

German Society of Horticultural Sciences (DGG)
Lentzeallee 55/57
Humboldt-Universität zu Berlin
D-14195 Berlin



DGG-Proceedings, Vol. 4, 2014

Short Communications – Annual Conference DGG and BHGL
05.03. - 08.03. 2014, Dresden, Germany

Peer Reviewed

Editorial Board and Review

Dirksmeyer, Walter *Braunschweig*
Fricke, Andreas *Hannover*
Hardeweg, Bernd *Hannover*
Laber, Hermann *Dresden*
Mibus-Schoppe, Heiko *Geisenheim*
Michaelis, Gerlinde *Bad-Zwischenahn*
Rath, Thomas *Osnabrück*
Richter, Ellen *Braunschweig*
Schmidt, Uwe *Berlin*
Schuster, Mirko *Dresden*
Sparke, Kai *Geisenheim*
Thomas, Jens *Osnabrück*
Wackwitz, Wolf-Dietmar *Dresden*
Winkelmann, Traud *Hannover*
Zinkernagel, Jana *Geisenheim*
Zude, Manuela *Berlin*

Rumyana Dimitrova Erguel, Heike Mempel*

Berechnung des Carbon Footprints für den Transport von gartenbaulichen Produkten

*Corresponding Author:

Heike Mempel
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Germany
Email: heike.mempel@hswt.de

Berechnung des Carbon Footprints für den Transport von gartenbaulichen Produkten

Rumyana Dimitrova Erguel und Heike Mempel

Hochschule-Weihenstephan-Triesdorf, Germany

1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung

Um eine ganzjährige Versorgung mit Obst und Gemüse sicherzustellen, wird ein Großteil der im deutschen Handel angebotenen frischen Produkte überregional bezogen. Dies bedingt immer länger werdende Transportwege und je nach Produktart variierende Temperaturbedingungen. Nach Spielmann et al. (2011) liegen die gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland, die auf den Transport zurückgeführt werden, bei 24 %. Ein geeignetes Instrument für die Bewertung der Klimawirkung eines Produkts ist der Carbon Footprint. Unter Carbon Footprint (CF) werden die klimawirksamen Gase (CO₂, Methan, Distickstoffoxid etc.) zusammengefasst und in CO₂-Equivalenten angegeben (Grießhamer und Hochfeld, 2009). In mehreren Fallstudien wurde der CF von Lebensmitteltransporten oft in Abhängigkeit der Transportentfernungen - als *foodmiles* - bewertet. Dabei wurden konkrete Beispiele von Lieferketten ausgewählter Produkte (z.B. Äpfel, Gemüse etc.) verglichen (Blanke und Burdick, 2005; Coley et al., 2009; Rizet et al., 2010). Bisher befassten sich jedoch nur wenige wissenschaftliche Studien mit der Klimabewertung von variablen Transportprozessen entlang der gartenbaulichen Lieferketten (Roy et al., 2008). Darüberhinaus gibt es kaum wissenschaftliche Studien, die die CF-Berechnung anhand von Standardwerten für den Dieserverbrauch von Lastkraftwagen (LKW) mit realen Messwerten vergleichen (Fröse, 2013). In der nachfolgend dargestellten Untersuchung wurde der produktbezogene CF von Obst- und Gemüsetransporten am Beispiel von fünf Fruchthandelsunternehmen berechnet. Das Ergebnis wurde mit dem auf Basis von Standardwerten berechneten CF verglichen. Das Ziel der Studie war es, den Einfluss der Standard-Kraftstoffverbrauchswerte auf die Genauigkeit der CF-Berechnung am Beispiel mehrerer deutscher Fruchthandelsunternehmen zu bewerten und dies mit unternehmenseigenen Messwerten zu vergleichen.

2. Material und Methoden

Für die CF-Berechnung der Transporte von Gartenbauprodukten wurde die 2013 veröffentlichte Methode DIN EN 16258:2013 (Energieverbrauch- und Treibhausgas-(THG)-Emissionsermittlung für Transportdienstleistungen) verwendet. Standardwerte für den Dieserverbrauch sind vom Fahrzeugtyp (Größenklasse, Abgasnorm), Topografie sowie von der Verkehrssituation abhängig und wurden aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) (Kranke et al., 2011) entnommen. Für die CF-Berechnung der Transportvorgänge wurden Standardwerte des Dieserverbrauchs (l/100 km) eines 40 t LKW mit einer Euro-5-Maschine mit Selective-Catalytic-Reduction-Technologie (SCR) und maximaler Nutzlast von 26 t für eine

Autobahnfahrt verwendet. Damit die Kraftfahrzeuge den Abgasstandard Euro 5 erfüllen, werden SCR-Katalysatoren zur Reduktion von Stickoxiden in Motorabgasen eingesetzt (Kranke et al., 2011). In die Berechnungen mit Standardwerten flossen Angaben über die realen Transportbedingungen von den fünf bewerteten Unternehmen ein (Fahrzeugklasse, gewichtsbezogene Auslastung, prozentuale Leerfahrtanteile, Entfernungen, Straßenkategorie und Topografie der Strecken). Die Berechnungen auf Basis von Standarddaten wurden mit realen Verbrauchsdaten verglichen. Der Durchschnittsverbrauch in den Unternehmen beinhaltete den Dieserverbrauch für die Fortbewegung des Fahrzeugs sowie für die Kühlung des Laderaums. Einfluss auf den durchschnittlichen Verbrauch des Unternehmens hatten sowohl Faktoren aus operativen Rahmenbedingungen wie Flottenzusammensetzung, Fahrzeugklasse, Auslastung, Entfernung und Topographie als auch andere Parameter wie Kühlung, Geschwindigkeit und Fahrweise des Fahrers. Um den prozentualen Anteil der Kühlung am Dieserverbrauch bzw. CF zu ermitteln, wurden in der CF-Berechnung Basiswerte der durchschnittlichen Dieserverbräuche für die Kühlung herangezogen (VerkehrsRundschau, 2011; Kranke et al., 2011).

3. Ergebnisse

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Flottenzusammensetzung der betrachteten Fruchthandelsunternehmen, die Transportorganisation (Auslastung, Leerfahrtanteile) und den durchschnittlichen Dieserverbrauch wieder.

Tabelle 1: Ermittelte Transportparameter und durchschnittlicher Dieserverbrauch der gesamten Flotte der betrachteten Fruchthandelsunternehmen.

Unternehmen	Unternehmen I	Unternehmen II	Unternehmen III	Unternehmen IV	Unternehmen V
Produkt	Mischladung	Mischladung	Tomaten	Äpfel	Mischladung
LKW-Größe: 40 t					
Euro 5	n = 4	n = 7	n = 10	n = 7	n = 7
Euro 6	n = 1	n = 1	n = 4	n = 0	n = 0
Auslastung	15 t	15 t	25 t	25 t	12,5 t
Leerfahrtanteil	30 %	50 %	30 %	40 %	37 %
Region	Süddeutschland	Süddeutschland	Thüringen	Süddeutschland	Süddeutschland
Dieserverbrauch	29 l/100 km	27 l/100 km	31 l/100 km	32 l/100 km	31,6 l/100 km

Die Lieferungen wurden auf Transportstrecken mit einer hügeligen Topographie (mittleres Längsneigungsprofil) abgewickelt. Ein mittleres Längsneigungsprofil entspricht einer 1%-igen durchschnittlichen Steigung. Die Transportentfernungen für Lieferungen innerhalb Deutschlands variierten zwischen 100 km und 800 km. Der durchschnittliche Dieserverbrauch der Unternehmen betrug jährlich zwischen 27 l/100 km und 32 l/100 km.

In diesen Werten wurde neben dem Dieselverbrauch für die Fortbewegung des Fahrzeugs auch der Aufwand für die Kühlung des Laderaums erfasst. Ein Unternehmen gab hierzu einen durchschnittlichen Dieselverbrauch für die Kühlung von 2 l/100 km an. Die Berechnung des CF anhand der gemessenen realen Dieselverbräuche ergab im Durchschnitt einen CF von 17 g CO_{2e}/kg Produkt. Dagegen lag der geschätzte CF auf Basis von Standardwerten mit 22 g CO_{2e}/kg Produkt höher als der gemessene Durchschnittswert (Abbildung 1). Obwohl ein Unterschied von 26 % zwischen den Wertepaaren zu verzeichnen war (siehe Abb. 2), ergab sich bei der statistischen Auswertung mittels T-test kein signifikanter Unterschied. Dieses Ergebnis zeigt, dass die mit Standardwerten berechneten CF gut mit den gemessenen Realwerten übereinstimmen.

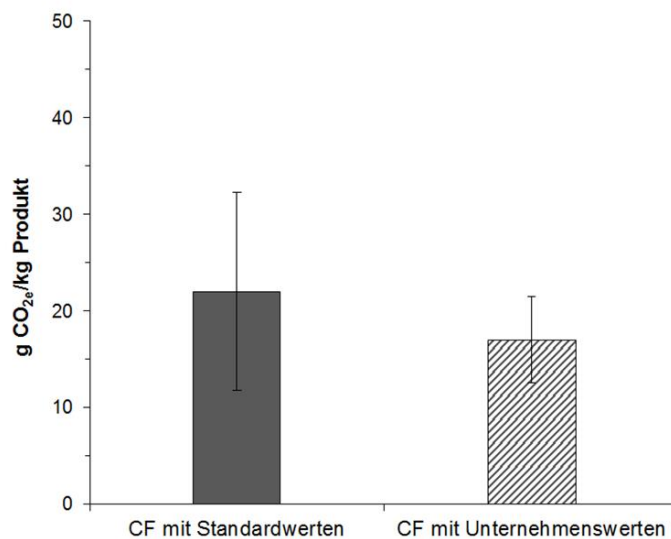


Abbildung 1: Vergleich des geschätzten CF berechnet mit Standardwerten und gemessenen Unternehmenswerten. Berechnungen für eine Transportstrecke von 300 km; Leerfahrt nicht berücksichtigt; Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Die Unterschiede sind nicht signifikant (gepaarter T-test, $p > 0,05$).

Der Anteil der Kühlung am gesamten CF einer Lieferung betrug im Durchschnitt 16 % (Abbildung 2). In einzelnen Fällen erreichte die Kühlung während des Transports Anteile am CF von bis zu 19 %. Die Berechnung mit den gemessenen Dieselverbrauchswerten für die Kühlung während des Transports ergab einen CF von 7 g/kg Produkt (Unternehmen V). In diesem Fall hatte die Kühlung einen höheren Anteil von 28 %. Durch die Leerfahrten ist im Durchschnitt ein CF von 5 g/kg Produkt entstanden, damit war der Anteil der Leerfahrten durchschnittlich 22 % und erreichte maximal 29 %. Laut den Vorschriften der DIN EN Norm 16258:2013 soll der Kraftstoffverbrauch durch die Leerfahrten berücksichtigt und zum Verbrauch der Lastfahrten addiert werden. Der größte Teil der Emissionen (62 % im Durchschnitt) wurde während des Transports durch die Auslastung der Fahrzeuge verursacht.

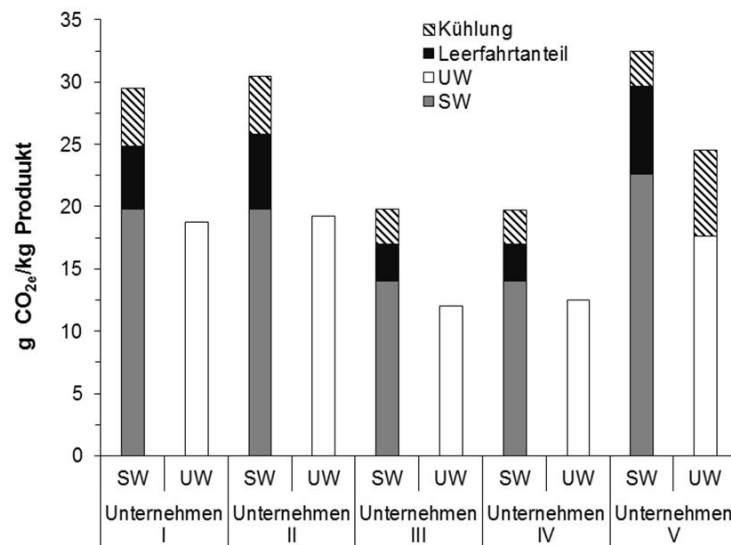


Abbildung 2: Vergleich des CF bezogen auf den Dieserverbrauch berechnet mit Standardwerten (SW) und gemessenen Unternehmenswerten (UW) für eine konkrete Transportstrecke (300 km) mit hügeliger Topographie, inklusive Leerfahrtanteile

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass keine eindeutigen Unterschiede zwischen den geschätzten CF und den tatsächlichen CF der Fruchthandelsunternehmen festzustellen sind. Dies bedeutet, dass die Standardwerte des HBEFA für die Berechnung des CF von Transporten im Bereich Fruchthandel verwendet werden können. Abweichungen zwischen den mit Standardwerten berechneten CF und den eigenen Unternehmenswerten können bei Erneuerungen der eingesetzten Flotte auftreten, da die Standardwerte des HBEFA in längeren Zeitabständen aktualisiert werden (letzte Aktualisierung 2010). Die Unternehmenswerte können auch durch zusätzliche Faktoren wie Fahrweise des Fahrers, Kühlung (Laufzeiten der Kälteanlage, Anzahl Zwischenstopps, Öffnen der Türen) oder die Verkehrssituation beeinflusst werden. In die gemessenen Unternehmenswerte fließen Variablen wie Kühlung und Fahrweise des Fahrers mit ein, die von Unternehmen ohne eine integrierte Telematiklösung schwer zu quantifizieren sind. Falls keine Messdaten im Unternehmen zur Verfügung stehen oder Datenerhebungen mit sehr hohem Zeitaufwand verbunden sind, können mit Hilfe von Standardwerten realitätsnahe CF des Transports erstellt werden. Damit bestätigen unsere Ergebnisse die Aussage von Kranke et al. (2011), dass für die Berechnung des CF die Transportparameter LKW-Größe, Auslastung und Leerfahrtanteile möglichst genau ermittelt werden müssen, um einen CF nah an der tatsächlichen Unternehmenssituation berechnen zu können. Wichtige Einflussgrößen bei der CF-Berechnung des Transports sind die gewichtsbezogene Auslastung (62 %), die Leerfahrtanteile (22 %) und die Kühlung des Laderaums (16 %). Fröse (2013) zeigte in seiner Studie mit einem distanzbasierten Standardwert in Liter Diesel pro Tonnenkilometer einen um 17 % niedrigeren CF als der direkt gemessene Unternehmenswert. Er verwendete für seine Berechnung allerdings eine distanzbasierte Berechnungsmethode für

Lieferungen nur auf kürzeren Transportstrecken. Im Gegensatz zu Fröse (2013) haben wir in unserer Studie die CF-Berechnung für eine längere Transportentfernung nach einer verbrauchs-basierten Methode erstellt. Um diesen Ansatz weiterzuentwickeln wird im Rahmen eines aktuellen Forschungsvorhabens ein PCF-Berechnungsmodell zur Bewertung der Klimaleistung der Logistikketten von Obst & Gemüse entwickelt. Dieses Modell soll eine automatisierte Berechnung der CO₂-Emissionen unter variablen Rahmenbedingungen ermöglichen.

5. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass die tatsächlichen CF eines Transportunternehmens durch den Einsatz der Standardwerte realitätsnah abgeschätzt werden können. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn für die Erstellung des CF die Transportparameter genau ermittelt werden. Standardwerte zum Vergleich verschiedener Lieferketten sind in Abhängigkeit von der Datenbasis dann einsetzbar, wenn eine Messung im eigenen Unternehmen mit hohem Aufwand verbunden ist. Zur Validierung von CF-Berechnung mit jährlichen Flottendurchschnittswerten bzw. mit Standardwerten sollten Messungen für einen konkreten Transportvorgang unter realen Einsatzbedingungen vorgenommen werden.

6. Literatur

Blanke, M., und Burdick, B. (2005). Food (miles) for Thought. Energy Balance for Locally-grown versus Imported Apple Fruit. *Journal of Environmental Science & Pollution Research* 12 (3): 125-127.

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

Fröse, J. (2013). Datenqualität der Emissionswertberechnung in der Straßenlogistik. Referate der 33. GIL-Jahrestagung. Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. 20.- 21. Februar 2013, Potsdam.

Grießhammer, R. und Hochfeld, Ch. (2009). BMU, UBA, Öko-Institut e.V. Memorandum Product Carbon Footprint.

Kranke, A., Schmied, M., und Schön, A. D. (2011). CO₂-Berechnung in der Logistik. Heinrich Vogel Verlag, München.

Rizet, Ch., Cornélis, E., Brown, M., Léonardic, J. (2010). GHG emissions of supply chains from different retail systems in Europe. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010), 6154-6164.

Roy, P., Nei, D., Okadome, H., Nakamura, N., Orikasa, T., Shiina, T. (2008): Life cycle inventory analysis of fresh tomato distribution systems in Japan considering the quality aspect. *Journal of Food Engineering* 86, 225-233

Spielmann, M., Faltenbacher, M., Eichhorn, M., Stoffregen, A. (2011). Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr-Aktualisierung 2011. Verband der Automobilindustrie (VDA).

VerkehrsRundschau (2011). Energieverbrauchstabelle für Kühltransporte. München 2011. In: Kranke, A.; Schmied, M. und Schön, A. D. (2011). CO₂-Berechnung in der Logistik. Heinrich Vogel Verlag, München.