



Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Ökotoxologie
am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Giessen, im Mai 2007

angefertigt von
Dipl. oec. troph. Susanne Schröder
aus Bielefeld

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2007

Zugl.: Giessen, Univ., Diss., 2007

978-3-86727-416-6

Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Tag der mündliche Prüfung: 19. Juli 2007

Vorsitzender: Prof. Dr. I. Hoffmann

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich

2. Gutachter: Prof. Dr. Ulrich Oltersdorf

Prüfer: Prof. Dr. H.-P. Schwarz

Prüfer: Prof. Dr. P. M. Schmitz

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2007

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung
des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile
daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie)
zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2007

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-416-6

Kurzfassung

Vor dem Hintergrund der aktuellen Klimadiskussion wird neben der Nutzung alternativer Energiequellen auch die Verbesserung der Energieeffizienz als Lösung angesehen. Hier ist es insbesondere der private Verbraucher, der durch nachhaltigen Konsum seine Verantwortung zeigen soll. Als offensichtliches Entscheidungskriterium für die Auswahl energieeffizienter Lebensmittel wird hierfür die Länge der Transportstrecke genannt. Doch zeigen Studien auch, dass bei einer uneffizienten Organisation kurze Transportstrecken nicht minder relevant für den Energieumsatz sind. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll nun genauer betrachtet werden, welchen Umfang der Anbau, Produktion und Transport von Äpfeln und Wein am gesamten Energieumsatz bis zum Erreichen des POS (Giessen) hat und ob ein Einfluss der Region oder der Betriebsgröße festgestellt werden kann. Die Erhebung wird als qualitative Fallstudie durchgeführt. Dafür werden erzeugende Betriebe in unterschiedlichen Regionen Deutschlands, Südafrika und Ungarn mit einem Fragebogen interviewt und beschreibende/qualitative Daten zu den Betriebsprozessen und quantitative Daten zu verwendeten Energieträgern und Produktionsmengen abgefragt. Für die Auswertung des Transportprozesses werden verantwortliche Personen interviewt und typische Wege der Auslieferung und Treibstoffverbräuche der Fahrzeuge in Erfahrung gebracht. Die Ergebnisse der Betriebe werden als Endenergieumsätze der Module Anbau und Verarbeitung bezogen auf die Einheit 1 hl Wein bzw. 1 t Äpfel dargestellt. Die Transporte werden als Absolutwerte der funktionellen Einheit vom Produktionsort bis zum Erreichen des POS berechnet. Bei der Diskussion zeigt sich, dass sich bei der Darstellung der Energieumsätze bezogen auf die Betriebsgröße teilweise eine Abnahme des E_B mit steigender Durchsatzmenge ergibt. Nur die Region M hat eine weite Schwankungsbreite ohne eine Korrelation zur Durchsatzmenge. Dagegen ist in Ungarn E_B durchgängig gering. Bei den deutschen Apfelerzeugern ergibt sich eine hohe Korrelation zwischen Betriebsgröße und Energieumsatz. Die Darstellung der Ergebnisse als Primärenergie und CO₂-Emission ergibt für alle Betriebe ein ähnliches Bild. Die Diskussion der Transporte zeigt, dass bis auf wenige Ausnahmen alle effizient organisiert sind und mit einem geringst möglichen Umsatz durchgeführt werden. Als Ausnahme sind wenige kleinere Weinerzeuger anzusehen, die im Vergleich die höchsten Umsätze haben. Beim Seetransport der Äpfel ist der absolute Umsatz allerdings sehr hoch und verursacht für importierte Äpfel ein vielfaches des Energieumsatzes der deutschen Erzeugung.

Abstract

In the context of the current discussion on climate change the use of alternative energy sources is seen as one answer and the improvement of energy efficiency is also perceived as an important contribution. In this area the private consumer is expected to demonstrate responsible behaviour by sustainable consumption. A clear criterion which is frequently stated in the context of energy efficient foodstuffs is the transportation distance. But studies also show that short distance transportation is just as important for the energy balance. This study takes a closer look at the total energy balance, analysing the relative impact of cultivation, processing and transport of apples and wine, until the products reach the POS (Giessen, Germany). It is also assessed whether there are regional differences or differences depending on the size of the enterprises. The study is conducted as a qualitative case study. Producers in various regions of Germany, South Africa and Hungary were sent a questionnaire in order to collate data on the type and the quality of their business processes as well as on the type of energy sources used and the production volumes achieved. In order to assess the way transportation takes place different people responsible for management were asked to describe the typical ways of shipping the merchandise and to describe how much fuel was used for transportation. The results are presented broken down by the total energy balance of on the one hand cultivation and on the other hand processing, on the basis of one hectoliter of wine and 1 ton of apples. The results of the transportation are presented as the absolute value of the functional unit from the production site until the POS. The discussion shows that depending on the size of the enterprise, the E_B sometimes goes down with an increased throughput. Only region M has a broad fluctuation range without any correlation to throughput. In contrast, region HU has a constantly low E_B . German apple producers have a high correlation between size of the company and energy consumption. When presenting the results as primary energy and CO₂-emissions the picture is very similar for all companies. The analysis of transportation shows that with a few exceptions transportation is organised efficiently with the lowest possible energy consumption. An exception is represented by a few small wine producers who have the highest energy consumption by comparison. When shipping apples by sea the absolute energy consumption is very high, with rates which are many times higher than the energy consumption of German apples.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV	
TABELLENVERZEICHNIS	VII	
GLEICHUNGEN	IX	
LISTE DER VERWENDETEN SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN	X	
1	EINLEITUNG	1
1.1	Fragestellung	1
1.2	Vorgehen	2
1.3	Aufbau der Arbeit	2
2	ENERGIE: GLOBALE, REGIONALE UND POLITISCHE ASPEKTE	4
2.1	Energiebilanzierung: Warum und Wie?	4
2.1.1	Allgemein	4
2.1.2	Dimension und Umweltauswirkung von Transporten allgemein und von Lebensmittel-Transporten	7
2.1.3	Die Dimension und Umweltauswirkung der Lebensmittelproduktion und des -konsums	15
2.1.4	Ecology of Scale / Benchmarking	18
2.2	Regionale Energieversorgung und -produktion	20

3	DIE UNTERSUCHTEN PRODUKTE: REGIONALITÄT, WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG, PROZESSKETTE UND ENERGIESTUDIEN	25
3.1	Wein	25
3.1.1	Wirtschaftliche Bedeutung und Prozesskette	25
3.1.2	Energieumsatz	31
3.2	Apfel	35
3.2.1	Wirtschaftliche Bedeutung und Prozesskette	35
3.2.2	Energieumsatz	41
4	AUSWERTUNG VON TRANSPORTEN IN DER LITERATUR	47
5	MATERIAL UND METHODEN	53
5.1	Bilanzierungsziel	53
5.2	Durchführung der Erhebung	53
5.3	Auswertung der Daten	56
5.3.1	Betriebsdaten Wein	57
5.3.2	Betriebsdaten Apfel	61
5.3.3	Auswertung Transport	63
6	ERGEBNISSE	80
6.1	Betriebsdaten Wein	80
6.2	Betriebsdaten Apfel	87
6.3	Der Wein-Transport	90
6.4	Der Apfel-Transport	98

7	DISKUSSION	101
7.1	Diskussion der Ergebnisse	101
7.1.1	Energieumsätze der Betriebe im regionalen Unterschied	102
7.1.2	Energieumsatz der Transporte	118
7.1.3	Ergebnisse insgesamt	127
7.2	Diskussion der Studiendurchführung	134
8	FAZIT	138
9	ZUSAMMENFASSUNG	140
	LITERATURVERZEICHNIS	142

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anteil des Transportsektors am gesamten Endenergieumsatz der EU [EUROSTAT 2003]	8
Abb. 2: Anteil des Transportsektors an den gesamten, durch fossile Brennstoffe verursachten, CO ₂ -Emissionen [EUROSTAT 2003]	9
Abb. 3: „Anteile des Energieverbrauch in verschiedenen Abschnitten des Lebenszyklus am Gesamtverbrauch für die Nahrungsmittelproduktion [JUNGBLUTH 2000 S. 22]“ erstellt aus unterschiedlichen Quellen	17
Abb. 4: Energieumsatz in kWh/hl bezogen auf die Durchsatzmenge von Brauereien in Irland, Norwegen und Österreich [EVA 2001a]	19
Abb. 5: Fließschema Weißweibereitung [ERNESTOPAULI 2006]	27
Abb. 6: Fließschema Rotweibereitung [ERNESTOPAULI 2006]	28
Abb. 7: Erntemenge und Hektarerträge im Apfelanbau 1995 bis 2005 [DESTATIS 2006]	39
Abb. 8: Apfelanbaugebiete in Südafrika [DFPT 2006]	40
Abb. 9: E_B [kWh/hl] deutscher Weinbetriebe (M) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]	81
Abb. 10: E_B [kWh/hl] deutscher Weinbetriebe (B, W) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]	81
Abb. 11: E_B [kWh/hl] von HB (Anbau und Verarbeitung) mit den dazugehörigen Daten zum Anbau (a-e) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]	82
Abb. 12: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] deutscher Weinbetriebe (M) [eigene Darstellung]	82
Abb. 13: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] deutscher Weinbetriebe (HB, B, W) [eigene Darstellung]	83

Abb. 14: E_B [kWh/hl] ungarischer Weinbetriebe (HU) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]	84
Abb. 15: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] ungarischer Weinbetriebe [eigene Darstellung]	84
Abb. 16: E_B [kWh/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]	86
Abb. 17: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) [eigene Darstellung]	86
Abb. 18: E_A [kWh/t] deutscher Apfelbauern (BS) aufgetrennt nach Energieträgern [eigene Darstellung]	88
Abb. 19: E_L [kWh/t] deutscher Apfelbauern (BS) [eigene Darstellung]	89
Abb. 20: Energiedaten deutscher Apfelbauern (BS) aufgetrennt nach EE-, PE-Umsatz [kWh/t] und CO ₂ -Emission [kg/t] [eigene Darstellung]	89
Abb. 21: Spezif. EE-, PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] und CO ₂ -Emission [kg/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (M) [eigene Darstellung]	91
Abb. 22: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] Vertrieb Deutschland absolut (M) [eigene Darstellung]	91
Abb. 23: Spezif. EE-, PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] und CO ₂ -Emission [kg/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (HB, B, W) [eigene Darstellung]	92
Abb. 24: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO ₂ -Emission [kg/hl] Vertrieb Deutschland absolut (HB, B, W) [eigene Darstellung]	92
Abb. 25: Spezif. EE- und PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (DS) [eigene Darstellung]	93
Abb. 26: E_B [kWh/hl] der Weinbetriebe, bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (M, B & W, SAW, HU, HB) [eigene Darstellung]	101

Abb. 27: E_B [kWh/hl] deutscher Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Region (M, HB, B&W) [eigene Darstellung]	103
Abb. 28: E_B [kWh/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) bezogen auf Durchsatzmenge [hl] [eigene Darstellung]	104
Abb. 29: E_B [kWh/hl] ungarischer Weinbetriebe (HU) bezogen auf Durchsatzmenge [hl] [eigene Darstellung]	105
Abb. 30: PE-Umsatz [kWh/hl] der Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (B & W, HB, M) [eigene Darstellung]	106
Abb. 31: PE-Umsatz [kWh/hl] der Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (SAW, HU) [eigene Darstellung]	107
Abb. 32: Mittelwerte (\bar{x}) der PE-Umsätze und CO ₂ -Emission aufgeteilt nach Ländern (D, SA, HU) und Modulen [eigene Darstellung]	110
Abb. 33: Spezif. EE- und PE-Umsätze [kWh/t] der Apfelbetriebe (BS) bezogen auf Erntemenge [t] [eigene Darstellung]	111
Abb. 34: E_A [kWh/t] der Apfelbetriebe (BS, SAA, Literatur) bezogen auf Erntemenge [t] [eigene Darstellung]	113
Abb. 35: EE-Umsätze [kWh/ha] der Apfelbetriebe (BS, SAA, Literatur) bezogen auf Anbaufläche [ha] [eigene Darstellung]	114
Abb. 36: Anteile der Energieträger an E_B [kWh/t] und CO ₂ -Emission [kg/t] der Apfelbetriebe (BS und SAA-1) [eigene Darstellung]	117
Abb. 37: E_T [kWh/hl] und spezif. E_T [kWh/(hl*km)] der Winzer bezogen auf Betriebsgröße [hl] [eigene Darstellung]	118
Abb. 38: Energetisches Profil der günstigsten (best) und ungünstigsten (worst) Weinbetriebe und -transporte der untersuchten Länder [kWh/hl] [eigene Darstellung]	129
Abb. 39: Energetisches Profil der günstigsten (best) und ungünstigsten (worst) Apfelbetriebe und -transporte der untersuchten Länder [kWh/t] [eigene Darstellung]	129

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: PE und spezif. CO ₂ -Emission der verwendeten Energieträger [UBA 2000, IFEU 2005, KNÖRR 2005, ÖKO-INSTITUT 2005]	23
Tab. 2: Vergleich der Energiedaten für 2002 [DIW 2004, IEA 2005, EIA 2005, BMWI 2006].	24
Tab. 3: Endenergieumsatz Weinbereitung, Literaturwerte [eigene Darstellung]	34
Tab. 4: Energieumsatz Apfelanbau, Literaturwerte [eigene Darstellung]	43
Tab. 5: Energieumsatz Apfeltransport und Lagerung, Literaturwerte [eigene Darstellung]	46
Tab. 6: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO ₂ -Emission im Straßengütertransport, Auslastung 50 %, 40 t ZGG [eigene Darstellung]	48
Tab. 7: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO ₂ -Emission im See- und Binnenschiffstransport [eigene Darstellung]	50
Tab. 8: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO ₂ -Emission des Güterzugtransport, 1.000 t, hügelig [eigene Darstellung]	52
Tab. 9: Thermodynamische Kenndaten verwendeter Energieträger [BMW I 2006]	56
Tab. 10: Durchschnittliche Auslastungsgerade der Transporte [UBA 2000, MESSERSCHMIDT 2004, SEABOARD 2004, GROSCH 2005, PELGER 2005]	75
Tab. 11: Für die Berechnung angewendete Umwandlungsfaktoren [UBA 2000, ÖKO-INSTITUT 2005, KNÖRR 2005]	79
Tab. 12: Mittelwerte (\bar{x}) der spezif. EE, PE und CO ₂ -Emission der Transportformen [eigene Darstellung]	93
Tab. 13: EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission des Deutschlandvertriebs (MZ-GI) des Weingroßhändlers (DW-A) und der Einzelhandelskette (DW-B) [eigene Darstellung]	94

Tab. 14: Transport Wein aus Ungarn (HU): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	95
Tab. 15: Transport Wein in Südafrika (SAW): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	96
Tab. 16: Seetransport Wein: EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	96
Tab. 17: Transport Wein Antwerpen (AW) bis Giessen (GI): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	97
Tab. 18: Transport Apfel innerhalb Deutschlands (Niederelbe): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	98
Tab. 19: Transport Apfel innerhalb Deutschlands (Bodensee): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	98
Tab. 20: Binnentransport Apfel Südafrika (SAA): EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	100
Tab. 21: Seetransport Apfel: EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	100
Tab. 22: Binnentransport Apfel Europa: EE-, PE-Umsatz und CO ₂ -Emission [eigene Darstellung]	100

Gleichungen

$E_A = (h_u * V_{TA} * \rho) / V_W$ (Gleichung 1).....	57
$E_V = (W_{el} + h_u * V_{TV} * \rho + h_u * V_{gas}) / V_W$ (Gleichung 2).....	57
$E_B = E_A + E_V$ (Gleichung 3).....	58
$E_A = (W_{el} + h_u * V_{TA} * \rho + h_u * V_{gas}) / M_A$ (Gleichung 4).....	61
$E_L = W_{el} / M_A$ (Gleichung 5).....	61
$E_B = (W_{el} + h_u * V_T * \rho + h_u * V_{gas}) / M_A$ (Gleichung 6).....	61
$E_T = (h_u * V_{TT} * \rho) / V_W$ (Gleichung 7).....	63
spezif. $E_T = E_T / s_{dir}$ (Gleichung 8).....	64
$V_W = MNL * A / M_{wv}$ (Gleichung 9).....	69
$E_K = s / 70 \text{ km/h} * V_K * h_u$ (Gleichung 10).....	74
$E_T = h_u * 1000 * (V_{TS} * t + V_{TH} * t)$ (Gleichung 11).....	75
$n_{Pl} = A / 1,32 + n_C * 10$ (Gleichung 12).....	77
$M_A = n_{Pl} * m_{Pl} + n_{CR} * 10 * m_{Pl}$ (Gleichung 13).....	78

Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen

Allgemein:

a	= Jahr
A	= Apfel
AW	= Antwerpen
B	= Baden
BS	= Bodensee
CA	= controlled atmosphere/kontrollierte Atmosphäre
CT	= Capetown/Kapstadt
D	= Deutschland
d	= Tag
DFPT	= Deciduous Fruit Producers' Trust
DIN	= Deutsches Institut für Normung
DLG	= Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DS	= Transporte der deutschen Speditionen/Einzelhandelskette
EcoTransIt	= Ecological Transport Information Tool
EE	= Endenergie
EMAS	= Eco Management and Audit Scheme (EU-Öko-Audit)
EPD	= Environmental Product Declaration
EU	= Europäische Union
FAL	= Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Fl	= Flasche
FZkm	= Fahrzeug-kilometer
g	= Gramm
GEMIS	= Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GI	= Giessen
GJ	= Gigajoule ($1 * 10^9$ Joule)
h	= Stunde
ha	= Hektar (10.000 m ²)
HB	= hessische Bergstrasse
hl	= Hektoliter (100 l)
HU	= Ungarn
IFEU	= Institut für Energie- und Umweltforschung

IFO	= intermediate fuel oil (spezif. Schiffstreibstoff)
IPCC	= Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	= International Organisation of Standardization
k.A.	= keine Angabe
KEA	= kumulierter Energieaufwand
kWh	= Kilowatt * Stunde
KWV	= Kooperative Wijnbouwers Vereeniging
M	= Mosel
MDO	= marine diesel oil
MEA	= means/end Analysis
Mill.	= Million (10^6)
MIPS	= Material Intensität Pro Serviceeinheit
MJ	= Megajoule ($1 \cdot 10^6$ Joule)
MNL	= maximale Nutzlast
Mrd.	= Milliarden (10^9)
MZ	= Mainz
OECD	= Organisation for Economic Co-operation and Development
PE	= Primärenergie
PJ	= Petajoule ($1 \cdot 10^{15}$ Joule)
POEMS	= Product Oriented Environmental Management System
POS	= point of sale/Verkaufsort
RÖE	= Rohöläquivalente
RT	= Rotterdam
SA	= Südafrika
SEC	= specific energy consumption
t	= Tonne
TE	= Terajoule ($1 \cdot 10^{12}$ Joule)
tkm	= tonnenkilometer ($1 \text{ km} \cdot 1 \text{ tonne}$)
UBA	= Umweltbundesamt
UBP	= Umweltbelastungspunkte
ULO	= ultra low oxygen
W	= Württemberg oder Wein
ZGG	= zulässiges Gesamtgewicht

Variablen und Indizes der mathematischen Formeln:

E [kWh/hl]	= Endenergieumsatz
h_u [kWh/kg]	= spezifischer unterer Heizwert
M [t]	= Masse (Ernte oder Transport)
ρ [kg/m ³]	= Dichte
s [km]	= Weg/Strecke
t [d]	= Dauer
V [m ³ /l/hl]	= Volumen Verbrauch/Produktion
W_{el} [kWh]	= Endenergieumsatz Strom
\bar{x}	= arithmetischer Mittelwert (x quer)
A	= Anbau oder Apfel
B	= Betrieb
dir	= direkt(e)
gas	= Gas (Erdgas oder Flüssiggas)
H	= Hafen
K	= Kühlung
L	= Lager
T	= Treibstoffverbrauch oder Transport
S	= See
V	= Verarbeitung oder Verpackung
W	= Wein

1 Einleitung

1.1 Fragestellung

Die heutige Diskussion zum Thema Energieversorgung und Klimawandel hat u.a. zum Inhalt, dass durch eine verbesserte Energieeffizienz und verstärkte Einsparungen privater Haushalte die Allgemeinsituation verbessert werden soll. Bei der Argumentation wird auch der Blick auf die vom Haushalt konsumierten Lebensmittel gerichtet und allgemeingültig regionaler Anbau und Verarbeitung als Lösung vorgeschlagen. Die Betrachtung der Selbstversorgungsgrade unterschiedlicher Lebensmittel in Deutschland macht allerdings deutlich, dass mit der aktuellen Verwendung der Agrarfläche nicht der Bedarf der gesamten Bevölkerung gedeckt werden kann. Zur Ergänzung werden also Importe aus anderen Ländern notwendig, die sich in ihrer Durchführung und Länge allerdings stark unterscheiden können. Wie andere Studien belegen, sind Transportform und regionale Produktionsbedingungen für den Energiebedarf bestimmend und die Ergebnisse entsprechen nicht immer der naheliegenden Vermutung, dass regionale Betriebe energieeffizienter produzieren und transportieren als überregionale.

Im Rahmen des Projektes „Energiebilanzierung regionaler und überregionaler Lebensmittel“ sind bisher die Produkte Lammfleisch und Fruchtsaft bilanziert worden. Diese Studie kann einen starken Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Energieumsatz ermitteln, der als Grundlage für die Theorie „Ecology of Scale“ dient [SCHLICH 2005]. Die vorliegende Arbeit ist eine Abschätzung des Energieumsatzes der Produkte Äpfeln und Wein aus Deutschland, Südafrika und Ungarn. Bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte standen folgende Aspekte im Vordergrund:

- beide Produkte haben eine hohe Relevanz für die Versorgung der deutschen Bevölkerung;
- es sind sowohl importierte als auch regional produzierte Produkte auf dem Markt;
- sie sind homogen oder einfach verarbeitet;
- Wein hat außerdem eine aufwendige Verpackung, die mit transportiert werden muss.

Die zentralen Fragestellungen, die hierbei behandelt werden sollen, sind der Einfluss der Betriebsgröße auf den Energieumsatz der Produktion, inwiefern Ergebnisse der

vorhergehenden Studie bestätigt werden können und welcher Anteil des Gesamtenergieumsatzes durch die Transporte bedingt wird. Darüber hinaus ergeben sich im Laufe der Erhebung die Fragen, ob es einen regional bedingten Einfluss auf den Energieumsatz gibt und welcher Energieumsatz im Vergleich aller Betriebe als effizient eingestuft werden kann.

1.2 Vorgehen

Die Studie wird als qualitative Fallstudie durchgeführt. Der Weg der Produkte wird beginnend beim Anbau entlang der Prozesskette begleitet und Personen in Schlüsselpositionen werden interviewt. Für die Auswertung des Anbaus und der Verarbeitung werden Betriebe unterschiedlicher Größe und Region mit einem Fragebogen befragt. Der Transport wird anhand typischer Wege und Auslastungsgrade ausgewertet. Zur Vereinheitlichung werden die Verbrauchswerte mit dem unteren spezifischen Heizwert in Endenergie und anhand regionaler Umwandlungsfaktoren in Primärenergie und CO₂-Emission umgerechnet. Bei der Diskussion wird das Verhalten von Energieumsatz und Betriebsgröße genauer betrachtet und Ursachen für regionale Unterschiede aufgezeigt. Anhand der Regressionsgleichung wird mit dem arithmetischen Mittelwert für die einzelnen Regionen ein Energieumsatz und eine Betriebsgröße berechnet, der als Richtwert für diese Region verwendet werden kann. Die Transporte werden bei unterschiedlichen Wegen und Transportformen als Gesamtenergieumsatz berechnet, der von Produktionsort bis zur Erreichung des POS benötigt wird.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit soll anhand einer kurzen Erläuterung der aktuellen Diskussion zum Thema Energie und der Situation des Transportsektors, der Lebensmittelproduktion und der Energieversorgung dargestellt werden, welche Relevanz das Thema für die Bundesrepublik Deutschland hat. Nach diesem allgemeinen Überblick wird genauer darauf eingegangen, welche wirtschaftliche Bedeutung die untersuchten Produkte Wein und Apfel haben und welche Prozessketten vorzufinden sind. Im diesem Zusammenhang werden Studien vorgestellt, die sich bereits mit dem Thema Energiebilanzierung der Wein- und Apfelproduktion beschäftigen. Im letzten Abschnitt des Literaturteils wird die Auswertung einzelner Transportformen genauer erläutert. Nach der Darstellung der Methoden zur Auswertung und der Ergebnisse wird in der Diskussion geprüft, inwiefern die Betriebe in den untersuchten Regionen sich nach „Ecology of Scale“ [SCHLICH 2005] verhalten und wie

eine optimale Betriebsgröße auszusehen hat. Zusammen mit den Ergebnissen der Transportwege kann für die einzelnen Produkte die Bandbreite der Energieumsätze und das energetische Profil berechnet werden. Zum Abschluss wird genauer auf die Vor- und Nachteile dieser Form der Studiendurchführung eingegangen.

2 Energie: globale, regionale und politische Aspekte

2.1 Energiebilanzierung: Warum und Wie?

Eine Energiebilanz kann laut [DIEPENBROCK 1995 S.10] als „die quantitative Gegenüberstellung von Energieinput und –output eines Systems“ verstanden werden. Die Formen der Energie, die laut [DIEPENBROCK 1995] zu unterscheiden sind, sind Primär-, Sekundär, End- und Nutzenergie. Diese werden in Kapitel 2.2 genauer erläutert. Zum Einstieg in die Betrachtung des Themas Energiebilanzierung muss spezifiziert werden, dass entgegen dem üblichen Sprachgebrauch Energie nicht produziert oder verbraucht wird, sondern nach den Gesetzen der Thermodynamik die arbeitsfähige (Exergie) in eine nicht arbeitsfähige (Anergie) umgewandelt wird. Diese arbeitsfähige Form ist zumeist an Energieträger gebunden und kann über Umwandlungsprozesse (z.B. Verbrennung, mechanischer Antrieb von Windrädern) die gespeicherte Energie als Arbeit oder Wärme zur Verfügung stellen. Dieses erfolgt häufig unter der Entstehung von Koppelprodukten (radioaktive Strahlung, CO₂), die bei der Anreicherung in unserem Lebensraum negative Auswirkungen entfalten. Dieses führt dazu, dass der Energieumsatz einer Gesellschaft und die Möglichkeiten der Reduktion mal mehr und mal weniger ins öffentliche Bewusstsein gerückt werden.

2.1.1 Allgemein

Aktuell ist Energie aus zweierlei Gründen ein wichtiges öffentliches Diskussionsthema. Zum Einen wird die Endlichkeit fossiler Energiequellen, der global steigende Bedarf und mangelnde Alternativen als Bedrohung der aktuellen Versorgung wahrgenommen. Zum Anderen werden mit dem weltweiten Energieumsatz weitere negative Umweltfolgen wie dem Treibhauseffekt, Sommersmog, Feinstaubemission und Waldsterben in Verbindung gebracht [HENNICKE 1996 S. 22-32].

In Deutschland wird das Problem der Abhängigkeit von Gas- und Öl-liefernden Ländern immer größer. Die deutsche Abhängigkeit von „Energie-Importen“ ist von 51 % in 1991 auf 61 % in 2001 angestiegen. Diese wird vor allem durch die fast vollständige Abhängigkeit (97 %) von Ölimporten bestimmt [EUROSTAT 2004]. Das Ressourcenproblem im Energiebereich soll vor allem durch eine Verbesserung der Energieeffizienz bewältigt werden. Die Gründe, die das Grünbuch der [EC 2005] für eine Förderung von Energieeinsparung und

Energieeffizienz angibt sind vor allem die Reduzierung von CO₂-Emissionen und der Ressourcenmangel, aber auch eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Es weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, dass wirksames Handeln zur Senkung des Energieumsatzes erst sinnvoll ist, wenn die Faktoren ermittelt werden, die Umwandlungsverluste verursachen [EC 2005 S. 14].

In dem neuesten Klimabericht des IPCC wird nochmals verstärkt darauf hingewiesen, dass die Hauptursache der Klimaerwärmung das durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehende CO₂ ist [IPCC 2007]. Dieses wirft eine erneute Diskussion auf, mit welchen Maßnahmen diesem beizukommen ist. Die Empfehlungen, die zur Reduktion ausgesprochen werden, sind, neben verstärkter Nutzung regenerativer Energien eine Reduktion der Umwandlungsverluste und eine allgemeine Verringerung des Energieumsatzes [HENNICKE 1996 S. 53 -58].

Trotz aller Bemühungen, den Energieumsatz und die CO₂-Emission zu reduzieren, fallen die Ergebnisse gering aus. Ein großes Problem stellt in diesem Bereich der Haushaltssektor dar, der über die direkte Nachfrage nach Energieträgern, aber auch indirekt durch den zunehmenden Konsum von Waren und Dienstleistungen den Energieumsatz beeinflusst [UBA 2006]. Daher ist es von besonderem Interesse wie die Vorketten der regelmäßig konsumierten Produkte aus dem Lebensmittelbereich aussehen. Informationen über den tatsächlichen Energiefluss bei bestimmten Prozessketten können mittels Energiebilanzen berechnet werden. Eine Energiebilanzierung kann in vielfältigen Formen vorkommen. In der Literatur findet man sie als Teil einer Ökobilanz, alleinstehend als kumulierter Energieaufwand (KEA) oder means/end analysis (MEA). In dieser Studie wird sie als Vergleich der Energieumsätze unterschiedlicher Betriebe und Prozessschritte angewendet. Die Durchführung einer Energiebilanz entspricht den vier Schritten einer Ökobilanz wie sie in den DIN ISO Normen 14040 bis 14043 festgelegt werden. Zuerst wird auch hier ein Untersuchungsrahmen festgesetzt, in dem Systemgrenzen und funktionelle Einheiten festgelegt werden. Im praktischen Teil (Sachbilanz) werden Umsätze aller relevanten Energieträger erfasst, die bei der weiteren Bearbeitung (der Wirkungsabschätzung) z.B. auf der Datenbasis von Heizwerten, Umwandlungsverlusten und spezifischen CO₂-Emissionen auf den Wert Endenergie, Primärenergie und CO₂-Emission pro funktionelle Einheit umgerechnet werden. Danach kommt es zu einer Bewertung der Ergebnisse mit Handlungsempfehlung. Bei der

Ökobilanz werden im Abschnitt der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung weitere Daten zur Umweltwirkung und dementsprechende Indikatoren verwendet, um die Umweltwirkung des Produktes oder Prozesses zu beschreiben. Diese werden z.B. anhand der Wirkbereiche Treibhauseffekt, Eutrophierung, Oxidantienbildung, Ozonabbau, Versauerung, Beanspruchung fossiler Ressourcen und direkte Gesundheitsschädigung eingeteilt und gewichtet. Das Ergebnis wird dann mit Indikatoren wie z.B. Umweltbelastungspunkten (UBP) oder Eco Indikator 99 dargestellt. Andere Methoden zur Bewertung von Umweltauswirkungen sind Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS), Input-Output-Analysen oder der Ökologische Fußabdruck [JUNGBLUTH 2001]. Bei den Wirkungsabschätzungen werden bis zu 51 Kriterien analysiert, die eine eindeutige Aussage erschweren können [JONES 2002]. Außerdem finden sie unterschiedliche Bevorzugungen und es werden länderspezifische Gewichtungen verwendet. Dieses kann zur Folge haben, dass bei der Erstellung von Ökobilanzen regionale und politische Aspekte mit einfließen [SVENSSON 2005] und mit einer Erhöhung der Anzahl der Wirkbereiche eine Abnahme der Transparenz aber auch eine Verfälschung eintreten kann [JONES 2002]. Dieses zeigt, dass bei der Erstellung von Ökobilanzen die Suche nach passenden Indikatoren sehr differenziert zu betrachten ist. [JONES 2002] und [SVENSSON 2005] halten es daher für sinnvoll durch die Reduzierung der Datenanalyse auf den Energieumsatz eine Vereinfachung der Erhebung und weniger interpretationsanfällige Parameter zu erhalten, die allerdings auch nur in einem eingeschränkten Rahmen aussagekräftig sind.

Ein Ziel der Energiebilanzierung ist es, aus den vorliegenden Daten den gesamten Primärenergiebedarf der Produkte und Prozesse sowie die dadurch verursachte Umweltbelastung zu berechnen [JUNGBLUTH 2001]. Diese sind direkt als Energieeffizienz technischer Anlagen im Transport- und Produktionssektor zu erfassen, werden aber auch indirekt durch verwendete Energieträger und Wirkungsgrade der regionalen Stromproduktion beeinflusst. Daher werden diese in Kapitel 2.2 genauer spezifiziert. Eine weitere Form der Energieerhebung ist der „Emergy“ Ansatz bei der Energie als Sonnenenergie berechnet wird, die zur Unterstützung eines Systems benötigt wird [PIZZIGALLO 2006].

Wie schon erwähnt ist für eine vollständige ökologische Bewertung eine reine Energiebilanzierung unzureichend. Faktoren wie Ressourcenverbrauch oder CO₂-Emission stehen zwar in direkter Korrelation zum Energieumsatz, weitere ökologische

Schadenspotentiale werden aber nicht erfasst [JUNGBLUTH 2001, SVENSSON 2005]. [SVENSSON 2005] unternimmt eine Analyse mit welchen Wirkungsbereichen einer Ökobilanz der Energieumsatz im direkten Zusammenhang steht. Er findet, dass je nach verwendeter Energieform mit dem Klimawechsel, dem Verbrauch abiotischer Ressourcen, der Abwärmeerzeugung, der Photo-Oxidantienbildung, der Partikelemission und der Toxizität ein starker Zusammenhang besteht. Er weist aber auch darauf hin, dass bei einer Vereinfachung der Datenauswertung wie es bei einer reinen Energiebilanz der Fall ist, andere umweltrelevante Faktoren übersehen werden können.

Welche Aussagekraft der Ergebnisse benötigt wird, muss vor der Erhebung genauer betrachtet werden. In wissenschaftlichen Studien und Forschungsberichten [JONES 2002, SAUNDERS 2006] wird darauf hingewiesen, dass auch das Verhältnis des Energieaufwandes für die Produktion zu Lagerung und Transport eine Aussage darüber liefern kann, welcher Teil der Prozesskette der energieaufwendigste ist. Für die Klärung dieser Fragestellung ist es also notwendig den gesamten Produktionsprozess und die Transporte differenziert zu betrachten und hierbei auch auf die regionalen Produktionsbedingungen einzugehen [SAUNDERS 2006 S. 7]. Bei [SAUNDERS 2006] wird auch eine ausführliche Literaturlauswertung zum Thema „Food Miles“ unternommen. Diese stellt dar, dass häufig ohne eine wissenschaftliche Datengrundlage mit der scheinbar feststehenden Schlussfolgerung des geringen Energieumsatzes der regionalen Produktion argumentiert wird. Im folgenden Kapitel wird nun auf die aktuelle Situation der zu untersuchenden Prozessschritte Anbau, Verarbeitung und Transport genauer eingegangen.

2.1.2 Dimension und Umweltauswirkung von Transporten allgemein und von Lebensmittel-Transporten

Allgemein:

Dem gesamten Transportsektor wird bei der Betrachtung der Umweltauswirkung ein erhebliches Schadenspotential zugesprochen. [MAIBACH 2001] gibt für die Umweltauswirkungen von Transporten den Energieumsatz, die Klimaemission, die Luftbelastung sowie die Lärm- und Flächenbelastung an. Die Europäische Kommission sieht vor allem in den Bereichen Luftverschmutzung und Lärm ein wichtiges Schadenspotential.

Der tatsächliche Anteil des Transportsektors am Gesamtenergieumsatz in Europa ist in 2001 ca. 32 % (siehe Abb. 1) [EUROSTAT 2003].

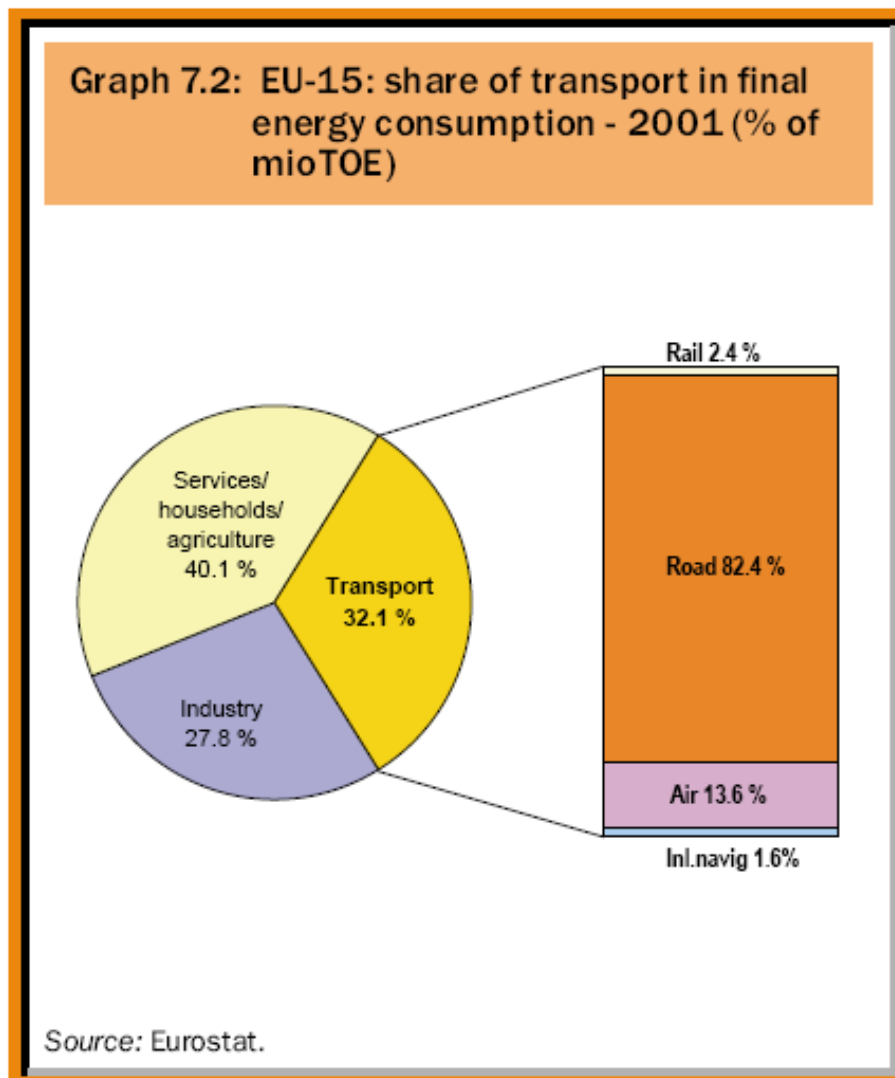


Abb. 1: Anteil des Transportsektors am gesamten Endenergieumsatz der EU [EUROSTAT 2003]

Wie aus Abb. 2 ersichtlich beträgt der Anteil des Transportsektors an der gesamten CO₂-Emission durch fossile Brennstoffe der EU 44 % [EUROSTAT 2003]. Für eine Reduktion des nationalen CO₂-Ausstoßes, wie es im Kyoto-Protokoll vereinbart ist, wird daher der Transportsektor immer wieder als wichtiger Angriffspunkt genannt. In diesem Zusammenhang weisen das IPCC und die Europäische Kommission darauf hin, dass vor allem die Verbrennung fossiler Brennstoffe einen relevanten Anteil hat und dementsprechend eine Reduktion dieser im Bezug auf CO₂-Einsparungen die größte Auswirkung habe [EUROSTAT 2003, IPCC 2007]. Neben einer Optimierung der Technologien sei eine

Reduktion des Transportaufkommens und der -leistung eine einfache Strategie, um den Energieumsatz in diesem Sektor zu reduzieren [MAIBACH 2001, LANDWEHR 2002].

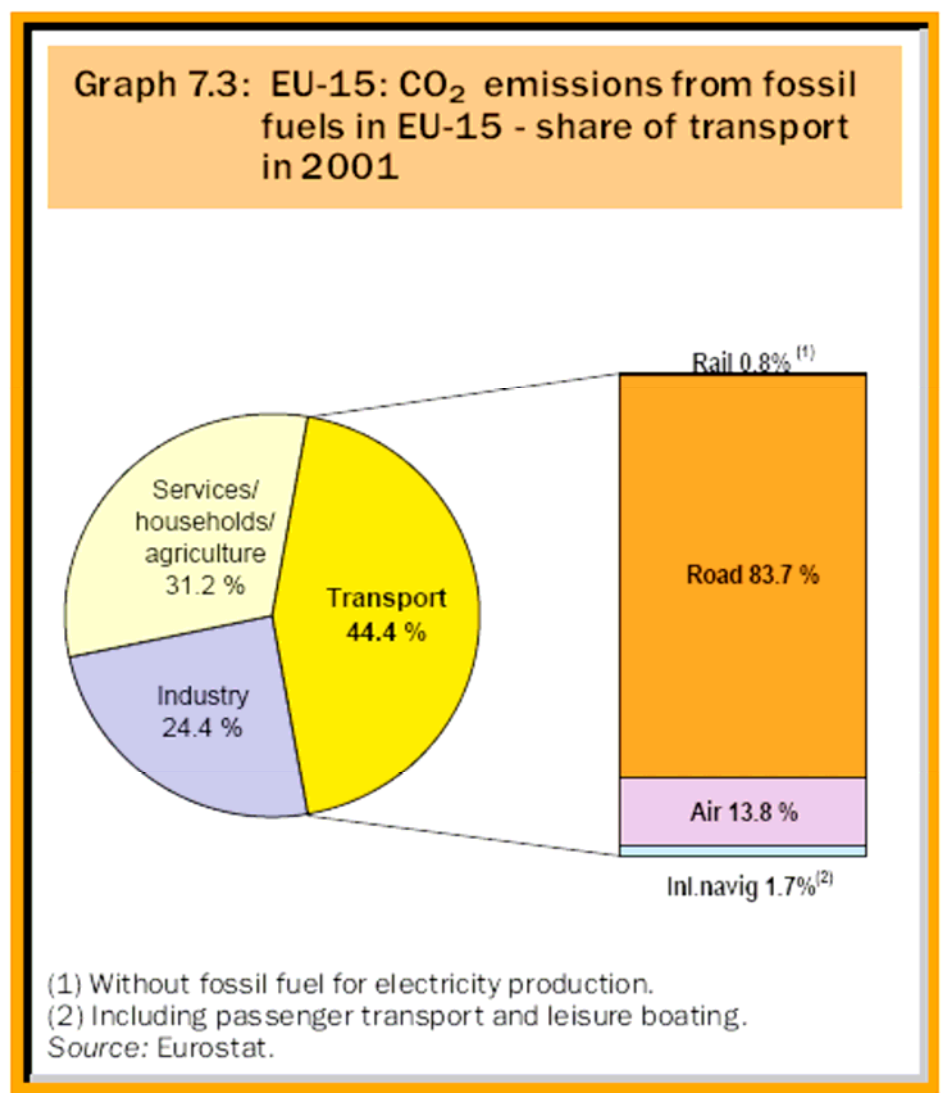


Abb. 2: Anteil des Transportsektors an den gesamten, durch fossile Brennstoffe verursachten, CO₂-Emissionen [EUROSTAT 2003]

Der Anteil des gesamten Verkehrs am Endenergieumsatz der Bundesrepublik Deutschland bleibt seit 1991 relativ konstant bei 26 – 30 %. Dieses entspricht einem Absolutwert von 9.100 bis 9.700 PJ. Im Zeitraum von 1992 bis 2003 bleibt das gesamte Güterverkehrsaufkommen (Wasser, Schiene, Straße) im deutschen Raum mit ca. 3.500 Mio. t (mit einigen Schwankungen) scheinbar konstant. Die Leistung steigt allerdings von 384,3 Mrd. tkm auf 501,7 Mrd. tkm an. Dieses bedeutet, dass zwar gleiche Mengen, diese aber über größere Distanzen transportiert werden. Im Vergleich ist es vor allem der

Straßengüterverkehr, der mit einem Anstieg von 254,7 auf 362,9 Mrd. tkm seinen Anteil von 61,5 % auf 70,3 % ausbaut [BMVBW 2004 S. 278-285].

Neben dem Vergleich des direkten Transportaufkommens und dem dadurch verursachten Treibstoffverbrauch, können noch die indirekten Energieumsätze für die Bereitstellung des Treibstoffs, des Rollmaterials und der Infrastruktur einbezogen werden. [MAIBACH 1997] nimmt in diesem Zusammenhang für INFRAS einen Vergleich verschiedener Transportformen und ihrer Effizienz in der Schweiz vor. Er ermittelt für den Energieumsatz des reinen Transportes auf der Straße den 8-fachen Wert im Vergleich zur Schiene. Für die Gesamtbetrachtung, also inkl. der Bereitstellung und Entsorgung der Infrastruktur, ergibt sich nur noch ein 2,5-facher Wert, da der größte Energieumsatz beim Bahnbetrieb auf Herstellung und Unterhaltung der Infrastruktur entfällt. Die CO₂-Emission des LKW Betriebs ist allerdings 78-mal mehr als beim Bahnbetrieb. Dieser Wert gilt allerdings nur für die Schweiz, da hier der Bahnstrom fast ohne CO₂-Emission produziert wird.

Eine Prognose von [IFEU 2005] sagt für den Endenergieumsatz des Nutzverkehrs (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) eine Abnahme voraus, der vor allem von einer Reduktion des spezifischen Treibstoffverbrauchs, einer verbesserten Auslastung und einem höheren Anteil von Sattelschleppern verursacht wird. Dieser soll von 774 PJ in 2000 auf 670 PJ in 2030 abnehmen. Beim Primärenergieumsatz des gesamten Straßenverkehrs ergibt die Prognose eine Abnahme von 2.753 PJ in 2000 auf 2.130 PJ im Jahr 2030. Die Güterverkehrsleistung nimmt dagegen von ca. 350 Mrd. tkm/a in 2000 auf 600 Mrd. tkm/a zu [IFEU 2005].

Eine weitere vom OECD erstellte Prognose stellt fest, dass der Transportaufwand im Frachtbereich aktuell noch an das wirtschaftliche Wachstum gekoppelt ist. Das ermittelte Ergebnis ist ein Anstieg an Frachtmasse um 2 % zwischen 1997 und 2010 in Westeuropa, wobei Straßengütertransporte und Luftfracht den höchsten Anstieg verzeichnen. Für den Energieumsatz des Frachtsektors wird eine Zunahme von 1,7 % pro Jahr bis 2010 erwartet. Der Anteil der Straßenfracht am Gesamtenergieumsatz im Transportsektor (Westeuropa, Japan, Nordamerika) ist in 1997 bei 27 % und bleibt laut Prognose konstant. Der gesamte Transportsektor wird in 2010 bei gleichbleibender Entwicklung einen CO₂-Ausstoß von +50 % im Vergleich zu 1990 haben. Als wichtigste Möglichkeit der Entkopplung wird eine Regionalisierung der Nachfrage genannt. Neben dem gesamten Transportaufwand ist die Energieintensität (kWh/tkm) des Transportes ausschlaggebend für den Einfluss auf die

Umwelt. Hier gibt es regionale Unterschiede, die auf technologischen Standards, Fahrzeugverwendung und externen Faktoren beruhen [LANDWEHR 2002 S. 33].

Lebensmittel:

Der Anteil von agrarischen Gütern und Lebensmitteln am Gesamtgüterverkehr in Deutschland ist 5,4 bzw. 10,0 %. Während auf der Schiene und per Binnenschiff der Transport von Lebens- und Futtermitteln nur eine geringe Rolle spielt, ist es auf der Straße das dritt häufigste Transportgut. Das innerdeutsche Transportaufkommen für Lebens- und Futtermitteltransporte ist im Jahr 2003 insgesamt 321,6 Mio. t. Davon entfallen 94,5 % (304 Mio. t) auf Straßengütertransporte, 4,6 % (15 Mio. t) auf die Binnenschifffahrt und 0,9 % (3 Mio. t) auf die Schiene. Die Transportleistung von 56,0 Mrd. tkm wird zu 88 % (49,1 Mrd. tkm) vom Straßengütertransport erbracht. 10 % (5,6 Mrd. tkm) werden per Binnenschiff und 2,3 % (1,3 Mrd. tkm) auf der Schiene transportiert. Auch wenn bei der Bahn und Binnenschifffahrt mengenmäßig geringe Mengen transportiert werden, ist die Transportweite der Nahrungs- und Futtermittel meist überdurchschnittlich lang. Für agrarische Produkte und Nahrungsmittel werden, bezogen auf alle Transportformen, im Durchschnitt 134 bzw. 160 km gefahren. Damit liegen sie weit über dem Durchschnitt von 89 km für alle Güter. Bei allen Transporten mit Ausnahme des Schienentransportes spiegelt sich die allgemeine Tendenz, dass das Transportaufkommen und die -leistung zunimmt [BMVBW 2004 S. 235-257].

In Südafrika werden im Jahr 1994 im Agrarsektor 105 Mio. t (public & private) transportiert. Das gesamte Transportaufkommen des Landes liegt bei 477 Mio. t und so ist der Anteil des Agrarsektors am gesamten Aufkommen 22 %. Aus der Statistik ist allerdings nicht ersichtlich, ob verarbeitete Produkte wie Wein dem Agrarsektor zugeordnet werden [DT 2001 Tab 4.1.ff]. Die Fahrzeuge der schwereren Kategorie haben mit 250 Mio. FZkm einen Anteil von 76 % an der gesamten gefahrenen Strecke. Für den Seetransport sind die Häfen Durban und Kapstadt/Saldanha mit jeweils 3.700 „Bearbeitungen“ die größten Umschlagsplätze [DT 2001 Tab 4.3.ff].

Eine umfangreiche Studie des Transportenergieaufwandes für die Bereitstellung von Lebensmitteln in der BRD wird von [HOFFMANN 2001ab] und [LAUBER 2001] durchgeführt. Das Ziel ist, eine aktuelle Situationsanalyse zu erstellen, wie viel Energie für

den gesamten Lebensmittelsektor aufgewendet wird. Hierbei wird auch die Zulieferung von ernährungsrelevanten Hilfsmitteln der Primärproduktion (Dünger und Futtermittel) mit einbezogen. Für das Jahr 1996 ergibt sich eine Gesamtleistung von 270 Mrd. tkm für 450 Mio. t Güter. Das Transportaufkommen für den Import von Gütern aus Übersee umfasst dabei 15,7 Mio. t, dieses sind 3,5 % des gesamten Aufkommens. Es wird dafür allerdings 68,6 % der Gesamtleistung erbracht (184,9 Mrd. tkm). Diese wird von Seeschiffen und der LKW-Anfahrt zum Hafen bestritten. Hierbei ergeben sich kontinentale Unterschiede bei den durchschnittlichen Anfahrtsstrecken. Während in Amerika diese mit 1.000 – 1.500 km einen großen Anteil einnehmen, fallen sie in Afrika mit 280 km geringer ins Gewicht. Die Inlandtransporte werden hauptsächlich mit LKW durchgeführt. Es werden von diesen im Jahr 1996 ca. 49,3 Mrd. tkm von insgesamt innerdeutschen 64,1 Mrd. tkm transportiert. Der Bahntransport und die Binnenschiffe haben auch hier einen geringeren Anteil an dem Transportaufkommen. Für die Gesamtmenge des Transportaufkommens hat der Straßentransport mit 82,2 % den größten Anteil, doch bezogen auf die Leistung wird mit 65,8 % der höchste Teil von Seeschiffen erbracht.

Für die Berechnung der Umweltwirkung und zum Vergleich der Daten, werden die ermittelten Treibstoffumsätze in verschiedene Indikatoren umgerechnet. Verwendete Indikatoren sind der kumulierte Energieaufwand (KEA), CO₂-Äquivalente als Maß für die Klimawirksamkeit und SO₂-Äquivalente als Versauerungspotential. Hierbei ist, bezogen auf tkm, der LKW Transport am energie- und abgasintensivsten. Der Primärenergieumsatz ist 1,7 MJ/tkm, die Abgase 15,4 g CO₂-Äquivalente/tkm und 1,0 g SO₂-Äquivalente/tkm. Das Hochseeschiff hat hier die geringsten Werte und transportiert mit einem Energieumsatz von 0,1 MJ/tkm, 9,2 g CO₂-Äquivalente/tkm und 0,2 g SO₂-Äquivalente/tkm. Aus dem gesamten Transportaufkommen von 449,2 Mio. t unter Berücksichtigung der verwendeten Fahrzeuge ergibt sich somit ein Primärenergieaufwand von 156,5 MJ für die Lebensmittelversorgung der BRD [HOFFMANN 2001ab, LAUBER 2001].

Für den Transport von Lebens- und Futtermitteln nehmen das Aufkommen und die Fahrleistung im Straßenverkehr in den letzten Jahren stark zu. Als Gründe hierfür werden u.a. genannt, dass mit Marktliberalisierungen günstigere ausländische Produzenten vorgezogen werden, international agierende Konzerne ihre Supply-Chain ausnutzen und Konsumenten auch immer höhere Erwartungen an die Marktbestückung stellen (z.B. Erdbeeren im Winter)

[WHITELEGG 2004]. Der Transportaufwand wird häufig als Argument für die Bevorzugung regionaler Produkte genannt, aber wie [ERMANN 2002] feststellt, hat die Auslobung einer regionalen Produktion nicht zwangsläufig eine geringe Transportstrecke zur Folge. Hier hat der logistische Anspruch des Vermarkters einen großen Einfluss. So nennt er als Beispiel regional angebauten Kopfsalat, der durch eine aufwendige Transportorganisation über ein Zentrallager des Vermarkter mehr km fährt als durch den regionalen Anbau vermittelt wird. Dagegen werden „internationale“ Produkte wie Big Mac und Coca Cola durchaus auch regional mit geringem Transportaufwand produziert. Seine Schlussfolgerung ist, dass es keinen für den Kunden offensichtlichen Indikator gibt, der ihm die Information „kurzer Transportweg“ liefert. Auch bei der Studie von [WHITELEGG 2004] zur CO₂-Produktion beim Transport von Käse, Huhn und Brot in Großbritannien zeigt sich ein gewisses Dilemma der lokalen Produktion. Überregional produzierte Artikel mit längeren Transportstrecken verursachen mit einer effizienten Logistik den geringsten CO₂-Ausstoß. Je nach Produkt und Einkaufsstätte wird dieser noch anteilig durch den Weg vom Geschäft zum Kunden erhöht.

[COWELL 2003] verwendet für die Berechnung des Energieaufwands für den Import von Lebensmitteln nach Großbritannien einen spezifischen Transportindikator von 0,6 MJ/tkm (0,167 kWh/tkm), der den Mittelwert zwischen Straßen- und Schiffstransporten darstellt. Anhand der importierten Menge und der zurückgelegten Strecke ermittelt sie für den Import von Früchten (+ Produkte) nach Großbritannien eine Primärenergieumsatz von 7,8 MJ (2,1 kWh) und für Getränke 2,0 MJ (0,56 kWh). Den höchsten Anteil haben Zuckerrüben (+ Produkte) und Futtersaat. Die Berechnung des gesamten Primärenergieumsatzes aller Importe eines Jahres ergibt 50,3 PJ (13,89 MWh). Sie weist im Rahmen ihrer Auswertung darauf hin, dass neben der Betrachtung der reinen Transportenergie andere Faktoren durchaus eine Verlagerung der Produktion sinnvoll machen, z.B. wenn regionale Bedingungen die Produktion energieintensiver werden lassen, als es in anderen Regionen der Fall ist.

Für den Import von Lebensmitteln gibt es mehrere Gründe, die teilweise schon benannt worden sind. Neben dem Anspruch des Verbrauchers ist natürlich auch in Betracht zu ziehen, dass viele Produkte in den hiesigen Breiten nicht produziert werden können (Kaffee, Tee, usw.) oder aufgrund der agrarischen Strukturen und Bevölkerungszahl eine Selbstversorgung nicht gewährleistet werden kann. So hat die Bundesrepublik Deutschland zwar einen

ausreichenden Selbstversorgungsgrad bei Fleischprodukten, Getreide und Kartoffeln, dagegen müssen aber große Teile Obst und Gemüse importiert werden [BMELV 2005].

Eine weitere britische Studie berechnet die Umweltkosten für den Anbau und Transport von Lebensmitteln und wertet einzelne Szenarien aus, die eine Reduktion oder Erhöhung dieser externen Kosten zu Folge haben. Die Energiekosten werden hier als ein Bestandteil mit einberechnet, werden aber nur monetär ausgedrückt. Als ein Aspekt wird ausgewertet, in welchem Ausmaß eine Optimierung der Transportform Einfluss nehmen kann. Die höchsten Ersparnisse ergeben sich hier durch eine lokale Produktion und Einkauf mit Fahrrad, zu Fuß oder öffentliche Verkehrsmittel. Auch der nationale Transport mit der Bahn ergibt noch eine Verminderung der externen Kosten. Dagegen werden alle weiten Transporte mit energieaufwendigen Transportmitteln (Flugzeug, Auto) die externen Kosten erhöhen [PRETTY 2005]. Die Szenarien beruhen auf rein theoretischen Berechnungen und in der Publikation werden keine weiteren Erläuterungen dazu gegeben, ob eine lokale, rein organische Produktionsstruktur, eine 100 %ige Versorgung der Bevölkerung ermöglicht. Daher bleibt auch hier die Frage offen, wie weit diese Formen der Versorgung den Bedarf decken kann und ob hier Importe notwendig sind.

[HOFFMANN 2001b] berechnet für den Grad der Selbstversorgung in Deutschland einen zusätzlichen Flächenbedarf von 30 %. Hinzu kommen die Importe von Gütern, die nicht in Deutschland selber produziert werden können. Die Berechnung von Szenarien, die eine optimierte Versorgung Deutschlands in diesen Bereichen widerspiegeln (nur regionale Transporte, notwendige Importe nur aus Nachbarländern, wenig Übersee) prognostizieren eine CO₂-Äquivalente Einsparung von 20-30 %. Als effiziente Maßnahme zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes wird auch die Verlagerung der Transporte auf die Schiene genannt. Eine Verlagerung von 50 % der LKW Transporte auf die Schiene ermöglicht eine Reduktion der CO₂-Emissionen um ca. 10 %. Für die Berechnung ist aber immer auch eine Untersuchung der tatsächlichen Situation notwendig. Gerade die unflexible Schienen-Streckenführung kann weitere Transporte und längere Transportstrecken zur Folge haben [HOFFMANN 2001b]. Eine von INFRAS durchgeführte Studie ermittelt für den Alpen transit nur beim unbegleiteten Kombiverkehr eine sinnvolle Einsparung von Primärenergie [MAIBACH 1997].

Ein weiterer Aspekt, der bei der Auswertung von Transportwegen zur Lebensmittelbereitstellung betrachtet werden muss, ist die Zentralisierung durch

großtechnische Produktionseinheiten. Für eine Zentralisierung der Produktion spricht laut [ERMANN 2002] der Skaleneffekt (Economy of Scale), der hier mit einer Kosteneinsparung begründet wird. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff „Ecology of Scale“ diskutiert [FLEISSNER 2001, SCHLICH 2003, SCHLICH 2005], der in Kapitel 2.1.4 genauer erläutert wird.

Als letzter Schritt kann bei der Untersuchung von Transportenergie der Weg vom POS zum Konsumenten in Betracht gezogen werden. [JONES 2002] argumentiert in seiner Studie, dass ein Ausschluss des letzten Schritts eine falsche Beurteilung des gesamten Prozesses verursacht. Der Transport bis zum Supermarkt liegt in der Hand von ökonomisch und idealerweise ökologisch orientierten Firmen, deren Interesse an der Transportenergie auf eine Kosteneinsparung und Optimierung der Kette beruht. Die Entscheidungsfindung des Konsumenten ist eher auf persönliche Vorlieben ausgerichtet und wird nicht immer ökologisch sinnvoll sein.

2.1.3 Die Dimension und Umweltauswirkung der Lebensmittelproduktion und des -konsums

Die Lebensmittelproduktion ist heutzutage vor allem durch eine agrarische Phase, den Anbau oder der Aufzucht, sowie einer industriellen Phase, also der Verarbeitung nach der Ernte oder Schlachtung geprägt. Hierbei ist es nicht immer eindeutig, welche Phase die energieaufwendigere ist. Für den gesamten Lebensmittelsektor der Industrienationen wird von [CARLSSON-KANYAMA 2003] ein Energieumsatz von 15-20 % des Gesamtumsatzes ermittelt. Für die gesamte Lebensmittelproduktion werden von [JUNGBLUTH 2000 S. 23] als die wichtigsten umweltbeeinflussenden Faktoren der Energiebedarf für die landwirtschaftliche Bearbeitung und Düngerproduktion, der Einsatz von Dünger und Pestiziden und die Auswirkung der Transporte genannt.

Eine energieintensive Produktion ist vor allem bei tierischen oder stark aufkonzentrierten Produkten wie Fleisch oder Käse zu finden. Aber auch weniger energieintensive Produkte wie Obst und Gemüse können sich durch eine stark technisierte agrarische Phase (z.B. im Treibhaus) oder Zubereitungsformen im Haushalt (z.B. Backofen Pommes Frites) als ungünstiger darstellen. In der Studie von [CARLSSON-KANYAMA 2003] sind neben dem Anbau, der Verarbeitung und den Transporten bis zum Endhändler auch

Endenergieaufwendungen für die Zubereitung im Haushalt erfasst. Die Produkte für diese Untersuchung werden nach Relevanz ausgewählt und der gesamte Endenergieumsatz auf eine gängige Portionsgröße umgerechnet. Bei den 150 ausgewählten Artikeln ergibt sich, wie zu erwarten eine große Bandbreite im Endenergieumsatz. Bei der Bereitstellung von Obst ist es vor allem der Transport, der den Endenergieumsatz bestimmt. Für die Bereitstellung von Äpfeln für den schwedischen Markt beträgt der Energieaufwand 3,5 MJ/kg (12.600 kWh/t), wenn diese aus Schweden stammen und 8,6 MJ/kg (31.000 kWh/t) für Produkte aus Übersee. Neben dem Transport werden als größte Einflussfaktoren auf den Energieumsatz die Anbaumethode (5,4 MJ/kg Freilandtomaten aus Südeuropa versus 66 MJ/kg Treibhaus Schweden) und die Verarbeitung, sowohl in der Fabrik als auch im privaten Haushalt genannt. Für eine typische schwedische Diät mit einer Auswahl von mehr oder weniger energieintensiven Produkten, ergibt sich ein Endenergiebedarf von 6.900 – 21.000 MJ (24.848 – 75.600 kWh) pro Jahr [CARLSSON-KANYAMA 2003]. [HOFFMANN 2005] betrachtet in diesem Zusammenhang den Primärenergieumsatz und die CO₂-Emission unterschiedlicher Ernährungsweisen und ermittelt für die übliche westliche Diät eine Umsatz von über 10.000 MJ und 1.200 kg CO₂ pro Person und Jahr. Hier ergibt sich das höchste Einsparpotential durch die Reduktion tierischer Lebensmittel, wodurch der Primärenergieumsatz auf 5.000 MJ und die CO₂-Emission auf 500 kg pro Person und Jahr reduziert werden kann. Die Betrachtung der Klimarelevanz einzelner Lebenswegabschnitte bei [WIEGMANN 2005] ergibt die höchsten Anteile an den Emissionen bei der Produktion von tierischen Produkten (Milch & Fleisch) und der Verarbeitung von Getreide- und Gemüseprodukten (Tiefkühl Pommes Frites & Brot). Der Prozessschritt Lagerung und Handel wird für die Emissionen relevant, wenn es sich um Tiefkühlprodukte handelt.

Dem Bedürfnisfeld Ernährung wird von [WIEGMANN 2005] einen Anteil von 16 % der gesamten deutschen CO₂-Emission zugerechnet. Pro Haushalt ergibt sich im Jahr 2000 eine Emission von 4.360 kg. Davon entfallen 45 % auf die Produktion und 40 % auf den Verzehr im Haushalt. Der Energieumsatz des Haushaltes wird hierbei von der Raumwärme und dem Verbrauch elektrischer Geräte bestimmt. Einkaufsfahrten nehmen einen Anteil von 1 % ein.

Folgende Grafik (Abb. 3) aus [JUNGBLUTH 2000] gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Anteile der Prozessschritte zur Bereitstellung und dem Konsum von Lebensmittel am gesamten Energieumsatz.

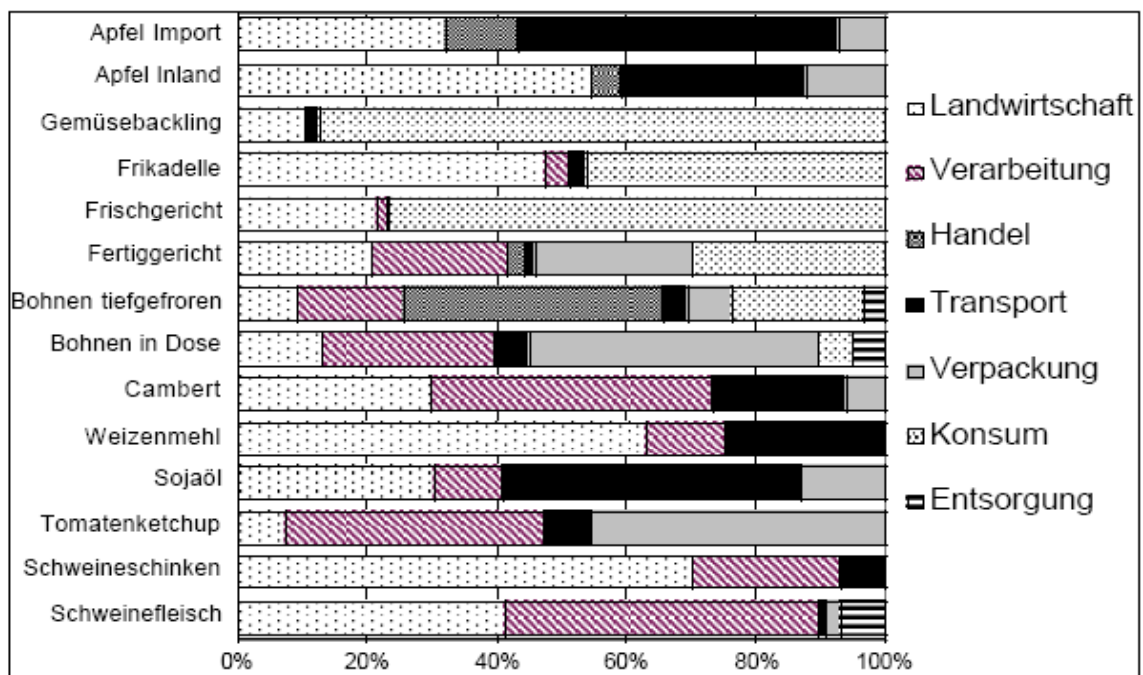


Abb. 3: „Anteile des Energieverbrauchs in verschiedenen Abschnitten des Lebenszyklus am Gesamtverbrauch für die Nahrungsmittelproduktion [JUNGBLUTH 2000 S. 22]“ erstellt aus unterschiedlichen Quellen

Wie die Darstellung zeigt, können sehr unterschiedliche Prozessschritte für den Energieumsatz relevant sein. Die Betrachtung der Produkte „Apfel Import“ und „Apfel Inland“ zeigt für die energierelevanten Schritte unterschiedliche Anteile, wobei Landwirtschaft und Transport dominieren. Die für andere Produkte relevanten Schritte, wie die Verarbeitung, der Konsum und die Entsorgung, sind bei Äpfeln dagegen ohne Bedeutung.

Wie schon erläutert ist der Energieumsatz der Treibhausproduktion relevant für den gesamten Energieumsatz der Gemüsebereitstellung. Es kann dadurch in der Nebensaison oft zu hohen Energieumsätzen kommen, auch wenn das Gemüse regional produziert wird. Gerade der hohe Energiebedarf der Treibhausproduktion wirft auch die Frage auf, ob der Vorteil anderer klimatischer Zonen nicht genutzt werden sollte, auch wenn der Transport scheinbar zu energieaufwendig ist.

2.1.4 Ecology of Scale / Benchmarking

Im Rahmen dieser Erhebung wird der Zusammenhang zwischen Energieumsatz und Betriebsgröße genauer betrachtet und mit den Daten ein Richtwert als Benchmark aufgestellt. Eine Studie über den Einfluss der Größe der Produktionseinheit und Durchsatzmenge wird von [FLEISSNER 2001] durchgeführt. Es werden die Produkte Obstsaft und Lammfleisch aus verschiedenen Kontinenten auf ihren Energieumsatz untersucht. Es wird u.a. die Frage geklärt, welchen Einfluss die Betriebsgröße und die Transporte auf den Energieumsatz haben. Es zeigt sich deutlich, dass auch regional arbeitende Betriebe erst ab einer gewissen Größe effizient arbeiten können. Der erhöhte Energieumsatz kann auch nicht zwangsläufig durch kurze Transportwege ausgeglichen werden und eine zu geringe Auslastung der Transportfahrzeuge ist ein weiterer Faktor der den Energieumsatz erhöht.

Benchmarks werden in der Betriebswirtschaft genutzt, um durch den direkten Vergleich mit besser arbeitenden Firmen die Prozesse im eigenen Betrieb zu optimieren [FÜSER 2001]. Zum Benchmarking des spezifischen Energieumsatzes (SEC) von Molkereien, Bäckereien und Brauereien wird eine Studie dieser Lebensmittelbetriebe unterschiedlicher Größe in drei verschiedenen Ländern (Österreich, Irland, Norwegen) durchgeführt. Zur Ermittlung des Benchmarks werden Betriebe nach ihrer Produktionsmenge (Output) und dem Endenergieumsatz (Input) befragt. Anhand der Daten der untersuchten Betriebe wird eine Regressionsgerade berechnet, die als zu erwartender SEC der Betriebe verstanden werden soll, wenn die Betriebsgröße der einzige beeinflussende Faktor ist. Die Ergebnisse für die einzelnen Produktionsformen sind z.T. sehr unterschiedlich. An dieser Stelle werden die Brauereien wegen der Ähnlichkeit zur Weinprozesskette dargestellt. Wie aus Abb. 4 ersichtlich fällt bei diesen Betrieben die Regressionsgrade, die hier als Benchmark verstanden wird, mit zunehmender Betriebsgröße ab. Um die Positionierung der untersuchten Betrieben zum Benchmark zu ermitteln wird der tatsächliche Energieumsatz in Bezug zum erwartenden gesetzt und anhand des Verhältnisses die Betriebe als „gut“ oder „schlecht“ wirtschaftend eingeteilt. Die Autoren weisen darauf hin, dass vor allem die vielfältigen Endprodukte die Auswertung erschweren. Eine Methode dieses in die Energiebilanz einzubeziehen, ist die gewichtete Berechnung, die den Output weniger energieintensiver Endprodukte auf Äquivalente des Hauptprodukts umrechnet. Beispielweise wird die Menge der Softdrinkproduktion durch 2,5 geteilt, um Bier-Äquivalente zu erhalten [EVA 2001a,b,c].

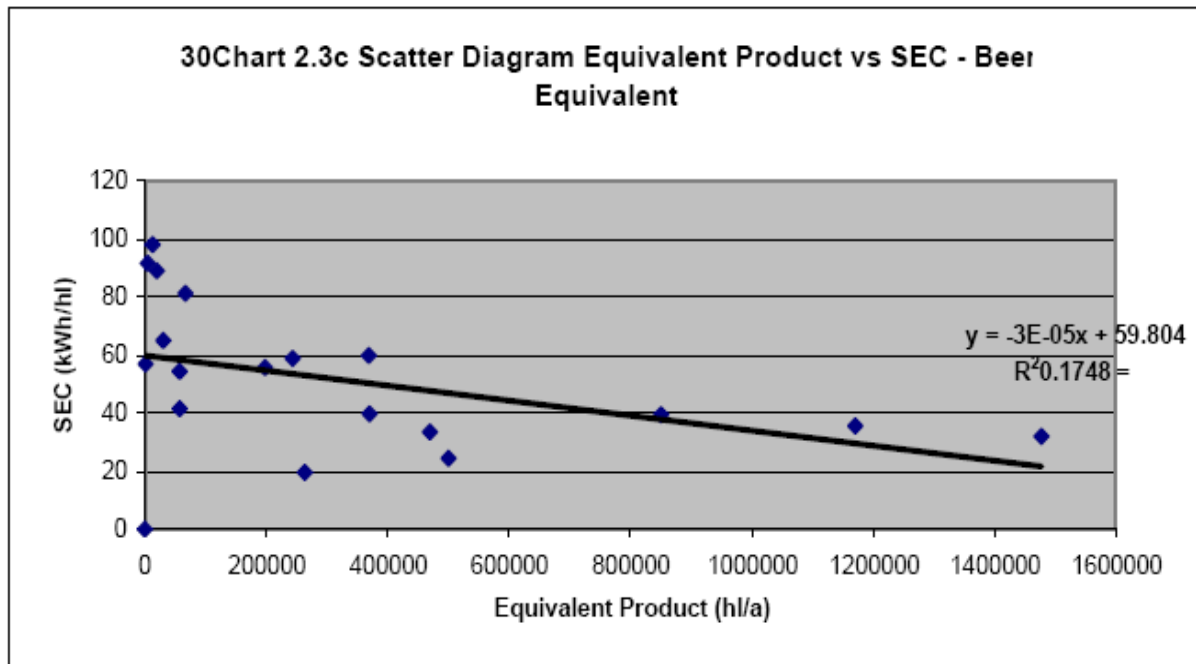


Abb. 4: Energieumsatz in [kWh/hl] bezogen auf die Durchsatzmenge von Brauereien in Irland, Norwegen und Österreich [EVA 2001a]

Wie schon dargestellt ist das inhaltliche Ziel einer Ökobilanz sowie anderer Umweltmanagementsystemen (EMAS, POEMS) die Informationssammlung und -auswertung zur Umweltwirkung von Prozessen oder Produkten. Dieses wird häufig zum Vergleich von Alternativen oder der allgemeinen Prozess-/Produktop Optimierung unternommen. Die Form der vergleichenden Energiebilanzierung, wie von [EVA 2001a,b,c] durchgeführt, kann zusätzlich dafür verwendet werden einen Richtwert oder eine Betriebsgröße zu ermitteln, der/die als optimal für diese Produktionsform angesehen werden kann. Dieses kann als Benchmarking-Prozess verstanden werden, bei dem durch den Vergleich der gleichen Prozesse in mehreren Betrieben Unterschiede und Möglichkeiten zur Verbesserung ermittelt werden sollen. Hierbei werden ähnlich einer Ökobilanz die Prozessschritte oder Endprodukte ausgewertet und mit direkten Konkurrenten verglichen. In diesem Prozess sind neben eindeutigen Kennzahlen auch sogenannte „soft-facts“ für den Vergleich relevant. Dieses hat zum Ziel für den eigenen Betrieb die Schwachpunkte aufzudecken und den Produktionsprozess zu optimieren [FÜSER 2001]. Für den Agrarsektor wird eine weltweite Datenbank von der DLG und FAL zusammengestellt. Diese sammelt und publiziert für agrarisch produzierende Betriebe betriebswirtschaftliche Kennzahlen als Benchmarks. Hierbei werden mit einem vereinheitlichten Verfahren Gewinne und Kosten aller produzierten Güter und Güterkategorien gegenübergestellt. Auf diesem Weg kann für die untersuchten

Güterkategorien eine Produktivitätskennzahl ermittelt werden, die als Referenz für Kosten, Gewinne und Profitabilität im internationalen Vergleich verwendet werden kann. Dieses wird aktuell für Rindfleisch, Ölsaaten und Weizen regelmäßig durchgeführt [FAL/DLG 2007].

Wie schon erläutert, lässt sich bei [FLEISSNER 2001] und [EVA 2001a,c] ein Zusammenhang zwischen Größe der Produktionseinheit und Energieeffizienz feststellen. Für diese Beobachtung wird von [SCHLICH 2005] der Begriff der „Ecology of Scale“ geprägt, der aus der Betriebswirtschaft entlehnt eine geringere Umweltauswirkung (Energie!) pro produzierter Einheit bei steigender Produktionsmenge beschreibt. Diese ist vor allem bei dem Vergleich regionaler und überregionaler Produkte von Relevanz, wenn die Differenz der Energieumsätze der Produktion auch notwendige Transporte ausgleicht. Dann ergibt sich die Situation, dass entgegen der naheliegenden Vermutung (regionale Produkte => weniger Energieumsatz) importierte und teilweise interkontinental transportierte Produkte weniger Energie bis zum Konsum bedürfen, als regional aber ineffizient produzierte Lebensmittel. Bei dieser Betrachtung soll aber nicht vernachlässigt werden, dass neben der Energie für die lokale Produktion auch andere Argumente wie Arbeitsplätze oder Landschaftspflege sprechen. Es ist vor allem ein Hinweis darauf, wie die Produktion von Lebensmitteln effizienter gestaltet werden kann und dass teilweise naheliegende Folgerungen nicht immer der Realität entsprechen. Dieses gilt natürlich nur für die hier untersuchten Produkte Lammfleisch und Fruchtsaft [FLEISSNER 2001, SCHLICH 2003, SCHLICH 2005].

2.2 Regionale Energieversorgung und -produktion

Bei der Energiebilanzierung ist immer mit einzubeziehen unter welchen Bedingungen die Energie umgewandelt und wie sie verwendet wird. Deshalb werden in diesem Kapitel die aktuellen Strukturen der Energiebereitstellung und Energieverwendung in den untersuchten Ländern dargestellt. Es ist dabei zu beachten, dass bei der Erstellung der Energiestatistiken bei der Zuordnung der Daten nicht immer einheitlich verfahren wird. Leitungsverluste, Eigenbedarf des Energiesektors und Nicht-energetische Verwendung sind Bereiche die teilweise einberechnet oder auch abgezogen werden. Bei der Energiebereitstellung werden verschiedene Stufen der Umwandlung durchgeführt, die unterschiedliche Verluste beinhalten. In dieser Studie werden die Stufen Primär- und Endenergie unterschieden. Primärenergie ist hierbei die Rohenergie, d.h. der Energiegehalt der Energieträger, bevor diese umgewandelt

oder befördert werden. Endenergie ist dagegen die Form, die dem Konsumenten zur Verfügung steht [BMW 2006].

Primärenergie und CO₂-Emissionen

Für die Berechnung der Primärenergie wird mit einbezogen, welche Verluste bei der Förderung, den Transport und der Aufbereitung des Energieträgers auftreten. Bei Treibstoffen sind diese relativ gering und liegen in Europa bei ca. 10 %. Werden die Energieträger zur Stromproduktion genutzt, kommen zusätzlich die Umwandlungsverluste in den Kraftwerken hinzu. Die Effizienz der thermischen Stromproduktion liegt laut [KNÖRR 2005] in Deutschland durchschnittlich bei 38 % und in Ungarn bei 30 %, d.h. es gibt Verluste von 62 % bzw. 70 %. Bei [ÖKO-INSTITUT 2005] wird als KEA 2,9 TJ/TJ angegeben. Dieses bedeutet umgerechnet ein Wirkungsgrad von 34 % und 66 % Verluste. Für Südafrika wird als KEA 2,8 TJ/TJ angegeben. Umgerechnet ist dieses ein Wirkungsgrad von 36 % und 64 % Verluste bei der Primärenergiebereitstellung und Umwandlung [ÖKO-INSTITUT 2005].

Bei der Berechnung der regionalen Unterschiede der Primärenergieumsätze wird der Einflussfaktor der Energieträger-Transporte einzeln ausgewertet. So geht [SAUNDERS 2006] davon aus, dass der Primärenergieumsatz für in England verwendeten Treibstoff niedriger ist als in Neuseeland, da es eine geringere Strecke aus dem Hauptfördergebiet (mittlerer Osten) transportiert wird. [KNÖRR 2005] zieht in Betracht, dass die Energieträgergewinnung und Energieträgertransport in vielen Ländern unterschiedlich ist. Durch den geringen Anteil der Transporte am Gesamtenergieumsatz wird der angenommene Fehler aber gering. Südafrika kann seinen Primärenergiebedarf zu 80 % mit der heimischen Braunkohle decken, wodurch hier geringe Transporte anfallen. Rohöl hat einen Anteil von ca. 10 %. Die wichtigsten Bezugsländer von Rohöl sind im Jahr 1999 Saudi-Arabien und Iran (79 %) und zum kleinen Teil auch Nigeria (7 %) [DT 2001 Tab 6-2]. Der Vergleich der Transportstrecken aus dem mittleren Osten nach Europa oder Südafrika ergibt nur geringe Unterschiede, so dass hier von minimalem Einfluss auf den Endenergiegehalt ausgegangen werden kann.

Für die Berechnung der CO₂-Emission des Brennstoffs wird angenommen, dass dieses bei der vollständigen Verbrennung des C- Anteils entsteht (Inventargebunden), daher wird es direkt aus dem Kraftstoffverbrauch und der –zusammensetzung berechnet [BORKEN 1999]. Dieses gilt für die Verbrennung fossiler Energieträger. Schwieriger wird es bei der Verbrennung von

Biomasse, die als CO₂ neutral gilt. Das bei der Verbrennung emittierte CO₂ wird im Laufe des Wachstumsprozesses gebunden. Es entstammt also der aktuellen Erdatmosphäre und führt somit nicht zur Anreicherung von CO₂. Es fallen aber auch hier Energieumsätze bei der Produktion der Rohstoffe an, die in die CO₂ Bilanz mit einbezogen werden müssen. Das gleiche gilt für Strom aus regenerativen Energiequellen. Länder, die in der Lage sind, große Anteile ihres Strombedarfs aus Wind-, Solar- und Wasserkraft zu decken, können dadurch die spezifische und absolute CO₂-Emission der Stromproduktion reduzieren. Der Vergleich der Stromlieferanten der hier untersuchten Länder (Tab. 2) zeigt, dass der Anteil regenerativer Energien sehr gering ist und sich dadurch keine regionalen Unterschiede ergeben.

Tab. 1 gibt einen Überblick über das Verhältnis von Primär- zur Endenergie der einzelnen Energieträger. Die CO₂-Emissionen werden entsprechend der Entstehung auf den Endenergieumsatz bezogen angegeben.

Tab. 1: PE und spezif. CO₂-Emission der verwendeten Energieträger [UBA 2000, IFEU 2005, KNÖRR 2005, ÖKO-INSTITUT 2005]

Energieträger	PE : EE kWh : kWh	CO ₂ -Emission [kg/kWh]
Diesel & Benzin	1,11-1,17 ¹	0,266-0,298
Flüssiggas (Propan)		0,230
Erdgas	1,07 - 1,10	0,199-0,201
Heizöl leicht	1,11	0,266
Schweröl & IFO 180 ²	1,06 - 1,10	0,281
Flugturbinenkraftstoff	1,11-1,14	0,266-0,268
Strom D	2,8-2,9	0,595
Strom SA	2,8	0,913
Strom HU	3,5 - 3,6	0,629
Bahnstrom	2,4	0,546
Strom Biomasse	1,47	1,55*10 ⁻⁴

Aktuelle Situation bei der Energiebereitstellung der untersuchten Länder

Die Daten zu den wichtigsten Energielieferanten, -umsätzen und –verwendern werden in Tab. 2 zusammengefasst. Bei der Energieversorgung ergibt sich für Südafrika eine Ausnahmesituation, weil hier aktuell eine Energieversorgungspolitik herrscht, die billigen Strom als Mittel zur Armutsbekämpfung einsetzt. Im weltweiten Vergleich hat Südafrika mit 3 ct/kWh den billigsten Strom. Dieses hat u. a. zur Folge, dass das Interesse an Einsparungen und Modernisierungen sehr gering ist. Dadurch wird wiederum eine übermäßige

¹ [KNÖRR 2005 Abb.3] Umwandlung 100 % Rohöl → 90 % Diesel.

² nach [EMO OIL 2006]

Energieverschwendung und starke Belastung der Umwelt bedingt. Dieses zeigt sich auch darin, dass Südafrika zu den 15 größten Treibhausgasemittenten gehört [BFAI 2006].

Tab. 2: Vergleich der Energiedaten für 2002 [DIW 2004, IEA 2005, EIA 2005, BMWI 2006].

	Deutschland	Südafrika	Ungarn
Primärenergieumsatz [PJ]	14.500	4.750	1.065,5
Energielieferanten	37,4 % Öl 24,7 % Kohle 21,9 % Gas 12,4 % Kernkraft	74 % Kohle 10 % Öl 11,2 % Erneuerbar 2,8 % Kernkraft 1,8 % Gas	43 % Gas 26 % Öl 14 % Kohle 14 % Kernkraft
Endenergieumsatz [PJ]	9.885	2407,6	730,5
Hauptverwender	31 % Industrie 28 % Haushalt 28 % Verkehr 1,1 % Agrar	46 % Industrie 25 % Verkehr 23 % Haushalt 2,8 % Agrar	32 % Haushalt 26 % Industrie 21 % Verkehr 3,7 % Agrar
Stromverbrauch [TWh]	556,09	175,04	36,01
Stromlieferanten	23,2 % Steinkohle 27,4 % Braunkohle 28,4 % Kernkraft 9,3 % Gas 7,4 % Wind/Wasser 1,0 % Öl	93 % Kohle 6 % Kernkraft 1 % Wasser	40 % Kernkraft 29 % Kohle 18 % Gas 12 % Öl
CO ₂ -Ausstoß [Mt]	837,53	301,48	55,45

3 Die untersuchten Produkte: Regionalität, wirtschaftliche Bedeutung, Prozesskette und Energiestudien

Im Gegensatz zu vielen anderen Lebensmitteln, die man regelmäßig erwirbt, sind die untersuchten Produkte in Deutschland mit der Information über die Herkunftsregion zu erwerben. Beim Wein ist diese Information über die Deklaration des Anbaugebietes leicht ersichtlich und bei Äpfeln bemühen sich Anbauverbände aus Marketinginteressen ihre Region publik zu machen. Dieses erfolgt beim Apfel zumeist mit Label/Emblemen, die die Region eindeutig charakterisieren.

3.1 Wein

3.1.1 Wirtschaftliche Bedeutung und Prozesskette

„Wein kann nie besser sein, als die Trauben aus denen er gewonnen wird. Doch immer wieder gelingt es Kellermeistern, aus guten Trauben schlechten Wein zu keltern“ [PRIEWE 2002]. Dieses Zitat verdeutlicht, dass im Rahmen einer Untersuchung der Weinproduktion viele Faktoren mit einspielen, die nicht durch wissenschaftliche Betrachtung und Erhebung von Zahlen zu erfassen sind. In diesem Kapitel wird erläutert, welche rein technischen Maßnahmen für die Weinbereitung notwendig sind, ohne dass auf die Feinheiten der Kellerei eingegangen wird. Danach werden wirtschaftliche und geschichtliche Aspekte erläutert, die den Weinbau in den untersuchten Ländern charakterisieren.

Wein ist der aus Weintrauben gewonnene vergorene Saft. Die Weinproduktion ist technologisch in zwei Phasen aufzuteilen. Bei der Primärproduktion, also dem Anbau der Trauben werden vor allem ackerbauliche Maßnahmen für eine Qualitätssteigerung der Rohware angewendet. Es wird auch in der heutigen Zeit noch vieles per Hand erledigt, doch wird durch den Einsatz von spezialisierten Geräten eine Technisierung vorangetrieben. Dieses sind z.B. spezielle Weinbergschlepper, Laubschneider und Seilzulanlagen. Diese Geräte ermöglichen auch Transporte an Hang- und Steillagen und werden für bodenbearbeitende Maßnahmen, Laubschnitt, Düngung, Rebschutz und Abtransport der Trauben bei der Lese verwendet. Dieses bedeutet, dass weiterhin ein großer Anteil manueller Bearbeitung der Reben notwendig ist [WOSCHEK o.J., TROOST 1988]. Der Aufwand an manueller und maschineller Bearbeitung wird bei dem Anbau von Trauben von der verwendeten Form des

Erziehungssystems beeinflusst. Er ist aber auch abhängig von den jährlichen Schwankungen bei Pilz- und Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen [LVWO 2002].

Der letzte Schritt der agrarischen Phase ist die Lese und der Abtransport der Trauben. Eine technische Entwicklung für diesen Bereich ist der Vollernter, der vor allem die arbeitsintensive Lese beschleunigt, aber nur in flachen Gebieten einsetzbar ist [WOSCHEK o.J.]. Die Lese und der Transport zur Verarbeitung sind kritische Punkte für die Weinqualität, da bei hohen Außentemperaturen der enzymatische Aufschluss und Oxidationsprozesse gefördert werden. Gerade in heißen Gebieten kann es von Vorteil sein, die Ernte bei Nacht oder am frühen Morgen durchzuführen. Weil die Trauben zu diesem Zeitpunkt die geringste Temperatur haben, wird die Gefahr des Qualitätsverlustes reduziert und das Ausmaß der anschließenden Kühlung reduziert. Diese ist vor allem bei weißen Trauben notwendig, die besonders empfindlich reagieren. Die Ernte bei Nacht ist aber nur unter Verwendung von Vollerntern möglich, die nicht auf Tageslicht angewiesen sind [SCHMIDT 2002].

Nach der Ernte beginnt mit der Weinbereitung ein Prozess, bei dem es zu einem verstärkten Maschineneinsatz kommt und je nach Ausgangsqualität der Rohware mehr oder weniger Behandlungen notwendig sind. Ausschlaggebend für den Einsatzrahmen der Maschinen ist hierbei die Qualität der Rohware, äußere Einflüsse wie die Temperatur beim Erntezeitpunkt oder die Gestaltung der Anlage. Als den Energieumsatz bestimmende Prozesse und Maschineneinsätze sind Kühlanlagen, Warmwasserbereitung, Pumpen und Abfüllung zu nennen [GALITZKY 2005].

Für Weiß- und Rotwein gibt es zwei verschiedene Wege der Weinbereitung, die in Abb. 5 und Abb. 6 schematisch dargestellt werden. Der erste mechanische Verarbeitungsschritt ist bei beiden Verfahren die Entrappung, auch Abbeerung genannt, bei der die Trauben von den Stielen getrennt und leicht gequetscht werden. Beim Weißwein werden die Trauben danach sofort gepresst und der reine Saft vergoren. Für die Qualität des Endproduktes ist es hierbei wichtig, den Gärprozess unter Kontrolle zu halten. Beim Rotwein ist der Unterschied, dass nach der Entrappung durch biologische oder technologische Verfahren Farbstoffe aus der Schale und z.T. aus den Stielen extrahiert werden. Dieses findet zum einen durch den Gärprozess selber, aber auch durch Erwärmung von außen statt. Das bedeutet, dass die Rotweintrrauben nicht von der Schale getrennt sondern auf der Maische vergoren werden [TROOST 1988, BLANKENHORN 2003]. Nach der Gärung folgen noch Schritte zur

Stabilisierung und Klärung, die von der Qualität des Jungweines abhängig sind. Danach wird der Wein eingelagert. Nach kurzer oder längerer Lagerung erfolgt die Flaschenabfüllung, auf die wieder eine Lagerung folgt [TROOST 1988]. Weitere Weinerzeugnisse, die auf diesem Wege hergestellt werden, sind Rosé, Eiswein und Trockenbeerauslese. Zusätzlich werden je nach Bedarf der früh abgezogene, nur gering vergorene Federweißer oder weiterverarbeitete Produkte wie Sekt und Tresterschnaps produziert.

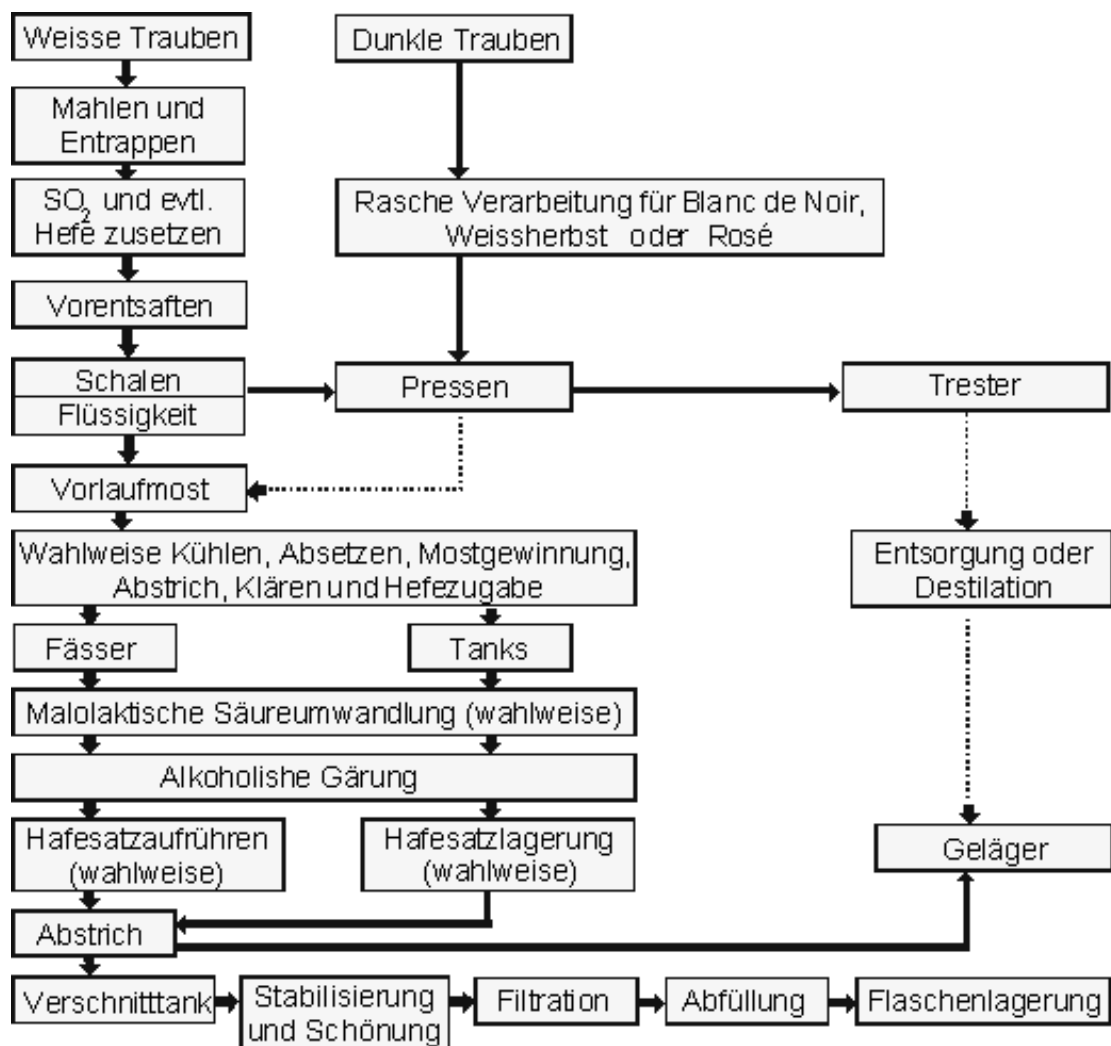


Abb. 5: Fließschema Weißweinbereitung [ERNESTOPAULI 2006]

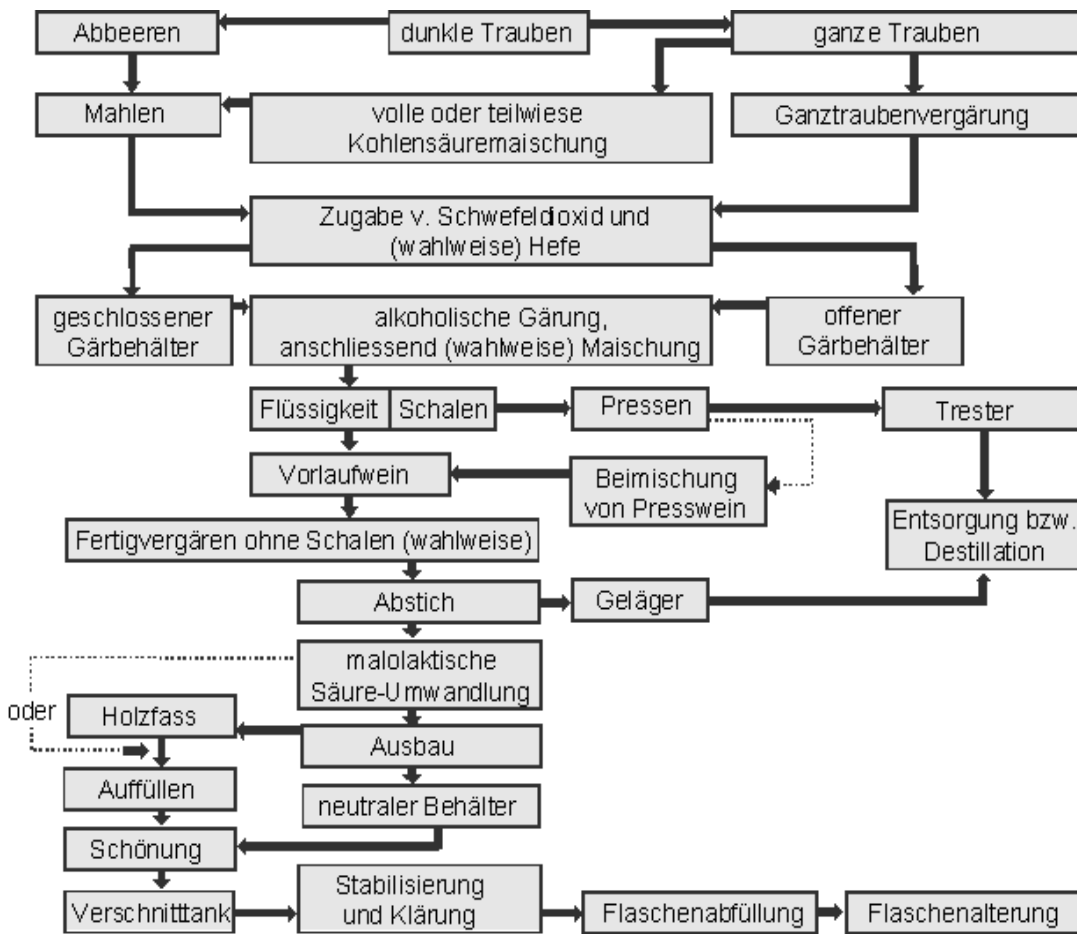


Abb. 6: Fließschema Rotweinbereitung [ERNESTOPAULI 2006]

Deutschland

Deutschland ist aktuell sowohl ein großer Exporteur, aber auch der weltgrößte Importeur von Wein. Im Jahr 2003 beträgt die Einfuhr 13,5 Mio. hl, wovon jeweils ca. 1,5 % aus Südafrika und Ungarn stammen. Die Ausfuhr liegt bei 3,1 Mio. hl. Die Weinerzeugung schwankt je nach Jahrgang zwischen 8 und 10 Mio. hl. Der Konsum liegt relativ konstant bei 20 Mio. hl Wein und Sekt oder 16,6 Mio. hl nur Wein [FAO 2004, BMVEL 2005, DWI 2006a]. Somit errechnet sich für Deutschland ein Selbstversorgungsgrad von 30 - 40 %. Zwar schwankt die Erntemenge mit dem Klima, doch gibt es eine (gesetzlich) vorgegebene Maximalertragsmenge von 100 hl/ha, wodurch eine Überproduktion vermieden wird.

Mengenmäßig ist Deutschland der viertgrößte Konsument der Welt nach Frankreich, Italien und USA. Der pro Kopf Konsum ist ca. 20 l (24,1 l inkl. Sonderdestillation). Der Anteil

deutscher Weine am Gesamtweinkonsum liegt bei 35 %. Die wichtigste Einkaufsstätte der Konsumenten ist mit 83 % der Einzelhandel (davon 45 % Discounter). Die restlichen 17 % sind Direkteinkäufe beim Winzer. Zusätzlich werden ca. 3 Mio. hl außer Haus verzehrt [FAO 2004, BMVEL 2005, DWI 2006a].

Anbautechnisch besteht in Deutschland die Besonderheit, dass viele Steillagen bewirtschaftet werden, die einen spezialisierten maschinellen Einsatz verlangen. Wie schon dargestellt kommt es hier zur Verwendung von Seilzugsystemen und speziellen Schleppern [MÜLLER 1997]. Außerdem werden für Pflegemaßnahmen häufiger Helikopter eingesetzt. Die Haupterntezeit liegt zwischen September bis Oktober, wobei in kühleren Regionen wegen langsamerer Reife der Trauben die Lese auch später beginnen kann [PRIEWE 2002 S. 44-47]. Zu dieser Zeit liegt das mittlere tägliche Minimum bei 6-10 °C [WETTER.COM 2007].

Bei der Betrachtung der Betriebsgrößen im Jahr 1999 fällt auf, dass fast die Hälfte der Anbaufläche von Betrieben unter 5 ha bewirtschaftet werden. Außerdem hat die größte Anzahl von Betrieben eine Anbaufläche unter 0,3 ha [DWI 2005 Tab. 5]. Diese weist darauf hin, dass der Weinbau in Deutschland sehr kleinzellig strukturiert ist. Ein Vergleich der Betriebsgröße bei [MÜLLER 1997 Abb. 3 & 4] zeigt, dass die Anteile der Betriebsgrößen zwischen den Anbaugebieten variieren. So liegt in der Region Mosel-Saar-Ruwer der Anteil der Rebflächen und der Betriebe unter 3 ha weit über dem des gesamten rheinland-pfälzischen Durchschnitts. Die durchschnittliche Betriebsgröße der Haupterwerbsbetriebe des gesamten Bundesgebietes hat von 1999 bis 2004 von 9,8 auf 10,6 ha zugenommen. Wobei anzumerken ist, dass Betriebe, die hauptsächlich Flaschenweine vermarkten, kleinere Flächen bearbeiten als Winzergenossenschaften und Fassweinvermarkter [BMVEL 2005].

Ungarn

Für die Entwicklung des ungarischen Weinmarktes und dessen Produktionsstrukturen ist die Regulation des Marktes während der sozialistischen Republik (1957-1989) und die Einführung der Marktwirtschaft ausschlaggebend. Schon im Jahr 1949 wird der Weinhandel verstaatlicht und ab 1960 werden ungarische Weingüter als staatseigene Betriebe bewirtschaftet. Dafür findet eine Neustrukturierung statt, die den Anbau an großbetriebliche Anbautechniken anpasst. In dieser Zeit ist es das Ziel, vor allem Massenweine zu produzieren. Ab 1989 beginnt die Privatisierung der Weingüter und im Jahr 2004 macht der Erwerbsanbau

ca. 60 % aus. Die Anpflanzungen sind noch immer der maschinellen Bearbeitungen angepasst. Dies bedeutet breite Zeilen und ein hoher Anteil (43 %) von Bepflanzung in der Ebene [HADJU 2004].

Die Produktion im Jahr 2002 ist 333.000 t (ca. 33.300 hl). Der Export ist im Jahr 2004 ca. 45.817 t und Wein ist wertmäßig das 12. wichtigste Exportgut des Landes [FAOSTAT 2004]. Davon werden 163.980 hl nach Deutschland exportiert [DWI 2005]. Die Haupterntezeit liegt zwischen Ende August und Ende Oktober. Zu diesem Zeitpunkt ist das mittlere tägliche Minimum in Budapest zwischen 7,7 (Sept) und 11,8 °C (Okt.) [WETTER.COM 2007].

Südafrika

Der Weinbau beginnt in Südafrika mit der Einwanderung der Niederländer im 17. Jahrhundert. Doch durch die historische und politische Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat sich der südafrikanischer Wein erst in den 90er Jahren zu einem international konkurrenzfähigen Produkt entwickelt. In dem Zeitraum von 1940 bis zu den 90er Jahren wird der Weinbau von der KWV (Koöperative Wijnbouwers Vereeniging) reglementiert, die den Weinbauern Weinsorten und Quoten vorgibt. Dieses zielt vor allem darauf ab, ertragreiche weiße Sorten für die Destillation zu produzieren. Diese Reglementierung wird noch durch den Handelsboykott bestärkt, der einen internationalen Vergleich unterbindet. Mitte der 80er Jahre beginnt ein erstes Umdenken zu weniger ertragreichen und qualitativ hochwertigeren Sorten. Ab 1993 führt die Auflösung des Handelsboykotts zu einer starken Umstrukturierung im Weinbau. Damit wird erzielt, dass südafrikanischer Wein seine Exportraten um ein vielfaches steigern kann [POWER 2003]. Die Erntezeit der südafrikanischen Betriebe liegt zwischen Februar und April. In diesem Zeitraum liegt das mittlere tägliche Minimum in Kapstadt bei 11-15 °C [WETTER.COM 2007].

Die Produktion an Trinkwein ist im Jahr 2003 ca. 7,0 Mio. hl, von denen 3,1 Mio. hl im Inland konsumiert werden. Der Export von Wein (ohne Sekt und weiterverarbeitete Produkte) ist 2,4 Mio. hl (232.900 t) und hat bezogen auf 2002 um 10 % zugenommen. Wein ist wertmäßig das wichtigste agrarische Exportgut [FAOSTAT 2006, SAWIS 2005].

3.1.2 Energieumsatz

Die Studien, auf die in diesem Kapitel genauer eingegangen werden soll, haben entweder speziell den Energieumsatz für die Weinbereitung zum Thema oder erheben diesen im Rahmen einer Ökobilanz. Eine Studie über den Strombedarf deutscher Weinbetriebe wird von [MÜLLER 2002] durchgeführt. Der durchschnittlich gemessene Stromumsatz der Kellereien ist 13 kWh/hl, die Schwankungen liegen zwischen 2 und 40 kWh/hl. Sie sind abhängig von Verarbeitungsstadium, Maschineneinsatz und Weinqualität. Hier haben Kühlung und Abfüllung mit 1,2 kWh/hl bzw. 2,7 kWh/hl den höchsten Endenergieumsatz. Der Anteil am Gesamtstromverbrauch ist damit 22 bzw. 44 %. Der Gesamtstromverbrauch wird hier zu 60 % von diffusen Verbrauchern wie Lüftung, Klimaanlage oder Licht verursacht. Dadurch ergibt sich für die Weinbereitung ein durchschnittlicher Umsatz von 6,0 kWh/hl. Für die Lagerung im temperierten Lagerraum fallen 1,5 kWh/hl an. Werden diese von dem Gesamtenendenergieumsatz abgezogen ergibt sich ein Endenergieumsatz des Betriebes von 4,5 kWh/hl. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen einer italienischen Studie von [NOTARNICOLA 2003]. Im Rahmen einer Ökobilanz wird hier der Endenergieumsatz von Anbau bis zur abgefüllten Flasche erhoben. Ein Ziel der Ökobilanz ist es, einen Vergleich der Umweltfolgen von Weinen unterschiedlicher Qualitätsstufen durchzuführen. Es findet eine Aufteilung in agrarische und industrielle/betriebliche Phase statt. Die erste Phase beinhaltet den gesamten Anbau bis zur Ernte. Mit Anlieferung der Trauben im Weinkeller beginnt die zweite Phase, die bei der Abfüllung endet. Der gesamte Endenergieumsatz (Treibstoff, Gas und Strom) in der industriellen Phase liegt zwischen 9 und 11 kWh/hl. Der Stromverbrauch liegt zwischen 0,027 und 0,044 kWh pro 0,75 l Flasche. Umgerechnet in hl sind dies 3,6 kWh/hl bzw. 5,9 kWh/hl. Der Anteil von Kühlung und Abfüllung ist 37 % bzw. 48 % vom Gesamtstromverbrauch. Ohne genauere Angaben zur Verwendung werden in der industriellen Phase zusätzlich 0,04 kWh/Fl (5,3 kWh/hl) durch Treibstoff und $36 \cdot 10^{-6}$ kWh/Fl ($4,8 \cdot 10^{-3}$ kWh/hl) durch Gas bereitgestellt. Für die agrarische Phase wird ein Treibstoffverbrauch von 7,03 - 8,04 g pro Flasche gemessen. Dieses entspricht 0,075 bis 0,086 kWh pro Flasche oder 10 bis 11 kWh/hl. Es ist zu beachten, dass bei dieser Studie die direkten Strom- und Treibstoffverbräuche bei den einzelnen Verarbeitungsschritten gemessen werden. Daher sind weitere Endenergieumsätze des Betriebes nicht erfasst. Für die ursprüngliche Fragestellung, dem Einfluss der Qualität, kann im Bezug auf den Endenergieumsatz keine eindeutige Schlussfolgerung gezogen werden. In der agrarischen und

industriellen Phase haben immer die weißen Trauben einen höheren Energiebedarf. Doch bei der Verarbeitung zeigt sich, dass bei den Rotweinen die geringere Qualität und bei den Weißweinen die höhere Qualität den höheren Energieumsatz haben [NOTARNICOLA 2003]. Bei dieser Studie werden keine weiteren Informationen zum Betrieb gegeben, so dass zur Betriebsgröße und der Einteilung in die verschiedenen Qualitätsstufen keine weiteren Aussagen getroffen werden können.

Zur Überprüfung eines Produkt-orientierten Ökomanagement Systems (POEMS) wird die Ökobilanz eines sizilianischen Weinkellers erstellt. Für die Auswertung werden die einzelnen Bereiche und zugehörige Primärenergieumsätze aufgelistet. Es zeigt sich bei der Betrachtung, dass als indirekter Energieumsatz die Flaschenproduktion und direkt innerhalb des Betriebes die Kühlung bei der Fermentation und Stabilisierung die höchsten Anteile haben. Der gesamte Primärenergieumsatz ist 10.710 GJ. Wenn ein- und ausgehende Transporte abgezogen werden, ergibt sich ein Primärenergieumsatz der betrieblichen und agrarischen Phase von 9.351 GJ ($2.597,5 * 10^3$ kWh). Die Weinproduktion ist 952,05 t also ungefähr 9.520,5 hl. Somit ergibt sich ein Primärenergieumsatz von 9,8 MJ/kg bzw. 272 kWh/hl. Anhand der gegebenen Umrechnungsfaktoren Primär-/Endenergie und der Erntemenge an Trauben ergibt sich ein Endenergieumsatz von 135 kWh/hl für den gesamten Betrieb, davon fallen 60 kWh/hl in der industriellen und 75 kWh/hl in der agrarische Phase an [ARDENTE 2006].

Von [CARLSSON-KANYAMA 2003] werden als Energieaufwand 12 MJ/kg für südeuropäische und 14 MJ/kg für Überseeweine angegeben. Diese Werte gelten für den schwedischen Markt und umfassen alle Verarbeitungsschritte inkl. Transport nach Schweden. Durch die weite Entfernung von Weinanbaugebieten ergibt sich ein insgesamt höherer transportbedingter Energieumsatz für die funktionelle Einheit, jedoch fehlen Details, um den Energieumsatz der Produktion von dem Transport zu trennen. Außerdem ist es für den schwedischen Markt wegen der fehlenden Eigenproduktion nicht möglich, regionale Daten als Vergleichswerte heranzuziehen.

Die Ökobilanz einer Kooperative in Franken ermittelt für das Jahr 1995 einen Umsatz von 1.598.900 kWh für Strom, 3.197.445 kWh für Gas und 992.808 kWh für Heizöl. Dieses ist für den ganzen Betrieb ein Energieumsatz von 5.789.153 kWh. Die Erntemenge beträgt insgesamt 13.003,87 t [GWF 1996]. Mit einer durchschnittlichen Mostausbeute von 7,75 hl/t [SCHWARZ 2006] ergibt sich eine Durchsatzmenge von 100.760 hl. Die Ökobilanz beginnt

mit der Anlieferung der Trauben und endet mit dem Fuhrpark, für den folgende Daten vorliegen: Die Gesamtfahrleistung beträgt 1.450.000 km. Davon fahren die LKW 35 %, was 507.500 km entspricht. Mit einem Durchschnittsverbrauch von 28,3 l/100km ergibt sich ein Energieumsatz von 1.390.550 kWh für den Vertrieb. Die restliche Fahrzeuge werden für Werbefahrten oder Außendienstmitarbeitern genutzt und der Endenergieumsatz von 987.448 kWh wird deshalb der Weinproduktion zugerechnet. Daraus ergibt sich ein spezifischer Endenergieumsatz von 67,3 kWh/hl für den Betrieb. Für den Vertrieb kann kein spezifischer Umsatz berechnet werden, da keine vertriebene Weinmenge angegeben wird und die Fahrzeuge auch für interne Fahrten zur Versektung und Traubensaftabfüllung verwendet werden. Zusätzlich werden bei dem Betrieb 5.205.109 Fremdfaschen gewaschen. Auch hier kann keine Allokation stattfinden, da keine Gesamtmenge von abgefüllten Flaschen angegeben wird [GWF 1996].

[PIZZIGALLO 2006] untersucht zwei Weinkeller in Italien zur Anwendung des Energy-Konzepts, bei dem die Umweltwirkung von Produkten oder Prozessen als Sonnenenergie gemessen wird, die zur Erhaltung von Systemen benötigt wird. Zum Vergleich wird eine Ökobilanz erstellt, der die nachfolgenden Daten entnommen werden. Eine organisch arbeitende Farm a) ist mit 10 ha als klein einzustufen und eine semi-industriell arbeitender Betrieb b) hat eine Weinanbaufläche von 120 ha. Mit einem Ertrag von a) 5 t/ha bzw. b) 3,5 t/ha wird die Produktion bei ca. a) 350 hl und b) 2.940 hl liegen. Für den Anbau verwendet Betrieb a) 24,9 kg und b) 64,5 kg Treibstoff pro funktionelle Einheit. Als funktionelle Einheit wird 1 Tonne in Flaschen abgefüllter Wein festgelegt. Unter der Annahme, dass der Treibstoff Diesel mit einem Heizwert von ca. 12 kWh/kg (siehe Tab. 9) ist und der Wein eine Dichte von 1 kg/l hat ergibt sich für den Anbau ein Endenergieumsatz von a) 29,9 kWh/hl und b) 77,4 kWh/hl. Der Unterschied zwischen den spezifischen Energieumsätzen wird von [PIZZIGALLO 2006] darauf zurückgeführt, dass der ökologisch arbeitende Betrieb einen geringeren Aufwand bei der maschinellen Pflege hat. Für die Weinbereitung und Abfüllung sind es a) 2,5 + 19,4 kWh/hl und b) 1,1 + 2,4 kWh/hl. Der semi-industriell arbeitende Betrieb b) hat durch Nutzung von neuen effizient arbeitenden Produktionsanlagen einen sehr geringeren Energieumsatz, dieses zeigt sich im Strombedarf bei der Weinbereitung von 1,1 kWh/hl. Die CO₂-Emission der Betriebe beträgt a) $5,49 \cdot 10^2$ kg/hl und b) $9,92 \cdot 10^2$ kg/hl. Zur maschinellen Ausrüstung der Betriebe und Ablauf der Weinbereitung werden wenig Details gegeben, die Werte lassen aber darauf

schließen, dass die Produktion mit geringst möglichem Maschineneinsatz abläuft. Bei dieser Studie wird auch darauf hingewiesen, dass beim Weinanbau eine starke klimatische Abhängigkeit besteht.

Alle diese Studien liefern sehr detaillierte Angaben über die Umweltwirkung der untersuchten Betriebe, doch kann bei der Interpretation der Ergebnisse auf keinen Vergleichswert zurückgegriffen werden, um günstige oder weniger günstige Werte zu erkennen.

Tab. 3: Endenergieumsatz Weinbereitung, Literaturwerte [eigene Darstellung]

	[MJ/kg]	Kellerei/Anbau [kWh/hl]	Gesamt [kWh/hl]
[NOTARNICOLA 2003]		10 / 10,5	20
[GWF 1996]		67,3 / -	
[CARLSSON-KANYAMA 2003]	13		361
[MÜLLER 2002]		13 / -	
[ARDENTE 2006]	9,8	60 / 75	135
[PIZZIGALLO 2006] Betrieb a)		21,9 / 29,9	51,8
[PIZZIGALLO 2006] Betrieb b)		3,5 / 77,4	80,9

Für den Energieumsatz der Abfüllung liefert die Ökobilanz für Getränkeverpackungen des [UBA 2000] Daten. Hier wird für die Abfüllung von Wein in Einwegflaschen mit einem Stromverbrauch von 98 bzw. 102 kWh und einem Bedarf von 149 MJ/h Sattdampf für 20.000 Fl/h (1,0 l) bzw. 24.000 Fl/h (0,75 l) gerechnet. Wenn der Wein in Mehrwegflaschen abgefüllt wird, ergibt sich ein Stromverbrauch von 126 kWh und 2.417 MJ/h Sattdampf bei einer Abfüllleistung von 10.000 Fl/h. Die direkte Umrechnung¹ ergibt einen

¹ Für den Wirkungsgrad der Dampfproduktion werden keine Werte angegeben, daher wird der angegebene Bedarf für die Berechnung verwendet.

Endenergieumsatz von 0,70 – 0,79 kWh/hl bei Einweg- und 7,0 kWh/hl bei Mehrwegflaschen für die Abfüllung.

In Rahmen dieser Ökobilanz wird auch die Distribution innerhalb Deutschlands ausgewertet. Die durchschnittlichen Entfernungen, die innerhalb Deutschlands für die Auslieferung des Weins ohne Leerfahrten zurückgelegt werden, liegen zwischen 450 km für die 1,0 l Flasche und 540 km für die 0,75 l Flasche. Hiermit liegt die Transportstrecke im Vergleich über der anderer Getränke. Die Leerfahrten, die entsprechend dazugehören, sind 250 km und 220 km. In dieser Studie hat importierter Wein wegen des Importvorlaufs, aber auch wegen der Distributionsstruktur eine längere Transportstrecke. Diese beträgt ca. 700 km ab der Grenze. Weil dieser häufiger über Zentralläger des Handels vertrieben wird, findet hier auch vermehrt ein Einsatz von größeren LKW-Gespanssen statt. Für die Transportwege von Wein in Deutschland wird hinzugefügt, dass Mehrwegflaschen vor allem im regionalen Bereich bis 50 km und für weitere Entfernungen Einwegflaschen verwendet werden. Gerade im Bereich Wein ist auch der Direktvertrieb mit 9 % stark vertreten. Darüber hinaus wird differenziert betrachtet mit welchen Fahrzeugen auf welcher Distributionsstufe wie weit gefahren wird. Hier ist die Besonderheit zu erwähnen, dass auch im Direktvertrieb der Einsatz größerer LKW mit Anhängern mit 68 % dominiert und fast alle Transporte, die über Zentrallager des Handels laufen mit großen Fahrzeugen (40 t) ausgeführt werden. Dabei liegt die Auslastung der Fahrzeuge der Speditionen bei 80 – 90 % und im Eigenvertrieb bei 100 % zum Zeitpunkt der Abfahrt [UBA 2000], d.h. sie wird mit der Anfahrt mehrerer Kunden abnehmen und die durchschnittliche Auslastung liegt darunter.

Der aktuelle Anteil (2005) der Flaschengrößen im Verkauf ist 36 % 1,0 l und 54 % 0,75 l bei importierten Flaschen und 52 % 1,0 l und 47 % 0,75 l bei deutschen Weinen. Seit 2003 ist eine Abnahme des Anteils 1,0 l Flaschen zu verzeichnen [DWI 2006a Abb. 13]

3.2 Apfel

3.2.1 Wirtschaftliche Bedeutung und Prozesskette

Der Apfel (*Malus domestica*) ist eine Kernfrucht und umfasst weltweit ca. 20.000 Sorten von denen ca. 30 Sorten für den Markt Bedeutung haben. Die Gesamtproduktion der EU liegt bei 12 Mio. t und die Hauptproduzenten sind Polen, Italien, Frankreich und Deutschland. Die

Weltproduktion ist im Jahr 2005 63 Mio. t [FAOSTAT 2007]. Auch wenn die Produktionsmenge der südlichen Hemisphäre mengenmäßig wenig ins Gewicht fällt, kann sich die zeitliche Verschiebung ungünstig auf den Absatz heimischer Äpfel auswirken. Da weltweit der Apfelkonsum stabil bleibt, die Produktionsmenge aber zunimmt, wird so ein hoher Konkurrenzdruck erzeugt [STAINER 2000]. Die jährliche Apfelproduktion unterliegt den üblichen, klimatisch bedingten Schwankungen. Es gibt aber auch regionale Besonderheiten, die sich auf die Erntemenge niederschlagen.

Der Grundstock für die spätere Ertragsmenge wird schon bei der Anlage der Plantage gelegt. Die Züchtung kleinwüchsiger Bäume mit Pyramidenform ermöglicht eine höhere Bestandesdichte und besseren Sonneneinfall. Während bei alten Anlagen eine Bestandesdichte von 250 Bäumen normal ist, können heutzutage bei kleinwüchsigen Bäumen über 2.000 pro ha gepflanzt werden. Diese Baumzüchtung erreicht auch schon nach 3 Jahren erste Erträge und nach 5-6 Jahren die volle Reife, wogegen dieses bei alten Zuchtformen über 10 Jahre dauert [AITKEN o.J.].

Auf der Plantage sind es vor allem Pflegemaßnahmen, die den Energieumsatz während des Anbaus ausmachen. Diese Pflegemaßnahmen sind bei bestehenden Plantagen der Baumschnitt, die chemische oder manuelle Fruchtausdünnung, das Einbringen von Dünger, die Bewässerung, der Schutz vor Witterungsschäden und die Schädlings-/Unkrautbekämpfung. Der Energieumsatz wird hier vor allem durch die Verwendung von Schleppern, daran angeschlossene Geräte und Generatoren für die Bewässerung verursacht. Dabei wird der Verwendungsumfang von der Geländesituation und durch technisch bedingte Parameter bestimmt. So können Frostschutzmaßnahmen einen hohen Anteil des Energieumsatzes ausmachen, wenn das Klima diese erfordert. Auch die mechanische Durchführung der Ausdünnung, die beim organischen Anbau angewendet wird, ist energieintensiver als die chemische [FRIEDRICH 1993, STRAUß 1998, MILA I CANALS 2003b].

Bei der Ernte von Tafelobst ist die Mechanisierung sehr gering. Nur für die Industrie bestimmte Äpfel können mit mechanischen Verfahren geerntet werden. Eine mögliche Rationalisierung der Apfelernte ist aktuell nur durch Verwendung von Großkisten und entsprechende Transporter möglich. Wenn bei der Schnittform eine höhere Krone gewählt wird, kann es auch zur Verwendung von hydraulischen Leitern kommen. Bei neuen Anlagen

werden mittlerweile niedrige Schnittformen gewählt, die das Ernten ohne weitere Hilfsmittel erlauben und durch eine große Oberfläche den größt möglichen Sonneneinfall ermöglichen.

Nach der Ernte werden Äpfel maschinell sortiert, in Großkisten abgepackt und gelagert. Durch Lagerformen, die Atmung und Nachreife der Äpfel reduzieren, ist eine ganzjährige Marktbestückung möglich. Die üblichen Lagerformen für längere Lagerdauer sind Kühllager (5 Monate), CA-Lager¹ (7-11 Monate) und ULO-Lager² (12 Monate). Bei der Lagerung kommt neben der Kühlung noch ein zusätzlicher Bedarf durch die Kontrolle von Luftfeuchte, -zusammensetzung und -bewegung hinzu. Je nach Lage und Organisation des Apfelanbaubetriebes kann das Lagerhaus direkt auf der Plantage oder als eine zentrale Einheit für mehrere Plantagen gebaut sein [FRIEDRICH 1993, STRAUß 1998, THOMSON 2003].

Für den Erhalt der Qualität ist das schnelle Runterkühlen der Äpfel, die Initialkühlung, nach der Ernte eine wichtige Maßnahme. Die Empfehlung ist, dass diese spätestens 24 h nach der Ernte beginnt und möglichst schnell Lagertemperatur erreicht. Je nach Marktsituation werden die Äpfel unter normaler Atmosphäre oder im CA/ULO Lager gelagert. Sowohl das Verpacken als auch Kontrolluntersuchungen vor dem Export führen zu einer leichten Erwärmung, die unter Umständen durch Schnellkühlung in Kühltunnel wieder ausgeglichen wird [CROUCH 2003].

Generell werden Äpfel nach der Ernte in Großcontainern gelagert. Erst wenn die Äpfel auf den Markt gebracht bzw. nach Europa verschifft werden sollen, werden diese in Verkaufsverpackungen (Gebinde) abgepackt. Diese sind verschieden groß und bestehen aus Karton, Plastik- oder Holzkisten. Diese werden auf Paletten gestapelt und über die üblichen Vertriebswege zum POS gebracht. Der Weg wird hierbei entsprechend der Vertriebsform des Direktvertriebs oder von Einzelhandelsketten organisiert. Für eine Vermeidung von Qualitätseinbußen werden vor allem die Parameter Temperatur und Luftaustausch beim Transport stark und aufwendig kontrolliert [FRIEDRICH 1993, STRAUß 1998, THOMSON 2003].

¹ Controlled Atmosphere: Lagerung mit erhöhter CO₂ und verminderter O₂ Konzentration in der Umgebungsluft.

² Ultra Low Oxygen: CA Lager, bei dem O₂ Konzentration an physiologische Überlebensgrenze abgesenkt wird.

Deutschland

Der Apfel ist bezogen auf Produktions- und Konsummengen die wichtigste Obstsorte Deutschlands. Je nach Quelle finden sich unterschiedliche Daten für Produktionsmenge, Anbaufläche und Hektarerträge. Laut Statistisches Bundesamt [BMVEL 2005, DESTATIS 2006] ist die Erntemenge im Jahr 2005 ca. 847.000 t auf 31.200 ha und laut [FAOSTAT 2007] ist die Erntemenge 1,6 Mio. t auf 70.000 ha Anbaufläche. Als eine Begründung für diese Unterschiede kann angenommen werden, dass hier noch Streuobstwiesen oder Privatflächen mit einberechnet sind, dieses ist anhand der Statistik aber nicht ersichtlich. Die Ertragsmengen fallen dementsprechend unterschiedlich aus. Bei [FAOSTAT 2007] werden für den Zeitraum von 1995 bis 2004 größere Schwankungen bei den Erträgen zwischen 20 und 45 t/ha angegeben. Laut [DESTATIS 2006] ist die durchschnittliche Ertragsmenge 27 - 30 t/ha, wobei die Schwankungsbreite geringer ist (siehe Abb. 7). Die Erntemenge von 2005 liegt mit 26 t/ha 7 % unter dem Mittel der letzten zehn Jahre [DESTATIS 2006]. Die durchschnittliche Betriebsgröße, die bei der betriebswirtschaftlichen Erhebung des [BMVEL 2003] ermittelt wird, liegt zwischen 1,56 ha bei der Gruppe der kleineren Betriebe und 10,84 ha bei den größeren. Es ergibt sich eine durchschnittliche Betriebsgröße der deutschen Apfelbaubetriebe von 5,88 ha.

Im Gegensatz zur Anbaufläche erhöht sich die Bestandesdichte der Apfelplantagen, weil vermehrt verschulte Einzelbäume in moderne Dichtpflanzung gepflanzt werden [DESTATIS 2006]. Die Hauptanbaugebiete befinden sich in Baden-Württemberg, im Rheinland, am Bodensee, an der Niederelbe, in Brandenburg, in Mecklenburg, in Sachsen-Anhalt, in Sachsen und in Thüringen. Als Anbaumethode ist die Integrierte Produktion die häufigste in Deutschland. Ökologische Betriebe haben bei den Dauerkulturen eine Anbaufläche von 9.000 ha [BMVEL 2005]. Eine Abschätzung des Anteils von Äpfeln an den Dauerkulturen der ökologischen Betriebe ergibt, bei der Verwendung des deutschen Durchschnitts (65 %), eine Anbaufläche von 5.850 ha und 19 % von der Gesamtapfelanbaufläche.

Für die Betriebe, die integriert produzieren, werden in den Richtlinien für den Kontrolliert Integrierten Anbau [FACHGRUPPE OBSTBAU 2006] Empfehlungen zu Pflegemaßnahmen und Chemikalienanwendungen ausgesprochen.

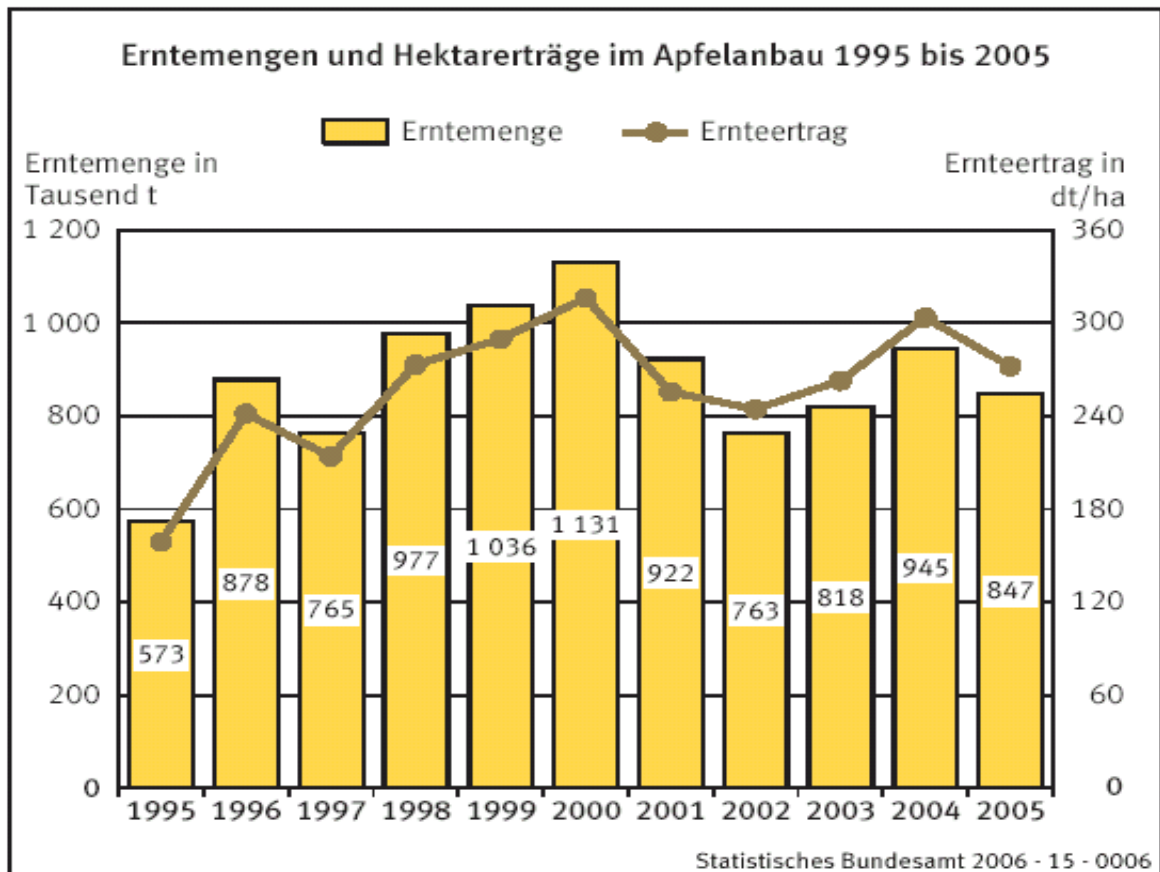


Abb. 7: Erntemenge und Hektarerträge im Apfelanbau 1995 bis 2005 [DESTATIS 2006]

Der Verzehr pro Bundesbürger ist in 2005 ca. 17,2 kg [CMA 2006]. Umgerechnet auf die Gesamtbevölkerung von 82 Mio. Einwohnern ergibt sich somit ein Gesamtkonsum von 1,4 Mio. t. Die Erntemenge von 847.000 t im Jahr 2005 kann also einen Selbstversorgungsgrad von ca. 60 % bedeuten, wenn ein reiner Tafelobstanbau und -konsum angenommen wird.

Zusätzlich ist Deutschland mit einer Importmenge von 812.000 t in 2003 weltgrößter Importeur. Die importierte Menge aus Südafrika nimmt dabei 0,6 % des Gesamtimportes ein. Außerdem werden in 2003 69.609 t exportiert [FAOSTAT 2007]. Der aus Import, Anbau und Export zu berechnende Inlandsverbrauch liegt folglich bei 1.590 t.

Südafrika

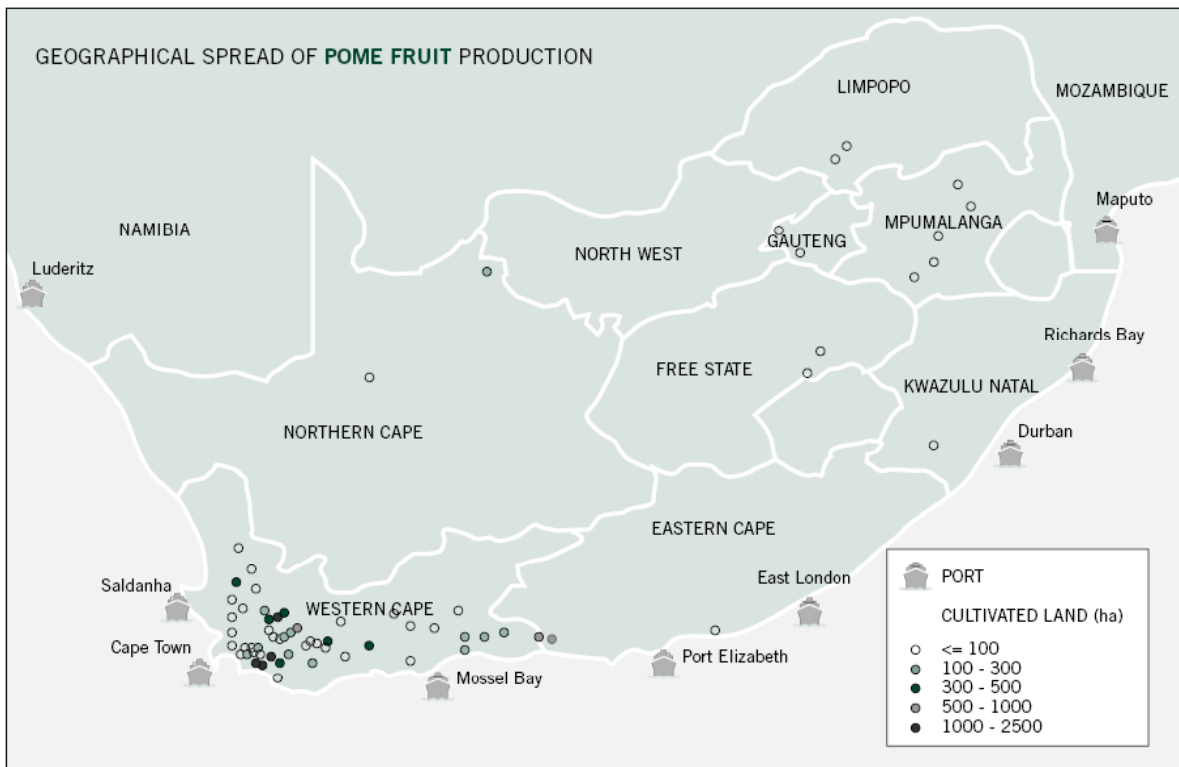


Abb. 8: Apfelanbaugebiete in Südafrika [DFPT 2006]

Die größten Anbaugebiete innerhalb Südafrikas sind Groenland (6.537 ha), Ceres (4.745 ha), Langkloof East (3.983 ha) und Villiersdorp (3.284 ha). Die restlichen Gebiete sind jeweils unter 500 ha und haben eine Gesamtfläche von 1.757 ha. Die gesamte Anbaufläche des Landes ist ca. 22.500 ha. Die Erntemenge beträgt 756.144 t in der Saison 2003/2004. Davon werden 281.998 t (37 %) exportiert, 227.166 t (30 %) lokal verkauft und der Rest verarbeitet. Abgepackt entspricht die exportierte Menge einer Anzahl von 332.171 Paletten. Insgesamt werden 8.357 t (2,3 %) nach Deutschland exportiert [DFPT 2006]. Äpfel sind wertmäßig das 7. wichtigste agrarische Exportgut [FAOSTAT 2007]. Die Hauptabnehmer sind Großbritannien (42 %) und Nordeuropa (22 %) [DFPT 2006]. Umgerechnet auf die Anbaufläche ist der durchschnittliche Ertrag 33,6 t/ha. Laut [FAOSTAT 2007] schwanken die Erträge zwischen 20 und 30 t/ha in den letzten zehn Jahren.

Wie in Abb. 8 dargestellt, befindet sich ein Großteil der Apfelanbaugebiete in der Kapregion. Dieses bedeutet, dass die Verschiffung hauptsächlich über Kapstadt stattfinden kann und entsprechend kurze Anfahrtswege anfallen. Bis zu einer Distanz von 200 km können die Transporte auch ohne Kühlung durchgeführt werden. Die Äpfel werden dann im Hafen

wieder unter Kühlung gelagert [CROUCH 2003] bzw. direkt auf das Kühlschiff geladen [CAPE REEFERS 2004]. Der Transport von Äpfeln findet häufig in Kühlschiffen mit „offenen“ Lagerräumen (Reefer) statt. Hier wird das Obst im Innenraum in Holzkisten oder Kartons etagenweise gestapelt und mit Kaltluft umblasen. Zusätzlich werden auf Deck weitere Container mit oder ohne Kühleinheit gestapelt. Reine Containerschiffe sind zumeist gemischt beladen und die Container werden entsprechend dem Bedarf an den Stromkreislauf angeschlossen. Durch die Auf-Deck-Ladung ergibt sich auch eine wetterabhängige Komponente, da starke Sonneneinstrahlung durch die Kühlung ausgeglichen werden muss.

Zusätzlich zum transportabhängigen Energieumsatz ergibt sich ein Energiebedarf im Hafen der durch Hilfsmotoren abgedeckt wird. Dieser Einsatz der Hilfsmotoren ist u.a. für den Erhalt der Kühlleistung und den Antrieb der schiffseigenen Hebevorrichtungen notwendig.

3.2.2 Energieumsatz

Für den Energieumsatz beim Apfelanbau liegen zahlreiche Erhebungen vor. Die in dieser Dissertation vorgestellten sind u.a. als Teil einer Ökobilanz zur Studie unterschiedlicher Anbauformen in Neuseeland und Griechenland [MILA I CANALS 2003a, MILA I CANALS 2006, STRAPATSA 2006] und als Energieanalyse zur Food Miles Diskussion [BLANKE 2005, SAUNDERS 2006] entstanden. Außerdem liegen in der Datenbank [ÖKO-INSTITUT 2005] Daten zum Energieumsatz der Obstbereitstellung vor.

[MILA I CANALS 2003a, MILA I CANALS 2006] erhebt für seine vergleichende Ökobilanz u.a. den Treibstoff- und Stromverbrauch mehrerer Farmen in zwei verschiedenen Anbaugebieten in Neuseeland. Außerdem gibt er für die zwei Anbaugebiete auch Durchschnittswerte an, die die übliche Anbaupraxis widerspiegeln. Die Datenqualität ist sehr gut, da die Daten direkt vor Ort erhoben werden und eine genaue Darstellung der Plantagen vorliegt. Als Hauptkonsument nicht-erneuerbarer Energieträger werden hier alle maschinellen Feldarbeiten, insbesondere die Ernte, lokalisiert (64 - 71 %). Bei einer Farm wird durch den Einsatz von Frostschutz und Bewässerungsmaßnahmen dieser zusätzlich erhöht. Der restliche Bedarf wird durch die Produktion von Dünger, chem. Hilfsmitteln und Maschinen bestimmt. Die Farmen haben sehr unterschiedliche Erträge zwischen 79 und 121 t/ha (alle Qualitätsstufen) und liegen somit über dem Durchschnittswert von 70 t/ha. Die aus den Referenzfarmen errechneten Endenergieumsätze werden in Tab. 4 dargestellt. Der Autor

weist darauf hin, dass zum Einen durch regionale klimatische Unterschiede (Frostschutz, Bewässerung) der Energieumsatz bestimmt wird. Zum Anderen kann aber auch das energieaufwendige Pflücken unter Einsatz hydraulischer Leitern durch neuere Bepflanzungen mit niedrigeren Bäumen vermieden werden.

[STRAPATSA 2006] unternimmt eine Analyse von integriert arbeitenden Apfelplantagen in Griechenland. Die Gesamtfläche ist 11,4 ha und die Bestandesdichte ca. 200 Bäume/ha. Die Plantagen selber sind über 50 Jahre alt und liegen recht isoliert in steilem Gelände. Das Ziel der Studie ist es, einzelne Energieumsätze (Input) der Plantage ins Verhältnis zum Energieoutput zu setzen und so Maßnahmen mit hohem Energiebedarf zu spezifizieren und wenn möglich zu optimieren. Zusätzlich zu den fossilen Energieträgern werden „Energiegehalte“ von verwendeten Geräten, Dünger und chem. Hilfsmittel und der erbrachten Arbeitskraft errechnet. Für den Treibstoffumsatz werden durchschnittlich 153,6 l/ha ermittelt. Unter der Annahme, dass nur Diesel verwendet wird, ist dies ein Endenergieumsatz von 1.536 kWh/ha. Beim Treibstoffumsatz haben der Abtransport der Ernte und Schädlings- bzw. Krankheitsbekämpfungsmaßnahmen den höchsten Bedarf. Bezogen auf den Gesamtenergieinput der Plantage hat der Umsatz fossiler Energieträger mit 33 % den höchsten Anteil, gefolgt von „Energiegehalten“ der Maschinen und Dünger. Die Erntemenge liegt bei 21,5 t/ha und somit ist der Endenergieumsatz fossiler Energieträger 71,4 kWh/t. Als Maßnahmen zur Reduktion des Energieumsatzes können der Einsatz von Dünger, alternative Krankheitsbekämpfungsmaßnahmen und bessere Fahrwege bestimmt werden.

[BLANKE 2005a,b] unternimmt einen kalkulatorischen Vergleich des Primärenergieumsatzes von Braeburn und Golden Delicious Äpfeln zur Versorgung des deutschen Marktes. Diese werden in Nelson/Neuseeland, Meckenheim bei Bonn und bei [BLANKE 2005b] zusätzlich in Western Cape/Südafrika angebaut. Es werden zur Berechnung ausschließlich Literaturwerte verwendet. Als Verkaufszeitpunkt wird der Monat April gewählt, weil zu diesem Zeitpunkt alle Sorten am Markt zu finden sind. Der gesamte Primärenergieumsatz bis zum Verkauf für lokale Äpfel ist 4,75 MJ/kg (1.318 kWh/t) im Vergleich zu 6,35 MJ/kg (1.734 kWh/t) bei neuseeländischen und 6,07 MJ/kg (1.686 kWh/t) bei südafrikanischen Äpfeln. Dieser Wert beinhaltet einen Energieumsatz des Anbaus von 2,8 MJ/kg (777 kWh/t) in Deutschland bzw. Südafrika und 2,1 MJ/kg (583 kWh/t) in Neuseeland. Es ist zu beachten,

dass die Daten für den Energieumsatz beim Anbau einer Literaturquelle aus dem Jahr 1979 entnommen werden, die den damaligen amerikanischen Apfelanbau auswertet.

[SAUNDERS 2006] bearbeitet in einem Forschungsbericht die Fragestellung, welcher Energieumsatz des Anbaus und der Verarbeitung im Vergleich zum Transport entsteht. Dieses wird für agrarische Produkte aus Neuseeland und Großbritannien durchgeführt und mit Hinblick auf den Konsum in Großbritannien ausgewertet. Für den Apfelanbau werden Durchschnittsverbrauchswerte von 436 l/ha Treibstoff und 1.186 kWh/ha Strom genannt. Bezogen auf die angegebene Erntemenge von 50 t/ha ergibt sich hier ein spezifischer Endenergieumsatz von 110 kWh/t und 5.540 kWh/ha.

[CARLSSON-KANYAMA 2003] vergleicht den Endenergieumsatz von Äpfeln für die Versorgung des schwedischen Marktes und berechnet Werte von 3,5 MJ/kg (972 kWh/t) für die schwedische Produktion und 8,6 MJ/kg (2.389 kWh/t) für Äpfel aus Übersee. Für den Unterschied ist hier vor allem der Transportweg ausschlaggebend, der in dieser Quelle jedoch nicht detailliert dargestellt wird.

Tab. 4: Energieumsatz Apfelanbau, Literaturwerte [eigene Darstellung]

	EE		PE
	[kWh/ha]	[kWh/t]	[kWh/t]
[BLANKE 2005a,b]			778
[MILA I CANALS 2003a, 2006] Referenz HB	6.172	88,2	
[MILA I CANALS 2003a, 2006] Referenz CO	5.882	84,0	
[STRAPATSA 2006]	1.536	71,4	
[ÖKO-INSTITUT 2005]			792
[JONES 2002]		138,9	
[SAUNDERS 2006]	5.540	110,8	158

Transporte

Für den Transport von Äpfeln zwischen und innerhalb verschiedener Ländern liegen unterschiedliche Erhebungen vor. Ein Überblick über die Werte wird in Tab. 5 gegeben, wobei neben dem Apfeltransport auch andere Studien mit ähnlicher Fragestellung erfasst werden. [BLANKE 2005a,b] berechnet für den gesamten Transport zum POS (Bonn) inkl. Lagerung einen Primärenergieumsatz von 541 kWh/t bei lokalen und 1.500 bzw. 909 kWh/t bei neuseeländischen bzw. südafrikanischen Äpfeln. Der Überseetransport inkl. Kühlung verursacht einen Umsatz von 2,84 MJ/kg (788,9 kWh/t) bzw. 1,41 MJ/kg (391,7 kWh/t) und es entfallen davon jeweils ca. 10 % auf die Kühlung. [JONES 2002] berechnet in seiner MEA den Energieumsatz des Transportweges von Äpfeln zur Versorgung des britischen Marktes. Als Zielort wählt er Brixton und Denbigh. Er wertet die gesamte Kette von regionalen und importierten Äpfeln über verschiedene Zwischenhändler bis zum Gemüsehandel, Supermarkt oder Straßenmarkt aus. Die gesamte Schwankungsbreite des Energieumsatzes für den Import von Äpfeln liegt zwischen 0,514 und 4,874 MJ/kg (ca. 142 - 1.354 kWh/t), wogegen sie bei regional erzeugten Äpfeln zwischen 0,022 und 0,331 MJ/kg (6 - 92 kWh/t) liegt. Da sich die Studie auf die Erhebungsmethode der Ökobilanz beruft, wird davon ausgegangen, dass die Energieumsätze in Primärenergie angegeben sind. [SAUNDERS 2006] berechnet für den Seetransport von Neuseeland nach Großbritannien (17.840 km) einen Primärenergieumsatz von 2.030 MJ/t (563 kWh/t), beruhend auf einem spezifischen Umsatz von 0,114 MJ/tkm, der aus der CO₂-Emission des Schifftransports errechnet wird.

Wie schon dargestellt, werden für den Transport von Äpfeln niedrige Temperaturen benötigt. Zusätzlich ist bei einem Transport im Container die Schaffung einer modifizierten Atmosphäre möglich, wegen des hohen Aufwands aber eher unüblich [HOCHHAUS 1993, SEABOARD 2004]. Es bieten sich verschiedene Transportformen für den Erhalt der Kühltemperatur an. Beim Straßentransport sind hauptsächlich LKW und Containertransporter mit Kühlaggregat im Einsatz, deren Energieversorgung über den Fahrzeugmotor oder aus einer unabhängigen Energiequelle gedeckt wird. Bei beiden Formen ergibt sich ein weiterer Energiebedarf für die Kühlaggregate. Der Erfahrungswert der Interviewpartner ist ein zusätzlicher Treibstoffverbrauch von 2 l/h (20 kWh/h) ohne Spezifizierung der Fahrzeugkapazität [MESSERSCHMIDT 2004] oder laut [CARLSSON 1997] 1,5 l Diesel pro Stunde für die Zugmaschine und 2,5 l Diesel pro Stunde bei Anhängern. Umgerechnet auf

verschiedene Transportergrößen und Durchschnittsgeschwindigkeiten berechnet letztere (bei einer Auslastung von 50 %) einen Primärenergieumsatz von 0,16 MJ/tkm (0,044 kWh/tkm) bei Langstrecken und bis zu 0,46 MJ/tkm (0,127 kWh/tkm) im Stadtverkehr.

Für den Seetransport werden Schiffe mit isoliertem Kühlraum (Reefer) oder Containerschiffe mit entsprechender Energieversorgung der Kühlaggregate (Plugs) verwendet. Eine andere Form der Kühlung von Containern sind sogenannte Porthole- oder Conair-Container, die nicht mit Kühlaggregaten ausgestattet sind und dezentral über das Kühlsystem des Schiffs mit kalter Luft versorgt werden [HOCHAUS 1993, WILD 2004]. Diese Form der Kühlung verliert aber stetig an Relevanz [WILD 2004] und wird hier nicht weiter betrachtet. Beim Seetransport wird bei Containerschiffen mit verschiedenen Lagerformen eine genaue Allokation erschwert. Zusätzlich schwankt der Energieumsatz von Kühl- und Gefriercontainern mit der Form von Ladung, Soll-Innentemperatur, der Umgebungstemperatur, Frischluftzufuhr, und Containerbeschaffenheit. Es ist auch zu beachten, dass Kühlcontainer, die für den Transport von Früchten verwendet werden, einen höheren Energieumsatz haben als Tiefkühlcontainer. Dieses liegt zum Einen daran, dass bei dieser Form der Kühlung der Kühlkompressor durchgehend in Betrieb ist und die Temperatur über Maßnahmen wie Regulation des Sauggasvolumenstromes, Heißgas-Bypass-Schaltung oder Drehzahlregelung des Kältekompressors reguliert wird [WILD 2004]. Es ist aber auch zu beachten, dass frische Güter eine ständige Frischluftzufuhr benötigen und die Atmung (Respiration) des frischen Obstes Wärme erzeugt. Die mittlere Leistung eines Kühlaggregates einer TEU beträgt laut [WILD 2004] 3,6 kW (Energieumsatz der Hilfsmotoren/gesamte Containerzahl) oder speziell für ein TEU Frucht Container 2,9 kW, zusätzlich zu einer Grundleistung des Schiffes von 870 kW [WILD 2004]. Dieses ergibt für eine 14-tägige Überfahrt einen Energieumsatz von 974,4 kWh/Container. Bei einer Beladung mit 10 Paletten á 850 kg ist dieses ein Umsatz von 114,6 kWh/t. [CARLSSON 1997] nennt für die Kühlung beim Seetransport von Tomaten einen Endenergieumsatz von 0,0316 MJ/tkm (0,0087 kWh/tkm) und 0,0348 MJ/tkm (0,0097 kWh/tkm) Primärenergie. Für den 14-tägigen Transport von Kapstadt nach Antwerpen/Rotterdam (11.423 km) ergibt dieses einen Endenergieumsatz von 100,3 kWh/t und für den TEU Container mit 8,5 t Ladung 852,3 kWh. Die Daten sind also in Übereinstimmung mit [WILD 2004].

Tab. 5: Energieumsatz Apfeltransport und Lagerung, Literaturwerte [eigene Darstellung]

	Energie regional [kWh/t]	Energie global [kWh/t]	Lagerung [kWh/t]
[SAUNDERS 2006]	k.A.	563 (PE)	199,5 (6 Monate, EE)
[BLANKE 2005a,b]	539,7 (PE)	908,3 - 1.180,2 (PE)	248,9 (5 Monate, PE)
[JONES 2002]	30,5 – 69,0 (k.A.)	723,5 – 748,0 (k.A.)	-
[CARLSSON 1997]			35-37 Großhändler, 97,2 kWh/t (Möhren 6 Monate)

Der nächste Aspekt, der bei der Berechnung der Apfel-Prozesskette mit einberechnet werden muss, ist die Lagerung. [SAUNDERS 2006] berechnet die Lagerung mit einem Wert, der für die Kiwilagerung ermittelt wird. Übertragen auf die Lagerung von Äpfeln für einen Zeitraum von 6 Monaten ergibt sich in England ein Primärenergieumsatz von 574,7 kWh/t bzw. 199,5 kWh/t Endenergie. [CARLSSON 1997] berechnet u.a. den Energieumsatz der Lagerung von Möhren und Tomaten für den schwedischen Markt. Sie betont, dass wegen einer schlechten Datenlage der Energiebedarf der Lagerung nur abgeschätzt werden kann. In ihrer Berechnung anhand von Daten von Großhändlern, ohne Möglichkeit die Lagerdauer zu bestimmen, liegt der Umsatz bei 35 bis 37 kWh pro Tonne Lagergut. Als weitere Schätzung eines Experten nennt sie einen Umsatz für Möhren, die bei 4 °C gelagert werden, von 10,5 kWh/t für die Initialkühlung, 4,4 kWh/(t*d) bei kurzer Lagerung und 86,7 kWh/t bei max. Lagerdauer (7 Monate). Generell ergibt sich bei der Ermittlung des Energieumsatzes der Lagerung das Problem, dass keine produkt- oder zeitspezifischen Daten vorliegen, sondern nur Energieumsätze von Lagerhallen und die Umschlagszahlen erfasst werden. Daher fehlt ausreichendes Material, um dieses auf ein bestimmtes Produkt oder die Lagerdauer runterzurechnen [CARLSSON 1997].

4 Auswertung von Transporten in der Literatur

Das Ziel dieser Studie ist es, Energieumsätze bei der Weinbereitung, dem Apfelanbau und den dazugehörigen Transportwegen zu ermitteln. Neben den bisher erwähnten Studien mit spezifischen Forschungsschwerpunkten, finden sich in der Literatur auch allgemeine Auswertungen zu den Energieumsätzen von Fahrzeugen und Transporten.

Ein Grundlagenwerk für die Auswertung der Energieumsätze von Transporten wird von [FRISCHKNECHT 1994, FRISCHKNECHT 1995] erstellt. Es ist eine umfassende Zusammenfassung von fahrzeugbezogenen Energieumsätzen aus den Jahren vor 1993. Diese ist zur Anwendung für Ökobilanzen in der Schweiz bestimmt. Bei der weiteren Darstellung der Literatur wird auf diese nicht weiter eingegangen, weil ausreichend aktuelle Literatur für den deutschen Raum vorliegt. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass diese häufig auf Werten von [FRISCHKNECHT 1994, FRISCHKNECHT 1995] aufbauen. Für die Auswertung von Transporten im Rahmen von Energie- und Ökobilanzen im deutschen Raum liegen mehrere Grundlagenwerke vor. Die hier vorgestellten sind u.a. eine Datenbank für die Berechnung von Ökobilanzen [ÖKO-INSTITUT 2005], eine Zusammenfassung von Daten zur ökologischen Bilanzierung [BORKEN 1999] und die Studie EcoTransIt des IFEU Instituts [KNÖRR 2005]. Diese Werke stehen alle im Zusammenhang und bauen teilweise aufeinander auf.

Straße

In der Literatur wird versucht, für bestimmten Klassifizierungen (z. B. Fahrzeuggröße, Straßenkategorie) durchschnittliche Energieumsätze der Transportfahrzeuge anzugeben. Dieser Durchschnittswert kann allerdings eine starke Schwankungsbreite aufweisen, weil der Energiebedarf von LKW Transporten neben dem Fahrzeugtyp auch von der Art der Ladung, dem Streckenprofil und Fahrverhalten beeinflusst wird [KNÖRR 2005]. Auch steigt die Effizienz mit der Auslastung sehr stark an, d.h. der spezifische Energieumsatz [kJ/tkm oder kWh/tkm] nimmt mit steigender Auslastung ab. Für den Transport in Deutschland wird z.B. für einen 34 - 40 t LKW der Euro 1-Kategorie ein Primärenergieumsatz von 876 kJ/tkm für 100 %ige Auslastung (Gewicht ist begrenzender Faktor), 969 kJ/tkm als Durchschnitt und 1.492 kJ/tkm für geringe Auslastung durch voluminöse Ladung angegeben [KNÖRR 2005]. [ÖKO-INSTITUT 2005] gibt einen spezifischen Energieumsatz von 13.830 kJ/km (ca.

38 l/100km) für einen Sattelzug der Emissionsklasse Euro 1, bei einer Auslastung von 50 % und den für Deutschland üblichen Straßenverhältnissen an. Die Umrechnung mit den für die durchschnittliche Auslastung angegebenen 12,5 t ergibt einen spezifischen Umsatz von 1.106 kJ/tkm. Dieser Wert ist somit in Übereinstimmung mit [KNÖRR 2005]. Zusätzlich ist bei [ÖKO-INSTITUT 2005] für ungarische LKW ein Treibstoffverbrauch von 65 l/100km zu finden. Dies ist bezogen auf die angegebene Zuladung 2,33 MJ/tkm (0,647 kWh/tkm). Ein Rechenbeispiel mit LKW geringerer Kapazitäten zeigt eindeutig welche Bandbreite sich allein durch den Einflussfaktor Größe ergibt. So hat ein kleiner LKW mit einer durchschnittlichen Zuladung von 1,5 t (50 % Auslastung) einen spezifischen Energieumsatz von 4.008 kJ/tkm auf der Autobahn. Schon der nächst größere LKW mit einer Zuladung von 3,5 t (50 % Auslastung) hat einen spezifischen Umsatz von nur 2.231 kJ/tkm [ÖKO-INSTITUT 2005], also nur noch 55 % des spezifischen Energieumsatzes des kleineren Transporters. In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 6) wird ein Überblick über die bisher genannten Werte und den dazu genannten CO₂-Emissionen gegeben und weitere Werte aufgeführt.

Tab. 6: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO₂-Emission im Straßengütertransport, Auslastung 50 %, 40 t ZGG [eigene Darstellung]

	Umsatz [kJ/km]	spezif. Umsatz		CO ₂ -Emission [g/tkm]
		[kJ/tkm]	[kWh/tkm]	
[KNÖRR 2005]	10.740	969	0,269	72
[ÖKO-INSTITUT 2005] D	13.830	1.106	0,307	82
[ÖKO-INSTITUT 2005] HU	23.334	2.333	0,647	209
[BORKEN 1999]	15.400	1.100	0,306	83
[FAIST 2000] ¹		1.000	0,278	
[MAIBACH 1997]				316 (Äquiv.)
[CARLSSON 1997]		970	0,269	

¹ nach [FRISCHKNECHT 1994]

Das Alter und der Wartungszustand der Fahrzeuge ist ebenfalls relevant für den Energieumsatz, da sich die Effizienz bei neueren und gut gewarteten Motoren verbessert [KNÖRR 2005]. Gerade der Ländervergleich lässt diesen Aspekt in den Vordergrund rücken, doch hierfür ist es schwierig belastbare internationale Daten zu finden. Eine europäische Erhebung zeigt, dass in 2003 über die Hälfte der im Güterverkehr gefahrenen Kilometer in Deutschland von Fahrzeugen zurückgelegt werden, die nicht älter als drei Jahre sind. Im gesamteuropäischen Vergleich zeigen sich starke Unterschiede zwischen den Ländern, doch insgesamt werden 2/3 der tkm von max. 5 Jahre alten Fahrzeugen zurückgelegt [EUROSTAT 2003, SCIULLO 2005]. Da nur Fahrzeugbestände der Mitgliedsländer bis 2003 erhoben werden, liegen in dieser Statistik keine Daten für Ungarn vor. Für Südafrika veröffentlicht das „Department of Transport“ für den kommerziellen Fahrzeugbestand ein Durchschnittsalter von 9,6 Jahren im Jahr 1992 [DT 2001 Tab. 2.3.13]. Bezogen auf die zurückgelegte Strecke der Fahrzeuge oder die Spannweite des Alters gibt es keine weiteren Angaben und so lässt sich nur feststellen, dass die Daten zwar sehr alt sind, aber doch nahe legen, dass im Transportsektor in Südafrika weitaus ältere Fahrzeuge eingesetzt werden als in Europa. Auch der bei [ÖKO-INSTITUT 2005] aufgeführte Treibstoffverbrauch ungarischer LKW von 65 l/100km, der im Vergleich zu den deutschen Werten sehr hoch ist, lässt darauf schließen, dass hier das Alter des Fahrzeugbestandes entsprechend Einfluss nimmt.

Schiff

Auch der Energieumsatz beim interkontinentalen Schifftransport ist neben Fahrzeuggröße und -auslastung von weiteren schwer bestimmaren Faktoren wie Witterungsbedingungen und Strömungen abhängig. Die Schwankungsbreite der Literaturwerte beruht auch darauf, dass diese auf unterschiedliche Schiffsbauformen bezogen werden. So kann der Energieumsatz eines Tankers bezogen auf tkm weit unter dem eines Stückgutfrachters oder Containerschiffs liegen. Je spezialisierter das Schiff jedoch ist, desto höher ist der Anteil leerer Rücktransporte. Bei Binnenschiffen wirkt zusätzlich noch die Flussströmung und die Anzahl der Schleusen auf den spezifischen Energieumsatz ein [BORKEN 1999]. [KNÖRR 2005] erfasst daher differenziert die Kategorien stromauf- und stromabwärts und berechnet die zugehörigen Leerfahrten entsprechend. Generell sind Schiffstransporte aber weniger energieintensiv als Überlandtransportformen [HOFFMANN 2001a, PRETTY 2005].

Die verwendeten Treibstoffe auf See sind Schifffahrtsbrennstoffe, die nach DIN ISO Normen spezifiziert werden. Diese unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer Viskosität und werden mit IFO (Intermediate Fuel Oil) abgekürzt. Die Binnenschifffahrt verwendet dagegen Leichtöl, da sie an höhere Auflagen für die Schadstoffemissionen gebunden ist.

Tab. 7: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO₂-Emission im See- und Binnenschifftransport [eigene Darstellung]

	Wert im Original	spezif. Umsatz		CO ₂ -Emission [g/tkm]
		[kJ/tkm]	[kWh/tkm]	
Seeschiff				
[BORKEN 1999]	5 g/tkm Öl Stückgutfrachter	204,8	0,0569	16
[ÖKO-INSTITUT 2005]	30.000 MJ/km für 300.000 t	100	0,0278	29,9
[KNÖRR 2005]	Identisch mit [BORKEN 1999]			
[FAIST 2000] ¹		100	0,0278	
[CARLSSON 1997]				
Binnenschiff				
[BORKEN 1999]	0,43 MJ/tkm	430	0,12	31,8
[ÖKO-INSTITUT 2005]	600 l/100 km bei 500 t	430	0,12	32,0
[KNÖRR 2005]	8,2 – 13,6 g/tkm	352,3–584,2	0,098 – 0,16	26,0 – 43,2

Bei Überseetransporten ist auch mit einzubeziehen, welche Güter welchen Energieumsatz verursachen (Allokation). Die in der Literatur dargestellten Werte beziehen sich auf nicht temperierte Transporte. Bei einem gemischten Transport, z.B. Gefriergut, gekühlte Güter und

¹ nach [FRISCHKNECHT 1994]

nicht temperierte Güter sind die einzelnen Energieumsätze schwerer zuzuordnen. Auf See werden die Kühlaggregate durch Hilfsmotoren versorgt [WILD 2003], so dass dieser Verbrauch dem gesamten Kühlgut bzw. der Kühlinfrastruktur zugerechnet werden kann. Die Literaturlauswertung des spezifischen Energieumsatzes der Kühlung wird entsprechend der Zuordnung zum Apfeltransport in Kapitel 3.2.2 genauer betrachtet.

Zug

Die Faktoren die den Energieumsatz des Zugtransportes beeinflussen, sind: Energieträger, Gewicht und Länge des Zuges, Fahrverhalten, Streckenprofil und Verhältnis von Ladung zum Leergewicht [KNÖRR 2005]. Außerdem gibt es neben dem Hauptlauf auch zusätzliche Energieumsätze durch Rangierfahrten, Leerfahrten und Übergabezüge. Züge haben den Vorteil, dass die Zugkapazität der Auslastung angepasst werden kann. Trotzdem liegt die Auslastung in Deutschland nur bei 40 % [BORKEN 1999]. Im europäischen Ladungsverkehr werden sowohl Diesel- als auch Elektroloks eingesetzt. Für die Effizienz beider Traktionsformen Strom und Diesel merkt [KNÖRR 2005] an, dass sie bezogen auf den Primärenergieeinsatz gleichwertig sind. Dadurch ermittelt er den Energieumsatz aus der Effizienz der Umwandlung von 37 %. Bezogen auf Endenergie ist dieses 90 % des Primärenergieumsatzes.

Die Berechnung des spezifischen Energieumsatzes für das Nettogewicht kann je nach Bezug auf das Bruttogewicht unterschiedliche Werte und besonders für voluminöse Güter mit geringer Gewichtsauslastung eine größere Schwankungsbreite ergeben. Die Werte, die für die Netto-Ladung von Schüttgütern ermittelt werden, liegen bei 0,11 kWh/tkm und der Durchschnitt ist ca. 0,14 kWh/tkm. Bei grenzüberschreitenden Transporten kommt bei der Auswertung der Elektrotraktion zusätzlich der länderspezifische Strommix hinzu. [KNÖRR 2005] berechnet hier aus dem europaweiten Durchschnitt der Energieträger und Effizienz der Stromproduktion einen Wert von 392 kJ/tkm Endenergie und eine CO₂-Emission von 16 g/tkm.

In Tab. 8 werden die in der Literatur dargestellten Daten zur Übersicht zusammengefasst.

Tab. 8: Literaturdaten für den Energieumsatz und die CO₂-Emission des Güterzugtransport, 1.000 t, hügelig [eigene Darstellung]

	Durchschnitt		Strom	Diesel	CO ₂ -Emission
	[kJ/tkm]	[kWh/tkm]	[kJ/tkm]	[kJ/tkm]	[g/tkm]
[BORKEN 1999]	256,4	0,0712	124,4	392,3	49,0
[KNÖRR 2005] D	263,8	0,0504 brutto 0,14 netto	153,7	373,8	15,5 nur Diesel
[KNÖRR 2005] EU	392	0,11			16
[ÖKO-INSTITUT 2005]	256,4 (gewichtet)	0,0712	210	326,7	27,4
[FAIST 2000] ¹	180	0,0500			

Nach der Ankunft am Hafen ist für den Transport der reine Straßentransport möglich oder es wird im kombinierten Verkehr Schiene/Wasser und Straße gefahren. Dieses hat zur Folge, dass nicht die direkte Strecke gefahren werden kann, da der Transport von Häfen und Güterbahnhöfen abhängig ist, aber auch energieeffizientere Transportmethoden genutzt werden können.

¹ nach [FRISCHKNECHT 1994]

5 Material und Methoden

5.1 Bilanzierungsziel

Ausgehend von der Fragestellung, ob die Größe der Betriebseinheit bzw. Durchsatzmenge und die Produktionssituation vor Ort energetisch bestimmende Faktoren sind und welchen Anteil die Transportwege haben, wird für diese Studie der direkte Energieumsatz der Betriebe und Transportwege ermittelt. Der direkte Energieumsatz ist nach [DIEPENBROCK 1995 S. 14] der Umsatz der „unmittelbar im Produktionsprozess zur Erzeugung nutzbarer Energie“ verwendet wird. Dieser wird als Endenergieumsatz über die Heizwerte der im Produktionsprozess eingesetzten Energieträger berechnet. In dieser Form der Berechnung wird ein großer Anteil von Umwandlungsverlusten, z.B. bei der Stromerzeugung nicht mit einbezogen. Bei der Berechnung des Primärenergieumsatzes werden die Verluste in der gesamten Vorkette mit eingerechnet. Als letzter Schritt wird die von den direkten Energieumsätzen bedingte CO₂-Emission berechnet.

5.2 Durchführung der Erhebung

Die Erhebung der Energieumsätze für die Prozessketten der Wein- und Apfelproduktion wird als qualitative Fallstudie mit einem Stichprobenumfang von min. 7 Betrieben durchgeführt. In dieser Studie wird der Teilbereich Anbau, Verarbeitung und Transport beleuchtet. Daher wird bei der Datenerhebung mit der Feldbearbeitung begonnen und mit Erreichung des POS abgeschlossen. Die Fallstudie wird für diese Studie als Methode ausgewählt, weil die Möglichkeit der Kombination verschiedenartiger Daten besteht. Neben den quantitativen Daten der Betriebe, werden auch beschreibende Daten in Erfahrung gebracht. Diese werden zwar nicht wie die Zahlen zu Produktionsmenge und Energieumsätzen ausgewertet, können aber bei auffälligen Ergebnissen Ursachen erklären helfen.

Bei der aktuellen Methodendiskussion wird auch darauf hingewiesen, dass qualitative Daten dafür genutzt werden können, statistische Phänomene zu erklären. Anders formuliert bedeutet dies, dass mit quantitativen Studien die Realität in Zahlen abgebildet und mit qualitativen Studien erklärt werden kann, warum sich die Zahlen so verhalten [KELLE 2001]. Wegen des hohen Aufwandes wird in der vorliegenden Studie davon abgesehen, zusätzlich eine quantitative Studie zur Bestätigung der Ergebnisse durchzuführen.

Eine qualitative Fallstudie bietet bei dieser Erhebung zusätzlich den Vorteil, dass anhand der Betrachtung von Einzelfällen eine Theoriebildung erfolgen kann. D.h. vor der Studiendurchführung muss keine Arbeitshypothese aufgestellt werden, die anhand der Befragung einer repräsentativen Stichprobe verifiziert oder falsifiziert wird. Daher kann eine qualitative Studie mit einer geringeren Stichprobe auskommen. Diese wird genutzt um eine Hypothese über den Untersuchungsgegenstand aufzustellen (gegenstands begründete Theoriebildung). Das bedeutet auch, dass die Studie nicht als linearer Prozess ablaufen kann, sondern schon mit den ersten Ergebnissen Vorannahmen getroffen werden müssen, die die Richtung des weiteren Studienverlaufs bestimmen [FLICK 2002]. Für diese Studie werden die Ergebnisse von [FLEISSNER 2001] als Vorannahmen verwendet und aufbauend auf der Theorie von „Ecology of Scale“ andere Regionen und Produkte betrachtet. Durch die Verwendung eines Fragebogens mit offenen und geschlossenen Fragen wird gewährleistet, dass die Interviewsituation ähnlich abläuft und die für die Auswertung notwendigen Daten vorliegen. Darüber hinaus werden Experteninterviews mit verschiedenen Fachleuten geführt.

Für die Erhebung bei den produzierenden Betrieben wird ein standardisierter Fragebogen verwendet, der den lokalen Gegebenheiten angepasst wird. Es werden sowohl quantitative als auch qualitative Daten der Betriebe abgefragt. Wichtig ist auch eine Beschreibung des Umfeldes, um spätere Unterschiede bei den Ergebnissen untersuchen zu können. Dieses wird zum Einen durch geschlossene Fragen, mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten und offenen Fragen gewährleistet. Um mit dem Fragebogen alle Energieumsätze und energiebestimmenden Maßnahmen erfassen zu können, werden vorab Interviews mit Fachleuten geführt und Fachliteratur zu Rate gezogen. Die Auswahl der Betriebe in Deutschland und Südafrika findet über persönliche Ansprache z.B. auf Messen, über persönliche Kontakte oder eine zufällige Auswahl statt. Hierbei ergibt sich eine natürliche Selektion durch die notwendige Bereitschaft, sich Zeit für die Beantwortung der Fragen zu nehmen. Die Betriebe werden soweit wie möglich persönlich befragt. Nur bei einem geringen Anteil der Betriebe wird die Befragung postalisch oder telefonisch durchgeführt. Die ungarischen Betriebe werden von der Partneruniversität (Szent-István Egyetem) in Gödöllő kontaktiert und befragt.

Der Bezugsrahmen der Erhebung ist der Energieumsatz beginnend mit dem Anbau (Grenze Plantage) und endet mit der Ankunft im Handel in Giessen (POS). Die Grenzen sind das

Betriebsgelände, so dass alle Energieumsätze für die direkte Produktion, aber nicht für Hilfsstoffe, die außerhalb produziert werden, eingehen. Der Bezugszeitraum ist ein Jahr, wobei sich hier teilweise das Problem ergibt, dass das Abrechnungsjahr der Energiedaten nicht dem Wirtschaftsjahr der Betriebe entspricht. Dieses geht von 1. September bis 31. August. Der Energieumsatz wird der entsprechenden Erntemenge des Jahres zugerechnet, wobei die Zuordnung im Ermessen der Interviewpartner liegt. Nebenprodukte fallen bei den befragten Betrieben nur selten und wenn, dann in geringen Mengen an und werden daher nicht gesondert betrachtet. Wenn nach der Ernte Produkte verkauft oder große Anteile zugekauft werden, werden diese mit einberechnet.

Danach wird der Transportweg der Produkte bis zum POS (Giessen) verfolgt. Durch persönliche Befragung von Vertriebsorganisationen, Reedereien und durchführenden Speditionen wird der übliche Weg ermittelt und Fahrzeugverbräuche sowie zusätzliche Leerfahrten für das Produkt in Erfahrung gebracht. Für den Transport mit dem Zug von Antwerpen nach Frankfurt wird wegen der schwierigen Allokation bei Zugtransporten der Literaturwert verwendet. Bei der gesamten Transportkette fallen Umsätze durch Umladungen an. Diese haben bezogen auf den Endenergieumsatz der Transporte selber nur einen geringfügigen Anteil und werden in dieser Untersuchung nicht mit einbezogen.

Der Untersuchungsrahmen stellt sich im Überblick wie folgt dar:

- Funktionelle Einheit:* 1 t Äpfel / 1 hl Wein (Flasche oder lose),
Transport funktionelle Einheit über 1 km
- Bilanzzeit:* Die Daten stammen aus den Jahren 2002 bis 2006, es wird jeweils der Zeitraum von einem Jahr ausgewertet.
- Datenqualität:* Gut, nur für nicht vorhandene Daten wird ein Schätzwert verwendet, der aus den regionalen Bedingungen oder der Literatur hergeleitet wird.
- Systemgrenze:* Beginnend mit der Bearbeitung auf dem Feld, bis Ankunft der Ware im Handel (POS).

Einschränkungen: Anbau, Herstellung und Verwendung von Nebenprodukten werden nicht betrachtet.

5.3 Auswertung der Daten

Die Daten werden anhand der üblichen in der Literatur verwendeten thermodynamischen Kennzahlen ausgewertet. Diese werden in Tab. 9 genauer dargestellt.

Für die Berechnung der Energieumsätze werden die unteren Heizwerte (H_u) aus den Umrechnungstabellen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen verwendet. Die in dieser Studie verwendeten Werte werden auf ganze Zahlen gerundet [BMWI 2006].

Tab. 9: Thermodynamische Kenndaten verwendeter Energieträger [BMWI 2006]

Brennstoff	spezif. Heizwert h_u [kJ/kg]	Dichte ρ [kg/l]	für Berechnung verwendeter Heizwert H_u	
			[kWh/kg]	[kWh/l]
Benzin	43.543	0,75	12	9
Diesel/MDO	42.960	0,84	12	10
Flüssiggas (Propan)	46.330	1,87	13	24
Erdgas [m ³]	31.736			10
Heizöl leicht	42.733	0,86	11	10
Schiffskraftstoff IFO 180 ¹	42.800	0,99	12	
Flugturbinenkraftstoff	43.000	0,74-0,84	11	10

¹ EMO Oil Datenblatt IFO 180 [EMO OIL 2006].

5.3.1 Betriebsdaten Wein

Der Energieumsatz der weinbereitenden Betriebe kann in zwei Abschnitte geteilt werden. Zur agrarischen Phase (Anbau) gehören alle Anbaumaßnahmen und die Erntetransporte bis zur Erreichung des Betriebsgeländes. Hierfür wird der Endenergieumsatz der agrarischen Maschinen berechnet und auf die Erntemenge bezogen. Transporter, die nur zum geringen Teil für den Vertrieb verwendet werden, werden mit dem halben Umsatz dem Anbau zugerechnet. Die funktionelle Einheit bei der Weinproduktion ist ein hl Wein, der produziert wird. Dieser Wein kann als Flasche, Fass oder andere Abfülleinheit in den Handel gehen. Wenn in diesem Bereich andere Energiequellen verwendet werden, wird mit diesen entsprechend verfahren. Daher gilt für den spezifischen Endenergieumsatz des Anbaus:

$$E_A = (h_u * V_{TA} * \rho) / V_W \quad \text{(Gleichung 1)}$$

E_A [kWh/hl]	= spezifischer Endenergieumsatz Anbau
V_{TA} [m ³]	= Treibstoffverbrauch Anbau
h_u [kWh/kg]	= spezifischer unterer Heizwert
ρ [kg/m ³]	= Dichte des Treibstoffs
V_W [hl]	= Volumen Erntemenge Wein

Die betriebliche Phase (Verarbeitung) beginnt mit der Anlieferung der Trauben und umfasst somit den gesamten Endenergieumsatz des Betriebes und den Treibstoffverbrauch für betriebliche Fahrten. Der spezifische Endenergieumsatz der Verarbeitung wird wie folgt berechnet:

$$E_V = (W_{el} + h_u * V_{TV} * \rho + h_u * V_{gas}) / V_W \quad \text{(Gleichung 2)}$$

E_V [kWh/hl]	= spezifischer Endenergieumsatz Verarbeitung
W_{el} [kWh]	= Endenergieumsatz Strom
h_u [kWh/kg] [kWh/m ³]	= spezifischer unterer Heizwert
ρ [kg/m ³]	= Dichte des Treibstoffs
V_{TV} [l]	= Treibstoffverbrauch Verarbeitung
V_{gas} [l][m ³]	= Verbrauch Gas (Erdgas oder Flüssiggas)

V_W [hl] = Volumen Verarbeitungsmenge Wein

Für die Auswertung des Gesamtbetriebes gilt:

$$E_B = E_A + E_V \quad \text{(Gleichung 3)}$$

Die Befragung findet in den Jahren 2003 und 2004 statt. Es werden dabei Daten der Jahre 2000 bis 2004 gesammelt. In Deutschland werden insgesamt 30 Betriebe persönlich interviewt, von denen 10 die Daten für mehrere Jahre bereitstellen. 26 der 30 Betriebe können vollständig und die restlichen 4 wegen fehlender oder unschlüssiger Daten gar nicht oder nur teilweise ausgewertet werden. Vor der Auswertung wird festgestellt, dass bei einem Betrieb der verbrauchte Strom über die Pachtzahlung abgerechnet wird (M-10) und ein anderer den monetären Gesamtbetrag von Gas und Wasserverbrauch zusammen angibt (W-4). Bei diesen Betrieben wird der Treibstoffverbrauch des Anbaus und Vertriebs für die Auswertung verwendet. Ein Betrieb (B-1) liefert nur eine Liste seiner Fahrzeuge ohne den Treibstoffverbrauch, eine Winzergenossenschaft (B-7) gibt weder Strom- noch Treibstoffverbrauch an. Diese Betriebe werden vollständig aus der Auswertung rausgenommen. Bei der Auswertung werden die Daten auf ihre Schlüssigkeit überprüft und bei Auffälligkeiten telefonisch nachgefragt. Bei einem Betrieb werden dadurch Werte korrigiert, die in einer falschen Einheit angegeben sind. Wenn die Daten trotzdem nicht bereitgestellt werden können, werden die später beschriebenen Abschätzungen verwendet. Energieumsätze, die durch die Vergabe einzelner Arbeiten an Dienstleister entstehen, werden in der Auswertung nicht erfasst. Dieses sind z.B. die Flaschenreinigung, die Abfüllung im Lohnverfahren und die Versektung bei spezialisierten Betrieben. Dieses kann, wie es bei der Abfüllung der Fall ist, auch auf dem Gelände des Betriebes stattfinden. Eine Ausnahme ist der flächendeckende Einsatz von Helikoptern in der Region Mosel, der den Energieumsätzen zugerechnet wird.

Die 10 interviewten südafrikanischen Betriebe können, bis auf einen, vollständig ausgewertet werden. Der Betrieb SAW-9 stellt auch nach mehrmaliger Nachfrage keine Energiedaten für den Betrieb zur Verfügung und kann deshalb nicht verwendet werden. Es ist aber möglich, anhand der vorhandenen Daten den Weg des Weins nach Deutschland zu berechnen. Der Betrieb SAW-10 wird nur nach seinem Transport befragt und dementsprechend ausgewertet.

Ein Betrieb (SAW-8) füllt auch für andere Winzer ab. Hier liegen die genauen Daten der Abfüllung vor, so dass eine Allokation möglich ist.

Für Ungarn liegen Daten von 14 Betrieben vor, die alle für die Auswertung verwendet werden. Um eine korrekte Zuteilung der Treibstoffverbrauchswerte vornehmen zu können, werden bei sechs Betrieben (HU-6, HU-7, HU-8, HU-9, HU-12, HU-13) die Daten für die Transporte der Trauben nach der Ernte abgeschätzt, da die Betriebe hierzu keine Angaben machen können. Dafür wird anhand der Erntemenge, den angegebenen Distanzen und Fahrzeugen bzw. Kapazitäten der Treibstoffverbrauch für den Transport abgeschätzt. Wenn für Schlepper kein Wert vorliegt, wird für diesen 30 l/100km angenommen [PITLIK 2004]. Der Betrieb HU-3 hat eine zentrale externe Abfüllung. Der Wein mehrerer Weinkeller wird zentral in Budapest abgefüllt, gelagert und vertrieben. Der Energieumsatz des Transportes und der Abfüllung der entsprechenden Flaschemenge wird der Verarbeitung zugerechnet. Bei allen Betrieben werden Fahrten, die weder Vertrieb noch Anbau sind, der Verarbeitung zugerechnet. Bei den ungarischen Betrieben ist es häufig vorzufinden, dass Trauben und fertiger Wein vollständig (HU-3, HU-4, HU-13) oder teilweise (HU-1, HU-5, HU-8, HU-9, HU-12) zugekauft wird. Für diese Betriebe liegen kein Energiedaten für den Anbau und Anlieferung vor und sie werden nicht mit eingerechnet. Der Vertrieb wird teilweise von den Betrieben auch über längere Strecken selber durchgeführt. Bei der Verwendung von Helikoptern, werden die deutschen Daten verwendet.

Abschätzungen bei der Weinproduktion

Bei der Erhebung der Daten von kleinen Privatbetrieben können häufig private und gewerbliche Bereiche nicht getrennt werden, weil bei diesen Betrieben Produktion, Gastronomie und Haushalte über einen Zähler abgerechnet werden. Um Haushalt und Gastronomie von der Produktion zu trennen, wird der Haushalt als bundesdeutscher Durchschnitt definiert und makrostatistische Daten des Energieumsatzes von Privathaushalten verwendet. Diese Korrektur wird in dieser Form durchgeführt, um subjektiv gefärbte Abschätzungen zu vermeiden und als objektiv einzustufende Kennzahlen zu verwenden. Diese werden dem [VDEW 1998] Datenkatalog für verschiedene Haushaltsgrößen entnommen und von der Gesamtmenge subtrahiert. Der durchschnittliche Pro-Kopf Stromverbrauch für die einzelnen Haushaltsgrößen ist: 4 Personen = 1.070 kWh/p.P., 3 Personen = 1.250 kWh/p.P., 2 Personen = 1.465 kWh/p.P., 1 Person = 1.730 kWh/p.P.

Wenn keine Angaben zur Personenzahl vorliegen, wird ein 2 Personen Haushalt angenommen, der dem bundesdeutschen Durchschnitt entspricht [DESTATIS 2003]. Der Umsatz bei der Beheizung ist schwieriger zu berechnen, da hier die Qualität der Isolierung, Alter der Heizanlage usw. eine wichtige Rolle spielt. Die Entwicklung des durchschnittlichen Heizenergiebedarfs von Gebäuden zeigt eine Schwankungsbreite von 170 kWh/(m²*a). Für Baujahre vor 1958 wird ein Bedarf von ca. 240 kWh/(m²*a) angegeben, der bis 2002 auf 70 kWh/(m²*a) abnimmt. Hier wird zur Berechnung ein Heizölbedarf von durchschnittlich 15 l/(m²*a) also 150 kWh/(m²*a) verwendet [TILLMANN 2005]. Wenn keine Angaben zur Wohnraumfläche vorliegen, wird die durchschnittliche Wohnraumfläche von Deutschland (90 m²) als Wert eingesetzt [DESTATIS 2003].

In Einzelfällen kommt es vor, dass für die Stromverbräuche nur Geldbeträge vorliegen. In diesem Fall wird, wenn möglich, eine Rechnung eines weiteren Interviewpartners aus der Region für die Auswertung verwendet (Mosel Leistungspreis 1 kWh = 0,11ct, Arbeitspreis enthalten). Auch bei fehlenden Daten zu den spezifischen Treibstoffverbräuchen [l/h oder l/100 km] werden die Werte anhand regionaler Vergleiche abgeschätzt. Wenn keine Ertragsmengen vorliegen, wird die Abfüllmenge verwendet.

Durch die Möglichkeit, Wein länger zu lagern und bei Bedarf abzufüllen, kann die Erfassung des Energieumsatzes für die erhobene Erntemenge erschwert werden, wenn im berechneten Jahr Wein vom Vorjahr abgefüllt oder Wein dieser Ernte bis zur nächsten Saison gelagert wird. Für die gelagerte Menge findet keine Allokation des Energieumsatzes statt, weil der Hauptanteil des Energieumsatzes direkt nach der Ernte stattfindet und der Energieumsatz des Lagers als konstant angenommen wird. Bei einem Verkauf oder Zukauf von Trauben werden die Durchsatzmengen für Anbau und Verarbeitung getrennt berechnet. Hierfür werden, sofern keine anderweitigen Informationen vorliegen, die Treibstoffumsätze dem agrarischen Teil und die weiteren Energieumsätze dem betrieblichen Abschnitt zugeordnet.

In manchen deutschen Regionen werden die Steillagen auch mit Helikoptern bearbeitet. Diese Flüge werden häufig von agrarischen Genossenschaften organisiert. Der durchschnittliche Zeitbedarf pro Hektar beträgt 6 min und der in dieser Studie verwendete Helikopter Hughes 500 hat einen Treibstoffumsatz von 120 – 150 l/h [BÄCKER 2006]. Mit den in Tab. 9 angegebenen Heizwerten ergibt sich dadurch ein Energieumsatz von 135 kWh/ha, der für diese Studie verwendet wird.

5.3.2 Betriebsdaten Apfel

Bei der Auswertung der Apfelbetriebe wird vorab festgelegt, dass die relevanten Module, die genauer betrachtet werden sollen der Anbau (inkl. restliche Umsätze des Hofes) und die Lagerung sind. Dementsprechend werden die Endenergieumsätze des gesamten Hofes ohne Lager zusammengefasst und auf die gesamte Erntemenge bezogen. Die Gleichung für die Berechnung des spezifischen Endenergieumsatzes des Anbaus ist:

$$E_A = (W_{el} + h_u * V_{TA} * \rho + h_u * V_{gas}) / M_A \quad \text{(Gleichung 4)}$$

E_A [kWh/t]	= spezifischer Endenergieumsatz Anbau
W_{el} [kWh]	= Endenergieumsatz Strom (ohne Lager)
h_u [kWh/kg] [kWh/m ³]	= spezifischer unterer Heizwert
ρ [kg/m ³]	= Dichte des Treibstoffs
V_{TA} [l]	= Treibstoffverbrauch Anbau
V_{gas} [l] [m ³]	= Verbrauch Gas (Erdgas oder Flüssiggas)
M_A [t]	= Erntemenge Äpfel

Der Energieumsatz des Lagers kann dagegen nur für die mögliche max. Lagermenge aller Früchte betrachtet werden. Der ausschließliche Energieträger, der bei den untersuchten Betrieben für die Kühlung verwendet wird, ist Strom. Es wird angenommen, dass zu Beginn der Nutzung das Lager voll ausgelastet ist und eine gleichmäßige Entnahme stattfindet. Daher gilt für den spezifischen Endenergieumsatz des Lagers:

$$E_L = W_{el} / M_L \quad \text{(Gleichung 5)}$$

E_L [kWh/t]	= spezifischer Endenergieumsatz Lager
W_{el} [kWh]	= Endenergieumsatz Strom des Lagers
M_L [t]	= Lagerkapazität/-menge

Für den gesamten Betrieb gilt:

$$E_B = (W_{el} + h_u * V_T * \rho + h_u * V_{gas}) / M_A \quad \text{(Gleichung 6)}$$

E_B [kWh/t]	= spezifischer Endenergieumsatz gesamter Betrieb
W_{el} [kWh]	= Endenergieumsatz Strom gesamt
h_u [kWh/kg] [kWh/m ³]	= spezifischer unterer Heizwert
ρ [kg/m ³]	= Dichte des Treibstoffs
V_{TB} [l]	= Treibstoffverbrauch gesamter Betrieb
V_{gas} [l] [m ³]	= Verbrauch Gas (Erdgas oder Flüssiggas)
M_A [t]	= Erntemenge Äpfel

Es liegen die Daten von 7 Betrieben aus der Bodensee Region vollständig vor. Ein weiterer befragter Betrieb stellt auch nach mehrmaliger Nachfrage keine Energiedaten zur Verfügung und kann deshalb nicht ausgewertet werden. Die Betriebe bauen z.T. auch weitere Baumobstsorten an, die von dem Apfelanbau getrennt dokumentiert werden. Für den Energieumsatz der Lagerung liegen bei den deutschen Betrieben detaillierte Werte vor, wenn diese auf dem Betriebsgelände stattfindet. Wenn die Lagerkapazitäten der Betriebe auch für Fremdware oder andere Früchte genutzt werden, wird der Anteil der Fremdware von dem Gesamtendenergieumsatz abgezogen. Die Durchführung der Apfellagerung findet häufig auch bei Kooperativen und Großmärkten statt. Dann wird der Energieumsatz des Lagers nicht mit in den gesamten Betriebesumsatz eingerechnet. Ein kleiner Teil der Ernte, hauptsächlich die Äpfel der Güteklasse III, wird auf dem Gelände oder extern zu Saft oder Schnaps verarbeitet. Diese Umsätze werden nicht gesondert erfasst und bei der Auswertung beim Gesamtenergieumsatz mit eingerechnet. Die Ausnahme ist ein Betrieb, der den Ölverbrauch spezifisch für die Schnapsbrennerei angibt. Der Privatbereich, Gastronomie oder Fremdenzimmer werden bei allen Betrieben getrennt dokumentiert oder können von den Interviewpartnern ausreichend abgeschätzt werden, daher liegen für die Auswertung reine Betriebsumsätze vor.

Für die Lagerung im Umschlaglager können die Daten eines Obst- und Gemüsegroßhandels aus Frankfurt verwendet werden. Es liegen Daten zum Stromverbrauch des Lagers vor [GRUNDHÖFER 2003]. Das Kühllager umfasst 4.000 m² und die Ware wird nach 1-4 Tagen weitervertrieben. Die vorliegende Stromrechnung für den Monat Dezember gibt einen Verbrauch von 16.288 kWh an. Für die Sommermonate wird ein Rechnungsbetrag von ca. 8.000 € pro Monat angegeben, der mit den Tarifen der vorliegenden Rechnung einen

Verbrauch von ca. 85.000 kWh ergibt. Das Ergebnis wird anhand der Palettengrößen der Euro (0,96 m²) und Standard (1,2 m²) und einer Masse von 850 kg auf der Palette berechnet.

In Südafrika wird ein Betrieb interviewt und von der Produzentengenossenschaft DFPT werden Daten zur Verfügung gestellt. Der südafrikanische Betrieb baut neben Äpfel auch eine geringe Menge Birnen an, die bei der Lagerhaltung mit einberechnet werden. Die Früchte werden direkt nach der Ernte in Großbehältern mit 360 kg Inhalt eingelagert. Die gesamte Lagerkapazität ist 24.700 t und davon ca. 43 % CA. Die üblichen Gebindegrößen sind Kartons mit 12,5 und 18,25 kg. Geringe Mengen werden in Großbehältern verkauft. Insgesamt werden 27.173,365 t Äpfel und Birnen auf dem Gelände und davon ca. 2.000 t für andere Farmen abgepackt. Für die Organisation der Abholung und des Schiffstransportes sind die Exportfirmen verantwortlich. Weil von der Seite des Betriebes her keine Allokation möglich ist und nur eine geringe Anzahl weiterer Stromverwender auf dem Gelände existieren, wird der Energieumsatz des Lagers als Gesamtstromumsatz eingesetzt. Die Auftrennung von Anbau und Lagerung wird für die Zuordnung der Energieumsätze zu den Produktströmen notwendig, weil hier auch ein Teil fremder Ernten aufgekauft und Fremdware eingelagert wird. Für diese Auswertung wird der Treibstoffverbrauch der eigenen Ernte und der Stromverbrauch der insgesamt eingelagerten Obstmenge zugeordnet. Die aufgekauften Äpfel werden ab der Lagerung dem gesamten Betriebsumsatz zugerechnet.

Die Daten des DFPT liegen als Treibstoff und Stromverbrauch für 1 ha Anbaufläche vor und werden dementsprechend berechnet. Für den Stromverbrauch werden zum Einen die spezifischen Umsätze für die Bewässerung erfasst und in der Gesamtstatistik ein weiterer Wert ohne weitere Spezifizierung angegeben. Dieser wird als Verbrauch weiterer Energieverwender dem Betrieb zugerechnet. Als durchschnittlicher Ertrag wird 70 t/ha angegeben.

5.3.3 Auswertung Transport

Die Formel zur Berechnung des Endenergieumsatzes des Binnen-Transportes Wein und Äpfel ist:

$$E_T = (h_u * V_{TT} * \rho) / V_W \quad \text{(Gleichung 7)}$$

$$E_T = E_K + (h_u * V_{TT} * \rho) / M_A$$

E_T [kWh/hl oder kWh/t]	= Endenergieumsatz Transport
h_u [kWh/kg]	= spezifischer unterer Heizwert
V_{TR} [m ³]	= Gesamtverbrauch Treibstoff Transport
ρ [kg/m ³]	= Dichte des Treibstoffs
V_W [hl]	= transportiertes Volumen Wein
M_A [t]	= transportierte Masse Äpfel
E_K [kWh]	= Endenergieumsatz Kühlung (siehe Gleichung 10)

Um die Effizienz der Transporte vergleichbar zu machen, werden diese auf den spezifischen E_T in der Einheit [kWh/(hl*km)] beim Wein bzw. [kWh/tkm] beim Apfel umgerechnet. Hierbei ist zu beachten, dass als Faktor für den Treibstoffverbrauch V_{TR} die tatsächlich gefahrene und für den spezifischen E_T die direkte Strecke zum Ziel s_{dir} verwendet wird. Dies beruht auf der Situation, dass bei der Verwendung der realen Strecke weite Wege, Leerfahrten und Umwege den spezifischen E_T reduzieren, d.h. unnütze Wege sozusagen „belohnt“ werden.

Für die Berechnung des spezifischen Endenergieumsatzes gilt also:

$$\text{spezif. } E_T = E_T / s_{dir} \quad \text{(Gleichung 8)}$$

s_{dir} [km] = direkte Strecke zum Ziel, nur Hinweg

Transporte Wein

Für die Auswertung der Weintransporte in Deutschland werden eine Spedition, eine Einzelhandelskette und unterschiedliche Importeure befragt. Die befragten Unternehmen sind für die Organisation und Durchführung der Distribution deutscher und importierter Weine zuständig. Die Transportformen, die beim Binnentransport vorzufinden sind, sind zum Einen LKW oder Sattelschlepper mit Auflieger, die für die einzelnen Transporte mit Paletten oder Stückgut beladen und entlang der Transportkette umgeladen werden. Die andere Form ist die Containerladung, die von Beginn des Weges an bis zur Ausladung als eine Einheit belassen und nur zwischen entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen (Binnenschiff, Zug, Sattelschlepper) umgeladen wird.

Die Fahrwege und Fahrzeugverwendung unterscheiden sich je nach Distributionsstufe. Die Belieferung von Einzelhandelsfilialen als letzte Distributionsstufe wird bei der Spedition mit kleineren Fahrzeugen durchgeführt, wogegen die Einzelhandelskette diese mit größeren LKW (Zuladung 18,5 t) und mehr Anfahrtpunkten organisiert. Der Transport zwischen den Zentrallägern wird generell mit größeren Fahrzeugen durchgeführt. Die Beladung der LKW entspricht bei dem Einsatz für Einzelhandelsketten dem üblichen Sortiment der Supermärkte oder bei der Spedition den Transportgütern der einzelnen Kunden. Da hier ein Allokationsproblem auftritt, wird zur Vereinfachung der Kalkulation eine reine Beladung mit Wein entsprechend der übliche Auslastung als Grundlage genommen. Die Annahme hierfür ist, dass beispielweise der Energieumsatz für 10 Fahrten mit einem Anteil Wein von 10 % einem zu 100 % mit Wein beladenen LKW entspricht. Die Auslastung der Fahrzeuge kann mit der Transportsituation variieren. Von den befragten Unternehmen werden durchschnittliche Auslastungsgrade angegeben, die als Standard für alle untersuchten Transporte verwendet werden. So arbeitet die befragte Spedition mit einer Auslastung von 80 % [GROSCH 2005], der Importeur nennt eine Auslastung von 85 % [DILL 2005] und die Einzelhandelskette von 95 - 100 % [PELGER 2005].

Von Ungarn nach Deutschland werden die Flaschen bei dem befragten Unternehmen (HU-4) über das Lager in Bingen mit einer Spedition transportiert [FELTES 2004]. Der auszuwertende Weg ist ausgehend von Betrieb HU-4 über das Lager in Bingen zurück nach Giessen (POS). Für die restlichen Betriebe wird die direkte Transportstrecke von den befragten Weingütern zum POS verwendet. Weil als letzter Abschnitt des Transportes die Auslieferung über die Einzelhandelskette bzw. dem Großhändler auch für diesen Wein wahrscheinlich ist, werden die entsprechenden Werte hinzuaddiert. Hierbei wird für HU-4 der Weg DS-4 und DS-5 über das Großhandelslager in Oestrich-Winkel und für den direkten Weg HU_{dir} DS-3 und DS-4 die Fahrten über die Einzelhandelskette in Dietzenbach verwendet. Wegen des geringen Anteils an der Gesamtstrecke und der Annahme, dass dadurch nur ein geringer Umweg notwendig wird, wird die Strecke über Oestrich-Winkel und Dietzenbach nicht separat berechnet. Es wird also von der durchschnittlichen Strecke nach Giessen ausgegangen. Für die Berechnung der Treibstoffverbräuche werden zwei Werte gegenübergestellt. Zum Einen werden die Daten der deutschen Spedition (35 l/100km, 22 t MNL, 80 % Auslastung) ohne Rückfahrt verwendet (-A). Zusätzlich wird der Gesamtumsatz mit dem in der [ÖKO-INSTITUT 2005] Datenbank angegebenen Verbrauch ungarischer

LKW von 65 l/100km, 20 t MNL bei der gleichen Streckenführung und Auslastung berechnet (-B). Da für die untersuchte Strecke keine Spezifizierung von LKW Typen und Alter vorliegt, wird für die Mittelwertbildung eine Verteilung von 1:1 angenommen.

In Südafrika werden unterschiedliche Speditionen befragt, die den Weintransport zum Hafen durchführen. Zusätzlich werden zwei auf den Weinexport spezialisierte Firmen interviewt, um eine Beschreibung der gesamten Kette zu erhalten. Für die Auswertung werden die Betriebe SAW-1 bis SAW-9 zusammengefasst, weil die Transporte in der gleichen Weise durchgeführt werden. Die Abholung bei den Weinkellern erfolgt teilweise als Rundtour. Dieses hat zur Folge, dass die Wege und Auslastungen nicht einzeln nachvollziehbar sind und häufig wechseln. Der Rückweg findet laut Spedition mit anderer Beladung statt. Um die Situation der Rundtour abzubilden, wird der direkte Weg mit 75 % Auslastung berechnet. Die Transportenergie wird als Durchschnittswert aus drei gängigen Transportformen berechnet:

1. Kleinlaster mit 8 Palettenplätzen, Dieserverbrauch: ca. 26 l/100km;
2. Großlaster mit 36 Palettenplätzen, Dieserverbrauch: 50 l/100km;
3. TEU-Container mit 10 Palettenplätzen, Dieserverbrauch: 54 l/100km.

Der Betrieb SAW-10 wird als Sonderform der Beladung ausgewertet. Er belädt den Container ohne Paletten per Hand. Dadurch ergibt sich ein Packvolumen von 13.200 Flaschen in 6er Kartons. Das Ladevolumen (V_w) und Ladegewicht wird dementsprechend nur für die Flaschenanzahl ohne Paletten berechnet:

- TEU Container 2.200 Kartons à 6 Flaschen, Verbrauch: 54 l/100km.

Als erste Stufe des Transportes südafrikanischer Weine wird der Transport von den befragten Betrieben zum Hafen berechnet und der arithmetische Mittelwert der Betriebe SAW-1 bis SAW-9 gebildet. Der Transport von SAW-10 wird extra berechnet und als Ergebnis dargestellt, weil diese Form der Beladung ohne Paletten als Ausnahme zu sehen ist und von den anderen Unternehmen nicht verwendet wird. Die nächste Stufe ist der Seetransport, der in einem späteren Abschnitt genauer dargestellt wird. Danach findet der nächste Landtransport vom Hafen zum POS statt. Ab den europäischen Seehäfen ergeben sich mehrere Möglichkeiten für diesen. Beim befragten Importeur mit Sitz in Mainz wird für den Transport ab Antwerpen neben dem Straßentransport auch der Binnenschiff- und Schienentransport

genutzt. Alle drei Transportformen haben als erstes Ziel das Lager des Importeurs in Mainz. Der Straßentransport (AW-MZ-A) wird mit den Daten des 40 t LKW (35 l/100km, 22 t MNL, 80 % Auslastung) berechnet. Die Strecke ab Antwerpen beträgt für den direkten Straßentransport 376 km. Für die Berechnung des Schienentransportes wird der Datensatz von [KNÖRR 2005] genutzt. Dieser gibt für den Schienentransport mit elektr. Traktion im Durchschnitt einen Energieumsatz von 0,14 kWh/tkm bezogen auf das Nettogewicht an. Der Zugtransport (AW-MZ-B) geht bis Frankfurt und ist 448 km lang. Die 20 km bis zum Lager in Mainz werden mit dem spezifischen Umsatz der Transporte DS-1 bis DS-6 berechnet. Der Rückweg findet leer statt und wird deshalb dem Wein zugerechnet.

Für den Binnenschifftransport (AW-MZ-C) werden die Daten des Containerschiffs [JOLINE 2005] verwendet, das den in Container geladenen Wein von Antwerpen zum Hafen in Mainz transportiert. Das Binnenschiff fährt die 540 km stromauf in 50 h mit einem Treibstoffverbrauch (MDO) von 200 l/h. Die Beladungskapazität ist 204 TEU, die reale Beladung ist aus organisatorischen Gründen allerdings immer 166 TEU. Als Beladung eines TEU wird die für südafrikanische Weine berechnete Ladungsmenge verwendet. Der Rückweg wird beladen durchgeführt und deshalb nicht dem Wein zugerechnet. Zwischen dem Hafen und dem Lager in Mainz wird der Wein 10 km transportiert. Für die Berechnung wird der spezifische E_T von DS-1 bis DS-6 verwendet und wegen der leeren Anfahrt beide Wege dem Wein zugerechnet. Der weitere Transport ab dem Umschlagslager in Mainz entspricht den Fahrten DW-A und DW-B, die für die deutsche Distribution (Tab. 13) berechnet werden.

Als Ergebnis werden die drei unterschiedlichen Transportformen ab Antwerpen (AW-MZ-A/AW-MZ-B/AW-MZ-C + DW-A/DW-B) und die Anfahrt ab Bremerhaven über das Zentrallager der Spedition dargestellt. Dieser wird mit den Daten des 40 t LKW und dem spezifischen Umsatz der Transporte DS-1 bis DS-6 berechnet. Die Strecke über das Lager der Spedition in Oldenburg beträgt 455 km. Weil keine Informationen zu anderen Verteilerzentren vorliegen wird ab Oldenburg der direkte Weg nach Giessen berechnet.

Berechnung der Ladungsmenge V_W

Die Angabe der Weinmenge in Flaschen, z. B. bei der LKW-Beladung, wird in Hektoliter im Verhältnis von 1:1 (50 l in 1,0 l Flaschen und 50 l in 0,75 l Flaschen) umgerechnet. Dieses entspricht den Anteilen der verkauften Flaschengrößen von deutschen Weinen [DWI 2006a

Abb. 13]. Daraus ergibt sich eine Anzahl von 117 Flaschen für 1 hl Wein. Ausnahme sind Importe aus Südafrika, die immer in 0,75 l Flaschen abgefüllt sind. Dadurch ergibt sich für einen hl eine Flaschenanzahl von 133 Stück. Die Anzahl der Flaschen auf den Paletten liegt in Deutschland zwischen 540 und 660 Stück, was einem Mittelwert von 600 entspricht. Dieser Wert wird für alle Transporte innerhalb Deutschlands und den Importen aus Ungarn verwendet. In Südafrika findet die Beladung der Paletten mit 670 Flaschen statt.

Für die Umrechnung von 1 hl abgefüllten Wein in 1 t transportierte Flaschen werden folgende Annahmen getroffen:

- die Masse der Flasche ist $0,5 \text{ kg}^1 \rightarrow 0,75 \text{ l Wein haben eine Gesamtmasse von } 1,25 \text{ kg}$ und $1,0 \text{ l haben eine Gesamtmasse von } 1,5 \text{ kg}$.
- Auf eine Palette werden generell 90 – 110 Kartons á 6 Flaschen gestapelt $\rightarrow 540 - 660$ Flaschen pro Palette.
- Die Masse der Palette selbst ist 24 kg [UBA 2000] und des Kartons $0,2 \text{ kg}^2$.

Dieses ergibt im Durchschnitt eine Masse der beladenen Palette von 870 kg (ohne Befestigung). Auf der Palette sind durchschnittlich 5,1 hl ($600 \text{ Fl} : 117 \text{ Fl/hl}$) d.h. für 1 hl Wein wird eine Masse (M_{WV}) von 0,170 t bewegt bzw. 1 t entspricht 5,9 hl.

Bei den Transporten für die Einzelhandelskette wird die Flaschenanzahl auf den Paletten verringert und bei der Umladung werden nur noch 72 Kartons á 6 Flaschen (= 432 Fl) auf eine Palette geladen. Die Masse der Weinpalette reduziert sich hier auf 632 kg und 3,7 hl. Es werden auch hier für 1 hl Wein insgesamt 0,171 t (M_{WV}) transportiert. Für die Berechnung der maximalen Lademenge Wein in Deutschland ist wichtig, dass die Zuladung von der Masse limitiert wird, d.h. ein typischer 40 t mit einer MNL von 22 t kann ausgehend von dieser Rechnung ca. 130 hl ($22 \text{ t} * 5,9 \text{ hl/t}$) transportieren. Er kann also maximal 24 Paletten mit 600 Flaschen transportieren oder die 36 Palettenplätze voll ausnutzen, wenn wie bei der Einzelhandelskette die Flaschenanzahl der Palette reduziert wird. Für die südafrikanischen

¹ Eigene Wägung von drei handelsüblichen Flaschen mit Haushaltswaage.

² Eigene Wägung von einem handelsüblichen Karton mit Haushaltswaage.

Transporte werden von den Speditionen die max. Kapazität in Paletten angegeben, ausgehend von einer Gesamtpalettenmasse von 1 t.

Für die MNL wird dementsprechend die angegebene Palettenkapazität eingesetzt. Die Lademenge wird wie folgt ermittelt:

- Die übliche Lademenge auf eine Palette sind 670 (56*12) 0,75 l Flaschen.
- Ausgehend von der oben genannten Masse sind dieses 873 kg pro Palette mit 5,0 hl Wein.

Für südafrikanischen Wein ergibt sich also für M_{WV} 0,175 t/hl ein dem deutschen ähnlicher Wert. Die Beladung eines TEU Containers ist im Durchschnitt 10 Paletten und so ergibt sich eine Lademenge von 50 hl/TEU. Der Betrieb SAW-10 belädt den TEU ohne Paletten per Hand:

- Dadurch ergibt sich ein Packvolumen von insg. 13.200 Flaschen.
- Dieses sind 99 hl und 16,5 t, d.h. 0,166 t/hl.

Bei der Berechnung der Lademenge für die unterschiedlichen Fahrzeuggrößen wird dementsprechend die MNL als Bezugsgröße genommen. Die Formel für die Berechnung von V_W ist:

$$V_W = \text{MNL} * A / M_{WV} \quad \text{(Gleichung 9)}$$

MNL [t] = Maximale Nutzlast

A = durchschnittliche Auslastung nach Tab. 10

M_{WV} [t/hl] = Gesamtmasse von 1 hl Wein mit Verpackung

Weitere Fahrzeuggrößen, die vor allem bei der Einzelhandelskette verwendet werden sind 18 t Zugmaschinen mit einer MNL von 8,5 t und Anhänger mit einer MNL von 10 t und einem Treibstoffverbrauch von 35 – 40 l/100km [PELGER 2005]. Umgerechnet auf die Weinmenge sind dieses 50 hl in der Zugmaschine und 59 hl im Anhänger. Ein LKW der Vertriebsfirma in Mainz hat ein ZGG von 23 t, dies entspricht einer Zuladung von ca. 15 t [ÖKO-INSTITUT 2005] und er kann somit 88 hl transportieren. Der Treibstoffverbrauch ist 25 l/100km [DILL

2005]. Für alle Betriebe gilt, dass ab den deutschen Importeuren/Lagern die Paletten umgepackt werden.

Rückfahrt

Wegen den unterschiedlichen Fahrwegen und Distributionsstufen wird die Rückfahrt der Situation angepasst. Die Rückfahrten der Spedition werden auf kurzen Strecken leer durchgeführt und daher dem Gut mit Einbeziehung des verminderten Treibstoffverbrauchs zugerechnet. Die Weiterfahrt im Rahmen von Rundtouren der Einzelhandelskette wird mit Leergut (Pfandkisten, Paletten, Tiefkühl- und Fleiwu-Container¹) beladen durchgeführt [PELGER 2005] und nicht dem Wein zugerechnet. Der Rückweg bei Transporten zwischen den Einzelhandelslagern findet mit verminderter Ladung statt und wird dem Wein mit 50 % zugerechnet. Bei den deutschen Winzern liegen keine Daten zur Auslastung und Leerfahrten vor. Entsprechend der Erhebung [UBA 2000] wird davon ausgegangen, dass die Hälfte der Strecke als Belieferung mit 100 % Auslastung gefahren wird. Für den Rücktransport wird wegen fehlender Daten eine Leergutbeladung von 50 % geschätzt. Für die Strecke s_{dir} wird die Hälfte der angegeben gefahrenen Strecke verwendet.

Für die Berechnung der Transporte werden mehrere für den deutschen Vertrieb übliche Wege dargestellt. Dieses ist zum Einen der Transport ab dem Lager eines Importeurs in Mainz bis zum POS. Der berechnete Weg des Deutschlandvertriebs entspricht der Belieferung eines Marktes im Giessener Raum, wenn diese von einer Weingroßhandlung/Spedition (DW-A) oder von der Einzelhandelskette (DW-B) organisiert wird. Da es sich hier um importierten Wein handelt, wird als Ausgangspunkt des Transportes das Umschlaglager des Importeurs in Mainz gewählt. Von hier aus wird beim Weg A die Weingroßhandlung in Oestrich-Winkel (DS-2), das Zentrallager der Spedition in Offenbach (DS-4) und dann der POS (DS-5) angefahren. Der Weg B geht über die Zentralläger der Einzelhandelskette in Dietzenbach (DS-1) und Hungen (DS-3) bis der Wein beim POS (DS-6) ausgeliefert wird.

Die Faktoren, die rechnerisch den Energieumsatz des Transportes beeinflussen sind: Luftwiderstand, Rollwiderstand, Gewicht, Antriebsachsen, Achsübersetzung, Laufleistung, Außentemperatur, Wind, Fahrbahnoberfläche, Einsatzbedingungen, Fahrweise und Witterung.

¹ Behältnis für den Transport von Fleisch und Wurstwaren.

So kann eine Fahrt bei starkem Wind und nasser Fahrbahn den Energieumsatz um 15 % erhöhen. Bei der Erhebung wird dieses für die Fahrten nicht mit einberechnet, um Verfälschung durch einmalig auftretende Faktoren zu vermeiden. Daher wird, wenn der Transport durch die Interviewpartner nicht genauer spezifiziert werden kann, mit einem durchschnittlichen Verbrauch eines 40 t LKW von 35 l/100km und einer max. Zuladung von 22 t oder 36 Paletten (max. 600 kg) gerechnet. Dieses ist der Fall, wenn der Importeur den Transport von Speditionen durchführen lässt, die nicht interviewt werden, z. B. bei dem Import von ungarischen Weinen und dem Deutschlandtransport des Weins von SAW-10 ab Bremerhaven.

Tab. 10 gibt einen Überblick über die verwendeten Auslastungsgrade und Anrechnungen von Rückfahrten.

Transport Apfel

Der Transport deutscher Äpfel wird bei den befragten Bauern und Vertriebsorganisationen von Speditionen und eigenen Fahrzeugen durchgeführt. Eine Vertriebsorganisation mit Sitz im Raum Stade beginnt ihren Vertrieb ab den betriebseigenen Sortierpackstationen in der Umgebung. Diese fungieren als Sammel-, Pack- und Verteilerstellen. Die Obstbauern liefern hier ihr Obst an und es wird dann nach Größe sortiert in handelübliche Gebinde verpackt und sofort auf den LKW verladen. Hier ist der Transport sehr stark von den Ansprüchen der Abnehmer und der Lademenge abhängig. Volle LKW fahren auf dem direkten Weg zum Abnehmer, Teilladungen werden von der Spedition aufgefüllt. Es werden z.T. direkte Transporte zu Großhändlern in der Rhein-Main-Region durchgeführt oder Zentralen von Einzelhandelsketten beliefert, die die weitere Verteilung organisieren. Die Masse pro Palette variiert mit Gebindeform, der Durchschnitt wird mit 0,8 t angegeben. Als Beispielweg wird der Transport ab Stade nach Giessen über einen Großhändler in Frankfurt (DA-A) und über das Lager des Einzelhandels in Hungen (DA-B) berechnet. Der Transport wird von Speditionen mit 40 t LKW durchgeführt und für die Berechnung werden die Standards der Spedition angewendet. Der Transport findet bei durchschnittlich 4-5 °C statt [DÖSCHER 2007]. Dieses bedeutet, dass im Sommer immer mit Kühlung und Winter teilweise mit Heizung gefahren wird [HIRSCHLE 2007]. Die Transporte ab Bodensee finden zum Einen zum Lager der Einzelhandelskette in Dietzenbach (DA-C) und in den Frankfurter Raum (DA-D) statt. DA-D wird als Weg über den Großhändler in Frankfurt berechnet. Hier ergeben sich

Unterschiede dadurch, dass der Transport von vertriebseigenen Fahrzeugen durchgeführt wird. Diese fahren auf dem Rückweg zu 50 % leer, daher wird dieser zu 50 % den Äpfeln zugerechnet. Für die Hinfahrt wird angegeben, dass 75 % der Fahrten zu 100 % beladen sind [HIRSCHLE 2007]. Weil keine Werte für die restlichen Fahrten vorliegen, wird insgesamt von einer 80 %igen Auslastung ausgegangen.

Der Transport des Großhändlers geht ab der Großmarkthalle in Frankfurt zum Lager des Einzelhandels oder direkt zum POS. Für die Auswertung liegen Kopien eines Fahrtenbuches und ein Fragebogen vor, der für die Güterverkehrsstatistik ausgefüllt wird. Daraus ergibt sich für das ausgewertete Fahrzeug ein durchschnittlicher Treibstoffverbrauch von 40 l/100km und ein Anteil von Leerfahrten von 33 %. Die Transporte finden zu Beginn mit 100 %iger Volumenauslastung statt. Als beförderte Gütermenge zu Fahrtbeginn werden Werte zwischen 12,0 und 17,3 t angegeben und der Durchschnitt liegt bei 15,2 t. Die Auslieferung findet in Rundfahrten statt und es wird für die Berechnung der direkte Weg verwendet.

Die Transporte in Südafrika werden entweder als Containerbeladung begonnen oder es findet eine Abholung von LKW (offen) mit weiterer Umladung am Hafen statt. Die Länge der Transportstrecke bestimmt, ob eine geschlossene Kühlkette benötigt wird. Bei Strecken ab 100 km wird in Containern oder Kühltransportern mit eingeschalteten Kühlaggregaten transportiert. Durch die Isolierung des Laderaums reduziert sich die Kapazität des LKW auf 28 Paletten. Der Container bleibt mit 20 Palettenplätzen gleich. Bei kurzen Transportwegen aus der Elgin/Villiersdorp Region (ca. 75 km) werden die Äpfel in der Regel ungekühlt transportiert, dann ist die Kapazität des LKW 32 Paletten. Die Lagerung am Hafen entfällt dann meistens und die Äpfel werden bei Ankunft vom LKW direkt in die Reefer-Schiffe verladen. Kühlcontainer werden mit Anschluss an die entsprechende Energiequelle im Hafen gelagert [SEABOARD, 2004 CAPE REEFERS 2004]. Für die Berechnung des Energieumsatzes wird für Strecken ab 100 km der einfache Transportweg mit 80 % Auslastung als Grundlage genommen. Bei kurzen Strecken findet die An- bzw. Rückfahrt häufiger leer statt. In diesem Fall wird der Transport zum Hafen mit 100 % Auslastung und der Rückweg als Leerfahrt der Apfelladung zugerechnet. Dieses wird in der Form durchgeführt, dass der Gesamtumsatz einer Fahrt auf eine Auslastung von 50 % bezogen wird. Eine Verminderung des Treibstoffverbrauchs wird nicht in Betracht gezogen, weil von

den Speditionen Durchschnittswerte angegeben werden und Leerfahrten daher schon anteilig mit eingerechnet sind. Die drei für die Berechnung verwendeten Transportformen sind:

1. LKW ohne Kühlung, 32 Paletten, Dieserverbrauch 52 l/100km.
2. Container mit oder ohne Kühlung, 20 Paletten, Dieserverbrauch 55,5 l/100km.
3. Reefer-LKW mit Kühlung, 28 Paletten, Dieserverbrauch 52 l/100km.

Zur Berechnung des durchschnittlichen Energieumsatzes wird der Transport ab Freestate rausgenommen, weil sich, wie sich aus Abb. 8 ergibt der Anbau in der Kapregion konzentriert und alle weiteren Anbaugelände von der Fläche her als ohne größere Relevanz anzusehen sind.

Nach dem Seetransport schließt sich der Weg von dem Seehafen zum POS an. Der befragte Exporteur in Südafrika importiert die Äpfel über den Hafen in Rotterdam. Weil hier keine Daten vorliegen, wird für die Berechnung die Anlieferung des Großhändlers ab Rotterdam berechnet. Für den Transport wird der Straßentransport mit einem 40 t LKW, ein Energiebedarf der Kühlung von 3,5 l/h und eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 70 km/h angenommen.

Berechnung von M_A

Nach der Lagerung in Großkisten werden die Äpfel in handelsübliche Gebindegrößen verpackt. Für die Berechnung der Masse der Palette aus Südafrika wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die übliche Packgröße südafrikanischer Äpfel ist 70 Kartons á 12,5 kg auf einer Palette → die Apfelmasse auf einer Palette ist 875 kg.
- Mit einer abgeschätzten Kartonmasse von 0,4 kg und der Palettenmasse von 24 kg ist die Gesamtmasse 902 kg.

Für den Transport von 1 t Äpfeln werden also 1,06 t transportiert. Die Angabe der max. Lademenge liegt immer in Paletten vor. Bei der Berechnung der Auslastung wird diese dementsprechend auch bezogen auf die angegebene Palettenkapazität berechnet. D.h. bei einer angegebenen Kapazität von 20 Paletten ist bei einer Auslastung von 80 % die

Apfelladung 13,6 t (20 Paletten * 0,8 * 0,85 t/Palette). Bei der Beladung von Containern wird ab der Verladung in Kapstadt von einer 100 %igen Auslastung ausgegangen, weil hier weitere Umladungen stattfinden. Die Lademenge eines TEU-Containers ist für die Berechnung 8,5 t (10 Paletten * 0,85 t/Palette).

Deutsche Transporte finden mit sehr unterschiedlichen Gebindegrößen statt. Als mittlere Palettenmasse wird 0,8 t angegeben. Bei einer Auslastung der Spedition LKW von 80 % bedeutet dies 16,8 t Gesamtmasse. Unter der Annahme, dass der Massenanteil der Verpackung 10 % ist, sind 15,1 t Äpfel geladen. Der Vertrieb der Einzelhandelskette wird wie bei V_W mit einer durchschnittlichen Zuladung von 17,5 t berechnet (18,5 * 0,95). Auch hier wird von einem Massenanteil der Verpackung von 10 % ausgegangen und so ergibt sich eine Apfelmasse pro Ladung von 15,8 t.

Leerfahrten

Für den gesamten Endenergieumsatz wird der Anteil der Leerfahrten hinzuaddiert. Diese unterscheiden sich nach dem durchführenden Unternehmen. Längere Transporte der Speditionen und die Rundwege der Einzelhandelskette werden ohne Rückweg berechnet, da diese meistens ausgelastet oder mit Leergut beladen stattfinden. Für den Großhändler in Frankfurt ergibt die Auflistung für das Kraftfahrt-Bundesamt einen Anteil von 33 % Leerfahrten. Die Vertriebsgesellschaft vom Bodensee fährt zu 50 % leer zurück, die restlichen Fahrten sind mit Leergut oder anderen Gütern beladen. Die südafrikanischen Transporte bis 100 km werden gemäß der Angaben der Interviewpartner mit 100 % leerer Anfahrt berechnet.

Kühlung

Der Erfahrungswert ist ein zusätzlicher Treibstoffverbrauch von 2 l/h [MESSERSCHMIDT 2003] in Südafrika und 3-4 l/h in Deutschland [HIRSCHLE 2007]. In Südafrika wird der zusätzliche Verbrauch für alle Strecken länger als 100 km hinzuaddiert. In Deutschland fällt der zusätzliche Energiebedarf zum Einen für die Kühlung im Sommer, aber auch für die Heizung im Winter an. Weil hier keine Daten für die Häufigkeit der Einsätze vorliegen, wird ein Einsatz bei 75 % der Fahrten ab 100 km angenommen. Für die Ermittlung der Fahrdauer wird in beiden Ländern von einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 70 km/h ausgegangen. Daher ist die Gleichung für die Berechnung des Energieumsatzes des Kühlaggregates:

$$E_K = s / 70 \text{ km/h} * V_K * h_u \quad \text{(Gleichung 10)}$$

E_K [kWh] = Endenergieumsatz der Kühlung

s [km] = zurückgelegter Weg

h_u [kWh/l] = spezifischer unterer Heizwert

V_K [l/h] = spezifischer Verbrauch des Kühlaggregates

Tab. 10: Durchschnittliche Auslastungsgrade der Transporte [UBA 2000, MESSERSCHMIDT 2004, SEABOARD 2004, GROSCH 2005, PELGER 2005]

	A Hinfahrt [%]	Anrechnung Rückfahrt
Langstrecke Spedition/Importeur	80	Keine Rückfahrt
Einzelhandelskette	95	entsprechend den Angaben
Winzer D	100	Rückfahrt 50%
SAW	75	keine Rückfahrt
SAA < 100km	100	vollständig
SAA > 100km	85	keine Rückfahrt

Die Berechnung des Seetransportes unterscheidet sich vom Binnentransport, weil hier der Treibstoffverbrauch und die Strecke bezogen auf die Fahrdauer gemessen wird. Zusätzlich zum Transport findet ein Umsatz auch bei Stillstand im Hafen statt, der mit einbezogen werden muss. Daher wird der Energieumsatz wie folgt berechnet:

$$E_T = h_u * 1000 * (V_{TS} * t + V_{TH} * t) \quad \text{(Gleichung 11)}$$

E_T [kWh] = Endenergieumsatz Transport

h_u [kWh/kg] = spezifischer unterer Heizwert Schweröl

V_{TS} [t/d] = Tagesverbrauch Treibstoff auf See (Hauptmotoren)

V_{TH} [t/d] = Tagsverbrauch Treibstoff im Hafen (Hilfsmotoren)

t [d] = Dauer

Diese Gleichung beruht auf der Annahme, dass die Hauptmotoren ausschließlich für den Antrieb auf See und die Hilfsmotoren im Hafen u.a. für die Versorgung der Infrastruktur (z.B. Lastkräne) verwendet werden.

Alle befragten Unternehmen nutzen für den Seetransport ihrer Produkte den Hafen in Kapstadt. Die interviewten Reedereien liefern Daten für reine Containerschiffe [SAFMARINE 2004] oder Reefer-Schiffe mit Containerkapazitäten [SEATRADE 2002, CAPE REEFERS 2004]. Der Seetransport von Wein findet meistens in Containern statt. Weil keine reinen Weintransporte stattfinden, liegen keine Wein-spezifischen Schiffsdaten vor. Es werden daher für die Auswertung die Daten der Schiffe verwendet, die ohne Kühlung transportieren oder deren vorliegende Daten eine Allokation ermöglichen. Dieses ist der Fall, wenn Daten für den Energieumsatz von Hilfsmotoren und Hauptmotoren getrennt vorliegen. Der Energieumsatz der Hilfsmotoren auf See wird unter Annahme der alleinigen Verwendung für die Kühlung dann nicht mit einberechnet. Als Zielhafen für die Entladung in Europa werden bis auf eine Ausnahme Rotterdam oder Antwerpen genannt. Von dem Hafen aus werden die Container auf LKW, Binnenschiff oder Schiene verladen und nach Mainz zum Lager des Importeurs transportiert. Der Betrieb SAW-10 verschifft seine Container bis Bremerhaven, weil hier die Zentrale der deutschen Tochtergesellschaft sitzt. Die Container werden dann im Zentrallager in der Nähe des Hafens ausgeladen, auf Paletten umgeladen, kommissioniert und mit einer Spedition weitertransportiert [ZUR WELLE 2006]. Diese Wege werden im Rahmen des Binnentransportes genauer beschrieben.

Der Seetransport der Äpfel verläuft ähnlich dem Weintransport. Der Hafen der Verschiffung ist auch Kapstadt und der Zielhafen des befragten Exporteurs ist Rotterdam. Zusätzlich zum E_T muss beim Apfeltransport die Kühlung E_K mit eingerechnet werden.

Bei der Verwendung von verschiedenen Formen der Kühlung (z.B. Tiefkühl- und gekühlte Frischware) treten beim Seetransport Allokationsprobleme auf. Die unterschiedlichen Formen des Seetransportes müssen deshalb unterschiedlich ausgewertet werden. Bei spezialisierten Reefer-Schiffen [SEATRADE 2002, CAPE REEFERS 2004] werden nur gekühlte Produkte in einem „offenen“ Lagerraum transportiert. D.h. der Schiffsraum wird durch Zwischenwände und -decken in einzeln temperierbare Parzellen unterteilt, in die Paletten oder Bins geladen werden. Zusätzlich gibt es noch auf Deck weitere Kapazitäten für Container mit Plugs, zur Versorgung mit elektrischer Energie. Eine Reederei ermittelt ihren Schwerölverbrauch für

Haupt- und Hilfsmotoren getrennt, so dass eine Zuordnung zu gekühlten und ungekühlten Gütern möglich ist [SEATRADE 2002]. In einem Fall liegen die Daten des gesamten Schwerölverbrauchs des Schiffs pro Tag vor [CAPE REEFERS 2004], der somit nur der gesamten Ladungsmenge an Kühlgütern zugeordnet werden kann. Wegen des hohen Transportaufkommens südafrikanischer Äpfel zur Erntezeit sind in diesem Zeitraum Beladungen nur mit Äpfel möglich und es findet zur Vereinfachung der Allokation die Berechnung für diese Transporte statt.

Bei einem Transport mit Reefer-Schiffen werden hauptsächlich LKW für die Anlieferung genutzt. Hierbei findet beim Apfel hauptsächlich eine „Just in time“ Anlieferung statt, bei der die Paletten direkt vom LKW in das Schiff verladen werden. Gerade bei Äpfeln wird häufig auf die Zwischenlagerung im Hafen verzichtet [CROUCH 2003, CAPE REEFERS 2004]. Wenn sie im Container angeliefert werden, werden die dazugehörigen Kühlaggregate für die Kühlung verwendet, die im Hafen an eine geeignete Stromversorgung angeschlossen werden. Die Form der Container-Kühlung über eine zentrale Kälteerzeugung (Porthole/Conair) findet kaum noch statt. Ein Transport unter modifizierter Atmosphäre ist zwar im Container möglich, wird wegen des hohen Aufwandes aber selten praktiziert [SEABOARD 2004]. Die Ladekapazität der ausgewerteten Schiffe liegt bei 4.000 – 6.000 Paletten in den Lagerräumen mit zusätzlichen Containerkapazitäten von 90 – 440 TEU über Deck.

Berechnung von M_A und V_W

Die Formel zur Berechnung der gesamten Paletten-Lademenge ist:

$$n_{Pl} = A / 1,32 + n_C * 10 \quad \text{(Gleichung 12)}$$

n_{Pl} = Anzahl/Kapazität Paletten

A [m²] = Fläche unter Deck

n_C = Kapazität TEU Container

Die gesamte Palettenkapazität n_{Pl} wird für Berechnung des Energieumsatzes bezogen auf eine Palettenladung verwendet. D.h. E_T / n_{Pl} ist die Endenergie, die benötigt wird um eine Palette von Kapstadt zum Zielhafen zu transportieren. Zur Vereinfachung der Berechnung wird davon ausgegangen, dass alle Paletten mit der gleichen Masse beladen sind. Zur Berechnung des Energieumsatzes des Transportes einer funktionellen Einheit werden die Umrechnung wie beim Straßentransport (M_{WV} , M_A) verwendet. Auch hier werden für den Weintransport die

Betriebe SAW-1 bis SAW-9 zusammengefasst und SAW-10 als Sonderform berechnet. Weil ohne Paletten die Zuordnung des Energieumsatzes von Schiffen mit offenen Ladebereichen kaum möglich ist, wird als Beispiel nur der Transport mit dem reinen Containerschiffen ausgewertet.

Wenn die Verbrauchsdaten detailliert für Haupt- und Hilfsmotoren vorliegen, wird die gesamte Kühl-Lagerkapazität den Hilfsmotoren zugerechnet, die für deren Kühlung und Belüftung zuständig sind [WILD 2003]. In diesem Fall wird die Arbeit der Hilfsmotoren der Lagerkapazität unter Deck und den Plugs für Container zugerechnet. Diese entsprechen jeweils einer TEU mit 10 Paletten. Ausgehend von der Situation, dass nur Äpfel als zu kühlende Güter geladen sind, ergibt sich die Ladungsmenge Äpfel aus folgender Rechnung:

$$M_A = n_{PI} * m_{PI} + n_{CR} * 10 * m_{PI} \quad \text{(Gleichung 13)}$$

M_A [t]	= Masse Äpfel
n_{PI}	= Anzahl Paletten (Kapazität) unter Deck
m_{PI} [t]	= Masse Äpfel pro Palette (0,85 t)
n_{CR}	= Kapazität für Reefer-TEU (Plugs)
10	= Anzahl Paletten pro TEU

Bei allen Transporten werden vor- und nachgelagerte Prozesse, z.B. Produktion von Transportmitteln, Entsorgung, Straßenbelag und Schienenverlegung nicht mit einberechnet. Das gleiche gilt für geringfügige Umsätze, wie Flurfahrzeuge zur Palettenbeförderung, Beleuchtung bei der Lagerung o.ä..

Umrechnung Primärenergie und CO₂-Emission

Für die Berechnung der Primärenergie und CO₂-Emission aus dem Endenergieumsatz werden folgende Umrechnungsfaktoren verwendet.

Tab. 11: Für die Berechnung angewendete Umwandlungsfaktoren [UBA 2000, ÖKO-INSTITUT 2005, KNÖRR 2005]

Energieträger	Umwandlungsfaktor PE : EE	CO ₂ -Emission [kg/kWh]
fossile Energieträger	1,1	0,266
Schweröl, See	1,1	0,281
Strom D	2,9	0,596
Strom SA	2,8	0,913
Strom HU	3,6	0,629
Strom Biomasse	1,47	0,000155

Wie in Kapitel 2.2 besprochen, können Transporte von den Ursprungsländern der fossilen Energieträger zum Konsumenten den Primärenergieumsatz beeinflussen. Bei dieser Erhebung wird dieses nicht differenziert betrachtet, weil sich die Transportdistanzen zwischen Saudi Arabien - Südafrika und Saudi Arabien – Europa nur gering unterscheiden und daher keine großen Differenzen zu erwarten sind.

6 Ergebnisse

6.1 Betriebsdaten Wein

Deutschland

Angesichts ihrer großen Anzahl werden die Betriebe hier nicht im Einzelnen dargestellt, sondern grob klassifiziert. Bis auf wenige Ausnahmen findet die gesamte Prozesskette in den Betrieben statt, d.h. es wird selber angebaut, vergoren, gelagert und abgefüllt. Dieses kann teilweise auch durch mobile Geräte geschehen, die für den Zeitraum des Bedarfs angemietet werden. Nur drei Betriebe (M-3, M-6, M-8) nutzen eine externe Abfüllung, dieses aber im Fall von M-6 und M-8 nur für Traubensaft oder Rotwein. Es ist dagegen üblich, Mehrwegflaschen bei Reinigungsfirmen spülen zu lassen. Bei allen Betrieben wird der Wein gewerblich verkauft.

Die Betriebe B-6 und HB sind Winzergenossenschaften und B-8 und HB a-e lassen ihre Trauben bei Winzergenossenschaften verarbeiten. Das gleiche gilt für M-10. Bei 2 Betrieben (M-2, W-3) wird auch mit Einsatz von Maschinen geerntet, die restlichen Betriebe ernten nur per Hand. Dagegen werden in der gesamten Region M Helikopter verwendet.

Bei der Betriebsgröße lassen sich regionale Unterschiede feststellen. Bei Region M sind die Betriebe mit 2 - 4 ha relativ klein, wogegen im Bereich B und W die Betriebsgröße zwischen 8 und 20 ha liegt. Die vier kleinsten Betriebe (M-4, W-2, B-5, B-8) haben eine Anbaufläche von 0,5 - 1,5 ha.

Es gibt in Deutschland eine Vielzahl von kleinen Betrieben, die neben der Weinproduktion noch gastgewerblich aktiv sind. Diese befinden sich in allen untersuchten Regionen und die Daten werden, wie im Kapitel 3.5.1 beschrieben, korrigiert. Die wichtigsten Energieträger in Deutschland sind elektrischer Strom für die Verarbeitung, Treibstoff für die Fahrzeuge und Heizöl für die Beheizung der Räume, aber auch zum Erhitzen der Rotweinformasche. Seltener wird Gas oder Flüssiggas verwendet. Der Mittelwert von E_B der Region M ist 152,4 kWh/hl und von der Region B & W 100,5 kWh/hl.

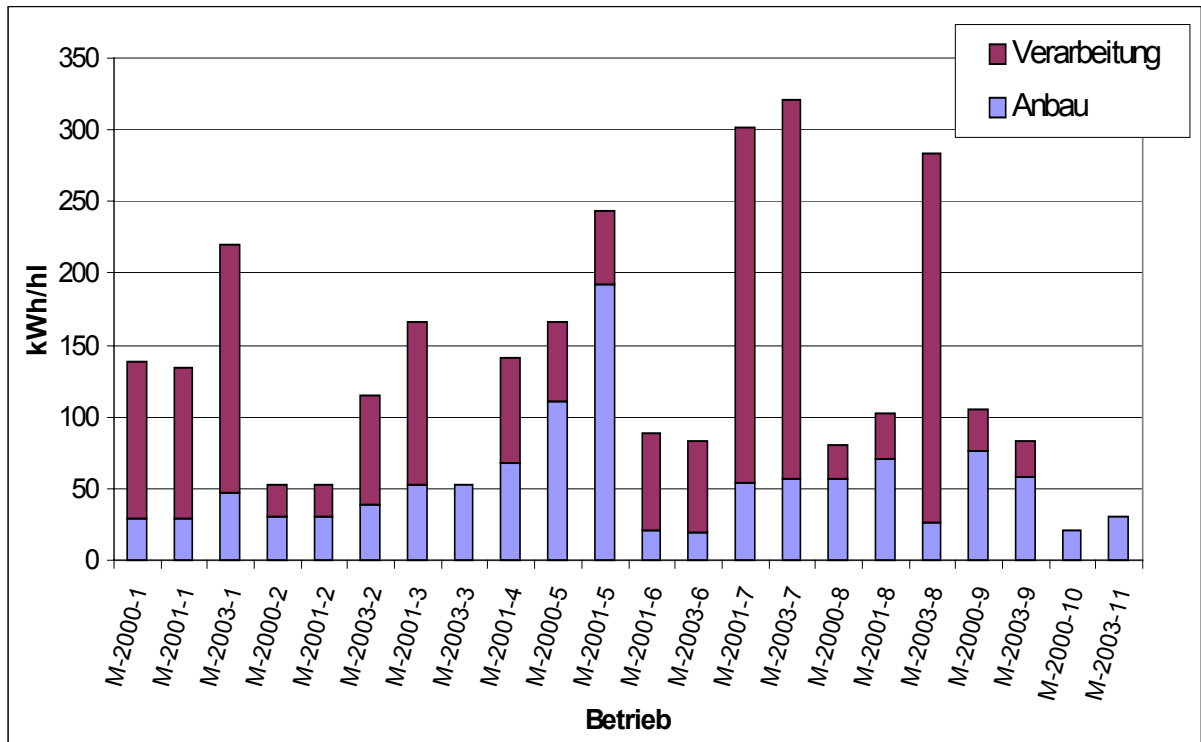


Abb. 9: E_B [kWh/ha] deutscher Weinbetriebe (M) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]

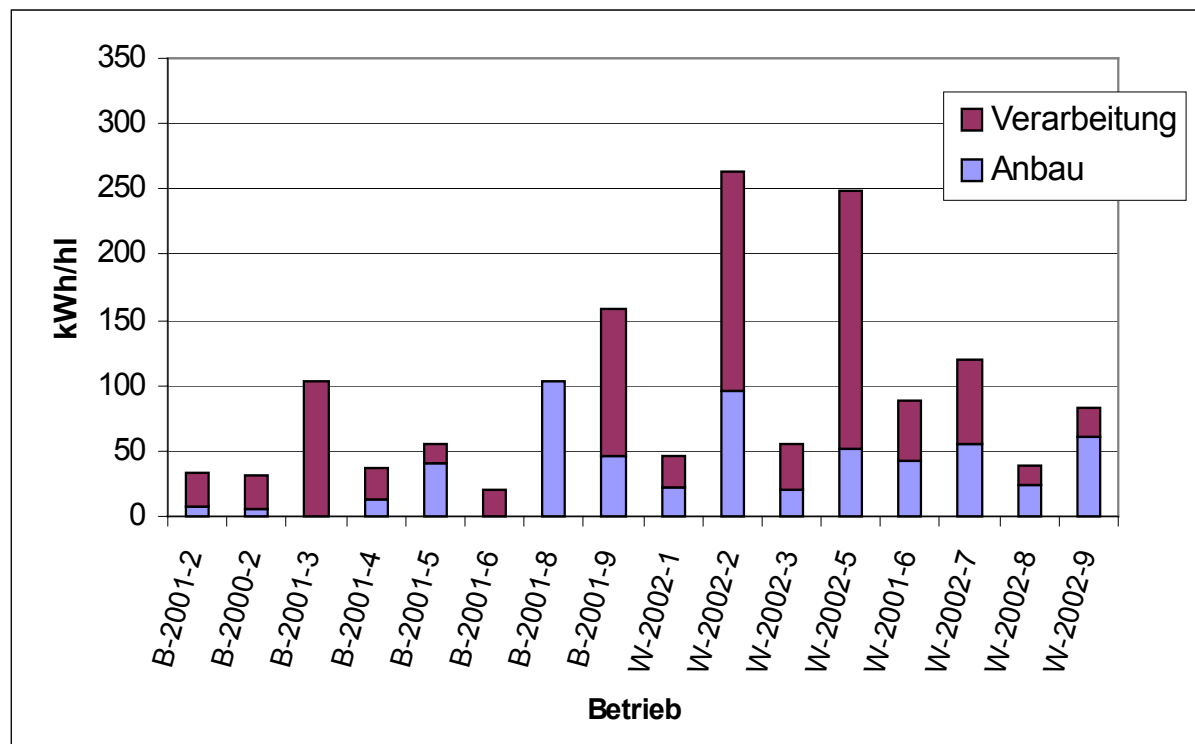


Abb. 10: E_B [kWh/ha] deutscher Weinbetriebe (B, W) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]

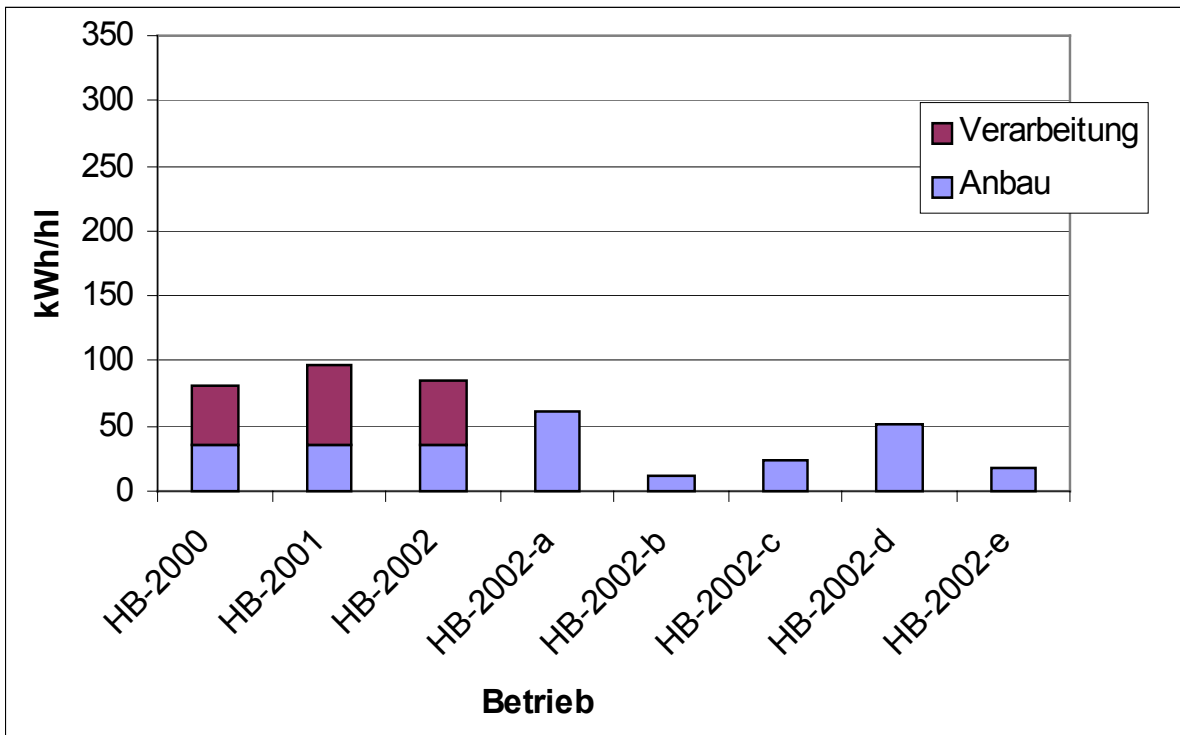


Abb. 11: E_B [kWh/hl] von HB (Anbau und Verarbeitung) mit den dazugehörigen Daten zum Anbau (a-e) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]

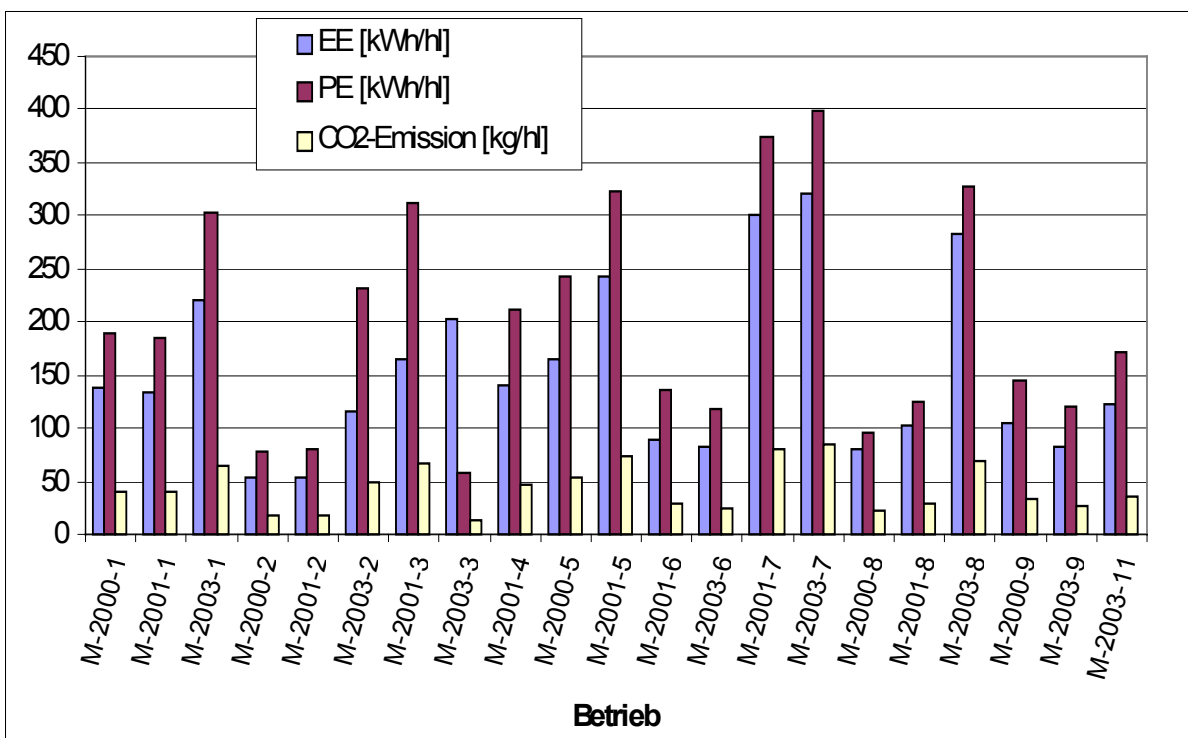


Abb. 12: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] deutscher Weinbetriebe (M) [eigene Darstellung]

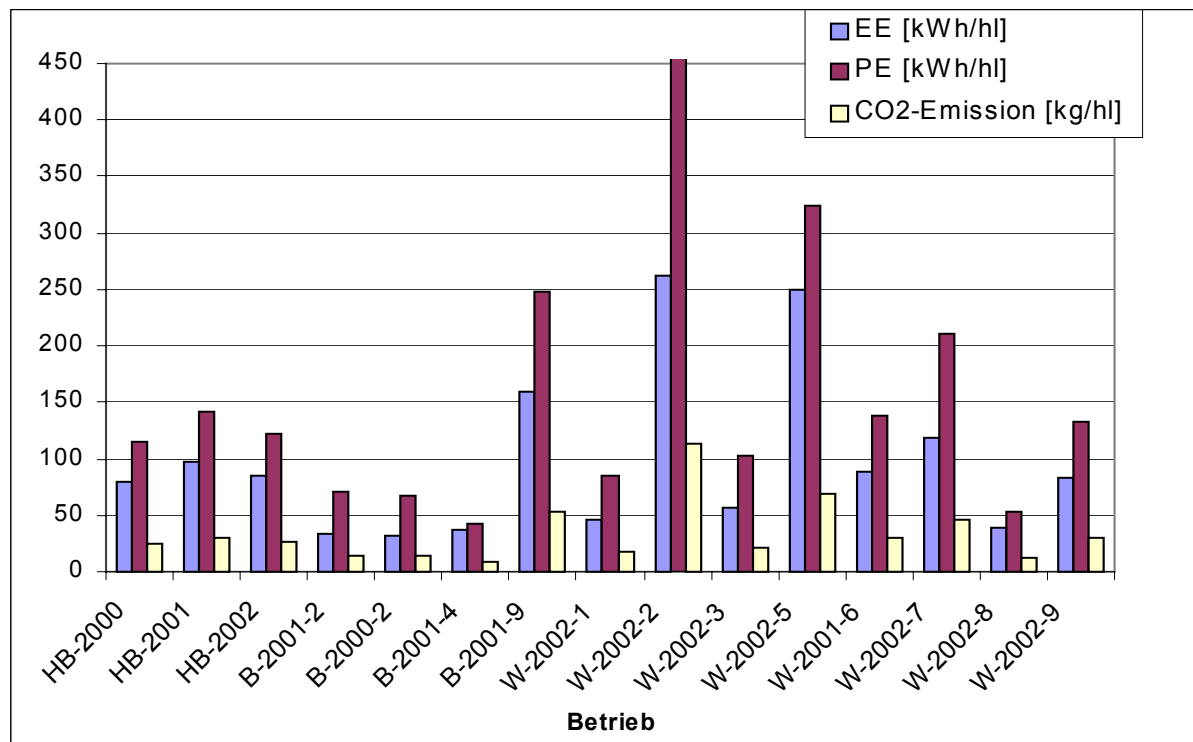


Abb. 13: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] deutscher Weinbetriebe (HB, B, W) [eigene Darstellung]

Ungarn

Die ungarischen Betriebe sind vor allem großtechnische Anlagen. Bis auf zwei Ausnahmen liegt die Verarbeitungsmenge bei 1.000 bis 80.000 hl, wobei der Schwerpunkt zwischen 12.000 und 80.000 hl liegt. Die Betriebe HU-2, HU-6, HU-7, HU-10, HU-11, HU-14 verarbeiten ausschließlich eigene Trauben und führen alle weiteren Prozesse im eigenen Betrieb durch. Alle anderen verwenden auch oder ausschließlich nicht betriebseigene Trauben. Der Betrieb HU-11 ist sehr klein (0,3 ha) und führt alle Arbeiten per Hand aus. Bis auf Betrieb HU-2 mit 6 ha sind alle Betriebe eher großflächig mit 30 – 600 ha. Die Ernte wird bei allen Betrieben per Hand durchgeführt. Teilweise liegen auch die Anbaugelände weiter von der Verarbeitung entfernt und werden mit LKW über Distanzen von 150 km (HU-12) zur Verarbeitung transportiert. Ein Betrieb (HU-10) hat ein externes Lager. Die wichtigsten Energieträger sind hier Strom, Treibstoff und Erdgas. Heizöl wird nur von zwei Betrieben verwendet. Der Mittelwert der ungarischen Betriebe ist 49,1 kWh/hl

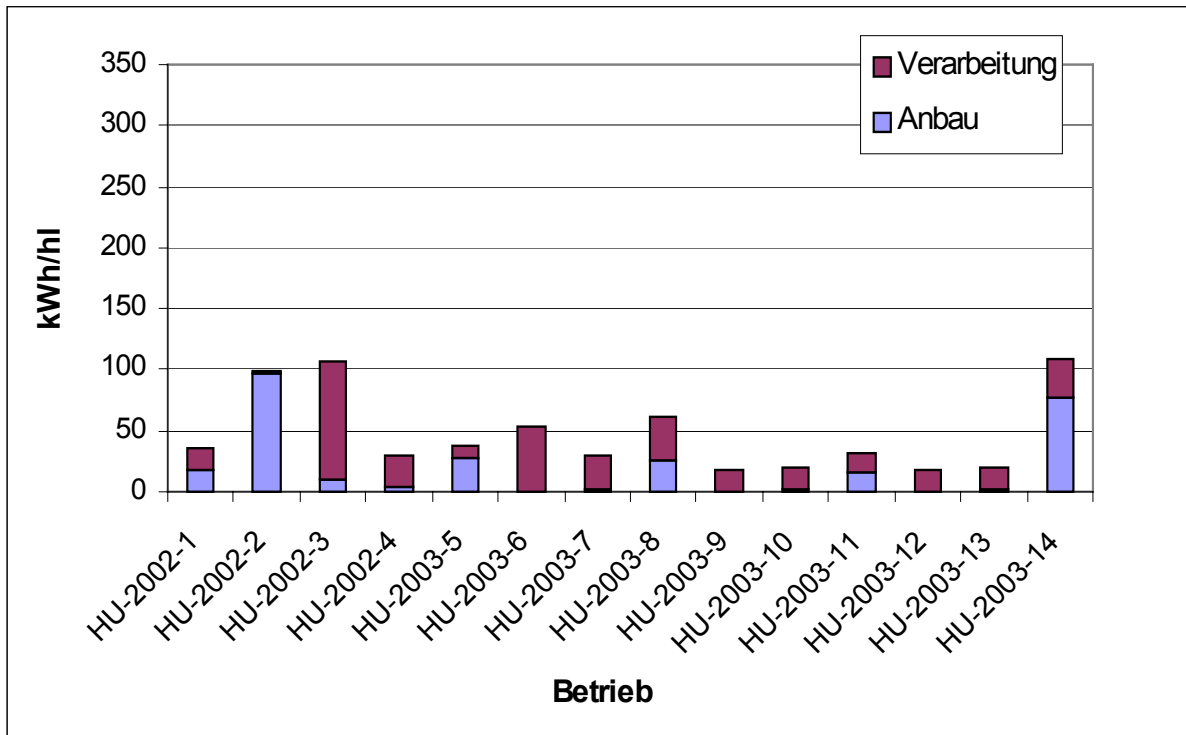


Abb. 14: E_B [kWh/hl] ungarischer Weinbetriebe (HU) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]

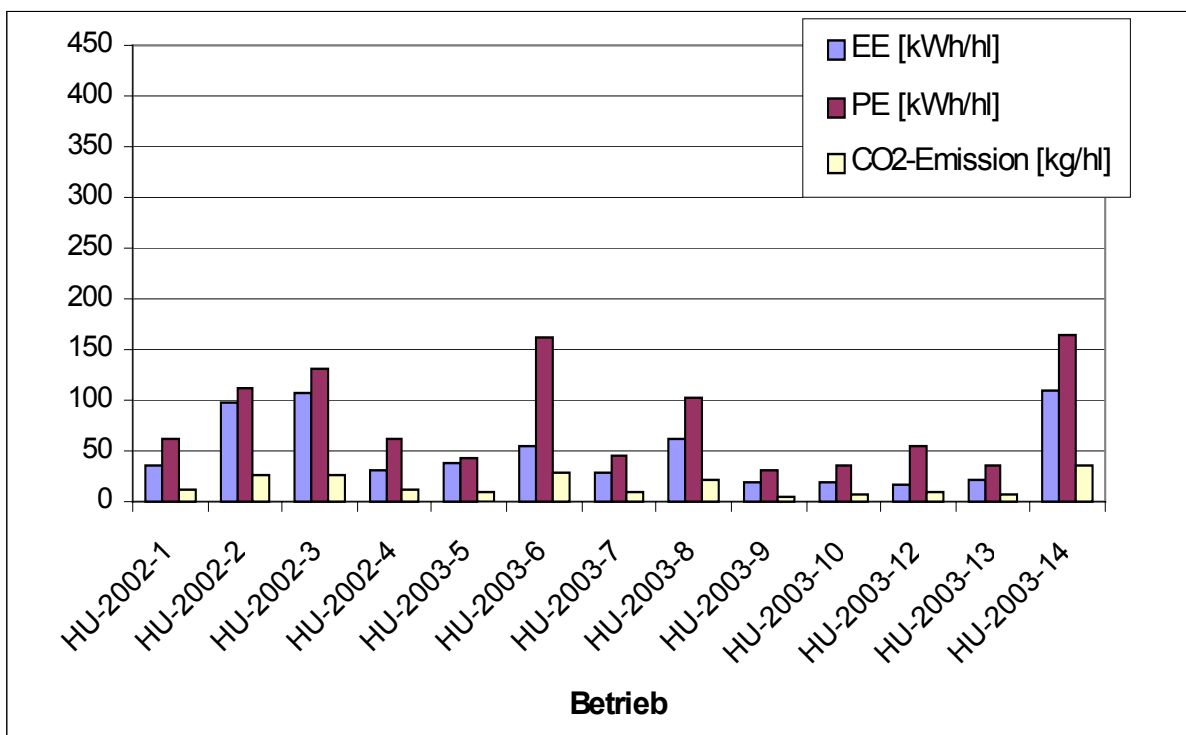


Abb. 15: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] ungarischer Weinbetriebe [eigene Darstellung]

Südafrika

Alle Betriebe sind von der maschinellen Ausstattung und der verarbeiteten Menge her als großtechnisch einzuordnen. Die verarbeitete Menge liegt zwischen 660 und 81.000 hl, wobei der Schwerpunkt zwischen 2.000 und 4.000 hl liegt. Bei der Verarbeitung wird nichts oder wenig manuell durchgeführt. Die Ernte hingegen wird immer per Hand erledigt. Eine Verwendung von Helikoptern oder Erntemaschinen findet in Südafrika nicht statt. Die Haupterntezeit ist Februar bis April.

Die Betriebsgröße liegt zwischen 21 und 160 ha und die Anbauflächen sind in hügeligen und flachen Gebieten vorzufinden. Neben der Verwendung der eigenen Ernte findet auch häufig ein Zu- und Verkauf von Trauben statt. Nur ein Betrieb (SAW-8) verwendet ausschließlich zugekaufte Trauben von 1.800 ha Anbaufläche. Bei diesem Betrieb findet auch eine Lohnabfüllung für andere Weingüter statt. Alle Betriebe haben keinen eigenen Vertrieb und lassen den Wein von Speditionen abholen. Die Abholung wird, wenn der Wein für den Export bestimmt ist, von den zuständigen Exporteuren organisiert und im nächsten Abschnitt genauer beschrieben.

Neben dem Weingut gibt es auch immer eine feste Siedlung auf dem Gelände, in der die Arbeiter mit ihren Familien wohnen. Auch Gastronomie und Ferienwohnungen sind häufig vorhanden, können aber aus der Gesamtenergieerfassung ausgeschlossen werden.

Die fast ausschließlich verwendeten Energieträger sind Strom für die Verarbeitung und Treibstoff für die Fahrzeuge. Es wird nur einmal Flüssiggas für Lagerfahrzeuge eingesetzt. Der Durchschnittswert der südafrikanischen Weinbetriebe ist 242,5 kWh/hl.

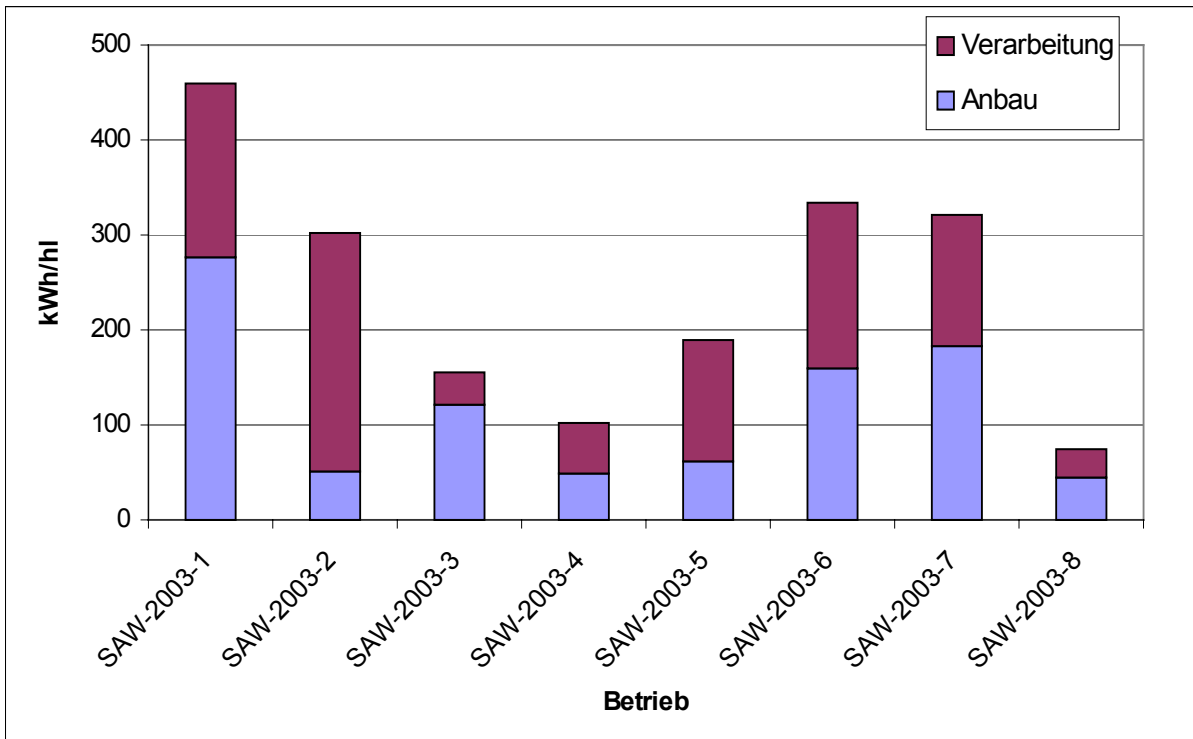


Abb. 16: E_B [kWh/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) aufgetrennt nach Modulen [eigene Darstellung]

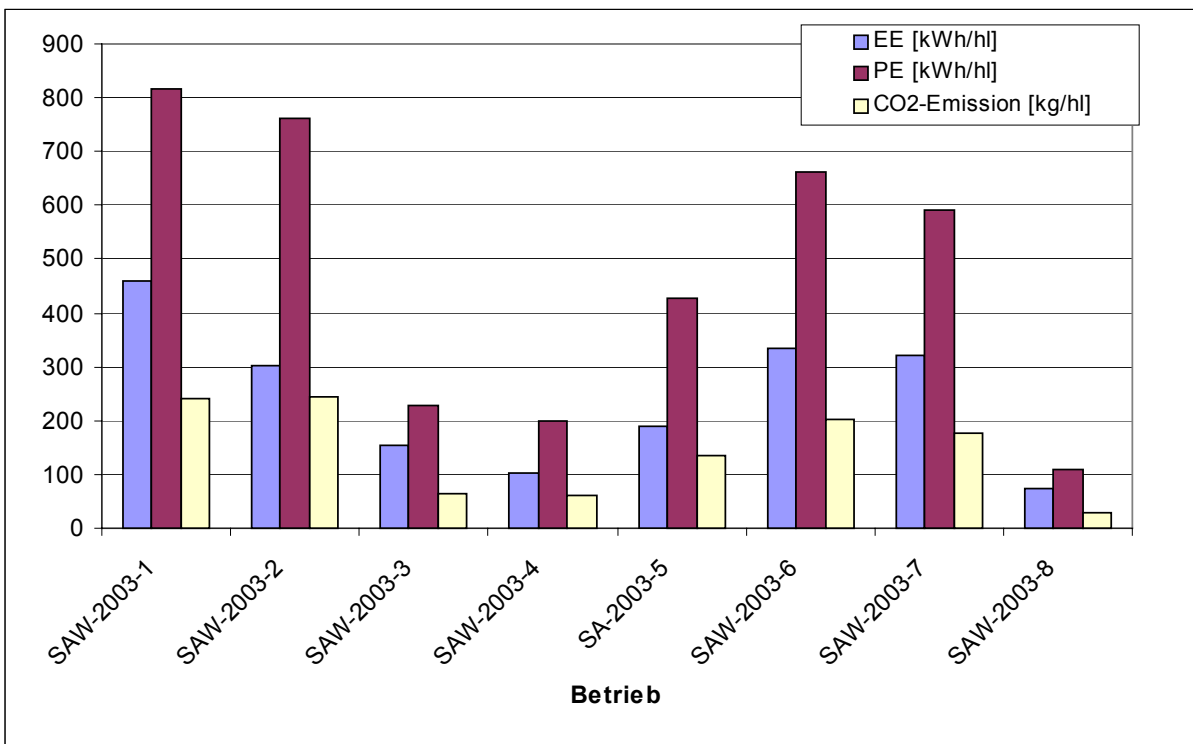


Abb. 17: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) [eigene Darstellung]

6.2 Betriebsdaten Apfel

Deutschland

Die befragten Betriebe sind allesamt am Bodensee angesiedelt. Die Betriebsgröße liegt zwischen 8 und 25 ha. Bis auf Betrieb BS-7, der ökologisch anbaut, beschreiben sich alle Betriebe als integriert oder konventionell. Für Betrieb BS-6 liegen dafür keine Informationen vor. Es gibt unterschiedliche Formen der Lagerung. Zwei Betriebe (BS-2, BS-3) haben kein eigenes Lager und nutzen vollständig die Lagerhäuser von Großmärkten. Bei den anderen Betrieben finden sich Mischformen, bei denen Teile der eigenen Ernte im zentralen Lager der Großmärkte, aber auch fremde Äpfel im eigenen Lagerhaus (BS-1, BS-7) eingelagert werden. Bis auf zwei Betriebe (BS-3, BS-7), bei denen geringe Lagerkapazitäten unter Normalatmosphäre vorhanden sind, wird überall vollständig unter CA eingelagert. Die Lager befinden sich in einer Entfernung zwischen 0 und 52 km. Der Transport zum Großhändlerlager wird hierbei von den Betrieben übernommen, für die weitere Distribution ist meistens der Großhändler oder eine Spedition verantwortlich.

Die verwendeten Fahrzeuge sind Schlepper für ackerbauliche Maßnahmen und Ernte, kleinere Transporter und Lagerfahrzeuge, z.T. mit Gas- oder Elektroantrieb. Die wichtigsten Energieträger sind Treibstoff für die Fahrzeuge und Strom für die Lagerräume.

Bei Betrieb BS-1 ist in den Energiedaten zusätzlich der Laden erfasst. Bei allen Betrieben wird zusätzlich Saft und/oder Schnaps aus nicht marktfähigen Äpfeln hergestellt. Dieses findet auf dem Betriebsgelände oder bei externen Mostereien statt. Bis auf eine Ausnahme (BS-7) wird auf keinem Hof selber abgepackt und die Äpfel werden in den Großbehältern zur Vertriebsgesellschaft gebracht. Der Durchschnittswert von E_B ist 209,2 kWh/t und von E_A 126,3 kWh/t.

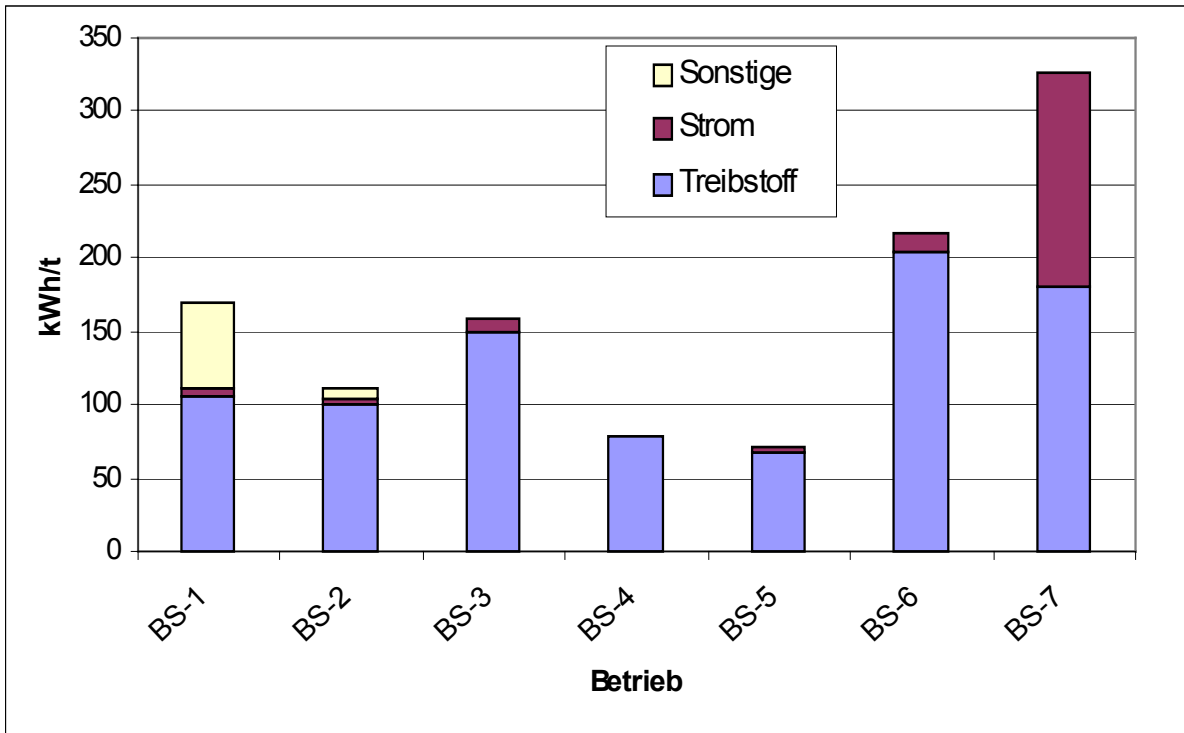


Abb. 18: E_A [kWh/t] deutscher Apfelbauern (BS) aufgetrennt nach Energieträgern [eigene Darstellung]

In den untersuchten deutschen Betrieben liegt der Endenergieumsatz des Lagers E_L zwischen 57,1 - 134,7 und der Mittelwert bei 96,0 kWh/t. Die Lagerdauer liegt bei 3 - 8 Monaten, wobei der Schwerpunkt bei 6 - 8 Monaten liegt. Die Daten des Großhändlers ergeben einen spezifischen Umsatz von 0,131 kWh/(m²*d). Für den Sommer liegen keine genauen Daten vor und mit der Angabe des ungefähren Rechnungsbetrages in diesem Zeitraum kann ein Verbrauch von 0,7 kWh/(m²*d) abgeschätzt werden. Der durchschnittliche Energieumsatz für das Lager ist somit ca. 0,4 kWh/(m²*d). Bei der Lagerung im Umschlaglager des Großhändlers ergibt sich somit ein Endenergieumsatz von 0,0192 kWh/(t*d) (1,2 m²*0,85 t*0,04).

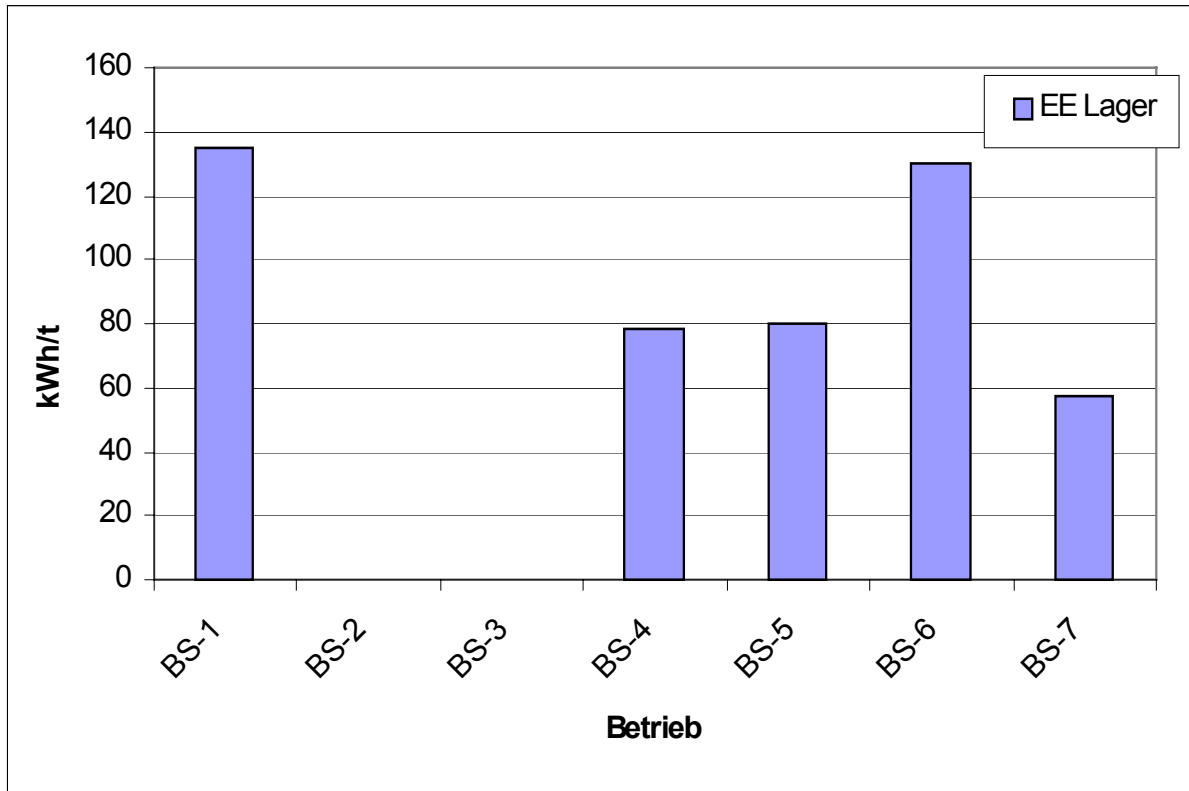


Abb. 19: E_L [kWh/t] deutscher Apfelbauern (BS) [eigene Darstellung]

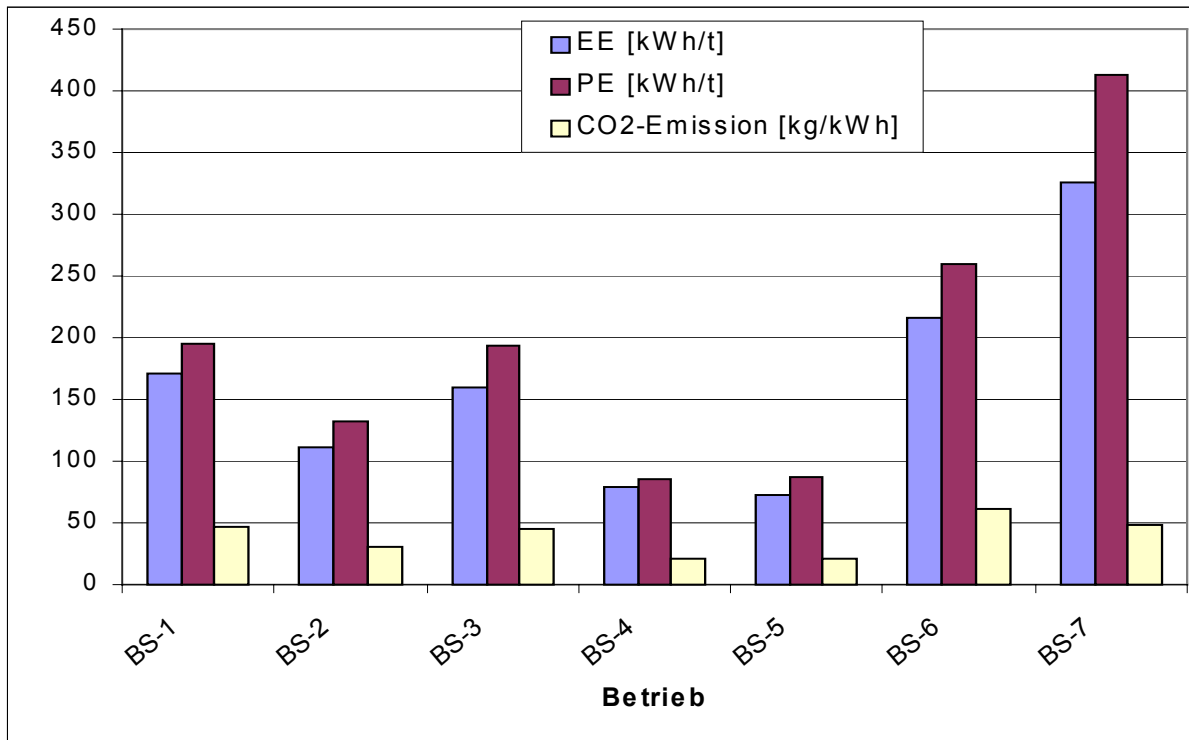


Abb. 20: Energiedaten deutscher Apfelbauern (BS) aufgetrennt nach EE-, PE-Umsatz [kWh/t] und CO₂-Emission [kg/t] [eigene Darstellung]

Südafrika

Der südafrikanische Betrieb SAW-1 baut auf einer Gesamtfläche von 596 ha neben Äpfeln auch einen geringen Anteil Birnen, Blumen und Beerenfrüchte an. Die Erntemenge ist ca. 19.633,3 t Äpfel und 1.874,8 t Birnen. Zusätzlich werden 3.884,8 t Äpfel zugekauft, d.h. die gesamte Umschlagsmenge ist 25.391 t.

Die Daten der Anbauer-Vereinigung entstammen aus den direkten Erhebungen auf den Plantagen. Diese werden als Durchschnittswerte angegeben und es können keine weiteren Rückschlüsse daraus gezogen werden. Die angegebenen Daten sind ein Treibstoffverbrauch von 404,7 l/ha und Strom 120 kWh/ha bei einem Ertrag von 60 t/ha [RABE 2003].

6.3 Der Wein-Transport

Deutschland

Innerhalb Deutschlands werden verschiedene Organisationsformen für die Transporte genutzt. Zum Einen führen größere Winzer und Genossenschaften den Transport über kürzere und auch längere Distanzen mit dem eigenen Fuhrpark durch oder Winzer bringen persönlich ihren Wein zu Kunden in der näheren Umgebung. Zum Anderen wird der Transport mit der entsprechenden Verteilungsstruktur von Speditionen und Einzelhandelsketten durchgeführt. Bis auf wenige Ausnahmen werden von allen Winzern Kunden in der näheren Umgebung beliefert. Dieses findet bei den kleineren Betrieben mit PKW statt, wird aber üblicherweise mit Kleintransportern bis ca. 3,5 t durchgeführt. Darüber hinaus ist auch der Direkt-Verkauf eine wichtige Sparte, dieser wird aber nicht weiter betrachtet.

Die Strecken, die pro Jahr gefahren werden, sind zwischen 10 und 95.000 km und im Durchschnitt 19.000 km lang. Die folgenden Abbildungen (Abb. 21- 25) zeigen die absoluten und spezifischen Energieumsätze und die CO₂-Emission aller deutschen Transporte unter Einbeziehung der in Tab. 11 angegebenen Auslastungen und Anrechnungen von Leerfahrten. Der Durchschnitt der absoluten E_T des Eigenvertriebs der deutschen Winzer ist 164,0 kWh/hl End-, 180,4 kWh/hl Primärenergie und 44,62 kg/hl CO₂.

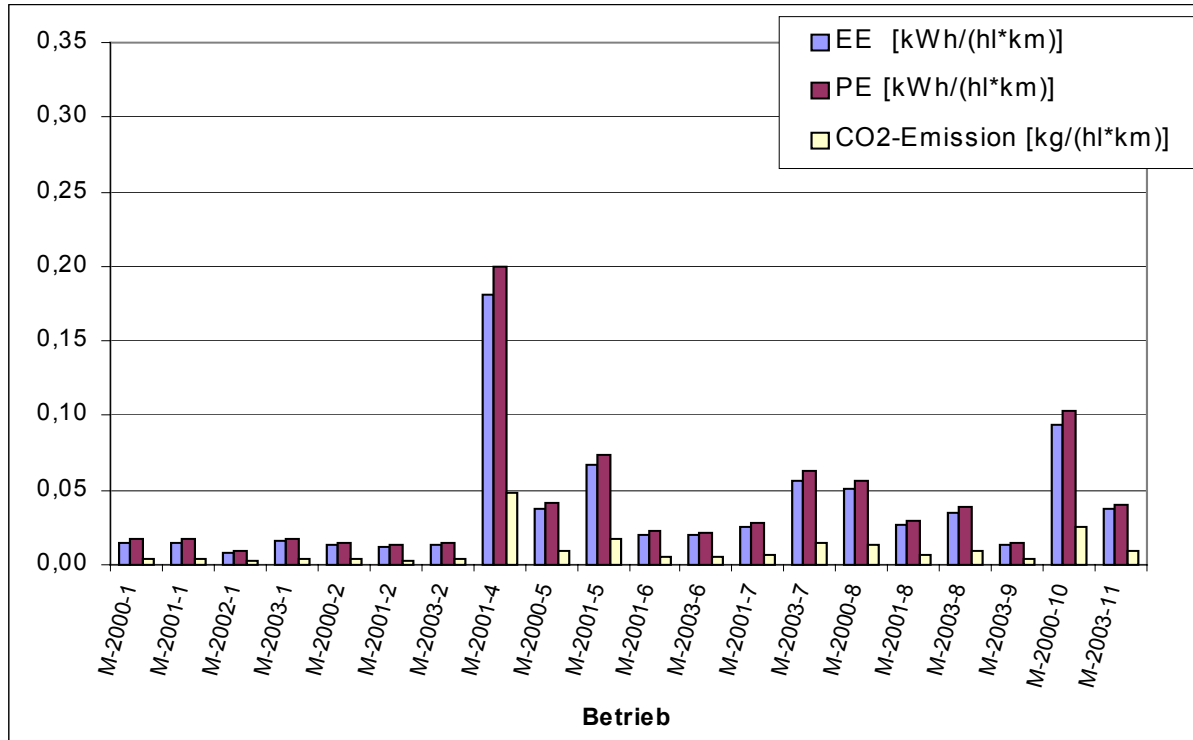


Abb. 21: Spezif. EE-, PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] und CO₂-Emission [kg/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (M) [eigene Darstellung]

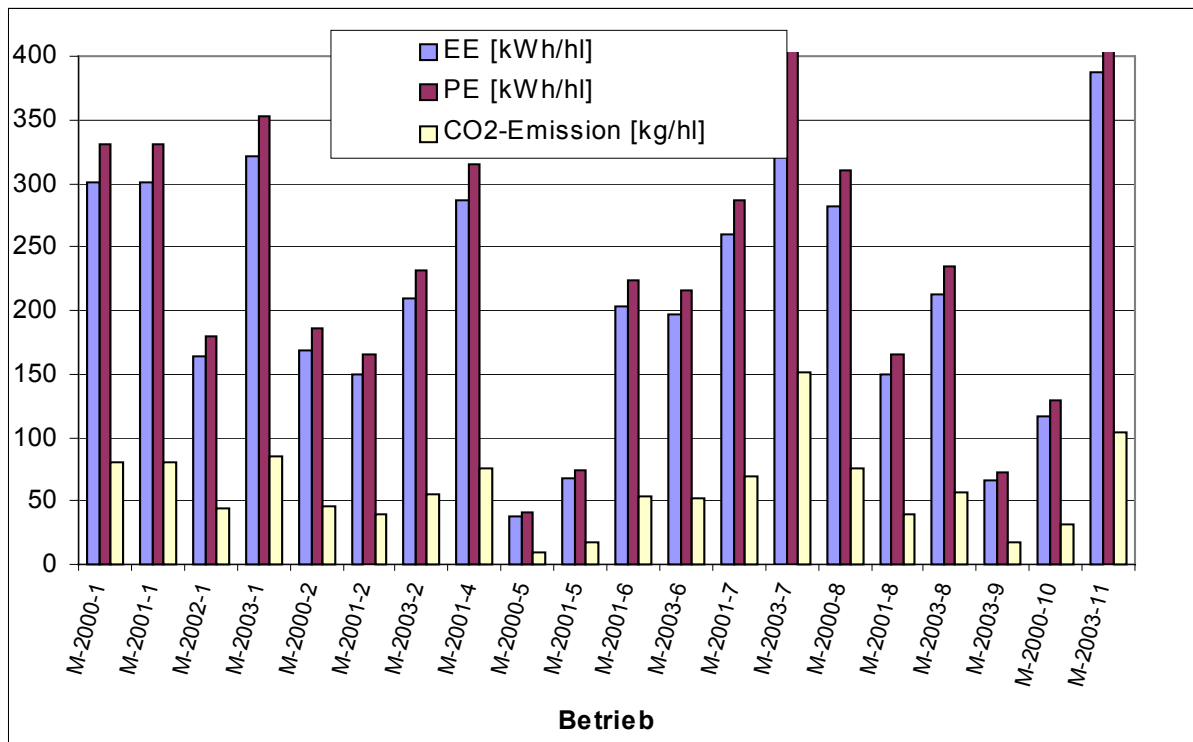


Abb. 22: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] Vertrieb Deutschland absolut (M) [eigene Darstellung]

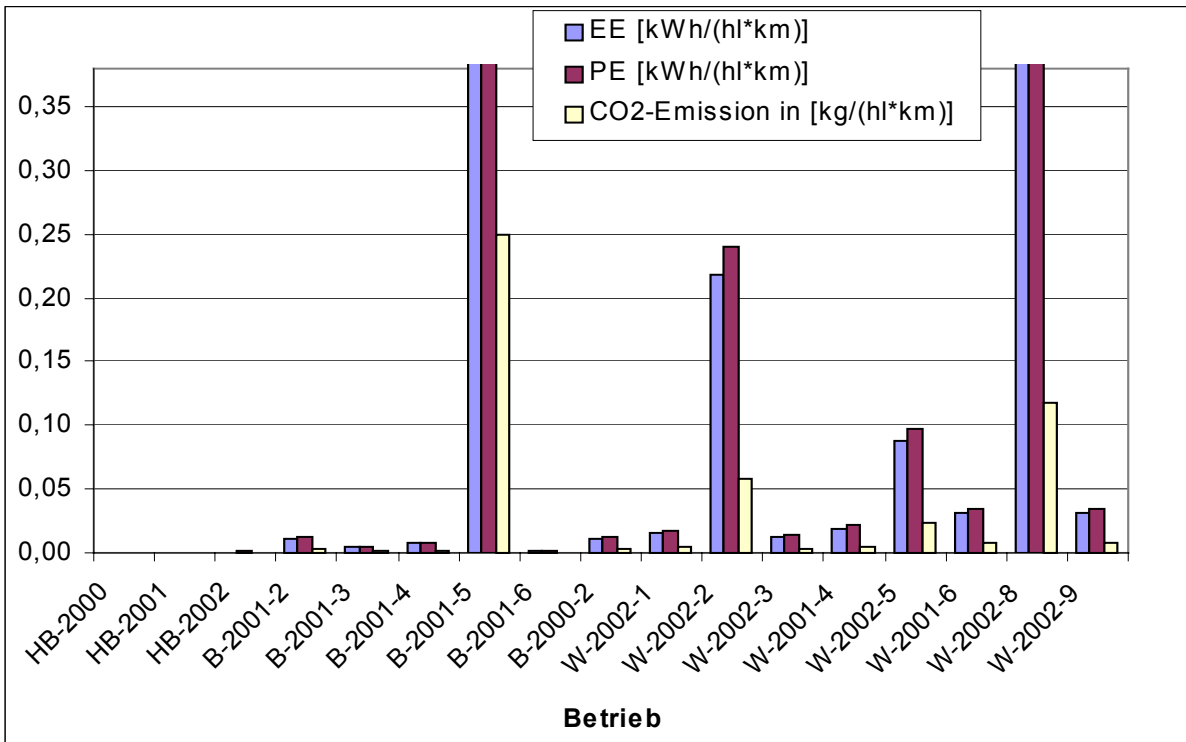


Abb. 23: Spezif. EE-, PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] und CO₂-Emission [kg/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (HB, B, W) [eigene Darstellung]

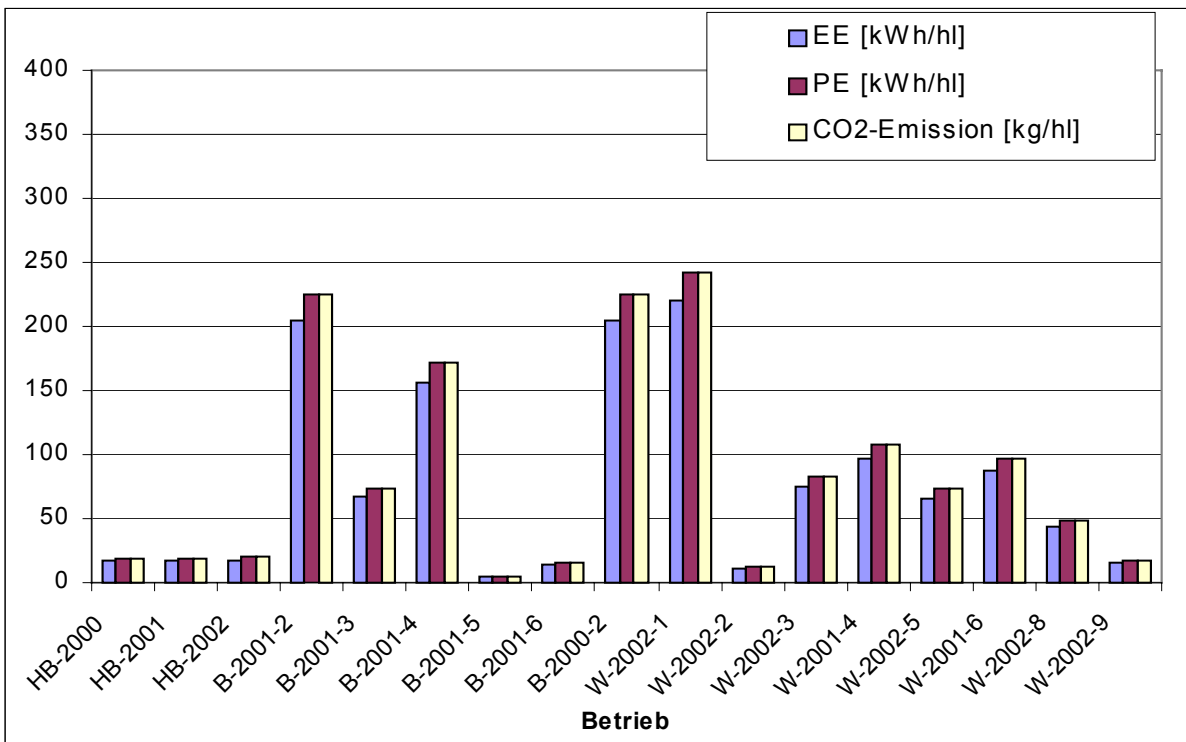


Abb. 24: EE-, PE-Umsatz [kWh/hl] und CO₂-Emission [kg/hl] Vertrieb Deutschland absolut (HB, B, W) [eigene Darstellung]

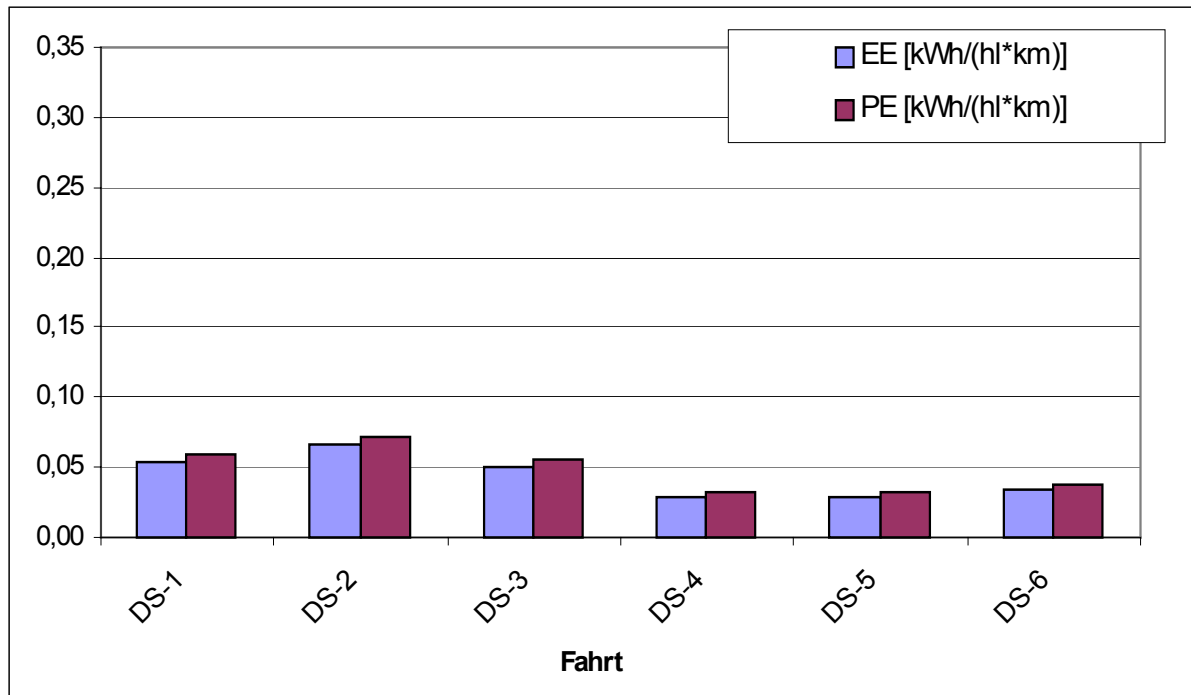


Abb. 25: Spezif. EE- und PE-Umsatz [kWh/(hl*km)] Vertrieb Deutschland (DS) [eigene Darstellung]

Wie in Tab. 12 dargestellt ist der spezifische E_T des Eigenvertriebs der Winzer 0,070 kWh/(hl*km). Die Schwankungsbreite liegt dabei zwischen 0,0007 kWh/(hl*km) und 0,94 kWh/(hl*km). Die Daten DS-1 bis DS-6 sind einzelne Teilstrecken, die Speditionen und Einzelhandelsketten für die Belieferung von deutschen Supermärkten fahren. Hier ist die Schwankungsbreite von 0,029 bis 0,066 kWh/(hl*km) und der durchschnittliche spezifische E_T ist 0,044 kWh/(hl*km).

Tab. 12: Mittelwerte (\bar{x}) der spezif. EE, PE und CO₂-Emission der Transportformen [eigene Darstellung]

	spezif. E_T		spezif. PE	CO ₂ -Emmission
	[kWh/(Fl*km)]	[kWh/(hl*km)]	[kWh/(hl*km)]	[kg/(hl*km)]
\bar{x} Winzer	$4,50 \cdot 10^{-4}$	0,070	0,082	0,020
\bar{x} DS-1-DS-6	$4,38 \cdot 10^{-4}$	0,044	0,048	0,012

Wein, der von Speditionen oder Einzelhandelsketten transportiert wird (DS-1- DS-6), fährt keine direkten Wege. Die Verteilung findet über mehrere Zwischenlager und die Belieferung der Märkte in Rundtouren statt. Die zwei Wege DW-A und DW-B ergeben die in Tab. 13

dargestellten absoluten Energieumsätze. Der erste Schritt vom Importeur in Mainz zu dem Weingroßhändler bzw. der Einzelhandelskette ist spezifisch für den Import, die restliche Transportkette ist für deutschen und importierten Wein identisch.

Tab. 13: EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission des Deutschlandvertriebs (MZ-GI) des Weingroßhändlers (DW-A) und der Einzelhandelskette (DW-B) [eigene Darstellung]

Weg	Distanz [km]	E_T		PE [kWh/hl]	CO ₂ -Emission [kg/hl]
		[kWh/FI]	[kWh/hl]		
DW-A	160	0,049	5,71	6,29	1,52
DW-B	151	0,064	7,53	8,29	2,01
\bar{x}	156	0,057	6,62	7,29	1,76

Ungarn

Der Transport des aus Ungarn importierten Weines geht immer über die Straße. Hier kann man den direkten Weg oder den Umweg über eine Vertriebsgesellschaft in Bingen (HU-4) unterscheiden. Die Energieumsätze der ausgewerteten Wege für beide Fahrzeugtypen (A, B) sind in Tab. 14 zusammengefasst. Für den Umweg über Bingen ergibt sich ein spezifischer E_T von 0,058 kWh/(hl*km) und für den direkten Weg 0,051 kWh/(hl*km). Zusätzlich wird eine Anfahrt vom Großhandelslager in Oestrich-Winkel (DS-4 + DS-5) oder dem Lager der Einzelhandelskette in Dietzenbach (DS-3 + DS-6) hinzuaddiert.

Tab. 14: Transport Wein aus Ungarn (HU): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

		Distanz [km]	E_T [kWh/Fl]	[kWh/hl]	PE [kWh/hl]	CO ₂ -Emission [kg/hl]
1	HU-4-A	1.230	0,36	41,6	45,8	11,7
2	HU-4-B	1.230	0,73	85,1	93,6	22,6
3	\bar{x} HU-4 (1,2)	1.230	0,54	63,3	69,7	16,8
4	DS-4 + DS-5			3,9	4,3	1,0
5	Summe (3,4)			67,2	74,0	17,8
6	HU _{dir} -A	1.095	0,32	37,0	40,8	9,9
7	HU _{dir} -B	1.095	0,65	75,7	83,3	20,2
8	\bar{x}_{dir} (6,7)	1.095	0,48	56,4	62,0	15,1
9	DS-3 + DS-6			4,7	5,2	1,3
10	Summe (8,9)			61,1	67,2	16,4

Südafrika

Der Transport nach Europa findet fast ausschließlich per Schiff statt. Dieser wird hauptsächlich von Exporteuren organisiert, die die Abholung zum Hafen von Speditionen durchführen lassen. Der durchschnittliche spezifische E_T aller Transporte ist 0,091 kWh/(hl*km) und für SAW-10 0,038 kWh/(hl*km). Die durchschnittlichen Umsätze dieser Transporte und der Umsatz von SAW-10 sind in Tab. 15 dargestellt.

Tab. 15: Transport Wein in Südafrika (SAW): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

	Distanz [km]	E_T		PE [kWh/hl]	CO ₂ -Emission [kg/hl]
		[kWh/FI]	[kWh/hl]		
\bar{x} SAW-1 – SAW-9	57	0,039	5,15	5,66	1,37
SAW-10	65	0,019	2,50	2,75	0,66

Die Ergebnisse der Berechnung des Energieumsatzes des Seetransportes sind in Tab. 16 dargestellt. Die Bandbreite der Energieumsätze ist 110,6 kWh/hl bis 231,6 kWh/hl. Der Vergleich der drei ausgewerteten Schiffstypen zeigt, dass der reine Containertransport der effizienteste ist. Der spezifische E_T für den Seetransport bis Rotterdam/Antwerpen ist 0,016 kWh/(hl*km).

Tab. 16: Seetransport Wein: EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

	Distanz [km]	E_T		PE [kWh/hl]	CO ₂ -Emission [kg/hl]
		[kWh/FI]	[kWh/hl]		
\bar{x} Seetransport CT bis AW/RT	11.418	1,40	186,4	205,0	52,4
Seetransport SAW-10	11.462	0,42	56,1	61,7	15,77

Ab Antwerpen werden drei Transportformen für den Weg nach Mainz (AW-MZ) genutzt. Dieses ist der Straßen- (-A), Zug- (-B) und Binnenschiff- (-C) Transport. Ab dem Lager in Mainz ist der Weg zum POS entsprechend den Strecken DW-A und DW-B. Der Weg von SAW-10 geht von Bremerhaven über Oldenburg nach Giessen. Dieses findet per Straßentransport statt. Dadurch ergeben sich die Umsätze D-SAW-10. Alle Ergebnisse werden in Tab. 17 zusammengefasst. Es ergibt sich also für den Transport von 1 hl Wein aus Südafrika der Betriebe SAW-1 – SAW-9 bis zum POS ein durchschnittlicher E_T von 210,8 kWh. Damit verbunden ist eine CO₂-Emission von 59,9 kg/hl. Für den Betrieb SAW-10 ist E_T 74 kWh/hl und die CO₂ Emission 4,87 kg/hl.

Tab. 17: Transport Wein Antwerpen (AW) bis Giessen (GI): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

		Distanz [km]	E_T		PE [kWh/hl]	CO ₂ Emission [kg/hl]
			[kWh/F1]	[kWh/hl]		
1	AW-MZ-A	376	0,10	12,7	14,0	3,4
2	AW-MZ-B	448	0,08	10,4	30,1	6,2
3	AW-MZ-C	540	0,10	12,9	14,2	3,4
4	\bar{x} (1,2,3)		0,09	12,0	19,4	4,3
5	\bar{x} DW-A/DW-B (Tab. 13)	156	0,06	6,6	7,3	1,8
6	Summe \bar{x} (4,5)		0,15	18,6	26,7	6,1
7	D-SAW-10	455	0,12	15,4	16,9	4,1

6.4 Der Apfel-Transport

Deutschland

Der Transport von Äpfeln, die von der Niederelbe (Altes Land) oder vom Bodensee nach Giessen kommen, wird in Tab. 18 & 19 zusammengefasst. Der spezifische E_T der Niederelbe (DA-A/DA-B) inkl. E_K ist 0,31 kWh/tkm. Der spezifische E_T vom Bodensee (DA-C/DA-D) inkl. E_K ist 0,34 kWh/tkm.

Tab. 18: Transport Apfel innerhalb Deutschlands (Niederelbe): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

		Distanz [km]	E_T [kWh/t]	PE [kWh/t]	CO ₂ -Emission [kg/t]
1	DA-A	592	146,4	161,0	39,0
2	DA-B	496	115,5	127,1	30,7
3	\bar{x} (1,2)	544	131,0	144,1	34,9
4	E_K		13,6	15,0	3,6
5	Summe (3,4)		144,6	159,1	38,5

Tab. 19: Transport Apfel innerhalb Deutschlands (Bodensee): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

		Distanz [km]	E_T [kWh/t]	PE [kWh/t]	CO ₂ -Emission [kg/t]
1	DA-C	482	122,0	134,2	32,5
2	DA-D	457	160,3	176,3	42,6
3	\bar{x} (1,2)	469,5	141,2	155,3	37,5
4	E_K		11,7	12,9	3,1
5	Summe (3,4)		152,9	168,2	40,6

Südafrika

Der erste Schritt der Transportkette ist der Weg von der Plantage/Lagerung zum Hafen. Dieser wird ähnlich den Weintransporten mit offenen LKW oder als Containerladung organisiert. Der Durchschnittswert E_T aus den wichtigsten Anbaugebieten ist 67,3 kWh/t und 69,5 kWh/t, wenn E_K mit eingerechnet wird. Der Transport aus Freestate kann als Ausnahme angesehen werden und wird daher in der Durchschnittswertbildung nicht mit einbezogen. In Kapstadt dauert die Beladung des Schiffes ca. 2 Tage. Der Umsatz der Hilfsmotoren beim Laden und Entladen liegt zwischen 31 – 80 kWh/t. Dieser fällt, neben dem Umsatz der Besatzung, für den Ladeprozess und die Kühlung an. Die Äpfel werden in Rotterdam entladen und auf der Straße zum POS gebracht. Alle Energieumsätze der drei Abschnitte der Transportkette werden in Tab. 20 - 22 zusammengefasst. Die spezifischen E_T für den Binnentransport in Südafrika (1. Abschnitt, Tab. 20) liegen zwischen 0,291 und 0,653 kWh/tkm. Hierbei haben die kurzen Strecken generell ungünstigere Werte, da beide Wege dem Apfeltransport zugerechnet werden. Der durchschnittliche spezifische E_T ist 0,44 kWh/tkm. Der zusätzliche Umsatz für die Kühlung E_K ist ab Ceres 2,56 kWh/t, ab Langkloof 6,4 kWh/t und ab Freestate 24 kWh/t. Der Anteil der Kühlung beim 1. Abschnitt ist bei der Betrachtung der Strecken SAA-1 bis SAA-4 3,2 %. Der durchschnittliche spezifische E_T für den 2. Abschnitt (Seetransport, Tab. 21) ist 0,123 kWh/tkm. Für die Kühlung wird ein Anteil von ca. 11,8 % (0,0144 kWh/tkm) abgeschätzt. Der europäische Binnentransport (3. Abschnitt, Tab. 22) hat einen spezifischen E_T von 0,35 kWh/t. Die Kühlung nimmt hier einen Anteil von 9,1 % ein.

Tab. 20: Binnentransport Apfel Südafrika (SAA): EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

	Distanz [km]	E_T [kWh/t]	PE [kWh/t]	CO ₂ -Emission [kg/t]
SAA - CT	183	67,3	74,0	17,9
+ E_K		2,2	2,0	0,5
Summe		69,5	76,0	18,4
Ausnahme Freestate	1.500	409,7 + 24,0	480,7	116,2

Tab. 21: Seetransport Apfel: EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

Strecke	Distanz [km]	E_T [kWh/t]	PE [kWh/t]	CO ₂ -Emission [kg/t]
Seetransport CT - AW/RT	11.545	1.418,8	1.560,6	398,7
Schätzwert E_K		167,2	184,0	47,0

Tab. 22: Binnentransport Apfel Europa: EE-, PE-Umsatz und CO₂-Emission [eigene Darstellung]

Strecke	Distanz [km]	E_T [kWh/t]	PE [kWh/t]	CO ₂ -Emission [kg/t]
RT - GI	524	130,5	143,6	34,7
+ E_K		13,1	14,4	3,5
Summe		143,6	158,0	38,2

7 Diskussion

7.1 Diskussion der Ergebnisse

Wie in der Einleitung erwähnt, sollen die Ergebnisse für die Beantwortung zweier Fragen genutzt werden. Die eine Fragestellung, die im Rahmen dieser Studie betrachtet werden soll, ist die Gültigkeit von „Ecology of Scale“ für die ausgewählten Produkte. Diese Hypothese entstammt einer Fallstudie der regionalen und überregionalen Lamm- und Fruchtsaftproduktion von [FLEISSNER 2001] und [SCHLICH 2005] und wird in Kapitel 2.1.4 genauer erläutert. Nun soll für die vorliegenden Ergebnisse geprüft werden, ob diese Hypothese für die hier untersuchten Produkte Wein und Äpfel bestätigt werden kann. Die andere Fragestellung ist, welche Referenzwerte für Betriebsgrößen durch die vergleichende Energiebilanzierung ermittelt werden können. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Frage, welcher Energieumsatz als „günstig“ anzusehen ist oder welche Betriebsgröße als optimal angesehen werden kann, um energieeffizient zu arbeiten. Hierfür bieten sich verschiedene Größen als Maßstab an. Die Studie der [EVA 2001a,b,c] verwendet das Verhältnis von tatsächlichem zu vorhergesagtem Energieumsatz der Betriebsgröße. Diese Form der Auswertung hat für die einzelnen Betriebe das Ergebnis „Betrieb arbeitet für seine Größe energieeffizient/nicht energieeffizient“. [FÜSER 2001] sieht es dagegen als Ziel des Benchmarks, sich am „Besten“ zu orientieren und zu fragen, was ihn zum „Besten“ macht. Dieses ist für einen Betrieb allerdings nur sinnvoll, wenn der Wille zur Veränderung vorliegt. In dieser Auswertung wird das arithmetische Mittel \bar{x} als Empfehlung für die untersuchten Betriebe ausgewählt. In der folgenden Diskussion der Ergebnisse wird nun genauer betrachtet, wie sich E_B mit der Zunahme der Betriebsgröße¹ verhält, wie sich die Durchschnittswerte und Regressionen der verschiedenen Länder unterscheiden und welche Betriebsgröße anhand der Regressionsgeraden dem erwünschten Durchschnittswert zuzuordnen ist.

¹ Gemessen als Durchsatz- oder Erntemenge.

7.1.1 Energieumsätze der Betriebe im regionalen Unterschied

Wein

Die Darstellung von E_B bezogen auf Durchsatzmenge und Region ergibt folgendes Bild (Abb. 26). Für die Darstellung werden die Regionen B und W wegen der räumliche Nähe zusammengefasst.

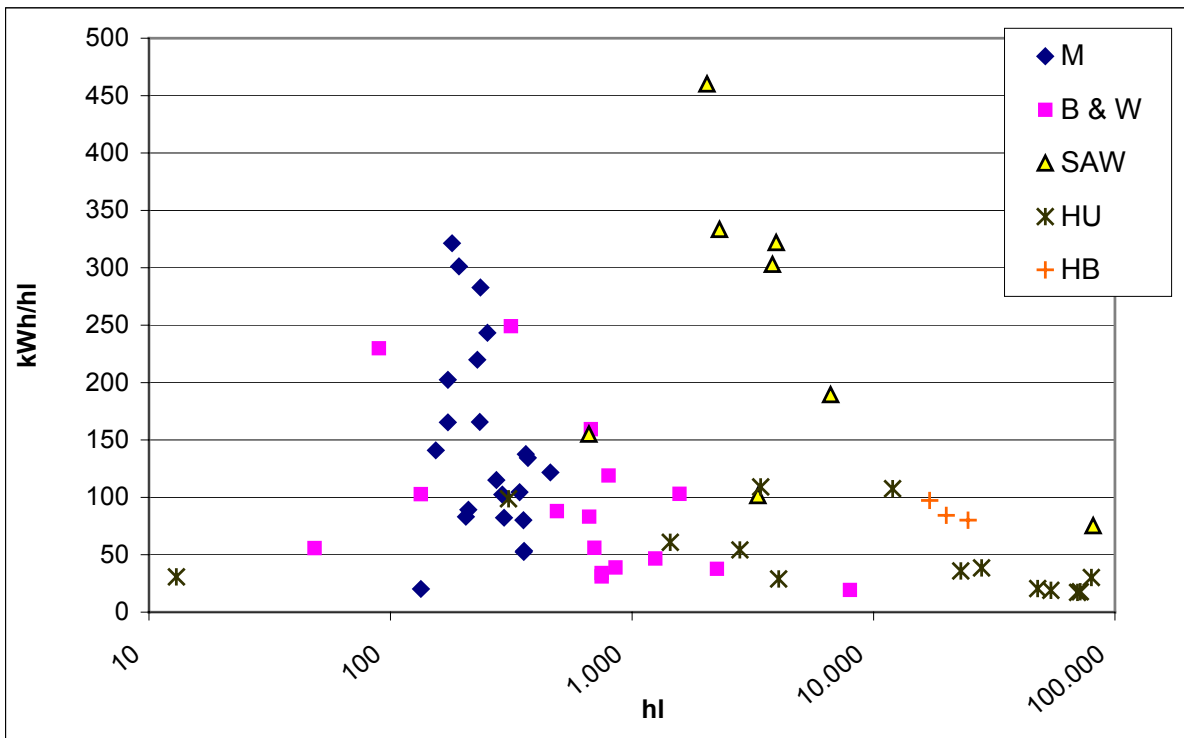


Abb. 26: E_B [kBWh/hl] der Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (M, B & W, SAW, HU, HB) [eigene Darstellung]

Wie schon in Kapitel 3.1.1 erläutert, sind die deutschen Anbaugebiete sehr unterschiedlich in der Betriebsgrößenverteilung. In der Darstellung zeigt sich ein hoher Anteil kleiner Betriebe im Anbaugebiet Mosel (M) mit den höchsten E_B dieser Studie. Die Betrachtung der Verteilung der deutschen Betriebe (M, B & W, HB) und der südafrikanischen Betriebe (SAW) zeigt eine Abnahme des E_B mit zunehmender Durchsatzmenge. Dieses bestätigt die Theorie der „Ecology of Scale“. Die Verteilung SAW ist allerdings stärker nach rechts verschoben, was auf einen regional bedingten Einfluss schließen lässt, der später noch genauer betrachtet wird. Die ungarischen Betriebe (HU) sind dagegen ohne diesen typischen Kurvenverlauf im Bereich um 100 kBWh/hl angesiedelt.

Zwei Ausreißer, die geringe Mengen verarbeiten (B-5, HU-11) sind in der Lage vieles per Hand zu erledigen und haben dadurch einen geringen Energieumsatz. Hier kann allerdings davon ausgegangen werden, dass diese Produktionsform für eine Bedarfsdeckung des aktuellen Konsums (siehe Kapitel 3.1) nicht ausreichend ist.

Im Gesamtbild zeigt sich eine bessere Energieeffizienz bei größeren Durchsatzmengen. Um nun einen Richtwert für ein Benchmark zu finden, ist zu überlegen, an welchem Punkt, bzw. mit welcher Betriebsgröße energieeffizient gearbeitet werden kann. Dieser Punkt ist natürlich sehr subjektiv, da es dafür keine Definition gibt. Auch bei der Akkreditierung eines Betriebes nach der DIN ISO 14000ff werden hierfür keine Grenzwerte festgelegt, sondern nur der Ist-Zustand erhoben und eventuell eine Optimierung empfohlen. In der Ökonomie werden die ökonomisch sinnvollen Betriebsgrößen und Produktionsmengen (Break Even Point/ Gewinnschwelle) anhand eines Rechenmodells ermittelt, bei dem Fixkosten und variable Kosten der Produktion ins Verhältnis zum Preis gesetzt werden. Die Kalkulation wird also auf eine monetären Ebene bezogen. Bei dieser Studie wird der Preis der Produkte nicht mit einbezogen, da dieses für die Bearbeitung der Frage nach energieeffizienter Produktion nicht sinnvoll ist. Es kann sich durch die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte ein Unterschied ergeben [NOTARNICOLA 2003], aber zum Einen wird dieses durch die Betrachtung des gesamten Betriebes ausgeglichen und zum Anderen sollte die Produktion hochwertiger Weine nicht zwangsläufig uneffizienter sein. Daher muss für die Beantwortung dieser Fragestellung ein anderes Rechenmodell angewendet werden. Im folgenden Abschnitt wird darauf genauer eingegangen.

In Abb. 27 - 29 wird E_B nach Regionen differenziert dargestellt und die von Excel ermittelte Trendgleichung mit dem höchsten Bestimmtheitsmaß R^2 eingetragen. Die Werte sind ohne mehrere Gipfel verteilt und daher kann der arithmetische Mittelwert \bar{x} oder der Median als Richtwert verwendet werden. Der arithmetische Mittelwert ist die Grundlage, auf der, anhand der Methode der kleinsten Quadrate, die Regression berechnet wird. Daher wird bei der Auswertung \bar{x} als Richtwert verwendet und in der Trendgleichung für y eingesetzt. Für die Berechnung der Regression werden Betriebe aus dem Datenpool herausgenommen, die aufgrund der Datenlage oder besonderen Produktionssituation als Ausreißer anzusehen sind. Dieses sind für Deutschland zum Einen B-6, weil die Daten darauf schließen lassen, dass sie nicht den ganzen Betrieb repräsentieren und zum Anderen B-5, der als manuell arbeitender

Betrieb unter anderen Konditionen produziert, als die restlichen hier auszuwertenden Betriebe. Das Gleiche gilt für den ungarischen Betrieb HU-11.

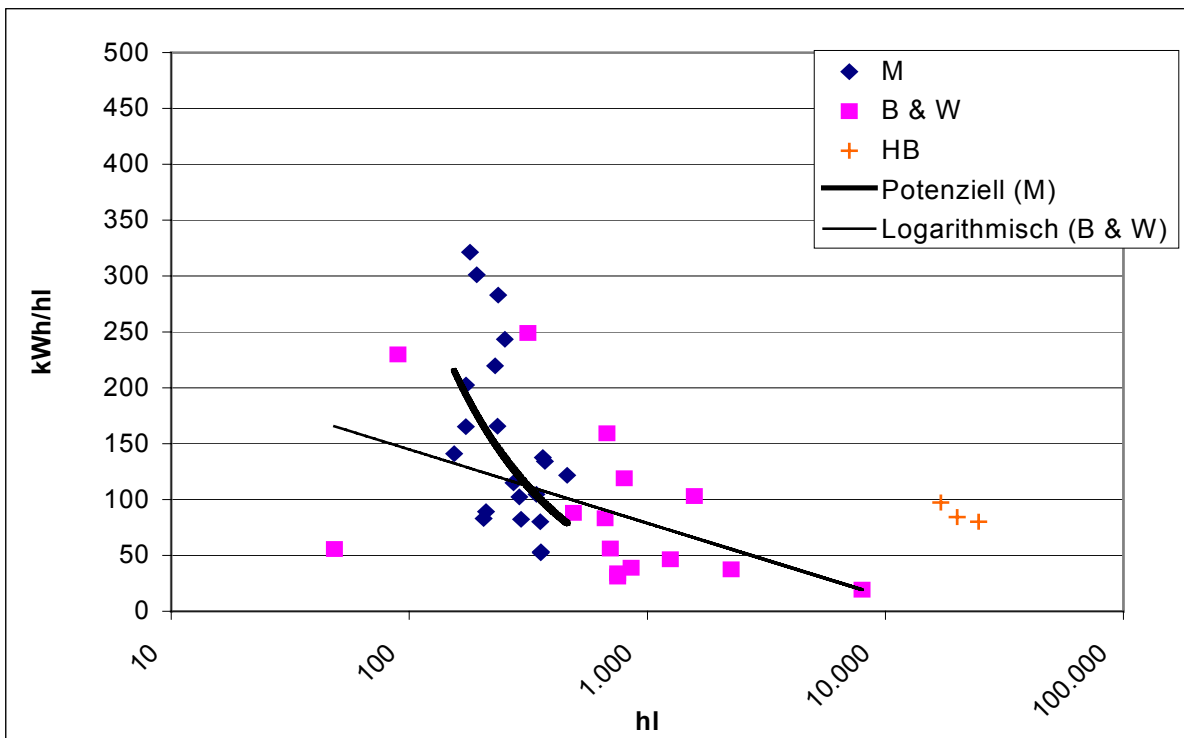


Abb. 27: E_B [kWh/hl] deutscher Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Region (M, HB, B & W) [eigene Darstellung]

Diese Darstellung ergibt für die Berechnung der Regressionsgerade B & W:

$$y = -76,23 \ln(x) + 590,26$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,60$. Ohne die Ausreißer ist \bar{x} des E_B 97,7 kWh/hl. Unter Verwendung dieser Gleichung für die Abschätzung der optimalen Durchsatzmenge ergibt sich für die Region Baden-Württemberg ein Wert von 640,0 hl.

Für die Region M ist die Gleichung der Regressionsgerade:

$$y = 21.747 x^{-0,9166}$$

Das Bestimmtheitsmaß ist $R^2 = 0,29$. Mit einem $\bar{x} = 152,0$ kWh/hl ist die optimale Durchsatzmenge 224,9 hl.

Für den Betrieb HB wird wegen des geringen Datensatzes keine Auswertung vorgenommen.

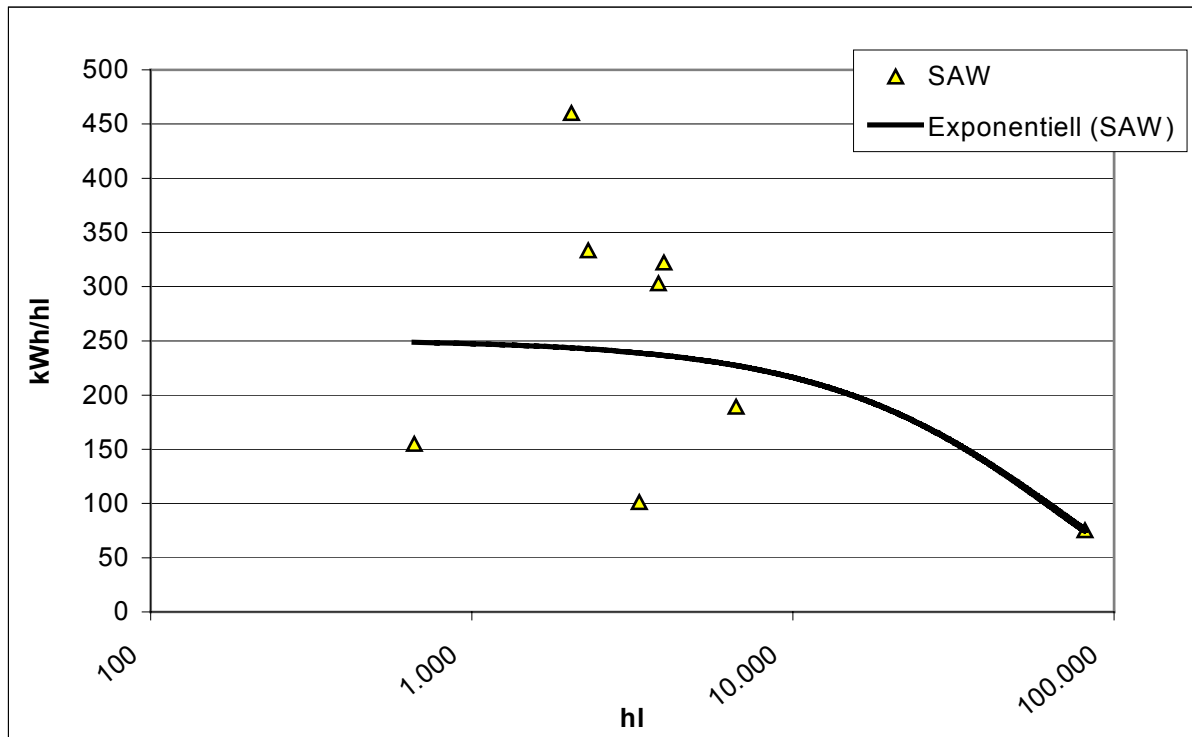


Abb. 28: E_B [kWh/hl] südafrikanischer Weinbetriebe (SAW) bezogen auf Durchsatzmenge [hl] [eigene Darstellung]

Für Südafrika ergibt die Berechnung der Regressionsgerade:

$$y = 251 e^{-1E-05 \cdot X}$$

Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist 0,42. Für $\bar{x} = 242,5$ kWh/hl ist die optimale Durchsatzmenge 3.445,1 hl.

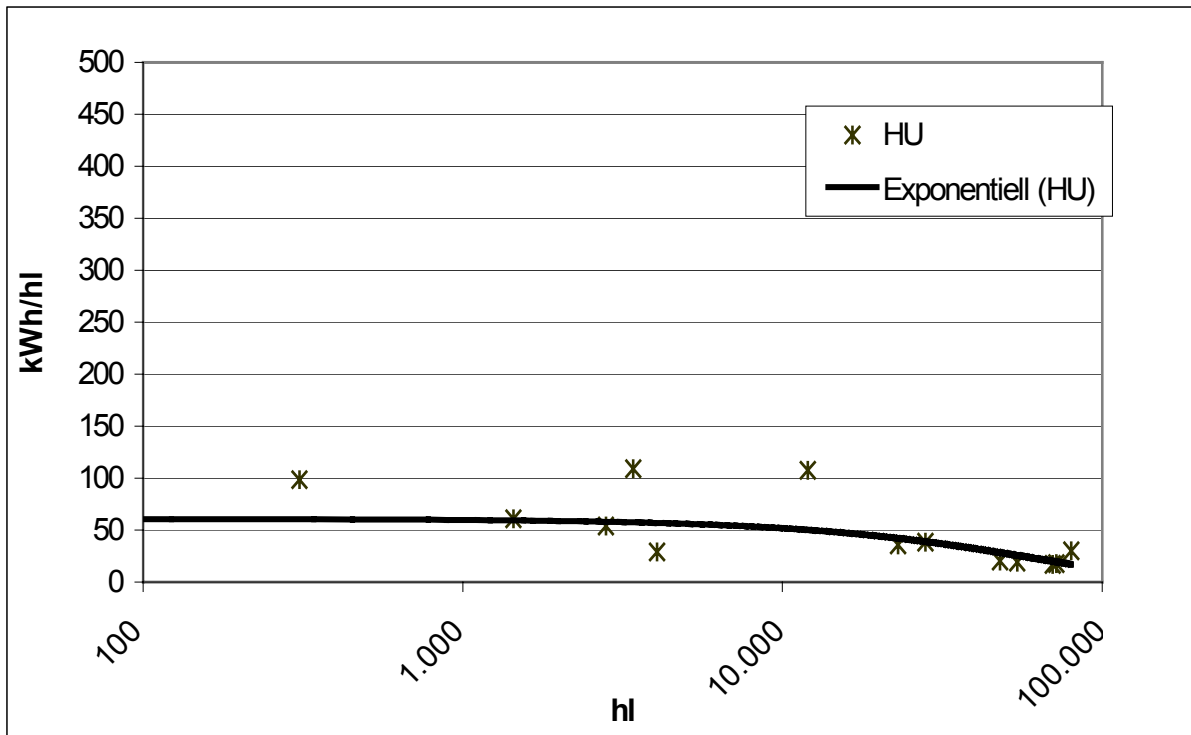


Abb. 29: E_B [kWh/hl] ungarischer Weinbetriebe (HU) bezogen auf Durchsatzmenge [hl] [eigene Darstellung]

Für Ungarn ergibt die Berechnung der Regressionsgerade:

$$y = 67,834 e^{-2E-05x}$$

Das Bestimmtheitsmaß ist $R^2 = 0,61$. Für $\bar{x} = 49,1$ kWh/hl ergibt sich eine optimale Durchsatzmenge von 16.160,2 hl.

Gerade bei der Produktion der elektrischen Endenergie können sich regionale Unterschiede ergeben. Um diese Differenzen auszugleichen werden alle Endenergieumsätze in Primärenergie umgerechnet (siehe Tab. 11). Diese erhaltenen Werte werden in Abb. 30 & 31 mit den dazugehörigen Regressionsgeraden dargestellt.

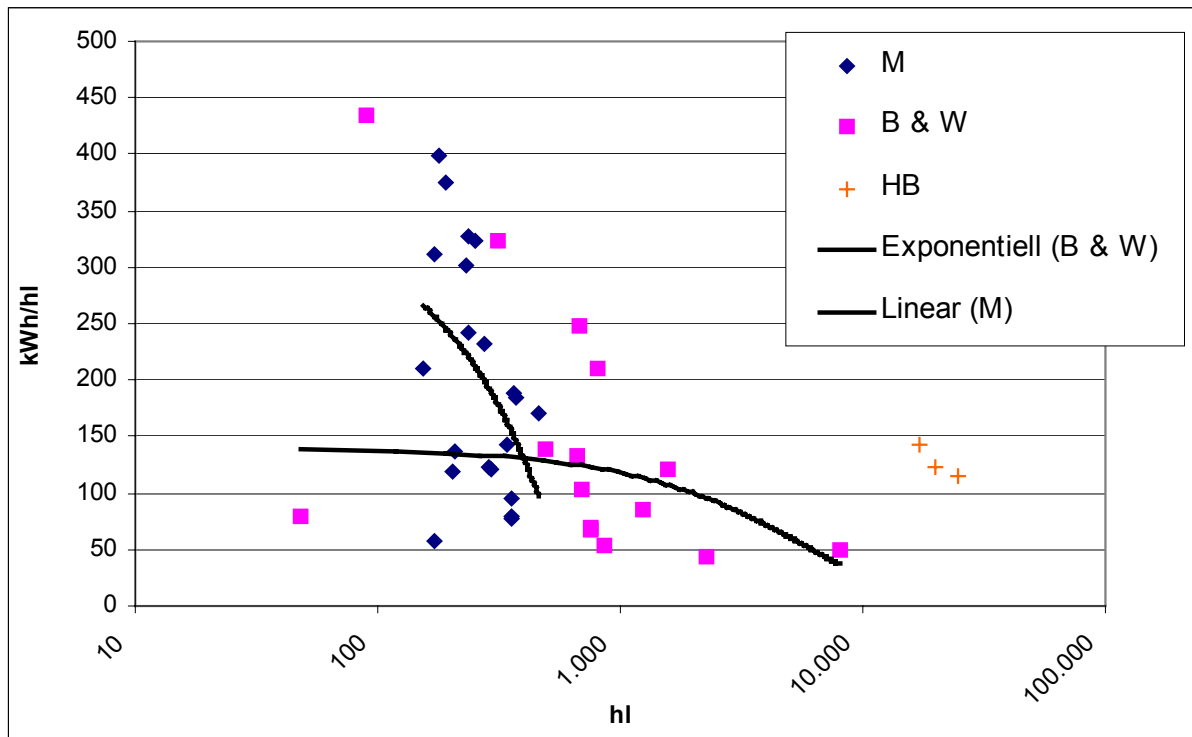


Abb. 30: PE-Umsatz [kWh/hl] der Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (B & W, HB, M) [eigene Darstellung]

Die Formel der Regressionsgraden für Baden-Württemberg (B & W) lautet:

$$y = -134,67 \ln(x) + 1.029,2$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,74$. \bar{x} der Primärenergieumsätze ohne Ausreißer ist 159,1 kWh/hl. Das Einsetzen dieses Wertes in die Gleichung ergibt eine optimale Durchsatzmenge von 639,7 hl.

Die Regressionsgerade für die Region Mosel lautet:

$$y = -0,5516 x + 350,99$$

mit einem R^2 von 0,20. \bar{x} ist 201,2 kWh/hl und es ergibt sich eine optimale Durchsatzmenge von 271,6 hl.

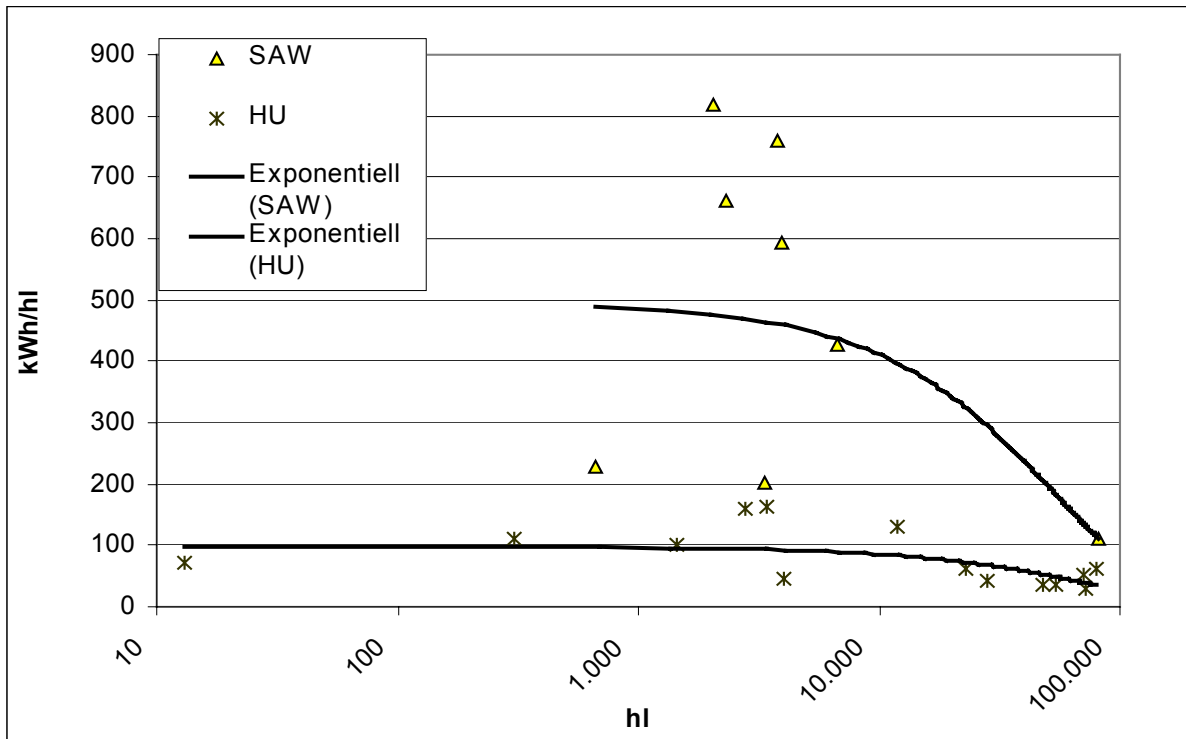


Abb. 31: PE-Umsatz [kWh/hl] der Weinbetriebe bezogen auf Durchsatzmenge [hl] und Regionen (SAW, HU) [eigene Darstellung]

Die Formel für die Regressionsgrade Südafrika ist:

$$y = 493,61 e^{-2E-05x}$$

mit einem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,47$. \bar{x} ist 475,0 kWh/hl und für die Berechnung ergibt sich eine optimale Durchsatzmenge von 1.923,7 hl.

Die Formel für die Regressionsgerade Ungarn lautet:

$$y = 623,15 x^{-0,2363}$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,49$. \bar{x} ist 79,6 kWh/hl und es ergibt sich eine optimale Durchsatzmenge von 6.050 hl.

Hier ergibt sich die Situation, dass sich durch die Verwendung der Primärenergie als Richtwert die optimale Betriebsgröße bei SAW und HU reduziert. Dieses Phänomen beruht darauf, dass sich durch die Erhöhung von \bar{x} durch die Umrechnung sozusagen der „Anspruch“ reduziert, wogegen sich die Gleichungen der Regressionsgraden nur wenig verändern. Dieser Vergleich zeigt, dass die Differenzierung nach Energieformen sehr unterschiedliche Werte ergibt und mit

der Energieform „Endenergie“ ein strengeres Maß angelegt wird. Aus dem gleichen Sachverhalt ergibt sich, dass für ungarische Betriebe, obwohl sie effizienter arbeiten, die optimale Betriebsgröße über der von Südafrika liegt. Dieses lässt sich auch dadurch erklären, dass \bar{x} geringer ist als in Südafrika und die Betriebe dadurch weitaus effizienter arbeiten müssen, um diesen Richtwert zu erreichen. An diesem Beispiel lässt sich die Notwendigkeit der regionalen Anpassung verdeutlichen. Die Verwendung eines allgemein gültigen Richtwertes wird für ungarische Betriebe eine technische Unterforderung und für südafrikanische eine Überforderung bedeuten. Genauso können die Betriebe M nicht mit den Betrieben B & W verglichen werden. Daher ergibt es Sinn, für die Interpretation von E_B und der Ermittlung eines Richtwertes regionale Bedingungen in Betracht zu ziehen, um eine Fehlinterpretation zu vermeiden.

Wie schon erläutert, weisen auch deutsche und südafrikanische Betriebe die typische Abnahme des Energieumsatzes mit zunehmender Betriebsgröße auf, die durch „Ecology of Scale“ beschrieben wird. Zwar sind die Bestimmtheitsmaße R^2 der Regression teilweise gering und nicht für einen statistischen Beweis geeignet, doch zeigen die Verteilungen der spezifischen E_B und die dazugehörigen Trendgeraden die entsprechende Entwicklung. Bei den deutschen Regionen sind deutliche Unterschiede festzustellen. In Baden-Württemberg (B & W) sind die Betriebe größer und ein hohes R^2 weist darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen E_B und Durchsatzmenge gegeben ist. Das Bestimmtheitsmaß fällt dagegen in der Region Mosel (M) besonders gering aus. Wie [MÜLLER 1997] feststellt, ist die Betriebsgröße in dieser Region unterdurchschnittlich gering und der hohe Anteil von Steillagen erfordert besondere Bearbeitungstechniken. Das Ausmaß in dem diese angewendet werden, kann ein Grund für die hohe Schwankungsbreite von E_B sein.

Die Verschiebung der Kurve der südafrikanischen Betriebe wirft allerdings die Frage auf, warum trotz betriebswirtschaftlich optimaler Bedingungen nicht energieeffizient gearbeitet wird. [FÜSER 2001 S. 97] weist darauf hin, dass beim Benchmark-Prozess nicht nur eindeutige Kennzahlen (hard facts), sondern auch weniger einfach zu ermittelnde weiche Kriterien (soft facts) von Bedeutung sind. Dieses zeigt sich bei den südafrikanischen Betrieben darin, dass die Steigerung der Energieeffizienz durch größere Anlagen nicht in der Form umgesetzt wird, wie es in Ungarn oder Deutschland der Fall ist. Zwei Kriterien, die für Südafrika in Betracht gezogen werden können, sind das geringe Interesse beim Thema Energie [BFAI

2006] und das ungünstige Klima zur Erntezeit. Die durchschnittlich höhere Temperatur zur Erntezeit [WETTER.COM 2007] erfordert einen entsprechenden Einsatz von Kühlung, die den Energieumsatz erhöht. Dazu kommt ein geringes Interesse an Einsparungen. Dieses zeigt sich vor allem darin, dass gekühlte Einheiten z.B. Lagerräume wenig isoliert werden und offenstehende Türen bei laufender Klimaanlage zusätzliche Verluste verursachen [ZEITVOGEL 2004].

Bei den vorgestellten Literaturquellen gibt es wenige Beispiele, bei denen die gesamte Auswertung des Energieumsatzes mit Daten zur Betriebsgröße vorliegen, wie sie zum Vergleich benötigt werden. Dafür zu verwenden sind [ARDENTE 2006] und [PIZZIGALLO 2006], die beide Betriebe in Italien auswerten. Bei [ARDENTE 2006] ist E_B 135 kWh/hl bei einem Durchsatz von 9.520 hl. Die Betriebe von [PIZZIGALLO 2006] haben E_B von a) 51,8 kWh/hl und b) 80,9 kWh/hl und eine Durchsatzmenge von a) 350 hl und b) 2.940 hl. Die drei Betriebe stehen für die gesamte Bandbreite von Betriebsgrößen und unterschiedlichen Produktionsformen (siehe Kapitel 3.1.2). Es ist auffällig, dass entgegen der „Ecology of Scale“-Theorie der größte Betrieb den höchsten E_B hat. Dieses lässt sich mit der Hypothese des regionalen Einflusses erklären, da dieser Betrieb in Sizilien liegt und die beiden anderen im Norden in der Region Siena. Laut [WETTER.COM 2007] liegt das mittlere tägliche Minimum zur angenommenen Erntezeit (September/Oktober) im Norden bei 11-16 °C und im Süden bei 15-18 °C. Diese Temperaturunterschiede könnten den höheren Energieumsatz des sizilianischen Betriebes erklären. Bei der Darstellung im Diagramm ordnet er sich in die Kurve der südafrikanischen Betriebe ein. Für den regionalen Vergleich sind die Daten der GWF-Ökobilanz zu verwenden. Die GWF ist mit einem Durchsatz von 100.760 hl im Jahr einer der größten Betriebe, für den Literaturdaten vorliegen. Der E_V für den gesamten Betrieb ohne Anbau ist 67,3 kWh/hl [GWF 1996]. Dieses liegt im gleichen Rahmen wie die Winzergenossenschaft HB mit 47,2 bis 64,2 kWh/hl für die reine Verarbeitung. Laut der Regressionsgleichung könnten beide Betriebe mit einem weitaus geringeren Umsatz arbeiten, was aber bei beiden trotz großem Interesse an Einsparungen [WEBER 2006] und Verwendung entsprechender Technologien (Rauchgaswärmerückgewinnung und Wärmetauscher) [GWF 1996] nicht der Fall ist. Hier kommt zusätzlich hinzu, dass die Betriebe durch ihre Größe einen zusätzlichen Energieaufwand für Verwaltungs- und Werbezwecke generieren. So müssen in Deutschland Verwaltungsgebäude im Winter geheizt oder der entsprechend höhere Absatz durch vermehrten Außendienstesinsatz unterstützt werden. Trotzdem zeigen die günstigen E_V Werte der

Genossenschaften, dass diese Form der Verarbeitung eine Möglichkeit ist, die Kleinzelligkeit der Weinproduktion in einer Produktionsanlage mit großtechnischem Maßstab zu integrieren.

Bei der Berechnung der Regression für die einzelnen Module Anbau und Verarbeitung ergibt sich der Umstand, dass das Bestimmtheitsmaß R^2 im Vergleich zum gesamten Betrieb abnimmt. Die Wahrscheinlichkeit, dass E_A und E_V mit der Betriebsgröße zusammenhängen ist also geringer als für E_B . Dieses ergibt insofern Sinn, dass bei der Weinproduktion der Anbau und die Kellerei eine Einheit bilden, die schwer zu trennen ist. Es ist aber auffällig, dass bei allen Betrieben mit überdurchschnittlich hohen Gesamtumsätzen ein besonders hoher Umsatz der Verarbeitung vorliegt. Bei der Betrachtung der Betriebe mit hohen E_B und den Formen der Energieträger fällt auf, dass der Anteil von Heizöl an E_B sehr hoch ist. Dieses lässt vermuten, dass eine Maischeerwärmung stattfindet, die durch die geringe Verarbeitungsmenge stärker ins Gewicht fällt.

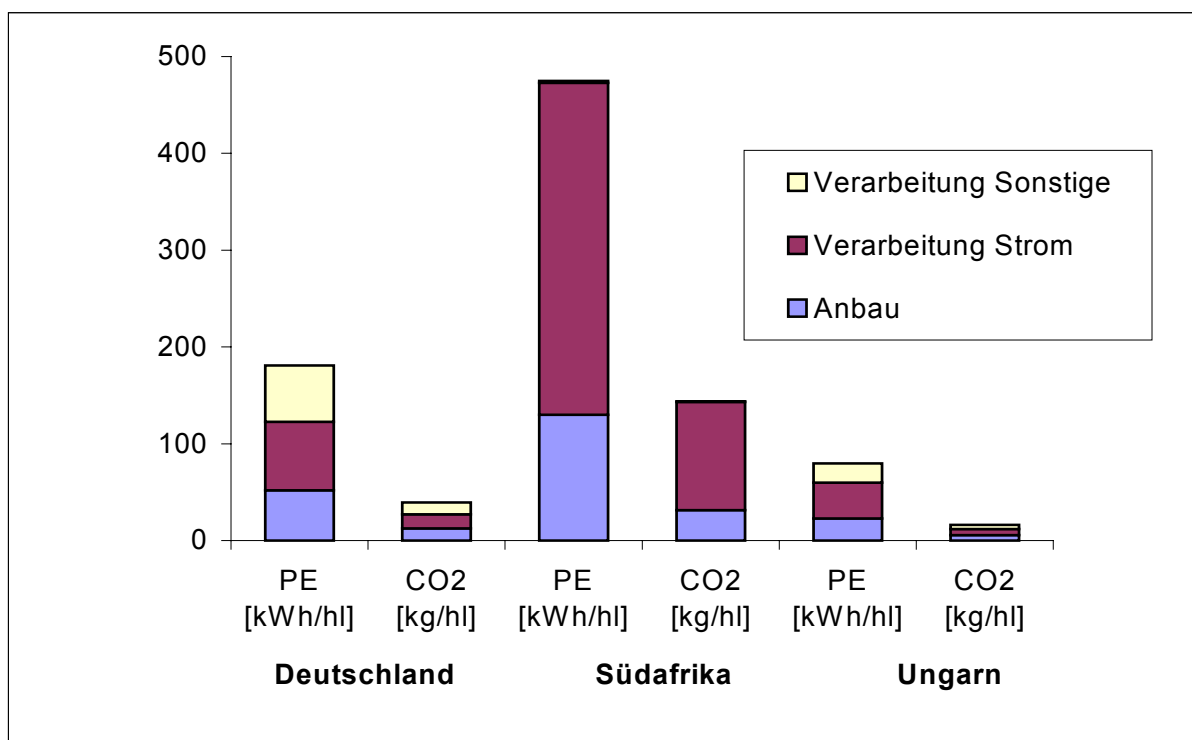


Abb. 32: Mittelwerte (\bar{x}) der PE-Umsätze und CO₂-Emission aufgeteilt nach Ländern (D, SA, HU) und Modulen [eigene Darstellung]

Eine Darstellung der Anteile der einzelnen Energieträger am absoluten Primärenergieumsatz und der CO₂-Emission (Abb. 32) ergibt das schon vorher beschriebene Bild bei den spezifischen Primärenergieumsätzen. Der auffälligste Unterschied ist die Verwendung von Strom im

Vergleich zu anderen Energieträgern. In Südafrika wird anstelle von anderen fossilen Energieträgern häufig Strom verwendet. Dadurch ergibt sich ein Anteil von 73 % am gesamten Primärenergieumsatz. Durch den künstlich niedrig gehaltenen Strompreis ist dieses auch auf eine geringere finanzielle Wahrnehmung des Stromverbrauchs zurückzuführen. Hinzu kommt ein höherer Anteil an CO₂-Emission, der durch die hohe spezifische Emission der Stromproduktion und dem Stromverbrauch verursacht wird.

Dieses Beispiel zeigt, dass nur die Betrachtung der realen Vor-Ort-Situation eine genaue Aussage über die ökologische Wirkung der Produktion hat. Dieses ist ein grundsätzliches Merkmal von qualitativen Untersuchungen.

Äpfel

Um den Einfluss der Betriebsgröße auf den spezifischen Energieumsatz auszuwerten, werden die vorliegenden Energiedaten in einem Diagramm über der Erntemenge M_A logarithmisch aufgetragen. Der Rahmen, in dem sich E_B bewegt, ist 100-350 kWh/t und E_B nimmt mit ansteigender Erntemenge bzw. Betriebsgröße stark ab.

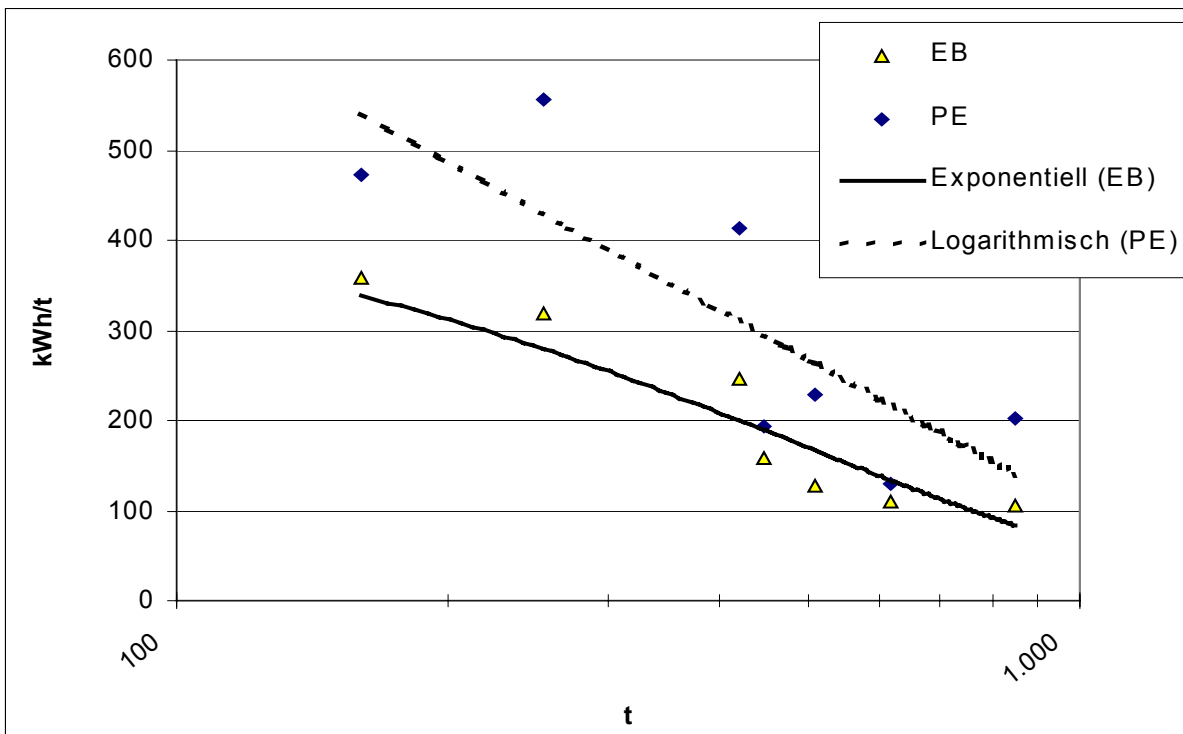


Abb. 33: Spezif. EE- und PE-Umsätze [kWh/t] der Apfelbetriebe (BS) bezogen auf Erntemenge [t] [eigene Darstellung]

Für E_B vom Bodensee lautet die Regressionsgleichung:

$$y = -188,36 \ln(x) + 1.343,6$$

Das Bestimmtheitsmaß ist $R^2 = 0,90$. \bar{x} ist 209,2 kWh/t und daraus errechnet sich ein optimaler Ertrag von 412,6 t.

Folgende Regressionsgleichung ergibt sich für die Primärenergie:

$$y = -252,59 \ln(x) + 1.841$$

Das Bestimmtheitsmaß ist $R^2 = 0,70$. \bar{x} ist 319,7 kWh/t und der optimale Ertrag 412,7 t.

Zwei Betriebe mit einem Endenergieumsatz von 111,1 (BS-2) und 159,5 kWh/t (BS-3) haben kein eigenes Lager. Hier wird zum Vergleich der durchschnittliche Energieumsatz für die Lagerung ($\bar{x} E_L$) addiert. Dieser liegt in den untersuchten deutschen Betrieben bei 96,0 kWh/t. Der E_B liegt also bei 207,1 (BS-2) und 255,2 kWh/t (BS-3), wenn die Lagerung für die gesamte Erntemenge mit einbezogen wird. Die Berechnung der Regression mit diesen Werten verändert die Gleichung nur geringfügig und das Bestimmtheitsmaß R^2 bleibt ähnlich bei 0,86. \bar{x} erhöht sich auf 236,6 kWh/t, aber der optimale Ertrag bleibt mit 412,8 t identisch. Dieses bestätigt für die Rechnungen, dass auch größere Abweichungen einzelner Betriebe das Gesamtbild nicht ändern.

Um die Auswirkung der Betriebsgröße auf E_A zu ermitteln, werden die Werte über die Erntemenge M_A aufgetragen (Abb. 34). Die x-Achse wird auch hier logarithmisch skaliert. Zusätzlich werden zum Vergleich die Literaturwerte von [MILA I CANALS 2003a] aufgetragen. Diese beziehen sich nur auf den Anbau und können daher direkt in die Graphik eingefügt werden. Sie zeigen eine Spannweite des Energieumsatzes für den Anbau von 48 bis 247 kWh/t. Der Wert SAA-avg wird zur besseren Vergleichbarkeit auf die gleiche Anbaufläche wie SAA-1 umgerechnet.

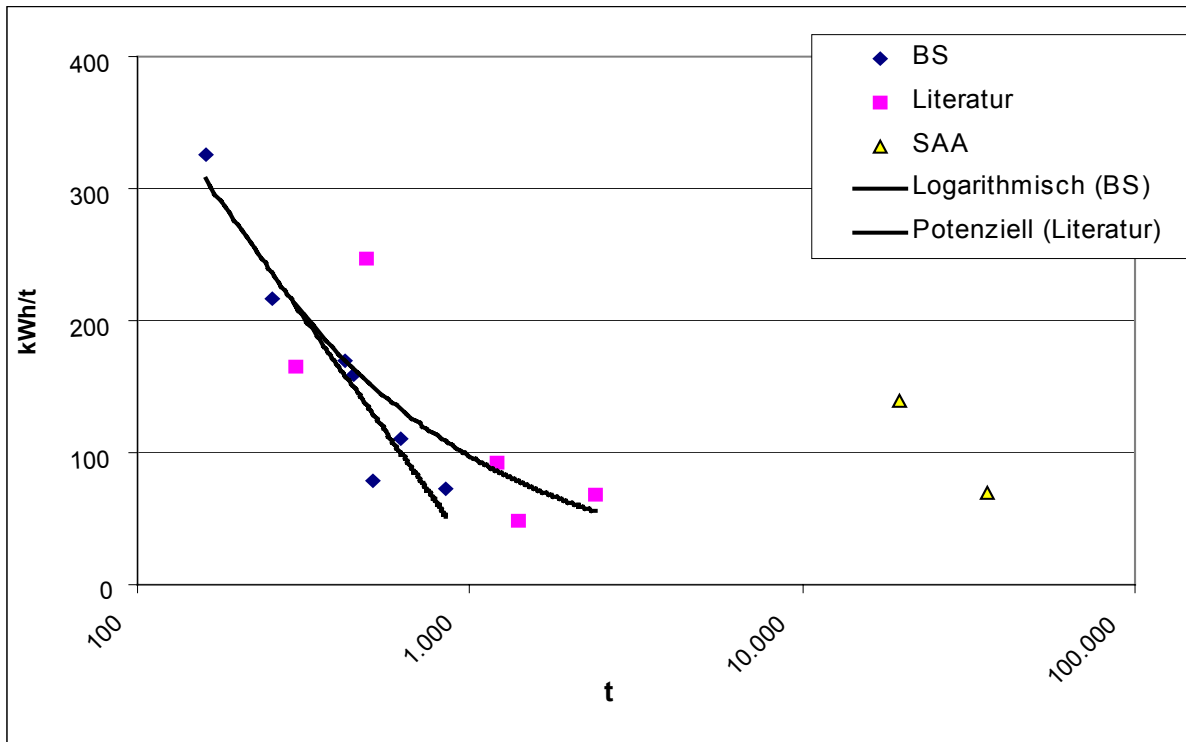


Abb. 34: E_A [kWh/t] der Apfelbetriebe (BS, SAA, Literatur) bezogen auf Erntemenge [t] [eigene Darstellung]

Die Formel für die Regressionsgleichung BS lautet:

$$y = -152,9 \ln(x) + 1.082,8$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,91$. \bar{x} ist 161,9 kWh/t und die Erntemenge 412,8 t. Für die Verwendung der Primärenergieumsätze ergibt sich mit 412,8 t der gleiche Wert.

Für die Literaturdaten ergibt sich folgende Regressionsgleichung:

$$y = 8.455,5 x^{-0,6463}$$

und ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,67$. \bar{x} ist 124,1 kWh/t und die optimale Erntemenge 688 t.

Für SAA wird wegen der kleinen Stichprobe keine statistische Auswertung vorgenommen. Doch die Lage der Werte lässt darauf schließen, dass hier die Größe der Anlage keine bessere Energieeffizienz bedingt.

Bei der Auswertung der auf die Erntemenge bezogenen Umsätze ergibt sich das Problem, dass die Erntemenge mit den Jahren schwankt. Daher soll eine weitere Auswertung für die Anbaufläche durchgeführt werden. Dieses kann zum Einen erfolgen, indem Durchschnittserträge der Betriebe und die optimale Erntemenge für eine Abschätzung verwendet werden. Der durchschnittliche Ertrag der deutschen Betriebe im Jahr 2005 ist 23,3 t/ha und die Abschätzung der notwendigen Anbaufläche aus der optimalen Erntemenge ergibt 17,7 ha. Für die neuseeländischen Betriebe ist der Durchschnittsertrag 79 t/ha und demnach ist die Fläche 8,7 ha.

Zum Anderen kann die Betriebsgröße aus der graphischen Darstellung der Energieumsätze bezogen auf die Anbaufläche (kWh/ha) berechnet werden. Für die Darstellung ergibt sich folgendes Bild (Abb. 35).

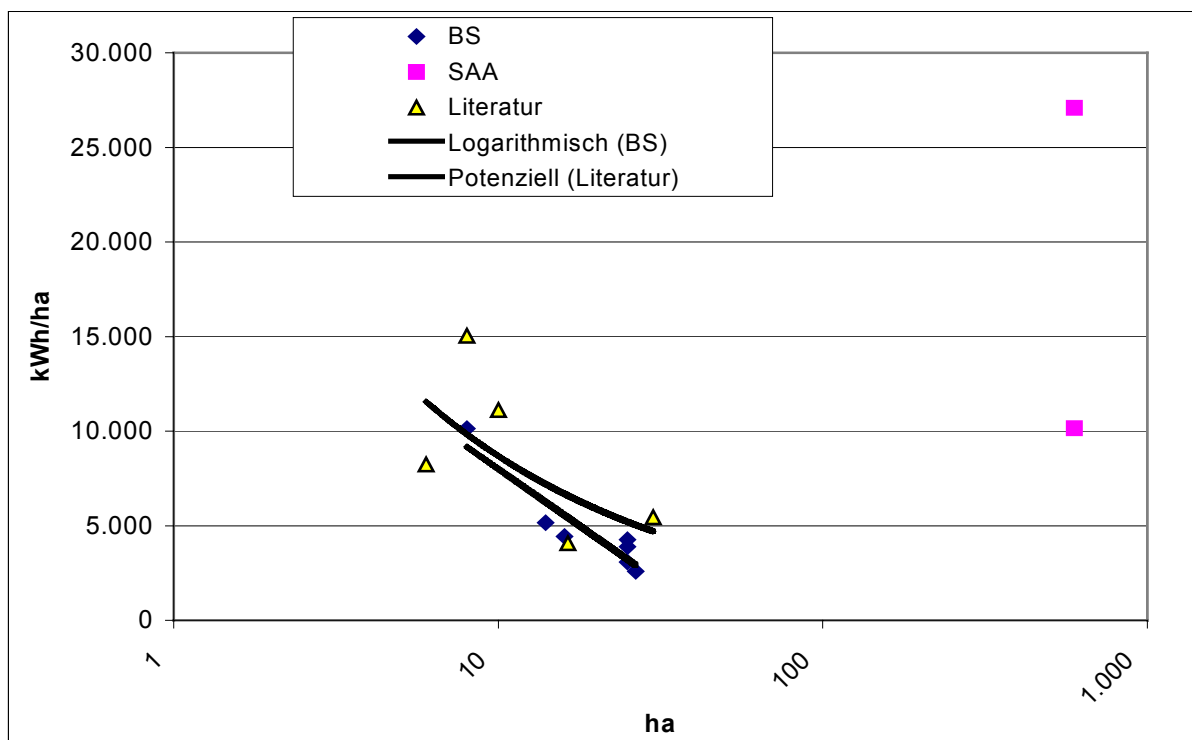


Abb. 35: EE-Umsätze [kWh/ha] der Apfelbetriebe (BS, SAA, Literatur) bezogen auf Anbaufläche [ha] [eigene Darstellung]

Die Regressionsgleichung der deutschen Betriebe ist:

$$y = -5.218,8 \ln(x) + 20.020$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,87$. \bar{x} ist 4.792,6 kWh/ha und es ergibt sich eine optimale Anbaufläche von 18,5 ha.

Auch hier wird für die südafrikanischen Daten keine Auswertung unternommen, da nur für einen Betrieb Daten für die Anbaufläche vorliegen. Für die Literaturwerte [MILA I CANALS 2003a] ergibt sich folgende Regressionsgleichung:

$$y = 31.386 x^{-0,5579}$$

mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,45$. \bar{x} ist 8.786 kWh/ha und die optimale Anbaufläche 9,8 ha.

Der geringe Unterschied beider Rechenwege legt nahe, dass sich beide für eine Ermittlung der optimalen Anbaufläche eignen. Laut [BMVEL 2005] ist die durchschnittliche Anbaufläche der Obstbaubetriebe 21,8 ha und davon werden 11,9 ha für Gartenfrüchte und der Rest für andere agrarische Produkte verwendet. Die Statistik eines älteren agrarpolitischen Berichtes splittet die befragten Betriebe nach Betriebsgröße und ermittelt als gesamte Anbaufläche der Obstbaubetriebe 7,7 bis 24,3 ha, wovon 2,57 bis 17,84 ha für den Obstbau genutzt werden [BMVEL 2003]. Dieses deutet darauf hin, dass der ermittelte Wert von 18,5 ha als sehr groß für deutsche Verhältnisse angesehen werden kann. Eine Betrachtung der Erträge der untersuchten Betriebe zeigt, dass diese unter dem deutschen Mittel liegen. Mögliche Gründe hierfür können regionale Anbau- /Klimabedingungen¹ sein, die Erträge reduzieren. Oder es nehmen andere Faktoren Einfluss, die aufgrund der Datenlage nicht zu spezifizieren sind. Aus den Gesprächen mit den Apfelerzeugern kann z.B. die Information gewonnen werden, dass aufgrund der geringen Preise für Anbaufläche weniger arbeitsaufwendige Einfachreihenpflanzungen den Doppelreihen vorgezogen werden.

Beide Berechnungsformen für die Ermittlung einer optimalen Betriebsgröße (kWh/t oder kWh/ha) bieten Vor- und Nachteile. So ist die Betrachtung der Erntemenge sinnvoll, weil diese der gewünschte Output ist. Wie schon beschrieben, unterliegt sie aber starken Schwankungen. Die Anbaufläche dagegen ist eine feste Größe, die jedes Jahr konstant bearbeitet wird. Hier ist

¹ Z.B. die Auswahl weniger ertragreicher Sorten, die lokal bevorzugt werden oder besser dem Klima angepasst sind.

der Nachteil, dass sie nichts über die tatsächlich produzierte Menge aussagt. Die Literaturwerte geben an, dass die Energieumsätze bezogen auf Anbaufläche zwischen 4.200 und 6.100 kWh/ha liegen. Der Wert für die griechischen Plantagen liegt mit 1.500 kWh/ha weit unter den anderen Werten. Dies kann damit erklärt werden, dass die Plantagen wegen ihrer steilen Lage nur im geringen Maße für die maschinelle Bearbeitung geeignet sind. Die deutschen Betriebe arbeiten im Rahmen von 1.600 – 6.890 kWh/ha, sie sind also mit den Literaturwerten vergleichbar. Bezogen auf die Erntemenge kann E_A laut Literatur einen Minimalwert von 70-80 kWh/t haben. Bei den deutschen Betrieben können zwei größere Betriebe (BS-4, BS-5) mit einem vergleichbaren Umsatz arbeiten. Es sind aber auch Umsätze von 320 kWh/t zu finden.

[MILA I CANALS 2003] benennt als Gründe für Unterschiede die Anbautechniken und -Bedingungen. Für die Anbautechniken liegen in dieser Studie keine genauen Beschreibungen vor. Die meisten Betriebe bauen nach der integrierten Methode an, die Maßnahmen für den naturnahen Anbau vorgibt [FACHGRUPPE OBSTBAU 2006], deren Anwendung aber z.T. im Ermessen des Erzeugers liegt. Unter der Gruppe BS und bei den Literaturwerten von [MILA I CANALS 2003] befinden sich auch Daten von ökologisch bewirtschafteten Höfen. Die Betrachtung von E_B und E_A dieser Betriebe erweckt den Eindruck, dass diese weniger effizient arbeiten. Es ist aber zu beachten, dass die Anbaufläche bei den ökologischen Betrieben auch immer geringer ist und besonders in Deutschland dieser innerhalb der graphischen Darstellung nicht als Ausreißer hervorsteht. Dieses lässt vermuten, dass auch ökologische Betriebe sich nach „Ecology of Scale“ verhalten und hier die Größe der bestimmende Einflussfaktor ist.

Aufgrund der geringen Datenmenge aus Südafrika lassen sich keine detaillierten Aussagen über den Energieumsatz bezogen auf die Betriebsgröße treffen. Die Auswertung von E_A der Anbauer-Vereinigung lässt darauf schließen, dass er sich wegen der hohen Ertragsmenge im unteren Bereich bewegt (169 kWh/t). Der reine Maschineneinsatz für Pflege und Ernte verursacht hier 70 kWh/t und ein hoher Anteil (99 kWh/t) wird zusätzlich durch die künstliche Bewässerung verursacht. Der untersuchte Einzelbetrieb liegt mit 139,6 kWh/t für den Anbau im Rahmen der deutschen Betriebe. Doch der hohe Stromumsatz deutet an, dass der Umsatz des Lagers und anderer Stromverwender weit über dem der deutschen Betriebe liegt. Der Wert ist trotz der Größe des Betriebes und der hohen Lagerkapazität sehr hoch, widerspricht also der „Ecology of Scale“ Hypothese. Für genauere Erklärungen liegen hier zu wenig Daten vor, aber

die vorhergehenden Überlegungen des klimatischen und „mentalen“ Einflusses sind auch hier in Betracht zu ziehen.

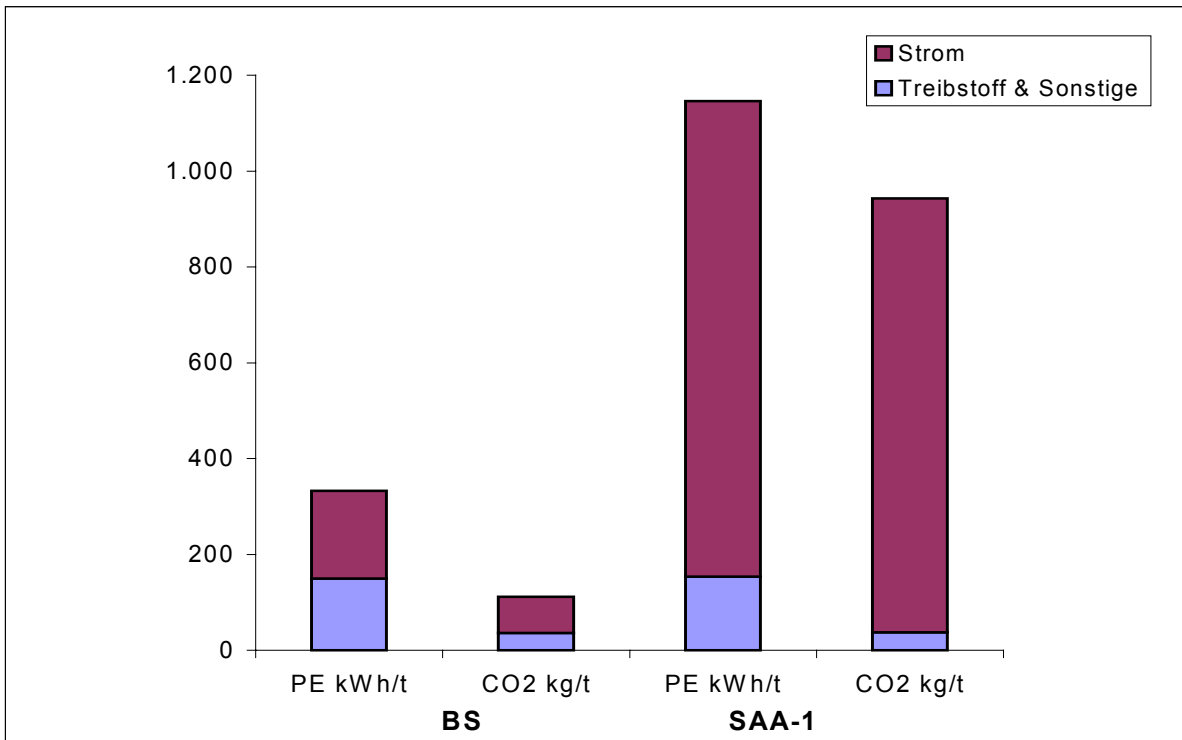


Abb. 36: Anteile der Energieträger an E_B [kWh/t] und CO_2 -Emission [kg/t] der Apfelbetriebe (BS und SAA-1) [eigene Darstellung]

Wie Abb. 36 zeigt, ist für den Primärenergieumsatz und die CO_2 -Emission vor allem der Stromverbrauch relevant. Für den Anbau sind die wichtigsten Energieträger Treibstoffe, die einen geringen Primärenergieumsatz haben und deshalb bei der Umrechnung weniger ins Gewicht fallen. Der für den Primärenergieumsatz und die CO_2 -Emission relevante Prozess ist die Lagerung, die demnach der Angriffspunkt für eine Optimierung sein sollte

7.1.2 Energieumsatz der Transporte

Mit zunehmender Auslastung der Fahrzeuge nimmt der spezifische E_T ab [KNÖRR 2005] und damit kann, wenn keine gegenteiligen Maßnahmen unternommen werden, eine größere Menge immer mit einer besseren Effizienz transportiert werden. Zusätzlich ist es auch im Interesse des Verantwortlichen, die durch den Energieumsatz verursachten Kosten gering zu halten, indem für den höchst möglichen Auslastungsgrad gesorgt wird. Deshalb soll bei der weiteren Auswertung der Zusammenhang von Transportmenge und –effizienz nicht genauer betrachtet

werden. Ein Schwerpunkt wird darauf gelegt, welchen Anteil die Transporte am Gesamtenergieaufwand haben und wie sich einzelne Transportformen unterscheiden.

Wein

Wein ist ein ausgeprägt regionales Produkt. Dieses gilt für Wein, der von kleineren Winzereien im Eigenvertrieb oder an Selbstabholer verkauft wird, aber auch für größere Betriebe wie HB, der 90 % des Weines in einem Umkreis von 60 km verkauft. Dieses wird von den Ergebnissen der Getränkeverpackungs-Ökobilanz des [UBA 2000] und der Verkaufsstatistik bezogen auf die Region [DWI 2006a Abb. 16] bestätigt. Die Vertriebsform Direktvertrieb und Selbstabholer hat deutlich kürzere Distanzen als der Großhandel und in den weinanbauenden Bundesländern werden hauptsächlich Produkte aus dem gleichen Gebiet konsumiert. Für die Darstellung der Belieferung des POS sind Weine, die in kleinen Mengen von den Winzern vertrieben werden, daher weniger relevant.

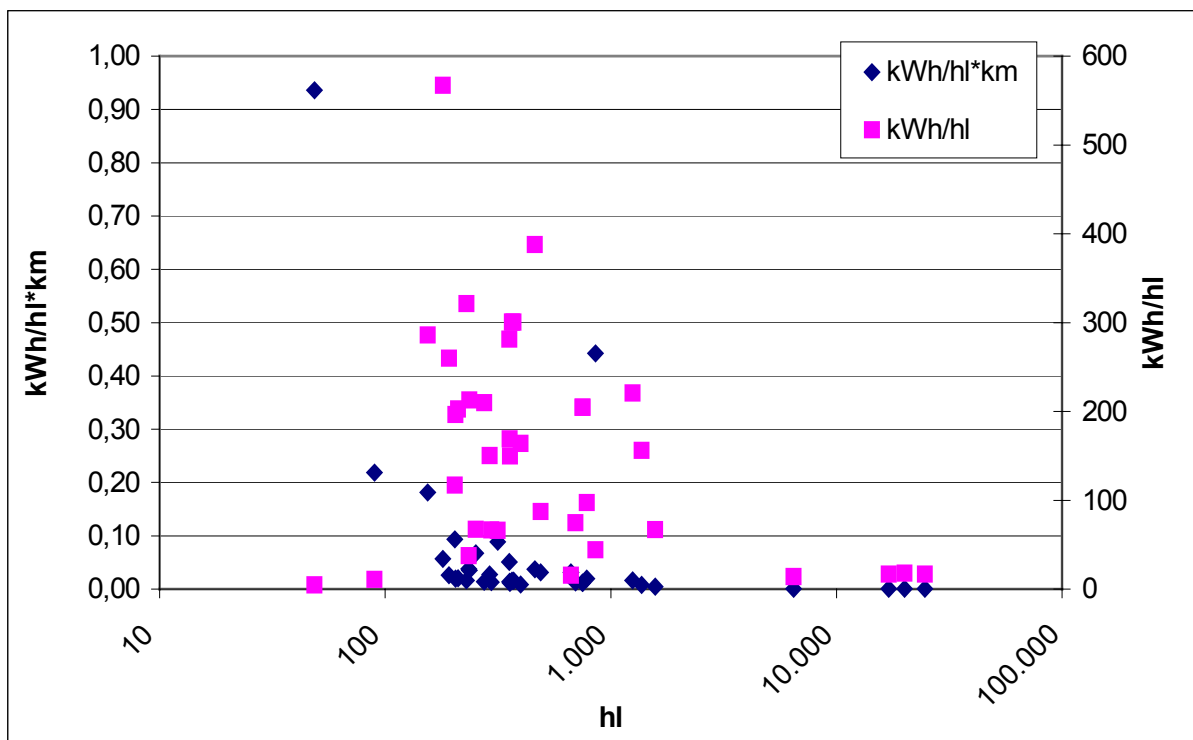


Abb. 37: E_T [kWh/hl] und spezif. E_T [kWh/(hl*km)] der Winzer bezogen auf Betriebsgröße [hl] [eigene Darstellung]

Im deutschen Raum ist neben dem Vertrieb über Großhändler der Direkt-/Eigenvertrieb eine gängige Form der Kundenbelieferung. Der Anteil des Eigenvertriebs zusammen mit den

Selbstabholern an der gesamten Transportmenge ist 20 % [UBA 2000]. Dieses bestätigt sich auch in vorliegender Studie. Bis auf wenige Ausnahmen führen alle untersuchten Betriebe einen Teil der Transporte im näheren Umfeld, aber auch über längere Distanzen selbst aus. Dies wirft die Frage auf, inwiefern diese Transportform effizient und mit größeren Transportströmen bei Einzelhandelsketten o.ä. vergleichbar ist. In der Darstellung Abb. 37 zeigt sich wie erwartet, dass E_T mit der Betriebsgröße abnimmt. Hierbei ist zu beachten, dass auch kleinere Betriebe, wenn sie die entsprechende Menge ausliefern, vergleichbar sind mit größeren Produzenten. Für diese Transportform lässt sich also feststellen, dass sie in der angewendeten Form optimal der Situation angepasst ist.

Die günstigsten Werte des Deutschlandvertriebs haben die Betriebe HB und B-6. Mit dem Einsatz größerer Fahrzeuge und hoher Transportmengen können diese den Vertrieb auch über lange Strecken effizient gestalten. Mit 17,3 und 14,2 kWh/hl haben diese zwar nicht den geringsten Umsatz von allen Transporten, liegen aber unter den besten fünf. Die kleinen Winzereien haben bei den absoluten E_T z.T. sehr geringe Werte, die vor allem durch die geringe Transportstrecke bedingt werden. Dieses zeigt sich darin, dass E_T bezogen auf die gefahrene Strecke sehr hoch ist. Es kann zwar von einem wirtschaftlichen Interesse ausgegangen werden, die uneffizienten Transporte zu reduzieren, z.T. erfüllen die Fahrten der kleinen Winzer aber auch einen Marketingzweck, weil hier der Kundenkontakt gehalten wird. Dieses könnte zu weniger effizienten Transporten führen, wenn dieser im Vordergrund steht.

Die geringen Umsätze (E_T) der Winzergenossenschaften sind anhand der Transportkette zu erklären. Der Vertrieb der Genossenschaften findet vor allem als stark gebündelte Transporte zu Großhändlern statt. In dieser Form kann für eine optimale Auslastung und eine direkte Streckenführung über Autobahnen gesorgt werden. Die energieaufwendige Feinverteilung wird dann vom Großhändler übernommen. Berechnet man als Beispiel die Distribution eines Weins der Betriebe mit der höchsten transportierten Menge über das Lager des Großhändlers/Einzelhändlers in Oestrich-Winkel oder Dietzenbach so ergibt die Anfahrt der Winzergenossenschaften HB und B-6 einen durchschnittlichen E_T von 15,8 kWh/hl und der letzte Teil des Weges zum POS (DW-A, DW-B) 6,63 kWh/hl. Hierbei ist zu beachten, dass die Anfahrt der Winzergenossenschaften der Mittelwert aller Transporte ist und die Fahrten in der näheren Umgebung und die Langstreckentransporte in den Norden zusammengefasst werden.

Die Berechnung der spezifischen E_T ergibt vor allem für die Genossenschaften sehr niedrige Werte (0,0007 bzw. 0,0008 kWh/(hl*km)). Berechnet man beispielhaft einzelne Fahrten anhand der angegebenen Transporterdaten, ergibt sich für eine Fahrt von 1 km mit einem 8 t LKW (Zuladung 47 hl) bei einem Verbrauch von 20 l/100km ein Umsatz von mindestens 0,043 kWh/(hl*km). Dieses lässt darauf schließen, dass die Berechnung des spezifischen E_T mit den Daten der Winzer unrealistische Werte liefert und deshalb wird von einer weiteren Diskussion abgesehen.

Speditionen und Einzelhandelsketten (DS-1 – DS-6), die in der Lage sind, Transporte zu bündeln und so effizienter zu gestalten, haben bei dem E_T (Abb. 37) die geringsten Werte. Die geringe Schwankungsbreite und der geringere Durchschnittswert lässt auch darauf schließen, dass hier eine höhere Homogenität besteht und auch bei Transporten in anderen Regionen oder auf anderen Strecken ähnliche Werte zu erwarten sind. Bei den Winzern dagegen erschwert die hohe Schwankungsbreite und die vorher erwähnten unrealistischen Werte eine Vorhersage, wie die Transporte unter anderen Bedingungen und bei anderen Winzern aussehen könnten. Wie schon erwähnt, ist bei diesen Transporten davon auszugehen, dass nicht immer die Effizienz im Vordergrund steht. Bei Winzergenossenschaften und größeren Betrieben sind die beiden Bereiche Marketing und Vertrieb leicht zu trennen und der Vertrieb zeigt hier auch immer sehr günstige Umsätze. Bei kleineren Winzern ist die Zuordnung der Fahrten zu Vertriebs- oder Marketingzwecken dagegen nicht möglich, und daher können die Energieumsätze der Fahrten auch als Mischwert von beiden interpretiert werden.

Zwar unterscheidet sich die Datenbasis¹, doch bilden beide Berechnungen die reale Situation ab und die Werte können daher miteinander verglichen werden. Als weitere Ursachen für Differenzen können auch verschiedene Packformen und subjektive Wahrnehmungen nicht ausgeschlossen werden. So ist es wahrscheinlich, dass kleinere Winzer ihren Wein seltener auf Paletten verladen oder auf die maximale Nutzlast der Fahrzeuge achten. Genauso kann der Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge, wenn er nicht genau beobachtet wird, falsch eingeschätzt werden. Darüber hinaus verringern Fahrten, die mit geringer Auslastung und aus anderen

¹ Von den Winzern liegen die Daten für gefahrene km, transportierte Menge und Gesamtreibstoffverbrauch vor. Bei den Speditionen werden Fahrzeug-Kapazitäten, durchschnittlicher Treibstoffverbrauch und Auslastungsgrade für die Berechnung zugrunde gelegt.

Gründen (Besuch der Kunden, Kontrolle der Weinhänge u.ä.) unternommen werden, den durchschnittlichen Verbrauch.

In der [UBA 2000] Ökobilanz werden alle Transportwege als Straßentransport berechnet. Der ermittelte Weg einer Flasche Wein beträgt 450 bis 540 km¹. Der Vertriebsweg der Einzelhandelskette (DW-A, DW-B) ist durchschnittlich 156 km lang, d.h. um den bundesdeutschen Durchschnitt zu erhalten, ist die Anfahrt der Winzer bis zu 384 km lang. Bis auf drei Ausnahmen (B-5, W-2, W-8) liegen die tatsächlich im Jahr gefahrenen Strecken zwischen 1.000 und 48.000 km. Die Fahrten der untersuchten Winzer können also den deutschen Durchschnitt darstellen. Für Importwein werden zusätzlich 210 km als durchschnittliche Strecke von der Grenze bis zum ersten Vertriebslager addiert. Hier werden allerdings keine Alternativen mit einbezogen, so wie sie in vorliegender Studie vorgefunden werden. Der Vergleich des absoluten Endenergieumsatzes des Binnentransportes mit Schiff und Zug bis zum Lager in Mainz ergibt allerdings nur für den Schienentransport einen günstigeren Wert. Der Transport per Binnenschiff fällt auf den ersten Blick am ungünstigen aus. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Transport gegen die Strömung stattfindet und daher der ungünstige Teil der Strecke dem Wein zugerechnet wird. Die Literaturwerte zum Primärenergiebedarf des Binnenschifftransportes sind 0,12 kWh/tkm bei der Bildung eines Durchschnittwertes [ÖKO-INSTITUT 2005] oder 0,16 kWh/tkm bei der Einbeziehung des Gegenstroms [KNÖRR 2005]. Der Energieumsatz von 1 hl Wein über die 540 km ist mit diesen Werten 11,3 kWh bzw. 15,4 kWh, zusätzlich werden für den restlichen Weg vom Hafen nach Mainz 0,87 kWh/t umgesetzt. Diese bestätigen den durch die Befragung erhaltenen Wert von 12,9 kWh/hl End- und 14,4 kWh/hl Primärenergie und weist darauf hin, dass sich unter Einbeziehung des geringeren Treibstoffverbrauchs beim Rückweg der Umsatz verringert. Insgesamt ist der Binnenschifftransport als dem Straßentransport gleichwertig anzusehen.

Der südafrikanische Binnentransport liegt mit durchschnittlich 5,15 kWh/hl unter dem deutschen Wert. Er ist mit einem spezifischen E_T von 0,091 kWh/(hl*km) ein wenig uneffizienter als die europäischen Transporte. Bei der Betrachtung der Interviewergebnisse wird offensichtlich, dass die Verbrauchswerte der LKW mit ca. 50 l/100km recht hoch sind

¹ Wert ohne Leerfahrten.

und dies letztendlich der Faktor ist, der die sonst effizient organisierten Transporte weniger günstig ausfallen lässt.

Der Seetransport ist mit 186,4 bzw. 56,1 kWh/hl der größte Posten beim Transport. Der Vergleich der beiden Werte zeigt, dass hier zum Einen die ungünstigeren Verbrauchswerte der Reefer-Schiffe Einfluss nehmen, aber auch andere Packformen ohne Paletten den Wert verbessern können. Hierbei ist aber anzumerken, dass betriebswirtschaftlich dieses nur in Ländern mit geringen Lohnkosten sinnvoll ist. Der Betrieb SAW-10, der dieses praktiziert, ist allerdings einer der größten Betriebe und Exporteure in Südafrika mit eigener Tochterfirma in Deutschland. Diese Transportform hat also für die Versorgung des deutschen Marktes eine hohe Relevanz. Der Vergleich mit den spezifischen E_T der Literatur zeigt beim Seetransport eine geringere Effizienz. Um 1 t (dieses entspricht ca. 10 hl) Wein über 1 km auf dem Schiff zu transportieren werden max. 0,16 kWh benötigt, wogegen in der Literatur Werte von 0,028 und 0,056 kWh/tkm angegeben werden (siehe Tab. 7). Der effizienteste Transport in dieser Studie ist das Containerschiff (SAW-10), dessen spezifischer E_T bei 0,049 kWh/tkm liegt und damit mit den Literaturwerten übereinstimmt. Die Transporte auf den Reefer-Schiffen sind dagegen sehr energieaufwendig und liegen weit über den Literaturwerten. Bei den berechneten Werten ist zu beachten, dass der Energieumsatz für die mittransportierte Verpackung dem Wein zugerechnet wird. In vorliegender Studie wird die insgesamt umgesetzte Transportenergie auf 1 hl Wein bezogen, der im Handel verkauft wird. Die tatsächliche Masse von 1 t in 0,75 l Glasflaschen abgefüllten Wein, der in Kartons auf einer Palette geladen wird, ist ca. 1,75 t. Es müssen also 42,9 % des Energieumsatzes des Transportes der Verpackung zugerechnet werden, d.h. von dem absoluten Endenergieumsatz von 186,3 kWh/hl sind 79,9 kWh/hl für die Verpackung und 106,3 kWh/hl für den Wein. Es stellt sich die Frage, warum vorhandene Alternativen, wie z.B. spezielle Transportcontainer für flüssige Lebensmittel mit Abfüllung in Deutschland nicht genutzt werden. Hier ist die Erfahrung der Importeure, dass dies vom Verbraucher nicht erwünscht ist und „Originalabfüllern“ der Vorzug gegeben wird [ZUR WELLE 2006]. Die Abfüllung ungarischer Weine in Deutschland mit Anfahrt in Tankfahrzeugen findet dagegen statt. Hier ist der Vorteil, dass die aufwendige Verpackung nicht mittransportiert wird. Für diese Form des Transportes liegen keine Daten vor, aber anhand des prozentualen Anteils der Verpackung ist abzuschätzen, dass der Endenergieumsatz des Transportes von losem Wein bei 25,8 – 50,5 kWh/hl liegt. In dieser Form kann der Energiebedarf der ungarischen Weine zusätzlich reduziert werden. Für die

Verbesserung der Energieeffizienz aller Weintransporte ist zu überlegen, zukünftig lose Transporte mit Abfüllung in Deutschland zu steigern und die Akzeptanz bei den Kunden zu verbessern. Ein weiterer Gesichtspunkt, der in diesem Zusammenhang kritisch zu betrachten ist, ist die Bereitstellung der Flaschen. Bei nicht ausreichender Eigenproduktion, wie es bei ungarischen Weinen vorkommen kann, werden Flaschen aus dem Ausland importiert [FELTES 2004]. Diese sind zum Einen zusätzliche Energieumsätze, die außerhalb der Systemgrenzen stattfinden und daher in dieser Auswertung nicht einbezogen werden. Zum Anderen zeigt die oben genannte Alternative zur Originalabfüllung, dass das Ausmaß dieser Transporte leicht zu reduzieren ist und als unnötig angesehen werden kann.

Durch seine klimatischen Ansprüche ist Wein zur Versorgung der deutschen Bevölkerung nicht deutschlandweit als regionales Produkt zu erwerben. Während es offensichtlich ist, dass im Süden deutscher Wein mit kurzen Transportwegen verkauft werden kann, ändert sich das Bild für nördliche Regionen. Die Importe in den mitteldeutschen Raum laufen hauptsächlich über Rotterdam oder Antwerpen als Verladehafen, doch hat der Transport bis zum Norden Deutschlands (Bremerhaven/Hamburg) einen ähnlichen Umsatz. Der E_T von Südafrika bis Hamburg oder Bremerhaven beträgt also min. 61,6 und max. 191,4 kWh/hl. Der Weg aus einer südlichen Anbaugegend wie Baden ist ca. 750 km und hat mit den Standards der Spedition einen E_T von 24,7 kWh/hl. Es ist also auch der längste direkte Transport innerhalb Deutschlands weniger energieaufwendig als der kürzeste Transport aus Südafrika.

Apfel

Für den Binnentransport in Südafrika werden je nach Distanz 43,15 – 409,7 kWh/t umgesetzt, wobei der Transport ab Freestate mit 409,7 kWh/t als Ausnahme anzusehen ist. Nur bei den längeren Transporten wird eine Kühlung benötigt, die zusätzlich 2,6 bis 24 kWh/t benötigt. Wie aus Abb. 8 deutlich wird, befinden sich die Hauptanbaugebiete in der Kapregion, so dass hier die kurzen Wege zum Exporthafen Kapstadt (CT) genutzt werden können. Der spezifische E_T ist bei den kurzen Strecken ungünstiger, weil Anfahrten häufiger leer durchgeführt werden, diese fallen wegen der geringen Distanz aber weniger ins Gewicht. Die kurzen Transportwege aus der Kapregion haben den Vorteil, dass auf die Kühlung verzichtet werden kann [CROUCH 2003]. Es lässt sich also feststellen, dass der Binnentransport Südafrikas durch die günstige Lage und effiziente Organisation den geringst möglichen Energieumsatz hat. Auch hier ist es

vor allem der hohe Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge, der den Energieumsatz ungünstig beeinflusst.

Für den spezifischen E_T ergibt sich beim Seetransport mit 0,123 kWh/tkm im Vergleich aller Abschnitte der Transportkette der geringste Wert. Der Absolutwert (1.418,8 kWh/t) zeigt allerdings, dass dieser Abschnitt trotzdem der energieaufwendigste ist. Der Vergleich zur Literatur ergibt das gleiche Bild wie schon beim Weintransport besprochen, doch fällt hier nicht die Verpackung, sondern der Energiebedarf der Kühlung stärker ins Gewicht. Dieses Beispiel zeigt, dass bei der Berechnung des E_T ein aus der Literatur zu ermittelnder Wert den tatsächlichen Umsatz unterschätzt. Die Addition des durchschnittlichen E_T des ersten Abschnittes (inkl. Kühlung aus der Kapregion) zum Seetransport ergibt für den Transportweg zur Erreichung Europas einen Umsatz von 1.488,2 kWh/t. Im Vergleich wird von [FLEISSNER 2002] für den Seetransport von gefrorenem Lammfleisch aus Neuseeland ein Endenergieumsatz von 1,807 kWh/kg (1.807 kWh/t) ermittelt. Die Reise dauert mit 30 Tagen doppelt so lang wie der Transport aus Südafrika. Der bezogen auf die Transportdauer geringere Wert des Lammfleisches kann zum Einen dadurch bedingt sein, dass der Transport effizienter ist, weil das Gut besser zu stapeln und dadurch das Schiff besser auszulasten ist. Zum Anderen ist zu beachten, dass Container zum Erhalt von Tiefgefriertemperaturen weniger Energie benötigen. Dieses liegt daran, dass bei der Kühlung der Kompressor durchgehend in Betrieb ist und die Temperatur über andere technische Maßnahmen geregelt wird. Bei der Tiefkühlung wird der Kompressor bei Erreichen der Temperatur ausgeschaltet [WILD 2003]. Außerdem ergibt sich durch die Respiration von frischen Produkten eine zusätzliche Wärmeproduktion. Der Literaturwert für die Leistung eines Reefer-Containers für die Kühlung von Frischware ist 2,9 kW [WILD 2004]. Dieses ergibt für die Reise von 14 Tagen einen Energieumsatz von 974,4 kWh¹. Ist der Inhalt der TEU 10 Paletten á 850 kg, dann ist E_K für 1 t Äpfel 114,6 kWh. Unter der Annahme, dass bei den Reefer-Schiffen mit zusätzlichen Containerstellplätzen die Hilfsmotoren auf See ausschließlich für die Kühlung zuständig sind, ergibt sich in dieser Studie ein E_K von 106 – 175 kWh/Palette und 124 - 209 kWh/t. Der Wert liegt über den Literaturwerten, und es ist nicht auszuschließen, dass an den Hilfsmotoren weitere Energieverwender angeschlossen sind, die dadurch der Kühlung zugerechnet werden.

¹ $E_T = 2,9 \text{ kW} * 24 \text{ h/d} * 14 \text{ d}$.

Die Ähnlichkeit der Werte lässt aber darauf schließen, dass der Anteil derer gering ist und die Abschätzung des Energieumsatzes der Kühlung anhand der Hilfsmotoren realistische Werte ergibt. Eine Studie von [BLANKE 2005] berechnet für den Überseetransport aus Südafrika einen Primärenergieumsatz von 414,2 kWh/t inkl. einem E_K von ca. 40 kWh/t. Der Wert für die Kühlung ist hier auffallend gering. Dieses mag u.a. auf der Anwendung des Wertes für Porthole-Container beruhen. Diese haben zwar eine bessere Energieeffizienz [HOCHAUS 1997], sind bei der Anwendung aber eher rückläufig.

Der Landtransport bis zur Anlieferung der Äpfel am POS ist mit Kühlung 143,7 kWh/t und liegt damit unterhalb der deutschen Werte. Hier wird durch die Verwendung der Speditionsdaten mit hoher Auslastung der LKW und nicht eingerechneten Rückwegen ein sehr günstiger Transport dargestellt. Wenn die Anfahrt zum Hafen anders organisiert oder eine geringere Auslastung angenommen wird, erhöht sich E_T im entsprechenden Maße.

Für den Straßentransport berechnet [CARLSSON 1997] anhand schwedischer Erfahrungswerte einen spezifischen E_T von 0,369 - 0,781 kWh/tkm mit einer Zunahme von Langstrecke über Regional- bis Stadtverkehr. Der Anteil der Kühlung liegt bei 9 - 16 %. Bei der Langstrecke ist ein höherer Anteil durch die zusätzliche Kühlung des Anhängers und beim Stadtverkehr durch eine reduzierte Durchschnittsgeschwindigkeit bedingt. Die spezifischen E_T der vorliegenden Erhebung sind 0,469 kWh/tkm in Südafrika und 0,308 bzw. 0,342 kWh/tkm für den Deutschlandvertrieb. Der Anteil von E_K an diesen Werten ist in Südafrika 3,2 % und in Deutschland 9,4 bzw. 7,7 %. Die bessere Effizienz der südafrikanischen und deutschen Transporte lässt sich dadurch erklären, dass diese Transporte mit höheren Auslastungsgraden stattfinden. Bei der Berechnung des Energieumsatzes von Transporten wird in der Literatur durchgängig eine Auslastung von 50 % verwendet, die bei dieser Erhebung nicht vorgefunden wird.

Während beim Import der Äpfel die Kühlkette bei $-0,5\text{ °C}$ eingehalten wird, werden deutsche Apfeltransporte häufig auch ohne Kühlung durchgeführt [SCHMIDT 2007]. Hier ergeben sich große Unterschiede bei der Organisation der Transporte. Die Fahrt zwischen Anbaugebiet und Lager der Einzelhandelskette ist häufig ungekühlt, die Auslieferung zu den Läden findet dagegen immer mit Kühlung statt. Diese Strecken sind von der Distanz her eher gering, aber es ergeben sich längere Aggregatlaufzeiten, weil Verluste durch Be- und Entladungen ausgeglichen werden müssen. Die Temperatur ist von der Kombination der Ladung abhängig

und kann z.B. bei Transporten mit Gemüse und Bananen über 10 °C und mit Fleisch und Molkereiprodukten bei 7 °C liegen. Der tatsächliche Einsatz des Aggregates und E_K ist dadurch schwer zu bestimmen und der hier abgeschätzte Einsatz bei 70 % der Fahrten ist als Näherungswert zu sehen, der zwischen einzelnen Transporten und Jahren stark schwanken kann.

7.1.3 Ergebnisse insgesamt

Es ist bereits geprüft worden, inwiefern lokale Produktionsbedingungen den Energieumsatz E_B beeinflussen und welchen Anteil am Gesamtenergieumsatz die Transporte (E_T) einnehmen. Der Zusammenhang der beiden Faktoren wird aktuell auch unter dem Stichwort „Food Miles“ diskutiert wie u.a. bei [SAUNDERS 2006] und [BLANKE 2005ab] nachzulesen ist. Bei der Betrachtung von regionalen bzw. länderspezifischen Anbaubedingungen muss auch eine Einbeziehung der Energiebereitstellung und die dadurch verursachte CO₂-Emission erfolgen. Dieses wird bereits bei der Diskussion der Ergebnisse von E_B genauer erläutert. Im Anschluss soll anhand einiger Vergleichsrechnungen von mehr oder weniger energieeffizient arbeitenden Betrieben und Transportformen verdeutlicht werden, welche absoluten Unterschiede sich bei den verschiedenen Herkunftsgebieten ergeben können.

Vergleich maximaler und minimaler Energieumsätze und das energetische Profil der untersuchten Produkte

Die Summe des maximalen Endenergieumsatzes bei der deutschen Weinbereitung (321,5 kWh/hl) und eines realistischen¹ ungünstigen Transportes (M-11 + DS-4 +DS-5) von 391,8 kWh/hl ergibt einen Endenergieumsatz von 713,3 kWh/hl. Dies ist als der maximale Endenergieumsatz für einen in Deutschland produzierten Hektoliter Wein aus dieser Studie zu verstehen, der am POS verkauft werden könnte. Zum Vergleich ergibt der durchschnittliche E_B von Südafrika (242,5 kWh/hl) inkl. Transporte einen geschätzten Umsatz von 452,7 kWh/hl. Er liegt damit bei 63,5 % des ungünstigsten deutschen Wertes. Der günstigste Wert südafrikanischer Betriebe beträgt 75,2 kWh/hl und der beste Transport (SAW-10) liegt bei 74,0 kWh/hl. Ein Hektoliter Wein von einem der energieeffizient arbeitenden Betriebe, der auf

¹ Fahrstrecke über 10.000 km und transportierte Menge über 50 hl.

einem günstigen Weg transportiert wird, hat also einen Endenergieumsatz von 149,2 kWh. Der ungünstigste Wert kann bei 717,4 kWh/hl liegen, was das 4,8-fache des günstigsten Wertes ist. Dies zeigt, dass effizient arbeitende südafrikanische Betriebe mit einem günstigen Transport die Möglichkeit haben, vergleichbare Werte zu deutschen Betrieben zu erzielen. Die hohe Spannbreite zwischen dem günstigsten und ungünstigsten Wert zeigt allerdings, dass es schwer vorhersagbar ist, wie der tatsächliche Wert der im POS zu erwerbenden Flasche ist. Außerdem kann darin ein ungenutztes Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz gesehen werden. Ein ganz anderes Bild ergibt sich bei den ungarischen Betrieben. Durch die durchweg sehr effizienten Produktionsstrukturen liegt der geringste E_B bei 19,0 kWh/hl¹ und der Maximalwert bei 109,1 kWh/hl. Der Transport hat bei Verwendung der uneffizientesten längsten Form (HU-4-B + DS-4 + DS-5) einen Umsatz von 88,9 kWh/hl und beim kürzesten effizientesten Weg (HU_{dir}-A + DS-3 + DS-6) von 41,7 kWh/hl. Demnach liegt der Umsatz ungarischer Weine bei maximal 198,0 kWh/hl und minimal 60,8 kWh/hl. Hier können auch Weinbetriebe, die den ungünstigsten Transport verwenden, mit den deutschen Betrieben konkurrieren. Bei der Verwendung von Primärenergie verschiebt sich das Bild nur wenig. Durch den hohen Einsatz von elektrischer Energie in Südafrika ist der Primärenergieumsatz im Vergleich zu Deutschland und Ungarn überproportional hoch, doch bleibt der geringste Umsatz (inkl. Transport) mit 191,3 kWh/hl noch unter den maximalen E_B (W-2) von Deutschland (435,1 kWh/hl). Auch die ungarischen Betriebe bleiben mit maximalen Primärenergieumsätzen (inkl. Transport) von 261,8 kWh/hl unter den deutschen Maximalwerten.

Bei den CO₂-Emissionen bildet sich das gleiche Bild ab, wie bei den End- und Primärenergieumsätzen. Die Bandbreite beträgt 14,3 bis 197,6 kWh/hl in Deutschland, 51,1 bis 312,7 kg/hl in Südafrika und 16,9 bis 58,5 kg/hl in Ungarn.

Der E_B deutscher Apfelbauern liegt im Bereich von 111,1 – 388,8 kWh/t. Die Addition des günstigsten (DA-C + E_K = 133,8 kWh/t) und des ungünstigsten (DA-D + E_K = 172,0 kWh/t) Anfahrtsweges aus der Bodenseeregion ergibt eine Schwankungsbreite von 244,9 bis 560,8 kWh/t. Das heißt der ungünstigste Wert kann das 2,3-fache des günstigsten Wertes betragen. Für südafrikanische Betriebe liegen keine minimalen oder maximalen

¹ HU-10 hat geringsten Wert, wenn die eigene Traubenproduktion als Maßstab gesetzt wird.

Energieumsätze vor. Die zwei ausgewerteten Betriebe haben Umsätze von 169,2 kWh/t und 494,0 kWh/t. Die Bandbreite von E_T für die ersten beiden Abschnitte beträgt 1.381,8 – 1.653,0 kWh/t, in Europa kommen zusätzlich 130,5 kWh/t für die Strecke Rotterdam – Giessen und ein E_K von 13,1 kWh/t hinzu. Als ungünstigstes Szenario kann hier bei einer leeren Anfahrt der reine E_T nochmals hinzuaddiert werden. Die Addition der günstigsten und ungünstigsten E_B und E_T ergibt eine Schwankungsbreite von 1.694,6 – 2.421,2 kWh/t. Der ungünstigste Wert liegt hier beim 1,4-fachen des günstigsten Wertes. Der Vergleich des günstigsten Wertes südafrikanischer Äpfel mit dem ungünstigsten deutschen Wert zeigt, dass auch die mit geringster Effizienz produzierten und transportierten deutschen Äpfel nur 1/3 des Energieumsatzes des effizientesten südafrikanischen Betriebes haben.

Bei der Berechnung der Primärenergieumsätze und der CO₂-Emission verändert sich das Bild ein wenig, weil der Betrieb BS-7 den Strom in einer Biogasanlage selber produziert. Dadurch ergibt sich für den Betrieb ein anderer Wirkungsfaktor und spezifische CO₂-Emission. Nach wie vor bleibt Betrieb BS-1 der energieeffizienteste und auch die CO₂-Emission von BS-7 bleibt wegen des Treibstoffanteils bei 47,9 kg/t. Der Primärenergieumsatz der deutschen Äpfel liegt zwischen 278,8 und 744,7 kWh/t und der der südafrikanischen bei 2.032,8 und 3.265,8 kWh/t. Die Bandbreite der CO₂-Emission für Deutschland liegt bei 72,8 – 297,0 kg/t und für Südafrika betragen die Werte 698,2 und 1.478,9 kg/t.

Alle aufgeführten Ergebnisse der günstigsten (best) und ungünstigsten (worst) Endenergieumsätze der Wein- und Apfelbetriebe werden in Abb. 38 und 39 als energetisches Profil der Produkte dargestellt.

[SVENSSON 2005] geht darauf ein, dass für bestimmte Produkte unterschiedliche Lebensphasen für die Umweltwirkung relevant sind. So ist es der Fall, dass bei einigen Baumaterialien die Produktion den höchsten Einfluss hat, während bei einem Kühlschrank die Anwendung und bei Steinen der Transport das ökologische Profil bestimmen. Dieses wird auch in Abb. 3 für unterschiedliche Lebensmittel dargestellt. Das Profil der in dieser Studie untersuchten Produkte zeigt bei den überregionalen Produkten seinen Schwerpunkt bei E_T . Aber auch deutsche Weine zeigen, bei Betrachtung der weniger effizienten Winzer, hohe Umsätze in beiden Bereichen. So können deutsche und südafrikanische Weine ähnliche Werte aufweisen, die Minimalwerte differieren hier aber deutlich. Bei den Äpfeln beträgt der

Überseetransport das 10-fache des deutschen Inlandtransportes und hier zeigen auch die günstigsten Werte keine Annäherung an die ungünstigsten deutschen Werte.

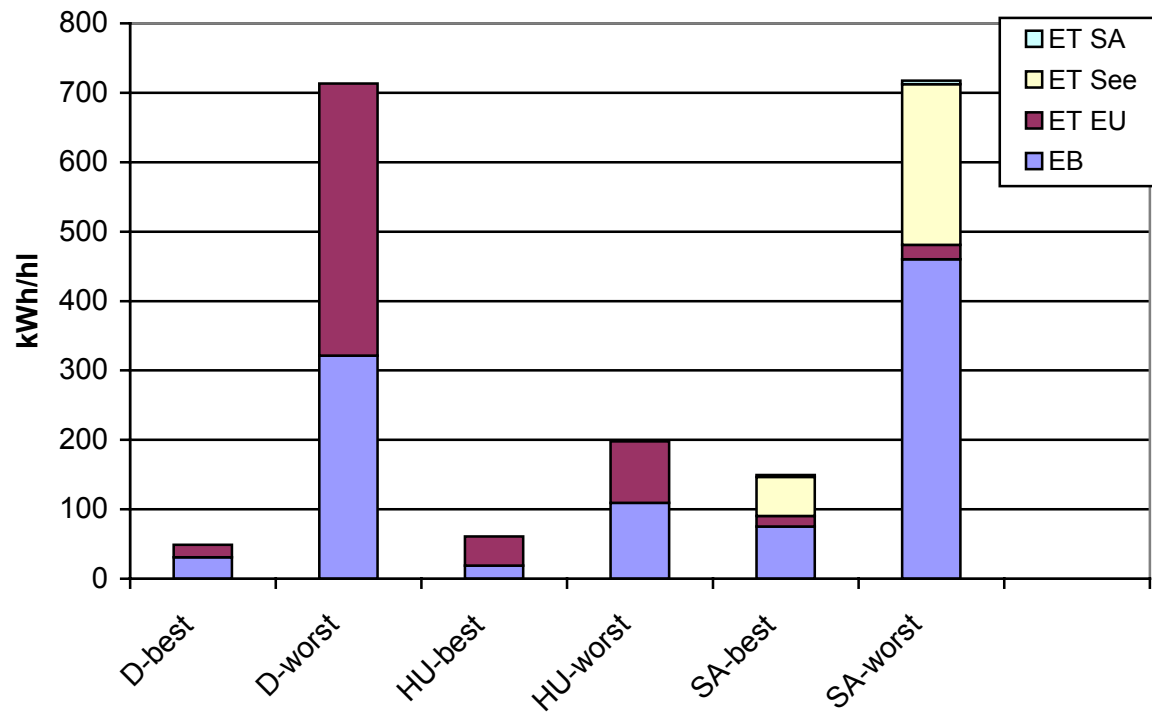


Abb. 38: Energetisches Profil der günstigsten (best) und ungünstigsten (worst) Weinbetriebe und -transporte der untersuchten Länder [kWh/hl] [eigene Darstellung]

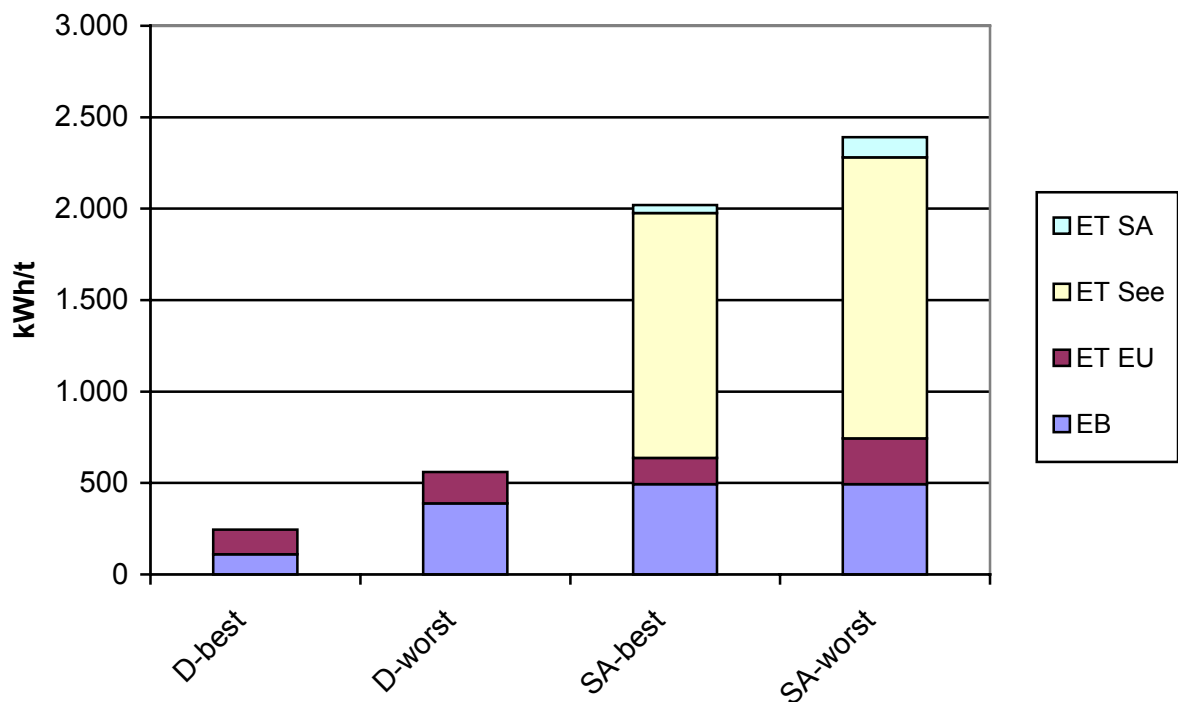


Abb. 39: Energetisches Profil der günstigsten (best) und ungünstigsten (worst) Apfelbetriebe und -transporte der untersuchten Länder [kWh/t] [eigene Darstellung]

Weitere Faktoren

Für die Auswertung von E_L bezogen auf die Lagerdauer liegen keine spezifischen Daten vor. Weil die Dauer durch die Nachfrage bestimmt wird und so die Lagerzeiten auf den Höfen unterschiedlich lang sind, ist eine Berechnung bezogen auf die Lagerdauer auch wenig aussagekräftig. Die Lagerung deutscher Äpfel auf den befragten Höfen hat eine Bandbreite von 57,1 bis 134,6 kWh/t. Der Durchschnitt liegt bei 96,0 kWh/t End- und 278,4 kWh/t Primärenergie. Dieses entspricht dem von [BLANKE 2005ab] ermittelten Wert von 248,9 kWh/t Primärenergie bei 5 Monaten Lagerung. Die Lagerung des Betriebes in Südafrika fällt dagegen mit 345 kWh/t Endenergie sehr hoch aus. In der Literatur finden sich wenige Vergleichswerte für die reine Apfellagerung. [SAUNDERS 2006] verwendet für die Berechnung einen Wert von der Kiwilagerung und bei [CARLSSON 1997] werden Tomaten und Möhren als Beispiel angeführt. Für eine Lagerdauer von 6 Monaten beträgt der E_L von Kiwi 199,5 kWh/t und von Möhren bei 4 °C 97,2 kWh/t. Der Wert der Kiwilagerung fällt im Vergleich zu den deutschen Werten sehr hoch aus. Für die Lagerung importierter Äpfel kann

er jedoch realistisch sein, weil diese bei niedrigeren Temperaturen gelagert werden. Der Wert der Möhren kann als Bestätigung der deutschen Werte angesehen werden. Im Gegensatz zu Übersee-Äpfeln, die bei $-0,5\text{ °C}$ gelagert werden, liegt die Lagertemperatur in Deutschland abhängig von der Sorte in Bereichen von 4 bis 8 °C [DÖSCHER 2007].

Das Umschlaglager des Großhändlers hat einen E_L von $0,0192\text{ kWh}/(\text{t}\cdot\text{d})$. Hier lagern die Äpfel 1-4 Tage bis zum Transport zum Einzelhändler. In der gesamten Bilanz ist dieser Wert wegen der Geringfügigkeit zu vernachlässigen. [CARLSSON 1997] ermittelt mit $35 - 37\text{ kWh/t}$ dagegen einen Wert, der für das energetische Profil als relevant anzusehen ist. [CARLSSON 1997] stellt auch fest, dass diese Form der Lagerung, wegen der großen Produktvielfalt und der hohen Umschlagsrate sehr schwer zu berechnen ist. Daher kann der große Unterschied der Werte durch eine unterschiedliche Datenlage oder Formen der Verwendung bedingt sein.

Die bei Literaturwerten häufig als alleinstehender Faktor erfasste Initialkühlung ist bei den deutschen Betrieben durch die Erfassung des gesamten Energieumsatzes des Lagers mit eingerechnet. Die Initialkühlung ist bei den Betrieben nicht als alleinstehender Prozess zu sehen, sondern muss im Zusammenhang mit dem Vorgang der Einlagerung während der Ernte betrachtet werden. Bei Berechnungen in der Literatur wird den Überseetransporten die Lagerung in Europa als Vergleichswert gegenübergestellt [BLANKE 2005, SAUNDERS 2006]. Dies ist berechtigt, weil die gleichzeitige Marktbestückung bei unterschiedlichen Erntezeiträumen eine entsprechende Lagerzeit des einen Produktes beinhaltet und diese durch die Verwendung elektrischer Energie höhere Umwandlungsverluste beinhaltet. Der Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie und der Literaturwerte zeigt aber überdeutlich, dass der Energieumsatz des Lagers nie die Werte des Transportes erreichen kann. Zudem lässt die Marktbeobachtung darauf schließen, dass Äpfel der südlichen Hemisphäre eine entsprechende Lagerzeit bis zum Export haben können. Eine logische Konsequenz dieser Daten ist es die Überseetransporte entsprechend zu vermeiden und heimische Versorger vorzuziehen. Hierbei stellt sich jedoch die Frage, ob die Erntemenge und Lagerdauer der Äpfel für die ganzjährige Versorgung ausreicht und die Qualität dem Frischobst entspricht. Mit einem Selbstversorgungsgrad von ca. 60% ist Deutschland von Importen abhängig und wirtschaftlich können diese sinnvoller sein, wenn sie sich antizyklisch zu der heimischen Erntephase verhalten.

Bei der Entwicklung von Plantagen ist zu beachten, dass erst ab einem bestimmten Alter maximale Erträge geerntet werden. Vorher wird die Energie für erzieherische Maßnahmen verwendet, die bei [PIZZIGALLO 2006] auch einzeln ausgewertet werden. In dieser Studie wird dies nicht separat betrachtet, aber sowohl bei Winzern als auch Apfelbauern kommen nicht-tragenden Anbauflächen vor, so dass der Energiebedarf für Neuzüchtungen mit inbegriffen ist.

Wie die Studien zum Energieumsatz der Weinproduktion zeigen [MÜLLER 2002, NOTARNICOLA 2003, PIZZIGALLO 2006] ist der direkt an den Maschinen gemessene Umsatz weit geringer als der in der vorliegenden Studie ermittelte Gesamtumsatz der untersuchten Weinkeller. Das Gleiche gilt für die Werte der Apfelbetriebe, die laut Literatur [MILA I CANALS 2003b & 2006, STRAPATSA 2006] geringer sein könnten. Wie schon erwähnt liegt dies u.a. daran, dass auch andere Bereiche an der zentralen Energieversorgung angeschlossen sind, wie Wohnung oder Gaststätte, deren Energieumsatz teilweise nur abzuschätzen ist. Die höheren Werte lassen aber auch darauf schließen, dass im „System“ Weinkeller und Apfelanbau mehr energieverwendende Prozesse ablaufen, als auf dem ersten Blick offensichtlich sind. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Schwankungsbreite zwischen den Energieumsätzen vor allem bei kleineren Betrieben (M) sehr hoch ist. Dies reduziert die statistische Aussagekraft und erschwert eine Eingrenzung des tatsächlichen Energieumsatzes für diese Betriebsgrößen. Es zeigt aber auch, dass für diese Betriebe ein Potential zur Reduktion des Energieumsatzes besteht und dieser nicht zwangsläufig durch die Betriebsgröße bedingt wird.

Die Transporte der befragten Unternehmen spiegeln die Daten der Statistik wider [BMVBW 2004]. Innerhalb Deutschlands nutzt keines der befragten Unternehmen den Transport mit Zug oder Binnenschiff. Durch die Anforderung an die logistische Kette wird hier vor allem der Straßengütertransport genutzt. Nur der Import von Wein über den Hafen von Antwerpen findet über alternative Transportwege statt. Dieses ergibt insofern Sinn, dass vor allem Hafengebiete über einen guten Anschluss verfügen und der Vor- und Nachlauf auf ein Minimum reduziert werden kann. Für andere Transportwege mit einem größeren Vor- und Nachlauf kann E_T ungünstiger ausfallen [MAIBACH 1997] und bei dem Einsatz von Kühlaggregaten ergibt sich eine zeitabhängige Komponente durch E_K , die bei längerer Transportdauer E_T überproportional erhöhen wird. Daher kann für Kühlgüter der Straßentransport als günstiger angesehen werden, wenn dieser direkt und ohne Verzögerungen stattfindet.

Während bei der Berechnung von Emissionen und Veredelungsverlusten der fossilen Energieträger in allen vorgestellten Publikationen ähnliche Werte verwendet werden, ergeben sich größere Unterschiede bei der Stromerzeugung. Entsprechend der Anteile fossiler Energieträger, Effizienz der Umwandlung und Einsatz regenerativer oder CO₂ neutraler Quellen können der spezifische Primärenergiebedarf und die spezifische CO₂-Emission der einzelnen Länder variieren. In Ländern mit hohem Anteil regenerativer Energien (Schweden, Neuseeland) kann der Wert entsprechend günstig ausfallen [CARLSSON 1997, SAUNDERS 2006]. In Ländern mit einem hohen Anteil fossiler Energieträger (Deutschland, Südafrika, Ungarn) ist er entsprechend ungünstig. Wie Tab. 2 zeigt, sind die Energieträger der Stromproduktion in den untersuchten Ländern hauptsächlich fossil, so dass eine vergleichbare Ausgangssituation vorliegt. Hier ergibt sich bei Südafrika das Problem, dass die Stromerzeugung hauptsächlich mit Braunkohle in veralteten Anlagen erfolgt und diese höhere Mengen an CO₂ emittieren [BFAI 2006]. Ungarn hat im Vergleich die geringste Effizienz bei der Umwandlung [ÖKO-INSTITUT 2005, KNÖRR 2005], doch hier zeigt sich durch die Verwendung von Öl und Gas zur Stromproduktion eine geringere CO₂-Emission, als in Südafrika.

7.2 Diskussion der Studiendurchführung

Um die Ergebnisse einer Energiebilanz richtig bewerten zu können, muss vorab geklärt werden, welche Aussagen anhand einer Energiebilanz getroffen werden können und für welche Faktoren Energiebilanzen keine Aussagekraft haben. [SVENSSON 2005] gibt in seiner Analyse der Umweltbilanz der Energieträger eine genaue Aufschlüsselung, welche Faktoren einer Ökobilanz mit den verwendeten Energieträgern zusammenhängen und welche nicht. Dieses wird im Kapitel 2.1.1 genauer dargestellt. Eine entsprechende Auswertung der vorliegenden Daten mit den energieabhängigen „impact factors“, d.h. eine energiebezogene Wirkungsabschätzung, ist möglich, wird aber nicht in diese Betrachtung mit einbezogen.

Die Beantwortung der zugrundegelegten Fragestellung ist in dieser Form nur über die Erhebung der tatsächlichen Energieumsätze der Betriebe möglich. Die Befragung vor Ort im Rahmen einer qualitativen Fallstudie ist dafür eine geeignete Methode, um von den befragten Betrieben realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Die Aussagekraft der Energiebilanz für die untersuchten Betriebe ist dadurch sehr hoch und anhand der Ergebnisse lassen sich Hypothesen über grundlegende Einflussfaktoren aufstellen. Durch die persönliche Kontakt-

aufnahme und den zeitlichen Aufwand zur Beantwortung der Fragebögen findet hier eine Selektion statt, weil von den Interviewpartnern ein grundlegendes Interesse benötigt wird. Die Bandbreite der Ergebnisse zeigt allerdings, dass diese Selektion keine Reduktion der Daten auf optimal arbeitende Betriebe verursacht. Es ergibt sich aber der Nachteil, dass die Befragung möglichst kurz gehalten werden muss und die tatsächliche Allokation der Energieumsätze nicht immer gewährleistet ist. So geben die Interviewpartner z.B. alle Fahrzeuge und Fahrzeiten an und die Zuordnung der Verwendung für Anbau (E_A), Vertrieb (E_T) oder andere betriebliche Zwecke (E_V oder E_L) erfolgt bei der Auswertung. Die Ergebnisse dieser Form der Erhebung sind also immer als Abschätzung zu verstehen. Eine detaillierte Erhebung der Energieumsätze ist nur über die genaue Dokumentation der energierelevanten Prozesse und der direkten Messung an den Maschinen möglich. Hier ist allerdings der hohe zeitliche Aufwand und die Bereitschaft zur Mitarbeit der begrenzende Faktor für den Umfang der Stichprobe.

Ein Bezug des Energieaufwandes einer Apfelplantage zur Erntemenge ist kritisch zu hinterfragen. Durch klimatische Einflüsse und Schädlingsbefall variiert die Erntemenge von Jahr zu Jahr, die Bearbeitungsmaßnahmen bis zur Ernte wie Sprühen, Ausdünnen usw. bleiben aber gleich, bzw. erhöhen sich bei notwendigen Mehrmaßnahmen. Dies hat zur Folge, dass innerhalb der Region die Daten vergleichbar sind, die Aussagekraft aber durch Datenreihen mehrerer Jahre und anderer Regionen verbessert werden kann.

In der vorliegenden Studie wird nur der agrarische und industrielle Teil der Lebensmittelproduktion ausgewertet. Ein großer Teil der Verarbeitung findet bei der Lebensmittelerstellung am Ende in den Haushalten statt und wird selten unter dem Aspekt der Effizienz betrachtet. Die Auswertungen dieses Teils der Prozesskette sind sehr schwierig und Untersuchungen legen nahe, dass bei vielen Lebensmitteln hier noch ein großer Anteil an dem Gesamtenergieumsatz durch Einkauf, Lagerung und Zubereitung hinzukommt [CARLSSON-KANYAMA 2003, WIEGMANN 2005]. Auch bei [JUNGBLUTH 2000] zeigt sich, dass bei den Energieumsätzen für den Einkauf die ökologische Orientierung der Konsumenten keinen Unterschied ergibt. Die Betrachtung der Lageranforderungen und der üblichen Verzehrform von Äpfeln und Wein lässt vermuten, dass der Energieumsatz des häuslichen Konsums gering ausfällt. Eine Studie zum Lagerverhalten von privaten Haushalten zeigt allerdings, dass die Hälfte der befragten Haushalte Äpfel im Kühlschrank aufbewahren [THOMAS 2007]. Eine

offene Frage ist also, welche energierelevanten Schritte sich nach dem Erwerb im POS anschließen und welche Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung sich hier ergeben.

Für die Repräsentativität der Ergebnisse ist zu beachten, dass angewendete Prozessschritte, die nicht über die Energieversorgung des Betriebes erfasst werden, in dieser Erhebung nicht mit einbezogen werden. Außerdem kann es durch die Begrenzung des Erhebungszeitraums auf ein Jahr zu Verfälschungen kommen, wenn Energieträger (z.B. Heizöl) in größeren Mengen gelagert werden. Korrekterweise müsste eine Erfassung der Lagermenge zu Beginn und Ende des Jahres stattfinden, von der aber wegen des hohen Aufwandes abgesehen wird. Weitere Aspekte, die durch die hier gewählten Systemgrenzen ausgeblendet werden, sind der Einsatz von Düngemitteln und vorgefertigten Produkten. Dieses kann dann von Interesse sein, wenn es dadurch zu regionalen Unterschieden kommen kann. In den Studien zur Ermittlung des SEC zur Ermittlung eines Benchmark für Brauereien, Molkereien und Bäckereien [EVA 2001a,b,c] wird zusätzlich zum tatsächlichen Output die Kapazität der Anlagen mit einbezogen. Auch diese Fragestellung wird in vorliegender Studie nicht detailliert betrachtet, würde aber zusätzlich Aufschluss darüber geben, inwiefern die Auslastungsgrade Einfluss auf den Energieumsatz nehmen.

Für den Import wird eine durchgehende und direkte Transportkette angenommen. Es gibt auch die Praktiken, dass Äpfel am Hafen gelagert werden, bis der Importeur sie weiterverkauft oder weitertransportiert. Genauso können sich für alle Produkte durch ungünstiger gelegene Vertriebslager längere Transportstrecken ergeben. Für beide Produkte existieren also Transportwege, die nicht in dieser Untersuchung dargestellt werden. [JONES 2002] nennt für die Apfelbereitstellung neben dem Eigenanbau als Quelle den Supermarkt, Gemüsehändler, Markt oder die Gemüsekiste. All diese Formen haben eigene Distributionswege und ermöglichen dem Haushalt außerdem die Wahl des Einkaufsweges. Für den Wein kommt hinzu, dass wegen der guten Lagerfähigkeit und der besonderen Stellung des regionalen Aspektes sich andere Vertriebsstrukturen herausbilden, die nicht immer den Transport auf dem direkten Weg ermöglichen.

Für die Berechnung von E_T besteht die Schwierigkeit, Ringtouren korrekt auszuwerten. In der Durchführung als Ringtour wird eine längere Strecke gefahren, als für die reine Auslieferung des Produkts notwendig ist. Es ergibt sich aber auch der Vorteil, dass eine bessere Auslastung des Fahrzeugs den Transport effizienter macht. Die Entscheidung, die für die Auswertung ge-

troffen werden muss, ist, inwiefern der Umweg, den das Gut fährt, ihm zugerechnet wird. Für die Klärung dieser Frage muss überlegt werden, wie Güter behandelt werden, die am Anfang des Transports oder am Ende ausgeliefert werden. Darf nun das erste Gut als günstiger bewertet werden, obwohl der Transport weiter geht? Wird das letzte Gut als ungünstig bewertet? Es hätte ja auch bei anderer Streckenwahl am Anfang ausgeliefert werden können. Alternativ würde ein schlecht ausgelastetes Fahrzeug die Strecke direkt fahren. In der Literatur gibt es kein Beispiel für die Auswertung und in dieser Studie wird mit der Berechnung des Energieumsatzes für die direkte Strecke das Szenario gewählt, dass die bessere Effizienz von Ringtouren anrechnet. Außerdem wird davon ausgegangen, dass dadurch eine optimale Auslastung der Fahrzeuge erreicht wird. Der spezifische E_T bietet hier den Vorteil, dass er den von dem Gut verursachten Energieumsatz ermittelt, unabhängig davon wie lang die tatsächlich gefahrene Strecke ist.

Viele Indikatoren, die zur Bewertung des Umweltverhaltens eines Produkts, Prozesses oder Betriebs verwendet werden (POEMS, Ökobilanz, EPD), zielen darauf ab, den untersuchten Gegenstand auf Schwachstellen zu analysieren und wenn möglich diese zu verbessern. Generell besteht für alle diese Verfahrensweisen das Problem, dass für die Energieverwendung keine Richt- oder Vergleichswerte vorliegen und jeder Betrieb im Rahmen der Bilanz sein persönliches Optimum anstrebt. Erst durch eine vergleichende Analyse unterschiedlicher Betriebe kann eine Aussage getroffen werden, welcher Wert angestrebt werden soll. Für die Betriebe, die Wein oder Äpfel produzieren, können die Daten als Benchmark verwendet werden. Die Ermittlung des spezifischen Energieumsatzes der Betriebe ist mit vorliegendem Energieträgerverbrauch und den in Material und Methoden beschriebenen Heizwerten leicht durchzuführen und so kann jeder Betrieb sein Verhältnis zur Regressionsgraden selbst errechnen.

Die vorliegenden Daten im regionalen Vergleich können zusätzliche Informationen/Argumente für die gesamte Energie-Debatte liefern. Die Darstellung des Energieprofils (Abb. 38 & 39) zeigt, welche Abschnitte letztendlich für den tatsächlichen Energieumsatz relevant sind und welche effizienteren Alternativen vorhanden sind. Weitere Aspekte, die bei der Lebensmittelproduktion in Betracht gezogen und im Rahmen der nachhaltigen Ernährungsweise diskutiert werden sind neben der Umwelt-Wirkung auch gesundheitliche und gesellschaftliche Aspekte [HOFFMANN 2005]. Bei der Aussagekraft der

Ergebnisse der vorliegenden Studie ist zu beachten, dass hier nur der Energieumsatz als Bewertungsgrundlage genommen wird und die Ergebnisse deshalb auch nur auf dieser Basis interpretiert werden dürfen.

8 Fazit

Die Fragestellung der Zentralisierung oder Regionalisierung ist auch von den Verarbeitungsstufen der Produkte abhängig. Für verarbeitete Produkte, die über längere Transportwege keinen Frischeverlust erleiden, kann eine energetisch günstige Großproduktion und effiziente Logistik sinnvoll sein, wie die Produktion in Ungarn zeigt. Diese bezieht auch eine sinnvoll gestaltete Transportverpackung mit ein, die unnütze Energieaufwände vermeidet. Für frische Produkte, die wenig verarbeitet werden, aber beim Transport aufwendiger sind, ist regionaler Konsum sinnvoll.

So können gerade bei der Weinproduktion in Südafrika und Deutschland die besten und ungünstigsten Werte stark differieren, aber die ungünstigen deutschen und günstigsten südafrikanischen Weinbetriebe zeigen ähnliche Energieumsätze. Bei den Äpfeln zeigt sich, dass wegen des hohen Energieumsatzes des Transportes aus Übersee auch eine ungünstige deutsche Produktion mit langen Lagerzeiten immer effizienter ist, als Frischobst aus Übersee. Wie schon erwähnt, kann mit diesen Ergebnissen überlegt werden, in welchen Bereichen sich für uneffizient arbeitende Betriebe Verbesserungspotentiale ergeben.

Die Ergebnisse der Diskussion und die daraus resultierenden Verbesserungspotentiale lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- kleinere Betriebe haben die Möglichkeit, durch die Organisation in Genossenschaften größere Durchsatzmengen zu erreichen und so effizienter zu arbeiten;
- als einfacher Angriffspunkt kann der Transport der Winzer angesehen werden. Er ist statistisch gesehen nicht von der Betriebsgröße abhängig und kann durch bessere Auslastung der Fahrzeuge effizienter gestaltet werden;

-
- die große Schwankungsbreite bei den kleineren Betrieben der Region M deutet darauf hin, dass auch hier Einsparpotentiale bestehen, die anhand der Daten nicht genau zu bestimmen sind;
 - bei den südafrikanischen Weinbetrieben zeigen effizient arbeitende Betriebe, dass auch hier Potentiale bestehen, die wahrscheinlich durch bessere Isolierungen der Lagertanks und einer Veränderung der Wahrnehmung genutzt werden können;
 - alle überregionalen Weintransporte könnten in ihrer Effizienz verbessert werden, wenn auf Originalabfüllung verzichtet wird und die Abfüllung nach Deutschland verlagert wird;
 - bei den Äpfelerzeugern ergibt sich das höchste Einsparpotential durch größere Anbauflächen;
 - der Überseetransport von Äpfeln ist sehr energieaufwendig und sollte auf die Zeit reduziert werden in der keine regionale Versorgung möglich ist.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der Diskussion um Energieverwendung und Energieeinsparung wird häufig der Lebensstil der heutigen Konsumgesellschaft als Angriffspunkt für effektive Maßnahmen genannt. Zu diesem gehört auch der Lebensmittelkonsum, der sowohl direkt im Haushalt und auch indirekt durch die Lebensmittelproduktion Einfluss nimmt. Bei der vorherrschenden Diskussion wird insbesondere den Transporten eine energierelevante Wirkung zugesprochen und die Bevorzugung regionaler Lebensmittel als Lösung angesehen. Doch zeigen Studien auch, dass bei der Produktion regionaler Lebensmittel nicht immer weniger Energie aufgewendet wird als bei der Produktion in und den Transporten aus Übersee. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll nun genauer betrachtet werden, welchen Umfang Anbau, Produktion und Transport von Wein und Äpfeln am gesamten Energieumsatz bis zum Erreichen des POS (Giessen) haben und ob ein Einfluss der Region oder der Betriebsgröße festgestellt werden kann. Dieser Zusammenhang wird auch unter dem Stichwort „Ecology of Scale“ diskutiert. Als Grundlage zur Beantwortung dieser Fragestellung wird der aktuelle Stand bei der Auswertung und Diskussion der Umweltwirkung der Lebensmittelproduktion und der Transporte genauer dargestellt und die wirtschaftliche Bedeutung und Prozesskette der untersuchten Produkte beschrieben. In diesem Zusammenhang werden auch Studien vorgestellt, die sich insbesondere mit der Umweltwirkung und dem Energieumsatz der untersuchten Prozesse beschäftigen. Die Erhebung der Daten für die vorliegende Studie findet als qualitative Fallstudie statt. Es werden erzeugende Betriebe in unterschiedlichen Regionen Deutschlands (M, B, HB, W, BS), Südafrika (SA) und Ungarn (HU) mit einem Fragebogen interviewt und beschreibende/qualitative Daten zu den Betriebsprozessen und quantitative Daten zu verwendeten Energieträgern und Produktionsmengen abgefragt. Für die Auswertung des Transportprozesses werden Verantwortliche für die Organisation und Durchführung interviewt und typische Wege der Auslieferung und Treibstoffverbräuche der Fahrzeuge in Erfahrung gebracht. Geringe Korrekturen werden dadurch notwendig, dass bei kleinen Weinerzeugern häufig Betrieb und Privatbereiche zusammen erfasst werden. Um die Energieumsätze für den reinen Betrieb zu erhalten, werden private Energieumsätze mit makrostatistischen Daten abgeschätzt und rausgerechnet. Für die Umrechnung in Primärenergie und CO₂-Emission werden länderspezifische Faktoren verwendet. Die Absolutwerte werden auf 1 hl Wein bzw. 1 t Äpfel als funktionelle Einheit bezogen. Die Ergebnisse der Betriebe werden als Endenergieumsätze der Module Anbau (E_A) und

Verarbeitung (E_V) beim Wein bzw. Lagerung (E_L) beim Apfel dargestellt. Die Transporte werden zum Einen als Erzeugerorganisiert (z.B. von Winzern, Genossenschaften oder Vertriebsgesellschaften) oder als Fahrten des Groß- und Einzelhandels ausgewertet (E_T). Für die Belieferung des POS finden beide Formen in unterschiedlichem Ausmaß statt und werden als Absolutwerte der typischen Wege berechnet. Zum Vergleich werden die Fahrten auch als spezifischer Wert (spezif. E_T) bezogen auf die direkte Strecke zwischen Erzeuger/Lager und POS berechnet. Das Gleiche wird für die Seetransporte aus Übersee und die Fahrten im Erzeugerland dargestellt. Bei der Diskussion der Ergebnisse Wein zeigt sich, dass sich bei der Darstellung der Energieumsätze bezogen auf die Betriebsgröße vor allem bei der Region B&W und SA eine Abnahme des E_B mit steigender Durchsatzmenge ergibt. Eine Rechtsverschiebung der Kurve von SA wird mit regionalen Klimabedingungen, aber auch der Einstellung zum Stromverbrauch begründet. Für die Region M ergeben sich hohe Werte und eine weite Schwankungsbreite bei E_B ohne eine Korrelation zur Durchsatzmenge. Hier wird davon ausgegangen, dass vor allem der hohe Anteil Steillagen und die Maischeerwärmung bei der Rotweinbereitung Einfluss nehmen. Dagegen ist in der Region HU E_B durchgängig gering. Dieses wird auf die Installation neuer großtechnischer Anlagen und eine dadurch bedingte bessere Energieeffizienz zurückgeführt. Bei den deutschen Apfelerzeugern ergibt sich eine hohe Korrelation zwischen Betriebsgröße und Energieumsatz. Die Darstellung der Ergebnisse als Primärenergie und CO₂-Emission ergibt für alle Betriebe ein ähnliches Bild. Um mit den erhaltenen Daten eine optimale Betriebsgröße ermitteln zu können, wird der jeweilige regionale Mittelwert von E_B in die Regressionsgleichung eingesetzt. Der Mittelwert von E_B und die erhaltene Betriebsgröße kann als Referenzwert (Benchmark) für die Region verstanden werden. Die Diskussion der Transporte zeigt, dass bis auf wenige Ausnahme alle effizient organisiert sind und mit einem geringst möglichen Umsatz durchgeführt werden. Als Ausnahme sind wenige kleinere Weinerzeuger anzusehen, die bei dem persönlich durchgeführten Vertrieb im Vergleich die höchsten Umsätze haben. Beim Seetransport der Äpfel ist der absolute Umsatz allerdings sehr hoch und verursacht für importierte Äpfel ein vielfaches des Energieumsatzes der deutschen Erzeugung. Die Darstellung des energetischen Profils der am günstigsten und ungünstigsten arbeitenden Betriebe gibt im Abschluss einen Überblick, welche Anteile die einzelnen Prozessschritte am absoluten Energieumsatz haben. Bei der Diskussion der Studiendurchführung wird darauf eingegangen, wie die Ergebnisse zu interpretieren und welche Einschränkungen zu beachten sind.

Literaturverzeichnis

[AITKEN o.J.] AITKEN, A.G.; KERR, J.P.; NIXON, C.; HEWETT, E.W.; HALE, C.N.: *Growing futures case study series. Case 4. Advanced orchard systems lead to top yields for New Zealand apples*. Martech Consulting Group, PO Box 31-308, Milford Wellington, New Zealand. Download am 27.02.2007 (www.martech.co.nz).

[ARDENTE 2006] ARDENTE, F.; BECCALI, G.; CELLURA, M.; MARVUGLIA, A.: *POEMS: A Case Study of an Italian Wine-Producing Firm*. *Environmental Management* 38 (3) S. 350-364.

[BÄCKER 2006] BÄCKER, G.: Lehrbeauftragter, persönliche Mitteilung vom 24.04.2006, Forschungsanstalt Geisenheim/ Institut für Betriebswirtschaft und Technik.

[BFAI 2006] BUNDESAGENTUR FÜR AUSSENWIRTSCHAFT: *Länder und Märkte: Südafrika – Energiewirtschaft 2005/06*. Version Juli 06 (www.bfai.de).

[BLANKE 2005a] BLANKE, M.; BURDICK, B.: *Food (Miles) for Thought. Energy Balance for Locally-grown versus Imported Apple Fruit*. *ESPR - Environmental Science and Pollution Research*, 12 (3), S. 125 – 127.

[BLANKE 2005b] BLANKE, M.; BURDICK, B.: *Energiebilanzen für Obstimporte: Äpfel aus Deutschland oder Übersee? – Erwerbs-Obstanbau*, 47, S. 143 – 148.

[BLANKENHORN 2003] BLANKENHORN, D.: *Thermische Verfahren zur Rotweinbereitung*. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obstbau–Weinsberg. Download am 04.12.2003 (www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/).

[BMVBW 2004] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWESEN: *Verkehr in Zahlen 2004/05*. Hamburg: Deutscher Verkehrs Verlag.

[BMVEL 2003] BUNDSMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ; ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: *Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2003*. Drucksache 15/405.

[BMVEL 2005] BUNDSMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ; ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: *Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2005*. Drucksache 15/4801 (www.verbraucherministerium.de).

[BMWI 2006] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE: *Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung*. Aktualisierung 31.5.2006 (www.bmwi.bund.de).

[BORKEN 1999] BORKEN, J.; PATYK, A.; REINHARDT, G.A.: *Basisdaten für die ökologische Bilanzierung*. Braunschweig: Vieweg Verlag.

[BRUILLE 2004] BRUILLE, J.D.; BARRIT, B.H.: *Apple Study – A comparison of Production Practices and Costs of Production in Leading Apple Producing Countries*. Vortrag auf der Interpoma, Italien am 10.11.2004.

[CAPE REEFERS 2004] VAN HEERDEN, G. Managing Director, persönliche Mitteilung und schriftliche Bestätigung vom 06.08.2004, Cape Reefers/Kapstadt (siehe Anhang A-7).

[CARLSSON 1997] CARLSSON, A.: *Greenhouse Gas Emissions in the Life-Cycle of Carrots and Tomatoes*. IMES/EESS Report No. 24, March 1997, Department of Environmental and Energy System Studies, Lund University, Schweden.

[CARLSSON-KANYAMA 2003] CARLSSON-KANYAMA, A.; EKSTRÖM, M. P.; SHANAHAN, H.: *Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency*. *Ecological Economics* 44, S. 293-307.

[CMA 2006] CENTRALE MARKETING GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFT: *Heimischer Genuss für Kanzlerin und Kabinettsmitglieder. Apfelübergabe im Bundeskanzleramt*. Bonn, Pressemitteilung vom 15.11.2006 (www.cma-marketing.de).

[COWELL 2003] COWELL, S. J., PARKINSON, S.: *Localisation of UK food production: an analysis using land area and energy as indicators*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94, S. 221–236.

[CROUCH 2003] CROUCH, I.: *Post harvest apple practices in South Africa*. Washington Tree Fruit Postharvest Conference, 2. & 3.12.2003 Wenatchee, WA, USA.

[DESTATIS 2003] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Bewohnte Wohneinheiten in Wohngebäuden und sonstigen Gebäuden mit Wohnraum nach Belegung und Fläche*. Aktualisiert am 13.08.2003 (www.destatis.de).

[DESTATIS 2006] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Erzeugung und Verbrauch von Nahrungsmitteln. Presseexemplar*. Wiesbaden, Januar 2006 (www.destatis.de).

[DEUTSCHE BAHN 2005] DEUTSCHE BAHN AG: *Umweltbericht 2005*. Aktualisierung am 01.12.2005 (www.db.de/site/umweltbericht/de/umweltthemen).

[DFPT 2006] DECIDUOUS FRUIT PRODUCER TRUST. *Fruit Industry Key Statistics 2005. Kapitel 3: Apple*. Download am 25.10.2006 (www.deciduous.co.za/industry/industry/htm).

[DIEPENBROCK 1995] DIEPENBROCK, W.; PELZER, B.; RADTKE, J.: *Energiebilanz im Ackerbaubetrieb*. Arbeitspapier 211, KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.

[DILL 2005] DILL, H., persönliche Mitteilung vom 02.09.2005. JF Hillebrandt, Carl-Zeiss Str. 6, 55133 Mainz.

[DIW 2004] DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG. *Wochenbericht: Stagnierender Primärenergieverbrauch in Deutschland*. Berlin, 7/2004. Download am 11.10.2004 (www.diw.de).

[DÖSCHER 2007] DÖSCHER, F. Geschäftsführer, telefonische Mitteilung vom 26.02.2007, Elbe-Obst Vertriebsgesellschaft mbH, Dollener Straße 5, 21720 Guderhandviertel.

[DT 2001] DEPARTMENT OF TRANSPORT: *Transport Statistics 2001*. South Africa. Download am 26.01.2007 (www.transport.gov.za/library/index.html).

[DWI 2006a] DEUTSCHES WEIN INSTITUT (Hrsg.). *Deutscher Wein Markt 1/2006. Ein Informationsdienst für die Weinbranche*. DWI, Mainz, (www.deutscheweine.de).

- [DWI 2006b] DEUTSCHES WEIN INSTITUT (Hrsg.). *Deutscher Wein Statistik 2005/2006*. Download am 17.01.2006 (www.deutscheweine.de).
- [EC 2005] EUROPÄISCHE KOMMISSION: *Grünbuch über Energieeffizienz oder weniger ist mehr*. KOM(2005) 265 endgültig, Brüssel 22.6.2005, Zusammenfassung auf (europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l27061.htm#top).
- [EIA 2005] ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: *Official Energy Statistics from the U.S. Government*. Download am 17.2.05 (www.eia.doe.gov).
- [EMO OIL 2006] EMO OIL: *Datenblatt IFO 180 Version Juni 2006*. Download am 31.03.07 (www.emo.ie/bunkering/products.html) (siehe Anhang A-5).
- [ERMANN 2002] ERMANN, U.: *Regional essen? Wert und Authentizität der Regionalität von Nahrungsmitteln*. in: [GEDRICH 2002] GEDRICH, K.; OLTERS DORF, U.(Hrsg.): *Ernährung und Raum: Regionale und ethnische Ernährungsweisen in Deutschland*. 23. Wissenschaftliche Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Ernährungsverhalten e.V. (AGEV) Oktober 2001, Freising/Weihenstephan. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, 2002, S. 121-140.
- [ERNESTOPAULI 2006] ERNESTOPAULI, DAS SCHWEIZER WEINPORTAL: *So wird Weiß-/Rotwein hergestellt. Herstellung Weiß-/Rotwein (Produktionsschema)*. Download am 14.01.06 (www.ernestopauli.ch).
- [EUROSTAT 2003] STATISTISCHES AMT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: *Panorama of Transport Statistical overview of transport in the European Union*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 20043(<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>).
- [EUROSTAT 2004] STATISTISCHES AMT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: *Energy, transport and environment indicators. Data 1991-2001. Pocketbook*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Veröffentlichungsdatum: 01.07.2004 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>).

[EVA 2001a] ENERGIEVERWERTUNGS AGENTUR: *Energybenchmarking at the Company Level. Company Report Brewery*. Wien/Österreich, download am 07.02.2005 (www.eva.ac.at).

[EVA 2001b] ENERGIEVERWERTUNGS AGENTUR: *Energybenchmarking at the Company Level. Company Report Diary*. Wien/Österreich, download am 07.02.2005 (www.eva.ac.at).

[EVA 2001c] ENERGIEVERWERTUNGS AGENTUR: *Energybenchmarking at the Company Level. Company Report Bakery*. Wien/Österreich, download am 07.02.2005 (www.eva.ac.at).

[FACHGRUPPE OBSTBAU 2006] BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE, FACHGRUPPE OBSTBAU: *II. überarbeitete und erweiterte Richtlinie für den kontrollierten Integrierten Anbau von Obst und Gemüse in der Bundesrepublik Deutschland*. Stand: 31.12.2006. Download am 27.01.2007 (www.obstbau.org/content/service/download/Richtlinien_Integrierte_Produktion.pdf).

[FAIST 2000] FAIST, M.: *Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren. Akteurbezogene Stoffstromanalyse*. Dissertation Nr. 13884 ETH Zürich/Schweiz, download am 03.08.2006 (e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=13384).

[FAL/DLG 2007] BUNDEFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT/DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS GESELLSCHAFT e.V.: *Internetplattform „Agri benchmark“*, (www.agribenchmark.org).

[FAOSTAT 2004] FAO STATISTIC DIVISION: *Online Databases Production and Trade*, last update 12/2004.

[FAOSTAT 2006] FAO STATISTIC DIVISION: *Food and Agriculture Indicators 2006*. Download am 29.03.2007 (www.fao.org/ES/ess/compendium_2006/list.asp).

[FAOSTAT 2007] FAO STATISTIC DIVISION: *Online Databases Production and Trade*. Download am 19.01.2007 (<http://faostat.fao.org/>).

- [FELTES 2004] FELTES, J. technische Leitung, persönliche Mitteilung vom 24.04.2004, Weinkellerei Binderer St. Ursula.
- [FLEISSNER 2001] FLEISSNER, U.: *Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel*. Dissertation Universität Giessen, D26. Veröffentlichung 2002 Aachen: Shaker Verlag.
- [FLICK 2002] FLICK, U.: *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- [FRIEDRICH 1993] FRIEDRICH, G.: *Handbuch des Obstbaus*. Radebeul: Neumann Verlag.
- [FRISCHKNECHT 1994] FRISCHKNECHT, R. et al.: *Ökoinventare für Energiesysteme: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*. Zürich.
- [FRISCHKNECHT 1995] FRISCHKNECHT, R.; *Ökoinventare für Energiesysteme: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*. Schlussbericht des BEW/NEFF-Forschungsprojektes " Zürich: Laboratorium für Energiesysteme.
- [FÜSER 2001] FÜSER, K.: *Beck-Wirtschaftsberater. Modernes Management*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag, S. 91 - 106.
- [GALITZKY 2005] GALITZKY, CH.; WORELL, E.; RADSPIELER, A.; HEALY, P.; ZECHIEL, S.: *BEST Winery Guidebook: Benchmarking and Energy and Water Savings Tool for the Wine Industry*. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005. Download am 26.04.2006 (<http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-PUB-3184/>)
- [GROSCH 2005] GROSCH, M: Verkaufsleiter Spedition, schriftliche Mitteilung vom 01.10.2005, Carl-Legien Str. 22, 63073 Offenbach, (siehe Anhang A-8).
- [GRUNDHÖFER 2003] GRUNDHÖFER, P. Geschäftsführer, persönliche Mitteilung vom 25.02.2003, Grundhöfer GmbH, Obst Gemüse Großhandel, Rückertstr. 6, 60314 Frankfurt.

- [GWF 1996] GEBIETSWINZERGENOSSENSCHAFT FRANKEN eG: *Die GWF Ökobilanz 1995/1996*. Kitzingen, zu bestellen bei (www.GWF-Kitzingen.de).
- [HADJU 2004] HADJU, E.: *Der Weinbau in Ungarn*. Deutsches Weinbau Jahrbuch 55, Stuttgart: Verlag Ulmer.
- [HENNICKE 1996] HENNICKE, P.; SEIFRIED, D.: *Das Einsparkraftwerk: eingesparte Energie neu nutzen*. Berlin: Birkhäuser Verlag.
- [HIRSCHLE 2007] HIRSCHLE, M. Logistik und Fuhrparkdisposition, persönliche Mitteilung vom 27.02.2007, Obst vom Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH, Eugen-Bolz-Str. 16, 88094 Oberteuringen.
- [HOCHHAUS 1997] HOCHHAUS, K.-H.; WILD, Y.: *Kontrollierte Atmosphäre im Schiffstransport*. Download am 23.02.2006 (www.drwild.de).
- [HOFFMANN 2001a] HOFFMANN, I.; LAUBER, I.: *Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland. Teil II: Umweltwirkung anhand ausgewählter Indikatoren*. Erno 2 (3), S. 187-193.
- [HOFFMANN 2001b] HOFFMANN, I.; LAUBER, I.: *Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland. Teil III: Auswirkungen und Modifikationen*. Erno 2(4), S. 244-252.
- [HOFFMANN 2005] HOFFMANN, I.: *Sustainable Nutrition: Feasibility and Consequences*. In: OLTERS DORF, U. et al. (Hrsg.): *Consumer & Nutrition Challenges and Chances for Research and Society*. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Band 2. Karlsruhe: Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel.
- [IEA 2005] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY: *Energy Statistics*. Download am 04.03.2005 (www.iea.org).
- [IFEU 2005] INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG: Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: *Energieverbrauch und Schadstoffmissionen*

des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030. Zusammenfassung. Ufoplan Nr.: 204 45 139. Heidelberg, 11/2005 (www.ifeu.de).

[IPCC 2007] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.* IPCC WGI Fourth Assessment Report. Genf/ Schweiz. Download am 17.01.2007 (www.ipcc.ch).

[ITR 2003] DEPARTMENT OF INDUSTRY, TOURISM AND RESOURCES, Australian Government: *A guide to energy efficiency innovation in Australian wineries. Energy Efficiency Best Practice.* Goanna Print Pty Ltd (www.industry.gov.au/energybestpractice).

[JOLINE 2005] Kapitän des Binnenschiffs Joline, persönliche Mitteilung vom 18.10.2005, Frankenbach Terminal, Mainz-Kastel.

[JONES 2002] JONES, A.: *An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples.* Environmental Management 30 (4) S. 560-576.

[JUNGBLUTH 2000] JUNGBLUTH, N.: *Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz.* Dissertation 13499, ETH Zürich/Schweiz. (e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=13499).

[JUNGBLUTH 2001] JUNGBLUTH, N.; FRISCHKNECHT, R.: *Analysemethoden für die ökologischen Folgen des Nahrungsmittelkonsums.* ERNO 2 (1), S. 53 – 55.

[KELLE 2001] KELLE, U.: *Sociological Explanations between Micro and Macro and the Integration of Qualitative and Quantitative Methods.* Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal], 2 (1). Download am 23.04.07 (www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-01/1-01kelle-e.htm).

[KNÖRR 2005] KNÖRR, W.; REUTER, CH.: *EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool. Environmental Methodology and Data. Update.* Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Download am 24.01.2006 (www.stinnes-freight-logistics.de).

[LANDWEHR 2002] LANDWEHR, M.; MARIE-LILLIU, C.: *Transportation Projections in OECD Regions. Detailed Report May 2002*. International Energy Agency. Download am 07.03.2005 (www.iea.org).

[LAUBER 2001] LAUBER, I.; HOFFMANN, I.: *Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland. Teil I: Ausmaß und Verteilung*. Erno 2 (2), S. 108-113.

[LVWO 2002] STAATLICHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR WEIN- UND OBSTBAU – WEINSBERG: *Rebschutz durch geeignete Kulturmaßnahmen (Standweite, Erziehungssystem, Rebschnitt und Laubarbeit)*. Download am 29.10.2002 (www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/).

[MAIBACH 1997] MAIBACH, M.; SCHENKEL, PH.; PETER, D.; GEHRING, S.: *Umweltindikatoren im Verkehr. Kennziffern für einen ökologischen Vergleich der Verkehrsmittel. Zusammenfassung*. INFRAS veröffentlicht am 02.10.2001, download am 07.08.2006 (www.infras.ch).

[MAPSOLUTE 2007] MAPSOLUTE GMBH: *Routenplaner map24*. Zuletzt besucht am 23.04.2007 (www.map24.de).

[MESSERSCHMIDT 2004] MESSERSCHMIDT, W. Logistics Information Manager, persönliche Mitteilung vom 30.07.2004. Dole South Africa Ltd. Kapstadt/Südafrika.

[MILA I CANALS 2003a] MILA I CANALS, LI.: *Contribution to LCA Methodology for Agricultural Systems. Site-dependency and soil degradation impact assesement*. Dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.

[MILA I CANALS 2003b] MILA I CANALS, LI; CLEMENT POLO, G.: *Life cycle assesement of fruit production*. In: Mattesson, B.; Sonesson, U. (Hrsg.): *Environmentally-friendly food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, S. 29-53.

[MILA I CANALS 2006] MILA I CANALS, LI.; BURNIP, G. M.; COWELL, S. J.: *Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment*

- (LCA): *Case study in New Zealand*. Agriculture, Ecosystems and Environment 114 (2006) S. 226–238.
- [MÜLLER 1997] MÜLLER, E: *Chancen im Steillagenweinbau durch Rationalisierung*. Fünfteilige Serie in: Die Winzer Zeitschrift 12 (7) 28-30, (8) 20-23, (9) 20-24, (10) 14-17, (11) 16-19.
- [MÜLLER 2002] MÜLLER, D. H.: *Wie viel Strom braucht der Wein?* Das Deutsche Weinmagazin 10, S. 10-14.
- [NOTARNICOLA 2003] NOTARNICOLA, B., TASSIELLI, G.; NICOLETTI, G. M.: *Life cycle assessment (LCA) of wine production*. In: Mattsson B, Sonesson U: *Environmentally-friendly food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing, England, S. 306-326.
- [ÖKO-INSTITUT 2005] ÖKO-INSTITUT: *Gemis Datenbank:-Global Emission Model for Integrated Systems. Version 4.3* (www.oeko.de/service/gemis/index.htm).
- [PELGER 2005] PELGER, M.: LKW-Fahrer, postalische Mitteilung vom 09.10.2005 (siehe Anhang A-11).
- [PITLIK 2004] PITLIK, L. Head of Department, persönliche Mitteilungen Sommer 2004. Department of Business Informatics, Szent Istvan Universität Gödöllő/Ungarn.
- [PIZZIGALLO 2006] PIZZIGALLO, A.C.I.; GRANAI, C.; BORSA, S.: *The joint use of LCA and emergy evaluation for the analysis of two Italian wine farms*. Journal of Environmental Management (2006) in Press.
- [POWER 2003] POWER, L.: *Gute Hoffnung am Kap*. Jacques Journal, Mai 2003. Jacques Wein Depot (Hrsg.), Düsseldorf. Download 03.2003 (www.jacques.de).
- [PRETTY 2005] PRETTY, N.J. ET. AL.: *Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket*. Food Policy 30, S. 1-19.
- [PRIEWE 2002] PRIEWE, J.: *Wein. Die neue große Schule*. München: Verlag Zabert Sandmann.

[RABE 2004] RABE, A. Chief Executive Officer, persönliche Mitteilung vom 30.06.2004. Deciduous Fruit Producers' Trust, Paarl/Südafrika.

[SAFMARINE 2004] BOTES, P. schriftliche Mitteilung vom 16.07.2004 Kapstadt/Südafrika (siehe Anhang A-13).

[SAUNDERS 2006] SAUNDERS, C.; BARBER, A.; TAYLOR, G.: *Food Miles – Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand's Agriculture Industry. Research Report No. 285.* Agribusiness & Economics Research Unit, Lincoln University New Zealand, July 2006. Download am 13.11.2006 (<http://www.lincoln.ac.nz/story9430.html>).

[SAWIS 2005] SOUTH AFRICAN WINE INDUSTRY INFORMATION & SYSTEM: *South African Wine Industry Statistics No 28. Annual Booklet, Update 03/2005.* Download am 07.03.2005 (www.sawis.co.za).

[SCHLICH 2003] SCHLICH, E.; FLEISSNER, U.: *Comparison of Regional Turnover with Global Food.* International Journal of LCA 8 (4), S. 252.

[SCHLICH 2005] SCHLICH, E.; FLEISSNER, U.: *The Ecology of Scale: Assessment of Regional Turnover and Comparison with Global Food.* International Journal of LCA 10 (3) S. 219 – 223.

[SCHMIDT 2002] SCHMIDT, O.: *Aktuelles zum Herbst 2002.* Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obstbau – Weinsberg. Download am 10.03.2005 (www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/).

[SCHMIDT 2007] SCHMIDT, R. Qualitätsmanager Logistik, persönliche Mitteilung vom 09.03.2007, REWE Handelsgruppe, Hungen.

[SCHWARZ 2006] SCHWARZ, P. Fachbereichleiter, persönliche Mitteilung vom 24.04.2006, Forschungsanstalt Geisenheim/Institut für Betriebswirtschaft und Technik.

[SCIULLO 2005] SCIULLO, C.; SMIHILY, M.: *Statistik kurzgefasst 1/2005. Besondere Aspekte des Güterkraftverkehrs 1999-2003.* EU - Eurostat. Download am 04.04.2005 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>).

- [SEABOARD 2004] NEWTON, P. Eigentümer, persönliche Mitteilung vom 28.07.2004. Spedition Seaboard, Kapstadt/Südafrika.
- [SEATRADE 2002] SEATRADE GROUP: *Fleetlist*. 11/2002. Antwerpen/Belgien (www.seatraderefer.com).
- [STAINER 2000] STAINER, R.: *Lokale Sorten oder Premium Sorten: Wer macht das Rennen? Aus der Sicht der Südtiroler Anbaus* - Vortrag Bundeskernobstseminar 02/2000.
- [STRAPATSA 2006] STRAPATSA, A. V.; NANOS, G. D.; TSATSARELIS, C. A.: *Energy flow for integrated apple production in Greece*. Agriculture, Ecosystems and Environment 116 (2006) S. 176–180.
- [STRAUB 1998] STRAUB, E.; NOVAK, R.: *Obstbau Praxis*. Klosterneuburg: Österreichischer Agrarverlag.
- [SVENSSON 2005] SVENSSON, N.; ROTH, L.; EKLUND, M.; MÁRTENSSON A.: *Environmental relevance and use of energy indicators in environmental management and research*. Journal of Cleaner Production 14 (2006) S. 134-145.
- [THOMAS 2007] Thomas, S., Arbeitsgruppe Cold-Chain-Management, persönliche Mitteilung am 06.03 07. Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Abteilung Haushaltswissenschaften.
- [THOMSON 2003] THOMSON, J. F.; BRECHT, E.; HINSCH, T.; KADER, A. A.: *Container Transport of Chilled Perishable Produce*. Postharvest Technology UC Davies Updated 3/2003. Download am 21.03.2005 (<http://postharvest.ucdavis.edu/index.html>).
- [TILLMANN 2005] TILLMANN, G.: *Erdgasmarketing im großstädtischen Heizungsmarkt – Entwicklung, Status, Ausblick*. Gas Zeitschrift für Gaswirtschaft, Gerätehersteller und Fachhandwerk 5/2005 S. 23-26.
- [TROOST 1988] TROOST, G.: *Handbuch der Lebensmitteltechnologie. Technologie des Weines*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 6. Auflage.
- [UBA 2000] Umweltbundesamt (Hrsg.): *Ökobilanz für Getränkeverpackung II. Materialsammlung*. Berlin.

[UBA 2006] UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): *Wie private Haushalte die Umwelt nutzen –höherer Energieverbrauch trotz Effizienz-steigerungen*. Hintergrundpapier November 2006. Download am 22.11.2006 (www.umweltbundesamt.de).

[VDEW 1998] VDEW: *Datenkatalog zum Haushaltsstromverbrauch 1998*.

[VDEW 2003] VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT: *Endenergieverbrauch in Deutschland 2002*. Frankfurt a.M.: VDEW Materialien M-19/2003. Download am 16.02.2005 (www.ag-energiebilanzen.de).

[WEBER 2006] WEBER, H.-J. Kellermeister, persönliche Mitteilung vom. 19.07.2006, Winzergenossenschaft Hessische Bergstrasse.

[WETTER.COM 2007] WETTER.COM AG: *Klimadatenbank*. Download am 17.01.2007 (www.wetter.com).

[WHITELEGG 2004] WHITELEGG, J.; KIRKBRIDE, A.: *Supermarkets and local shops: what is the difference?* Vortrag beim Workshop: *Integrated regional production and logistics management – a promising perspective for European Regions?* Am 21.06.2004 beim Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

[WIEGMANN 2005] WIEGMANN, K.; EBERLE, U.; FRITSCHKE, U.; HÜNECKE, K.: *Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien, Diskussionspapier Nr. 7 / September 2005*. Download am 28.02.2007 (www.ernaehrungswende.de).

[WILD 2003] WILD, Y.: *Betriebsverhalten von Kühlcontainern*. STG-Hauptversammlung am 20.11.2003 in Berlin. Download am 23.02.2006 (www.drwild.de).

[WILD 2004] WILD, Y.: *Statistische Auswertung des E-Verbrauchs von Kühlcontainern auf fahrenden Schiffen*. STG-Sprechtage "Kühlcontainer" am 25.08.2004 in Hamburg. Download am 23.02.2006 (www.drwild.de).

[WN NETWORK 2007] WORLD NEWS NETWORK: *World Ports Distances Calculator*. Zuletzt besucht am 24.04.2007 (www.distances.com).

[WOSCHEK o.J.] WOSCHEK VERLAG (Hrsg.): *Alles über Wein*. Mainz: Woscheks Verlags GmbH, o.J.

[ZEITVOGEL 2004] ZEITVOGEL, R. Kellermeister persönliche Mitteilung vom 26.07.2004, Blauwklippen, Stellenbosch/Südafrika.

[ZUR WELLE 2006] ZUR WELLE Distributionsleiter, persönliche Mitteilung vom 02.08.2006, Eggers & Franke, Töferbohmstrasse 8, 28195 Bremen.



Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln

Anhang

Inhaltsverzeichnis

1	Heizwerte	A-4
2	zitierte Mitteilungen	A-6
3	Fragebögen	A-14
3.1	Wein Deutschland	A-14
3.2	Wein Südafrika	A-20
3.3	Apfel Deutschland	A-25
3.4	Apfel Südafrika	A-29
4	Ergebnisse	A-33
4.1	der Weingüter	A-33
4.2	der Apfelbauern	A-39
4.3	der Transporte	A-42
4.3.1	verwendete Transportdistanzen	A-42
4.3.2	Wein	A-43
4.3.3	Apfel	A-47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Energieumsätze der einzelnen Weingüter Deutschland I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern	33
Tab. 2: Energieumsätze der Weingüter Deutschland II, Primärenergie und CO ₂ -Emission aufgetrennt nach Energieträgern	35
Tab. 3: Energieumsätze der Weingüter Ungarn I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern	37
Tab. 4: Energieumsätze der Weingüter Ungarn II, Primärenergie und CO ₂ -Emission aufgetrennt nach Energieträgern	37
Tab. 5: Energieumsätze der Weingüter Südafrika I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern	38
Tab. 6: Energieumsätze der Weingüter Südafrika II, Primärenergie und CO ₂ -Emission aufgetrennt nach Energieträgern	39
Tab. 7: Energieumsätze der Apfelerzeuger Bodensee und Südafrika I, E_B und E_A bezogen auf Fläche und Erntemenge	39
Tab. 8: Energieumsätze der Apfelerzeuger Bodensee und Südafrika II, E_A und E_L aufgetrennt nach Energieträgern	40
Tab. 9: Energieumsätze der Apfelerzeuger Bodensee und Südafrika III, Primärenergie und CO ₂ -Emission aufgetrennt nach Energieträgern	40
Tab. 10: Transportdistanzen See ab Kapstadt (CT) [eigene Darstellung nach WN NETWORK 2007]	42
Tab. 11: Transportdistanzen Straße nach Giessen [eigene Darstellung nach MAPSOLUTE 2007]	42
Tab. 12: Transport Wein der deutschen Winzer, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	43
Tab. 13: Transport Wein der deutschen Spedition und Einzelhandelskette I, Daten der Fahrzeuge	44

Tab. 14: Transport Wein der deutschen Spedition und Einzelhandelskette II, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	45
Tab. 15: Transport Wein aus Ungarn, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	45
Tab. 16: Transport Wein in Südafrika, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	46
Tab. 17: Seetransport Wein, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	46
Tab. 18: Transport Wein Seehafen bis POS, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	47
Tab. 19: Transport Apfel in Deutschland, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	47
Tab. 20: Transport Apfel in Südafrika: End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ Emission	48
Tab. 21: Seetransport Apfel, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ Emission	49
Tab. 22: Transport Apfel Seehafen bis POS, End-, Primärenergieumsatz und CO ₂ -Emission	49

1 Heizwerte

[EMO 2006] Datenblatt IFO 180 Version Juni 2006.

Document:	Quality Manual	Issue:	2
Title:	Emo Product Specification	Revision No:	1
Section:		Issue:	June 2006
Approved By:			

REF: 06 IFO 2006

SPECIFICATION

IFO 180				
PROPERTIES	METHOD	MAXIMUM	MINIMUM	TYPICAL
Density	IP 160	0.991	-	0.977
Water % v/v	IP 74	0.5	-	0.2
FlashPoint (PMCC) °C	IP 34	-	60	85
Pour Point °C Summer	IP 15	30	-	0
Pour Point °C Winter	IP 15	30	-	0
Viscosity @ 50 °C Kinematic CST	IP 71	180	-	170
Asphatene %	IP 143	8	-	7
Ash % w/w	IP 4	0.1	-	0.06
Sediment by extraction % w/w	IP 53	0.1	-	0.06
Sulphur % w/w	IP 61	1	-	0.8
Aluminum + Silcon PPM	A.A.	80	-	15
Vanadium as V ppm	A.A.	200	-	85
Carbon Residue Conradson % (M/M)	I.P 13	15	-	8
Gross Calorific Value MJ/KG	BS 2869 (Calc)	-	41.3	42.8
NOTE: Conforms to the latest issue of ISO 8217/RME 180				
ISSUED BY: Technical Department by:				

[BMWI 2006] Datenblatt Heizwerte der Energieträger aus: *Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung.*

Energieträger	Mengen- einheit	Heizwert kJoule	Heizwert kcal	SKE-Faktor
Steinkohlen	kg	30.143	7.199	1,028
Steinkohlenkoks	kg	28.650	6.843	0,978
Steinkohlenbriketts	kg	31.401	7.500	1,071
Andere Steinkohlenprodukte	kg	38.040	9.086	1,298
Rohbenzol	kg	39.565	9.450	1,350
Rohteer	kg	37.681	9.000	1,286
Pech	kg	37.681	9.000	1,286
Andere Kohlenwertstoffe	kg	38.520	9.200	1,314
Braunkohlen	kg	9.180	2.193	0,313
Braunkohlenbriketts	kg	19.614	4.685	0,669
Hartbraunkohlen	kg	14.916	3.563	0,509
Andere Braunkohlenprodukte	kg	22.207	5.304	0,076
Braunkohlenkoks	kg	29.900	7.150	1,020
Staub- und Trockenkohlen	kg	22.044	5.265	0,752
Erdöl (roh)	kg	42.695	10.200	1,457
Motorenbenzin, -benzol	kg	43.543	10.400	1,486
Rohbenzin	kg	44.000	10.510	1,501
Flugturbinenkraftstoff, Petroleum	kg	43.000	10.270	1,467
Dieselmotorkraftstoff	kg	42.960	10.260	1,466
Heizöl leicht	kg	42.733	10.210	1,458
Heizöl schwer	kg	40.404	9.650	1,379
Petrolkoks	kg	31.133	7.440	1,062
Flüssiggas	kg	46.598	11.130	1,590
Raffineriegas	kg	45.915	10.970	1,567
Andere Mineralölprodukte	kg	40.048	9.570	1,366
Rückläufe, Chemie	kg	43.292	10.340	1,477
Kokereigas, Stadtgas	m ³	15.994	3.820	0,546
Gichtgas	m ³	4.187	1.000	0,143
Erdgas	m ³	31.736	7.580	1,083
Erdölgas	m ³	40.300	9.625	1,375
Grubengas	m ³	15.994	3.829	0,546
Brennholz	kg	14.654	3.500	0,500
Brenntorf	kg	14.235	3.400	0,486
Klär gas	m ³	15.994	3.820	0,546
Elektrischer Strom aus:				
Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik	kWh	3.600	860	0,123
Müll und sonstige Biomasse	kWh	9.101	2.174	0,311
Kernenergie	kWh	10.909	2.606	0,372

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Stand: März 2003

2 zitierte Mitteilungen

[CAPE REEFERS 2004]

From: Gerhard van Heerden

10-AUG-2004 09:46 FROM CAPESPAN (PTY) LTD S TO 009496419939359 P.01

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Haushaltstechnik Stephanstr. 24 35 390 Gießen

Gerhard van Heerden
Cape Reefers
Capetown/South Africa

Professur für Haushaltstechnik

Dipl.oec.troph. Susanne Schröder
Stephanstr. 24

35 390 Gießen

Fon ++49 (0-) 641 99 39 352

Fax ++49 (0-) 641 99 39 359

Mail susanne.u.schroeder@ernahrung.uni-giessen.de

Net <http://www.uni-giessen.de/fbr09/hht>

Stellenbosch, 05/08/2004

Energy Study

Dear Gerhard van Heerden,

Thanks for you answers about the fuel consumption of your vessel. This is the data I am working with and I need to get confirmed. If everything is correct, please sign the fax and sending it back to the following number: **021-8084781**

Fuel consumption for the sea transport to Europe:

35 t/day heavy fuel oil

Duration of the trip: 14 days

Loading capacity: 5000-6000 palettes of an average weight of 1 tonne

Fuel consumption for the loading process:

7 t/day heavy fuel oil

Duration of loading: 2,5 days

Duration of unloading: 2 days

I confirm this data will be handled confidentially and only be used for my PhD research.

If there a questions regarding the study, please contact me at the Stellenbosch University.
Email: susanne@sun.ac.za until 15th of August.

Thanks for your help

S. Schröder

G. van Heerden
6/8/04

[GROSCH 2005] schriftliche Mitteilung vom 01.10.2005

Fragebogen an die Speditionsfirmen

1. Welche Transporter- Typen verwenden Sie für den Transport vom Weingut XXX zu XXX und wie hoch ist der Kraftstoffverbrauch?

Fahrzeugtyp	Verbrauch (l/100km)
Gliederzüge mit Kühlaggregat	21 – 30 l
Sattelaufleger mit Kühlaggregat	
Nahverkersfahrzeuge mit Kapazitäten zw. 11 – 18 Stellplätzen	

2. Gibt es einen Unterschied im Verbrauch der Transportfahrzeuge zwischen voller Beladung und Leerfahrt?

Nein

Ja, und zwar

zwischen 4 – 6 Liter je nach Fahrzeugtyp, wobei Leerfahrten ausschließlich in einstufigen Verkehren vorkommen.

Hingegen der Auslastungsgrad im Netzverkehr bei ca. 80 % liegt.

Fahrzeugtyp	Volle Beladung (l/100km)	Leerfahrt (l/ 100km)
	Siehe oben	

3. Waren/Sind die Transporter immer ausgelastet?

Ja

Nein

4. Wenn nein, wie hoch ist die durchschnittliche Beladung?

80 %

.....

.....

.....

.....

.....

5. Hat die Transportmenge die Größe des Lkw` s bestimmt?

Ja

Nein

6. Wurde nur Wein für XXX transportiert?

Ja

Nein

7. Wenn nein, was und wie viel wurde noch transportiert?

Was?	Menge
Wein, Sprituosen sowie	2,4 Mio to.
Lebensmittel (2° - 7°)	

8. Wurde nur für XXX transportiert?

- Ja
- [Nein \(nur teilweise\)](#)

9. Waren die Transporter auf dem Rückweg leer?

- Ja
- [Nein](#)

10. Wenn nein, was und wie viel wurde auf dem Rückweg transportiert?

Bei insgesamt 1.150 Fahrzeugen, die in der XXX Lebensmittel Logistik im Einsatz sind, ist der Auslastungsgrad schwer zu benennen.

Was?	Menge
Wein, Sprituosen sowie	2,4 Mio. to.
Lebensmittel im Temperaturbereich von 2° – 7° Grad.	5,1 Mio. Sendungen

11. Eine Lastfuhr Wein entspricht

- wie vielen Flaschen: Stück
- wie vielen Tonnen: t

XXX übernimmt ausschließlich verpackte (Kartonware), so dass eine Aussage hierzu nicht getroffen werden kann.

Eine Lastfuhr ist Bezug nehmend auf das untersch. eingesetzte Equipment Nicht zu definieren.

Unter Berücksichtigung unserer Kühlaufbauten liegt die Vollast bei 21,6 to.

12. Wie viele km sind Sie für das Weingut im letzten Jahr gefahren worden?

- Gesamtkilometer: ca. 1,8 Mio. km
- Km pro Fahrzeug auf der Hinfahrt:?..... km

13. Bitte zählen Sie alle Transportfahrzeuge auf, die Sie für den Transport eingesetzt haben:

Im Netzverkehr ist es durchaus möglich, das 4 Fahrzeuge vom Abgangsort bist zum Endziel eingesetzt werden.

Durch unser HUB mit insgesamt 30 angeschlossenen Niederlassungen sowie zahlreichen Begegnungsverkehren, werden je Relation 1 – 3 Fernverkehrszüge eingesetzt.

In den jeweiligen Empfangsniederlassungen werden Tourenpläne zusammengestellt die den täglichen Fuhrpark Einsatz bestimmen.

Die Bandbreite der eingesetzten Fahrzeuge ist wiederum vom kleinen Sprinter bis hin zum Sattelaufliieger!

Fahrzeugtyp	Kraftstoffverbrauch/100km	Gefahrene km/Jahr auf der Hinfahrt	Auslastung
-------------	---------------------------	------------------------------------	------------

14. Werden die Ziel- Orte direkt einzeln angefahren?

- Ja
- [Nein](#)

(es sei denn, die Sendung übersteigt 1.5 – 2 to.)

15. Wenn nein, welche Umwege werden gemacht?

Die Ware wird an unsere jeweiligen Niederlassungen verbracht, die für die Distribution im Nahbereich (bis max. 100 Km Nachlauf) zuständig sind.....

.....
.....
.....
.....
.....

Viele Dank für Ihre Mithilfe.

[PELGER 2005] schriftliche Mitteilung vom 09.10.2005

Gesendet: Sonntag, 9. Oktober 2005 23:12
An: Tina Urnau
Betreff: AW: Diplomarbeit Vertriebswege Wein

Hallo Frau Urnau,

leider komme ich jetzt erst dazu Ihnen auf Ihre Fragen zu antworten. Hoffentlich ist es ausreichend für Sie!

Betreff: Diplomarbeit Vertriebswege Wein

1. Mit welcher LKW- Klasse werden die Waren hauptsächlich an die Märkte ausgeliefert?

Die LKWs sind hauptsächlich Mercedes 1831 (18 Tonnen Gesamtgewicht der Zugmaschine mit 310 PS und Zuladung [ca.8,5 Tonnen]), Mercedes 1835 (18 Tonnen Gesamtgewicht der Zugmaschine mit 350 PS und Zuladung [ca.8,5 Tonnen]), IVECO Magirus 350 (18 Tonnen Gesamtgewicht der Zugmaschine mit 350 PS und Zuladung [ca.8,5 Tonnen]) und IVECO Magirus 400 (18 Tonnen Gesamtgewicht der Zugmaschine mit 400 PS und Zuladung [ca.10 Tonnen]).

Zu jeder Zugmaschine kann noch ein Anhänger mit einer Zuladung von auch ca. 10-11 Tonnen angehängt werden.

Jede Zugmaschine hat 18 Palettenstellplätze maximal – ebenso wie ein Anhänger --- Also MAXIMAL 36 Paletten Ladung/Fahrt

Eine Ausnahme machen die zwei Doppelstockanhänger. Sie können maximal 26 Paletten und 4 Rollbehälter laden, wobei sie aber NUR 8,5 Tonnen Zuladung haben dürfen. Da der Anhänger nicht länger sein darf als die Anderen, werden die Waren auf ZWEI Ebenen übereinander geladen. Zu erreichen sind die einzelnen Ebenen über eine Hebebühne.

2. Wie hoch ist der durchschnittliche Auslastung in Prozent?

95-100%

3. Wie hoch ist der Treibstoffverbrauch (so im Durchschnitt, z.B. bei der heute gefahrenen Tour)?

35-40 Liter/100 Km

4. Wie viele km fahren Sie auf einer Tour (z.B. heute)?

Ganz unterschiedlich – aber max. 8 Stunden REINE Fahrzeit

5. Wie viele km sind Sie heute ungefähr gefahren, als Sie am Markt Garbenteich angekommen sind?

ca. 20 km einfacher Weg

6. Werden Waren mit zurück nach Hungen genommen?

Ja, Retouren der einzelnen Märkte --- NICHT von Lieferanten für die -Zentrale

7. Wenn ja, was?

Behälter, Paletten, Tiefkühlcontainer, Fleiwu-Container, Warenretouren, Blumencontainer usw.

8. Vielleicht können Sie beispielhaft eine Tour aufzeigen, z. B die heute gefahrene? Von wo nach wo Sie gefahren sind.

Meine Standardtour (Di und Freitag) z.B. Petersberg – Hilders (als ein Zug) – anschließend eine Obsttour mit ca. 3 Stunden

Dann noch ein paar Fragen zum Lager . . . Die Fragen sind nun etwas spezieller, aber vielleicht können Sie doch Aussagen dazu machen:

1. Wie werden die LKW beladen/entladen (Elektro-Stapler, Diesel-Stapler, Hubameisen, sonstiges)?

Wir beladen sie mit Elektroameisen und Handhubwagen

2. Wenn Elektro-Gabelstapler eingesetzt werden: Welche Batteriespannung hat der Stapler?

weiß ich nicht

3. Wenn Diesel-Stapler eingesetzt werden: Wie hoch ist der Verbrauch?

weiß ich nicht

4. Wie lange lagert die Ware im Lager Hungen dort?

so kurz wie möglich – genauere Angaben kann ich nicht machen

5. Wie lange dauert das Beladen des oben genannten LKW?

zw. 45 und 90 Min im Durchschnitt (fast immer 3 Ladestellen – Trockensortiment, TK, Tabak und evtl. OG-Lager

Ich hoffe Ihnen mit meinen Antworten geholfen zu haben – viel Erfolg bei Ihrer Diplomarbeit

Mit freundlichen Grüßen

Michael Pelger

[SAFMARINE 2004] schriftliche Mitteilung vom 16.07.2004

Datum: 16.07.2004
An: susanne@sun.ac.za
Von: pbrates@za.safmarine.com
Betreff: Energy Study

Dear XXXXX,

I would like to figure out how much energy it needs to transport wine to Germany. Therefore I try to calculate, which part of the load of the vessel is wine, how much fuel the vessel needs and how long the distance is to Germany. I do this for wine transported for XXX. I suppose wine is transported with more than one vessel, so data for one ship representing all will be fine.

So these are my questions:

What's the size of the ship? How old is it?

27 years 3100 teu 20'

What part of the load is wine? What else is transported? (in specific cooled stored good, which will rise the energy consumption of the vessel)

All containers have approx. the same weight therefore fuel consumption will stay the same no matter what it transport, only speed, weather, distance makes a difference.

What is the final destination of the ship, are there other stops and where is wine unloaded?

other stops Bremerhaven, no final dest. as vessels do round trips. final dest. will always be where you unload cargo

Is it possible to get data of the harbor, in specific of the loading process and storage facilities?

yes, each harbor (terminal) have it's own data bases, pier400 in LA, USA will be the easiest to find as this is the biggest most advanced terminal in the world

How long is the distance to Europe? (Considering the way you record the energy consumption of the vessel, per day/ km)

we work in knots and how long it takes to make the voyage. from here to Germany is 6840 nautical miles. 1knot=1nautical mile per hour. consumption is

knots	consumption per day
16	54.3 (min speed)
16.5	58.4
17	63
17.5	67.6
18	72.7
18.5	78.3
19	84.2
19.5	90.6
20	97.4
20.5	104.6
21	112.3
21.5	120.6
22	139.3
22.5	138.6
23	148.5
23.5	159.2
24	170.9 (max speed)

What kind of fuel does it take, while staying in the harbor and also shipping at sea?

always use heavy fuel called bunkers

How much fuel does it take in the harbor and at sea?

depends on time at sea or at harbour

aux. engines always runs (for elec.) main engine only runs at sea

How long do you unload, how much and what kind of fuel does it take?

unload about 80 containers per hour

How does it get back? (empty?)

cntrs are usually loaded with

new cargo (import to South Africa) or they are returned as empties

I am at the University of Stellenbosch at this moment, so if it would be easier I wouldn't mind coming to Capetown and talk to someone personally.

Thanks

Susanne

3 Fragebögen

3.1 Wein Deutschland

Anbau und Verwendung

1. Wie viel ha beträgt Ihre gesamte Weinanbaufläche? _____ ha
2. In wie viel km Umkreis liegen Ihre Weinberge? _____ km
3. Wie viel ha ihrer Weinberge haben...
 - Hanglage? _____ ha
 - Flachlage? _____ ha
4. Welche Rebsorten bauen sie in welcher Größenordnung an, und wie hoch liegen die einzelnen Erträge?

<u>Rebsorte</u>	<u>Anbaufläche</u>	<u>Ertrag/Jahr</u>
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____

5. Wie viel Hektoliter werden davon zu Rotwein verarbeitet? _____
6. Wie viel Hektoliter werden davon zu Rosé verarbeitet? _____
7. Wofür wird die Ernte noch verwendet und in welchen Mengen?
 - ↑ Abgabe an die Winzergenossenschaft _____ Hektoliter
 - ↑ Eigene Saftproduktion/Süßreserve _____ Hektoliter
 - ↑ Verkauf von Trauben _____ Hektoliter

Weinlese

8. Wann lesen sie gewöhnlich? Von _____ bis _____
9. Wie viel ha lesen sie...
 - maschinell? _____ ha
 - per Hand? _____ ha
10. Wie werden die Trauben von ihrem Anbaugebiet zu ihrer Verarbeitungsstelle transportiert?
 - ↑ mit eigenem Transporter, folgender _____
 - ↑ mit geliehenem Transporter, folgender _____

Verarbeitung der geernteten Trauben

11. Welche Maschinen verwenden sie für die Verarbeitung, Lagerung und Abfüllung der Trauben im eigenen Betrieb und wie lange ist die ungefähre Nutzungsdauer der Maschinen?

	Nutzungsdauer (Stunde/Tag/Monat)
<input type="checkbox"/> Entrappungsmaschine	_____
<input type="checkbox"/> Weinpresse (Korb/Spindel/Tank)	_____
<input type="checkbox"/> Separator	_____
<input type="checkbox"/> Waschanlage	_____
<input type="checkbox"/> Pumpanlage für die Umfüllung	_____
<input type="checkbox"/> Kühlung	_____
<input type="checkbox"/> Abfüllanlage	_____
<input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	_____

12. Werden die Maschinen des Weingutes auch von anderen Winzern mitbenutzt?

nein

ja Welche und wie lange? _____

13. Werden Maschinen außerhalb des Gutes für die eigene Weinproduktion verwendet, deren Energieverbrauch nicht über die eigene Energieversorgung erfasst werden?

nein

ja Welche und wie lange? _____

Lagerung und Kellerei

14. Geben sie bitte die Menge an Wein an, die sie in folgenden Behältern lagern...

Stahltanks _____ l

Holzfässer _____ l

Kunststoffbehälter _____ l

15. Verwenden sie wärmereregulierbare Stahltanks?

nein

ja

16. Temperieren sie die Lagerräume?

nein

ja, auf _____ °C

17. Wie lange wird der Wein bis zur Abfüllung in den Fässern gelagert?

_____ Monate

18. Werden die Flaschen auf ihrem Weingut für die Abfüllung vorbereitet

(Reinigung/Etikettierung usw.)?

nein

ja, folgende Maßnahmen _____

19. Lassen sie extern abfüllen?

nein

ja

Wenn nein, nächsten Abschnitt überspringen

Externe Abfüllung

20. Wie weit liegt die Abfüllanlage entfernt? _____ km

21. Wie transportieren sie den Wein zu der Abfüllanlage?

mit eigenem Transporter, folgender _____

mit geliehenem Transporter, folgender _____

Abholung durch den Abfüller

22. Wie hoch liegt der Treibstoffverbrauch des Transportmittels? _____

23. Wie viele Tonnen fasst das Transportmittel? _____ t

24. Wie oft muss die Strecke gefahren werden bzw. wie viele km legen die
Transportmittel während des gesamten Abfüllungsprozesses zurück?

25. Wie viele Flaschen wurden dort im Erhebungsjahr insgesamt abgefüllt?

_____ 1,0 l Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen

26. Wie viele Flaschen stammen aus ihrer Erzeugung? _____ 1,0 l Flaschen,

_____ 0,75 l Flaschen

27. Wie hoch liegt der Energieverbrauch der externen Abfüllanlage? _____ kWh

28. Wie viele abgefüllte Flaschen werden wieder zum Gut zurück transportiert?

alle

gar keine

_____ 1,0 l Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen

29. Wie viele Flaschen gehen von der Abfüllung aus direkt in den Vertrieb?

alle

gar keine

_____ 1,0 l Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen

30. Wohin gehen die restlichen Flaschen? _____

Vertrieb des Weines

31. Wie viele Flaschen Wein produzierten sie im Erhebungsjahr? _____ 1,0 l
Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen
32. Wie viele verkaufen sie insgesamt vor Ort? _____ 1,0 l Flaschen,
_____ 0,75 l Flaschen
33. Wie viele Flaschen waren davon vom Erhebungsjahrgang? _____ 1,0 l
Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen
34. Wie viele gehen in den Handel? _____ 1,0 l Flaschen, _____ 0,75 l
Flaschen
35. Liefern sie selber aus?
 nein
 ja
36. wenn ja, wie viele Flaschen werden ausgeliefert und wie viele km werden dafür
insgesamt gefahren? _____ 1,0 l Flaschen, _____ 0,75 l Flaschen
_____ km
(alternativ: mit welchem Fahrzeug _____)
37. Haben sie ein externes Zwischenlager
 nein
 ja
38. bei ja, wie viele Flaschen werden erst zwischengelagert _____
und wie hoch ist der Energieverbrauch _____ im Jahr?

Maschinen/Fahrzeuge

39. Bitte zählen sie alle Fahrzeuge auf, die sie für Ihren Betrieb besitzen, deren jeweiligen Verbrauch, die km-Zahl die jährlich gefahren werden, den benötigten Treibstoff und die Anzahl der jeweiligen Fahrzeuge

Fahrzeugtyp	Anzahl	Nutzlast in t	Treibstoff - Art	Verbrauch pro 100km oder Betriebsstunde	Gefahrene km o. Betriebsstunden pro Jahr

40. Setzen sie zeitweise auch geliehene Fahrzeuge ein?

nein

ja, folgende

Fahrzeugtyp	Anzahl	Nutzlast in t	Treibstoff - art	Verbrauch pro 100km oder Betriebsstunde	Gefahrene km o. Betriebsstunden pro Jahr

41. Verleihen sie Fahrzeuge oder werden diese außerhalb des Weinbaus verwendet?

nein

ja, folgendes Fahrzeug/folgende Maschine _____

Kilometeranzahl/Betriebsstunden _____

42. Wie viele km legen sie jährlich mit ihrem privaten PKW aus geschäftlichen Gründen zurück? _____ km

43. Wie hoch liegt dessen/deren Verbrauch und welcher Treibstoff wird benötigt?
_____ l/100km _____

44. Setzen sie für Pflegemaßnahmen auch Helikopter ein?

nein

ja

45. Wenn ja, a) welcher Typ wird eingesetzt? . _____

b) wie viele Winzer schließen sich für den Einsatz zusammen?

nur ich

_____ Winzer

c) wie hoch ist der Energieverbrauch und für wie viele Stunden wird er auf ihrem Gut eingesetzt? _____

46. Wie viel ha Weinanbaufläche bearbeitet der Helikopter auf ihrem Gut?

_____ ha

Energieverbrauch

47. Wie hoch lag der Verbrauch des Gutes im Erhebungsjahr an...

- a) Strom _____ kWh
- b) Gas _____ m³
- c) Treibstoff _____ l
- d) Heizöl _____ l

48. Für welche Bereiche wird der Energieverbrauch zusammen erfasst?

- Produktionsbereich
- priv. Haushalt
- Gastronomie/Fremdenzimmer

Falls nicht nur der Produktionsbereich erfasst wird....

49. Wie viel macht der Verbrauch des privaten Haushalts und des Gastgewerbes aus?

- a) Strom _____ kWh
- b) Gas _____ m³
- c) Treibstoff _____ l
- d) Heizöl _____ l

50. Werden die Produktionsräume oder Teile davon beheizt?

- nein
- ja

51. Gibt es weitere Energiequellen, die noch nicht erfasst wurden (z.B.: Holzkohle, Flüssiggas usw.)?

- nein
- ja

Wenn ja, welche und wie hoch ist der Verbrauch?

Vielen Dank für ihre Mitarbeit

contribution to a cooperative _____ hectolitre
 juice production/reserve _____ hectolitre
 sale of the grapes _____ hectolitre

Vintage

- 9) When is vintage time?
- 10) How many hectares do you pick...
 manually? ha
 mechanically? ha
- 11) How do you transport the grapes to the wine cellar?
 own transporter,
 rented transporter,

Processing

- 12) Which machine do you use for the processing, storage and bottling in your own business and how long is the operation time of the machines?

operating time (hour/day/month)

- destemming machine
 crushing mill
 separator
 refrigeration
 pumping system
 bottle rinsing
 bottling (filling) machine
 others:

- 13) Do other winemakers share your machines (joint use of other winemakers)? which machine and duration? _____
- 14) Do you use machines which are not included in your own energy supply (and not recorded on your electricity bill)? _____

Storage

- 15) How many litres wine do you store in following containers...
 steel-tank _____ l
 wooden barrel _____ l
 plastic container _____ l
 other _____

- 16) Do you use temperature adjustable steel-tanks? _____
- 17) Do you control the temperature of you storage? _____ °C
- 18) Is the production area heated or air conditioned? _____
- 19) How long do you store the wine before bottling? _____ month

Filling

- 20) Do you use an external bottling plant? _____
- 21) How far is the bottling plant? _____ km
- 22) How do you transport the wine to the bottling plant? _____
- 23) What is the consumption of the vehicle? _____ l
- 24) How many times does the transporter go or how many kilometres does is go altogether for the filling process? _____
- 25) Do you bottle for contractors? _____
- 26) How many were bottled in the survey year altogether? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 27) How many were bottled from your production? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 28) How high is the energy consumption of the bottling plant per year? _____ kWh
- 29) How many of your bottles return to the estate (from external bottling)?
- all
- none
- _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 30) How many of them are directly distributed (from external bottling)?
- all
- none
- _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 31) Where do the residual bottles go?

Distribution

- 32) How many bottles do you sell on your premises? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 33) How many of them were the last vintage? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____
- 34) How many of them are determined for South Africa? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others _____

35) How many are determined for export? _____ 1,0 l, _____ 0,75l, others

36) How are they transported, by whom (for export)? _____

37) Do you deliver yourself in South Afrika? _____

38) How many bottles are delivered to where and how many km do you go for this ?

bottles

_____ km

(alternative: which vehicle: _____)

39) Do you have an external intermediate depot? _____

40) How many bottles do you store there _____

what is the energy consumption _____ kWh per year?

Machines/Vehicles

41) Please list all vehicles and machines your business owns, the loading capacity, the fuel type and consumption and the distance covered per year.

Vehicle type	amount	loading capacity t	fuel type	Consumption per 100km or factory hour	covered distance or operating time per year

42) Do you rent vehicles?

no

yes, following

Vehicle type	amount	loading capacity t	fuel type	Consumption per 100km or factory hour	covered distance or operating time per year

- 43) Do you lend/hire out your vehicles or are they used by others? _____
 following vehicles/machines _____
 Covered kilometres/operating time _____
- 44) How many km do you cover with your private car for business reasons (if not already listed)? _____ km
- 45) How high is the fuel consumption and which fuel is used? _____ l/100km _____
- 46) Do you use Helicopters? _____
- 47) If yes, a) which type is used? _____
 b) what is the fuel consumption and duration of use? _____
 c) how many winemakers share the helicopter?
 just me
 _____ winemakers
- 48) How many hectares are cultivated with the helicopter on your land? _____ ha

Energy

- 49) How high is your yearly consumption of (as documented on the bill)...
- a) electric power _____ kWh
 b) gas _____ m³/kg
 c) fuel: diesel _____ l, gasoline _____ l
 d) fuel oil - _____ l
- 50) Which scopes are included in the energy bill?
 production area
 private household, how many? _____
 gastronomy/guest houses, how many? _____

If more than the production area is included....

- 51) What is the energy consumption of the private and guest scope?
 a) electric power _____ kWh (or%)
 b) gas _____ m³/kg (or%)
 c) fuel: diesel _____ l, gasoline _____ l (or%)
 d) fuel oil - _____ l (or%)
- 52) Are there further energy sources, which are not recorded by now (e.g. coal, wood)?

Which one and how high is the consumption? _____

Thank you for your help

3.3 Apfel Deutschland

ANBAU

1. Wie groß ist die gesamt Plantage? ha
2. Wie viel davon wird für den Apfelanbau verwendet? ha
3. Welche Sorten Äpfel werden angebaut, auf welcher Fläche und wie groß ist die Ernte?

Sorte	Fläche in ha	Ernte 2005 in t	durchschn. E. t / ha
zusammen			

4. Welche Qualitätsklassen haben Sie in welcher Menge produziert? (t oder %)

Premium, extra t, %

1 t, %

2 t, %

3 t, %

5. Wie haben Sie die Klasse 3 verwendet?

Schnaps

Saftproduktion

Anderes (getrocknete Früchte, Futtermittel:)

6. Was bauen Sie sonst noch auf welcher Fläche an?

Produkt	Fläche in ha

13. Vermieten Sie, oder leihen Sie Fahrzeuge aus, oder werden sie von anderen mitbenutzt?

folgende Fahrzeuge / Maschinen:

zurückgelegte km / Arbeitszeit:

14. Wie viele km leben Sie mit Ihrem Privatfahrzeug für Geschäftsangelegenheiten zurück

(wenn noch nicht aufgeführt)?

km / Jahr

15. Wie hoch ist der Treibstoffverbrauch Ihres Privatfahrzeugs, welcher Treibstoff?

l / 100 km

LAGER / ABPACKUNG

16. Werden die Äpfel auf einem anderen Gelände verpackt / gelagert, als sie angebaut

werden? Wenn ja, wie weit ist das Packhaus / Lager entfernt?

km

17. Wird das Packhaus nur für Ihre eigene Produktion verwendet?

Wenn nicht, wie viel wird von anderen Plantage verpackt / gelagert?

t oder Kisten oder %

18. Wie groß ist die gesamte Lagerkapazität?

t oder Kisten

Und die durchschnittliche Lagermenge?

t oder Kisten oder %

19. Wie groß ist die Kapazität für normale und kontrollierte Atmosphäre?

Normal:

kontrolliert:

t oder Kisten oder %

20. Wie groß ist der Energieverbrauch des Lagers / Packhauses?

kWh

21. Was und wie viel wird noch in Ihren Lagerräumen verpackt / gelagert?

t oder Kisten

22. Wie lang ist die durchschnittliche Lagerdauer bis zum Verkauf?

Monate

23. In welche Verpackungsgrößen wird abgepackt und wie viele jeweils?

24. Wo werden die Äpfel gelagert, wenn dies nicht auf eigenem Gelände geschieht?

DISTRIBUTION

25. Wie viele Äpfel wurden 2005 geerntet?

t

26. Wie viele haben Sie direkt vermarktet?

t

27. Wie viele haben Sie über Großhändler vermarktet?

t

28. Wie viele vermarktet über sonstige Absatzwege?

t über

29. Wer ist verantwortlich für den Transport?

30. Wie werden die Äpfel beim Großhändler gelagert?

ENERGIEVERBRAUCH

31. Wie hoch war der Energieverbrauch 2005?

- | | | |
|----|-----------------|----------------|
| a) | Elektroenergie | kWh |
| b) | Gas | m ³ |
| c) | Benzin / Diesel | l |
| d) | Heizöl | l |

32. Welche Bereiche sind in der Energierechnung berücksichtigt?

Produktionsstätte

Privathaushalt, wie viele:

Gastronomie / Gasthäuser, wie viele:

Wenn nicht nur die Produktionsstätte eingerechnet wurde...

33. Wie hoch ist der Energieverbrauch der Privathaushalte und Einheiten für Gäste?

- | | | |
|----|-----------------|----------------|
| a) | Elektroenergie | kWh |
| b) | Gas | m ³ |
| c) | Benzin / Diesel | l |
| d) | Heizöl | l |

34. Gibt es weitere Energiequellen, welche bisher nicht aufgelistet wurden (z.B. Kohle, Holz)?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

3.4 Apfel Südafrika

Survey of the energy consumption of the South african

Apple growing and transport

date _____

Anbaugebiet: _____

Herkunftsland: _____

Name des Landwirts: _____

Erhebungsjahr: _____

Betriebsart: _____ ökologisch / konventionell

Code: _____

Tel. Nr. für Rückfragen: _____

Cultivation

1. How many ha is the whole orchard area? _____ ha
2. How much is used for apple cultivation? _____ ha
3. Which sorts of apples are cultivated on which area and what is the crop?

<u>Sort</u>	<u>Area</u>	<u>yield per year</u>
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
_____	_____ ha	_____
in total (Apples)	_____ ha	_____

4. Which kind of quality grades do you have produced in which quantity?
export _____ t, local _____ t, lowest grade _____ t
5. How did you use the lower quality?
 - ↑ Fodder
 - ↑ Juice production
 - ↑ Others (Dried Fruit, Destillery)
6. What else is cultivated on which area?

<u>Crops</u>	<u>Area</u>
_____	_____ ha
_____	_____ ha
_____	_____ ha
_____	_____ ha
_____	_____ ha

Harvest

7. When is the main harvest time? _____
8. How many ha do you pick ...
 with technical equipment (hydraulic ladders etc.)? - _____ ha
 without any technical support except transport _____ ha
9. How are the apples transported from the cultivation area to the further handling?
 With own transporter
 With borrowed transporter
10. Do you have own storage facilities? _____

Machines/Vehicles

11. Please list all vehicles and machines your business owns, the loading capacity, the fuel type and consumption and the distance covered per year.

Vehicle type	amount	loading capacity t	fuel type	Consumption per 100km or factory hour	covered distance or operating time per year

12. Do you rent vehicles?

- no
 yes, following

Vehicle type	amount	loading capacity t	fuel type	Consumption per 100km or factory hour	covered distance or operating time per year

13. Do you lend/hire out your vehicles or are they used by others?

following vehicles/machines _____

Covered kilometres/operating time _____

14. How many km do you cover with your private car for business reasons (if not already listed)? _____ km

15. How high is the fuel consumption and which fuel is used? _____ l/100km

Storage and Packhouse

16. Are the apples packed/stored on other premises than they are cultivated? If yes, how far is the Packhouse/Storage? _____

17. Is the Packhouse just used for packing and storage of your own production? If not how much is packed and stored for other farms?

18. What is the whole capacity and average storage filling? _____ t/bins¹/%

19. What is the capacity of relativ and controlled atmosphere? _____ / _____ t/bins²/%

20. What is the energy consumption of the storage/packing unit? _____ kWh³

21. What else and how much of it is stored and packed in your storage facilities?

_____ t/bins of _____; _____ t/bins of _____

22. What is the average storage time until selling/export? _____ weeks

23. In which packing types is packed and how many of them? _____ of 12,5 kg;
_____ 18,25 kg; _____ bins, _____ others

24. Where are the apples stored if not on the own premises? _____

¹ 1 bin = 380 kg Apples / 400 kg Pears

² 1 bin = 380 kg Apples / 400 kg Pears

³ if data is available

Distribution

25. How many apples were harvested in this year? _____
26. How many were sold for the local market? _____
27. Who is in charge for the transport (export and local)?

28. How many tonnes are delivered for export and how many km? _____ t
_____ km
29. How are the apples stored at the harbour? _____
30. Energy consumption of the harbour storage facility? _____

Energy consumption

31. What was the energy consumption in the survey year...
- a) electric power _____ kWh.
 - b) Gas _____
 - c) Gasoline / Diesel _____ / _____ l
 - d) Fuel Oil _____ l
32. Which scopes are summed up in the energy bill ?
- Production site
 - Private Households, how many _____
 - Gastronomy/Guesthouses, how many _____
- If not just the production site is recorded....
33. What is the energy consumption of the private households and guest scope?
- a) electric power _____ kWh (or %)
 - b) gas _____ m³ (or %)
 - c) fuel: diesel _____ l, gasoline _____ l (or %)
 - d) fuel oil _____ l (or %)
34. Are there further energy sources, which are not recorded by now (e.g. coal, wood)?

Thank your for your help

4 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen werden die einzelnen Ergebnisse der Energieumsätze nach den Korrekturen dargestellt. Die Gleichung für die Auswertungen und vorgenommene Korrekturen werden im Kapitel 5.3 genauer dargestellt. Die Umrechnungsfaktoren für Primärenergie und CO₂-Emission sind in den Fußnoten erläutert.

4.1 der einzelnen Weingüter

Tab. 1: Energieumsätze der einzelnen Weingüter Deutschland I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	Produktionsmenge	E Gesamt	E_B	E_A	E_V^1	E_V Strom	E_V Sonstiges
	[hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]
M-2000-1	364	255,56	137,70	29,49	108,20	20,87	87,34
M-2001-1	371	249,83	134,20	29,09	105,11	20,47	84,64
M-2003-1	229	454,03	219,74	47,06	172,67	33,60	139,07
M-2000-2	357	129,59	52,45	30,38	22,08	10,86	11,22
M-2001-2	357	130,23	53,23	30,22	23,00	11,80	11,20
M-2003-2	274	218,07	114,97	39,35	75,62	59,03	16,59
M-2001-3	173	165,34	165,34	52,41	112,94	72,42	40,52
M-2003-3	173	202,46	202,46	52,80	149,66	0	0
M-2001-4	154	161,54	141,10	67,96	73,15	30,77	42,38
M-2000-5	234	174,18	165,74	111,23	54,51	33,27	21,24
M-2001-5	252	251,28	243,43	192,73	50,70	30,95	19,76
M-2001-6	210	184,44	89,20	20,16	69,05	21,43	47,62
M-2003-6	205	185,88	83,05	18,95	64,10	15,32	48,78
M-2001-7	192	405,33	301,16	53,40	247,76	23,80	223,96
M-2003-7	180	432,57	321,46	57,18	264,28	25,39	238,89
M-2000-8	355	115,67	80,17	57,21	22,96	4,42	18,54
M-2001-8	290	142,27	102,46	69,99	32,46	6,16	26,30
M-2003-8	236	353,24	282,95	26,55	256,40	9,12	247,28
M-2000-9	342	130,40	104,67	76,15	28,52	15,95	12,57

¹ $E_V = \text{Strom} + \text{Sonstige}$

Weingut	Produktionsmenge	E_{Gesamt}	E_B	E_A	E_V^1	E_V Strom	E_V Sonstiges
	[hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]
M-2003-9	295	112,17	82,34	58,45	23,89	16,95	6,94
M-2003-11	460	168,76	121,74	31,11	90,63	20,65	69,98
HB-2000	24.645	88,79	80,27	33,12	47,15	15,16	31,99
HB-2001	17.089	109,62	97,33	33,12	64,21	19,36	44,85
HB-2002	20.041	96,86	84,32	33,12	51,20	16,29	34,91
B-2001-2	750	68,98	33,98	7,55	26,43	18,20	8,23
B-2000-2	750	66,10	31,10	4,67	26,43	18,20	8,23
B-2001-4	2.250	59,78	37,56	12,44	25,11	1,11	24,00
B-2001-9	677	184,50	159,31	46,55	112,76	40,31	72,46
W-2002-1	1.250	68,21	46,61	22,56	24,05	18,71	5,34
W-2002-2	90	230,69	229,91	96,54	133,37	101,23	32,14
W-2002-3	698	76,80	56,17	19,77	36,41	22,92	13,49
W-2002-5	315	253,08	249,03	51,19	197,84	27,62	170,22
W-2001-6	489	99,47	88,03	43,23	44,79	22,82	21,97
W-2002-7	800	119,09	119,09	55,00	64,09	44,09	20,00
W-2002-8	855	39,10	38,91	23,83	15,07	6,06	9,01
W-2002-9	665	84,54	83,20	60,32	22,88	22,88	0
B-2001-3 ²	1.575	120,90	103,11	0	103,11	4,12	98,99
B-2001-6 ²	7.982	28,15	19,38	0	19,38	15,66	3,72
B-2001-5 ³	49	55,91	55,67	41,24	14,43	10,31	4,12
M-2000-10 ⁴	204	20,27	0	20,27	0	0	0
B-2001-8 ⁴	134	102,79	0	102,79	0	0	0

¹ $E_V = \text{Strom} + \text{Sonstige}$
² nur Verarbeitung³ arbeitet manuell⁴ nur Anbau

Tab. 2: Energieumsätze der Weingüter Deutschland II, Primärenergie und CO₂-Emission aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	PE Betrieb	PE Anbau ¹	PE Sonstige ¹	PE Strom ²	CO ₂ Betrieb	CO ₂ Anbau ³	CO ₂ Sonstige ³	CO ₂ Strom ⁴
	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]
M-2000-1	189,03	32,44	96,07	60,52	40,37	7,86	20,09	12,44
M-2001-1	184,47	32,00	93,10	59,37	39,41	7,74	19,47	12,20
M-2003-1	302,20	51,77	152,98	97,45	64,53	12,52	31,99	20,03
M-2000-2	77,24	33,42	12,34	31,48	17,13	8,08	2,58	6,47
M-2001-2	79,80	33,25	12,32	34,23	17,65	8,04	2,58	7,04
M-2003-2	232,73	43,28	18,25	171,20	49,47	10,47	3,82	35,18
M-2001-3	312,23	57,65	44,57	210,01	66,42	13,95	9,32	43,16
M-2003-3	58,08	58,08	0	0	14,05	14,05	0	0
M-2001-4	210,60	74,75	46,62	89,23	46,16	18,07	9,75	18,34
M-2000-5	242,19	122,35	23,36	96,48	54,30	29,59	4,89	19,83
M-2001-5	323,47	212,00	21,73	89,74	74,25	51,26	4,54	18,44
M-2001-6	136,70	22,17	52,38	62,14	29,07	5,36	10,95	12,77
M-2003-6	118,93	20,85	53,66	44,42	25,39	5,04	11,22	9,13
M-2001-7	374,12	58,74	246,35	69,03	79,90	14,20	51,51	14,19
M-2003-7	399,31	62,90	262,78	73,63	85,29	15,21	54,94	15,13
M-2000-8	96,14	62,93	20,39	12,81	22,12	15,22	4,26	2,63
M-2001-8	123,80	76,99	28,93	17,87	28,34	18,62	6,05	3,67
M-2003-8	327,66	29,20	272,01	26,45	69,37	7,06	56,87	5,44
M-2000-9	143,84	83,76	13,83	46,25	32,65	20,26	2,89	9,51
M-2003-9	121,09	64,30	7,64	49,15	27,25	15,55	1,60	10,10
M-2003-11	171,08	34,22	76,97	59,89	36,68	8,27	16,09	12,31
HB-2000	115,58	36,43	35,19	43,96	25,20	8,81	7,36	9,04
HB-2001	141,91	36,43	49,34	56,15	30,66	8,81	10,32	11,54
HB-2002	122,07	36,43	38,40	47,25	26,55	8,81	8,03	9,71

¹ E * 1,1

² E * 2,9

³ E * 0,266 kg/kWh

⁴ E * 0,596 kg/kWh

Weingut	PE Betrieb	PE Anbau ¹	PE Sonstige ¹	PE Strom ²	CO ₂ Betrieb	CO ₂ Anbau ³	CO ₂ Sonstige ³	CO ₂ Strom ⁴
	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]
B-2001-2	70,14	8,30	9,06	52,78	14,75	2,01	1,89	10,85
B-2000-2	66,97	5,13	9,06	52,78	13,98	1,24	1,89	10,85
B-2001-4	43,31	13,69	26,40	3,22	9,49	3,31	5,52	0,66
B-2001-9	247,79	51,20	79,70	116,89	53,07	12,38	16,67	24,02
W-2002-1	84,95	24,82	5,87	54,26	18,38	6,00	1,23	11,15
W-2002-2	435,11	106,19	35,36	293,56	93,40	25,68	7,39	60,33
W-2002-3	103,04	21,74	14,84	66,46	22,02	5,26	3,10	13,66
W-2002-5	323,65	56,31	187,24	80,10	69,23	13,62	39,15	16,46
W-2001-6	137,91	47,56	24,17	66,18	30,16	11,50	5,05	13,60
W-2002-7	210,35	60,50	22,00	127,85	45,51	14,63	4,60	26,28
W-2002-8	53,71	26,21	9,91	17,58	12,03	6,34	2,07	3,61
W-2002-9	132,71	66,35	0	66,36	29,68	16,05	0	13,64
B-2001-3 ⁵	120,84	0	108,89	11,95	25,22	0	22,77	2,46
B-2001-6 ⁵	49,51	0,00	4,09	45,41	10,19	0	0,86	9,33
B-2001-5 ⁶	79,79	45,36	4,54	29,90	18,06	10,97	0,95	6,14
M-2000-10 ⁷	22,30	22,30	0	0	5,39	5,39	0	0
B-2001-8 ⁷	113,07	113,07	0	0	27,34	27,34	0	0

¹ E * 1,1² E * 2,9³ E * 0,266 kg/kWh⁴ E * 0,596 kg/kWh⁵ nur Verarbeitung⁶ arbeitet manuell⁷ nur Anbau

Tab. 3: Energieumsätze der Weingüter Ungarn I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	Produktionsmenge	E Gesamt	E_B	E_A	E_V^1	E_V Strom	E_V Sonstiges
	[hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]
HU-2002-1	23.000	35,91	35,91	18,37	17,54	8,70	8,84
HU-2002-2	308	98,70	98,70	97,40	1,30	1,30	0
HU-2002-3	12.000	107,57	107,57	10,85	96,72	4,60	92,12
HU-2002-4	80.000	30,06	30,06	3,97	26,10	11,50	14,60
HU-2003-5	28.012	39,39	38,49	28,40	10,08	0,36	9,73
HU-2003-6	2.800	102,65	54,08	0,85	53,22	40,71	12,51
HU-2003-7	4.046	71,21	28,98	2,59	26,38	5,44	20,95
HU-2003-8	1.440	63,82	60,77	25,26	35,51	13,89	21,62
HU-2003-9	71.852	17,72	17,86	0,14	17,72	4,18	13,54
HU-2003-10	54.205	27,04	19,03	2,03	17,00	5,70	11,30
HU-2003-12	70.000	17,16	17,05	0,59	16,45	14,00	2,45
HU-2003-13	47.900	28,49	20,38	2,93	17,45	5,31	12,14
HU-2003-14	3.416	130,75	109,09	77,28	31,81	17,56	14,24
HU-2003-11 ²	13	55,01	30,78	15,40	15,38	15,38	0

Tab. 4: Energieumsätze der Weingüter Ungarn II, Primärenergie und CO₂-Emission aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	PE Betrieb	PE Anbau ³	PE Sonstige ³	PE Strom ⁴	CO ₂ Betrieb	CO ₂ Anbau ⁵	CO ₂ Sonstige ⁵	CO ₂ Strom ⁶
	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]
HU-2002-1	61,24	20,21	9,73	31,30	12,39	4,89	2,03	5,47
HU-2002-2	111,82	107,14	0	4,68	26,73	25,91	0	0,82
HU-2002-3	129,82	11,94	101,33	16,55	26,97	2,89	21,19	2,90
HU-2002-4	61,82	4,36	16,05	41,40	11,65	1,06	3,36	7,23
HU-2003-5	43,23	31,25	10,70	1,29	10,02	7,56	2,24	0,22

¹ $E_V = \text{Strom} + \text{Sonstige}$ ² arbeitet manuell³ $E * 1,1$ ⁴ $E * 3,6$ ⁵ $E * 0,266 \text{ kg/kWh}$ ⁶ $E * 0,629 \text{ kg/kWh}$

Weingut	PE Betrieb	PE Anbau ¹	PE Sonstige ¹	PE Strom ²	CO ₂ Betrieb	CO ₂ Anbau ³	CO ₂ Sonstige ³	CO ₂ Strom ⁴
	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]
HU-2003-6	161,27	0,94	13,76	146,57	28,71	0,23	2,88	25,61
HU-2003-7	45,47	2,85	23,04	19,57	8,93	0,69	4,82	3,42
HU-2003-8	101,57	27,79	23,78	50,00	20,43	6,72	4,97	8,74
HU-2003-9	30,08	0,16	14,90	15,03	5,78	0,04	3,11	2,63
HU-2003-10	35,17	2,23	12,43	20,51	6,72	0,54	2,60	3,58
HU-2003-12	53,76	0,65	2,69	50,41	9,53	0,16	0,56	8,81
HU-2003-13	35,70	3,22	13,35	19,13	6,91	0,78	2,79	3,34
HU-2003-14	163,91	85,01	15,67	63,23	34,88	20,56	3,28	11,05
HU-2003-11 ⁵	72,32	16,94	0	55,38	13,77	4,10	0	9,68

Tab. 5: Energieumsätze der Weingüter Südafrika I, E_B , E_A und E_V aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	Produktions menge	E Gesamt	E_B	E_A	E_V ⁶	E_V Strom	E_V Sonstiges
	[hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]
SA-2003-1	2.045	650,02	460,25	277,21	183,03	183,03	0
SA-2003-2	3.813	309,65	303,09	50,36	252,73	251,77	0,96
SA-2003-3	662	155,26	155,18	120,92	34,26	34,26	0
SA-2003-4	3.320	126,81	101,42	49,00	52,43	52,43	0
SA-2003-5	6.646	185,82	189,38	60,75	128,64	128,64	0
SA-2003-6	2.302	345,83	333,42	159,67	173,74	173,74	0
SA-2003-7	3.960	322,07	322,07	182,07	140,01	140,01	0
SA-2003-8	81.130	75,24	75,24	45,17	30,07	16,00	14,08

¹ $E * 1,1$

² $E * 3,6$

³ $E * 0,266$ kg/kWh

⁴ $E * 0,629$ kg/kWh

⁵ arbeitet manuell

⁶ $E_V = \text{Strom} + \text{Sonstige}$

Tab. 6: Energieumsätze der Weingüter Südafrika II, Primärenergie und CO₂-Emission aufgetrennt nach Energieträgern

Weingut	PE	PE	PE	PE	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	Betrieb	Anbau ¹	Sonstige ¹	Strom ²	Betrieb	Anbau ³	Sonstige ³	Strom ⁴
	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]	[kg/hl]
SA-2003-1	817,42	304,93	0	512,49	240,847	73,7388	0	167,10
SA-2003-2	761,41	55,40	1,05	704,96	243,48	13,40	0,22	229,87
SA-2003-3	228,94	133,01	0	95,93	63,44	32,17	0	31,28
SA-2003-4	200,69	53,90	0	146,79	60,90	13,03	0	47,87
SA-2003-5	427,01	66,82	0	360,19	133,61	16,16	0	117,45
SA-2003-6	662,13	175,64	0	486,48	201,10	42,47	0	158,63
SA-2003-7	592,29	200,27	0	392,01	176,26	48,43	0	127,82
SA-2003-8	109,96	49,68	15,48	44,79	29,86	12,01	3,24	14,60

4.2 der Apfelbauern

Tab. 7: Energieumsätze der Apfelerzeuger Bodensee und Südafrika I, E_B und E_A bezogen auf Fläche und Erntemenge

Betrieb	Größe	Ernte-	E_B	E_A	E_B	E_B Strom +
	[ha]	menge	[kWh/ha]	[kWh/ha]	[kWh/t]	Sonstige
		[t]				[kWh/t]
BS-1	25	420	4.260	2.860	245,24	139,29
BS-2	26	616	2.583	2.583	111,06	11,55
BS-3	16	446	4.441	4.441	159,30	10,20
BS-4	25	510	3.080	1.600	127,45	49,02
BS-5	25	850	3.888	2.448	114,35	47,09
BS-6	8	255	10.140	6.890	318,12	114,20
BS-7	14	160	5.157	3.729	388,75	208,75
SAA-1	596	19.633	27.092	4597	494,00	354,43
SAA-avg ⁵	1	60	10.155	10.155	169,25	99,25

¹ $E * 1,1$

² $E * 2,8$

³ $E * 0,266 \text{ kg/kWh}$

⁴ $E * 0,913 \text{ kg/kWh}$

⁵ nur Anbau

Tab. 8: Energieumsätze der Apfelzeuger Bodensee und Südafrika II, E_A und E_L aufgetrennt nach Energieträgern

Betrieb	E_A	E_A Treibstoff	E_A Strom	E_A Sonstige	E_L	EE Fremdware	Kapazität Lager
	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh]	[t]
BS-1	170,24	105,95	4,76	59,52	134,62	3.500	260
BS-2	111,06	99,50	5,29	6,27	-	-	-
BS-3	159,30	149,10	10,20	0	-	-	-13
BS-4	78,43	78,43	0	0	78,13	-	320
BS-5	72,00	67,29	4,71	0	80,00	-	450
BS-6	216,16	203,92	12,24	0	130,00	-	200
BS-7	326,25	180,00	146,25	0	57,14	10.000	350
SAA-1	139,56	139,56	-	-	354,43	911.792	24.700
SAA-avg ¹	169,84	70,00	99,25	-	-	-	-

Tab. 9: Energieumsätze der Apfelzeuger Bodensee und Südafrika III, Primärenergie und CO₂-Emission aufgetrennt nach Energieträgern

Betrieb	PE Anbau			PE Betrieb	CO ₂ Betrieb		
	Treibstoff + Sonstige ²	Strom ³	Summe		Treibstoff + Sonstige ⁴	Strom ⁵	Summe
	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]
BS-1	182,03	13,81	195,83	413,33	44,02	137,63	181,65
BS-2	116,35	15,33	131,68	131,68	28,14	9,12	37,26
BS-3	164,01	29,59	193,60	193,60	39,66	17,60	57,26
BS-4	86,27	0	86,27	228,43	20,86	84,58	105,45
BS-5	74,02	13,65	87,67	210,49	17,90	81,20	99,10
BS-6	224,31	35,48	259,80	555,48	54,24	197,05	251,29
BS-7 ⁶	198,00	214,99	412,99	504,86	47,88	0,047	47,97
SAA-1	153,51	-	153,52	1.145,94	37,12	906,08	943,20

¹ nur Anbau

² $E * 1,1$

³ $E * 2,9$ (BS) bzw. $2,8$ (SAA)

⁴ $E * 0,266$ kg/kWh

⁵ $E * 0,596$ (BS) bzw. $0,913$ kg/kWh (SAA)

⁶ ökologisch wirtschaftender Betrieb mit Biogasanlage, Wirkungsgrad Strom = 1,47, CO₂-Emission Strom = 0,000155 kg/kWh.

	PE Anbau			PE Betrieb	CO ₂ Betrieb		
Betrieb	Treibstoff + Sonstige ¹	Strom ²	Summe		Treibstoff + Sonstige ³	Strom ⁴	Summe
	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]
SAA-avg ⁵	77,00	277,90	354,90	354,90	18,62	253,72	272,34

¹ E * 1,1

² E * 2,9 (BS) bzw. 2,8 (SAA)

³ E * 0,266 kg/kWh

⁴ E * 0,596 (BS) bzw. 0,913 kg/kWh (SAA)

⁵ nur Anbau

4.3 der Transporte

4.3.1 verwendete Transportdistanzen

Tab. 10: Transportdistanzen See ab Kapstadt (CT) [eigene Darstellung nach WN NETWORK 2007]

Zielhafen	[km]	Nautische Meile	Dauer (d) bei 20 knoten
Antwerpen (AW)	11.423	6.168	12
Bremerhaven	11.462	6.368	13
Hamburg	11.882	6.416	13
Rotterdam (RT)	11.413	6.163	12
Durchschnitt	11.545	6.279	

Tab. 11: Transportdistanzen Straße nach Giessen [eigene Darstellung nach MAPSOLUTE 2007]

Seehäfen	[km]
Antwerpen (AW)	380
Rotterdam (RT)	410
Hamburg	440
Bremerhaven	450
Durchschnitt	422

Ungarn	[km]
HU-11	997
HU-6, HU-7, HU-8	1.019
HU-10	1.038
HU-2,	1.104
HU-5, HU-9	1.143
HU-1,	1.156
HU-12	1.164
HU-3, HU-13	1.170
HU-4 über Bingen	1.230
HU Durchschnitt	1.095

4.3.2 Wein

Tab. 12: Transport Wein der deutschen Winzer, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

Weingut	Produktions- menge [hl]	Vertriebs- menge [hl]	Strecke [km]	E_T^1 [kWh/hl]	PE ² [kWh/hl]	CO ₂ - Emission ³ [kg/hl]
M-2000-1	364	190	39.000	300,44	330,49	79,92
M-2001-1	371	190	39.000	300,44	330,49	79,92
M-2002-1	398	349	39.000	163,90	180,28	43,60
M-2003-1	229	183	40.000	321,30	353,43	85,47
M-2000-2	357	217	25.000	169,16	186,08	44,00
M-2001-2	357	245	25.000	149,85	164,83	39,86
M-2003-2	274	210	30.000	209,94	230,934	55,84
M-2001-4	154	15	3.150	286,03	314,63	76,08
M-2000-5	234	70	2.000	37,53	41,29	9,98
M-2001-5	252	39	2.000	67,15	73,86	17,86
M-2001-6	210	132	20.000	202,60	222,86	53,89
M-2003-6	205	142	20.000	196,53	216,19	52,28
M-2001-7	192	103	20.000	260,00	286,00	69,16
M-2003-7	180	47	20.000	567,27	624,00	150,89
M-2000-8	355	55	11.000	281,53	309,68	74,89
M-2001-8	290	103	11.000	150,15	165,17	39,94
M-2003-8	236	79	12.000	212,80	234,08	56,60
M-2003-9	295	160	10.000	66,51	73,16	17,69
M-2000-10	204	38	2.500	117,00	128,70	31,12
M-2003-11	460	74	21.000	387,85	426,63	103,16
HB-2000	24.645	8.547	48.000	16,69	18,36	4,44
HB-2001	17.089	8.547	48.000	16,69	18,36	4,44

¹ bei A = 75 %.² E * 1,1³ E * 0,266 kg/kWh

Weingut	Produktions- menge [hl]	Vertriebs- menge [hl]	Strecke [km]	E_T^1 [kWh/hl]	PE ² [kWh/hl]	CO ₂ - Emission ³ [kg/hl]
HB-2002	20.041	8.547	48.000	17,94	19,73	4,77
B-2001-2	750	171	35.000	204,75	225,23	54,46
B-2001-3	1575	598	30.000	66,86	73,54	17,78
B-2001-4	1.368	427	40.000	156,00	171,60	41,50
B-2001-5	49	3	10	4,68	5,15	1,24
B-2001-6	6.451	658	35.000	14,18	15,60	3,77
B-2000-2	750	171	35.000	204,75	225,23	54,46
W-2002-1	1.250	150	27.500	220,63	242,69	58,69
W-2002-2	90	9	100	10,92	12,01	2,90
W-2002-3	698	256	12.000	74,88	82,37	19,92
W-2001-4	781	171	10.000	97,50	107,25	25,93
W-2002-5	315	26	1.500	66,30	72,93	17,63
W-2001-6	489	85	5.600	87,36	96,10	23,24
W-2002-8	855	5	200	44,20	48,62	11,76
W-2002-9	665	85	1.000	15,60	17,16	4,15

Tab. 13: Transport Wein der deutschen Spedition und Einzelhandelskette I, Daten der Fahrzeuge

	Verbrauch /Auslastung	Strecke ⁴	s_{dir}	max. Zuladung	tatsächl. Zuladung	EE hin	EE zurück
	[l/km]/[%]	[km]	[km]	[hl]	[hl]	[kWh]	[kWh]
DS-1	0,25/95	106	53	88	84,0	132,50	106,00
DS-2	0,25/80	56	28	88	70,5	71,40	58,80
DS-3	0,35/95	164	82	130	103,5	287,00	143,50
DS-4	0,25/80	150	61	109	87,0	155,55	0
DS-5	0,25/80	133	71	109	87,0	181,05	0
DS-6	0,35/95	170	16	109	103,5	56,00	0

¹ bei A = 75 %.

² $E * 1,1$

³ $E * 0,266 \text{ kg/kWh}$

⁴ tatsächlich gefahrene Strecke.

Tab. 14: Transport Wein der deutschen Spedition und Einzelhandelskette II, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

	spez. E _T	spez. PE	E _T	PE ¹	CO ₂ -Emission ²
	[kWh/(hl*km)]	[kWh/(hl*km)]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]
DS-1	0,0536	0,0589	2,84	3,12	0,75
DS-2	0,0660	0,0726	1,85	2,03	0,49
DS-3	0,0507	0,0558	4,16	4,58	1,11
DS-4	0,0293	0,0322	1,79	1,97	0,48
DS-5	0,0293	0,0322	2,08	2,29	0,55
DS-6	0,0338	0,0372	0,54	0,60	0,14
\bar{x}	0,0438	0,0482	2,21	2,43	0,59

Tab. 15: Transport Wein aus Ungarn, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

Weingut	Distanz	E _T ³		PE ¹		CO ₂ Emission ²	
		[km]	[kWh/hl] ⁴	[kWh/hl] ⁵	[kWh/hl] ⁴	[kWh/hl] ⁵	[kg/hl] ⁴
HU-1	1.156	39,09	79,94	43,00	87,93	10,40	21,26
HU-2	1.104	37,33	76,34	41,07	83,97	9,93	20,30
HU-3	1.170	39,57	80,90	43,52	89,00	10,52	21,52
HU-5	1.143	38,65	79,04	42,52	86,94	10,28	21,02
HU-6	1.019	34,46	70,46	37,91	77,51	9,17	18,74
HU-7	1.019	34,46	70,46	37,91	77,51	9,17	18,74
HU-8	1.019	34,46	70,46	37,91	77,51	9,17	18,74
HU-9	1.142	38,62	78,97	42,48	86,87	10,27	21,01
HU-10	1.038	35,10	71,78	38,61	78,95	9,34	19,09
HU-11	997	33,72	68,94	37,09	75,84	8,97	18,34
HU-12	1.164	39,36	80,49	43,30	88,54	10,47	21,41
HU-13	1.174	39,70	81,18	43,67	89,30	10,56	21,59

¹ E * 1,1² E * 0,266 kg/kWh³ A = 75 %⁴ entspricht den Transporten mit 35 l/100 km []⁵ entspricht den Transporten mit 65 l/100 km [ÖKO-INSTITUT 2004].

Tab. 16: Transport Wein in Südafrika, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

Weingut	Distanz	E_T	PE	CO ₂ -Emission
	[km]	[kWh/hl]	[kWh/hl]	[kg/hl]
SAW-2003-1	80	7,75	8,53	2,06
SAW-2003-2	55	5,33	5,86	1,42
SAW-2003-3	55	5,33	5,86	1,42
SAW-2003-4	45	4,36	4,79	1,16
SAW-2003-5	60	5,81	6,40	1,55
SAW-2003-6	60	5,81	6,40	1,55
SAW-2003-7	52	5,04	5,54	1,34
SAW-2003-8	35	3,39	3,73	0,90
SAW-2003-9	65	6,30	6,93	1,68
SAW-2003-10	65	2,50	2,75	0,66

Tab. 17: Seetransport Wein, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

		E_T	E_T	PE ¹	CO ₂ -Emission ¹
		[kWh/Pal.]	[kWh/hl] ²	[kWh/hl]	[kg/hl]
Safmarine	bis Bremerhaven				
Safmarine	Fahrt	555,66			
	Be/Entladung	1,25			
	Summe	556,91	110,55	121,61	31,64
Seatrade	bis Antwerpen/Rotterdam				
Lombok Strait	Fahrt	1.066,10			
	Be/Entladung	27,10			
	Summe	1093,20	217,01	238,71	60,98
Spring Bear	Fahrt	1129,58			
	Be/Entladung	37,06			
	Summe	1166,64	231,59	254,10	65,08
	\bar{x}	938,93	186,38	205,02	52,37

¹ $E * 0,281 \text{ kg/kWh}$ ² $V_W = 5 \text{ hl/Palette}$

		E_T	E_T	PE ¹	CO ₂ -Emission ²
		[kWh/Pal.]	[kWh/hl] ³	[kWh/hl]	[kg/hl]
SAW-10 ⁴			56,11	61,72	15,77

Tab. 18: Transport Wein Seehafen bis POS, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

	Strecke	Distanz	E_T	E_T	PE ¹	CO ₂ -Emission ⁵
		[km]	[kWh/hl]	[kWh/Fl]	[kWh/hl]	[kg/hl]
LKW	AW-MZ	376	12,71	0,096	13,99	3,38
Zug + LKW	AW - FFM	448	8,62			
	FFM - MZ	20	1,75			
	Summe	468	10,38	0,078	30,09	6,18
Schiff + LKW	AW-MZ	540	12,05			
	MZ-MZ	10	0,88			
	Summe	550	12,92	0,097	14,22	3,44
	\bar{x} (AW-MZ)		12,00	0,090	19,43	4,33
LKW	MZ-GI	155,5	6,63	0,057	7,29	1,76
SAW-10	Bremerhaven-GI	455	15,39	0,116	16,93	4,09

4.3.3 Apfel

Tab. 19: Transport Apfel in Deutschland, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

	Strecke	Distanz	EE absolut	E_T	PE ¹	CO ₂ -Emission ⁵
		[km]	[kWh]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kg/t]
DA-A	Stade-FFM	524	1.834,00	122,27		
	FFM-GI	68	361,76	24,12		
	Summe	592	2195,76	146,38	161,02	38,94
DA-B	Stade-HUN	480	1.680	112,00		

¹ $E * 1,1$ bzw. $2,9$ beim Zugtransport² $E * 0,281$ kg/kWh³ $V_W = 5$ hl/Palette⁴ E von Safmarine bezogen auf eine Lademenge von 13.200 Flaschen/TEU.⁵ $E * 0,266$ kg/kWh

	Strecke	Distanz	EE absolut	E_T	PE ¹	CO ₂ -Emission ²
		[km]	[kWh]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kg/t]
	DS-6	16	56,00	3,54		
	Summe	496	1.736	115,54	127,10	30,73
DA-A/DA-B	\bar{x}	544	1.965,88	130,96	144,06	34,84
	E_K^1		204,00	13,60	14,96	3,62
	$\bar{x} + E_K$		2.169,88	144,56	159,02	38,45
DA-C	BS-Diez	384	1.344,00	89,60		
	DS-3 + DS-6	98	486,50	32,43		
	Summe	482	1.830,50	122,03	134,24	32,46
DA-D	BS FFM	389	2.042,25	136,15		
	FFM-GI	68	361,76	24,12		
	Summe	457	2.404,01	160,27	176,29	42,63
DA-C/DA-D	\bar{x}	469,5	2.117,26	141,15	155,27	37,55
	E_K^3		176,06	11,74	12,91	3,12
	$\bar{x} + E_K$		2.293,32	152,89	168,18	40,67

Tab. 20: Transport Apfel in Südafrika: End-, Primärenergieumsatz und CO₂ Emission

Anbaugebiet	Distanz [km]	EE absolut	$E_T + E_K$ [kWh/t]	PE ¹ [kWh/t]	CO ₂ Emission ² [kg/t]
Elgin	75	403,34	43,15	47,46	11,48
Villiersdorp	95	527,78	62,09	68,30	16,51
Ceres	160	860,45	54,53 + 2,56	62,80	15,19
Langkloof	400	2080,00	109,24 + 6,40	127,21	30,76
Freestate	1.500	7800,00	409,66+24,01	477,04	115,36
\bar{x} (ohne Freestate)			69,98	76,44	18,49

¹ $(E_T + E_K) * 1,1$

² $E * 0,266 \text{ kg/kWh}$

Tab. 21: Seetransport Apfel, End-, Primärenergieumsatz und CO₂ Emission

Schiff		EE absolut	E_T	E_T	PE ²	CO ₂ Emission ³
		[kWh]	[kWh/Pal.]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kWh/t]
Cape Reefers ⁴	See Haupt/Hilf	5.880.000	1069,09	1.257,75		
	Löschen/Laden	378.000	68,73	80,86		
	Summe	6.258.000	1137,82	1.338,61	1.472,47	376,15
Lombok Strait ⁵	See Haupt	10.620.000	1066,12	1.254,26		
	See Hilf	810.000	107,12	126,03		
	Löschen/Laden	270.000	27,10	31,89		
	Summe	11.430.000	1173,24	1.380,29	1.518,31	387,86
Spring Bear ⁶	See Haupt	5.760.000	1129,58	1.328,92		
	See Hilf	900.000	177,19	208,46		
	Löschen/Laden	189.000	37,06	43,61		
	Summe	6.849.000	1306,77	1.537,38	1.691,12	432,00
	\bar{x}			1.418,76	1.560,63	398,67

Tab. 22: Transport Apfel Seehafen bis POS, End-, Primärenergieumsatz und CO₂-Emission

		Distanz	EE absolut	E_T	PE	CO ₂ -Emission
		[km]	[kWh]	[kWh/t]	[kWh/t]	[kg/t]
LKW	AW-FFM	456	1.596,00	106,4		
	FFM-GI	68	361,76	24,12		
	Summe	524	1.957,76	130,52	143,57	34,72
	E_K		196,50	13,1	14,41	3,48

¹ Durchschnittsgeschwindigkeit 70 km/h, bei 75 % der Fahrten, Verbrauch 3,5 l/h.

² E_T * 1,1

³ E_T * 0,281 kg/kWh

⁴ Kapazität 5.000-6.000 Paletten, Verbrauch auf See: 35 t Schweröl/d Dauer 14 d; Verbrauch beim Löschen/Laden: 7 t/d, Dauer 4,5 d.

⁵ Kapazität 5.561 Paletten unter Deck, 440 TEU über Deck davon 200 mit Plugs, Verbrauch auf See: 59 + 4,5 t/d (Haupt- + Hilfsmotoren), Dauer 15 d; Verbrauch Hilfsmotoren Hafen: 5 t/d, Dauer 4,5 d.

⁶ Kapazität 4.199 Paletten unter Deck, 90 TEU über Deck davon 88 mit Plugs, Verbrauch auf See: 32 + 5 t/d (Haupt- + Hilfsmotoren), Dauer 15 d; Verbrauch Hilfsmotoren Hafen: 3,5 t/d, Dauer 4,5 d.

