeit es ist, zuverlässige Beziehungen zwischen den Faktoren des Modells vorherzusagen (Kline, 2011). Da der PCF das aggregierte Ergebnis verschiedener Aktivitäten und Verhaltensweisen während der Nutzungsphase eines bestimmten Produktes beim Konsumenten repräsentiert, konnte in der vorliegenden Arbeit keine bestimmte Theorie zur Erklärung des Verbraucherverhalten zu jeder dieser Aktivitäten angewendet werden. Auch dies war ein Grund auf den PLS-Algorithmus zurückzugreifen. Ein weiterer Grund das PLS-Verfahren vorzuziehen, liegt in der Operationalisierung der Modellkonstrukte. Sowohl in kovarianz- als auch in varianzbasierten Ansätzen ist zwar eine Spezifikation von reflektiven sowie formativen Konstrukten möglich, allerdings im Falle von kovarianz-basierten Ansätzen nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen (Herrmann *et al.*, 2006). Daher sind in Prozeduren wie LISREL zumeist nur reflektive Modelle anzutreffen (Weiber und Mühlhaus, 2010), wobei eine Fehlspezifikation allerdings zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Im Gegensatz dazu erlauben varianzbasierte Verfahren ohne weitere Restriktionen auch den Einsatz von formativen Konstrukten (Weiber und Mühlhaus, 2010).

Nach Berechnung des PCF für das Verwendungsverhalten bei Spargel wurden die Daten aufbereitet, um mit dem Programm Smart PLS die PLS-Schätzung vorzunehmen (Ringle *et al.*, 2005). Dabei wurden gemäß Weiber und Mühlhaus (2010) die folgenden Schritte durchgeführt, um ein PLS-basiertes Strukturgleichungsmodell aufzustellen:

1. Hypothesen- und Modellbildung
2. Konzeptualisierung der Konstrukte
3. Konstrukt Operationalisierung
4. Qualitätsprüfung der formativen und reflektiven Konstrukte
5. Schätzung des Modells

2.3.1 Hypothesen- und Modellbildung

Die Hypothesen- und Modellbildung ist der Ausgangspunkt bei der Anwendung eines Strukturgleichungsmodells und basiert auf einer entsprechenden Theorie und/oder auf der Kenntnis der richtigen sachlogischen Zusammenhänge des Anwenders (Weiber und Mühlhaus, 2010; Huber, 2007). Nach den vorliegenden Kenntnissen des Verfassers dieser Arbeit wurden bisher noch keine spezifischen Theorien über Einflussfaktoren auf den PCF in der Verwendungsphase veröffentlicht. Deshalb musste ein eigenes Kausalmodell zunächst entwickelt werden. Die grundlegende Frage dabei war, welche Faktoren für die Höhe des PCF auf Verbraucherseite verantwortlich sind, die in dessen Berechnung nicht direkt berücksichtigt werden.

Der PCF als agglomerierte Größe repräsentiert das Ergebnis verschiedener Aktivitäten und Handlungen während der Nutzung eines bestimmten Produktes durch den Verbraucher, daher kommt keine spezifische Theorie zum Konsumverhalten (z.B. Ajzen und Fishbein`s Theorie of planned behavior (Ajzen, 1977)) in unserem Modell zum Tragen, sondern ein direkter Einstellung - Verhaltens-Ansatz für die Höhe des PCFs. Einstellungen werden dabei als „subjektiv wahrgenommene Eignung eines Gegenstandes zur Befriedigung einer Motivation“ (Kroeber-Riel *et al.*, 2009, S.169) umschrieben und sind damit für 'Gefallen' oder 'Abneigung' eines bestimmten Objekts verantwortlich (Armstrong *et al.*, 2004). Auch wenn der Zusammenhang zwischen Einstellung und Verhalten aus empirischer Sicht häufig als eher schwach (Pitts und Woodside, 1984) beschrieben wird, so ist gerade beim Umweltverhalten, als dessen spezifische Ausprägung der PCF interpretiert werden kann, der Zusammenhang zwischen Einstellung und Verhalten durchaus nachgewiesen worden was Untersuchungen von Grunert (1995), Padel (2005), Decker (2010), Greaves *et al.* (2013), Park *et al.* (1998), Kalafatis *et al.* (1999), Roberts (1991), Shetzer (1991), Kleiner (1991) oder Schlossberg (1991) zeigen. Auf Basis dieser Zusammenhänge wurde das Kausalmodell aufgestellt, welches in Abbildung 3 zu sehen ist.

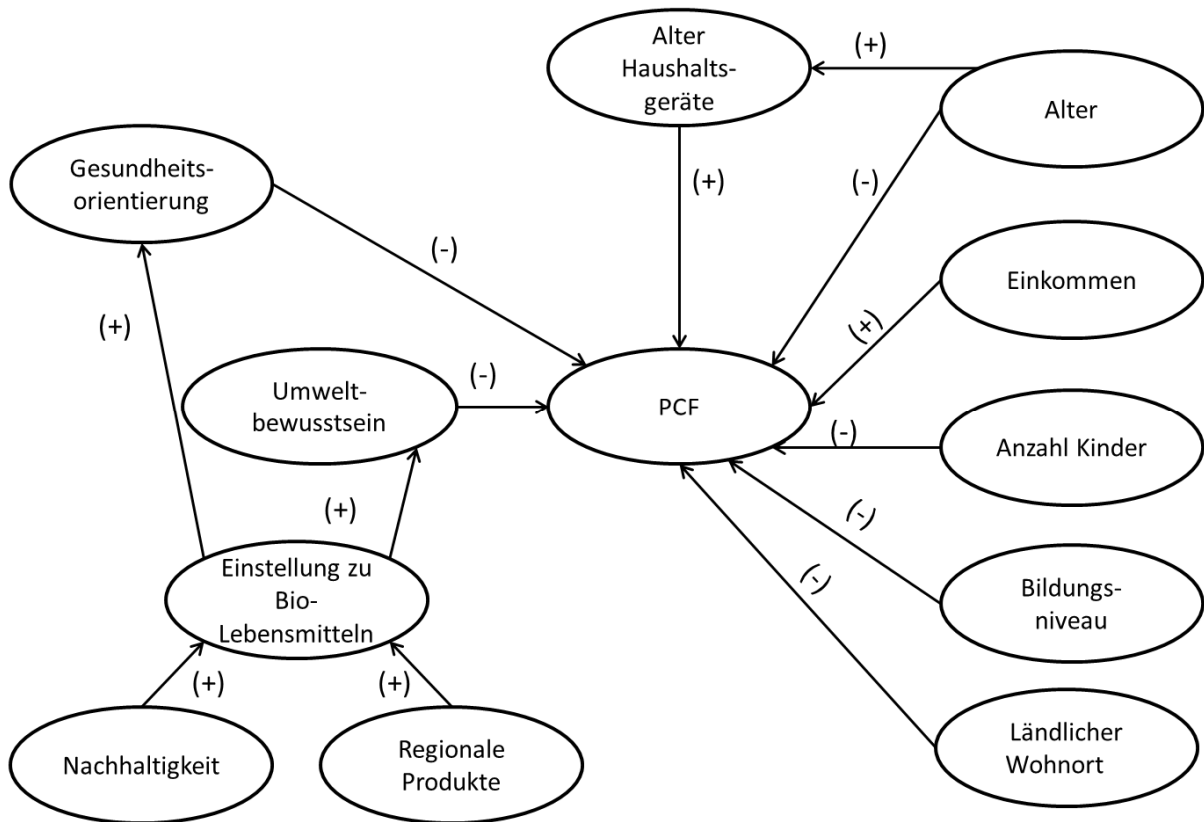


Abbildung 3: Kausalmmodell zur Verwendungsphase von Spargel beim Verbraucher

Dem Modell zur Erklärung der Höhe des PCF in der Verwendungsphase bei Spargel liegen folgende Hypothesen zugrunde:

H1: Je mehr regionale Produkte von Konsumenten geschätzt werden, desto positiver ist die Einstellung zu Bio-Lebensmitteln.

H2: Je größer die Zustimmung zum Konzept der Nachhaltigkeit, desto positiver ist die Einstellung zu Bio-Lebensmitteln.

H3: Je positiver die Einstellung zu Bio-Lebensmitteln, desto höher das Umweltbewusstsein

H 4: Je positiver die Einstellung zu Bio-Lebensmitteln, desto höher ist die Gesundheitsorientierung.

H 5: Je höher das Umweltbewusstsein, desto geringer der PCF_{Verwendung}.

H 6: Je höher die Gesundheitsorientierung, desto geringer ist der PCF_{Verwendung}.

H7: Je älter die Küchengeräte, desto höher ist der PCF_{Verwendung}.

H8: Je höher das Alter der Probanden, desto geringer der PCF_{Verwendung}.

H9: Je höher das Einkommen, desto höher ist der PCF_{Verwendung}.

H10: Je mehr Kinder im Haushalt leben, desto geringer ist der PCF_{Verwendung}.

H11: Je höher der das Bildungsniveau, desto geringer ist der PCF_{Verwendung}.

H12: Menschen in ländlichen Gebieten haben einen geringeren PCF_{Verwendung}.

H13: Je höher das Alter der Probanden, desto älter sind deren Haushaltsgeräte.

Für weitergehende Informationen zu Details der Hypothesengenerierung und Ableitung sowie zur Erstellung des Modells wird auf Publikation 3.3 verwiesen.

2.3.2 Konzeptualisierung der Konstrukte

Die für das Hypothesen-System im ersten Schritt definierten latenten Variablen müssen in empirisch messbaren Größen überführt werden. Dies kann durch die Verwendung geeigneter Theorien oder, wie häufig in der Praxis anzutreffen, durch sachlogische Überlegungen und Erfahrung (Weiber und Mühlhaus, 2010) geschehen. Um diesen Anforderungen zu genügen, ist eine exakte Definition der Konstrukte notwendig (Weiber und Mühlhaus, 2010).

2.3.3 Konstrukt Operationalisierung

Die Konstrukt Operationalisierung stellt einen entscheidenden Schritt bei der Anwendung eines Strukturgleichungsmodells dar, da hier die Ausprägungen der untersuchten Merkmale in eine messbare Form gebracht werden. Daher ist nach der Konzeption der Konstrukte eine Übersetzung dieser theoretischen Überlegungen in eine empirische Form (Carnap, 1966) notwendig. Dies geschieht mit direkt messbaren, sog. manifesten Variablen in Form von speziellen Statements, die wiederum die latenten Konstrukte definieren. Rossiter (2002) postuliert, dass Statements gewählt werden sollen, die durch Expertenwissen geprüft wurden und bereits erfolgreich in anderen Studien eingesetzt wurden. Daher wurden in dieser Dissertation zur Messung der Einstellungen nur Statements verwendet, die bereits in anderen Publikationen valide Ergebnisse gebracht haben. Details zu den verwendeten Statements sind aus dem Anhang von Publikation 3.3 ersichtlich.

Nach dem Sammeln potenzieller Statements ist es notwendig, das Messmodell zu spezifizieren, d.h. zu entscheiden, ob die Konstrukte formativ oder reflektiv gerichtet sind. Abbildung 2 zeigt die Ausprägung dieser beiden Formen. Wird angenommen, dass die Veränderung einer latenten Variable

eine Änderung der Ausprägung der beobachtbaren Indikatoren verursacht, so bezeichnet man diese Variable als „reflektiv“. „Formative“ Konstrukte setzen sich hingegen als Index aus manifesten Variablen zusammen. Ändert sich ein Indikator, so nimmt ceteris paribus das latente formative Konstrukt einen anderen Wert an (Huber, 2007). Bollen (1989) legt nahe, dass eine Variable durch mindestens drei Indikatoren definiert werden soll, was in der vorliegenden Studie bei jedem Konstrukt erfüllt wurde.

Abbildung 4 zeigt die Unterschiede der beiden Varianten der Konstruktspezifizierungen grafisch.

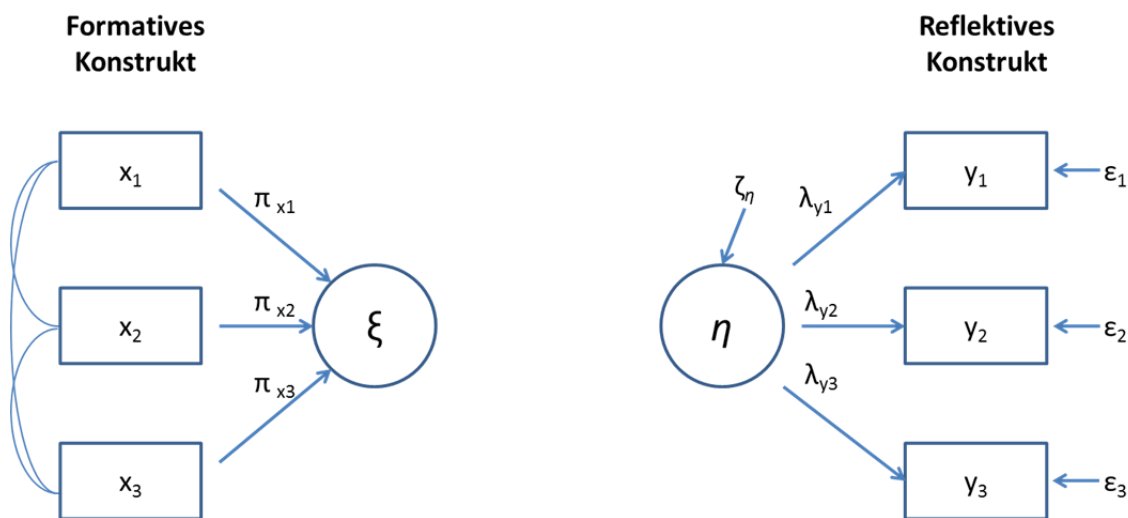


Abbildung 4: Differenzierung von formativen und reflektiven Konstrukten (eigene Darstellung nach Huber, 2007)

2.3.4 Gütekriterien für die latenten Variablen und das Gesamtmodell

Um valide Ergebnisse für die Modellschätzung zu erhalten, muss eine bestimmte Reihe von Qualitätskriterien erfüllt werden. Bevor die Modellgüte des Gesamtmodells bestimmt werden kann, müssen zunächst die Gütekriterien für die reflektiven und formativen Messmodelle getrennt beurteilt werden.

Im Falle der reflektiven Konstrukten gibt es fünf Kriterien, die bei der Güteprüfung als wesentlich angesehen werden (Huber, 2007).

- Indikatorladungen und t-Werte (Indikatorreliabilität)
- Konvergenzkriterien (Konstruktreliabilität und durchschnittlich erfasste Varianz)
- Diskriminanzvalidität

- Vorhersagevalidität
- Unidimensionalität

Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Inhalt dieser Kriterien und Methoden, um diese entsprechend zu bestimmen.

Tabelle 1: Gütebeurteilung reflektiver Modelle (eigene Darstellung nach Huber, 2007)

Gütemaß	Beschreibung	Methode/Kriterium
Indikatorreliabilität	Erklärungsgrad der Indikatorvarianz durch Höhe und Signifikanz der Indikatorladungen auf das Konstrukt	Faktorladung $\geq 0,60$ Faktorladung $\geq 0,40$ (explorative Studien) t-Wert $> 1,66$
Konvergenzkriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktreliaibilität: Erklärungsgrad, wie gut ein Konstrukt durch die entsprechenden Indikatorvariablen definiert wird • Durchschnittlich erfasste Varianz (DEV): Höhe des Varianzanteils der latenten Variablen in Relation zum Messfehler 	Cronbach's Alpha $> 0,7$ DEV $> 0,6$
Diskriminanzvalidität	Aussage, ob die gemeinsame Varianz zwischen der latenten Variablen und ihren Indikatoren größer ist als die gemeinsame Varianz mit anderen latenten Variablen	Fornell-Larcker-Kriterium DEV $> r_{\max} ^2$
Vorhersagevalidität	Aussage darüber, wie gut eine Rekonstruktion der latenten Variablen durch die entsprechenden Indikatoren ist	Stone-Geissers $Q^2 > 0$ (Maß: Kommunalität)
Unidimensionalität	Tatsächlich Ladung der Indikatoren des Konstruktes auf dieses (und kein anderes)	Explorative Faktorenanalyse

Ein reflektives Messmodell wird dann als valide angesehen, wenn die in Tabelle 1 genannten Kriterien mindestens erfüllt sind (Henseler *et al.*, 2009). Sollte dies bei einzelnen Indikatoren nicht zutreffen, so können diese eliminiert werden (Huber, 2007). Vor einer gänzlichen Eliminierung sollten jedoch weitere sachlogische Überlegungen angestellt werden, da in manchen Fällen durchaus der Inhaltsvalidität Vorrang vor der kausalanalytischen Überprüfung der Gütekriterien eingeräumt werden kann (Fuchs, 2011).

Als nächsten Schritt sind die Gütekriterien der formativen Konstrukte anhand der in Tabelle 2 aufgeführten Gütemaße zu prüfen.

Tabelle 2: Gütekriterien der formativen Konstrukte

Gütemaß	Beschreibung	Methode/Kriterium
Regressionskoeffizienten und t-Werte	Die Gesamtheit der Indikatoren bestimmt die latente Variable, daher sind die Indikatorladungen irrelevant. Stattdessen sind die Gewichte und Signifikanzen der Indikatoren entscheidend	Bestimmung der Gewichte und Signifikanz durch Bootstrapping-Prozedur Keine Vorgaben für die Gewichte, je größer desto besser t- Werte $\geq 1,66$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 10 %) t-Werte $\geq 1,98$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %) t-Werte $\geq 2,63$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 1 %)
Multikollinearität	Perfekte Multikollinearität: Exakte Vorhersage einer unabhängigen Variable durch die anderen unabhängigen Variablen im Hypothesensystem; sollte nicht vorliegen	Varianzinflationsfaktor (VIF) < 10 Konstrukt Korrelationen $< 0,9$

Als letztes wird die Gütebeurteilung auf Strukturmodellebene vorgenommen. Dazu werden die in Tabelle 3 aufgeführten Gütemaße genutzt.

Tabelle 3: Gütebeurteilung des Strukturmodells

Gütemaß	Beschreibung	Methode/Kriterium
Hypothesenprüfung	Ausmaß, Signifikanz und Vorzeichen der Pfadkoeffizienten	Pfadkoeffizienten > 0,1 Aufweisen des vorher postulierten Vorzeichens t- Werte $\geq 1,66$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 10 %) t-Werte $\geq 1,98$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %) t-Werte $\geq 2,63$ (Irrtumswahrscheinlichkeit 1 %)
Determinationskoeffizient R^2	Bestimmtheitsmaß; Anteil der erklärten Varianz	Sollte für die abhängige Variable > 30 % liegen, aber abhängig vom Forschungskontext
Vorhersagevalidität	Maß der Rekonstruktion der latenten Variablen durch die vorgelagerten Konstrukte	Stone-Geissers $Q^2 > 0$ (Maß: Redundanz)
Effektstärke f^2	Einfluss der exogenen auf die endogenen Variablen	0,02 geringer Zusammenhang 0,15 moderater Zusammenhang 0,35 starker Zusammenhang
Multikollinearität	Verzerrungen der Konstruktwerte bei Vorliegen von Multikollinearität	Varianzinflationsfaktor sollte < 7 sein (höchster Wert)

Eine Gütebeurteilung des Gesamtmodells erfolgt bei PLS im Gegensatz zu den kovarianzbasierten Verfahren nicht anhand eines einzelnen Kriteriums (Goodness of Fit-Index) (Herrmann *et al.*, 2006), sondern es soll in einer „Gesamtschau das Kompendium verschiedener Gütemaße“ so genau wie möglich eingehalten werden (Ringle, 2004a). Allerdings sollte das Gesamtmodell nicht alleine deswegen abgelehnt werden, wenn nicht alle Gütekriterien den Vorgaben exakt entsprechen, insbesondere bei einzelnen Unterschreitungen lokaler Gütekriterien (Herrmann, 2008). In der vorliegenden Dissertation werden alle Gütekriterien im aufgestellten Modell erfüllt und sind in Publikation 3.3 im Detail ausgewiesen.

2.3.5 *Schätzung des Modells*

Nach eingehender Prüfung o.g. Gütekriterien können im Anschluss die Ergebnisse der Schätzung betrachtet werden. Hier steht zunächst die Plausibilitätsprüfung der errechneten Ergebnisse, insbesondere die Prüfung der Wirkungsrichtung der exogenen auf die endogenen Variablen, an (Huber, 2007). Diese wurden ex ante im postulierten Hypothesensystem festgelegt (positive oder negative Wirkungsrichtung) und müssen nach Schätzung des Modells mit diesen Vorzeichen übereinstimmen. Weiterhin sollten die geschätzten Strukturparameter hinsichtlich ihrer Höhe auf Plausibilität geprüft werden, wobei offensichtlich extrem hohe Werte auf einen Fehler bei der Messung der Konstrukte hindeuten können (Huber, 2007). Nach diesen vielfältigen Evaluierungen des Modells und der Schätzung der Parameter kann das Modell nun inhaltlich interpretiert werden. Hierbei sind bei den Einflussgrößen v.a. die Höhe der Pfadkoeffizienten, deren Vorzeichen sowie die t-Werte (Signifikanz) die Basis der Interpretation der Ergebnisse. Dabei ist es nicht ausreichend, ausschließlich den direkten Beeinflussungseffekt auf die nachgelagerte Größe zu betrachten, sondern auch die über diese Größe ausgeübten indirekten Effekte auf die zu untersuchenden Konstrukte. Dieser indirekte Effekt berechnet sich aus dem Produkt der vorgelagerten und der zwischengeschalteten sowie der zwischengeschalteten und der nachgelagerten Größe (Backhaus, 2000). Sind die indirekten Effekte berechnet, so können nun die totalen Effekte einer latenten Variablen auf die zu untersuchende Größe ermittelt werden. Hierzu wird die Summe aus den

direkten (direkte Wichtigkeit) und allen indirekten Effekten (Verbindungen zwischen dem Konstrukt und der zu untersuchenden Größe über dritte Konstrukte) gebildet (Backhaus, 2000). Nur durch die Berechnung der totalen Effekte kann sichergestellt werden, dass der Einfluss einer latenten Variablen nicht durch mehrere indirekte Effekte unterschätzt wird (Huber, 2007). Eine ausführliche Darstellung der direkten und indirekten Effekte im geschätzten Kausalmodell ist in Publikation 3.3 ersichtlich.

2.4 Information-Display-Matrix

Ein weiteres Ziel der Arbeit bestand darin, die Relevanz von Informationen über PCF für den Verbraucher sowie den Einfluss solcher Informationen auf die Kaufentscheidung zu erforschen. Da im Handel in Deutschland bisher nur sehr wenige Lebensmittel mit Informationen zum PCF angeboten werden, konnte das tatsächliche Verhalten nicht real über Abverkäufe ermittelt werden, sondern musste mittels einem einer Befragung vorgeschalteten computergestützten Experiments erhoben werden. Dazu wurde nach eingehender Methodenrecherche das Instrument der Information-Display-Matrix (IDM) ausgewählt. Die IDM ist ein Instrument der Konsumenten- und Entscheidungsforschung, das die Aufzeichnung der Informationssuche bei Entscheidungsprozessen erlaubt (Mühlbacher und Kirchner, 2003). Sie wird definiert als „eine Prozessverfolgungstechnik im Rahmen der Kaufentscheidungsprozessforschung, bei der das Informationsangebot einer Entscheidungssituation(...) dargestellt wird“ (verändert nach Kuss, 1987).

Der grundsätzliche Aufbau einer IDM stellt eine Matrix mit Alternativen dar, in der in den Spalten die Produktalternativen und in den Zeilen die Merkmale der Produkte (Attribute) abgetragen sind. Ziel des Einsatzes der IDM war es, die Produktattribute beim Spargelkauf herauszufinden, die letztlich zur Kaufentscheidung führen. Mit dem Programm „MouselabWeb“, welches speziell für die Programmierung von IDMs erstellt wurde, konnte die IDM genau auf die Bedürfnisse der Untersuchung programmiert werden. Die Anordnung der Zeilen und Spalten wurde vor jedem

Experiment randomisiert, so dass Reihenfolgeeffekte ausgeschlossen werden können.

	Spargel (b)	Spargel (a)	Spargel (d)	Spargel (c)
Preis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2-Bilanz durch Beispiel veranschaulicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2-Bilanz des Produktes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herkunft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasserverbrauch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bio- oder konventioneller Anbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="button" value="Produkt kaufen"/>	<input type="button" value="Produkt kaufen"/>	<input type="button" value="Produkt kaufen"/>	<input type="button" value="Produkt kaufen"/>
<input type="button" value="Abschicken"/>				

Abbildung 5: Die IDM aus Probandensicht

Die Probanden sind bei der Durchführung des Experimentes (die IDM aus Probandensicht zeigt Abbildung 5) aufgerufen, sich für ein Produkt zu entscheiden. Um zu dieser Kaufentscheidung zu gelangen, können sie die Felder bzw. die Produktattribute aufdecken, die sie dazu benötigen. Bei der Durchführung des Experiments hatten die Probanden die Aufgabe, sich für eine Produkialternative zu entscheiden und die für sie relevanten Kriterien dazu heranzuziehen. Das Programm MouselabWeb zeichnet im Hintergrund die aufgedeckten Felder, deren Anzahl, sowie Reihenfolge und Dauer der Betrachtung der einzelnen Attribute auf, so dass in der Folge detaillierte Auswertungen des Experimentes zur Kaufentscheidung möglich sind. Im Anschluss daran wurde eine computergestützte Befragung zu oben genannten Forschungsfragen durchgeführt und speziell nochmals die Wichtigkeit der auch in der IDM abgeprüften Produkteigenschaften erhoben.

Computergestützte Prozessverfolgungstechniken, wie die IDM und das Softwareprogramm MouselabWEB, bieten mehrere Vorteile gegenüber Eye-Tracking und andere Methoden der Aufzeichnung zur Informationserfassung. Computer-basierte Methoden können leicht an Gruppensituationen angepasst werden, im Gegensatz zu Protokolle lauten Denkens oder Eye-Tracking (Willemsen und Johnson, 2010). Die Aufzeichnung der Informationserfassung erfolgt automatisch, so dass Experimente z.B. auf Tabletcomputern ausgeführt werden können und somit

ohne nennenswerten Einfluss des Interviewers möglich sind (Willemsen und Johnson, 2010). In dieser Studie wurde die Online-Version von MouselabWEB verwendet. Die Online-Version hat mehrere Vorteile gegenüber einer Variante für das Labor. Sie erlaubt es dadurch eine große Probandenzahl sehr heterogener Teilnehmer direkt im Feld zu akquirieren und in der „natürlichen Umgebung“ des Produktes z.B. am Point of Sale (POS), zu befragen (Johnson, 2001). Jedoch wird die externe Validität der Methode z.B. durch Trommsdorff (2004) kritisiert, da es sich um eine „abstrakte Versuchssituation“ handle. Lehmann und Moore (1980) kommen jedoch zu dem Schluss, dass die Ergebnisse aus dem IDM-Experiment trotzdem als valide und konsistent anzusehen sind. Laut Zander und Hamm (2010) spricht auch der für viele Menschen mittlerweile selbstverständliche Umgang mit (Tablet)-PCs und die Ähnlichkeit der IDM mit Produktbeschreibungen im Internet für das Zustandekommen reliabler Ergebnisse. Die IDM liefert eine Vielzahl an Daten zur weiteren Auswertung in Statistikprogrammen wie z.B. SPSS. Diese Daten liefern grundsätzlich Informationen zu folgenden Sachverhalten:

- Intensität der Informationssuche
- Präferenzen der Produkteigenschaften
- (fiktive) Kaufentscheidung

Die Intensität der Informationssuche beruht dabei auf der Entscheidungsdauer, der Zahl der insgesamt geöffneten Felder und der Größe der sog. Submatrix (angesehene Attribute x angesehene Produkte). Die Präferenzen der Produkteigenschaften werden über die Parameter des ersten Abrufes und einer mindestens einmaligen Betrachtung der Eigenschaft gemessen. Zuletzt kann dann die (fiktive) Kaufentscheidung selbst noch in die Auswertung mit einbezogen werden.

3. Veröffentlichungen

3.1 Carbon footprints of the horticultural products strawberries, asparagus, roses and orchids in Germany

Das Problem des globalen Klimawandels kann auf klimarelevante Effizienzdefizite in der Produktion und auf das Verhalten der Konsumenten durch Berechnung der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen auf Produktebene heruntergebrochen werden. Diese Berechnung wird üblicherweise als Product Carbon Footprint (PCF) bezeichnet. Für Erzeugnisse des deutschen Gartenbaus stehen bisher nur begrenzte Informationen über den PCF zur Verfügung. In dieser Publikation wurde der PCF in einem cradle-to-grave-Ansatz von Erdbeeren, Spargel, Schnittrosen und Orchideen unter verschiedenen Produktionsverfahren berechnet und mit den gleichen Produkten aus anderen Ländern verglichen. Für Produktion und Verbraucherphase wurden Primärdaten verwendet, Sekundärdaten aus der Literatur wurden für die Vergleiche mit anderen Ländern herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die im Durchschnitt die Verbraucherphase 3 - 71%, im best-case-Szenario 1 - 39% und im worst-case 60 - 99% des gesamten PCFs ausmachen kann. Die Einkaufsfahrt des Verbrauchers war dabei immer ein Hotspot in allen analysierten Systemen, in denen ein privates KFZ verwendet wurde. Strom für die Produktion, Treibstoffverbrauch für die Bodenbearbeitung und der Koch- und Reinigungsprozess des Geschirrs bei Spargel waren auch unter den am häufigsten identifizierten Hotspots. Deutsche Freilanderdbeeren zeigen geringere Emissionen in der Produktion, deutsche Freilandschnittrosen und Spargel sind auf ähnlichem Niveau wie die Produkte, die im Ausland erzeugt werden. Allerdings hat Spargel, der mit dem Flugzeug transportiert wird, sowie Erdbeeren und Rosen die in Gewächshäusern angebaut werden, einen vielfach höheren PCF unabhängig vom Erzeugerland.

Sowohl Verbraucher als auch Produzenten sind für die Verringerung der Klimaauswirkungen der untersuchten Gartenbauprodukte verantwortlich. Der Einkauf zu Fuß oder mit dem Fahrrad und der Einsatz erneuerbarer Energien in der Produktion können den PCF deutlich reduzieren.

Für weitergehende Forschungen ist zu empfehlen, die Untersuchungen auf eine Ökobilanz auszuweiten, um ein ganzheitliche Betrachtung zu erhalten, welche Produkte insgesamt weniger schädlich für die Umwelt sind.

Individuelle Leistungsbeiträge des Doktoranden

Der Kandidat ist Zweitautor des Artikels, erarbeitete und realisierte die Datenerhebung auf Verbraucherseite, führte die Datenauswertung durch und stellte die Ergebnisse für die Gesamtberechnung zur Verfügung. Weiterhin verfasste er im Artikel den Methodenteil für die Datenerhebung auf Verbraucherseite und dessen Ergebnisteil.

Publikation:

Soode, E.; Lampert, P.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K. (2014): Carbon footprints of the horticultural products strawberries, asparagus, roses and orchids in Germany. Journal of Cleaner Production 09/2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.09.035

Aktueller Status: Veröffentlicht.

3.2 Distributing asparagus: A climate perspective considering producer and consumer aspects

Eine zunehmende Zahl von Verbrauchern setzt sich beim Kauf von Lebensmitteln mit Fragen der Nachhaltigkeit auseinander. Treibhausgas-Emissionen erweisen sich dabei als eines der Haupthindernisse für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion und -verteilung. Diese Publikation befasst sich daher mit den Klimaauswirkungen von verschiedenen Vertriebskanälen für Spargel unter Einbeziehung des Einkaufsverhaltens von Verbrauchern in Deutschland.

Spargel ist das am meisten produzierte Gemüse im Freilandanbau in Deutschland und wird über verschiedene Absatzkanäle verteilt, mit einem großen Anteil an Direktvermarktung. Die Verbraucher reagieren damit auch bei dieser Gemüsegattung auf den seit einigen Jahren starken Trend nach regional produzierten Lebensmitteln. Daher ist es sinnvoll, einen genaueren Blick auf die Klimaeffizienz der verschiedenen Vertriebskanäle zu werfen. Da die Distributionsphase eines Produktes immer den Transport von Gütern und Menschen beinhaltet, bis das Produkt am Ort der Verwendung ist, werden sowohl die Produktions- als auch die Verbraucherseite berücksichtigt. Als Methode der Quantifizierung wurde der Product Carbon Footprint (PCF) gewählt, um die Klimaauswirkungen verschiedener Vertriebswege von Spargel zu messen. Der PCF wurde durch Aufzeichnung des Kauf- und Verwendungsverhaltens aus einem eigens dafür aufgebauten Verbraucherpanel für Spargel auf Verbraucherseite sowie mit spezifisch erhobenen Primärdaten aus Gartenbaubetrieben für die Produktionsseite berechnet.

Im Rahmen der Studie wurden drei verschiedene Vertriebskanäle analysiert: Supermärkte, Verkaufsstände und Hofläden. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Gesamtbetrachtung der Einkauf am Verkaufstand den nachhaltigsten Weg unter Klimagesichtspunkten darstellt. Dies ist vornehmlich zwei Faktoren geschuldet: Zum einen ist auf Produzentenseite die Wertschöpfungskette kürzer und damit klimafreundlicher, zum anderen sind Verkaufsstände durch ihre mittlerweile weite Verbreitung zu Saisonzeiten nicht weiter von den Konsumenten entfernt, als die ebenfalls untersuchten Supermärkte. Im Gegensatz dazu beträgt die durchschnittliche Einkaufsfahrt bei Hofläden mehr als

das Doppelte als bei den beiden anderen Vertriebskanälen und belastet damit den PCF dieses Absatzweges. So ist für den Konsumenten der Verkaufsstand der klimafreundlichste Weg, um seinem Wunsch nach regional produzierten Spargel direkt vom Erzeuger zu entsprechen. Würde die Berechnung des PCF ohne Einbeziehung des Verbraucherverhaltens erfolgen, so würde der Ab-Hof-Verkauf mit seiner kurzen und einfachen Wertschöpfungskette den klimafreundlichsten Weg der Spargelvermarktung darstellen. Diese Untersuchung verdeutlicht, dass bei der Berechnung des PCF die Verbraucherseite in die Betrachtung mit einbezogen werden sollte, um valide Ergebnisse zu erhalten. Die Ergebnisse der Studie zeigen weiterhin Möglichkeiten für die Gestaltung umweltfreundlicher Wertschöpfungsketten (z.B. Substitution der Kartonverpackung durch wiederverwendbare Mehrwegkisten bei Distribution über den Supermarkt) auf.

Individuelle Leistungsbeiträge des Doktoranden

Der Kandidat ist Erstautor des Artikels, erarbeitete und realisierte die Datenerhebung auf Verbraucherseite und führte die Datenauswertung durch. Auf Basis der Daten wurden die im Artikel dargelegten Berechnungen durchgeführt, in die Literatur eingeordnet, diskutiert und entsprechende Schlussfolgerungen durch den Kandidaten gezogen.

Publikation:

Lampert, P.; Soode, E.; Menrad, K.; Theuvsen, L. (2016): Distributing Asparagus: A Climate Perspective Considering Producer and Consumer Aspects. *Journal of Agroecology und Sustainable Food Systems*, Volume 40, Issue 2, pages 169-186, January 2016.

DOI: 10.1080/21683565.2015.1118718

Aktueller Status: Veröffentlicht.

3.3 The Carbon-Conscious Consumer? A causal model for the product carbon footprint of asparagus at the consumer stage

PCF-Berechnungen haben sich in der Vergangenheit vorrangig mit der Verbesserung und Einflussnahme auf Prozesse auf Produktionsseite befasst, obwohl der Konsument durch sein Kauf- und Verwendungsverhalten einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtbilanz von Produkten nehmen kann. Die vorliegende Veröffentlichung widmet sich demgegenüber ausschließlich der Analyse des PCF auf Verbraucherseite bei der Verwendung von Spargel, um die bestehende Forschungslücke zu reduzieren. Im PCF auf Verbraucherseite gehen alle durch den Konsumenten verantwortete Aktivitäten in der Nutzungsphase von Spargel ein und werden in einer metrischen Größe zusammengefasst. Unterschiedliche Verhaltensweisen von Verbraucher führen daher zu differierenden PCF-Werten der einzelnen Probanden, die durch ein Kausalmodell erklärt werden können. Die Datengrundlage für das Modell wurde in einem eigens dafür aufgebauten Verbraucherpanel geschaffen, die erhobenen Informationen deskriptiv ausgewertet, in ein Strukturgleichungsmodell überführt und dieses mit der Software SmartPLS 2.0 geschätzt.

Das im Rahmen der Publikation entwickelte Kausalmodell besteht aus drei wesentlichen Komponenten:

- Einstellungen der Konsumenten zu Umweltbewusstsein, Regionalität, Nachhaltigkeit, Gesundheitsorientierung sowie Bio-Produkte
- Soziodemographische Merkmale der Konsumenten
- Technische Ausstattung des Haushaltes (Alter von Kühlschrank, Herd, Spülmaschine)

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Verwendung von Spargel auf Konsumentenseite die technischen Komponenten den größten Einfluss auf den PCF ausüben, d.h. mit zunehmenden Alter der genutzten Haushaltsgeräte steigt auch die Höhe der Emissionen. Einen gegenteiligen Effekt zeigt das Model beim Umweltbewusstsein der Konsumenten: wenn dieses stärker ausgeprägt ist, wird der PCF geringer. Analog verhält es sich bei einer hohen Gesundheitsorientierung der Verbraucher. Alter, Anzahl der Kinder im Haushalt sowie das Bildungsniveau zeigen Effekte, wenn auch in ihrer

Ausprägung schwächer. Daraus lässt sich folgern, dass eine Emissionsreduktion auf Verbraucherseite zunächst durch eine Reduzierung des Alters der Haushaltsgeräte und einer damit einhergehenden Verbesserung der Energieeffizienz mittelfristig möglich erscheint.

Das entwickelte Modell sollte bei weiteren Untersuchungen mit anderen Lebensmitteln getestet werden, um Aussagen darüber zu erhalten, welche Einflussfaktoren generischer Natur sind und welche spezifisch für bestimmte Lebensmittel gelten. Voraussetzung dafür ist, dass in Zukunft auch das Verbraucherverhalten mit einer konsistenten Methodik in der Klimabilanzierung regelmäßig berücksichtigt wird.

Individuelle Leistungsbeiträge des Doktoranden

Der Kandidat ist Erstautor des Artikels, erarbeitete und realisierte die Datenerhebung auf Verbraucherseite und führte die Datenauswertung durch. Auf Basis dessen wurde das Kausalmodell unter Berücksichtigung von Literatur aus dem Bereich Konsum- und Umweltverhalten durch den Doktoranden entwickelt, validiert, berechnet und interpretiert.

Publikation:

Lampert, P.; Menrad, K. (2015): The Carbon-Conscious Consumer? A causal model for the product carbon footprint of asparagus at the consumer stage. *International Journal of Consumer Studies*. Volume 39, Issue 3, pages 269-280, May 2015. DOI: 10.1002/ijcs.12177

Aktueller Status: Veröffentlicht.

3.4 Consumer perceptions of carbon footprint information on vegetables in Germany

Informationen über die Klimawirkung eines Lebensmittels sind in Deutschland bislang selten kommuniziert worden, obwohl sie eine wichtige Anerkennung für den Erzeuger und seine Maßnahmen für eine klimafreundlichere Produktion sein könnten. Bisher wurde die Diskussion um die Kennzeichnung der bei Produktion und Verwendung von Produkten emittierten klimaschädlichen Gase überwiegend auf Expertenebene geführt. Dabei wurden auf empirische Daten gestützte Verbrauchereinschätzungen zur Klimakennzeichnung von Lebensmitteln in Deutschland kaum berücksichtigt, obwohl gerade der Verbraucher einen entscheidenden Akteur darstellt, der über den Erfolg oder Misserfolg einer solchen Kennzeichnung entscheidet. Vor allem die Frage, ob Informationen zum Product Carbon Footprint (PCF) zum Teil oder sogar wesentlicher Faktor im Suchprozess einer Kaufentscheidung darstellen, wurde bisher für Deutschland noch nicht untersucht. Daher wurde im Rahmen dieser Studie der Kaufentscheidungsprozess bei Spargel als wichtigen Vertreter von Frischgemüse vor diesem Hintergrund untersucht. Eingebettet in ein Experiment zur Produktwahl von Spargel mit verschiedenen Eigenschaften (Preis, Herkunft, PCF, PCF mit Beispiel verdeutlicht, Water Footprint), wurde das Verbraucherverhalten unter Verwendung einer Information-Display-Matrix (IDM) von 232 Teilnehmern aufgezeichnet und ausgewertet. Die IDM ist eine Prozessverfolgungs-Technik, um die Informationssuche in einem Entscheidungsprozess nachvollziehbar machen zu können.

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass grundsätzlich die Herkunft des Lebensmittels das wichtigste Kriterium für die Kaufentscheidung darstellt, gefolgt von Preis und Art der Produktion (konventionell/ökologisch). Im Gegensatz dazu bewegen sich die im Experiment enthaltenen Informationen zu Parametern der ökologischen Nachhaltigkeit (d.h. Carbon Footprint und Water Footprint) auf einem niedrigen Niveau, was ihre Bedeutung im Such- und Entscheidungsverhalten beim Kaufprozess des untersuchten Beispielmüses „1 kg Spargel“ anbelangt.

Werden allerdings zwei lokal erzeugte Lebensmittel miteinander verglichen, so scheinen Verbraucher, die sonst Bio-Produkte bevorzugen, bei Fehlen dieser Alternative stattdessen ihre Kaufentscheidung auf Informationen zum Carbon Footprint zu stützen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Kaufentscheidung bei Gemüseprodukten, wie am Beispiel von Spargel gezeigt, derzeit noch nicht in großem Maße durch eine Kennzeichnung der Klimawirkung beeinflusst wird, obwohl der Carbon Footprint durchaus ein beachtenswerter Baustein im Kaufentscheidungsprozess für bestimmte Konsumenten sein kann. Für die Mehrheit der Befragten sind jedoch Faktoren wie Herkunft oder Preis der Lebensmittel bedeutender, so dass die Kennzeichnung zur Klimawirksamkeit der Produkte bisher nur eine interessante Zusatzoption im Informationsportfolio eines Lebensmittels für eine kleine Gruppe von Verbrauchern darstellt.

Individuelle Leistungsbeiträge des Doktoranden

Der Kandidat ist Erstautor des Artikels, erarbeitete die Erhebung inklusive der Programmierung des IDM-Experimentes, führte die Datenerhebung im Rahmen der Verbraucherbefragung am POS durch und wertete die Daten mit deskriptiven und multivariaten Methoden statistisch aus. Auf Basis dessen wurden die Ergebnisse durch den Kandidaten interpretiert, diskutiert und Schlussfolgerungen gezogen.

Publikation:

Lampert, P.; Menrad K.; Emberger-Klein, A. (2015): Consumer perceptions of carbon footprint information on vegetables in Germany.

Aktueller Status: In Begutachtung.

4. Diskussion

Ziel dieser Dissertation war, die Einflussfaktoren auf die Höhe des Carbon Footprints auf Verbraucherseite bei Spargel zu identifizieren, den Einfluss des verbraucherseitigen PCFs bei Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette zu quantifizieren und die Relevanz von klimarelevanten Informationen auf den Verbraucher zu erforschen. Dabei galt es Wissenslücken hinsichtlich des Verbrauchereinflusses auf die Höhe des PCFs, auf die Vorteilhaftigkeit verschiedener Vermarktungswege unter Klimagesichtspunkten, der Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren auf die Höhe des PCF bei der Produktverwendung sowie im Zusammenhang mit der Kaufentscheidung in Bezug auf klimafreundliche Lebensmittel, zu schließen.

Zum einen konnte im Rahmen der Arbeit gezeigt werden, dass der Verbraucher deutlichen Einfluss auf die PCF-Gesamtbilanz von Spargel haben kann. Je nach betrachtetem Szenario und Produktionssystem, kann die Einkaufs- und Verwendungsphase den entscheidenden Hebel zur deutlichen Senkung der gesamten klimarelevanten Emissionen entlang der Wertschöpfungskette dieses Produktes darstellen. Dies zeigt sich zum Beispiel bei der Bewertung der Vorteilhaftigkeit eines Hofladens im Hinblick auf Klimagesichtspunkte, sofern man das mittels Paneldaten gemessene Verbraucherverhalten in die Analyse mit einbezieht. Trotz kurzer und klimaeffizienter Supply Chain mit geringen Emissionen auf Produzentenseite bei dieser Form des Direktabsatzes wird dieser Vorteil durch den Verbrauchereinfluss, bedingt durch die bei der Einkaufsfahrt dorthin entstehenden Emissionen durch Autonutzung kombiniert mit einer langen Anfahrt, mehr als kompensiert und in eine negative Richtung gelenkt. Damit stehen diese Ergebnisse dieser Arbeit im Gegensatz zu gängigen Ratschlägen an die Verbraucher, aus Klimaschutzgründen regionale Lebensmittel direkt beim Produzenten zu kaufen. Bei diesen Empfehlungen wird zumeist das Verbraucherverhalten bei der Analyse nicht berücksichtigt.

Des Weiteren zeigt das entwickelte Kausalmodell zur Höhe des PCF bei der Verwendung von Spargel, dass neben der technischen Ausstattung des Haushalts auch persönliche Merkmale der Konsumenten, wie eine positive Einstellung zur Gesundheit und insbesondere Umwelteinstellung,

einen geringeren PCF erwarten lassen. In dem Modell zeigt sich, dass vermutlich das Alter und der technische Standard der Haushaltsgeräte sowie das aktuelle Verwendungsverhalten (z.B. beim Kochprozess) von Spargel v.a. von den Umwelteinstellungen der Verbraucher mitbeeinflusst sind und diese somit einen starken Einfluss auf den PCF ausüben. Eine deutliche direkte Wirkung auf die Senkung des PCF zeigt im Modell v.a. ein Ersatz von älteren Haushaltsgeräten, der allerdings gewissen Restriktionen unterliegt, die in Publikation 3.3 ausführlich dargestellt werden.

Weiterhin wurde anhand der Ergebnisse dieser Arbeit gezeigt, dass es im Sinne der Beeinflussung der Kaufentscheidung bisher nur für eine kleine Gruppe von Konsumenten (vornehmlich Käufer von Bio-Produkten) Sinn macht, Informationen zum PCF auf Lebensmitteln bereitzustellen. Für den größeren Teil der Verbraucher spielt eine solche Information bislang eine untergeordnete Rolle bei der Kaufentscheidung, da für diese Verbrauchergruppe Herkunft und Preis als bedeutendste den Kauf von Spargel beeinflussende Faktoren identifiziert werden konnten.

Dabei zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass regional erzeugte Lebensmittel - je nach betrachtetem Produktionssystem - nicht unbedingt besser unter Klimagesichtspunkten abschneiden, wie von vielen Verbrauchern häufig angenommen wird. Analog verhält es sich mit der Wahl der Einkaufsstätte bei Spargel. Durch den direkten Einkauf beim Erzeuger drückt sich oftmals der Wunsch der Verbraucher nach regional erzeugten Lebensmitteln aus. Allerdings ist der Hofladen unter Klimagesichtspunkten, laut den Ergebnissen aus Publikation 3.2, kritisch zu beurteilen, d.h. unter Einbezug des Verbraucherhaltens weist diese Vermarktungsform die höchsten Emissionen für ein Kilogramm des Beispielproduktes Spargel auf. Dies liegt an mehreren Einflussfaktoren: Dem genutzten Verkehrsmittel, der Wegstrecke, der Warenkorbgröße und daran, ob die Einkaufsfahrt mit anderen Zwecken verbunden war und wie groß der Umweg dorthin ist, der dafür in Kauf genommen wurde. Coley *et al.* (2009) kommen im Hinblick auf Hofläden zu einem ähnlichen Ergebnis und führen hier als Hauptgrund ebenfalls die größeren Distanzen zum Erreichen eines Hofladens an. Sie stützen somit die Ergebnisse aus Publikation 3.2, wobei bei Coley *et al.* (2009) grundsätzlich von motorisiertem Transport ausgegangen wird. Ein wesentlicher Faktor für die Höhe des PCF auf

Verbraucherseite ist jedoch die Wahl des Verkehrsmittels. Wie in Publikation 3.2 beschrieben, ist beim Einkauf im Hofladen das Kraftfahrzeug das am meisten genutzte Verkehrsmittel, nicht zuletzt wegen der längeren Wegstrecken in oftmals ländlicher Umgebung, die zum Erreichen eines Hofladens in Kauf genommen werden müssen. Da ein Einkauf mit dem Fahrrad oder zu Fuß keine direkten Emissionen verursacht, wurde in Publikation 3.2 mit einem Verkehrsmittel-Mix gerechnet. Mit diesem Mix an Verkehrsmitteln kalkulieren auch Sima *et al.* (2012), die für die Einkaufsstätte Supermarkt auf ähnliche Ergebnisse wie in Publikation 3.2 von im Mittel 174 g CO_{2e}/kg kommen. Jedoch ist im Mix der Verkehrsmittel bei Sima *et al.* ein sehr hoher Anteil an öffentlichen Verkehrsmitteln enthalten (die Probanden wurden ausschließlich in einem urbanen Supermarkt befragt), so dass dadurch deren niedrigerer Wert von 124 g CO_{2e}/kg vor diesem Hintergrund gesehen werden muss.

Wie bereits beschrieben spielt auch die Größe des Warenkorbes bei der Berechnung des PCF pro Kilogramm gekauftem Produkt eine Rolle. Hier kommen Schäfer und Blanke (2012) in ihrer Studie zu ähnlichen Ergebnissen wie in Publikation 3.2, nämlich dass im Falle des Einkaufes in Hofläden die Warenkorbgröße geringer ist, als bei einem Einkauf über einen anderen Vertriebskanal wie Supermärkte. Der geringere Warenkorb wirkt sich auf die Emissionen pro kg gekauftem Produkt entsprechend nachteilig aus.

Wird eine motorisierte Fahrt ausschließlich zum Zwecke des Einkaufs von Lebensmitteln getätigt, so ist dies ein weiterer Faktor der die Klimabilanz negativ beeinflusst, denn klimaschonender wäre es, die Fahrten mit unterschiedlichen Zwecken zu verbinden. Der größte Anteil an Fahrten ausschließlich zur Lebensmittel- Einkaufsstätte war, laut den Ergebnissen aus Publikation 3.2, bei den Hofläden zu beobachten. War die Einkaufsfahrt zum Hofladen mit anderen Zwecken kombiniert, so wurde allerdings dennoch ein Umweg von im Mittel 4,75 km in Kauf genommen. Bei den Motiven zur Wahl von Hofläden als Einkaufsstätte spielen sozio-ökonomische Motive und Faktoren wie die Frische der Produkte, die (ökonomische) Unterstützung der lokalen Anbieter, sowie soziale Interaktionen beim Kauf eine wichtige Rolle. Umweltorientierte Gründe (wie eine Verringerung der Wegstrecke und

damit von Emissionen) haben hingegen beim Kauf von regionalen Produkten direkt vom Erzeuger keine nennenswerte Bedeutung (Martinez, 2010).

Die hier diskutierten Ergebnisse hinsichtlich des PCFs von Spargel werden in allen Punkten auch von Reinhardt *et al.* (2009) bestätigt, die sechs verschiedene Nahrungsmittel einer Klimabilanzierung unterzogen. Diese Untersuchung kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass der Verbraucher durch sein Einkaufs- und Konsumverhalten die letztlich wichtigste Einflussgröße beim PCF von Lebensmitteln darstellen kann.

Jedoch blieben in bisherigen Publikationen die Gründe weitgehend unerforscht, die die Höhe des PCF in der Verbraucherphase bestimmen. Dazu wurde in Publikation 3.3 ein Kausalmodell entwickelt, um diese Einflussgrößen in der Verwendungsphase zu identifizieren. Wie oben beschrieben, wird der PCF neben dem Alter der Haushaltsgeräte durch die Umwelteinstellung, Gesundheitsorientierung und einigen soziodemographische Parameter von Verbrauchern beeinflusst.

Aufgrund des starken direkten Einflusses im Modell würde die Senkung des Alters der elektrischen Haushaltsgeräte einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung des PCF auf Verbraucherebene leisten. Allerdings gibt es in diesem Zusammenhang gewisse Restriktionen wie z.B. finanzieller Art, mangelndes Interesse (Fischer, 2008) und Wissen (Milstein, 1977) über den Verbrauch von Strom und Energie. Anreizsysteme könnten hier eine Gelegenheit bieten diese Hindernisse zu überwinden, wie bestehende Beispiele in Deutschland zeigen. So werden die Verbraucher von Städten oder lokalen Energieversorgern, wie beispielsweise in Leipzig, monetär motiviert Kühl- oder Gefriergeräte auf dem Stand der Technik zu kaufen (Stadtwerke Leipzig, 2014). Ähnliche Programme wurden in der Automobilbranche in verschiedenen Ländern durchgeführt. Zum Beispiel beschreiben Lenski *et al.* (2010), dass im Rahmen des amerikanischen "Cash for Clunkers" –Programm von 2009, Einsparungen von 4,4 Mio. Tonnen durch effizientere Automobile erreicht werden konnten. Beim Screening der Literatur zur Beurteilung des ökologischen Nutzen solcher Programme wird jedoch klar, dass nicht nur die zukünftigen Einsparungen bei Emissionen, sondern auch vor- und nachgelagerte Prozesse

(Kim *et al.*, 2003; Spitzley *et al.*, 2005) zu berücksichtigen sind. In Bezug auf diese Prozesse werden die ökologischen Vorteile ambivalent diskutiert, da z.B. die Herstellung von Autos einen erheblichen Teil der gesamten Emissionen des Produkts über die gesamte Lebensdauer verursacht. Dies könnte auch teilweise für Haushaltsgeräte gelten, obwohl es bei diesen langlebigen Gebrauchsgütern einfacher ist, die zukünftigen Energieeinsparungen zu prognostizieren, da davon ausgegangen werden kann, dass der Kühlschrank das ganze Jahr konstant in Betrieb ist. Weitere Faktoren, die die Wirksamkeit solcher Anreizprogramme teilweise in Frage stellen, sind die so genannten Rebound- (z.B. Menschen nutzen ein Gerät häufiger weil es energieeffizienter ist) oder generelle Mitnahmeeffekte, d.h. auch die Menschen nutzen die Vorteile der Anreizprogramme, die ihre Geräte auch ohne solche Programme erneuert hätten.

Eine weitere wichtige Möglichkeit zur Senkung der Emissionen in der Nutzungsphase eines Produktes ist, die Verbrauchsgewohnheiten bzw. das Verhalten zu beeinflussen, zum Beispiel durch Förderung eines stärkeren Klimabewusstseins. Frühere Studien in diesem Bereich (Aertsens *et al.*, 2009; Arslan *et al.*, 2012; Deinert und Pape, 2011; Jungbluth *et al.*, 2000; Rosipal und Krämer, 2006) zeigen, dass eine Änderung im Verhaltensmuster in der Nutzungsphase von Lebensmitteln mit einem erheblichen Emissionsreduktionspotenzial einhergeht.

Neben weiteren Forschungsprojekten hierzu sind Information und Kommunikation von verschiedenen Stakeholder-Gruppen (z.B. Regierungen oder staatlichen Behörden, Umweltorganisationen, Verbraucherschutzorganisationen, Lebensmittelindustrie oder Handel) erforderlich, um das Verbraucherverhalten zu beeinflussen. Allerdings sollte man sich bewusst sein, dass dies einen langfristigen Prozess darstellt und koordinierte Aktivitäten von Seiten der verschiedenen Institutionen erfordert.

Einen ersten Schritt hierzu könnte der bewusste Kauf von klimaschonend produzierten Lebensmitteln darstellen. Allerdings muss diese Information zunächst auf dem Produkt (oder in anderer geeigneter Weise am Point-of-Sale) kommuniziert werden und eine Relevanz in der Kaufentscheidung des

Verbrauchers bekommen. Publikation 3.4 beschreibt die Bedeutung dieser Informationen zum PCF und kommt zum Schluss, dass dieser Faktor für die Mehrheit der Probanden noch eine untergeordnete Stellung im Portfolio der am Produkt kommunizierten Informationen hat. So stehen Herkunft und Preis an der Spitze der wichtigsten kaufbeeinflussenden Faktoren von Spargel. Herkunft wird, laut den Ergebnissen aus Publikation 3.4, zumeist sogar wichtiger eingeschätzt als die Produktionsmethode (Bio/Konventionell), was sowohl Zander und Hamm (2010) als auch Roosen *et al.* (2012) in ihren Arbeiten bestätigen. Ein Grund für die noch geringe Bedeutung der Informationen zum Carbon Footprint könnte darin liegen, dass diese Informationen oftmals in Form von Labels kommuniziert werden, die für Konsumenten oft schwer verständlich und intransparent sind und durch ihre Vielfalt eher zur Verwirrung beitragen, was Studien von Langley *et al.* (2012), Gadema und Oglethorpe (2011) sowie Hartikainen *et al.* (2014) bestätigen. Allerdings kann der Verbraucher ohne weiterführende Unterstützung oder sachgerechte Informationen nur sehr schwer diejenigen Lebensmittel identifizieren, die höhere klimaschädigende Emissionen aufweisen als andere (Sharp und Wheeler, 2013). Um daher eine sachgerechte Kaufentscheidung hinsichtlich klimafreundlicher Lebensmittel treffen zu können, sind entsprechende Informationsangebote für den Verbraucher in diesem Feld also als durchaus sinnvoll zu erachten. Laut einer Studie des Prognos-Instituts (Dirks *et al.*, 2010) bewerten die deutschen Verbraucher insbesondere ein gemeinsames Label für positive Eigenschaften von Lebensmitteln, Fernsehbeiträge über Ernährung und Klima sowie ein eigenes Klima-Label als adäquate Informationsquellen hierzu. Durch weiter zunehmende Medienberichterstattung über den Klimawandel und seine für den Menschen in verschiedenen Regionen bereits jetzt mehr oder weniger spürbaren Auswirkungen, könnte eine Schärfung des Verbraucherbewusstseins für Klimafragen in Zukunft stärker eintreten und eine entsprechende Kommunikation dieser Informationen notwendig machen.

Diskussion der methodischen Vorgehensweise

Eine Analyse von umweltfreundlichem Verhalten mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen wurde bereits in früheren Studien angewendet (z.B. Arslan *et al.*, 2012; Manetti *et al.*, 2004). Aufgrund der ex ante aufgestellten Hypothese, dass der PCF von einem großen Set (latenter) Variablen beeinflusst wird und somit in einem komplexen Modell resultiert, wurde der PLS-Ansatz gewählt, um Fehlspezifikationen von Variablen zu minimieren. Ein weiterer Grund für die Verwendung des PLS-Ansatzes, war die Möglichkeit eine valide Schätzung des Modells auch mit einer relativ kleinen Stichprobengröße zu ermöglichen. Bei einer Stichprobengröße von $n = 168$ ist unsere Studie in Einklang mit den Anforderungen von Huber (2007), allerdings resultiert möglicherweise die Kombination aus einer relativ kleinen Stichprobe und der Komplexität des aufgestellten PLS- Modells in Einschränkungen bei der statistische Aussagekraft des Modells. Somit würde eine höhere Anzahl der Befragten, zusammen mit einer kleineren Anzahl von Faktoren, die statistische Aussagekraft des Modells erhöhen. Eine weitere Maßnahme, die Erklärungskraft der Modellschätzung zu erhöhen, wäre die jeweiligen Statementbatterien durch weitere Aussagen zu vergrößern, um somit eine breitere Basis von Indikatoren für die latenten Variablen zu erhalten. Dies könnte aber wiederum zu Problemen bei der Länge des Fragebogens und der daraus resultierenden Rücklaufquote führen.

Eine Besonderheit der vorliegenden Studie ist die Verwendung von eigens erhobenen Daten für das Verbraucherverhalten im Rahmen des Verbraucherpanels. Die Panelerhebung fand im Zeitraum von April bis Juli 2012 statt. Dieser beschränkte Zeitraum würde bei anderen Untersuchungsfragen eventuell zu Verzerrungen führen, jedoch für das gewählte Beispielprodukt Spargel bildet dieser Zeitraum den Nachfragehöhepunkt des gesamten Jahres ab. Da bei Panelbefragungen die Teilnehmer über längere Zeit befragt werden, ist anzunehmen, dass die Motivation der Teilnehmer im Erhebungszeitraum variiert und sogar zu einer gänzlichen Aufgabe der Teilnahme führen kann, während das Panel noch im Gange ist. Dieses sogenannte "Panelsterben" (Meffert *et al.*, 2012) ist eines der größten Probleme von Verbraucherpanel-Erhebungen am Ende des Erhebungszeitraumes. Um diesen Effekt zu minimieren, wurden Anreize in Form einer Verlosung gegeben, gepaart mit

monatlichen Motivationsschreiben. Die Verlosung reichte aus, um 168 Teilnehmer bis zum Ende des Panels zur aktiven Rücksendung der Fragebögen zu bewegen. Jedoch hätte diese Zahl vermutlich erhöht werden können, wenn regelmäßig Geld oder geldwerte Leistungen an die Teilnehmer gezahlt worden wären, wie bei Verbraucherpanels kommerzieller Marktforschungsinstitute üblich.

Da die Paneldaten selbstberichtet sind, könnte es weiterhin Unsicherheiten zwischen dem tatsächlichen Verhalten der Befragten und den im Fragebogen gemachten Angaben geben. Aus organisatorischen und Praktikabilitätsgründen berichteten die Panelteilnehmer diese Sachverhalte selbst, was dazu führt, dass Verzerrungen bei den gemachten Angaben (z.B. Genauigkeit hinsichtlich Einkaufsmenge, gefahrene Strecke etc., verwendete Menge Wasser zum Kochen) nicht vollständig auszuschließen sind. Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen diese Einschränkungen berücksichtigt werden. Andererseits wäre eine direkte Beobachtung der Panel-Teilnehmer für einen längeren Zeitraum (technisch) nur sehr bedingt möglich gewesen, so dass das selbstberichtende Verfahren der einzige Weg war, um empirische Daten für diese Fragestellungen zu erhalten. Darüber hinaus sind die Daten aus einer Verbraucher-Panelerhebung über einen längeren Untersuchungszeitraum für den Untersuchungszweck dieser Studie wahrscheinlich als geeigneter zu beurteilen, als solche aus einer einmaligen Befragung, bei der die Teilnehmer Daten aus der Vergangenheit berichten sollen. Im Vergleich zu anderen Studien, die sich mit umweltfreundlichen Verhalten beschäftigten, sollte die besondere Struktur unserer Stichprobe hinsichtlich der soziodemographischen Merkmale berücksichtigt werden. Mit einem hohen Anteil an gut ausgebildete Frauen mittleren Alters und überdurchschnittlichem Einkommen in der Stichprobe, können die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Bevölkerung in Deutschland übertragen werden. Allerdings deckt sich die soziodemographische Struktur der Stichprobe des Verbraucherpanels relativ gut mit „typischen“ Kunden von Gartenbauprodukten (z.B. Schöps, 2013 oder Behr und Niehues, 2009). Vergleicht man die Ergebnisse früherer Untersuchungen zum Zusammenhang von soziodemographischen Merkmalen und umweltfreundlichem Verhalten, so findet man Studien, die eine Verbindung zwischen Alter und umweltfreundlichem Verhalten zum Ergebnis haben (Vining und

Ebreo, 1990), während auf der anderen Seite Studien existieren, die Alter als keinen bedeutenden Faktor in diesem Zusammenhang sehen (Meneses, 2005). Diese ambivalenten Untersuchungsergebnisse findet man auch für die Eigenschaften Geschlecht, Bildung und Einkommen (Sidique *et al.*, 2010).

Ein Phänomen, das insbesondere bei mündlichen Befragungen (wie bei der durchgeführten POS-Befragung zum Einfluss von Informationen des PCF zur Kaufentscheidung) zu ethisch korrektem Verhalten häufig auftritt, ist das Problem der sozial erwünschten Antworten. Darunter versteht man eine Antwortverzerrung, indem die Befragten die Antworten an die Erwartungen der Umwelt anpassen (Lakitsch, 2009).

Dies sprach gegen eine Untersuchung basierend auf Daten einer klassischen Befragung und für den Einsatz der IDM, die als etwas robuster gegenüber sozial erwünschtem Antwortverhalten angesehen wird (Schnell *et al.*, 2008). Dies wird durch die geringe Interviewerbeteiligung durch die Verwendung eines (Tablet-) Computers und der indirekten Abfrage des kritischen Sachverhaltes begründet (Schnell *et al.*, 2008). Nichtsdestotrotz bleibt die IDM ein Experiment mit einer abiotischen Untersuchungssituation, da die Informationen in abstrakter Form (Payne, Braunstein & Carroll, 1978 zitiert nach Mühlbacher und Kirchler, 2003) auf einem Computer und nicht am Produkt präsentiert werden. Weiterhin ist bei der Interpretation der Ergebnisse, die aus dem IDM-Experiment gewonnen wurden, zu beachten, dass zum einen den Probanden mehr Informationen als in einer realen Kaufentscheidung geboten werden und zum anderen diese Informationen nicht gleichzeitig, sondern durch den typischen Aufbau des Experimentes erst nacheinander kognitiv verarbeitet werden können (Mühlbacher und Kirchler, 2003). Dies kann zu entsprechenden Verzerrungen der Ergebnisse führen.

Die theoretische Basis für das in dieser Arbeit entwickelte Kausalmodell, zur Erklärung des PCF in der Verwendungsphase von Spargel, ist dadurch beeinträchtigt, dass etablierte Theorien zur Erklärung des Konsumverhaltens für die untersuchte Fragestellung nur bedingt angewendet werden konnten. Diese

Theorien (wie z.B. Ajzen und Fishbein`s Theorie of planned behavior (Ajzen, 1977)) zielen primär darauf ab, die Verhaltensabsicht oder das Verhalten v.a. bei Auswahlentscheidungen (z.B. Kauf oder Nicht-Kauf eines Produktes) zu erklären, allerdings nicht eine aggregierte Größe, wie die Höhe des PCF, die aus einer Kombination aktueller und vergangener (Konsum)Handlungen (z.B. Kauf eines bestimmten Haushaltsgerätes vor mehreren Jahren) resultiert. Daher wurde ein eigener Forschungsrahmen für diese Arbeit aufgebaut, jedoch nicht mit dem Ziel eine eigenständige Theorie zu entwickeln, sondern bestimmte Faktoren in einem Kausalmodell zur Höhe des PCF in der Verbraucherphase zu erklären und empirisch zu testen. Aus diesem Grund sollte der Fokus zukünftiger Arbeiten in der theoretischen Weiterentwicklung eines solchen Modells sowie in der Entwicklung und eventuellen Anwendungen einer Theorie mit einer stärkeren konzeptionellen Basis liegen. Dennoch ermöglicht gerade der PLS-Ansatz Interaktionen zwischen Variablen zu ermitteln, auch wenn keine breite theoretische Grundlage dahinter steht und das Modell v.a. auf sachlogischen Überlegungen des Anwenders fußt (Huber, 2007). Um das entwickelte Modell weiter zu prüfen, ist in zukünftigen Forschungsvorhaben empfehlenswert, dieses Modell bei anderen Produkten aus dem Lebensmittelbereich anzuwenden, ggf. zu adaptieren und in der Folge weiterzuentwickeln.

Eine weitere Einschränkung der vorliegenden Dissertation ist, trotz der Bemühungen um eine Vereinheitlichung in der Berechnung und Schaffung spezieller Spezifikationen für bestimmte Branchen wie es mit der Einführung des PAS 2050-1 horticulture angestoßen wurde, die Unsicherheit der Vorgehensweise bei der Berechnung der Verbraucherphase. Hier fehlen sowohl detailliertere methodische Vorgaben in den Berechnungsstandards als auch eine breite empirische Datenbasis, da aufgrund des großen Aufwandes einer eigenen Erhebung in der Verbraucherphase die Zahl entsprechender Studien als noch sehr überschaubar gilt. Aber bereits diese wenigen Studien zeigen, dass insbesondere die Heterogenität des Verbraucherverhaltens (wie z.B. bei Sima et al., 2012 oder Schaefer und Blanke, 2012 ersichtlich) bei Kauf, Nutzung und Entsorgung z.B. von Lebensmitteln eine erhebliche Herausforderung für die PCF-Berechnung und die Entwicklung entsprechender Standards für die methodische Vorgehensweise darstellen. Auf Produktionsseite wurden sogenannte Product

Category Rules (PCR) entwickelt, die exakt beschreiben, wie die Berechnung bei bestimmten Produktkategorien zu erfolgen hat. Dies könnte für bestimmte Prozesse in der Konsumentenphase (z.B. Einkaufsfahrt, Verwendung/Zubereitung etc.) analog ausgearbeitet werden. So könnte in Zukunft eine bessere Vergleichbarkeit von PCF-Berechnungen über die gesamte Wertschöpfungskette gewährleistet werden und so das Verbraucherverhalten auch international auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten überprüft werden.

Beim Thema Verbraucherkennezeichnung mit Informationen zum PCF besteht noch erheblicher weiterer Forschungsbedarf. Wurde in dieser Arbeit nur der Teilbereich Obst/Gemüse und speziell Spargel betrachtet, sollten zukünftig noch weitere Produkte aus dem Lebensmittelbereich untersucht werden, bei denen der Verbraucher entweder sehr stark auf Herkunftsaspekte achtet oder von Lebensmittel-Produkten, deren Konsum für sehr hohe CO₂-Emissionen verantwortlich sind, wie z.B. Fleisch oder Milchprodukte (Grünberg et al., 2010). Auch im Hinblick auf andere Produkt- und Warengruppen außer Lebensmittel sollte die Relevanz einer CO₂-Kennezeichnung für den Verbraucher in Zukunft untersucht werden. Allerdings nur unter der Prämisse, dass o.g. methodische Aspekte vor Einführung eines solchen Labels auch international harmonisiert werden.

5. Schlussfolgerungen

Der Verbrauchereinfluss wurde in der Vergangenheit bei vielen Berechnungen des PCF entweder vernachlässigt oder unterschätzt. Die vorliegende Dissertation leistet einen Beitrag dazu, den Anteil des Verbrauchers an der Gesamtbilanz auf Basis empirischer Daten besser einordnen zu können. Zur Erreichung der Klimaziele darf daher der Fokus der Politik hinsichtlich der Reduktion von Emissionen nicht ausschließlich auf Unternehmen liegen, sondern sollte ganz gezielt den Verbraucher in entsprechende Strategien mit einbinden. So sind oben genannte Anreizsysteme zum Energiesparen (und somit Emissionen) im Haushaltsgerätebereich ein erster Schritt in diese Richtung. Jedoch sollten Kampagnen beim Verbraucher auch an den Einflussfaktoren mit hohem Einsparpotenzial - wie beispielsweise der Einkaufsfahrt - ansetzen, die zunächst eine Bewußtseinsbildung und

Verhaltensänderung und erst in einem weiteren Schritt Investitionen, in z.B. emissionsärmere Kraftfahrzeuge, erfordern. Eine Bewußtseinsbildung und Verhaltensänderung in diesem Kontext bedarf allerdings großer Anstrengungen aller handelnden Akteure, denn nach wie vor herrscht offensichtlich eine Diskrepanz zwischen der Zustimmung von Verbrauchern zu nachhaltigen Handlungsweisen und der entsprechenden konkreten Umsetzung im Lebens- und Konsumalltag (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2013). So scheiterten in der Vergangenheit auch spielerische Ansätze zur Bewusstseinschärfung wie die App ‚Get-neutral.de‘, die im Jahr 2013, also zwei Jahre nach der Gründung, bereits schon nicht mehr online war. ‚Get-neutral‘ zeigte durch eine Datenbank mit generischen CO₂-Fußabdrücken, wieviel CO₂ die Herstellung eines Produktes verursachte (ohne die Einbindung des Verbraucherverhaltens). Der Nutzer konnte mit dem Smartphone die Strichcodes verschiedener Produkte einscannen und erhielt dafür „Klimapunkte“. Für eingeleseene Produkte spendeten die Sponsoren der App für Klimaschutzprojekte und man konnte somit die Emissionen des Produktes „neutralisieren“ (Umwelthauptstadt.de, 2012). So könnten am Ende eventuell doch Anreizprogramme zum Kauf energieeffizienter Hausgeräte oder emissionsärmeren Kraftfahrzeugen, z.B. in Form eines Elektroantriebes, kurzfristige Effekte zeigen, als dies bei Handlungs- oder Verhaltensänderungen der Konsumenten der Fall wäre.

Durch nach wie vor nicht einheitliche Vorgehensweisen, v.a. bei der Integration des Verbrauchers in die PCF-Berechnung, ist die Einführung eines Labels mit der Ausweisung des CO₂-Fußabdruck eines Produktes eher kritisch zu sehen. Auch die durch unterschiedliche Vorgehensweisen einhergehende eingeschränkte Vergleichbarkeit von Produkten spricht gegen eine solche Kennzeichnung. Jedoch sollten bei entsprechend klimaschonender Produktion die Anstrengungen eines Herstellers im Sinne einer Positivkennzeichnung in ähnlicher Form wie durch das Schweizer Label von Climatop honoriert werden dürfen, wo solche Produkte ausgezeichnet werden, die weniger Emissionen als vergleichbare Produkte aufweisen (Ecolabelindex, 2015). Durch das „best-in-class“-Konzept des Climatop-Labels soll damit der Wettbewerb stimuliert werden, ständige Verbesserungen im Klimaschutz zu erreichen. Gleichzeitig sollten die Verbraucher zu einer klimaschonenden und verantwortungsvollen

Verwendungsweise durch entsprechende Hinweise auf der Verpackung oder dem Point-of-Sale angehalten werden. Aus dem Textilbereich gibt es bereits privatwirtschaftliche Initiativen in dieser Richtung, wie das Beispiel des Jeansherstellers Levi Strauss & Co. mit seinem „Care Tag for Our Planet“ zeigt. Auf diesem Label werden speziell für die Konsumentenphase Tipps für eine umweltschonende Pflege des Kleidungsstückes gegeben. Daneben hat Levi Strauss & Co. auch Wettbewerbe wie „Care to Air“ ins Leben gerufen, wo Kunden aufgerufen waren, innovative Methoden der Lufttrocknung der Kleidungsstücke (statt in einem energieintensiven Trockner) zu entwickeln (Levi Strauss & Co., 2010).

Unter Klimagesichtspunkten und unter Einbezug des Verbraucherverhaltens scheint entsprechend den Ergebnissen dieser Dissertation eine Direktvermarktung über einen Verkaufsstand als vorteilhafter als der Verkauf über den Supermarkt oder ein Direktverkauf ab Hof, obwohl viele Verbraucher annehmen, mit dem Kauf ab Hof nachhaltig zu handeln. Durch ein noch dichteres Netz an Verkaufsständen würde die Notwendigkeit für den Konsumenten verringert, die emissionsintensivere Fahrt zum Ab-Hof-Verkauf antreten zu müssen und Verbraucher könnten dennoch regionale Lebensmittel direkt vom Erzeuger beziehen.

Die Verringerung von Treibhausgasemissionen setzt - wie diese Dissertation zeigt - ein Zusammenspiel verschiedener Akteure, Faktoren, technischen Komponenten und Verhaltensweisen voraus. Dies kann daher nicht nur mit Anstrengungen auf Produzentenseite einhergehen, sondern letztlich steht auch der Verbraucher in großer Verantwortung, an diesem Ziel aktiv mitzuwirken. Nicht nur indem er Produkte bevorzugt, die klimafreundlich produziert werden, sondern auch indem er sich Verhaltensweisen zu eigen macht, die, geprägt durch ein ‚Klimabewusstsein‘, dieser großen Herausforderung für die gesamte Menschheit gerecht werden.

6. Literaturverzeichnis

- Aertsens, J., Verbeke, W., Mondelaers, K., van Huylenbroeck, G. (2009) Personal determinants of organic food consumption: a review. *British Food Journal*, 111, 1140–1167.
- Ajzen, I.F.M. (1977) Attitude-Behavior Relations: A theoretical analysis and review of empirical research. Online-Adresse: http://www.thecre.com/tpsac/wp-content/uploads/2011/02/Appendix2_AttitudevsAction_ByAjzenFishbein1977.pdf (abgerufen am 21.08.2015).
- Armstrong, G., Kotler, P., Kotler-Armstrong-Saunders-Wong, ., Saunders, J., Walther, W., Wong, V. (2004) *Grundlagen des Marketing*, 3. Auflage. Pearson Studium, München.
- Arslan, T., Yilmaz, V. und Aksoy, H. K. (2012) Structural equation model for environmentally conscious purchasing behavior. *Int. J. Environ. Res.*, 323–334.
- Backhaus, K. (2000) *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung ; mit 230 Tabellen*, 9. Auflage. Springer, Berlin.
- Behr, H.-C. (2012) *Markt Bilanz Gemüse 2012*. Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI), Bonn.
- Behr, H., Niehues, R. (2009) Markt und Absatz. In: *Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus, vTI - Landbauforschung (330)*, 69–98.
- Berekoven, L., Eckert, W., Ellenrieder, P. (2001) *Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, 9. Auflage. Gabler, Wiesbaden.
- Bergmann, U. (2009) *PCF case study Persil Megaperls by Henkel AG & CO. KGAA. Dokumentation*, Berlin.
- Blanke, M. (2012) Der klimafreundliche Apfel von nebenan. *InnoFrutta*, 4–7.
- Blickwedel, P. (2010) *Produktbezogene Klimaschutzstrategien: Product Carbon Footprint verstehen und nutzen*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- Bollen, K.A. (1989) *Structural equations with latent variables*. Wiley, New York, NY.
- BSI (2011) *PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. The British Standards Institution. Online-Adresse: <http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/>. (abgerufen am 15.09.2015).
- BSI (2012) *PAS 2050-1:2012 Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products*. The British Standards Institution. Online-Adresse: <http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050-1.pdf> (abgerufen am 15.09.2015).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2013) *Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum*.

Bundesregierung (2015a) Abschlusserklärung G7-Gipfel. Online-Adresse:

https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/G8_G20/2015-06-08-g7-abschluss-deu.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 10.07.2015).

Bundesregierung (2015b) Neuer Klimavertrag beschlossen. Online-Adresse:

<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/12/2015-12-12-klimaabkommen.html> (abgerufen am 13.01.2016).

Carnap, R. (1966) *Philosophical foundations of physics*. 2nd edn. Basic Books, New York.

Chin, W.W., Newsted, P.R. (1999) Structural equation modeling analysis with small samples using partial least squares. In: *Statistical strategies for small sample research* (ed, by R.H. Hoyle), 307–341. SAGE Publications, Thousand Oaks.

Coley, D., Howard, M., Winter, M. (2009) Local food, food miles und carbon emissions: A comparison of farm shop und mass distribution approaches. *Food Policy*, 34, 150–155.

Decker, T. (2010) *Verbraucherverhalten beim Kauf eines privaten Gebrauchsguts am Beispiel Heizung*. Attenkofer, Straubing.

Deinert, C., Pape, J. (2011) *Der PCF - Product Carbon Footprint. Die Methodik bei Märkisches Landbrot*. oekom, München.

Dierks, S. (2008) *Case study Tchibo Privat Kaffee rarity machareby*, Berlin.

Dirks, H., Kaiser, S., Klose, G., Pfeiffer, I. und Backhaus, M. (2010) *Verbrauchermonitoring - Perspektiven der Verbraucher zum Klimaschutz: Mobilität & Ernährung*. Prognos, Berlin.

Ecolabelindex (2015) Information on Climatop-Label. Online-Adresse:

<http://www.ecolabelindex.com/ecolabel/climatop> (abgerufen am 15.12. 2015).

Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hirsch R., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M. (2005) The ecoinvent database: Overview and methodological framework, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10, 3–9.

Fischer, C. (2008) Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Energy Efficiency*, 1, 79–104.

Fuchs, A. (2011) *Methodische Aspekte linearer Strukturgleichungsmodelle. Ein Vergleich von kovarianz- und varianzbasierten Kausalanalyseverfahren*, Würzburg.

Gabriel, A., Klein, A., Menrad, K., Engelhard, K. (2011) Zahlungsbereitschaft von Kunden im gärtnerischen Einzelhandel für Pflanzentöpfe aus nachwachsenden bzw. recycelten Rohstoffen. Online-Adresse: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/114725/2/Gabriel_et_al_-_Poster.pdf (abgerufen am 21.08.2015).

Gadema, Z., Oglethorpe, D. (2011) The use und usefulness of carbon labelling food: A policy perspective from a survey of UK supermarket shoppers. *Food Policy*, 36, 815–822.

- Greaves, M., Zibarras, L.D., Stride, C. (2013) Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 34, 109–120.
- Greenhouse gas protocol (2011) Product life cycle accounting and reporting standard. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development, Washington, DC, Geneva, Switzerland.
- Grünberg, J., Nieberg, H., Schmidt T.G. (2010) Treibhausgasbilanzierung von Lebensmitteln (Carbon Footprints): Überblick und kritische Reflektion. *Landbauforschung*, 60, 53–72.
- Grunert, S., Juhl, H. (1995) Values, environmental attitudes and buying of organic foods. *Journal of Economic Psychology*, 16, 39–62.
- Haenlein, M., Kaplan, A.M. (2004) A Beginner's guide to partial least squares analysis. *Understanding statistics*, 3, 283–297.
- Handels Magazin (2012) Einkaufsmenge von Obst, Gemüse und Kartoffeln privater Haushalten in Deutschland zwischen 2009 und 2011 (in Millionen Tonnen). Online-Adresse: http://markant.de/mm/HM_0612_Heft.pdf (abgerufen am 13.08.2015).
- Hartikainen, H., Roininen, T., Katajajuuri, J.-M., Pulkkinen, H. (2014) Finnish consumer perceptions of carbon footprints und carbon labelling of food products. *Journal of Cleaner Production*, 73, 285–293.
- Henseler, J., Ringle, C.M., Sinkovics, R.R. (2009) The use of partial least squares path modeling in international marketing. In: *New challenges to international marketing* (herausgegeben von R.R. Sinkovics, P.N. Ghauri), 277–320. Emerald Jai, Bingley.
- Herrmann, A., (Hrsg.) (2008) *Handbuch Marktforschung. Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele*, 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Gabler, Wiesbaden.
- Herrmann, A., Huber, F., Kressmann, F. (2006) Varianz- und kovarianzbasierte Strukturgleichungsmodelle - Ein Leitfaden zu deren Spezifikation, Schätzung und Beurteilung. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 58, 34–66.
- Huber, F. (2007) *Kausalmodellierung mit Partial Least Squares. Eine anwendungsorientierte Einführung*, 1. Auflage, Gabler, Wiesbaden.
- ISO (2013) ISO-Norm 14067: Greenhouse gases – Carbon footprint of products – requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization, Genf.
- Johnson, E.J. (2001) Digitizing consumer research. *Journal of Consumer Research*, 28, 331–336.
- Jung, S. (2008) *Maßnahmen zur Einsparung elektrischer Energie in privaten Haushalten und deren Darstellung im Technikunterricht*. GRIN Verlag.

- Jungbluth, N., Tietje, O., Scholz, R.W. (2000) Food purchases: Impacts from the consumers' point of view investigated with a modular LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5, 134–142.
- Kalafatis, S.P., Pollard, M., East, R., Tsogas, M.H. (1999) Green marketing und Ajzen's theory of planned behaviour: a cross-market examination. *Journal of Consumer Marketing*, 16, 441–460.
- Kaplan, D. (2009) *Structural equation modeling. Foundations und extensions*, 2. Auflage. SAGE, Los Angeles.
- Kendall, A., McPherson, E.G. (2012) A life cycle greenhouse gas inventory of a tree production system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 444–452.
- Kim, H.C., Keoleian, G.A., Grunde, D.E., Bean, J.C. (2003) Life cycle optimization of automobile replacement: model und application. *Environmental science & technology*, 37, 5407–5413.
- Kleiner, A. (1991) What does it mean to be green? *Harvard Business Review*, 69, 38–47.
- Kline, R.B. (2011) *Principles und practice of structural equation modeling*, 3rd edn. Guilford Press, New York.
- Kroeber-Riel, W., Weinberg, P., Gröppel-Klein, A. (2009) *Konsumentenverhalten*, 9., überarbeitete, aktualisierte und ergänzte Auflage Vahlen, München.
- Kuss, A. (1987) *Information und Kaufentscheidung. Methoden und Ergebnisse empirischer Konsumentenforschung*. W. de Gruyter, Berlin, New York.
- Lakitsch, S. (2009). *Soziale Erwünschtheit in der Markt –und Meinungsforschung*. Verlag Grin, Nordstedt.
- Langley, E., Dickman, A., Jenner, M., Duke, C., Suter, J., Sinn, M., Boulose, S., Dolley, P. (2012) *Research on EU product label options. Final Report*, London.
- Lehmann, D.R., Moore, W.L. (1980) Validity of information display boards: An assessment using longitudinal data. *Journal of Marketing Research*, 17, 450.
- Lenski, S.M., Keoleian, G.A., Bolon, K.M. (2010) The impact of 'Cash for Clunkers' on greenhouse gas emissions: a life cycle perspective. *Environmental Research Letters*, 5, 44003.
- Levi Strauss & Co. (2010) Levi Strauss & Co. announces winner of design challenge to find new, innovative ways to air dry clothes. Online-Adresse: <http://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2014/01/Levi-Strauss-Co.-Announces-Winner-of-Design-Challenge-to-Find-New-Innovative-Ways-to-Air-Dry-Clothes-.pdf> (abgerufen am 20.09.2015).
- Luske, B. (2010) Comprehensive carbon footprint assessment dole bananas. Online-Adresse: <http://dolecrs.com/performance/carbon-footprint-assessment/background-information/> (abgerufen am 30.10. 2012).
- Manetti, L., Pierro, A., Livi, S. (2004) Recycling: Planned and self-expressive behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 227–236.

- Martinez, S. (2010) Local Food Systems. Concepts, impacts, and issues. Economic research report, 97. United States Department of Agriculture, Washington D.C..
- Matschenz, L. (2008) Grundlagen der Produktökobilanz nach DIN EN ISO 14040. Mit dem Fallbeispiel: Schweizer Banknote. Grin Verlag GmbH, München.
- Meffert, H., Burmann, C., Kirchgeorg, M. (2012) Marketing. Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung; Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele, 11. Ausgabe. Gabler, Wiesbaden.
- Meneses, G.D. (2005) Recycling behavior: A multidimensional approach. *Environment and behavior*, 37, 837–860.
- Milstein, J. (1977) Attitudes, knowledge and behavior of american consumers regarding energy conservation with some implications for governmental action. *Advances in Consumer Research*, 4, 315–321.
- Mohr, M. (2013) Consumer Carbon Footprint beim Einkauf von Bioprodukten. Shaker Verlag, Aachen.
- Mühlbacher, S., Kirchler, E. (2003) Informations-Display-Matrix. Einsatz- und Analysemöglichkeiten. *Der Markt*, 42, 147–152.
- Park, H.S., Levine, T.R., Sharkey, W.F. (1998) The theory of reasoned action and self-construals: Understanding recycling in Hawai'i. *Communication Studies*, 49, 196–208.
- Paxton, A. (1994) The food miles report. The dangers of long distance food transport. S.A.F.E. Alliance, London.
- PE International (2013) Life cycle assessment software GaBi including professional database. Version 6.
- Pitts, R.E., Woodside, A.G. (1984) Personal values and consumer psychology. Lexington Books, Lexington, Mass.
- Priess, R. (2009) Product Carbon Footprinting – Ein geeigneter Weg zu klimaverträglichen Produkten und deren Konsum? Erfahrungen, Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Product Carbon Footprint Pilotprojekt Deutschland. Thema1, Berlin.
- Quack, D., Grießhammer, R., Teufel, J. (2010) Requirements on consumer information about product carbon footprint. Öko-Institut, Freiburg.
- Grießhammer, R. (2009) Memorandum Product Carbon Footprint Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für internationale Standardisierung und Harmonisierung, Berlin.
- Reinhardt, G., Gärtner, S., Münch, J., Häfele, S. (2009) Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel. Energie- und Klimagasbilanz, Heidelberg.
- Ressourcen Management Agentur (RMA) (2011) Projekt ToKar - Endbericht (Vers. 1.0). CO₂-Bilanzierung von Tomaten, Kopfsalaten, Karotten und Zwiebeln. Online-Adresse: <http://www.rma.at/sites/new.rma.at/files/TOKAR%20Endbericht.pdf> (abgerufen am 30.10. 2012).

- Ringle, C.M. (2004a) Gütemaße für den Partial Least Squares- Gütemaße für den Partial Least Squares-Ansatz zur Bestimmung von Kausalmodellen. Online-Adresse: http://marketingcenter.de/mcm/studium/veranstaltungen/downloads/2011_WS/AdvancedMarketResearch/Ringle_WP_2004_Guetemasse.pdf (abgerufen am 22.11.2013).
- Ringle, C.M. (2004b) Kooperation in virtuellen Unternehmungen. Auswirkungen auf die strategischen Erfolgsfaktoren der Partnerunternehmen, 1. Aufl. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden.
- Ringle, C.M., Wende, S., Will, A. (2005) SmartPLS. SmartPLS, Hamburg.
- Roberts, J. (1991) The development of a profile of the socially responsible consumer for the 1990s and its marketing management und public policy implications. Doctoral Thesis, Lincoln, NE.
- Röös, E. (2013) Analysing the Carbon Footprint of Food. Insights for consumer communication, Uppsala.
- Roosen, J., Köttl, B., Hasselbach, J. (2012) Can local be the new organic? Food choice motives und willingness to pay. Online-Adresse: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/123512/2/Roosen_CanLocalBeTheNewOrganic.pdf (abgerufen am 03.11.14).
- Rosipal, R., Krämer, N. (2006) Overview und Recent Advances in Partial Least Squares. In: Subspace, Latent Structure und Feature Selection (herausgegeben von D. Hutchison, T. Kanade, J. Kittler, J.M. Kleinberg, F. Mattern, J.C. Mitchell, M. Naor, O. Nierstrasz, C. Punduru Rangan, B. Steffen, M. Sudan, D. Terzopoulos, D. Tygar, M.Y. Vardi, G. Weikum, C. Saunders, M. Grobelnik, S. Gunn, J. Shawe-Taylor), 34–51. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rossiter, J. (2002) The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing. *International Journal of Research in Marketing*, 19, 305–335.
- Schächtele, K., Hertle H. (2007) Die CO₂ Bilanz des Bürgers. Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO₂ Bilanzen, Heidelberg.
- Schäfer, F., Blanke, M. (2012) Farming und marketing system affects carbon und water footprint – a case study using Hokaido pumpkin. *Journal of Cleaner Production*, 28, 113–119.
- Schlich M., S.E. (2011) Consumer response to the Product Carbon Footprint (PCF). *Proceedings of Life Cycle Assessment XI: Green Future Markets*, Chicago, 04.-06. October 2011.
- Schlossberg, H. (1991) Green marketing has been planted - now watch it grow. *Marketing News*, 4, 26–30.
- Schnell, R., Hill, P.B., Esser, E. (2008) *Methoden der empirischen Sozialforschung*, 8., unveränd. Aufl. Oldenbourg, München [u.a.].
- Schöps, J. (2013) Kundenzufriedenheit in direkt absetzenden Einzelhandelsgärtnereien. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

- Schumacker, R.E. (2010) A beginner's guide to structural equation modeling, 3.Ausgabe. Routledge, New York.
- Sharp, A., Wheeler, M. (2013) Reducing householders' grocery carbon emissions: Carbon literacy und carbon label preferences. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 21, 240–249.
- Shetzer, L.S.R.a.M.L. (1991) Business environment attitudes und the new environmental paradigm. *Journal of Environmental Education*, 22, 14–21.
- Sidique, S.F., Lupi, F., Joshi, S.V. (2010) The effects of behavior und attitudes on drop-off recycling activities. *Resources, Conservation und Recycling*, 54, 163–170.
- Sima, A., Möhrmann, I., Thomae, D., Schlich, E. (2012) Einkaufswege als Teil des Consumer Carbon Footprints (CCF) Zum Anteil. Zum Anteil des Endverbrauchers an der Klimarelevanz von Prozessketten im Lebensmittelbereich. *Ernährungs Umschau*, 09/12, 524–530.
- Spitzley, D.V., Grunde, D.E., Keoleian, G.A., Kim, H.C. (2005) Life cycle optimization of ownership costs und emissions reduction in US vehicle retirement decisions. *Transportation Research Part D: Transport und Environment*, 10, 161–175.
- Stadtwerke Leipzig (2014) Förderprogramm für Kühl- und Gefriergeräte. umwelt plus-Programm. Online-Adresse:
http://www.swl.de/web/swl/DE/Privatkunden/dienstleistungen/umwelt_plus_programm/kuehl_und_gefriergeraete/kuehl_und_gefriergeraete.htm (abgerufen am 08.04.2014).
- Statista (2015) Umsatz im Einzelhandel mit Obst, Gemüse und Kartoffeln in Deutschland von 2008 bis 2012 und Prognose bis zum Jahr 2020 (in Millionen Euro). Online-Adresse:
<http://de.statista.com/prognosen/400413/einzelhandel-mit-obst-gemuese-und-kartoffeln-in-deutschland---umsatzprognose> (abgerufen am 24.07.2015).
- Susanne Padel, C.F. (2005) Exploring the gap between attitudes and behaviour: Understanding why consumers buy or do not buy organic food. *British Food Journal*, 107, 606–625.
- Trommsdorff, V. (2004) *Konsumentenverhalten*, 6., vollst. überarb. und erw. Aufl. Kohlhammer, Stuttgart.
- UBA (2012) Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (PROBAS). Online-Adresse: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>.
- Umweltbundesamt (2014) *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2012*, Dessau-Roßlau.
- Umwelthauptstadt.de (2012) *Im Interview: Prof. Dr. Christoph Binder, Mitgründer der get neutral GmbH*. Online-Adresse: <http://www.umwelthauptstadt.de/Wirtschaft-und-Karriere/professor-dr-christoph-binder-mitgruender-der-get-neutral-gmbh-in-reutlingen> (abgerufen am 29.10. 2015).

- Vergez, A., (2012) Display of the environmental footprint of products : French developments in the food sector, Paris. Online-Adresse: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED64EN.pdf> 4vK (abgerufen am 19.06.2014).
- Vining, J., Ebreo, A. (1990) What makes a recycler? A comparison of recyclers and nonrecyclers. *Environment und Behavior*, 22, 55–73.
- Weber, C.L., Matthews, H.S. (2008) Food-miles und the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42, 3508–3513.
- Weiber, R., Mühlhaus, D. (2010) *Strukturgleichungsmodellierung. Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Weis, H.C., Steinmetz, P. (2008) *Marktforschung*, 7. Ausgabe. Kiehl, Ludwigshafen am Rhein.
- Willemsen, M.C. & Johnson, E.J. (2010) Visiting the decision factory: Observing cognition with MouseLabWEB und other Information acquisition methods. In Schulte-Mecklenbeck, M., Kühberger, A. & Ranyard, R. (Hrsg.). *A handbook of process tracing methods for decision making*. (21-42) Taylor & Francis, New York.
- World Meteorological Organization (2014) WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - N°10 - Climate Summit edition: The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2013. Online-Adresse: http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=16396#.VYleHWP_4vK (abgerufen am 23.06.2015).
- WRI (2012) Verteilung der Treibhausgasemissionen weltweit nach Quellgruppe im Jahr 2012. Online-Adresse: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/168588/umfrage/verteilung-der-emissionen-von-treibhausgasen-nach-sektoren-weltweit/> (abgerufen am 24.07.2015).
- Zander, K., Hamm, U. (2010) Consumer preferences for additional ethical attributes of organic food. *Food Quality und Preference*, 21, 495–503.