

M. Blanke · B. Burdick

Energiebilanzen für Obstimporte: Äpfel aus Deutschland oder Übersee?

Eingegangen: 23 Juni 2005 / Angenommen: 6 Juli 2005 / Online veröffentlicht: 11 August 2005
© Springer-Verlag 2005

Zusammenfassung Der Beitrag vergleicht Energiebilanzen für heimische und importierte Früchte am Beispiel zweier Apfelsorten mit Vermarktung im Monat April in Deutschland. Berechnet wurde der Primärenergieaufwand für den heimischen Apfelanbau von ‚Braeburn‘ und ‚Golden Delicious‘ in Meckenheim bei Bonn mit Ernte Mitte Oktober und 5-monatiger CA-Lagerung bei ca. 1°C bis Mitte März des Folgejahres. Als Vergleich diente der Anbau der gleichen Sorten im Winterhalbjahr in Neuseeland bzw. Südafrika mit 28- bzw. 14-tägigem Transport frisch geernteter Äpfel im Kühlschiff nach Antwerpen und weiter mit dem LKW nach Deutschland. Der Energieaufwand für Anbau und Ernte in Deutschland und Südafrika wurde mit 2,8 MJ/kg und für Neuseeland mit 2,1 MJ/kg Äpfel angesetzt, was 38% des Primärenergieaufwandes für den Fruchtimport aus Neuseeland entspricht. Die 5-monatige Obstlagerung im Winter in Deutschland verbrauchte 0,8 MJ/kg Äpfel im Vergleich zum Überseetransport mit dem Kühlschiff aus Neuseeland bzw. Südafrika mit 2,83 bzw. 1,45 MJ/kg Äpfel. Der Energieaufwand für die Lagerung der heimischen Äpfel in Deutschland kompensiert somit einen Teil des Energieaufwandes für den Schiffstransport. Heimische Äpfel müssten ca. 9 bzw. 18 Monate – d.h. im letzten Fall über die nächste Ernte hinaus – gelagert werden, um den höheren Energieverbrauch für den Schiffstransport aus Südafrika bzw. Neuseeland zu kompensieren. Für frisch geerntete Früchte der gleichen Apfelsorte aus Neuseeland bzw. Südafrika wurde mit 7,2–7,5 MJ/kg ca. 22–27% mehr Energie aufgewendet als für gelagerte, heimische Äpfel mit fast 6 MJ/kg. Diskutiert wird, welche weiteren Effekte wie Erhalt des Landschaftsbildes, Arbeitsplatzi-

cherung, Wertschöpfung, Netzwerke und Produktsicherheit z. B. durch QS oder EUREP-GAP für regionale Produkte sprechen.

Schlüsselwörter Apfel (*Malus domestica* L.) · Anbau · Energiebilanz · Fruchthandel · Primärenergieaufwand · Qualitätssicherung · Transport · Vermarktung

Home-grown vs overseas sources — an energy comparison for apples

Abstract This work compares the primary energy requirement for apples marketed in Germany in April which were either home-grown in Germany or imported from overseas. The primary energy requirement was calculated for apples (cv. ‘Braeburn’ and ‘Golden Delicious’) picked during mid-October near Bonn, Germany, with subsequent 5-month on-site CA storage at ca. 1°C until mid-March. This was compared with energy requirements for apples of the same cultivar grown in a Southern hemisphere winter in Hawke’s Bay, New Zealand or Grabouw-Elgin, Western Cape, South Africa, picked in March, and with subsequent 28- or 14-day transport, respectively, on reefers to Antwerp for sale in April in Germany. The primary energy required for cultivating Braeburn apples in New Zealand (ca. 2.1 MJ/kg apple fruit) represented 38% of their overall primary energy requirement, compared with 2.8 MJ/kg fruit in Germany or South Africa, with smaller harvests of 40 t/ha cf. 90 t/ha in New Zealand. Braeburn and Golden Delicious apples grown and stored locally in Germany consumed nearly 6 MJ/kg fruit, which included ca. 0.8 MJ/kg for 5-month CA storage during the winter. This compared favourably with 7.2–7.5 MJ/kg for overseas shipment from New Zealand or South Africa, i.e. a 22–27% greater energy requirement for imported fruits. The CA storage of home-grown apples in Germany partially compensated for the energy required to import the fresh fruit from overseas. To compensate fully for imports from South Africa or New Zealand, home-grown apples had to be stored locally for ca. 9 or 18 months, respectively, i.e. in the latter case

Dr. M. Blanke (✉)
OVA Klein-Altendorf, Abt. Pflanzen- und Gartenbauwissenschaft,
Institut für Nutzpflanzenwissenschaften
und Ressourcenschutz der Universität Bonn,
Meckenheimer Straße 42, 53359 Rheinbach
E-Mail: mmblanke@uni-bonn.de

B. Burdick
Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen,
Mintropstraße 27, 40215 Düsseldorf

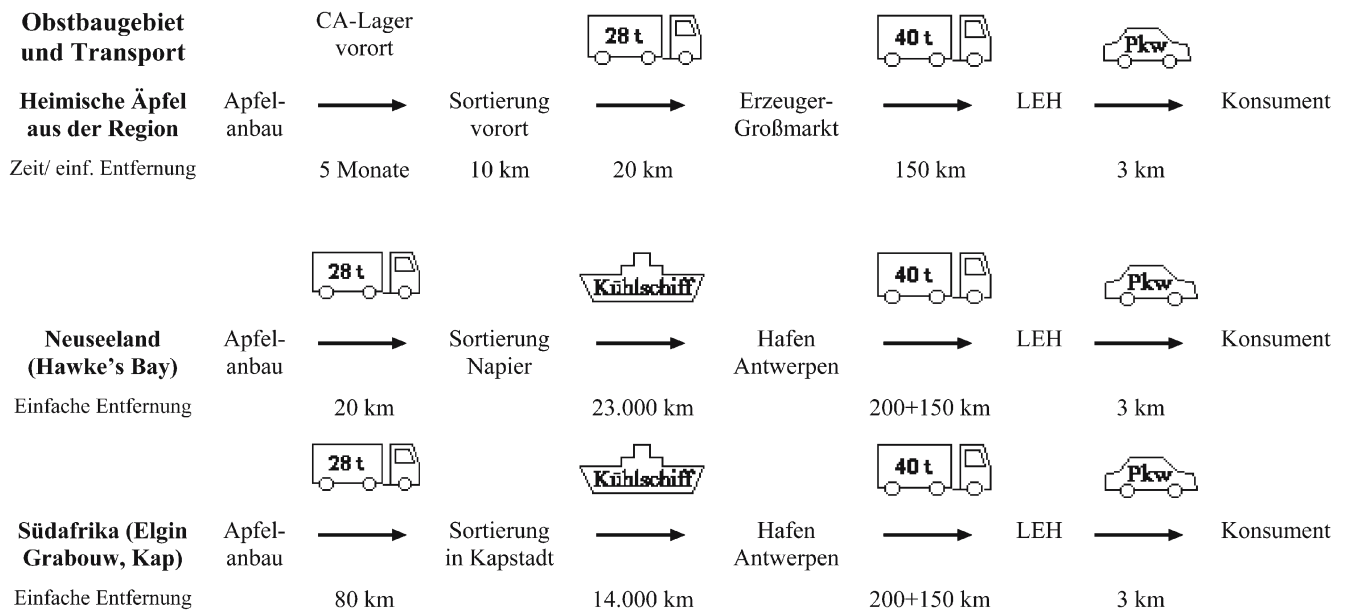


Abb. 1 Transportwege für Äpfel aus der Region bzw. aus Neuseeland und Südafrika

beyond the next harvest. The lower primary energy required for domestic apple fruit is discussed with respect to providing local employment, fruit orchards preserving the countryside, fruit quality, food safety and quality assurance schemes such as QS and EUREP-GAP, food security of local fruit, and networking favouring regional produce.

Keywords Apple (*Malus domestica* L.) · Food chain · Food miles · Life cycle assessment · Primary energy requirement · Quality assurance · Transport

Einleitung

Für den Konsumenten in Deutschland besteht im Frühjahr bei manchen Apfelsorten die Wahl zwischen CA-gelagerten Früchten aus Deutschland oder importierter Frischware der Südhalbkugel. Von der Südhalbkugel importiert Deutschland mit ca. 60.000–65.000 t jährlich die meisten Äpfel aus Neuseeland, gefolgt von Südafrika mit ca. 20.000–25.000 t (ZMP 2004). In Zusammenarbeit der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen mit der Universität Bonn am Standort Klein-Altendorf war es Ziel der gemeinsamen Untersuchung, am Beispiel von Äpfeln der Sorten ‚Braeburn‘ und ‚Golden Delicious‘, den Energieaufwand für alle drei Herkünfte zu berechnen und zu prüfen, inwieweit der Energieaufwand für die Obstlagerung vor Ort in Deutschland den Aufwand für den Schiffstransport aus Übersee kompensiert.

Material und Methoden

Anbau, Ernte, Lagerung bzw. Transport

Als Grundlage für die Berechnungen des Primärenergieaufwandes diente der IP-Anbau von ‚Braeburn‘- und ‚Golden-Delicious‘-Äpfeln im Meckener Obstabgebiet bzw. im Anbaugebiet um Hawke's Bay an der Ostküste der Nordinsel Neuseelands und um Grabouw/Elgin in der südwestlichen Kapregion in Südafrika. Unterschiede im Anbauverfahren wie stärker wachsende Unterlage (MM106) und größere und höhere Bäume, höherer Pflanzenschutz Aufwand und höhere Erntemengen in Neuseeland gingen in die Berechnung des Energieverbrauchs ein.

Die im März frisch geernteten Äpfel werden mit kleinen Farmschleppern in Südafrika von Elgin über ca. 80 km nach Kapstadt bzw. in Neuseeland über ca. 20 km zur Verschiffung gebracht. Die Früchte gelangen in 18 kg Einwegkartonagen von Napier über ca. 23.000 km in 28 Tagen bzw. von Kapstadt über ca. 14.000 km in ca. 14 Tagen im Reefer-Kühlschiff nach Antwerpen. Von dort kommt die Ware per großem LKW über ca. 200 km in ein regionales Verteilungszentrum (RDC), z. B. von EDEKA in Meckenheim, zur Vermarktung im April im Rhein-Ruhr-Gebiet in den Lebensmitteleinzelhandel (LEH; Abb. 1).

Die ‚Braeburn‘- und ‚Golden-Delicious‘-Äpfel wurden in Meckenheim Mitte Oktober geerntet und nach 5 Monaten im CA-Lager bei ca. 1°C Ende März des Folgejahres ausgelagert. Nach der Sortierung in der MECO in Meckenheim werden die Früchte in mehrfach nutzbaren Europool-Flachsteigen über den Erzeuger Großmarkt Roisdorf-Straelen als Handelsklasse I im Rhein-Ruhr-

Tabelle 1 Rahmendaten der vorliegenden Untersuchung

Anbaugbiet	Meckenheim/Bonn	Hawke's Bay/Neuseeland	Elgin/Südafrika
Fruchtart	Apfel	Apfel	Apfel
Apfelsorte	„Braeburn“, „Golden Delicious“	„Braeburn“	„Golden Delicious“
Unterlage	M9	MM106	M793 bzw. M25
Erntezeit	Mitte Oktober	Ende März	Mitte März
Erntemenge	40 t/ha	90 t/ha	40 t/ha
Lagerung	5 Monate bis März	Keine (Frischware)	Keine (Frischware)
Vermarktung	April: Rhein-Ruhr	April: Rhein-Ruhr	April: Rhein-Ruhr

Tabelle 2 Energieansätze für die Berechnung des Primärenergieaufwandes

Vorgang	Energie	Literatur
Apfelanbau	2,8 MJ/kg	Pimentel (1979)
Verpackung	0,65 MJ/kg	Carbotech (1994)
Obstlagerung Kühlhaus – 25°C	5,4 kJ/kg/Tag	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1983)
LKW-Transport ≤10 t	3,47 MJ/t/km	Pimentel (1979)
LKW-Transport ≤28 t	2,83 MJ/t/km	Frischknecht (1994)
LKW-Transport ≤ 40 t	1,38 MJ/t/km	Frischknecht (1994)
Überseeschiff-Transport	0,11 MJ/t/km (0,93 MJ/t/km)	Frischknecht (1994) Carbotech (1994)
Herunterkühlen auf Schiff	86(–121) kJ/kg	Hochhaus u. Wild (1992)
Kühlung während der Fahrt (Porthole-Container)	11(–17) kJ/kg/Tag	
Kühlung auf dem LKW	0,30 MJ/t/km	Carlsson (1997)
Einkauf im Lebensmitteleinzelhandel (LEH)	1,15 MJ/kg/3 km	Frischknecht (1994)

Gebiet – einem Ballungsgebiet mit ca. 8 Mio. Menschen – im April verkauft (Tabelle 1).

Energieansätze

Der Energieaufwand wurde auf der Stufe der Primärenergie für die gleiche, komplette Versorgungskette vom Apfelanbau bis zum Verbraucher, d. h. die gleichen Systemgrenzen, berechnet, um nach internationalem Standard für Energiebilanzen (DIN 1994) einen Vergleich zwischen Transport, Verpackung und Anbau zu ermöglichen. Es wurde ein Zeitpunkt (April) gewählt, zu dem es Früchte derselben Art und Sorte aus drei verschiedenen Herkünften gibt (Tabelle 1). Der Wert von 2,8 MJ/kg für den Energieverbrauch (Tabelle 2) der Traktoren und Maschinen, für Diesel, Öl, Schmierstoffe, Pflanzenschutz- und Düngemittel aus dem amerikanischen Apfelanbau (Pimentel 1979) wurde für Europa und Südafrika übernommen. Da die Energiewerte ertragsbezogen sind, wurde der Energieaufwand in Neuseeland aufgrund des mehr als doppelt so hohen Ertrages mit 30% höherem Pflanzenschutz für die doppelt so hohen Bäume, aber relativ geringerem Ernteaufwand pro kg Apfel (Tabelle 1) auf einen Wert von 2,1 MJ/kg angepasst (Tabelle 3).

Ergebnisse

Der Primärenergieaufwand für den Apfelanbau (Pflege-, Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen) wurde für Meckenheim und Elgin mit ca. 2,8 MJ pro kg Apfel (Pi-

mentel 1979) und für Neuseeland mit 2,1 MJ/kg angesetzt. Vergleichsweise hoch fällt der Energieaufwand für den Überseetransport auf einem Kühlschiff („reefer“) aus Neuseeland mit 2,83 MJ/kg bzw. aus Südafrika mit 1,45 MJ/kg ins Gewicht und übersteigt damit erheblich den Energieaufwand für eine 5-monatige CA-Lagerung heimischer Äpfel vor Ort in Höhe von 0,810 MJ pro kg Apfel (Tabelle 3) bzw. 1,122 MJ/kg für eine 7-monatige Apfel-CA-Lagerung (Geier et al. 2001). Die Obstlagerung vor Ort kompensiert damit nur einen Teil des Energieaufwandes für Fruchtimporte aus Übersee (Michael Lutz 2001, unveröffentlicht).

Bei der Betrachtung des Primärenergieaufwandes in Tabelle 2 und 3 fällt auf, dass der Einkaufsverkehr einen relativ großen Anteil hat. Der Energieaufwand für den Obsttransport hängt ab von der Entfernung, dem Transportmittel und seiner Auslastung und sinkt – pro Gewichts- und Entfernungseinheit – mit zunehmender Kapazität und Auslastung des Transportmittels. Damit ist der Transport großer Mengen z. B. auf Hochseeschiffen vergleichsweise effizienter als der Transport relativ kleiner Mengen mit dem PKW. Der hohe Primärenergieaufwand von 1,15 MJ/kg Apfel (Tabelle 2) beruht auf einer Einkaufsfahrt von 3 km zum Supermarkt mit dem privaten PKW. Bei Hin- und Rückfahrt von 6 km wird nach Kjer (1994) ein durchschnittlicher Einkauf von 20 kg Apfel angesetzt, so dass sich der Energieaufwand auf 1,15 MJ/kg Apfel – unabhängig von der Herkunft der gekauften Äpfel – verteilt (Tabelle 3, Abb. 2).

Bei der Berechnung des Energieaufwandes für die Transporte wurde vorausgesetzt, dass die LKWs sowohl vom Großmarkt zurück zum Obstbetrieb als auch vom

Tabelle 3 Abschätzung des Primärenergieaufwandes pro kg Apfelfrüchte

5 Monate CA-Lagerung heimischer Äpfel vorort			Apfelimport aus Übersee		
	Energieansatz	Primärenergieaufwand		Primärenergieaufwand	Primärenergieaufwand
	[MJ/kg oder t bzw. pro km oder Tag]	[MJ/kg]		[MJ/kg]	[MJ/kg]
		Regional		Neuseeland	Südafrika
Apfelanbau	2,8 MJ/kg	2,8	Apfelanbau	2,1	2,8
Transport zur MECO 2x10 km	3,47 MJ/t/km	0,069	Transport zum Hafen 2x20/80 km	0,139	0,588
Herunterkühlen 150 Tage CA-Kühlager vor Ort in Meckenheim	86,3 MJ/t	0,086	Herunterkühlen Kühlschiff 23.000/14.000 km nach Antwerpen	0,086	0,086
Schiffskühlung	5,4 MJ/t/Tag	0,810	28 oder 14 Tage Schiffskühlung	2,534	1,254
Verpackung 40 km zum Großmarkt LKW ≤28 t	10,8 MJ/t/Tag	Entfällt	200 km zum regionalen Verteilungszentrum	0,302	0,151
150 km Feinverteilung vom Großmarkt zum LEH LKW ≤40t	650 MJ/t	0,65	150 km Feinverteilung LKW ≤40t	0,65	0,65
Kühlung LKW 95 km	2,32 MJ/t/km	0,093	Kühlung LKW 175 km	0,276	0,276
Einkauf Konsument 2x3 km	1,38 MJ/t/km	0,207	Einkauf Konsument 2x3 km	0,207	0,207
Energie insgesamt [MJ/kg]		5,893		7,499	7,22

Einzelhandel zurück zum Großmarkt leer bzw. ohne Äpfel und ohne Kühlung fahren, so dass hier mit 2,32 MJ/t/km für mittlere LKWs bis einschließlich 28 t bzw. 1,38 MJ/t/km für große LKWs bis einschließlich 40 t die 50%-Auslastung von Frischknecht (1994) aus Tabelle 2 angesetzt wurde. Der Obsttransport mit dem PKW des Konsumenten verbraucht mit 190 kJ/kg/km deutlich mehr Energie als mit einem LKW. Mit einem Energieaufwand von 0,11 kJ/kg/km stellt der langsame Transport auf einem Reefer-Kühlschiff über das Meer die effizienteste, d. h. sparsamste und umweltfreundlichste Transportmöglichkeit über große Entfernungen dar (Tabelle 2). Hinzu kommt der Energieaufwand für die Kühlung auf dem Schiff mit 11 kJ/kg/Tag (Hochhaus u. Wild 1992) und auf dem LKW mit 0,30 kJ/kg/km (Carlsson 1997). Die Früchte werden vor der Verschiffung mit einem Energieaufwand von ca. 86 kJ/kg auf die gewünschte Transporttemperatur gekühlt (Tabelle 3).

Diskussion

Neuseeland ist mit 60.000–65.000 t jährlich Deutschlands größter Apfelleferant aus Übersee, gefolgt von Südafrika mit 20.000–25.000 t (ZMP 2004). Die mehr als doppelt so großen Erntemengen in Neuseeland (Tabelle 1) gleichen den höheren Primärenergieaufwand von 7,5 MJ/kg für die mit 23.000 km weitere Transportentfernung gegenüber dem mit 14.000 km näheren Südafrika mit 7,2 MJ/kg weitgehend aus. Der Anteil des Transportes mit dem Kühlschiff von 2,83 MJ/kg am Primärenergieaufwand für Früchte aus Neuseeland (Tabelle 3) liegt in der gleichen Größenordnung wie der für den Schiffstransport aus den USA von 2,5 MJ/kg (Jones 2002) oder den 4,4 MJ/kg aus

Neuseeland (Tabelle 4) in der Studie J von Kjer (1994). Alle drei Energiewerte für den Schiffstransport von 2,83 bzw. 2,5 und 4,4 MJ/kg Äpfel sind aber deutlich geringer als die 9 MJ/kg von Geier et al. (2001) für Äpfel aus Neuseeland bzw. die 15 MJ/kg Äpfel von Carbotech (1994) für den kürzeren Schiffstransport von 14.000 km aus Südafrika. Carbotech setzte den Primärenergieaufwand für den Schiffstransport mit 0,93 MJ/t/km an (Tabelle 2, 4), dem achtfachen Wert im Vergleich zu 0,11 MJ/t/km der drei anderen Studien (Tabelle 3, 4).

Möglicherweise wurden auch die Systemgrenzen anders gewählt. Die gleichen definierten Systemgrenzen sind bei Untersuchungen zu Energiebilanzen einer der entscheidenden Faktoren für vergleichbare Aussagen. Häufige Ursachen für solche Diskrepanzen sind — neben verschiedenen Systemgrenzen — unterschiedliche Energieansätze, Auslastungs- und Wirkungsgrade sowie Umrechnungen.

Setzt man in unserer Untersuchung den Transport mit dem Kühlschiff mit 0,93 MJ/t/km an, würde der Fruchtimport aus Neuseeland bzw. Südafrika mit 26,3 bzw. 13,2 MJ/kg wesentlich negativer ausfallen. Eine Verschiffung der Früchte in sog. Porthole-Containern (Tabelle 2) mit integrierten, unabhängigen Kühlaggregaten, die nicht zentral vom Schiffsaggregat betrieben werden, würde über 50% mehr Energie zur Kühlung verbrauchen als in Tabelle 3 angesetzt. Für diese Container wird eine um bis zu eine Woche längere Transportzeit angesetzt, in der unter höherem Energieaufwand gekühlt werden muss.

Der etwa 25% höhere Primärenergieaufwand für Import- oder „Südäpfel“ (Tabelle 3) erscheint zunächst im Widerspruch gegenüber einer Literaturangabe, die umgekehrt regionalem Apfelsaft einen bis zu 8fach höheren Energieverbrauch zuschreibt (Schlich 2003). Diese

Energiebilanz: Südäpfel versus regionale Äpfel

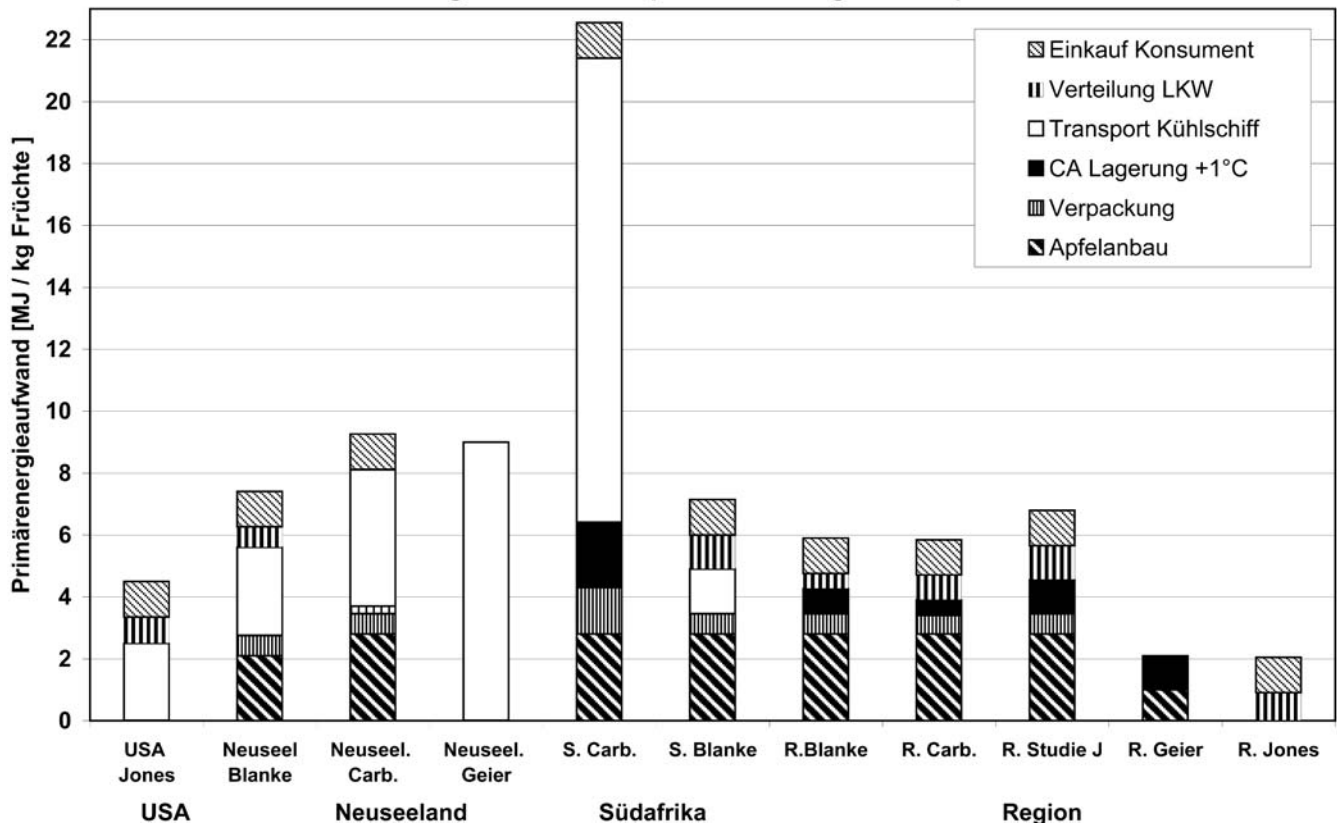


Abb. 2 Primärenergieaufwand für die Bereitstellung von Äpfeln im April aus heimischem Anbau im Vergleich zu Importäpfeln aus Neuseeland bzw. Südafrika

Tabelle 4 Literaturübersicht über Berechnungen des Primärenergieaufwandes für frische, importierte und für heimische, gelagerte Apfelfrüchten

	CA-gelagert			Frische Äpfel aus		
	[MJ/kg Äpfel]			[MJ/kg Äpfel]		
	Heimische Äpfel			Südafrika	Neuseeland	Neuseeland
Anbau	n.b.	1,0 ^c		2,8 ^a		n.b.
Verpackung	n.b.	n.b.	0,6 ^d 0,65 ^e	1,5 ^d	0,65 ^e	n.b.
Lagerung	n.b.	1,122	0,5 1	2,1 ^d	0,25 ^e	n.b.
Transport	n.b.	7 Monate	5 Monate	Vor Ort		
Transportform	1 ^b	n.b.	0,8 1,5	15 ^d	4,4 ^e	9 ^c
Primärenergieaufwand	LKW 40 t	1 ^b	2,1 ^c	Kühlschiff	8,5 ^e	9 ^c
			4,7 ^d 6,4 ^e	21,4 ^d		

Rechenansätze von ^aPimentel (1979), ^bJones (2002), ^cGeier et al. (2001), ^dCarbotech (1994) und ^eder Studie J, Fachgruppe Umweltsystemanalyse Kassel (1994); n.b. nicht berücksichtigt bzw. berechnet.

Energiebilanz wurde — anders als die hier vorliegende — entscheidend beeinflusst vom Energieaufwand für die Verarbeitung der Früchte zu Apfelsaft. Die Berechnung beruhte jedoch auf einer Kombination von Überschätzung sowie methodischen und rechnerischen Fehlern hinsichtlich des Energieeinsatzes bei der Verarbeitung in kleinen, ineffizienten Mostbetrieben mit langen Zufahrtswegen gegenüber dem Import als Apfelsaftkonzentrat (Demmeler u. Burdick 2005). Berichtete Werte für einen Vergleich von Fruchtsaft aus heimischen Früchten und Übersee kommen zu etwa vergleichbaren Energiever-

bräuchen (Demmeler u. Burdick 2005) wie hier für Apfelimporte in Tabelle 3 vorgestellt.

Die vergleichende Bewertung der regionalen bzw. überregionalen Bereitstellung von Lebensmitteln anhand eines Kriteriums — des Energieverbrauchs — greift aber generell zu kurz. Im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion stellt eine ausschließliche Betrachtung des Energieverbrauchs als Indikator für die gesamte Umweltbelastung eine grobe Vereinfachung dar. Sekundäreffekte des Energieeinsatzes (Klimabelastung) bleiben ebenso unberücksichtigt wie weitere Umweltbelastungen z. B. der

Transporte wie Lärm, Flächenverbrauch und Zerschneiden der Landschaft.

Mit der regionalen Bereitstellung von Lebensmitteln sind vielfältige positive ökologische sowie insbesondere soziale und ökonomische Vorteile verbunden. Erst aus der Gesamtbetrachtung bemisst sich der Beitrag der Regionalvermarktung für eine nachhaltige Entwicklung. Der Kauf heimischer Früchte sichert Arbeitsplätze in Deutschland, sichert die Zukunft des heimischen Obstbaus, trägt zur Wertschöpfung bei, gewährt Produktsicherheit und Transparenz mit Qualitätssicherungssystemen, wie das mehrstufigen QS (deutsches Qualitätssicherungssystem im Obstbau) oder das einstufige EUREPGAP (internationales QS-System der europäischen Supermärkte), und erhält das Landschaftsbild.

Andererseits fördern Fruchtimporte aus Übersee den freien Markt. Der Export deutscher Waren nach Neuseeland kann dazu beitragen, Arbeitsplätze in Deutschland zu sichern. Fruchtimporte nach Deutschland bieten außerhalb der hiesigen Apfelsaison frische Ware und z. T. andere Obstsorten wie Avocado und Citrus oder spätreifende Apfelsorten, die bei uns aus klimatischen Gründen nicht angebaut werden können.

Danksagung Wir danken Dr. Borgman, FG Agrartechnik Leipzig und Adrian Engel, Pflanzenschutzdienst der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen für die Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Anregungen, Dr. Isa Bertling, Universität Pietermaritzburg, Südafrika und den Kollegen aus Neuseeland für die aktuellen Informationen zum Apfelanbau vor Ort und Dr. David Cooke, School of Biological Sciences der Universität Bristol, England für die Durchsicht der englischen Zusammenfassung.

Literatur

- Carbotech (1994) Grobabschätzung des Energieaufwandes für die Bereitstellung von ausgewählten Getränken und Nahrungsmitteln. Studie im Auftrag von Greenpeace. Zürich, Schweiz
- Carlsson A (1997) Greenhouse gas emissions in the life cycle of carrots and tomatoes. IMES/EESS Rep 24, Lund Univ, Schweden
- Demmeler M, Burdick B (2005) Energiebilanz von regionalen Lebensmitteln — eine kritische Auseinandersetzung mit einer Studie über Fruchtsäfte und Lammfleisch. In: Kritischer Agrarbericht. ABL, Hamm, S 182–187
- DIN (1994) Grundzüge umweltbezogener Ökobilanzen. DIN ESO 14040 ff. DIN Nagus Deutsches Institut für Normung NAGUS-AA 3/UA. Sonderdruck aus DIN Mitteilungen und Elektronorm 73: 208–212
- Frischknecht R (1994) Ökoinventare für Energiesysteme. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. NEFF/BEW
- Geier U, Friebe B, Gutsche V, Köpcke U (2001) Ökobilanz der Apfelerzeugung in Hamburg. Schriftenreihe Organischer Landbau, Köster, Berlin
- Hochhaus K-H, Wild Y (1992) Kühlschiffe mit kontrollierter Atmosphäre. Neue Trends in der Kühltechnik. HANSA-Schiffahrt-Schiffbau-Hafen: 10
- Jones A (2002) An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples. *Environ Manag* 30 (4) 560–576
- Kjer (1994) Landwirtschaft und Ernährung (Studie J). In: Studienprogramm Landwirtschaft. Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg). *Economica*, Bonn
- Pimentel D (1979) *Food Energy and Society Resource and Environmental Sciences Series*. Edward Arnold Publ., London
- Schlich E (2003) Regionale Lebensmittel oft energieintensiver als „globale“. *Pressemitt Univ Giessen* 04.11.2003
- ZMP (2004) *Marktbilanz Obst für 2003*. Ellinger W (Hrsg). ZMP-Verlag, S 94–95