

Elmar Schlich (Hrsg.)

**Äpfel aus deutschen Landen -
Endenergieumsätze bei Produktion und Distribution**

mit Beiträgen von

*Elmar Schlich, Linda Bergenthum,
Susanne Abe und Juliane Dolberg*



Elmar Schlich (Hrsg.)

**Äpfel aus deutschen Landen -
Endenergieumsätze bei Produktion und Distribution**

mit Beiträgen von

*Elmar Schlich, Linda Bergenthum,
Susanne Abe und Juliane Dolberg*

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2008

978-3-86727-541-5

Titelbild: Deutsche Tafeläpfel (Februar 2008) im Lebensmitteleinzelhandel.
Foto mit freundlicher Genehmigung von Herrn Platzdasch REWE Ursulum,
Gießen (Foto: Schlich 2008)

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2008

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, 2008

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-541-5

Vorwort des Herausgebers

Seit 1997 befasst sich die Arbeitsgruppe der Professur für Prozesstechnik mit der empirischen Erhebung von energetischen Daten ausgewählter Prozessketten im Lebensmittelbereich. Diesen Untersuchungen liegt die hier entwickelte These zugrunde, dass der spezifische Endenergieumsatz auch bei Lebensmitteln mit der Betriebsgröße abnehmen wird, unabhängig von der reinen Transportentfernung zwischen Produktions- und Verkaufsort. Diese These wird mit dem Begriff „**Ecology of Scale**“ - zu Deutsch: Ökologie der Betriebsgröße – überschrieben.

Eines der ausgewählten Beispiele zur Untersuchung dieser These bezieht sich auf Äpfel lokaler und regionaler deutscher Herkunft. Bei der energetischen Analyse der genannten Prozesskette sind die Bereiche Primärproduktion (Anbau und Ernte), Lagerhaltung und Reifemanagement, Verpackung einschließlich Transporte und Distribution einzubeziehen. Zusätzlich hierzu wird auch die kennzeichnende Betriebsgröße für jede Prozesskette ermittelt. Als Bilanzzeitraum gilt jeweils ein ganzes Kalenderjahr.

Das vorliegende Buch dokumentiert Daten aus drei wichtigen deutschen Anbauregionen, die jeweils im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten vor Ort erhoben worden sind. Als funktionelle Einheit – dies ist die Bezugsgröße der kumulierten Endenergieumsätze – stellt sich eine Tonne Tafeläpfel als geeignet heraus.

Zur Auswertung der vorhandenen Datensätze werden die spezifischen Endenergieumsätze über der Betriebsgröße dargestellt. Dabei zeigt sich, dass mit zunehmender Betriebsgröße eine Abnahme der spezifischen Endenergieumsätze erfolgt. Insoweit kann die vorliegende These zunächst bestätigt werden. Gleichzeitig zeigt sich aber ein zusätzlicher Einfluss von regionalen Aspekten, die auf die jeweiligen Besonderheiten des untersuchten Anbaugbietes zurückzuführen sein dürften.

Äpfel sind in Deutschland nicht nur regionale, sondern auch saisonale Produkte, die nur im Zeitraum von September bis etwa April/Mai des Folgejahres aus eigener Ernte erhältlich sind. Die Verlängerung der Haltbarkeit gelingt durch aufwendige Lagertechniken, die auf geregelter Atmosphäre und niedrigen Lagertemperaturen beruhen. Für diese spezielle Form der Lagerung von Obst ist ein teilweise erheblicher Energieaufwand erforderlich.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen steht fest, dass Äpfel aus deutschen Regionen - energetisch gesehen - wettbewerbsfähig mit globalen Angeboten sein können, sofern die Betriebe eine Mindestbetriebsgröße von ca. 500 – 600 t Apfelernte pro Jahr überschreiten. Für

den Fall, dass Betriebe diese empirisch ermittelte Mindestbetriebsgröße unterschreiten, empfehlen wir die Bildung von Kooperationen innerhalb der Region.

Sowohl von der Menge als auch vom saisonalen Angebot her gesehen ist Deutschland zur Deckung des Bedarfs zwingend auf den Import von Äpfeln angewiesen. Auf Grund der hervorragenden Logistik international operierender Prozessketten, die auf hocheffizienten Containertransporten per Schiff und LKW beruhen, kann für Äpfel aus globaler oder europäisch-kontinentaler Produktion von einem Gesamtenergieumsatz ausgegangen werden, der mit Äpfeln aus lokaler oder regionaler Herkunft vergleichbar ist.

Ein ganz wesentlicher Teil des Endenergieumsatzes erstreckt sich auf den Anteil des Endverbrauchers, der typischerweise mit dem Auto zum Einkauf fährt. Dieser Teil der Prozesskette ist in den vorliegenden Untersuchungen nicht enthalten. Abschätzungen zeigen aber, dass schon ein Weg von wenigen Kilometern im privaten PKW ausreicht, den spezifischen Endenergieumsatz der eingekauften Lebensmittel unverhältnismäßig in die Höhe zu treiben. Wer selbst mit dem PKW aus der Stadt in die Region fährt, um angeblich ökologisch vorteilhafte Lebensmittel möglichst direkt beim Bauern einzukaufen, belastet die Energiebilanz ganz erheblich. Gerade in der Region kommt es auf die effiziente Logistik in der Distribution an. Die hier erstmals publizierten Fallstudien können dazu dienen, entsprechende Bestrebungen zur Verbesserung regionaler Strukturen in Deutschland zu unterstützen.

Mit diesem Buch veröffentliche ich erstmals Abschlussarbeiten von Studierenden der Ökotrophologie, die als Prüfungsleistungen an der Justus-Liebig-Universität Gießen im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement eingereicht worden sind. Aus guten Gründen habe ich weitgehend darauf verzichtet, diese Texte vor der Veröffentlichung inhaltlich zu überarbeiten. Es handelt sich um namentlich gekennzeichnete und dem Urheberrecht unterliegende Beiträge, die wir als Dokumentation unserer wissenschaftlicher Forschungsarbeit ansehen und deshalb auch publizieren. Zur Einordnung der vorliegenden studentischen Abschlussarbeiten stelle ich ein eigenes Kapitel voran.

Ich wünsche dem vorliegenden Buch eine angemessene Verbreitung, nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in der interessierten Öffentlichkeit. Dabei wäre zu wünschen, dass auch Lobbyisten und Politiker sich der Problematik des spezifischen Endenergieumsatzes in Abhängigkeit von der Betriebsgröße stellen und die entsprechenden Schlussfolgerungen daraus ziehen.

Gießen, im Februar 2008

Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich

Äpfel aus deutschen Landen

Endenergieumsätze bei Produktion und Distribution

Inhalt

<i>Elmar Schlich</i>	Zur Abhängigkeit des spezifischen Endenergieumsatzes von der Betriebsgröße – The Ecology of Scale	1
<i>Linda Bergenthum</i>	Endenergieumsätze im Bereich der Apfelerzeugung am Bodensee	31
<i>Susanne Abe</i>	Energiebilanzierung im Apfelanbau unter Einbeziehung regionaler Aspekte in Rheinland-Pfalz	73
<i>Juliane Dolberg</i>	Energiebilanzierung im Apfelanbau unter Einbeziehung regionaler Aspekte an der Niederelbe	133

Zur Abhängigkeit des spezifischen Endenergieumsatzes von der Betriebsgröße – The Ecology of Scale

*Elmar Schlich*¹

Einführung

Lebensmittel aus lokaler oder regionaler Herkunft werden oft als umweltfreundlich bezeichnet, weil die Distanzen zwischen Produktions- und Verkaufsort vergleichsweise klein sind. In der öffentlichen und veröffentlichten Meinung werden große Transportentfernungen häufig mit hohem Endenergieumsatz gleichgesetzt, ohne nach dem Transportmittel und dessen Auslastung zu fragen.

Aber der spezifische Endenergieumsatz – das ist der Endenergieumsatz bezogen auf die Zuladung des Transportmittels - nimmt mit zunehmender Größe des Transportmittels ab. Genau wie ein Reisebus, der mit 40 Personen gut besetzt ist, pro Kopf und 100 km weniger Endenergie verbraucht als 40 Autos mit jeweils einer Person an Bord, so verbraucht ein großer LKW mit einem Kühlcontainer an Bord weniger Energie als 100 Kleintransporter für dieselbe Ladung. Dabei ist der Endenergieumsatz eine der wichtigsten Messgrößen, wenn es um ökologische Wirkungen wie z. B. auch den Treibhauseffekt geht.

Aus ökonomischer Sicht ist gut bekannt, dass der spezifische finanzielle Aufwand zur Herstellung eines Gutes eng mit der Zahl der Güter verknüpft ist, die produziert werden. Dies liegt an den Fixkosten einer Produktion, die in jedem Fall in Rechnung gestellt werden müssen. Daher sind die finanziellen Aufwendungen pro Stück bei kleinen Stückzahlen sehr viel höher als bei besserer Auslastung eines Betriebs. Dieser gut bekannte betriebswirtschaftliche Sachverhalt heißt in der Ökonomie „*Economy of Scale*“. Mathematisch können diese einfachen Zusammenhänge mit Hyperbeln beschrieben werden, gemäß $y = a/x + b$, wobei y für die Stückkosten und x für die Stückzahl stehen.

Hinsichtlich der ökologischen Gesetzmäßigkeiten unterstellen wir hier einen ähnlichen Sachverhalt wie in der Ökonomie. Es ist anzunehmen, dass die spezifische Einwirkung eines Betriebs auf die Ökologie von der Anzahl der produzierten Einheiten abhängig ist. Deshalb ist davon auszugehen, dass kleinere Einheiten grundsätzlich weniger effektiv sind, sofern diese mit größeren Einheiten verglichen werden.

¹ Universitätsprofessor Dr.-Ing. *Elmar Schlich*, Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Stephanstr. 24, D – 35390 Gießen.

In diesem Zusammenhang sollte es möglich sein, eine Mindestbetriebsgröße abzuleiten, oberhalb derer ein Betrieb ökologisch wettbewerbsfähig sein sollte. Auch dieser Aspekt ist vergleichbar mit ökonomischen Zusammenhängen, bei denen ein Break-Even als Grenzpunkt oberhalb einer Mindestproduktionsmenge identifiziert werden kann. Diese zentrale Hypothese nennen wir „*Ecology of Scale*“, zu Deutsch „Ökologie der Betriebsgröße“.

Zur Untersuchung dieser Hypothese im Lebensmittelbereich liegen inzwischen zahlreiche Fallstudien anhand von Fruchtsäften, Lammfleisch, Rindfleisch, Schweinefleisch, Wein und Äpfeln vor. Bei allen Beispielen geht es um den Vergleich von Lebensmitteln, die aus Prozessketten unterschiedlicher Betriebsgröße stammen, da anders die vorstehend genannte Hypothese nicht geprüft werden kann. Gleichzeitig bietet sich an, Lebensmittel lokaler, regionaler, europäisch-kontinentaler und globaler Herkunft zu untersuchen.

Im ersten Schritt müssen die Endenergieumsätze der gesamten Prozesskette ausgewiesen werden, einschließlich des Anbaus und der Ernte, der Transporte von Roh-, Zwischen- und Endprodukten ebenso wie die Anteile der Distribution bis zum Ort des Verkaufs. Alle ermittelten Endenergieumsätze werden sodann einer Allokation zu den funktionellen Einheiten unterzogen.

Deutschland als Nation gehört zu den Industriestaaten. Die deutsche Ökonomie ist durch starken Export von Maschinen, Ingenieurdienstleistungen und Technologie charakterisiert. Gleichzeitig ist die Bevölkerungsdichte in Deutschland sehr hoch. Hier leben 82,5 Mio. Menschen auf 352.000 km², was gleichbedeutend mit 231 Einwohnern/km² im Durchschnitt ist. Im Vergleich mit anderen Industrienationen liegen nur die Niederlande mit 395 Einwohnern/km², Japan mit 337 Einwohnern/km² und das Vereinigte Königreich mit 249 Einwohnern/km² über dem deutschen Wert. Andere hochindustrialisierte Länder wie Frankreich mit 112 Einwohnern/km², die Vereinigten Staaten mit 30 Einwohnern/km² oder Schweden mit nur 20 Einwohnern/km² können in dieser Hinsicht nicht mit Deutschland verglichen werden.

Gleichzeitig steht fest, dass Deutschland kein Agrarland ist. Dies bedeutet, dass Deutschland notwendigerweise auf Importe von Lebensmitteln angewiesen ist, weil weder die landwirtschaftlich nutzbare Fläche noch die klimatischen Bedingungen für die vollständige und ganzjährige Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln ausreichen. Dabei sollte nicht vergessen werden, dass die natürlichen Bedingungen in Deutschland für nennenswerte Auswanderung im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert gesorgt haben, obwohl die damalige Bevölkerungsdichte erheblich niedriger war als heute.

Auch die großen Fortschritte der modernen Landwirtschaft unter Einsatz hochwirksamer Dünger können auf Grund der begrenzten Fläche und der vorliegenden klimatischen Verhältnisse nicht für eine ganzjährig ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln sorgen.

Heute ist die ganzjährige und täglich frische Versorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Lebensmitteln unterschiedlichster Herkunft in Deutschland absolut selbstverständlich. Lebensmittel, die für den Einzelhandel in Deutschland bestimmt sind, können hinsichtlich ihrer Herkunft in vier verschiedene Gruppen unterteilt werden.

Im vorliegenden Zusammenhang sprechen wir von Lebensmitteln aus lokaler Herkunft, regionaler Herkunft, europäisch-kontinentaler Herkunft und globaler Herkunft. Tab. 1 zeigt einen entsprechenden Überblick zu diesen genannten Definitionen und macht Angaben über die zugehörigen Marketingentfernungen.

Tab. 1: Lebensmittelkategorien, Herkunft und Marketingentfernung in Deutschland

Kategorie	Herkunft	Marketingentfernung
Lokale Lebensmittel	Lokale Bereiche	< 50 km
Regionale Lebensmittel	Regionen in Deutschland	< 500 km
Europäisch-kontinentale Lebensmittel	Europäische Union (EU)	500 – 2,500 km
Globale Lebensmittel	Außerhalb EU	> 2,500 km

Im Hintergrund dieser verschiedenen Prozessketten finden sich Logistik- und Distributionsstrukturen, die häufig aus vielen einzelnen Schritten bestehen. Dabei geht es zunächst um den Transport einer Ernte von der Primärproduktion zum Bereich der Lebensmittelherstellung und Weiterverarbeitung, sodann um den Transport von Zwischen- und Endprodukten zu den Großhandelseinrichtungen und schließlich um den Transport zum Einzelhandel.

Im ersten Hinsehen scheint es angemessen zu sein, dass Lebensmittel lokaler oder regionaler Herkunft häufig als umweltfreundlich angesehen werden, weil die Transportentfernung vergleichsweise klein ist. Gewöhnlich glauben die Menschen intuitiv, dass lokale oder regionale Produktion von Lebensmitteln grundsätzlich weniger Energie erfordere als europäisch-kontinentale oder globale Prozessketten.

Vom wissenschaftlichen Standpunkt her gesehen gibt es nur einen Fall, wo es keinerlei Zweifel über die Umweltfreundlichkeit einer Prozesskette gibt. Das ist der sprichwörtliche „Apfel aus dem eigenen Garten“. Selbstverständlich steht fest, dass die Apfelernte vom eigenen Apfelbaum im Vorgarten, der Kartoffelanbau im eigenen Garten oder das Keltern eines Weines, dessen Trauben vom privaten Weinberg hinter dem Haus stammen, keinerlei Energieaufwendungen für Transport und Distribution erfordern. Deshalb gibt es für diesen Fall auch keine messbaren ökologischen Einwirkungen, die auf Endenergieumsatz beruhen. Alle genannten Beispiele gehören aber zu Prozessketten, die durch Handarbeit, geringe jährliche Ernte und ausschließlich saisonales Angebot an bestimmten Lebensmitteln gekennzeichnet sind.

Maschinelle oder gar industrielle Bearbeitung spielt in diesem Hobbybereich keinerlei Rolle. Sobald aber größere Erntemengen nach einer professionellen Bearbeitung verlangen, werden auf Lebensmittel spezialisierte Transport- und Distributionsleistungen erwartet. Hinzu kommt, dass eine gute Logistik auch eine hohe Lebensmittelqualität garantiert, wobei es z. B. auf Frische und Hygiene gemäß LFGB² und LMHV³ ankommt [EG 178/2002, EG 852/2004, EG 853/2004, EG 854/2004].

Die Lebensmittelwirtschaft in Deutschland ist ähnlich wie in anderen Industrienationen durch Arbeitsteilung, professionelle Abläufe und hohe Qualitätsanforderungen gekennzeichnet, wobei für jeden Teil der Prozesskette die absolute Übereinstimmung mit den EU-Hygienestandards notwendig ist.

Heutzutage sind Landwirte - ob in Deutschland oder weltweit - ein Teil einer professionellen Lieferkette, die hochstandardisiert und (nur) deshalb in der Lage ist, Lebensmittel sachgerechter Qualität nach zeitlichem und örtlichem Bedarf zu liefern. Nicht nur die ökonomischen Zwänge, sondern auch die hohen Hygienestandards verlangen nach einer hervorragenden Logistik und hocheffizienten Transporten im Lebensmittelbereich. Diese werden typischerweise von Spezialisten in diesem Bereich durchgeführt.

Eine spezielle Rolle im Lebensmittelbereich spielen sogenannte Bio- oder Öko-Lebensmittel, die als solche besonders gekennzeichnet sind. Inzwischen konkurrieren eine Reihe von privat organisierten Labels wie z. B. Bioland, Demeter oder Naturland mit dem staatlich autorisierten Ökolabel, das in Übereinstimmung mit der entsprechenden EU-Richtlinie für Ökolebensmittel vergeben wird [EWG 2092/91].

² LFGB: Lebens- und Futtermittelgesetzbuch.

³ LMHV: Lebensmittelhygieneverordnung.

Überraschenderweise spielt die Frage der Energieeffizienz der gesamten Prozesskette keine Rolle bei der Kennzeichnung von Lebensmitteln als Öko-Lebensmittel, weder bei privaten Labels noch beim EU-Ökolabel.

Gleichwohl glauben viele deutsche Endverbraucher, dass Öko-Lebensmittel automatisch auch eine lokale oder regionale Herkunft aufweisen und deshalb im Vergleich zu europäischen oder globalen Lebensmitteln Energie „sparen“. Inzwischen stammen aber große Mengen der sog. Öko- oder Biolebensmittel aus europäisch-kontinentaler und globaler Herkunft, weil die ganzjährige Nachfrage nach solchen Lebensmitteln aus deutschen Regionen allein überhaupt nicht mehr zu decken ist. Insoweit unterscheiden sich Biolebensmittel nicht von konventionell erzeugten Lebensmitteln.

Besonders interessant in der öffentlichen Debatte ist auch die Tatsache, dass der Ruf nach Regionalität nur mit Lebensmitteln verbunden ist. Aber Lebensmittel sind nicht die einzigen Güter, die wir aus der Umwelt für menschliche Zwecke entnehmen. Andere Güter aus nachwachsenden Rohstoffen sind z. B. Ausgangsmaterialien für Stoffe wie Baumwolle, Seide, Wolle oder auch Leinen. Auch Zellulose als Rohmaterial wird aus Holz gewonnen und als Werkstoff für Kleidungen, Windeln, Papiertaschentücher sowie weitere Hygieneartikel für den menschlichen Gebrauch benutzt.

Tabakblätter, die als Ausgangsmaterial für Zigaretten, Zigarren und Pfeifentabak dienen, sind ebenfalls ein Naturprodukt, möglicherweise sogar aus ökologischem Anbau. Tabakblätter benötigen bei Anbau und Ernte, Transport, Produktion, Verpackung und Warenverteilung für jeden einzelnen Prozessschritt Energie. Dies ist durchaus vergleichbar mit Lebensmitteln. Alle genannten Rohstoffe, die für Kleidung, Zellulose oder Tabakwaren in der Ökosphäre produziert werden, kommen auch aus Deutschland, aber kein Endverbraucher verlangt nach Kleidung, Windeln oder Zigaretten aus regionaler Herkunft.

In der heutigen Zeit spricht die interessierte Öffentlichkeit zudem häufig von Biotreibstoffen. Die Landwirtschaft produziert weltweit, aber auch bereits in Deutschland zunehmend Rohstoffe für die Erzeugung von Treibstoffen (Biodiesel, RME, Ethanol). Inzwischen kann sogar ein Wettbewerb beobachtet werden zwischen der Nutzung dieser Rohstoffe für Lebensmittel oder für Treibstoffe. Regionale Nachfrage nach diesen Produkten aus der Ökosphäre ist aber nirgendwo Gegenstand der Betrachtung.

Dieser Sachverhalt führt zu der weitergehenden Annahme, dass Lebensmittel im Unterschied zu Kleidung, Zellulose, Tabakerzeugnissen, Biotreibstoffen, Waschmitteln oder Pharmaka ein sehr spezielles und eher emotionales Gut darstellen. Daher sind Lebensmittel unter dem Gesichtspunkt der menschlichen Emotion des Endverbrauchers grundsätzlich etwas Anderes als andere industriell hergestellte Güter, bei denen rein rationale Argumente zählen, auch wenn die Ausgangsmaterialien für solche Güter aus der Ökosphäre als nachwachsende Rohstoffe entnommen werden.

Darin besteht eine der großen Herausforderungen für die Landwirtschaft und den Lebensmittelhandel, weil offensichtlich eine Differenz als „emotional gap“ zwischen den emotional aufgeladenen Erwartungen vieler Endverbraucher auf der einen Seite und der rationalen Realität in der Geschäftswelt auf der anderen Seite existiert. Vom wissenschaftlichen Standpunkt her gesehen muss die Frage nach der energetischen Qualität von Lebensmitteln durch sorgfältige und unabhängige empirische Analyse beantwortet werden, ohne unmittelbare Berücksichtigung des emotionalen Zugangs der Verbraucher zu Lebensmitteln.

Energieträger im Lebensmittelbereich

Alle genannten Prozessketten – unabhängig ob lokaler, regionaler, kontinentaler oder globaler Herkunft – erfordern Energieumsatz. Zunächst wird Endenergie benötigt für den landwirtschaftlichen Betrieb und die Ernte. Bei vom Tier stammenden Lebensmitteln kommen die Aufzucht der Tiere und die Futtergewinnung hinzu.

Desweiteren wird Endenergie umgesetzt, um die Ernte zur Weiterverarbeitung oder Lagerung zu transportieren. Die gesamte Produktion muss verpackt werden, wobei dies entweder von Hand oder maschinell durchgeführt wird. Die verpackten Produkte werden schließlich weitertransportiert und in den Einzelhandel verteilt, bis sie beim Verkaufspunkt angekommen sind. Abschließend entsteht Energieumsatz beim Einkauf der Endverbraucher und dem Transport der eingekauften Lebensmittel nach Hause.

Energie für all diese verschiedenen Zwecke kann als Benzin, Diesel, Erdgas, Holz, Heizöl, Fernwärme oder Elektrizität eingekauft werden. Diese Typen von Energieträgern nennen wir Endenergie, die seitens der Endverbraucher eingekauft wird. Die Verkäufer der unterschiedlichen Endenergieträger gehören zu den Energieversorgungsunternehmen, wobei hier auch die Tankstellen zur Bereitstellung der verschiedenen Treibstoffe einbezogen werden.

Es ist wichtig zu wissen, dass die meisten dieser Endenergieträger weltweit vergleichbar sind, wenn es um den Beitrag zum Treibhauseffekt geht. Hier spielt es keine Rolle, an welchem Ort auf der Welt Heizöl, Holz, Diesel, Benzin oder Erdgas verbrannt werden, um den Nutzer mit Antriebsenergie oder Raumwärme zu versorgen. All die genannten Endenergieträger emittieren bei vollständiger Verbrennung gasförmiges Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O) als Endprodukte der Verbrennung. Die zugehörigen Emissionswerte hängen nicht vom Ort der Verbrennung ab, sondern nur vom Typ des Energieträgers. Nur im Bereich der konvertierten Quellen von Endenergie wie z. B. Fernwärme und Elektroenergie entstehen lokale und nationale Unterschiede, die darauf beruhen, dass unterschiedliche Primärenergie-träger im sog. Energiemix zur Herstellung von Fernwärme und Elektroenergie benutzt werden.

Tab. 2 präsentiert einen Überblick für die Endenergieträger, wobei die Informationen über die Einheiten und die Primärenergiequellen angegeben sind.

Tab. 2: Wichtige Endenergieträger in Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitung und Handel

Endenergie	Verkaufseinheit	Nutzungsbereich	Primärenergie
Heizöl	Liter [l]	Raum- und Prozesswärme	Mineralöl
Brennholz	Festmeter [Fm], Raummeter [Rm]	Raum- und Prozesswärme	Forstholz
Schweröl	Tonne [t]	Schiffsantriebe, Kraftwerke	Mineralöl
Diesel	Liter [l]	LKW, Lieferfahrzeuge	Mineralöl
Benzin	Liter [l]	Fahrzeuge	Mineralöl
Erdgas	Kubikmeter [m ³]	Raum- und Prozesswärme, Antriebe	Erdgas
Fernwärme	Kilowattstunde [kWh]	Raumwärme	Erdgas, Mineralöl, Reststoffe (Müll, Produktionsabfälle)
Elektroenergie	Kilowattstunde [kWh]	Antriebe, Beleuchtung, Prozesswärme	Energiemix (Nuklear, fossile Energieträger, Wasser, Wind, Solar)

Kerosin und Flugzeugbenzin (AVGAS⁴) spielen als Endenergieträger im hier interessierenden Bereich nur eine außerordentlich geringe und daher vernachlässigbare Rolle. Denn Lebensmittel europäisch-kontinentaler oder globaler Herkunft kommen als Massenware ausschließlich per Schiff, Bahn und LKW über die nordeuropäischen Seehäfen (Antwerpen, Rotterdam, Bremen, Hamburg) per Container nach Deutschland. Flugtransporte von Lebensmitteln weisen in der Makrostatistik der Importe nach Deutschland absolut untergeordnete Bedeutung auf.

Um nun verschiedene Endenergieträger hinsichtlich des Treibhauseffektes zu vergleichen, müssen zuerst die Einheiten in den jeweiligen Brennwert mit Hilfe der physikalischen Umrechnungsfaktoren umgerechnet werden. Auf dieser Basis können dann spezifische Emissionen von Kohlendioxid in g/kWh berechnet werden.

⁴ AVGAS: Aviation Gasoline mit international genormter Qualität.

Tab. 3 zeigt die Umrechnung in Energieeinheiten und die spezifischen Emissionen von Kohlendioxid der Endenergieträger. Die Daten in Tab. 3 sind geringfügig auf- oder abgerundet, weil dies zum Zweck der Übersichtlichkeit und zum Vergleich der verschiedenen Energieträger durchaus ausreicht. Auf Grund der natürlichen und auch industriellen Varietät verschiedener Endenergieträger können geringfügige Abweichungen auftreten. Erdgas z. B. weist je nach Lagerstätte durchaus unterschiedliche Brennwerte auf, wobei dieser Energieträger recht grob in Erdgas L⁵ und Erdgas H⁶ eingeteilt ist. Zum Vergleich im vorliegenden Zusammenhang reicht die Genauigkeit der Informationen in Tab. 3 durchaus aus.

Tab. 3: Endenergieträger in Energieeinheiten und spezifische Kohlendioxidemission [AGEB 2007]

Endenergie	Verkaufseinheit	Konversion in kWh	Spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]
Heizöl	Liter [l]	1 l = 9,9 kWh	260
Brennholz	Festmeter [Fm], Raummeter [Rm]	1 kg = 4 – 4,5 kWh, 1 m ³ = 1.600 – 2.250 kWh ⁷	0 ⁸
Schweröl	Tonne [t]	1 t = 11.200 kWh	260
Diesel	Liter [l]	1 l = 9,9 kWh	260
Benzin	Liter [l]	1 l = 9,4 kWh	260
Erdgas L	Kubikmeter [m ³]	1 m ³ = 8,8 kWh	200
Erdgas H	Kubikmeter [m ³]	1 m ³ = 10 kWh	200
Fernwärme	Kilowattstunde [kWh]	1 kWh = 1 kWh	300 – 400 ⁹
Elektroenergie	Kilowattstunde [kWh]	1 kWh = 1 kWh	560 ¹⁰

Speziell die umgewandelten leitungsgebundenen Endenergieträger Fernwärme und Elektroenergie werden in Deutschland grundsätzlich in der Verkaufseinheit kWh abgerechnet. Der zugehörige Primärenergiemix und der damit verbundene Emissionswert für CO₂ unterscheiden sich jedoch je nach nationaler, regionaler oder auch lokaler Quelle.

⁵ L = Low; steht für Erdgas mit niedrigerem Heizwert von ca. 8,8 – 9 kWh/m³.

⁶ H = High; steht für Erdgas mit höheren Heizwert von ca. 10 kWh/m³.

⁷ Die je nach Holz individuell richtige Umrechnung hängt von der Holzart und der Holzfeuchte ab.

⁸ Eine Nullemission ist hier angebracht, weil Brennholz als nachwachsender Rohstoff gilt, der in der Wachstumsphase dieselbe Menge an CO₂ aus der Atmosphäre bindet.

⁹ Hier ist vor Ort der jeweilige Wert für das betroffene Heizkraftwerk zu ermitteln und anzusetzen.

¹⁰ Mittelwert gemäß Primärenergiemix der deutschen Stromwirtschaft.

So finden sich Staaten wie Frankreich mit sehr großen Anteilen an Kernenergie oder Norwegen mit überwiegender Stromerzeugung aus Wasserkraft, die pro Kilowattstunde eher wenig Kohlendioxid emittieren. Andere Staaten nutzen sehr intensiv die Verstromung von Stein- und Braunkohle, mit der Folge höherer spezifischer Emissionen an Kohlendioxid. Solche nationalen Besonderheiten sind bei der Wirkungsabschätzung hinsichtlich CO₂ in Rechnung zu stellen.

Bei den vorliegenden qualitativen Erhebungen sind zusätzlich lokale Besonderheiten eines Betriebs zu berücksichtigen, sofern dort eine eigene Stromerzeugung etwa aus Solarpanels, Wind- und Wasserkraft oder aus nachwachsenden Rohstoffen eine Rolle spielt. Dann muss der entsprechende Betrieb mit den zugehörigen Daten der Eigenstromerzeugung beurteilt werden.

Zentrale Hypothese: „Ecology of Scale“

Ausgehend von den vorangestellten Beispielen aus dem Nicht-Lebensmittel-Bereich und den offensichtlichen Vorurteilen im Hinblick auf Regionalität im Lebensmittelbereich ist hier die These entwickelt worden, dass nicht nur die reinen Entfernungen für Transporte und Verteilung, sondern auch die Effizienz und ausgewiesene Logistik der vollständigen Prozessketten entscheidend für den spezifischen Endenergieumsatz verschiedener Lebensmittel sind. Ein weltweit agierendes Unternehmen kann – so die These – möglicherweise effizienter sein hinsichtlich des spezifischen Endenergieumsatzes als ein lokal begrenzt agierender Landwirt.

Es wird angenommen, dass der spezifische Endenergieumsatz, der auf die jeweilige Nutzeinheit zu beziehen ist, negativ mit der Größe des Unternehmens korrespondiert. Hier dürfte ein mehr oder weniger abnehmender funktioneller Zusammenhang mit zunehmender Betriebsgröße bestehen.

Wie bereits in der Einführung kurz angesprochen, ist aus der Ökonomie sehr gut bekannt, dass der spezifische finanzielle Aufwand zur Herstellung eines Gutes eng mit der Zahl der Güter verknüpft ist, die produziert werden. Dies liegt an den Fixkosten, die in jedem Fall in Rechnung gestellt werden müssen. Daher sind die finanziellen Aufwendungen pro Stück bei kleinen Stückzahlen sehr viel höher als bei besserer Auslastung eines Betriebs. Dieser betriebswirtschaftliche Sachverhalt heißt in der Ökonomie *„Economy of Scale“*.

Dieser Begriff ist weltweit gut eingeführt und akzeptiert, auch wenn die finanziellen Aufwendungen pro Stück nur einen ganz kleinen betriebswirtschaftlichen Aspekt aus dem großen Gebiet der Ökonomie beschreiben.

Hinsichtlich der ökologischen Gesetzmäßigkeit unterstellen wir einen ähnlichen Sachverhalt wie in der Ökonomie. Es ist anzunehmen, dass die spezifische Einwirkung eines Betriebs auf die Ökologie von der Anzahl der produzierten Einheiten abhängt. Deshalb ist davon auszugehen, dass kleinere Einheiten grundsätzlich weniger effektiv sein können. In diesem Zusammenhang sollte es auch möglich sein, eine Mindestbetriebsgröße abzuleiten, oberhalb derer eine Produktion auch ökologisch wettbewerbsfähig sein sollte. Auch dieser Aspekt ist vergleichbar mit ökonomischen Gesetzmäßigkeiten, bei denen ein Break-even- identifiziert werden kann. Die vorliegende zentrale Hypothese nennen wir *„Ecology of Scale“*, was zu Deutsch mit „Ökologie der Betriebsgröße“ übersetzt werden kann [SCHLICH & FLEISSNER 2004, SCHLICH & SCHLICH 2004].

Mathematisch können diese funktionalen Zusammenhänge typischer Weise mit Hyperbeln beschrieben werden, gemäß $y = a/x + b$, wobei y in der Ökonomie für die Stückkosten bzw. in vorliegendem Zusammenhang für den spezifischen Endenergieumsatz und x für die Stückzahl bzw. die Betriebsgröße stehen. Abb.1 stellt die genannten Zusammenhänge mit beispielhaften Zahlenwerten grafisch dar, wobei eine lineare Skalierung für die x-Achse gewählt wird.

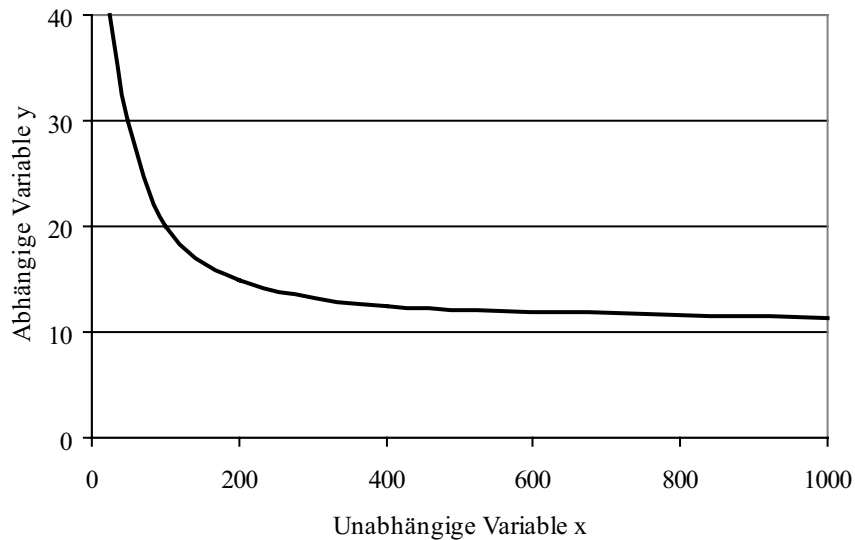


Abb. 1: Prinzipielle Darstellung hyperbolischer Zusammenhänge mit linearer Skalierung

Häufig bietet sich zur Abdeckung größerer Wertebereiche an, eine logarithmische Darstellung zu verwenden. Abb. 2 zeigt diese Form unter Benutzung derselben Koordinaten. Die in Abb. 1 gezeigte Nichtlinearität wird dadurch optisch abgeschwächt.

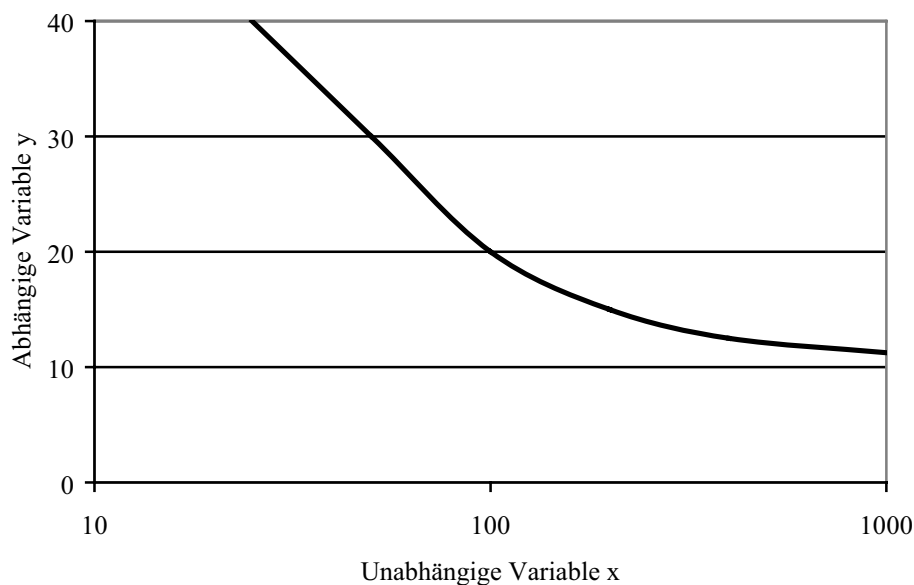


Abb. 2: Hyperbel aus Abb. 1 mit logarithmischer Skalierung der x-Achse

Hyperbelen weisen zwei Grenzfälle auf. Zum Einen geht der Funktionswert der abhängig Veränderlichen (y -Wert) gegen Unendlich, wenn die unabhängige Veränderliche x zu Null gesetzt wird. Zum Anderen geht die Funktion asymptotisch gegen den Wert $y = b$, falls die unabhängige Veränderliche x große Werte annimmt.

Im vorliegenden Beispiel (Abb. 1 und 2) steigen die Aufwendungen y umso mehr an, je weniger produziert wird. Bei zunehmender Stückzahl oder Betriebsgröße sinken die spezifischen Aufwendungen y gegen einen Grenzwert, der im vorliegenden Beispiel etwa bei dem Wert $y = 11$ liegen würde.

Beide mathematisch eher trivialen Grenzfälle eines hyperbolischen Zusammenhangs entsprechen dem angesprochenen ökonomischen Sachverhalt und können auch in der Praxis sehr gut beobachtet werden.

Der Endenergieumsatz vollständiger Prozessketten, der durch viele Teilnehmer innerhalb dieser Prozesskette hervorgerufen wird, bestimmt auf jeden Fall die Kohlendioxidabgabe, den globalen Beitrag zum Treibhauseffekt (GWP¹¹) und ggf. auch den Einfluss auf das Ozonzerstörungspotential (ODP¹²), abgesehen von anderen. Auch die Emission von nitrosen Gasen, Schwefeloxiden, Feinstaub sowie andere Verkehrsemissionen sind mit dem Endenergieumsatz verknüpft. Sogar der Lärm, der durch Fahrzeuge, Züge und Flugzeuge erzeugt wird, ist durchaus proportional zum Endenergieumsatz. Daher gehen wir davon aus, dass der Begriff der „*Ecology of Scale*“, der im vorliegenden Zusammenhang eingeführt worden ist, viele ökologische Aspekte bündelt, die vom Endenergieumsatz als Führungsgröße erfasst werden.

In der weiteren Entwicklung dieser zentralen Hypothese steht zu erwarten, dass verschiedene Betriebe zur Erzeugung ein und derselben Gutes miteinander verglichen werden können, wenn es um einen zur Erzeugung dieses Gutes angemessenen spezifischen Endenergieumsatz geht. Durch Vergleich der empirisch ermittelten Koordinaten sollte es möglich sein, eine Mindestbetriebsgröße zu definieren, oberhalb derer der Endenergieumsatz nicht weiter abnehmen wird. Dies dürfte vergleichbar mit einer ökonomisch gebotenen Mindestbetriebsgröße sein. Zur Ermittlung dieses Wertes kann der asymptotische Verlauf der angesprochenen Hyperbelen bei großen x -Werten herangezogen werden.

¹¹ GWP: Global Warming Potential.

¹² ODP: Ozone Depletion Potential.

Aus der Sicht dieser genannten Hypothese bestehen die Ziele der wissenschaftlichen Fallstudien in Folgendem:

- Identifizierung von Lebensmittelbeispielen, um Prozessketten unterschiedlicher Größe miteinander zu vergleichen,
- Ermittlung der jeweiligen Endenergieumsätze für jeden einzelnen Prozessschritt,
- Zuordnung des gesamten Endenergieumsatzes zur jeweiligen Betriebsgröße, Überprüfung der genannten Hypothese und
- Ermittlung angemessener Mindestbetriebsgrößen durch Vergleich der erhobenen Koordinaten.

Gleichzeitig ist es wichtig, festzustellen, ob die Herkunft des Lebensmittels den spezifischen Endenergieumsatz entscheidend beeinflusst. Die Frage ist also, ob die Transportentfernung als solche oder eher die Transportmittel unter Einschluss der Transportentfernung entscheidend für den spezifischen Endenergieumsatz einer vollständigen Prozesskette sind. Denn nach wie vor wird der Handel und Verzehr von Lebensmitteln aus lokaler oder regionaler Herkunft - unabhängig von der jeweiligen Betriebsgröße und unabhängig von den vorzufindenden Distributionsstrukturen - von vielen Politikern und Lobbyisten in Deutschland grundsätzlich und in allen Fällen empfohlen. Insoweit ist es wichtig, die dort gezogenen Schlussfolgerungen unabhängig zu überprüfen und dadurch ggf. zu einer wissenschaftlich begründeten Dekonstruktion ökoromantischer Vorstellungen beizutragen.

Forschungsmethode

Um die angesprochene Hypothese „*Ecology of Scale*“ durch empirische Feldforschung zu überprüfen und darüber hinaus die benutzte Methode der partiellen Ökobilanz zu verbessern, werden im Sinne einer wissenschaftsbasierten Evaluation die gesamten Endenergieumsätze der Lebensmittelproduktion und –verteilung erhoben. Gleichzeitig werden die kennzeichnenden Betriebsgrößen der gesamten Prozesskette erfasst. Das Ziel dieser Datenerhebung besteht darin, festzustellen, ob die Effizienz und die Logistik einer Prozesskette wichtiger sind als die Transportentfernungen als solche, wobei alle spezifischen Endenergieumsätze der gesamten Prozesskette betrachtet werden müssen.

Indem die energetischen Komponente von Ökobilanzen als standardisierte Methode benutzt wird, können die Energieaufwendungen der gesamten Prozesskette identifiziert und dann den Lebensmitteln als funktionelle Einheit zugeordnet werden. Ökobilanzen sind definiert als ein Vergleich der ökologischen Einwirkungen von zwei oder mehr verschiedenen aber vergleichbaren Produkten, Prozessen oder Systemen [UBA 1992]. Die Methode ist seit langem als internationale Norm publiziert [DIN EN ISO 14040 ff]. Ein entscheidender Teil von Ökobilanzen sind Erhebungen der Endenergie. Der Endenergieumsatz muss bei Prozessökobilanzen als Primärdatensatz erhoben und dann der Nutzeinheit zugeordnet werden. Daraus ergeben sich im zweiten Schritt Primärenergieumsätze sowie ökologische Wirkungen wie z. B. CO₂-Emissionen, ODP oder GWP.

Vor Beginn der Erhebungen müssen Lebensmittelbeispiele identifiziert werden, die als Fallstudien untersucht werden. Alle Lebensmittelbeispiele, die ausgewählt werden können, sollten sich durch unterschiedliche Herkünfte als lokale, regionale, europäisch-kontinentale oder globale Prozessketten herausstellen. Aus Sicht der Ökobilanzierung sind einfache und homogene Lebensmittel eher geeignet für solche Untersuchungen als z. B. Convenience-Lebensmittel, die aus zahlreichen Bestandteilen zusammengesetzt sind. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die politische Forderung nach Regionalität sich im Übrigen auch vorwiegend auf solche einfachen und homogenen Lebensmittel bezieht, eher als z. B. auf Fast-food oder eine vegetarische Tütensuppe. Im vorliegenden Fall sind Tafeläpfel ein hervorragendes Beispiel, weil diese Lebensmittel aus den in Tab. 1 genannten unterschiedlichen Herkünften in Deutschland gehandelt werden.

Im zweiten Schritt werden nun die einzelnen Bestandteile einer vollständigen Prozesskette identifiziert. Typischerweise startet diese Untersuchung beim Lebensmitteleinzelhandel (Point of Sale). Hier werden die Einzelhändler des angesprochenen Lebensmittelbeispiels nach ihren Lieferanten in dieser speziellen Prozesskette gefragt. Der zweite Schritt identifiziert die Großhändler des entsprechenden Lebensmittels. Auf diese Weise können nach und nach alle Schritte einer vollständigen Prozesskette identifiziert werden. Schließlich gelangen wir zur Primärproduktion in der Landwirtschaft, wo immer das auch sein wird. Alle Zwischenschritte der Produktion und des Handels müssen einbezogen werden, damit die Prozesskette vollständig dargestellt werden kann und alle Akteure identifiziert werden können. Eine schematische Darstellung einer solchen vollständigen Prozesskette zeigt Abb. 3.

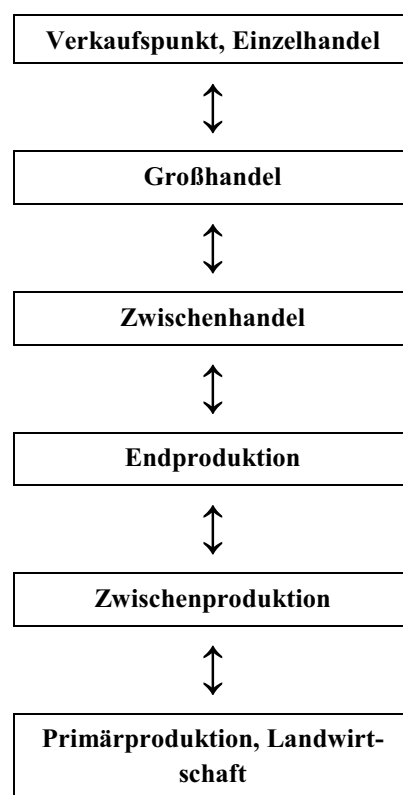


Abb. 3: Schematische Darstellung einer vollständigen Prozesskette im Lebensmittelbereich

Die Beteiligten in der Primärproduktion und der Herstellung von Zwischen- und Endprodukten sind ebenso wie die verschiedenen Akteure im Handel durch Distributions- und Transportvorgänge miteinander verbunden. Der Begriff des Transports bedeutet im vorliegenden Zusammenhang den Einweg bzw. Hin- und Rücktransfer von Gütern von einem Akteur zu einem anderen. In allen Fällen muss die Leerfahrt zurück zum Ausgangspunkt eingerechnet werden, es sei denn, es gibt eine Rückladung, die dem ursprünglich transportierten Gut nicht zugerechnet werden kann.

Distribution meint im vorliegenden Zusammenhang die Summe der Transporte von einem Teil der Prozesskette in einen ganzen Bereich. Wenn z. B. Wein in Fässern vom Winzer zu einer Flaschenabfüllung transferiert wird, sprechen wir von Transport. Wenn der in Flaschen abgefüllte Wein anschließend zu vielen Einzelhändlern oder Endverkaufsstellen im gesamten Land transferiert wird, sprechen wir von Distribution. Typischerweise können Distributionsaufwendungen durch Makroanalyse dargestellt werden, wobei nach dem gesamten Umfang des distribuierten Lebensmittels und den zugehörigen energetischen Aufwendungen gefragt werden muss.

Transport und Distribution gehören in manchen Fällen nicht zum Kerngeschäft von Landwirten oder Betrieben der Lebensmittelproduktion. Dann müssen die zusätzlichen Transportunternehmen identifiziert werden, um auch deren Energieumsätze einzubeziehen. Manchmal ist die Primärproduktion auch für den Transport von Roh-, Zwischen- und Endprodukten zuständig. Auch gemischte Verhältnisse hinsichtlich der Transporte und der Distribution sind möglich. In jedem Fall ist es sehr wichtig, alle diese Details zu kennen, wobei nicht nur die Transportmittel, sondern auch die Transportentfernungen und der zugehörige Endenergieumsatz bekannt sein müssen. Ein schematisches Diagramm einer vollständigen Prozesskette mit externen Transport- und Distributionsbetrieben zeigt Abb. 4.

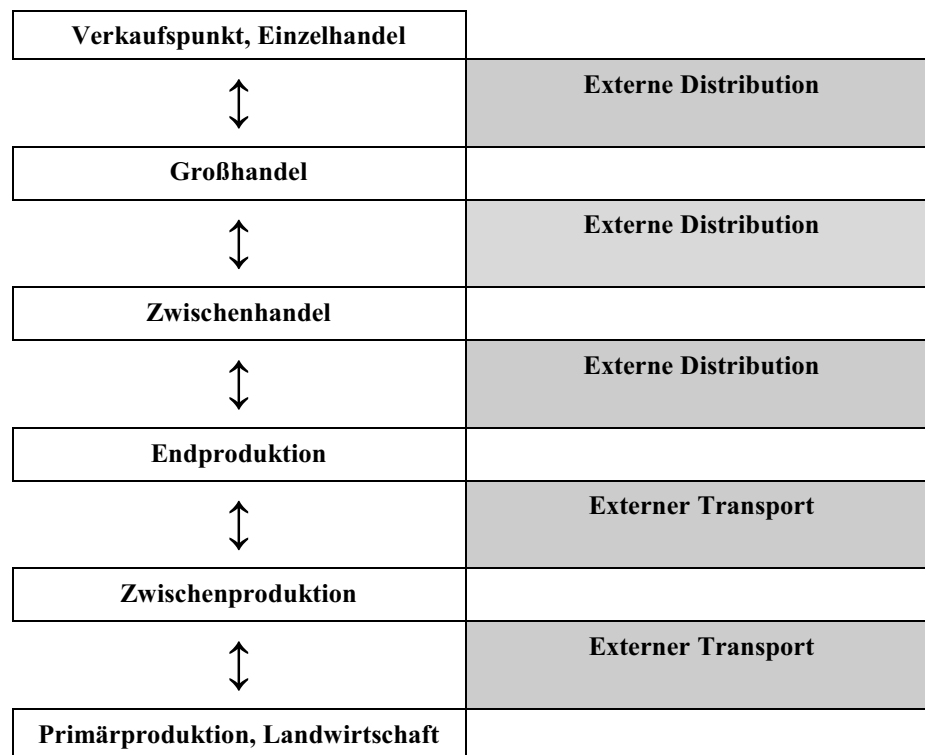


Abb. 4: Schematisches Diagramm einer Lebensmittelprozesskette einschließlich externer Transport- und Distributionsbetriebe

Abb. 3 zeigt deutlich, dass eine große Zahl von sehr unterschiedlichen Betrieben eine vollständige Prozesskette organisieren kann. In diesem Zusammenhang spielt es keine Rolle, ob die Prozesskette als lokale, regionale, europäisch-kontinentale oder sogar globale Einheit operiert. In allen Fällen gibt es viele Akteure, die an einer Lebensmittelprozesskette beteiligt sind, bis das Lebensmittel am Verkaufspunkt zum Endverbraucher gelangt.

Energiebilanzen verlangen ebenso wie Ökobilanzen nach Systemgrenzen, um die Ergebnisse vergleichbar zu gestalten. Bei den hier durchgeführten Fallstudien beginnt die Untersuchung bei der landwirtschaftlichen Produktion. Vorgelagerte Bereiche wie z. B. die Produktion von Futtermitteln oder Düngemitteln werden nur dann einbezogen, wenn die entsprechende Produktion zum untersuchten landwirtschaftlichen Betrieb selbst gehört. Sobald Futtermittel oder Düngemittel vom Landwirt bei einer anderen Gesellschaft eingekauft werden, fallen die Aufwendungen für diesen Bereich aus den hier dargestellten Untersuchungen heraus. Diese Abgrenzungen gelten auch für die Produktion von Maschinen, Werkzeug oder Arbeitskleidung des Betriebspersonals.

Die Begründung für die hier vorgenommene Abgrenzung ist darin zu sehen, dass auf andere Weise keine Begrenzung der Einbeziehung von vorgelagerten Teilen möglich ist. Wenn z. B. argumentiert würde, dass die vorgelagerte Produktion von Maschinen, Werkzeug und Arbeitskleidung einbezogen werden müsste, dann wären auch alle Transportmittel und die sprichwörtlichen goldenen Knöpfe an der Uniform des Kapitäns einzubeziehen, der mit seinem Schiff Lebensmittel transportiert. Die gesamten Endenergieumsätze, die nicht direkt Akteuren in der Prozesskette zugeordnet werden können, sind insoweit nicht in die vorliegenden Untersuchungen einbezogen. Diese Vorgehensweise geschieht in Übereinstimmung mit dem Standard zur Ökobilanzierung, sofern dieser Sachverhalt klar und deutlich dargestellt wird.

Die vorliegende Untersuchung endet am Ort des Verkaufs an den Endverbraucher (Point of Sale). Deshalb sind die Energieaufwendungen der Endverbraucher für die Fahrt zum Einkaufsort nicht in die vorliegende Untersuchung einbezogen. Die Frage, wie die benötigten Transporte vom Verkaufspunkt zum Endverbraucher im privaten Haushalt am besten organisiert werden können, wird hier nicht behandelt. In Deutschland nehmen die meisten Endverbraucher ihr eigenes Privatauto, um die Einkäufe zu tätigen. Nur wenige Endverbraucher gehen zu Fuß oder per Fahrrad zum Lebensmittelmarkt.

Diese wenigen Bemerkungen zeigen deutlich die Individualität der Endverbraucher, die auf jeden Fall zu berücksichtigen ist, falls der spezifische Endenergieumsatz zum Einkauf einbezogen werden sollte. Es wäre sehr interessant, diese Frage zu untersuchen. Es ist anzunehmen, dass die zugehörigen Antworten eher durch makrostatistische Analyse als durch individuelle Befragungen gefunden werden können.

Wie bereits erwähnt, bezieht sich die vorliegende Untersuchung auf den Vergleich von Prozessketten unterschiedlicher Herkunft. Diese Untersuchung endet am Verkaufspunkt (Point of Sale) im Einzelhandel und lässt die individuellen Vorgehensweisen des Endverbrauchers auf seinem Weg zum und vom Einkauf außer Betracht. Dies ist zulässig, weil der hier ausgeschlossene Teil des Endverbrauchers für alle Lebensmittel sehr ähnlich und daher vergleichbar ist. Denn heutzutage kann beobachtet werden, dass Lebensmittel der unterschiedlichsten Herkünfte – ob lokal, regional, europäisch-kontinental oder global – durchaus auf dieselbe Art und Weise vermarktet werden. Auch zwischen Bio- oder Ökoware auf der einen und konventionellen Lebensmitteln auf der anderen Seite gibt es diesbezüglich keinen Unterschied.

Der ganz überwiegende Teil der Lebensmittel geht über Supermärkte und Discounter in den Handel. Nur ein sehr kleiner Teil der Lebensmittel wird über Wochenmärkte gehandelt. Eine Begehung auf dem Gießener Wochenmarkt zeigt deutlich, dass dort Lebensmittel lokaler, regionaler, europäisch-kontinentaler und globaler Herkunft zu kaufen sind: Äpfel aus Neuseeland, Brokkoli aus Ecuador, Blumen aus Israel oder Erdbeeren aus Nordafrika finden sich unmittelbar neben Früchten lokaler oder regionaler Herkunft. In Übereinstimmung mit der Norm für Ökobilanzen müssen die dargelegten Annahmen und Systemgrenzen für Prozessketten **aller** angesprochenen Herkünfte angewendet werden, damit die Vergleichbarkeit gewährleistet ist.

Der methodisch letzte Schritt besteht darin, funktionelle Einheiten (synonym: Nutzeinheit, functional unit) als Bezugsgröße in einer Prozesskette zu definieren. Alle Subsysteme einer untersuchten Prozesskette können sodann auf dieselbe Nutzeinheit bezogen werden. Selbstverständlich muss die Nutzeinheit für Prozessketten unterschiedlicher Herkünfte dieselbe sein. In diesem Sinn ist die Definition einer passenden Nutzeinheit Teil der methodischen Vorgehensweise in der vorliegenden Untersuchung. Abb. 5 zeigt prinzipiell die einzelnen Schritte der hier genutzten Vorgehensweise.

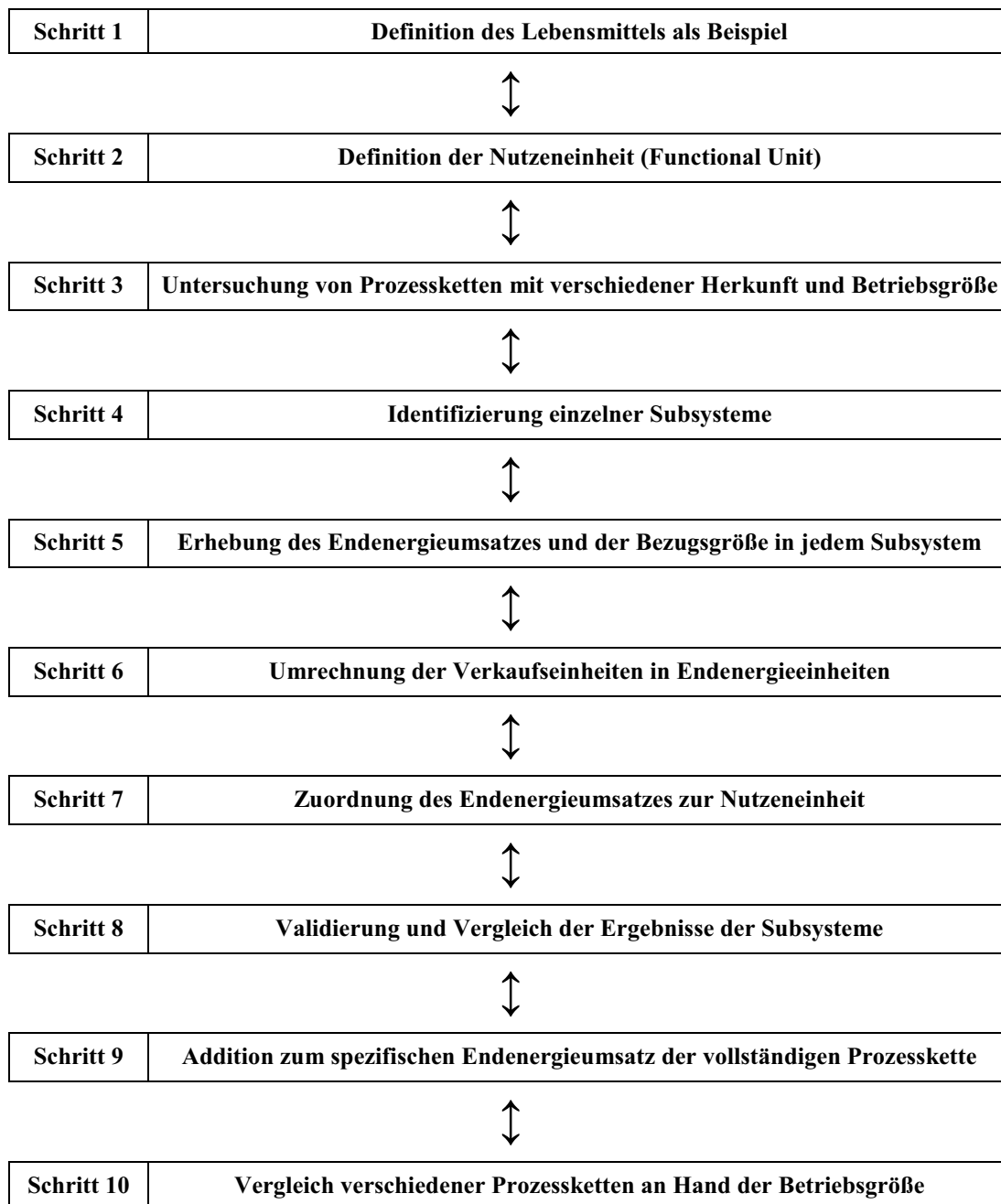


Abb. 5: Methodische Vorgehensweise in der wissenschaftlichen Untersuchung

Bei der vorliegenden Methode handelt es sich um qualitative Feldforschung. Die Endenergieumsätze aller untersuchten Prozessketten werden durch persönliche Befragung der Akteure weltweit erhoben. Die Antworten müssen durch Einsichtnahme in die Energieabrechnungen und weitere Geschäftsdaten validiert werden.

Zur Validierung der Befragungen ist es sehr wichtig, die ersten Antworten durch weitere Fragen abzusichern. So müssen z. B. Angaben über den jährlichen Treibstoffverbrauch eines Lieferwagens durch zusätzliche Fragen nach Fahrleistung und Fahrzeugtyp überprüft werden. Ein solches Beispiel wird in den nachfolgenden Tab. 4 und 5 dargelegt.

Tab. 4: Fragen, Antworten und erste Berechnung mit Beispielwerten

Schritt	Frage / Ziel der Berechnung	Antwort / Ergebnis
Frage 1:	Treibstoffverbrauch eines Lieferwagens pro Jahr	2.400 Liter
Frage 2:	Ladung des Lieferwagens	3,5 t
Frage 3:	Transportfrequenz	wöchentlich = 52 mal pro Jahr
Rechenschritt 1:	Endenergieumsatz	$2.400 \text{ l} * 9,9 \text{ kWh/l}^{13} = 23.760 \text{ kWh}$
Rechenschritt 2:	Lebensmitteltransport pro Jahr	$52 * 3.500 \text{ kg} = 182.000 \text{ kg}$
Ergebnis der Zuordnung:	Spezifischer Endenergieumsatz	$23.760 \text{ kWh} / 182.000 \text{ kg} = 0,13 \text{ kWh/kg}$

Die abschließende Allokation im gegebenen Beispiel der Tab. 4 basiert auf den Daten, die aus der Befragung stammen. Zusätzliche Fragen sind notwendig, um die vorherigen Antworten zu validieren. Im vorliegenden Fall sind Fragen nach dem Typ des Lieferwagens, der Jahreskilometerleistung und dem Treibstoffverbrauch sicherlich nützlich.

Tab. 5: Evaluation durch weitere Fragen (Beispiel)

Schritt	Frage / Ziel der Berechnung	Antwort / Ergebnis
Frage 4:	Typ des Lieferwagens	Ford Transit mit Kälteaggregat
Frage 5:	Strecke pro Fahrt (Einfache Entfernung)	150 km
Frage 6:	Treibstoffverbrauch für Transport und Kühlung	15 l/100 km
Rechenschritt 3:	Fahrtstrecke pro Jahr	$52 \text{ Wochen} * 150 \text{ km} * 2^{14} = 15.600 \text{ km}$
Validierung zu Frage 1:	Treibstoffverbrauch pro Jahr	2.340 Liter

Das vorliegende Beispiel zeigt recht gut die Übereinstimmung der Antworten zu Fragen, die in der ersten Fragerunde gestellt worden sind. Diese Vorgehensweise bei der Erhebung von Daten und deren Überprüfung hat sich in der Praxis bewährt.

Die genannte Validierung muss selbstverständlich für jeden Teil der Prozesskette durchgeführt werden. Daraus ergibt sich, dass die vorliegenden qualitativen Untersuchungen außerordentlich aufwendig sind und viel Zeit in Anspruch nehmen. Speziell bei Lebensmitteln europäisch-kontinentaler oder globaler Herkunft sind die Aufwendungen recht groß.

¹³ Umrechnung über den Heizwert gemäß Tab. 3.

¹⁴ Multiplikation mit dem Faktor 2 wegen der Rückfahrt ohne Ladung.

In der Praxis hat sich jedoch bewährt, jeden einzelnen Prozessschritt selbst vor Ort in Augenschein zu nehmen, um ein angemessenes Bild dieses speziellen Teils der Prozesskette zu bekommen. Dies gilt für lokale Prozessketten genauso wie für globale. Im Übrigen können auf die angegebene Weise vorgefasste Urteile auf Grund persönlicher Einschätzung oder öffentlicher Meinung zuverlässig vermieden werden.

Fallstudien

Zur Untersuchung der dargelegten wissenschaftlichen Hypothese zur „*Ecology of Scale*“ werden qualitative Fallstudien durchgeführt. Diese befassen sich intensiv mit signifikanten Beispielen aus dem Lebensmittelbereich. Im ersten Schritt müssen – wie bereits dargelegt – bestimmte Lebensmittel als Beispiele ausgewählt werden, wobei diese das Potential besitzen sollten, Prozessketten unterschiedlicher Herkünfte und unterschiedlicher Größe aufzuweisen.

Wie ebenfalls bereits erwähnt, sollten die Beispiele für die Fallstudien aus homogenen oder weitgehend homogenen Lebensmitteln bestehen, zumal genau diese mit der politischen Forderung nach Regionalität konfrontiert sind. Die Fallstudien, die in der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen bisher untersucht worden sind, beziehen sich auf folgende Beispiele:

- Äpfel,
- Fruchtsäfte,
- Lammfleisch,
- Rindfleisch,
- Schweinefleisch und
- Wein.

Mit der Auswahl dieser Lebensmittel für die durchgeführten Fallstudien wird ein weiterer Bereich verschiedenster Lebensmittel abgedeckt. Dabei werden je nach Lebensmittel unterschiedliche Prozesse nach der Ernte oder der Aufzucht in der zugehörigen Primärproduktion angewendet. Die Bearbeitungstiefe der genannten Beispiele unterscheidet sich erheblich. So werden Äpfel, die als Tafelobst vermarktet werden, praktisch nicht weiterverarbeitet, sondern nach einer Qualitätsbonitierung unter CA-Bedingungen¹⁵ gelagert. Wein hingegen weist nach der Traubenernte eine erheblich größere Bearbeitungstiefe bis zum fertigen Endprodukt auf. Die Beispiele repräsentieren drei Lebensmittel pflanzlicher und drei Lebensmittel tierischer Herkunft. Eine kurze Übersicht hierzu gibt die nachfolgende Tab. 6.

¹⁵ CA: Controlled Atmosphere (zu Deutsch: **geregelt**e Atmosphäre).

Tab. 6: Auswahl der Fallstudien: Lebensmittelbeispiele und zugehörige Prozesse

Lebensmittel	Art	Prozesstechniken
Äpfel	Pflanzliche Produkte	Pflücken von Hand, keine Weiterverarbeitung, aufwendige Lagertechnik, Verkaufsverpackung im Einwegsystem
Fruchtsäfte	Pflanzliche Produkte	Pflücken des Obstes von Hand, ggf. maschinell, Herstellung von Direktsaft oder Konzentrat, Zwischenlagerung, ggf. Rückverdünnung, sterile Abfüllung in Einweg- und Mehrwegsysteme
Lammfleisch	Fleischprodukte	Aufzucht in der Primärproduktion, Schlachtung, Zwischen- und Endproduktion in Handwerk oder Industrie, Verkaufsverpackung in Einwegsystemen
Rindfleisch	Fleischprodukte	Aufzucht in der Primärproduktion, Schlachtung, Zwischen- und Endproduktion in Handwerk oder Industrie, Verkaufsverpackung in Einwegsystemen
Schweinefleisch	Fleischprodukte	Aufzucht in der Primärproduktion, Schlachtung, Zwischen- und Endproduktion in Handwerk oder Industrie, Verkaufsverpackung in Einwegsystemen
Wein	Pflanzliche Produkte	Traubenernte von Hand, ggf. maschinell, handwerkliche oder industrielle Kellereiwirtschaft und Vinifizierung, Lagerung, Erzeugerabfüllung i.d.R. im Einwegsystem

Äpfel stellen ein Beispiel eher extensiver pflanzlicher Ernte dar, wobei die Ernte zur Erzielung einer hohen Qualität für den persönlichen Endverbraucher grundsätzlich von Hand durchgeführt wird. Äpfel als Tafeläpfel werden im Grunde keinen weiteren handwerklichen oder industriellen Prozessen unterzogen.

Zur Überwindung typischer saisonaler Effekte verlangt diese Frucht jedoch hochwertige Lagertechniken, die inzwischen mit geregelter Atmosphäre (Controlled Atmosphere, CA) bei vorgegebenen niedrigen Temperaturen durchgeführt werden. Auf diese Weise ist es möglich, Äpfel aus deutscher Ernte, die im Zeitraum August bis Oktober stattfindet, bis weit in das nächste Frühjahr hinein für den Endverbraucher als frische Ware zur Verfügung zu stellen. Es versteht sich von selbst, dass die aufwendige manuelle Ernte und die Lagertechnologie Endenergie erfordern, deren Beträge beträchtlich sein dürften.

Innerhalb Deutschlands gibt es eine ganze Reihe von kleineren und größeren Apfelanbaugebieten, die sich hinsichtlich der Wetter- und Klimabedingungen durchaus unterscheiden. Im südlichen Deutschland liegt das Anbaugebiet Bodensee, das im Folgenden durch die Studienarbeit von Linda Bergenthum im Detail beschrieben wird (S. 31 ff). In Westdeutschland liegt ein größeres Apfelanbaugebiet im Raum Mainz/Bingen in Rheinland-Pfalz. Diese Region hat Susanne Abe im Rahmen ihrer Masterarbeit untersucht (S. 73 ff).

In Norddeutschland an der Elbe bei Hamburg liegt das Apfelanbaugebiet Niederelbe, mit dessen speziellen Aspekten sich Juliane Dolberg in ihrer Masterarbeit befasst (S. 133 ff).

In der Gesamtschau ergeben die drei Arbeiten zusammengenommen eine gute Übersicht über den Apfelanbau in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland. Die in den Arbeiten dokumentierten Betriebsformen und Eigenheiten zeigen die Chancen und die Herausforderungen von regionaler Landwirtschaft. Die seitens der Studierenden ermittelten Endenergieumsätze hängen – wie in der Hypothese vorausgesagt – degressiv von der Betriebsgröße ab. Daher kann die These der „*Ecology of Scale*“ zunächst bestätigt werden. Gleichzeitig zeigt sich aber ein regionaler Einfluss, der auf klimatische und geografische Besonderheiten im jeweiligen Anbaugebiet zurückzuführen sein dürfte.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen und zusätzlicher Daten aus globalem Anbau [SCHRÖDER 2007] ist davon auszugehen, dass Äpfel aus deutschen Anbaugebieten energetisch gesehen wettbewerbsfähig mit globalen Angeboten sein können, sofern die Betriebe eine ausreichende Mindestbetriebsgröße überschreiten. Es finden sich in den untersuchten deutschen Regionen aber auch Betriebe, die auf Grund ihrer zu geringen Größe überdurchschnittlich viel Endenergie bezogen auf die Erntemenge umsetzen.

Für den Fall, dass einzelne Betriebe die empirisch ermittelte Mindestbetriebsgröße unterschreiten, sei die Bildung von Kooperationen und Genossenschaften zur Lagerung, Distribution und Vermarktung innerhalb der Region empfohlen. Dies wird – vorwiegend aus ökonomischen Gründen – im Obstanbau in Deutschland bereits häufig praktiziert.

Unabhängig davon ist Deutschland sowohl von der Verzehrsmenge als auch vom saisonalen Angebot her gesehen zwingend auf den Import von Äpfeln angewiesen. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Lagerung unter geregelter Atmosphäre (CA-Lagerung) ähnlich viel Endenergie pro t Äpfel erfordert wie der Schiffstransport von Äpfeln globaler Herkunft.

Im Umkehrschluss besteht deshalb keinerlei Berechtigung dazu, Lebensmittel aus globaler Herkunft im Allgemeinen oder Äpfel aus globaler Herkunft im Besonderen wegen des angeblich so hohen spezifischen Endenergieumsatzes an den Pranger zu stellen. Das Gegenteil ist richtig. Deutschland als Industrienation mit einer sehr hohen Bevölkerungsdichte ist nicht in der Lage, eine adäquate Lebensmittelversorgung ganzjährig durch eigene Produktion sicherzustellen. Daher ist die sehr dicht besiedelte Industrienation Deutschland zwingend auf effiziente internationale Prozessketten zur Sicherstellung der Lebensgrundlage der Bevölkerung angewiesen.

Quellen

- [AGEB 2007] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeinheiten (2000-2003) Stand: 07/2007. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Mohrenstraße 58, 10117 Berlin (siehe auch: <http://www.ag-energiebilanzen.de>).
- [DIN EN ISO 14040] Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Produkt-Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Fassung der ISO 14040 :1997.
- [EG 178/2002] European Union: Verordnung 178 zur Festlegung der Allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit: <http://www.bmelv.de> (2002).
- [EG 852/2004] European Union: Verordnung 852 über Lebensmittelhygiene: <http://www.bmelv.de> (2004).
- [EG 853/2004] European Union: Verordnung 853 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs: <http://www.bmelv.de> (2004).
- [EG 854/2004] European Union: Verordnung 854 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs: <http://www.bmelv.de> (2004).
- [EWG 2092/91] European Union: EG-Öko-Verordnung: <http://www.bmelv.de> (1991).
- [SCHLICH & FLEISSNER 2004] Schlich E, Fleissner U: The Ecology of Scale: Assessment of Regional Energy Turnover and Comparison with Global Food. Special Issue of Int J LCA (2004).
- [SCHLICH & SCHLICH 2004] Schlich E, Schlich M: The Ecology of Scale: Further Examples and Comments. InLCA 2004.
- [SCHRÖDER 2007] Schröder S: Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2007. ISBN 978-3-86727-416-6 Göttingen:Cuvillier 2007.
- [UBA 1992] Umweltbundesamt (Editor): Texte 38/92: Ökobilanzen und Produkte - Bedeutung - Sachstand - Perspektiven. Berlin (1992).

Relevante Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben

- Schlich E: Energy Economics and the Ecology of Scale in the Food Business. In: Caldwell PG and Taylor EV (Editors): New Research on Energy Economics. ISBN 978-1-60456-354-2. Nova Science Publishers:Hauptpage NY (2008).
- Schröder S: Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen 2007. ISBN 978-3-86727-416-6 Göttingen:Cuvillier (2007).
- Schlich E, Pitlik L: Endenergieumsätze ausgewählter regionaler und globaler Prozessketten am Beispiel Wein. Tagungsbericht der Hochschultagung des Fachbereichs Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen (16.11.2007).
- Schröder S, Schlich E: Vergleich der Energiebilanzen nationaler und internationaler Weinbauregionen. Tagungsbericht der 43. Geisenheimer "Weinbau"-Tagung (04.09.2007).
- Schlich E, Biegler I, Hardtert B, Krause F, Luz M, Schröder S, Schroeber J, Winnebeck S: La consommation d'énergie finale de différents produits alimentaires: un essai de comparaison. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 53:111 (2006). Institut National de la Recherche Agronomique INRA (erschienen 4/2007).
- Supartono W, Schlich E: Implementation of Life Cycle Assessment on Fish Products. InLCA 2006, Washington D.C. (Oct. 04 – 06, 2006).
- Schlich E, Barotfi I, Biegler I, Hardtert B, Krause F, Luz M, Pitlik L, Schröder S, Schroeber J, Winnebeck S: The Ecology of Scale. Data Assessment of Beef, Pork and Wine. InLCA 2006, Washington D.C. (Oct. 04 – 06, 2006).
- Schlich E: Vergleichende Ermittlung des Energieumsatzes der Lebensmittelbereitstellung aus regionalen und globalen Prozessketten. Abschlussbericht zu den Förderkennzeichen: Schl 473/ 4-1 und Schl 473/4-2 ; Förderzeitraum: 01.01.2002- 31.12.2004. Deutsche Forschungsgemeinschaft (2005).
- Schlich E, Holzapfel H: Streit über Kilometerfresser. In: Heither D, Klöckner E, Wunderer H (Hg.): Mensch und Politik. S II Gesamtband Politik und Wirtschaft S. 120. Braunschweig:Schroedel (2005).

- Schlich E: Energie in privaten Haushalten. Versorgung, Nutzen und Optimierung. Unterricht - Arbeit und Technik. Pädagogische Zeitschriften bei Friedrich in Velber in Zusammenarbeit mit Klett, Heft 25 (2005).
- Schlich E, Schlich M: The Ecology of Scale: Further Examples and Comments. In LCA 2004 (2004).
- Schlich E, Fleissner U: The Ecology of Scale: Assessment of Regional Energy Turnover and Comparison with Global Food. Special Issue of Int J LCA (2004).
- Fleissner U, Herbst C, Krück E, Schlich E: Vergleich des Endenergieumsatzes für regionale und überregionale Fruchtsäfte. Hauswirtschaft und Wissenschaft (1) 2004.
- Schlich E, Fleissner U: Comparison of regional energy turnover with global food. International Conference of Life Cycle Assessment/ Life Cycle Management. A Bridge to a Sustainable Future. Seattle (Sept. 23 - 25, 2003).
- Schlich E, Fleissner U: Comparison of Regional Energy Turnover with Global Food. Int J LCA 8 (4) 252 (2003).
- Barotfi I, Schlich E, Szabo M: Energia a háztrátságban. Gázfelhasználás. Szent István Egyetem, Gödöllő, Ungarn, erschienen im Selbstverlag der DDGáz, Pecs, Ungarn (2003).
- Fleissner U: Energetische Bewertung der Bereitstellung regionaler und überregionaler Lebensmittel. In: Erfolgsfaktor Qualität. Fachausschuss Haushaltstechnik. Dokumentation zur Jahrestagung 2002. Haushaltstechnik – Berichte aus Forschung und Praxis. ISBN 3-8322-0601-9, Shaker-Verlag, Aachen (2002).
- Fleissner U: Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel. Aachen:Shaker (2002). Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen (2001). ISBN 3-8265-9797-4.
- Schlich E: Justus-Liebig und das Haushalten mit Energie. Berichte der Liebig-Gesellschaft zu Gießen e.V., Bd. 5, Gießen (2001).
- Schlich E, Fleissner U: The Energy Balance of Food Processing and Distribution. Proceedings of the International Workshop on Sustainable Development of Periurban Regions in South-East Asia: Problems and Strategies. Held at the Gadjah Mada University in Yogyakarta/Indonesia. January 14 - 20 (2001).
- Schlich E: Regionalität versus Globalität aus Sicht der Ökobilanzierung. In: Führer J, Knoblich A (Hrsg.): Zur Zukunftsfähigkeit ländlicher Regionen in Hessen. Hessische Landeszentrale für Politische Bildung, Wiesbaden S.122 ff. (2000).
- Schlich E, Fleissner U: Energetischer Vergleich der Produktion und Distribution ausgewählter regionaler und globaler Lebensmittel. In: Wissenschaft und Praxis mit regionaler und globaler Bedeutung. Dokumentation der 1. Hochschultagung des Fachbereichs Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement. Gießen:Köhler ISBN 3-934229-72-7, 113 – 121 (2000).
- Schlich E: Life Cycle Assessment for Food and Home Engineering, Part I: Methodical Introduction. Part II: Example: Greenhouse Impact of a Cooling Device as a Result of a Life Cycle Assessment. Indonesian Food Industry 2 (2000).
- Fleissner U, Schlich E: Von der Orange zum Orangensaft - die energetische Betrachtung der Produktion eines Lebensmittels. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht. Organ des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.. Bonn:Dümmlers (52) Heft 2, S. 94 – 101 (1999).
- Schlich E (Hrsg.): Prima Klima – auch 2010. Klimaschutz in Gießen. Dokumentation der Klimatagung am 12. Dezember 1997. Langgöns:Fleck ISBN 3-933303-20-6 (1999).
- Fleissner U, Schlich E: Environmental impact of different transport strategies in the production of fruit juice. In: Proceedings of the International Workshop Agricultural Transport of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR). Oktober 1999, Institut für Landtechnik, Universität Gießen (1999).
- Fleissner U, Schlich E: Von der Orange zum Orangensaft – Endenergieumsatz globaler Lebensmittelproduktion. In: Haushaltstechnik und Gesundheit. Fachausschuss Haushaltstechnik. Dokumentation der Jahrestagung 1998:74. Haushaltstechnik – Berichte aus Forschung und Praxis, Band 3. Aachen:Shaker ISBN 3-8265-3783-1 (1998).
- Grehn J: Makro- und mikroanalytische Methoden zur Bestimmung des Endenergieumsatzes landwirtschaftlicher Betriebe und Ermittlung von Energiekennzahlen. Aachen:Shaker ISBN 3-8265-6680-7 (1998). Zugleich: Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen (1998).
- Rahders I, Fest C, Grehn J, Schlich E: Energiekennzahlen ausgewählter landwirtschaftlicher Betriebe und Haushalte - Erste Ergebnisse. In: Haushaltstechnik - Berichte aus Forschung und Praxis (Bd. 1), Aachen:Shaker ISBN 3-8265-3233-3 (1997).
- Schlich E: Life Cycle Assessment for Nutrition and Household Products - Methodical Introduction and Examples. In : Technik des Haushalts - Technik des Haushaltes. Festschrift der Professur für Haushaltstechnik. Herrn Prof. Klaus Wiggert zum 70. Geburtstag. Justus-Liebig Universität Gießen, S. 48-58 (1997).

- Schlich E: 10 Thesen für eine aktive Klimapolitik. Öko Forum Bregenz, Publikation zur Tagung vom 6.-8.03.1996 „Klimaschutz - eine Aufgabe der Gemeinden“. S. 5-6 (1996).
- Schlich E: Heizenergieverbrauch und Raumwärme in landwirtschaftlichen Wohngebäuden. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Darmstadt:KTBL (1996).
- Schlich E: Der Beitrag eines einzelnen Kühlgeräts zum Treibhauseffekt - ein Vergleich zwischen 1980 und 1995. Hauswirtschaft und Wissenschaft, (44), Nr. 5/6, S. 195-199 (1996).
- Schlich E: Ökologie und Komfort – konkurrierende Leitbilder oder Zukunft der Technik im Haushalt?. Fachtagung „Ökonomisch Ökologisch Haushalten“, des Instituts für Technologie und Warenwirtschaftslehre der WU-Wien am 24. und 25.10.1996 in Wien, S. 38 – 40 (1996).
- Schlich E: Life Cycle Assessment of Nutrition Products. Part I: Methodical Introduction. Part II: Example: Greenhouse Impact of a Cooling Device as a Result of Life Cycle Assessment. Simposium Internacional de Ingenieria Bioquimica, Octubre 17.-19.1996, Querétaro, Mexiko (1996).
- Jäkel M, Schlich E.: Energieeffizienz und Kostenstruktur bei Haushaltsgeräten - dargestellt am Beispiel von Kühlgeräten. Hauswirtschaft und Wissenschaft (43) Nr. 1, S. 32-36 (1995).
- Grehn J, Schlich E: Die Ermittlung und Anwendung von Energiekennzahlen. Hauswirtschaft und Wissenschaft (43) Nr. 6, S. 277-281 (1995).
- Schlich E: Sind Ökologie und Komfort vereinbar? In: Tagungsband zur dgh-Frühjahrstagung 1995, Ökologie Ökonomie Convenience, Haushaltstechnik im Spannungsfeld. Deutsche Gesellschaft für Hauswirtschaft, Aachen, 1995.
- Schlich E: Klimaschutz geht alle an. Klimaschutz konkret: 10 Thesen als Forderung an die Politik, Öko-Institut e.V. Freiburg, Darmstadt, Berlin (1994).
- Schlich E, Berthold D, Flörke G, Hoffmann I, Piorkowsky M, Stolte C, Vahlhaus M: Haushalt und Energie, Energieverwendung in unserer Verantwortung, Basismodul. ISBN 387116285X, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1993).
- Schlich E, Berthold D, Flörke G, Hoffmann I, Piorkowsky M, Stolte C, Vahlhaus M: Haushalt und Energie, Vertiefungsmodul Heizung. ISBN 3871162868, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1993).
- Schlich E, Berthold D, Flörke G, Hoffmann I, Piorkowsky M, Stolte C, Vahlhaus M: Haushalt und Energie, Vertiefungsmodul Warmwasserversorgung. ISBN 3871162876, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1993).
- Schlich E, Berthold D, Flörke G, Hoffmann I, Piorkowsky M, Stolte C, Vahlhaus M: Haushalt und Energie, Vertiefungsmodul Nahrungszubereitung. ISBN 3871162884, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1993).
- Schlich E, Berthold D, Flörke G, Hoffmann I, Piorkowsky M, Stolte C, Vahlhaus M: Haushalt und Energie, Vertiefungsmodul Haushaltsgeräte, ISBN 3871162892, Dezember 1993, Schneider Verlag Hohengehren, 73666 Baltmannsweiler (1993).

Justus-Liebig-Universität Gießen

Fachbereich 09

Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und Umweltmanagement

Professur für Prozesstechnik

in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben

Studienarbeit

Endenergieumsätze im Bereich der Apfelerzeugung am Bodensee

gestellt von: Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich
betreut von: Dipl.oec.troph. Susanne Schröder
angefertigt von: Linda Bergenthum (cand. BSc)

Gießen, im Juni 2006

Kurzfassung

Aufgabenstellung. Diese Arbeit wertet Daten zu den Endenergieumsätzen der Apfelerzeugung am Bodensee aus. Die per Fragebogen erhobenen Daten leisten einen Beitrag zur Forschung über den Endenergieumsatz regionaler und überregionaler Produktion von Lebensmitteln, die an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen betrieben wird.

Vorgehensweise. Der verwendete Fragebogen ist dreiseitig, standardisiert und umfasst 34 Fragen. Der Fragebogen ist unterteilt in die sechs Abschnitte Anbau, Ernte, Maschinen / Fahrzeuge, Lager / Abpackung, Distribution und Endenergieumsatz. Der Schwerpunkt liegt auf der Menge produzierter Äpfel, der Fläche der Apfelplantage, sowie dem Endenergiebedarf der auf dem Hof eingesetzten Maschinen und Fahrzeuge. Die Daten stammen von sieben Obsthöfen aus der Region Bodensee. Die geringe Zahl der Befragten erlaubt keine quantitative Auswertung der Daten. Die Höfe werden also einzeln betrachtet und ihre Ergebnisse miteinander verglichen. Fünf Abbildungen stellen die Ergebnisse graphisch dar: der gesamte Endenergieumsatz in kWh nach Endenergeträger, der Endenergieumsatz in kWh pro Hektar beziehungsweise pro Tonne, sowie der Endenergieumsatz in kWh pro Hektar beziehungsweise pro Tonne nach Größe des Hofes in Hektar beziehungsweise Tonnen.

Ergebnisse. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass als Endenergeträger vor allem Diesel und Elektroenergie zum Einsatz kommen. Die Zahlen für den gesamten Endenergieumsatz pro Hof sind sehr unterschiedlich, vor allem abhängig davon, ob auf dem Hof ein eigenes Lager vorhanden ist. Auch im Energieumsatz pro Tonne beziehungsweise pro Hektar zeigen sich Unterschiede, die deutlich machen, dass die Höfe ihren Endenergieumsatz verschieden effizient gestalten. Graphisch wird verdeutlicht, dass die Energie umso effizienter eingesetzt wird, je größer die Hektarfläche des Hofes ist, beziehungsweise je mehr Tonnen Äpfel produziert werden. Es besteht also zwischen Endenergieumsatz und Größe des Hofes eine negative Korrelation.

Schlussfolgerung. Diese Ergebnisse sind konform mit den bereits an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben durchgeführten Studien zu anderen Lebensmitteln.

Ausblick. Es bleibt zu untersuchen, ob für Äpfel, so wie für Obstsäfte und Lammfleisch, ebenfalls die These zutrifft, dass die Produktion im Ausland energetisch um so vieles günstiger gestaltet werden kann, dass selbst unter Berücksichtigung des Transports nach Deutschland, die Apfelproduktion im Ausland einen geringeren Endenergieumsatz erfordert.

Abstract

Goal. This paper analyzes data on the energy turnover of apple production in the region of Lake Constance, which are collected with a questionnaire. The collected data contribute to the research on energy turnover of regionally and globally produced food. The department of Process Engineering in Food and Service Business at the Justus-Liebig-University of Giessen (Germany) is doing research on this field.

Methods. The questionnaire used consists of three sheets. It is standardized and contains 34 questions. The questionnaire is divided into six sections. These are: growing, harvest, machines / vehicles, storage / pack house, distribution and energy consumption. The collected data focuses on the quantity of apples produced, the size of the apple plantation, as well as the energy consumption of machines and vehicles used on the plantation. Seven apple plantations in the region of Lake Constance provided their data.

The number of interviewees is too small to evaluate the data statistically. The information on the seven plantations is examined separately and compared afterwards. The results are shown in five graphics: the entire energy turnover in kWh on basis of energy source, the specific energy turnover in kWh per hectare respectively per ton, as well as the specific energy turnover in kWh per hectare respectively per ton on basis of the size of the plantation in hectare respectively in ton.

Results. The data demonstrate that energy sources used are above all diesel and electrical energy. The data of entire energy turnover of the plantations vary greatly, which is also due to the fact whether the plantation has its own storage facility. The energy turnovers per hectare respectively per ton show differences as well, which make it clear that some plantations use energy more efficiently. Two graphics show, that energy is used the more efficiently the bigger the plantation is in hectare respectively the more tons of apples are produced. So there is a digressive relation of the specific energy turnover and the size of the plantation.

Conclusion. These results are consistent with other studies on foodstuffs that have been conducted by the department of Process Engineering in Food and Service Business at Giessen University.

Outlook. It remains interesting to find out, whether it is also true for apples that the production abroad is much more energy efficient than it is in Germany, even if the transportation to Germany is included in the calculations. This is the case for lamb meat and fruit juices.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	38
Tabellenverzeichnis	38
1 Einleitung	39
2 Grundlagen	41
2.1 Die Region Bodensee	41
2.1.1 Voraussetzungen für die Apfelerzeugung	41
2.1.2 Vermarktungsstruktur am Bodensee	42
2.1.3 Erntestatistiken 2005	44
2.2 Integrierte Produktion	45
2.3 Energiebedarfe bei der Apfelerzeugung	47
2.3.1 Maschinen und Fahrzeuge auf Apfelplantagen	47
2.3.1.1 Schlepper	47
2.3.1.2 Sonstige Maschinen und Geräte	48
2.3.2 Lagerung von Äpfeln	50
2.3.2.1 Kühlräume	50
2.3.2.2 CA-Lager	51
2.3.2.3 ULO-Lager	52
2.4 Methoden zur energetischen Bewertung	52
2.4.1 Ökobilanzen	52
2.4.2 Energiebilanzen	54
3 Material und Methoden	57
4 Ergebnisse	59
4.1 Anbau	60
4.2 Ernte	61
4.3 Maschinen / Fahrzeuge	61
4.4 Lager / Abpackung	61
4.5 Distribution	61
4.6 Energieumsatz	62
5 Diskussion	67
6 Zusammenfassung	69
Literaturverzeichnis	71

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1 Die Region Bodensee [OBST-VOM-BODENSEE, M 2005]	43
Abb. 2 Teilschritte einer Ökobilanz nach ISO 14040 1997 [ARMAN 2003]	53
Abb. 3 Umsatz verschiedener Energieträger in kWh nach Höfen	63
Abb. 4 Endenergieumsätze in kWh pro ha nach Höfen	63
Abb. 5 Endenergieumsätze in kWh pro t nach Höfen	64
Abb. 6 Endenergieumsätze in kWh pro ha bezogen auf ha	64
Abb. 7 Endenergieumsätze in kWh pro t bezogen auf t	65

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1 Durchschnittserträge von Äpfeln im Marktobstbau in Baden-Württemberg 2004 und 2005 nach Sorten [STATISTISCHES LANDESAMT 2005]	44
Tab. 2 Geschätzte Erntemenge von Äpfeln im Marktobstbau Region Bodensee 2005 nach Sorten [OBST-VOM-BODENSEE, V 2005]	45
Tab. 3 Endenergieumsätze nach Energieart und Hof	62

1 Einleitung

Der Preis für ein Barrel Öl ist auf 75 Dollar gestiegen. China und Indien konkurrieren mit Europa um Erdöl und Erdgas aus Russland und den OPEC-Ländern. Benzinpreise erreichen Höchststände.

Die Themen Energie und Rohstoffe sind nicht nur in den Medien omnipräsent, sondern spielen auch im Alltag eines jeden Verbrauchers und Produzenten eine immer zentralere Rolle. Familien, die ein Eigenheim bauen oder renovieren, können zwischen einer Vielzahl von Energiequellen wählen. Produzierende Unternehmen achten neben Investitionen in Anlagen und Arbeitskräfte verstärkt auf Möglichkeiten Energie günstig zu beziehen und sparsam einzusetzen. Auch in der Landwirtschaft wird mit zunehmendem Technologisierungsgrad die Frage des Energieumsatzes und dessen Optimierung immer wichtiger.

Mehrere Autoren¹ haben bereits Berechnungen über den Energieumsatz im Zusammenhang mit der Produktion von Lebensmitteln durchgeführt, wobei das Augenmerk vor allem auf den hierfür notwendigen Transporten liegt. Die Diskussion um Vor- und Nachteile von Regionalität und Globalisierung im Lebensmittelsektor gab den Anlass diese Arbeiten zu verfassen.

Von BLANKE und BURDICK [2005] stammt eine Untersuchung, welche die Energiebilanz von lokal angebauten Äpfeln mit der Bilanz von aus Neuseeland importierten Äpfeln vergleicht. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Lagerung der Äpfel in Deutschland bis in den April weniger Energie benötigt, als der Transport der in Neuseeland im April geernteten Äpfel nach Deutschland.

Die Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität forscht in diesem Bereich, indem Energiebilanzen für verschiedene Lebensmittel aus unterschiedlichen Ländern aufgestellt werden. Die vorliegende Arbeit unterstützt diese Forschung, indem Datenmaterial zum Endenergieumsatz der Apfelerzeugung am Bodensee gesammelt und aufbereitet wird.

Die vorliegende Arbeit ist folgendermaßen gegliedert:

Das Kapitel 2.1 stellt die Region Bodensee mit ihren Voraussetzungen für den Apfelanbau, den vorhandenen Vermarktungsstrukturen für Äpfel und den Erntestatistiken aus 2005 vor.

Kapitel 2.2 gibt einen Überblick über die Grundlagen der Integrierten Produktion von Obst. Anschließend werden die Energiebedarfe bei der Apfelproduktion näher erläutert, indem Maschinen und Fahrzeuge vorgestellt werden, die bei der Produktion von Äpfeln zum Einsatz

¹ Vgl. z. B. BÖGE [1992] und FLEISSNER [2002]

kommen. Außerdem wird auf verschiedene Verfahren zur Lagerung von Äpfeln eingegangen.

Auf Grundlagen der Erstellung von Ökobilanzen und Energiebilanzen geht das Kapitel 2.4 ein.

Kapitel 3 befasst sich mit den zur Befragung der Obstbauern verwendeten Materialien und Methoden.

Zum Schluss werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt und in dem Diskussionsteil kritisch beleuchtet.

2 Grundlagen

2.1 Die Region Bodensee

Aus der Region Bodensee stammen die ältesten Funde von Obstbau in Deutschland. Diese sind auf 5 000 bis 2 500 v.Chr. datiert [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

Noch heute ist die Bodenseeregion, im Süden Baden-Württembergs gelegen, die größte deutsche Apfelanbauregion. Von ungefähr 1 600 Betrieben werden ca. 7 000 ha Anbaufläche bewirtschaftet. Diese produziert einen Durchschnittsertrag von 250 000 t pro Jahr [vgl. KOB-BAVENDORF 2005]. Das ist fast ein Viertel der gesamten deutschen Apfelernte.

Hauptapfelsorten am Bodensee sind Jonagold und Elstar, gefolgt von Golden Delicious, Braeburn, Idared und Gala [vgl. KOB-BAVENDORF 2005].

2.1.1 Voraussetzungen für die Apfelerzeugung

Die Standortbedingungen am Bodensee sind sehr gut geeignet für den Obstanbau. Grundlage für diese Beurteilung sind Boden, Klima und Lage der Region [vgl. FRIEDRICH 1993:230].

Hier finden sich ideale Bedingungen für den Apfelanbau, denn nördlich der Alpen herrscht ein mildes, ausgewogenes Klima. Der Bodensee dient zusätzlich als Wärmespeicher [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

Die Reife wird durch das Zusammenspiel aus Frühnebel und warmer Septembersonne im Wechsel mit kühlen Nächten positiv beeinflusst [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

Der Reifeprozess und die Rotfärbung beim Kernobst werden durch kühle Nächte gefördert [vgl. LINK 2002:79]. „Die Bildung der roten Deckfarbe wird im gemäßigten Klima gefördert, denn das Wechselspiel von herbstlichen Sonnentagen und kühlen Nächten begünstigt die Bildung roter Farbstoffe (Anthocyane) auf der Sonnenseite der Früchte.“ [LINK 2002:81].

Das im Sommer erwärmte Wasser des Bodensees verlängert die Spanne warmer, wachstums- und reifefördernder Herbsttage. Im Frühjahr erwärmt sich der See nur langsam und verursacht dadurch eine Verzögerung des Austriebs. Die ersten Blüten setzten hier erst nach den kalten Maitagen ein [vgl. FRIEDRICH 1993:235].

Die hohe Luftfeuchtigkeit, auf Grund der Nähe zum Wasser, ist für die Entwicklung der Frucht als positiv zu bewerten. Sie bedeutet allerdings auch eine höhere Gefahr für Pilzkrankheiten [vgl. FRIEDRICH 1993:237].

Der Wasserbedarf von Apfelbäumen ist im Sommer sehr hoch. In der Bodenseeregion können die Sommerniederschläge den Bedarf decken. Die Regenmenge ist ausreichend hoch und günstig verteilt [vgl. LINK 2002:83].

Obstplantagen sollten sich möglichst nicht zu hoch über dem Meeresspiegel befinden, da mit zunehmender Höhe die Durchschnittstemperaturen abnehmen. [vgl. FRIEDRICH 1993:238]. Die Bodenseeregion liegt auf ca. 400 m Höhe [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

RAIS [1989:142] weist darauf hin, dass die natürlichen Voraussetzungen für den Obstbau sich nicht nur zwischen, sondern auch innerhalb von Anbaugebieten unterscheiden. Abhängig von unterschiedlichen Höhenlagen über dem Meer, sind die Temperaturen verschieden. Außerdem differieren auch die Bodenfruchtbarkeit und das Spätfrostisiko lokal.

Als nachteilig für den Apfelanbau am Bodensee ist anzusehen, dass der Süden Deutschlands, im Vergleich zu Anbauregionen in Mittel- und Norddeutschland, deutlich hagelgefährdeter ist. [vgl. FRIEDRICH 1993:234]. Hier kann mit Hagelnetzen² Abhilfe geschaffen werden.

2.1.2 Vermarktungsstruktur am Bodensee

Die Obstregion Bodensee hat eine zentrale Verkaufsstelle, die Obst vom Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH, eingerichtet. Unter Obst vom Bodensee wird der Vertrieb der VEBO-Frucht Verkaufsgemeinschaft GmbH, eines Zusammenschlusses von vier Obstgroßmärkte der Marktgemeinschaft Bodenseeobst eG zusammengeführt mit dem Vertrieb der sechs BayWa AG / WLZ Obstgroßmärkte [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, V, 2005].

Die zwei Erzeugerorganisationen am Bodensee sind die WOG Raiffeisengenossenschaft und die Marktgemeinschaft Bodenseeobst eG.

Die WOG Raiffeisengenossenschaft hat deutschlandweit 750 Mitglieder. Am Bodensee betreiben ihre Mitglieder auf 2 000 ha Obstanbau. Vertragsvermarkter sind die BayWa Obstgroßmärkte. Das Obst wird zentral über „Obst vom Bodensee“ an den Fachgroßhandel und Lebensmitteleinzelhandel verkauft. Jährlich werden 65 000 t Äpfel abgesetzt.

Der Marktgemeinschaft Bodenseeobst eG haben sich 800 Erzeuger angeschlossen. Das Einzugsgebiet reicht von Lindau bis Stockach und umfasst 3 900 ha. Abbildung 1 veranschaulicht die Lage. Ca. 80 000 t Obst jährlich werden zentral über „Obst vom Bodensee“ durch zehn private Vertragsvermarkter an Großmärkte, Fachhandel und Lebensmitteleinzelhandel verkauft.

² Bis vor einigen Jahren sind meist schwarze Netze verwendet worden. Seit einiger Zeit bevorzugen die Landwirte jedoch weiße Netze, da diese das Licht besser durchlassen. Sie sind aber weniger haltbar und beeinflussen das Landschaftsbild nachteilig [LINK 2002:254].

Außerdem besitzt die Marktgemeinschaft Bodenseeobst eG ein Kühl- und CA-Lager³ mit einer Kapazität von 70 000 t [vgl. KOB-BAVENDORF 2005].

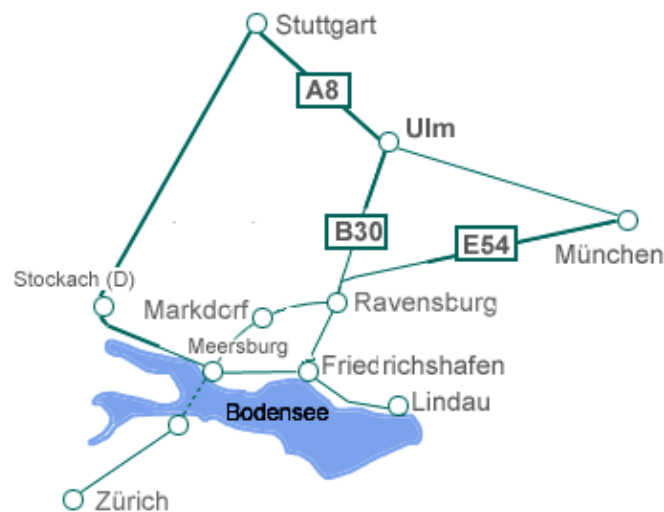


Abb. 1: Die Region Bodensee [Obst-vom-Bodensee, m 2005]

Obst vom Bodensee ist eine geschützte Marke, die aus dem Bildelement „stilisierter Apfel mit Bodensee“ mit Schriftzug „Obst vom Bodensee“ besteht [OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

„Die Obst vom Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH ist die Vermarktungseinrichtung für Kern-, Stein- und Beerenobst am Bodensee.“ [OBST-VOM-BODENSEE, M 2005] Die Abpackstationen der Region beliefern Märkte in ganz Europa. Täglich verlassen circa 40 Lkw-Ladungen die Lager [vgl. OBST-VOM-BODENSEE, M 2005].

Über 90 % der Plantagen arbeiten nach den Richtlinien der Integrierten Produktion⁴. Ein Großteil der Ware ist nach EurepGap⁵ und QS⁶ zertifiziert. Seit Frühjahr 2004 sind die Obstgroßmärkte zusätzlich zur Zertifizierung nach DIN-EN ISO 9000 2000⁷ auch nach IFS⁸ zertifiziert.

³ Controlled Atmosphere

⁴ Besonderheiten dieser Produktionsform werden unter Gliederungspunkt 2.2 erläutert.

⁵ Zertifizierung der landwirtschaftlichen Primärproduktion.

⁶ Vertikale Zertifizierung landwirtschaftlicher Produkte über alle Vermarktungsstufen hinweg.

⁷ Zertifizierung von prozessorientierten Qualitätsmanagementsystemen.

⁸ Zertifizierung von Verarbeitungsbetrieben von Handelsmarken.

2.1.3 Erntestatistiken 2005

Tab. 1: Durchschnittserträge von Äpfeln im Marktobstbau in Baden-Württemberg 2004 und 2005 nach Sorten [Statistisches Landesamt 2005]

Apfelsorte	2004	2005
	Flächenertrag in t/ha	
Golden Delicious	35,6	27,3
Cox Orange	25,5	23,1
Boskoop	23,6	14,0
Jonagold	40,3	24,8
Gala	32,7	26,3
RubINETTE	kein Nachweis vorhanden	18,4
Elstar	34,4	20,9
Delbarestivale	kein Nachweis vorhanden	18,8
Idared	40,0	25,9
Braeburn	49,5	27,1
Pinova	kein Nachweis vorhanden	30,7
Topaz	kein Nachweis vorhanden	25,7

Tabelle 1 stellt die Durchschnittserträge der Jahre 2004 und 2005 dar. Hierbei sind deutliche Schwankungen zu erkennen. Im Jahr 2005 ergibt sich für Äpfel aus Baden-Württemberg ein Ertrag von 23,4 t/ha. Das entspricht einer Erntemenge von 234 736 t. 80 % davon werden als Tafelobst vermarktet. 19 % gehen als Verwertungsobst zur Weiterverarbeitung und 1 % wird nicht abgeerntet / vermarktet [STATISTISCHES LANDESAMT 2005]. In Deutschland werden im Jahr 2005 insgesamt 852 000 t Äpfel geerntet [STATISTISCHES BUNDESAMT 2005].

Das in Baden-Württemberg produzierte Obst stammt zum Großteil aus der Region Bodensee, wie aus dem Vergleich der oben genannten Zahlen mit Tabelle 2 ersichtlich wird. Für die Ernte 2005 in der Region Bodensee liegen bis jetzt nur Schätzwerte vor.

Tab. 2: Geschätzte Erntemenge von Äpfeln im Marktobstbau Region Bodensee 2005 nach Sorten [Obst vom Bodensee, v 2005]

Apfelsorte	Geschätzte Ernte 2005 in 1000 t	Veränderung zum Vor- jahr in %
Jonagold	71,8	- 20
Elstar	37,8	- 14
Golden Delicious	19,2	- 15
Braeburn	16,9	- 13
Gala	16,6	+ 14
Idared	13,6	- 26
Boskoop	9,5	- 15
Cox Orange	8,0	- 10
Gloster	5,7	- 3
Pinova	3,3	+ 14
Topaz	2,7	+ 59
Cameo	1,4	+ 87
Sonstige	13,5	+ 10
Äpfel gesamt	220	- 13

2.2 Integrierte Produktion

Da, wie oben erwähnt, ein Großteil der Apfelplantagen in der Region Bodensee nach den Richtlinien der Integrierten Produktion arbeitet, wird diese kurz mit ihren wesentlichen Elementen vorgestellt.

Ziel der Integrierten Produktion ist es „alle Abschnitte der Produktionsverfahren optimal aufeinander abzustimmen, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und mit allen verfügbaren Mitteln zu steigern [FRIEDRICH 1993:21].“ Die Arbeitsverfahren sollen standortangepasst und umweltschonend sein, um die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten [vgl. FRIEDRICH 1993:229].

Bei Obstplantagen ist es besonders wichtig, den richtigen Standort auszuwählen. Wenn dies nicht geschieht, ist der Pflegeaufwand überproportional hoch und die Gefahr, dass Schaderre-

ger die Früchte befallen steigt [vgl. FRIEDRICH 1993:21]. Nützlinge müssen ideale Lebensbedingungen vorfinden [vgl. FRIEDRICH 1993:229].

Es dürfen nur Sorten und Unterlagen verwendet werden, die virusfrei bzw. virusgetestet sind. „Im Zusammenhang mit der Sortenwahl wird es zweckmäßig sein, Gebietssortimente aufzustellen, d.h. Sorten zu benennen und zu bevorzugen, die am jeweiligen Standort entsprechend seinen besonderen Klimaverhältnissen auch bei relativ geringem Aufwand hohe und sichere Erträge bringen [FRIEDRICH 1993:21].“ Resistente Pflanzen sind zu bevorzugen gegenüber denjenigen, die anfällig sind für Schaderreger [vgl. FRIEDRICH 1993:21]. Kleine Baumformen sind pflegeleichter als große [vgl. FRIEDRICH 1993:229].

Bezüglich des Pflanzsystems ist darauf zu achten, dass eine gute Belichtung und hohe Assimilationsleistung der Bäume ohne wuchshemmende chemische Substanzen erreicht werden kann. Durch ausreichend Licht und Luft im Inneren der Kronen wird eine Verbreitung von Schaderregern eingedämmt [vgl. FRIEDRICH 1993:21]. Idealerweise sollten Einzelreihen gepflanzt werden [vgl. FRIEDRICH 1993:229].

Der Boden soll so bearbeitet werden, dass es nicht zu Verdichtungen kommt. Düngung erfolgt vor allem durch organischen Dünger. Mineraldüngung muss auf den tatsächlichen Verbrauch der Bäume abgestimmt sein. Zur Bodenbedeckung eignet sich das Grasmulchsystem. Dieses verbessert die Befahrbarkeit der Arbeitsgassen und die Versorgung mit Humus ist gesichert. Um die Baumstreifen von Unkräutern freizuhalten⁹, müssen zwar in der ersten Jahreshälfte meist Herbizide eingesetzt werden, generell ist allerdings die mechanische der chemischen Unkrautbekämpfung vorzuziehen. Möglich ist auch eine Abdeckung der Baumstreifen mit Rindenabfällen oder Folien [vgl. FRIEDRICH 1993:21f und 229].

Regelmäßige Schnittmaßnahmen dienen der Auflockerung der Krone. Der Fruchtbehang wird durch Fruchtausdünnung und Binden der Triebe reguliert [vgl. FRIEDRICH 1993:22].

Pflanzenschutzmaßnahmen werden nicht nur zur Verminderung der Schädlinge, sondern auch zur Förderung der Nützlinge durchgeführt. Eine ökonomisch nicht bedeutsame Schaderregerdichte wird toleriert, um biologisch-ökologische Regelsysteme zu stützen. „Der Pflanzenschutz stellt somit eine Kette aufeinander abgestimmter Maßnahmen der Boden- und Pflanzenhygiene dar, er ist eine Kombination biologischer und chemischer Bekämpfung von Schaderregern auf der Grundlage exakter Überwachungs- und Prognoseverfahren [FRIEDRICH 1993:22].“ Beim integrierten Anbau werden pro Jahr ca. 15 Spritzungen durchgeführt [vgl. RAIS 1989:100].

⁹ Dies ist notwendig, um Nährstoff- und Wasserkonkurrenz zu begrenzen.

In Lucas' Anleitung zum Obstbau [vgl. LINK 2002:261] sind die Grundsätze der Integrierten Produktion kurz zusammengefasst:

- Standorte, die einen erhöhten Pflanzenschutzmitteleinsatz erforderlich machen, sind für Neuanlagen ungeeignet. Hecken oder Randbepflanzungen zur Abschirmung von Obstanlagen sollen einbezogen werden.
- Die Sortenwahl berücksichtigt Absatzchancen, Qualität, Ertragstreue und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und physiologische Störungen.
- Pflanzmaterial und Pflanzsystem müssen für die Qualitätserzeugung geeignet sein.
- Düngung und Bewässerung erfolgen bedarfsgerecht.
- Zweckmäßige Kulturmaßnahmen (z.B. Begrünung der Baumstreifen im Spätsommer) tragen zur Wuchsberuhigung bei, reduzieren das Schaderregerpotenzial (Bestandshygiene, Mehлтаuschmitt) und fördern die Fruchtqualität.
- Beim Pflanzenschutz werden Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter regelmäßig überwacht und mit möglichst schonenden Verfahren unter der Schadschwelle gehalten. Die notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen werden unter Einbeziehung der natürlichen Begrenzungsfaktoren (z.B. Nützlinge) und im Sinne eines Resistenzmanagements (Wirkstoffwechsel) aufeinander abgestimmt.

Außerdem wird in diesem Lehrbuch darauf hingewiesen, dass die integrierte Produktionsweise mittlerweile als Standard angesehen wird. Obstbauern erzielen also keine höheren Preise, wenn sie sich an die Richtlinien halten [vgl. LINK 2002:87].

2.3 Energiebedarfe bei der Apfelerzeugung

2.3.1 Maschinen und Fahrzeuge auf Apfelplantagen

Nach der Beschreibung des Apfelanbaus in der Region Bodensee werden nun im Folgenden Maschinen und Fahrzeuge vorgestellt, die auf Apfelplantagen zum Einsatz kommen. Deren Einsatz ist generell unabhängig von dem Anbaugebiet. Sie werden auf Plantagen mit kleinen Baumformen verwendet, also nicht auf Streuobstwiesen die in vielen Gegenden Deutschlands zur Erhaltung der Kulturlandschaft gepflegt werden.

2.3.1.1 Schlepper

Das wichtigste Fahrzeug auf einem Obstbauernhof ist ein Schlepper. Hiervon sind auf allen befragten Höfen mehrere vorhanden. Er wird als mobile Energiequelle, zum Fahren, Antreiben, Heben und Tragen von Arbeitsmaschinen und –geräten sowie von Transportgütern

verwendet [vgl. LINK 2002:324].

In Lucas' Anleitung zum Obstbau [vgl. LINK 2002:324] sind die besonderen Anforderungen an einem Schlepper im Obstbau beschrieben: „Schlepper für den Obstbau sollten einen niedrigen Schwerpunkt haben, ihre Außenmaße und -flächen bequemes Befahren der Fahrgassen ermöglichen und das Einhaken von Ästen verhindern bzw. sie am Schlepper abgleiten lassen, ohne Schaden zu nehmen.“

Unterschiedlich breite Fahrgassen erlauben verschiedene Breiten vom Schmalspurschlepper (0,7 m), bis zum Standardschlepper. Jedoch sollten die Außenmaße die Maße einer Großkiste (1,2 m) nicht überschreiten [vgl. LINK 2002:324].

Um die Grasnarbe zu schonen und eine Verdichtung des Bodens zu vermeiden, sollten die Reifen Niederdruckreifen sein beziehungsweise solche mit einer großen Aufstandsfläche, niedrigen, breiten Stollen und großer Überlappung, die auch mit niedrigem Luftdruck zu fahren sind [vgl. LINK 2002:324].

Die Motorleistung des Schlepper ist nicht so sehr von der Zugleistung, sondern eher von der Drehleistung für Pflanzenschutz- und Bodenpflegemaßnahmen und der Hubleistung für das Heben und Tragen von Arbeitsmaschinen und –geräten sowie von Ernte- und Transportgütern abhängig [vgl. LINK 2002:324].

2.3.1.2 Sonstige Maschinen und Geräte

Für verschiedene Arbeitsgänge auf Obstplantagen kommen jeweils unterschiedliche Maschinen und Geräte zum Einsatz, die nachfolgend kurz dargestellt werden. Zu beachten ist, dass meistens der Schlepper als Energiequelle dient. Darum werden diese Maschinen und Geräte im Fragebogen nicht einzeln angegeben.

Zur Bodenvorbereitung kommen Tiefen- und Untergrundlockerer mit starren oder schwingend angetriebenen Lockerungswerkzeugen zum Einsatz. Der Zug- und Drehleistungsbedarf (75 bis 150 kW) wird bestimmt durch die Bodenart, Arbeitsbreite (bis 2,8 m), Arbeitstiefe (bis 80 cm) und Arbeitsgeschwindigkeit (ca. 3 km/h), die Anzahl der Werkzeuge (bis vier) und Schar- bzw. Schwertform.

Die Pflanzung erfolgt mit Hilfe von tragbaren oder am Schlepper angebauten Erdlochbohrern, Pflanzmaschinen, Schlepper-Anbau-Pfahlrammen oder Pfahldrückern. Die Hand-Erdlochbohrer werden durch Verbrennungsmotoren mit bis zu 3 kW Leistung angetrieben. Vom Schlepper angetriebene Erdlochbohrer werden an die Zapfwelle des Schleppers angeschlossen, die bis 40 kW Leistung erbringt. Sie können mehrere Pflanzlöcher gleichzeitig ausheben.

Gemulcht wird mit Sichelmulchgeräten (vertikale Schnittwerkzeugachse) oder Schlegelmulchgeräten (horizontaler Walzenkörper mit Schlegeln) im Schlepperheck- oder -frontanbau. Ihr Leistungsbedarf wird bestimmt durch Arbeitsbreite (2 bis 12 kW/m Arbeitsbreite) und -geschwindigkeit, Zerkleinerungsgrad und Gutdurchsatz.

Zur Baumstreifenpflege werden Unterschneidegeräte, Rotorkrümler, Scheibengeräte, Abflamm-, Infrarot- und Heißwassergeräte eingesetzt. Die Abflamm- und Infrarotgeräte haben eine geringe Arbeitsgeschwindigkeit, es sind häufige Behandlungen nötig und die Energiekosten sind hoch. Bei Heißwasser und Heißschaum ist die Arbeitsgeschwindigkeit höher und die Wirkung nachhaltiger. Es besteht allerdings ein hoher Kapitalbedarf.

Mineraldünger wird mit Hilfe von zapfwellenangetriebenen Schleuderstreuern ausgebracht, organischer Dünger mit Schmalspurstreuern mit Querförderbändern.

Für den Pflanzenschutz gibt es schlepperbetriebene Sprühgeräte (Schlepperanbau- und Schlepperanhängegeräte), rückentragbare hand- und motorgetriebene Geräte, Motorgeräte mit Handspritzlanze, handgeführte Selbstfahrgere¹⁰ und Selbstfahrer. Wesentliche Bestandteile des Sprühgerätes sind der Brühbehälter mit Rührwerk, Pumpe, Filtersystem, Einstell- und Kontrolleinrichtungen, Zerstäuber und Gebläse.

Der Einzelschnitt erfolgt mit handbetätigten, pneumatisch oder elektrisch angetriebenen Schnittwerkzeugen (Scheren, Säge). Pneumatische Scheren werden mit Druckluft aus fahrbaren Kompressoreinheiten mit Diesel- oder Benzinmotoren versorgt. Es gibt auch Kompressoren für den Dreipunktanbau bzw. als Nachläufer, angetrieben über die Zapfwelle des Schleppers. Elektrische Scheren beziehen ihre Energie aus Akkumulatoren die als Gürtelgurt oder -tasche getragen werden.

Für den Gesamtschnitt werden Geräte mit rotierenden oder hin- und hergehenden Schnittwerkzeugen an verstellbaren Armen eingesetzt. Zur Schnittholzzerkleinerung gibt es Sichel- und Schlegelmulchgeräte oder Holzhäcksler.

Für die Ernte von Äpfeln ist bisher kein maschinelles Verfahren vorhanden. In Deutschland werden wegen der geringen Baumhöhe auch keine hydraulischen Leitern eingesetzt. Während der Ernte werden zum Transport der Kisten in der Anlage Anbaustapler (angebaut am Heck eines Schleppers), handgezogene Einachs- und Zweiachskarren, Schlepper gezogene Großkistenladewagen und Tieflader oder selbstfahrende Pflückwagen (Pluk-O-Trak) mit schwenk- und verstellbaren Förderbändern eingesetzt.

¹⁰ Selbstfahrer sind solche, die nicht vom Schlepper gezogen werden, sondern über einen eigenen Motor verfügen.

Auf den Betrieb werden die Kisten mit handgezogenen oder selbstfahrenden Gabelstaplern transportiert. Der Transport zum Lager bzw. Großmarkt erfolgt mit landwirtschaftlichen Anhängern oder anderen Transportfahrzeugen.

Zur Rodung von Obstbäumen benötigt man Motorsägen, Seilwinden, Schlegelmulchgeräte, Schnittholzhäcksler, Buschhacker, Holzspaltmaschinen und Hackschnitzelgeräte, Planierraupen, Löffelbagger, Stockrode- und Rüttelpflüge, Wurzelstockfräsen, Rodemaschinen und Frontlader.

Die meisten dieser Geräte müssen auf jedem Betrieb vorhanden sein, da ein Großteil der Arbeiten überall gleichzeitig anfällt (z.B. die Ernte) und somit Maschinen und Fahrzeuge nicht gemeinsam von mehreren Plantagen genutzt werden können. Für Spezialarbeiten, wie Bodenvorbereitung, Pflanzung und Rodung wird allerdings auch im Lohnverfahren gearbeitet [vgl. LINK 2002:325-337].

2.3.2 Lagerung von Äpfeln

Ein großer Vorteil des Apfels ist seine gute Lagerfähigkeit. Im kalten und feuchten Klima eines alten Kellers, bleiben Äpfel den ganzen Winter über frisch. In modernen Lagerräumen kann die Lagerzeit bis zu acht Monate betragen. Gelagert wird teilweise in Kühlräumen, meist jedoch in solchen mit einer kontrollierten Atmosphäre, so genannte CA-Lager.

2.3.2.1 Kühlräume

Verschiedene Apfelsorten haben unterschiedliche ideale Lagertemperaturen. Deswegen stehen meist mehrere, kleinere Lager zur Verfügung, in denen die Temperatur entsprechend reguliert werden kann.

Die Temperatur des Lagers wird durch Kühlmaschinen reguliert. Diese müssen ganz bestimmten Anforderungen entsprechen, die in dem Arbeitsblatt „Kälteanlagen im Gartenbau“ des KTBL [1998] aufgeführt sind. Besonders wichtig ist es, dass dem Lagergut nicht zu viel Feuchtigkeit entzogen wird. Die Luftfeuchtigkeit muss über 90 % betragen. Deswegen dürfen die Kälteanlagen auf keinen Fall zu klein dimensioniert sein und müssen über verschiedene Sicherheits- und Kontrolleinrichtungen verfügen. Kondensation und Eisbildung müssen unbedingt vermieden werden, da dieses der Lagerluft zu viel Feuchtigkeit entziehen. Hauptbestandteile einer solchen Kälteanlage sind Verdichter, Kondensator, Einspritzventil und Verdampfer.

Der Kältekreislauf

Der Verdichter komprimiert das aus dem Verdampfer abgesaugte gasförmige Kältemittel. Danach wird das warme Kältemittel zum Kondensator geleitet und durch Abkühlen in den flüssigen Zustand überführt. Die frei werdende Kondensationswärme wird an die Umgebung (außerhalb des Lagerraumes) abgegeben. Das warme, jetzt flüssige Kältemittel wird unter hohem Druck zum Einspritzventil geführt und (über thermostatische oder elektronische Regelung) dosiert in den Verdampfer eingespritzt. Dieser Vorgang wird auch als Entspannung bezeichnet. Die Überführung in den gasförmigen Aggregatzustand erfordert in erheblichem Maße Energie. Diese Wärmeenergie wird der Kühlraumluft entzogen, wenn sie durch den Verdampfer geleitet wird. Aus dem Verdampfer wird dann das verdampfte, im gasförmigen Aggregatzustand befindliche Kältemittel wieder vom Verdichter abgesaugt und erneut komprimiert. [KTBL 1998:1]

Beim Bau eines Lagers wird auf sehr gute Wärmedämmung geachtet. Dadurch kann Energie eingespart werden. Da die Laufzeiten der Kälteanlage verkürzt sind, wird die Lagerluft weniger entfeuchtet [vgl. LINK 2002:351].

Das Lager sollte spätestens nach einer Woche komplett befüllt sein und innerhalb von vier bis sechs Tagen sollte die gewünschte Endtemperatur erreicht sein [vgl. LINK 2002:351f].

LINK [2002:352] gibt an, dass die für Kernobst notwendige Kälteleistung etwa 180 Watt/t beträgt.

Diese Kühllager sollten allerdings nur noch als Kurzzeitlager, oder Dispositionslager genutzt werden. Eindeutig vorzuziehen sind Lager, in denen die Gaszusammensetzung reguliert wird [vgl. LINK 2002:351].

2.3.2.2 CA-Lager

Zusätzlich zur Kühlung wird in einem CA-Lager (controlled atmosphere) die Zusammensetzung der Luft reguliert. Idealerweise beträgt die Temperatur des Lagers 0 bis 3 °C und die Luftfeuchte sollte 90 bis 95 %. Durch eine verminderte Sauerstoffkonzentration auf 1 bis 2 % und eine erhöhte Kohlendioxidkonzentration auf 3 % wird die Fruchtatmung gehemmt und somit der Reifeprozess verzögert beziehungsweise gestoppt [vgl. LINK 2002:348ff].

Durch die Fruchtatmung steigt der CO₂-Gehalt der Lagerluft automatisch an. Es gibt verschiedene technische Geräte, die der Luft dieses CO₂ entziehen können, so genannte CO₂-Adsorber oder -Scrubber. Das Gas wird an Kalk oder Aktivkohle gebunden und an die Frischluft abgegeben [vgl. LINK 2002:353].

Zur Sauerstoffabsenkung werden meist Stickstoffgeneratoren verwendet. Sie zerlegen bei hohem Druck die Luft in Stickstoff und Sauerstoff und leiten den Stickstoff zur Verdrängung des Sauerstoffs in das Lager ein [vgl. LINK 2002:353].

RAIS [1989:36] weist darauf hin, dass es Kostenunterschiede zwischen Kühl- und CA-Lagern gibt. Ein ungefähr 30 % höherer Energieaufwand ist im CA-Lager für die Einstellung der spezifischen Zusammensetzung der Raumluft nötig. Durch die katalytische Verbrennung eines Heizgas-Luft-Gemisches¹¹ kann bereits zwei bis drei Tage nach der Einlagerung das gewünschte Gasverhältnis erreicht sein. Jedoch ist in einem CA-Lager die Atmungsintensität vermindert, so dass es zu einer Verringerung der abzuführenden Atmungswärme während der gesamten Lagerdauer kommt.

2.3.2.3 ULO-Lager

Eine Weiterentwicklung des CA-Lagers ist das ULO-Lager (ultra low oxygen) in dem der Sauerstoffgehalt der Luft noch weiter abgesenkt wird. Der Sauerstoffgehalt der Luft entspricht 0,7 bis 1 %, der Kohlendioxidgehalt 1 bis 1,5 %. Die Früchte bleiben hier noch saftiger, fester und säurereicher und eine Reihe physiologischer Krankheiten¹² kann verhindert werden. Die auf diese Art gelagerten Früchte müssen allerdings bereits ein ausreichendes Aroma am Baum entwickelt haben, da sie im Lager nicht nachreifen können und die Lageratmosphäre muss sehr genau überwacht werden [vgl. FRIEDRICH 1993:562f].

2.4 Methoden zur energetischen Bewertung

Nachdem auf einige Grundlagen der Apfelproduktion eingegangen worden ist, sollen nun wissenschaftliche Methoden vorgestellt werden, mit deren Hilfe energetische Bewertungen durchgeführt werden können.

2.4.1 Ökobilanzen

Eine Ökobilanz kann Produkte, Herstellungs- und Verfahrensprozesse, Dienstleistungen oder Produktionsstandorte hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen bewerten. Mit Hilfe von Umweltbilanzen kann aufgezeigt werden, wo Rohstoffe und Energien effizienter eingesetzt, sowie Schadstoffausstoß und Abfälle vermindert werden können [vgl. UBA 2000].

ARMAN weist darauf hin, dass „die deutsche Bezeichnung **Ökobilanz** [...] etwas irreführend (ist), da es sich nicht um eine Aufrechnung von Einträgen – Inputs und Austrägen – Outputs zu einem Saldo handelt, sondern um ein Verhältnis von Inputs zu Outputs [2003:6]“. Sie bevorzugt daher den englischen Ausdruck Life Cycle Assessment (LCA). Dieser „drückt das Anliegen einer Ökobilanz klarer aus, nämlich die Bewertung eines Produktes über den Verlauf seines gesamten Lebensweges, d. h. von der Rohstoffgewinnung, über Produktion und

¹¹ Tectrol-Verfahren [vgl. FRIEDRICH 1993:562]

¹² Vor allem Schalen- und Kernhausbräune.

Anwendung bis zur Beseitigung [ARMAN 2003:6].“

Ökobilanzen werden teilweise für einzelne Produkte oder Bereiche aufgestellt. Meistens handelt es sich jedoch um vergleichende Ökobilanzen. Diese vergleichen „Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen mit demselben Zweck oder derselben Funktion hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen [UBA 2000].“

In der ISO 14040 1997 ist festgeschrieben, wie eine Ökobilanz durchgeführt wird. Dieses erfolgt in vier Schritten, welche in der untenstehenden Abbildung 2 graphisch dargestellt sind.

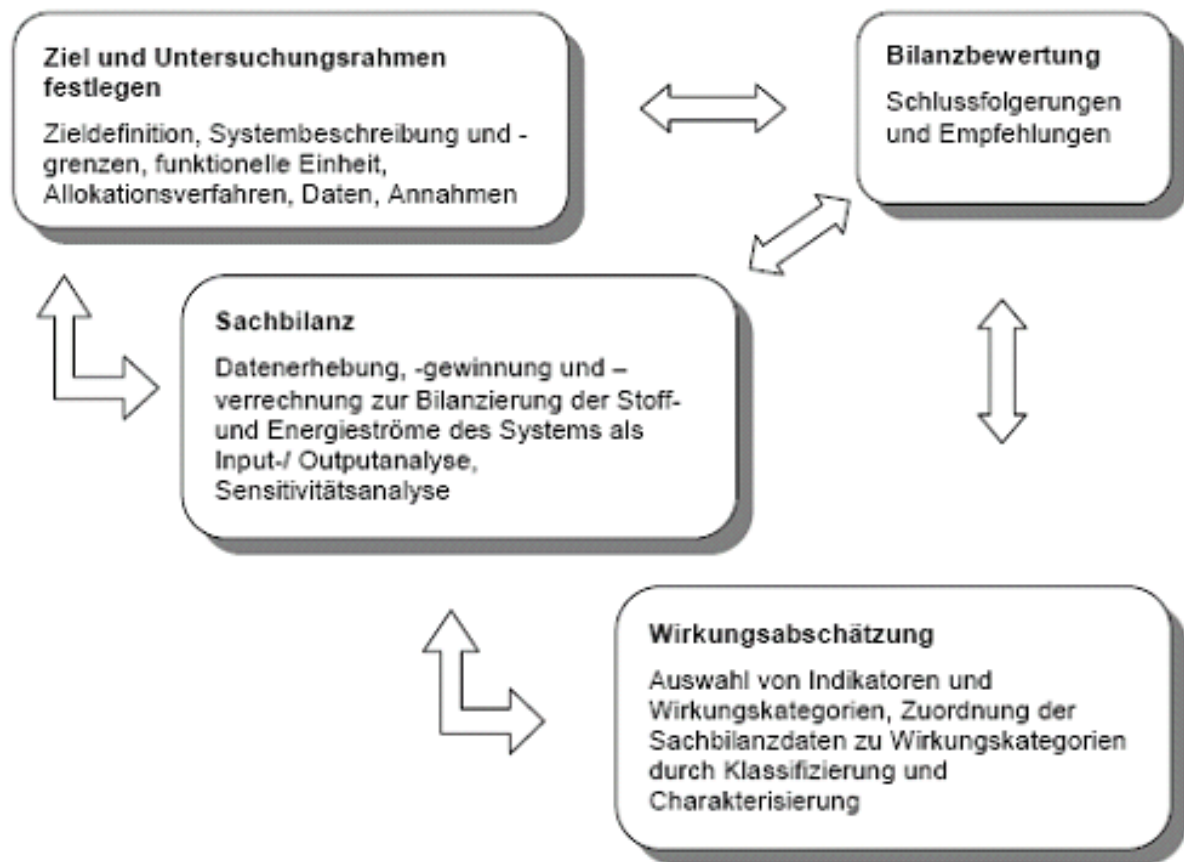


Abb. 2: Teilschritte einer Ökobilanz nach ISO 14040 1997 [ARMAN 2003]

Zunächst werden das Ziel und der Untersuchungsrahmen festgelegt. Darauf folgt die Erstellung einer Sachbilanz (ISO 14041), welche relevante Input- und Outputflüsse des Produktsystems zusammenstellt. Eine Wirkungsabschätzung (ISO 14042) wird vorgenommen, um die potentiellen Umweltauswirkungen, die mit den Input- und Outputflüssen verbunden sind, verschiedenen Wirkungskategorien zuzuordnen. Diese Kategorien sind z.B. Ressourcenverbrauch, Treibhauseffekt, Ozonabbau, Human- und Ökotoxizität, Versauerung und Eutrophierung [vgl. UBA 1995]. Zum Schluss werden die Ergebnisse ausgewertet (ISO 14043). Diese

Auswertung vergleicht z.B. die berechneten, potentiellen Wirkungen mit denen eines Referenzsystems. Beispielsweise die Emissionen von Biodiesel im Vergleich zu Dieselöl [vgl. ARMAN 2003:2f].

Zu beachten ist, dass in einer Ökobilanz nicht nur direkte Umwelteinwirkungen, also Emissionen, die bei der eigentlichen Herstellung entstehen, einbezogen werden, sondern auch indirekte Umwelteinwirkungen. Hierbei handelt es sich um Emissionen aus den Vorketten. Diese umfassen Herstellung und Transport der Betriebsmittel für die Produktion [vgl. ARMAN 2003:2f].

Ökobilanzen können genutzt werden, um Schwachstellen aufzudecken und diese zu verbessern. Außerdem werden sie auch zu Marketingzwecken genutzt. Hersteller bewerten die Umweltverträglichkeit ihrer Produkte und werben mit den Ergebnissen [vgl. UBA 2000].

Eine solche Ökobilanz für Äpfel ist von MILÀ I CANALS et al. [2005] veröffentlicht. Sie untersucht den Umsatz an nicht-erneuerbarer Energie, Ökotoxizität für Boden, Wasser und Menschen, Einfluss auf den Klimawandel und andere Punkte durch den Apfelanbau in Neuseeland. In ihrer Zusammenfassung weisen die Autoren darauf hin, dass dem Energieumsatz eine bedeutende Position zukommt. Vor allem dem durch Mechanisierung bedingten Energieumsatz kann ein großer Teil der negativen Umweltauswirkungen zugeschrieben werden.

Da Umweltbilanzen nur aus Sicht des Umweltschutzes erstellt werden, spielen ökonomische und soziale Aspekte keine Rolle [vgl. UBA 2000].

2.4.2 Energiebilanzen

Wie aus den oben stehenden Ausführungen ersichtlich, gestaltet sich die Erstellung einer Ökobilanz sehr aufwändig. Oftmals ist jedoch die große Datenfülle, welche durch eine Ökobilanz erreicht wird, für die Bewertung eines Produktes nicht notwendig.

Die Vielfalt der Indikatoren kann eingegrenzt, oder sogar auf einen Indikator beschränkt werden. Vorzugsweise wird der Energieumsatz eines bestimmten Prozesses untersucht. Bereits vor 1980 gab es Überlegungen, wie der Energieumsatz statistisch erfasst werden kann, um den Bedarf an Primärenergieträgern abschätzen zu können [EUROSTAT 1988:3].

Mit Hilfe von Energiebilanzen kann die zeitliche Änderung der Energie eines Systems dargestellt werden. Die Änderung ergibt sich aus der Differenz zwischen Input und Output über die Systemgrenze. Bei dem System kann es sich um ein Land handeln, einen Betrieb (z.B. einen Obsthof), oder eine einzelne Maschine (z.B. Schlepper). Abhängig von der Art des Systems müssen dessen Grenzen festgelegt werden [vgl. SCHLICH 2005].

Im Jahre 1988 unterscheidet EUROSTAT bereits zwischen Primärenergieeinheiten¹³, dem Endenergie¹⁴- und dem Nutzenergieumsatz¹⁵.

Um eine Bilanz in Primärenergieeinheiten aufzustellen, „werden sämtliche Positionen aufgrund der zur Versorgung notwendigen Primärenergiemengen verbucht und in einer gemeinsamen Energieeinheit so ausgedrückt - im allgemeinen auf der Grundlage eines fossilen Brennstoffs -, als würde der gesamte Bedarf durch einen Energieträger gedeckt, der als gemeinsame Ausdrucks- und Bezugsbasis dient [EUROSTAT 1988:7].“

Eine Endenergiebilanz hingegen, weist „die tatsächlich vorhandenen und dem Verbraucher zur Verfügung gestellten Energiemengen unter Berücksichtigung der im Laufe der Umwandlungsvorgänge eintretenden Verluste aus [EUROSTAT 1988:5].“ Hier werden also die Verluste, welche während der letzten Energieumwandlung beim Endverbraucher auftreten, nicht registriert.

Diese Lücke wird durch die Nutzenergiebilanz geschlossen. Diese „verbucht die aus den Geräten des Endverbrauchers gewonnene Energie sowie insbesondere auch die bei dieser letzten Umwandlung auftretenden Verluste [EUROSTAT 1988:6].“

Bei der vorliegenden Arbeit, handelt es sich um eine Erhebung der Endenergieumsätze. Diese wird im Folgenden vorgestellt. Themen der nächsten Kapitel sind der Fragebogen, mit dessen Hilfe die Daten erhoben werden sowie die Ergebnisse der Untersuchung.

¹³ Primärenergieträger sind noch keiner technischen Umwandlung unterworfen, z.B. Steinkohle [vgl. SCHLICH 2005].

¹⁴ Endenergie steht am Ort und zur Zeit des Umsatzes zur Nutzung bereit, z.B. Elektroenergie [vgl. SCHLICH 2005].

¹⁵ Nutzenergie ist das Ziel der Umwandlung von Endenergie am Ort und während des Umsatzes, z.B. Licht [vgl. SCHLICH 2005].

3 Material und Methoden

Die Erhebung der Daten auf den Obsthöfen erfolgt mit einem dreiseitigen, standardisierten Fragebogen mit 34 Fragen. Die Fragen werden größtenteils aus einem von der Professur für Prozesstechnik der Justus-Liebig-Universität zur Verfügung gestellten Fragebogen zum Endenergieumsatz der Apfelproduktion in Südafrika übernommen.

Der Fragebogen ist in die sechs Abschnitte Anbau, Ernte, Maschinen / Fahrzeuge, Lager / Abpackung, Distribution und Energieumsatz unterteilt. Mit Hilfe des Fragebogens werden Daten darüber erhoben, wie viele Tonnen Äpfel auf welcher Fläche produziert werden, und wie hoch der Endenergiebedarf der dabei verwendeten Maschinen und Fahrzeuge ist. Als Grenze des untersuchten Systems ist hierbei der landwirtschaftliche Betrieb zu sehen. Sobald die Äpfel nicht auf eigenem Gelände gelagert werden, beziehungsweise nicht mit betriebs-eigenem oder gemietetem Fahrzeug transportiert werden, wird der entstandene Endenergieumsatz für die Datenerhebung nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wird der Energiegehalt des Düngers und der Pflanzenschutzmittel, die auf den Plantagen zum Einsatz kommen.

Zur Anonymisierung werden die Fragebögen codiert und die Daten in eine EXCEL-Tabelle übertragen. Zur besseren Übersichtlichkeit werden aus diesen Daten verschiedene Abbildungen entwickelt, die im Kapitel 4.6 erläutert sind.

Teilnehmer an der Befragung werden mit Hilfe des Internets und persönlicher Kontakte gefunden. Drei Obstbauern werden persönlich besucht. In circa eineinhalbstündigen Gesprächen wird der Fragebogen von Obstbauern und der Verfasserin gemeinsam ausgefüllt. Den weiteren Teilnehmern wird, nach telefonischer Absprache, der Fragebogen per Post oder E-Mail zugesendet. Offene Fragen können telefonisch oder per E-Mail geklärt werden.

Insgesamt lag der Fragebogen vierzehn Obstbauern vor. Von acht zurückgesendeten Fragebögen können sieben für die Auswertung herangezogen werden.

4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse orientiert sich in ihrer Reihenfolge an dem Fragebogen. Da die Anzahl der erhobenen Daten keine quantitative Auswertung ermöglicht, werden die sieben Obsthöfe, in der Reihenfolge ihrer Befragung, einzeln betrachtet und anschließend ihre Daten in Tabellenform und in Abbildungen miteinander verglichen. Alle erhobenen Daten beziehen sich auf das Jahr 2005. Soweit nicht anders angegeben, bewirtschaften die Obstbauern ihre Plantagen nach den Richtlinien der Integrierten Produktion¹⁶.

Hof A produziert im Jahr 2005 auf einer Fläche von 25 ha eine Gesamtmenge von 420 t Äpfeln. Hiervon werden 42 t direkt vermarktet, der Rest über einen Großhändler¹⁷. Der Hof besitzt ein eigenes Lager mit einer Kapazität von 260 t. Auf Hof A gibt es fünf Schlepper, zwei Autos, sowie einen Elektrostapler. Das Lager hat einen Energiebedarf von 35 000 kWh. Insgesamt werden im Jahr 2005 37 000 kWh Elektroenergie, 500 l Benzin, 4 000 l Diesel und 2 100 l Heizöl verbraucht. Zusätzlich werden 30 bis 40 Festmeter Holz verwendet.

Hof B produziert auf 27 ha 616 t Äpfel. Hiervon werden 27 t direkt vermarktet und der Rest an einen Großhändler verkauft. Dieser Hof hat kein eigenes Lager. Bis zum Lager des Großmarktes werden die Äpfel von einer Spedition 58 km weit transportiert. Es gibt sechs Schlepper, einen Gas-Stapler und zwei Autos. Während der Ernte wird ein Schlepper für 60 Betriebsstunden angemietet. Der Elektroenergieverbrauch auf Hof B beträgt im Jahr 2005 3 260 kWh. Zusätzlich werden 187 kg Propan¹⁸ und 6 050 l Diesel verbraucht.

Hof C produziert auf 16 ha 446 t Äpfel. 10 t davon werden direkt vermarktet, der Rest über einen Großhändler. Auch dieser Hof hat kein eigenes Lager, jedoch beträgt die Entfernung zum Lager des Großhändlers nur 5 km. Auf diesem Hof gibt es fünf Schlepper, zwei Stapler und zwei Autos. Im Jahr 2005 werden 4 550 kWh Elektroenergie und 6 650 l Diesel verbraucht.

Hof D produziert auf 25 ha 510 t Äpfel. Diese werden alle an den Großmarkt verkauft. Auf Hof D gibt es ein eigenes Lager mit einer Kapazität von 320 t. Zum Hof D gehören vier Schlepper und ein Auto. Der Energiebedarf des Lagers beträgt 25 000 kWh. Darüber hinaus ist kein weiterer Elektroenergieumsatz angegeben. Die Fahrzeuge verbrauchten 3 200 l Diesel, ergänzt durch 800 l Rapsöl. Zusätzlich ist Scheitholz als Energiequelle angegeben.

Hof E produziert auf 25 ha 850 t Äpfel. 650 t werden an einen Großmarkt verkauft und 200 t

¹⁶ Siehe Gliederungspunkt 2.2

¹⁷ Siehe Gliederungspunkt 2.1.2

¹⁸ Dies entspricht 17 Flaschen à 18 kg.

werden zu Saft verarbeitet. Dieser Hof hat ein eigenes Lager mit einer Kapazität von 450 t. Es gibt vier Schlepper, sowie drei Erntezüge. Der Energiebedarf des Lagers beträgt 36 000 kWh. Insgesamt werden 40 000 kWh Elektroenergie umgesetzt und 5 000 l Diesel.

Hof F produziert auf 8 ha 255 t Äpfel. Hiervon werden 5 t direkt vermarktet und 250 t über einen Großmarkt verkauft. Dieser Hof hat zwei eigene Lager mit einer Kapazität von jeweils 100 t. Es gibt hier zwei Schlepper, einen Stapler, einen Radlader, sowie einen Pick Up. Zusätzlich wird während der Ernte ein Erntezug für ca. 20 Arbeitsstunden angemietet. Für das Lager ist ein Energieumsatz von 26 000 kWh angegeben. Insgesamt ergibt sich ein Umsatz von 29 120 kWh Elektroenergie, sowie 5 200 l Diesel.

Hof G produziert im ökologischen Anbau auf 14 ha 160 t Äpfel. 2 % davon werden direkt vermarktet, 98 % per Großhändler. Der Hof verfügt über eigene Lager. Ein Kühllager fasst 50 t und das CA-Lager 300 t. Auf diesem Hof gibt es zwei Schlepper. Der Energiebedarf für die Lager wird auf 20 000 kWh geschätzt. Insgesamt werden 43 400 kWh Elektroenergie und 2 400 l Diesel umgesetzt.

4.1 Anbau

Auf den befragten Höfen werden vierzehn verschiedene Apfelsorten angebaut. Die Sorten Elstar und Gala sind auf jedem Hof, auf unterschiedlich großen Flächen, vorhanden. Es fällt auf, dass die Angaben für t/ha für die gleiche Sorte auf unterschiedlichen Höfen sehr weit differieren. So zeigt sich für die Sorte Elstar ein Spektrum von 11 t/ha bis 51 t/ha. Dieses ist auf die unter Gliederungspunkt 2.1.1 aufgeführten unterschiedlichen Anbaubedingungen auch innerhalb eines Anbaugebietes und auf das Alter der Anpflanzungen zurückzuführen.

Die Anbaufläche für eine einzelne Sorte ist auf keinem Hof größer als 10 ha.

Der größte Teil der Äpfel wird auf allen Höfen als Qualitätsklasse I verkauft¹⁹. Drei Höfe (A, C und D) verkaufen circa ein Drittel ihrer Äpfel unter der Qualitätsklasse extra. Jeweils der kleinste Teil wird unter den Qualitätsklassen II und III verkauft. Hiervon ist ein Großteil Mostobst. Daraus stellen alle sieben Höfe selber Saft her und fünf in einer geringeren Menge auch Schnaps.

Auf kleinen Flächen werden auf allen sieben Höfen weitere Obstsorten angepflanzt. Hof A hat neben Birnen, Zwetschken und Kirschen eine Baumschule. Hof B hat Birn- und Sauerkirschenbäume, sowie einen Weingarten. Auf Hof C werden zusätzlich Erdbeeren und Mais angebaut. Auf Hof D werden Zwetschgen und BioMostobst produziert und Hof E verkauft

¹⁹ Vergleiche Gliederungspunkt 2.1.3

BioMostobst und Erdbeeren. Hof F hat neben einer Weidefläche für Pferde und einem Waldstück einen Weinhang für Speisetrauben. Hof G produziert Süßkirschen und Birnen.

4.2 Ernte

Die Haupterntezeit am Bodensee ist in den Monaten September und Oktober. Abgesehen von Ernteschleppern und Staplern, die Großkisten in den Plantagen transportieren, werden zur Ernte keine technischen Geräte eingesetzt. Die Ernte erfolgt ausschließlich per Hand.

4.3 Maschinen / Fahrzeuge

Wie bereits oben angeführt, sind auf jedem Hof mehrere Schlepper vorhanden. Diese legen den Großteil ihrer Fahrleistung beim Spritzen der Bäume zurück. Wie in Punkt 2.2 dargestellt, erfolgt das Spritzen mehrmals pro Monat. Die Häufigkeit ist hierbei unabhängig von der Behangdichte. Wenn also wegen schlechter Witterungsbedingungen, oder der natürlichen Alternanz des Ertrages, weniger Äpfel an den Bäumen hängen, ist der Treibstoffverbrauch pro Tonne Apfel deutlich erhöht. Von einigen Landwirten werden diese Fahrten als derjenige Arbeitsschritt bezeichnet, für den der größte Anteil an Energie benötigt wird.

4.4 Lager / Abpackung

Der Transport der geernteten Äpfel von der Plantage zum Lager auf dem Hof beziehungsweise beim Großhändler beträgt mit der Ausnahme auf Hof B höchstens 25 km und wird von den Obstbauern meist mit eigenen Fahrzeugen durchgeführt. Auf Hof F werden die Äpfel von einer Spedition oder in einem gemieteten Lkw zum Großmarkt gefahren. Auch jene Höfe, die ein eigenes Lager besitzen, lagern einen Teil ihrer Ernte sofort beim Großmarkt ein, da die eigene Lagerkapazität nie die gesamte Erntemenge umfasst.

Die durchschnittliche Lagerzeit beträgt fünf Monate. Die ersten Äpfel verlassen einige Wochen nach der Ernte bereits wieder das Lager. Die Lagerdauer im CA-Lager kann aber auch bis zu acht Monate, also bis Mai, betragen. Alle hofeigenen Lager sind CA-Lager. Hof H hat zusätzlich ein Kühllager. In den Großmärkten werden die Äpfel zum Großteil unter kontrollierter Atmosphäre gelagert, nach der Sortierung aber auch im Kühllager.

4.5 Distribution

Die Sortierung der Äpfel in Qualitätsklassen, sowie die Verpackung in Groß- und Kleinkisten geschieht in überwiegendermaßen in den Großmärkten.

Fünf der Höfe vermarkten einen kleinen Anteil ihrer Ernte direkt. Hierbei können deutlich höhere Preise erzielt werden, als bei der Vermarktung über den Großhändler.

4.6 Energieumsatz

Die folgende Tabelle 3 bietet einen Überblick über den Umsatz an Elektroenergie, Diesel, Benzin, Heizöl und Gas auf den einzelnen Höfen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird der Umsatz aller Endenergieträger in kWh umgerechnet. Im unteren Teil der Tabelle ist der Umsatz in kWh auf die Menge der geernteten Äpfel bzw. die Größe der Apfelplantage bezogen.

Tab. 3: Endenergieumsätze nach Energieart und Hof

		A	B	C	D	E	F	G
Elektro	kWh	37 000	3 260	4 550	25 000	40 000	29 120	43 400
Diesel ²⁰	l	4 000	6 050	6 650	4 000	5 000	5 200	2 400
	kWh	39 200	59 290	65 170	39 200	49 000	50 960	23 520
Benzin ²¹	l	500	-	-	-	-	-	-
	kWh	4 750	-	-	-	-	-	-
Heizöl ²²	l	2 100	-	-	-	-	-	-
	kWh	21 210	-	-	-	-	-	-
Gas ²³	kg	-	187	-	-	-	-	-
	kWh	-	2 394	-	-	-	-	-
Summe	kWh	102 160	64 944	69 720	64 200	89 000	80 080	66 920
Ernte	t	420	616	446	510	850	255	160
kWh pro t		243,2	105,4	156,3	125,9	104,7	314,0	418,3
Fläche	ha	25	27	16	25	25	8	14
kWh pro ha		4 086	2 405	4 358	2 568	3 560	10 010	4 780

Deutlich wird hierbei, dass auf sechs der sieben Höfe Diesel als Endenergieträger die größte Rolle spielt. Höfe mit eigenem Lager setzen circa zehnmal mehr Endenergie in Form von Elektroenergie um.

²⁰ 1 l Diesel = 9,8 kWh [WWW.GIBGAS.DE]

²¹ 1 l Superbenzin = 9,5 kWh [WWW.GIBGAS.DE]

²² 1 l Heizöl = 10,1 kWh [WWW.OEL-DIRECT.DE]

²³ 1 kg Gas = 12,8 kWh [PRÜBMEIER 2006]

Der Einsatz an Endenergie pro Tonne Äpfel schwankt zwischen 104,7 und 314,0 kWh. Beim Endenergieeinsatz pro Hektar Apfelplantage sind deutlich größere Unterschiede festzustellen. Hier bewegen sich die Werte zwischen 2 405 und 10 010 kWh.

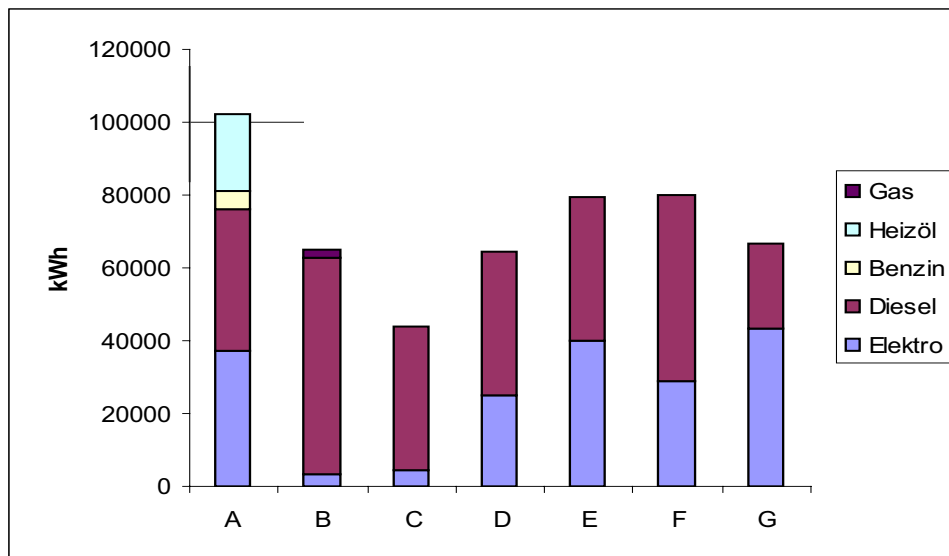


Abb. 3: Umsatz verschiedener Energieträger in kWh nach Höfen

Abbildung 3 führt deutlich vor Augen, dass Endenergie in Form von Diesel den größten Anteil des Energieumsatzes ausmacht. Der besonders niedrige Anteil an Elektroenergie auf den Höfen B und C ist darauf zurückzuführen, dass dort kein Lager vorhanden ist. Die Höfe sind nach der Reihenfolge ihrer Befragung sortiert.

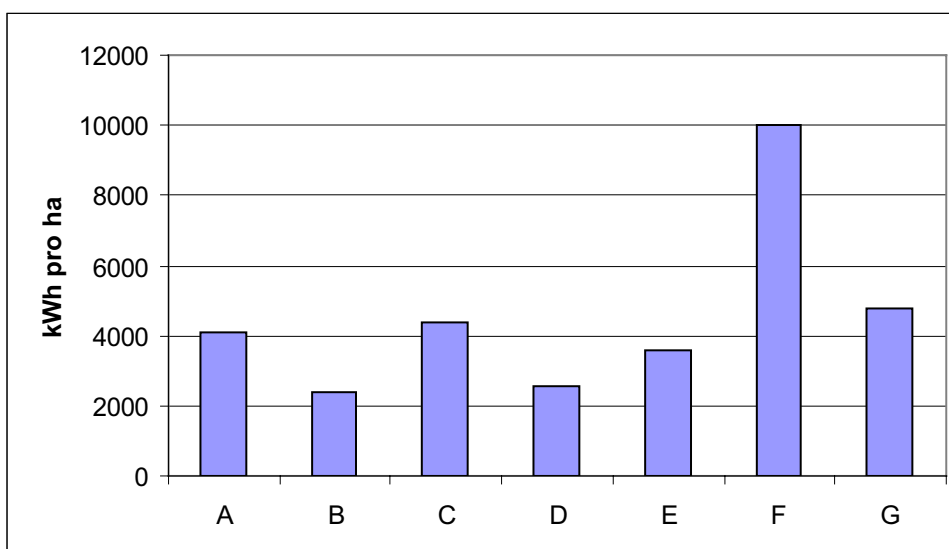


Abb. 4: Endenergieumsätze in kWh pro ha nach Höfen

Abbildung 4 stellt dar, wie viel Endenergie in kWh pro Hektar auf den Höfen umgesetzt wird.

Dieses Verhältnis ist bei Hof F ungünstiger als bei den anderen Höfen.

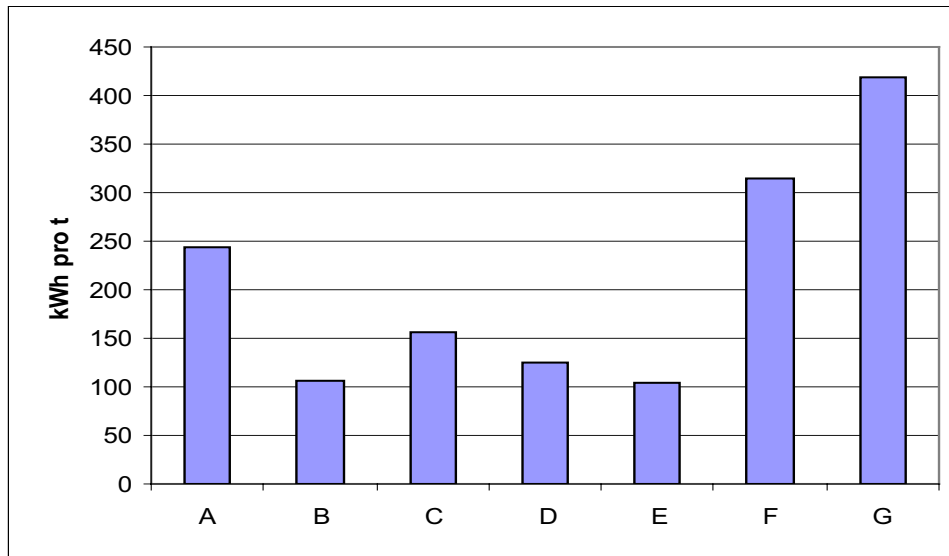


Abb. 5: Endenergieumsätze in kWh pro t nach Höfen

In Abbildung 5 ist zu erkennen, wie viel Endenergie die Höfe pro Tonne produzierte Äpfel umsetzen. Das Verhältnis ist bei den Höfen B und E recht günstig, bei den Höfen F und G im Vergleich zu den anderen Höfen ungünstiger.

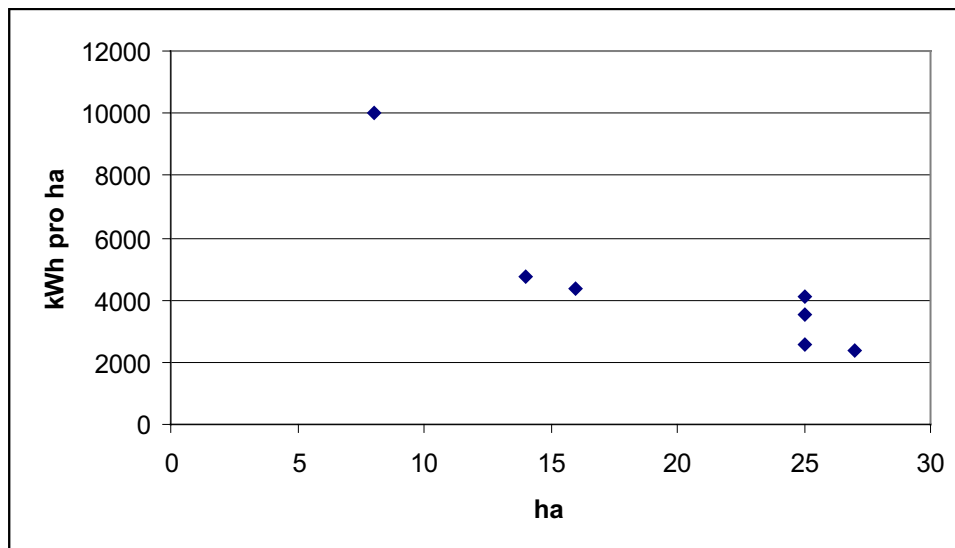


Abb. 6: Endenergieumsätze in kWh pro ha bezogen auf ha

Abbildung 6 sortiert die Höfe nach ihrer Größe. Es ist zu erkennen, dass bei den hier erhobenen Daten der Endenergieumsatz in kWh pro Hektar mit der Betriebsgröße negativ korreliert. Je größer der Hof, desto weniger Endenergie wird pro Hektar umgesetzt.

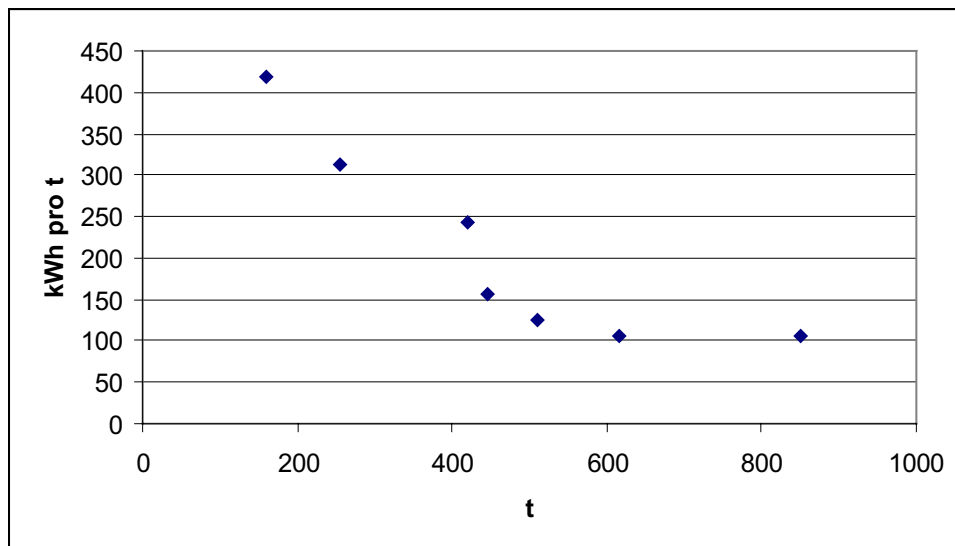


Abb. 7: Endenergieumsätze in kWh pro t bezogen auf t

Noch deutlicher ist diese negative Korrelation in Abbildung 7 zu erkennen. Hier sind die Höfe sortiert nach der Menge produzierter Äpfel. Die Höhe des Endenergieumsatzes pro Tonne Äpfel sinkt mit steigender Menge produzierter Äpfel.

5 Diskussion

In der Einleitung wird bereits darauf hingewiesen, dass seitens der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen schon verschiedene Studien vorliegen, die Endenergieumsätze bei der Produktion von Lebensmitteln²⁴ untersuchen.

Die dort erhobenen Daten weisen ebenfalls eine negative Korrelation für den Zusammenhang zwischen spezifischem Endenergieumsatz und der Anzahl der produzierten Güter auf. Begründet wird dieser Zusammenhang mit der Regel der „Ecology of Scale“.

Es handelt sich bei den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Höfen nur um eine geringe Anzahl in einem begrenzten Gebiet. Dies wirft für nachfolgende Untersuchungen weitere Fragen auf. Wie sieht der innerdeutsche und internationale Vergleich aus? Wie viel Energie benötigt der Transport aus dem Ausland nach Deutschland?

Diese und mehr Fragen müssen beantwortet werden, bevor es möglich ist, die erhobenen Daten einzuordnen, um einen Beitrag zur Diskussion über regionale und globale Produktion von Lebensmitteln liefern zu können.

In dem begrenzten Rahmen, den diese Arbeit abdeckt, ist es jedoch offensichtlich, dass die beschriebenen Tendenzen zutreffen.

Auch die Kritik [vgl. BLANKE 2005] an den Methoden der von Prof. Schlich und seinen Mitarbeitern durchgeführten Studien trifft für die vorliegende Arbeit zu.

Weder CO₂-Emissionen noch sonstige schädliche Umwelteinwirkungen werden in der Beurteilung berücksichtigt. Die Bedeutung der Landwirtschaft als Arbeitgeber und Erhalter der Kulturlandschaft sowie qualitative Eigenschaften der Früchte werden nur indirekt im ersten Teil der Arbeit angesprochen, aber nicht in die Berechnungen miteinbezogen.

Da es sich um eine Untersuchung des Endenergieumsatzes handelt, wird außerdem nicht aufgenommen, aus welchen Primärquellen die elektrische Energie stammt. Die Umsatzzahlen an Endenergie können also nicht unmittelbar hinsichtlich ihres Umsatzes an Primärenergieträgern und den damit verbundenen Umweltauswirkungen beurteilt werden.

Diese Lücken könnten gefüllt werden, indem eine Ökobilanz erstellt wird. Darin besteht nicht die Absicht dieser Arbeit, die sich auf den Endenergieumsatz beschränkt. MILÀ I CANALS et al. [2005] bezeichnet allerdings diese Kenngröße als den bedeutendsten Teil einer Ökobilanz für Äpfel.

²⁴ Fruchtsaft und Lammfleisch [FLEISSNER 2001]

In dieser Diskussion soll außerdem darauf hingewiesen werden, dass es unter den Befragten nur einen Hof (Hof G) gibt, der ökologisch bewirtschaftet wird. Dieser Hof schneidet in den Werten zum Endenergieumsatz in kWh pro Hektar beziehungsweise pro Tonne schlechter als andere Höfe ab. Allerdings hat dieser Hof als einziger angegeben, dass ein Teil der umgesetzten Elektroenergie aus regenerativen Energiequellen (Sonne und Biomasse) stammt. Dies macht deutlich, dass neben dem für diese Arbeit ausgewerteten Endenergieumsatz auch andere Einflussfaktoren, wie z.B. die CO₂-Emissionen des verwendeten Strommixes in eine Bewertung der Erzeugung von Lebensmitteln mit einbezogen werden müssen.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, Daten zu den Endenergieumsätzen der Apfelerzeugung am Bodensee zu erheben und auszuwerten. Bei Endenergieumsätzen handelt es sich um jene Energiemengen, die dem Verbraucher nach der Umwandlung der Primärenergieträger zur Verfügung stehen, also von ihm käuflich erworben werden können. Die erhobenen Daten sollen einen Beitrag leisten zur Forschung über den Endenergieumsatz regionaler und überregionaler Produkte, die an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen betrieben wird.

Die Erhebung der Daten erfolgt mit Hilfe eines dreiseitigen, standardisierten Fragebogens, der 34 Fragen umfasst. Die Fragen werden von sieben Obstbauern aus der Region Bodensee vollständig beantwortet. Der Fragebogen enthält die sechs Abschnitte Anbau, Ernte, Maschinen / Fahrzeuge, Lager / Abpackung, Distribution und Energieumsatz. Die erhobenen Daten umfassen die Menge produzierter Äpfel, die Fläche der Apfelplantage, sowie den Endenergiebedarf der auf dem Hof eingesetzten Maschinen und Fahrzeuge.

Die Zahl der erhobenen Daten erlaubt keine quantitative Auswertung. Deswegen werden die Ergebnisse der Höfe zunächst einzeln betrachtet und dann, zur besseren Übersichtlichkeit, die Daten zum Endenergieumsatz graphisch dargestellt. Hier ist zunächst der gesamte Endenergieumsatz in kWh pro Hof aufgezeigt. Es wird deutlich, dass der Großteil der Endenergie in Form von Diesel und Elektroenergie zum Einsatz kommt. Im nächsten Schritt ist der Endenergieumsatz in kWh pro Hektar und in kWh pro Tonne angegeben. Diese Abbildungen verdeutlichen, dass es große Unterschiede in der Energieeffizienz pro Hektar beziehungsweise pro Tonne auf den sieben Höfen gibt. Schließlich werden in zwei weiteren Abbildungen die Höfe der Größe (in Hektar beziehungsweise Tonnen) nach geordnet und jeweils die Größe auf kWh pro Hektar beziehungsweise kWh pro Tonne bezogen. Aus diesen Abbildungen lässt sich eine negative Korrelation zwischen der Größe des Hofes und dem Endenergieumsatz pro Hektar beziehungsweise pro Tonne erkennen. Dieses Ergebnis ist konform mit den Ergebnissen der bereits an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben durchgeführten Studien zu anderen Lebensmitteln.

Nachfolgend weitere wichtige Ergebnisse:

Ein Großteil der Apfelplantagen am Bodensee wird nach den Richtlinien der Integrierten Produktion bewirtschaftet. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die für die Äpfel erzielten Preise. Höhere Preise als beim Großhandel erhalten die Obstbauern im Direktverkauf.

Auf den befragten Höfen werden vierzehn verschiedenen Apfelsorten angebaut, von denen nur Elstar und Gala in jedem Fall angegeben sind. Der Großteil dieser Äpfel fällt in die Qualitätskategorie II. Aus den Daten direkt nicht ersichtlich, aber dargestellt im zweiten Teil der Arbeit (Grundlagen), ist die Tatsache, dass die Erträge von Jahr zu Jahr stark schwanken. Eine unterschiedlich große Erntemenge hat jedoch nur geringen Einfluss auf den Endenergieumsatz, so dass eine Erhebung des Endenergieumsatzes pro Tonne Äpfel in verschiedenen Jahren sehr unterschiedliche Ergebnisse erzielt.

Die Haupterntezeit am Bodensee ist in den Monaten September und Oktober. Zur Ernte sind keine technischen Geräte vorhanden, gepflückt wird per Hand. Fahrzeuge transportieren die Großkisten innerhalb der Plantage und zum Lager. Die wichtigsten Fahrzeuge sind die Schlepper, von denen auf allen Höfen mehrere vorhanden sind, daneben Stapler.

Fünf Höfe haben eigene CA-Lager in denen die Äpfel bis zu acht Monate lang gelagert werden. Außerdem verfügen die Großhändler, die sich in der Obst vom Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH zusammengeschlossen haben, über große Kühl- und CA-Lager. Die Sortierung und Abpackung des Obstes wird ebenfalls zum Großteil beim Großhändler durchgeführt. Die dort umgesetzte Endenergie erhebt diese Befragung nicht.

Literaturverzeichnis

- [ARMAN 2003] Arman B: Die Ökobilanz zur Abschätzung von Umweltwirkungen in der Pflanzenproduktion – dargestellt anhand von Praxisversuchen zur konservierenden Bodenbearbeitung und von unterschiedlich intensiv wirtschaftenden konventionellen Betrieben. Doktorarbeit an dem Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim: 2003.
- [BLANKE 2005] Blanke M, Burdick B: Food (miles) for Thought: Energy Balance for Locally-grown versus Imported Apple Fruit. *Environmental Science and Pollution Research* 12 (3) (2005): 125–127.
- [BÖGE 1992] Böge S: Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen. Die produktbezogene Transportkettenanalyse. Abruf 10.05.2006. <http://www.stefanie-boege.de/texte/joghurt/pdf>.
- [EUROSTAT 1988] Eurostat: Energiebilanzen, Prinzipien und Methoden. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaft: 1988.
- [FLEISSNER 2002] Fleissner U: Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel. Aachen: Shaker Verlag: 2002.
- [FRIEDRICH 1993] Friedrich G: Handbuch des Obstbaus. Radebeul: Neumann Verlag: 1993.
- [ISO 14040 1997] DIN EN ISO 14040 1997: Umweltmanagement – Ökobilanz.
- [KOB-BAVENDORF 2005] Homepage des Kompetenzzentrums Obstbau-Bodensee vom 03.05.2006. <http://www.kob-bavendorf.de>.
- [KTBL 1998] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Arbeitsblatt: Kälteanlagen im Gartenbau. Braunschweig: Thalacker Verlag: 1998.
- [LINK 2002] Link H (Hrsg.): Lucas' Anleitung zum Obstbau. 32. Auflage. Stuttgart: Ulmer: 2002.
- [MILÀ I CANALS 2005] Milà i Canals L, Burnip G, Cowell S: Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. *Agriculture Ecosystems & Environment* 114 (2006): 226-238.
- [OBST-VOM-BODENSEE, M 2005] Homepage der Obst-vom-Bodensee Marketinggesellschaft mbH i.G. vom 03.05.2006. <http://www.obst-vom-bodensee.de/marketing>.
- [OBST-VOM-BODENSEE, V 2005] Homepage der Obst-vom-Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH vom 03.05.2006. <http://www.obst-vom-bodensee/vertrieb>.
- [PRÜBMEIER 2006] Prübmeier: Persönliche Mitteilung vom 04.05.2006. Air Liquide.
- [RAIS 1989] Rais K: Vergleichende Untersuchung konventioneller und alternativer Apfelproduktion in der Region Bodensee. Doktorarbeit an dem Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim. Darmstadt: Dissertations Druck: 1989.
- [SCHLICH 2005] Schlich E: Folien zur Vorlesung Verfahrenstechnik I. Justus-Liebig-Universität Gießen, Version 2.2/2005.
- [STATISTISCHES LANDESAMT 2005] Homepage Statistisches Landesamt Baden-Württemberg vom 04.05.2006. Statistische Berichte Baden-Württemberg: Obsternte in Baden-Württemberg 2005. <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de>.
- [STATISTISCHES BUNDESAMT 2005] Homepage des Statistischen Bundesamtes vom 04.05.2006. <http://www.destatis.de>.
- [UBA 1995] Umweltbundesamt: Methodik der produktbezogenen Ökobilanz – Wirkungsbilanz und Bewertung. UBA-Texte 23/95.
- [UBA 2000] Umweltbundesamt: Hintergrundpapier: Handreichung Bewertung in Ökobilanzen. 2000.
- [WWW.GIBGAS.DE] Homepage der Firma gibgas vom 04.05.2006. http://www.gibgas.de/german/laender/ergasfahrzeug-thueringen/pdf/Berechnungenkg_1.pdf.
- [WWW.OEL-DIRECT.DE] Homepage der Firma oel-direct.de GmbH vom 04.05.2006. http://www.oel-direct.de/_content/oelmarkt/hintergrund_oel/eigenschaften.html.

Justus-Liebig-Universität Gießen

Fachbereich 09

Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement

Professur für Prozesstechnik

in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben

Masterarbeit

Energiebilanzierung im Apfelanbau

unter Einbeziehung regionaler Aspekte in Rheinland-Pfalz

gestellt von: Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich

betreut von: Dr. Susanne Schröder

angefertigt von: Susanne Abe (cand. MSc)

Gießen, den 6. August 2007

Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung des Endenergieumsatzes apfelproduzierender Betriebe in Rheinland-Pfalz. An der Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich der Justus-Liebig-Universität Gießen liegen bereits Arbeiten vor, die den Endenergieumsatz von Lebensmitteln untersuchen. Diese Arbeit liefert eine weitere Grundlage für Vergleiche des Endenergieumsatzes, als ein Indikator für die Umweltverträglichkeit. Als ein weiterer Indikator der Umweltverträglichkeit der Betriebe in Rheinland-Pfalz, wird aus den vorliegenden Daten die CO₂-Emission jedes Betriebes berechnet und miteinander verglichen. Dazu werden fünf Betriebe aus Rheinland-Pfalz postalisch oder persönlich mittels eines standardisierten Fragebogens zu Energieumsatz, Anbau, Ernte, Maschinen/ Fahrzeuge, Lager/ Abpackung, Distribution und Vermarktung befragt. Aus den Angaben werden die Endenergieumsätze der jeweiligen Betriebe berechnet und miteinander verglichen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch Diagramme, die den Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut und pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche darstellen. Die Berechnung der CO₂-Emission erfolgt aus den Daten zum Energieumsatz und wird in Kilogramm pro Tonne Erntegut angegeben. Die Ergebnisse werden ebenfalls als Diagramm veranschaulicht.

Den größten Anteil am Energieumsatz jedes Betriebes stellen Diesel und Elektroenergie dar. Zwischen der Betriebsgröße (Erntemenge und Größe der landwirtschaftlichen Fläche) und dem Endenergieumsatz ergibt sich eine degressive Abhängigkeit: Mit steigender Betriebsgröße sinkt der Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut und pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche. Bei der Betrachtung der CO₂-Emission jedes Betriebes ergibt sich hinsichtlich der Umweltverträglichkeit eine andere Rangfolge der Betriebe als beim Endenergieumsatz. Abhängig von der Menge und der Art des eingesetzten Energieträgers, sind die Höfe, die neben oder anstatt Endenergieträger (Elektroenergie, Diesel und Benzin) Primärenergieträger (Holz und Erdgas) einsetzen, CO₂-effizienter.

Die an der Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich der Justus-Liebig-Universität Gießen bereits vorliegenden Daten mit dem Ergebnis des Ecology of Scale können durch diese Arbeit gestützt werden. Um eine signifikante Aussage zur Gesamt-Umweltverträglichkeit eines Betriebes treffen zu können, sollten jedoch zusätzliche Faktoren untersucht werden.

Abstract

The aim of this paper is to analyse the energy turnover of apple production in Rhineland-Palatinate. The Department of Process Engineering of Food and Service Business at the Justus-Liebig-University, Gießen undertakes research in this field. This paper provides additional basic information for the research of environmental compatibility of food-producing farms by energy turnover. Data from five farms in Rhineland-Palatinate are collected via mail or personally with a questionnaire about energy consumption, cultivation, harvest, machines/ vehicles, warehousing/ packaging, distribution and marketing. The unit of measurement for the energy turnover is kilowatt hour per ton harvest yield and per hectare acreage. Another factor to research the environmental compatibility is the examination of the CO₂-emission of the farms, quoted at kilogram CO₂ per ton harvest yield. The data from both variables (energy turnover and CO₂-emission) are checked, compared and illustrated by various graphs.

Diesel and electric energy account for the biggest proportion of the energy turnover. The results also show that there is a declining dependence between the farm-size (harvest yields and acreage) and the energy turnover: As the farm-size increases, the energy turnover per ton and per hectare decreases. Concerning the CO₂-emission there is a change in ranking of the environmental compatibility of the farms: Farms which use primary energy sources (natural gas, wood) deliver lower CO₂-emissions than those burning secondary energy sources (electric energy, diesel, petrol).

The outcome of this paper, substantiating the declining dependence between the farm-size (harvest yields and acreage) and the energy turnover, backs up the results of the Department of Process Engineering of Food and Service Business of the Justus-Liebig-University, Gießen. This coherence is called Ecology of Scale.

However, to provide a significant evidence of the whole environmental compatibility of a food-producing farm it is important to undertake research on other additional factors that influence this compatibility.

I Inhaltsverzeichnis

II	Abbildungsverzeichnis	80
III	Tabellenverzeichnis	81
IV	Liste verwendeter Symbole und Abkürzungen	81
V	Formelverzeichnis	82
	Einleitung	83
	Kapitel I	85
1	Wirtschaftliche Bedeutung des Apfelanbaus	85
2	Obstanbauerhebungen in Deutschland und Rheinland-Pfalz	85
3	Klima und Geographie in Rheinland-Pfalz	86
4	Regionale Vermarktung der Äpfel aus Rheinland-Pfalz: Das Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität - Rheinland-Pfalz“	89
	Kapitel II	95
1	Ökobilanzen	95
1.1	Energie und Energiebilanzen	96
1.2	CO ₂ -Emission	100
2	Erhebung des Endenergieumsatzes und der CO ₂ -Emission landwirtschaftlicher Betriebe in Rheinland-Pfalz	101
2.1	Material und Methode	101
2.2	Berechnung der Endenergieumsätze	102
2.3	Berechnung der CO ₂ -Emission	105
2.4	Ergebnisse	107
2.4.1	Ergebnisse nach Endenergieumsätzen aus Rheinland-Pfalz	111
2.4.2	Vergleich der Ergebnisse aus Rheinland-Pfalz und der Bodenseeregion	116
2.4.3	Ergebnisse nach CO ₂ -Emission aus Rheinland-Pfalz	118
2.5	Diskussion	119
3	Kritik an der Arbeit	123
4	Ausblick und Forschungsfragen	125
5	Zusammenfassung	125
	Literaturverzeichnis	129

II Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abb. 1	Qualitäts- und Herkunftszeichen "Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz"	92
Abb. 2	Schema der deutschen Energiebilanz	98
Abb. 3	Endenergieumsatz nach Energieträgern	112
Abb. 4	Endenergieumsatz in kWh/ t Erntegut nach Höfen	113
Abb. 5	Endenergieumsatz in kWh/ ha Anbaufläche nach Höfen	113
Abb. 6	Endenergieumsatz in kWh/ t in Bezug auf die gesamte Erntemenge	114
Abb. 7	Endenergieumsatz in kWh/ ha in Bezug auf die gesamte Anbaufläche	115
Abb. 8	Anteil der Energieträger am Endenergieumsatz in kWh/ t nach Erntemenge	116
Abb. 9	Vergleich des Endenergieumsatzes in kWh/ t zwischen Bodensee und Rheinland-Pfalz	117
Abb. 10	Vergleich des Endenergieumsatzes in kWh/ ha zwischen Bodensee und Rheinland-Pfalz	117
Abb. 11	CO ₂ -Emissionsmenge in kg/ t Erntegut nach Energieträger und Erntemenge	118

III Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tab. 1	Umrechnungsfaktoren verschiedener verwendeter Einheiten	100
Tab. 2	Vorgehensweise des Interviews	102
Tab. 3	Dichte und spezifischer Heizwert der Energieträger	104
Tab. 4	Spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger	105
Tab. 5	Endenergieumsatz in kWh aus der Summe aller verwendeter Energieträger nach Höfen	111
Tab. 6	Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut und pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche	111
Tab. 7	Berechnung der CO ₂ -Emissionsmengen pro Tonne Erntegut nach Höfen	118

IV Liste verwendeter Symbole und Abkürzungen

A	Flächengröße (ha)
AGIO e.V.	Arbeitsgemeinschaft Integrierter Obstbau Rheinland-Pfalz e.V.
BSE	Bovine Spongiforme Enzephalopathie
CA	Controlled atmosphere
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DLR	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
EEU	Endenergieumsatz
Ef _x	spezifischer CO ₂ -Emissionsfaktor von Elektroenergie, Erdgas, Diesel und Benzin
EN	Europäische Norm
EUREPGAP	Euro Retailer Produce Working Group of good agriculture practice
f	Umrechnungsfaktor 3600 ⁻¹ kWh/ kJ
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen
HK	Handelsklasse
H _{u,x}	spezifischer Heizwert von Diesel, Benzin, Holz (kJ/ kg)
H ₂	Wasserstoff
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LKW	Lastkraftwagen
m	Erntemenge (t)
m _{ges}	Summe der CO ₂ -Emissionsmenge aller Energieträger (kg/ t)
MP3	MPEG Audio Layer 3
MWVLW	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz
m _x	CO ₂ -Emissionsmenge von Elektroenergie, Erdgas, Diesel und Benzin (kg)
N ₂ O	Stickstoffdioxid (Lachgas)
O ₃	Ozon
PKW	Personenkraftwagen

QS	Qualitätssicherung
RD	Regierungsdirektor
RÖE	Rohöleinheit
SKE	Steinkohleeinheit
T_x	Treibstoffumsatz von Diesel, Benzin (m^3)
U_{Holz}	Umsatz von Holz (m^3)
USA	United Nations of America (Vereinte Nationen Amerikas)
VOG	Vereinigte Obst- und Gemüsemärkte
W-Auflage	Wasserschutzgebietauflage
W_{ges}	Summe des Endenergieumsatzes aller Energieträger (kWh/ t, kWh/ ha)
W_x	Endenergieumsatz von Elektroenergie, Erdgas, Diesel, Benzin und Holz (kWh)
ρ_x	Dichte von Diesel, Benzin und Holz (kg/ m^3)

V Formelverzeichnis

- (1) $1 l = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$
- (2) $1 \text{ fm} = 1 \text{ m}^3$
- (3) $W_{\text{Diesel}} = T_{\text{Diesel}} * \rho_{\text{Diesel}} * H_{u \text{ Diesel}} * f$
- (4) $W_{\text{Benzin}} = T_{\text{Benzin}} * \rho_{\text{Benzin}} * H_{u \text{ Benzin}} * f$
- (5) $W_{\text{Holz}} = U_{\text{Holz}} * \rho_{\text{Holz}} * H_{u \text{ Holz}} * f$
- (6) $W_{\text{ges}} = W_{\text{Elektroenergie}} + W_{\text{Erdgas}} + W_{\text{Diesel}} + W_{\text{Benzin}} + W_{\text{Holz}} / m$
- (7) $W_{\text{ges}} = W_{\text{Elektroenergie}} + W_{\text{Erdgas}} + W_{\text{Diesel}} + W_{\text{Benzin}} + W_{\text{Holz}} / A$
- (8) $m_{\text{Elektroenergie}} = E f_{\text{Elektroenergie}} * W_{\text{Elektroenergie}}$
- (9) $m_{\text{Erdgas}} = E f_{\text{Erdgas}} * W_{\text{Erdgas}}$
- (10) $m_{\text{Diesel}} = E f_{\text{Diesel}} * T_{\text{Diesel}}$
- (11) $m_{\text{Benzin}} = E f_{\text{Benzin}} * T_{\text{Benzin}}$
- (12) $m_{\text{ges}} = m_{\text{Elektroenergie}} + m_{\text{Erdgas}} + m_{\text{Diesel}} + m_{\text{Benzin}} / m_{\text{Erntegut}}$

Einleitung

Die Europäische Union will im Rahmen eines globalen Klimaschutzabkommens ihre Emissionen bis zum Jahr 2020 um zwanzig Prozent gegenüber dem Jahr 1990 senken. Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch soll von derzeit 6,5 Prozent¹ auf zwanzig Prozent erhöht werden [BMU 2007a:37]. Der Biokraftstoffanteil soll von derzeit 1,4 Prozent¹ auf zehn Prozent des Kraftstoffverbrauchs steigen [BMU 2007b, FNR 2006:90]. Die Vorhaben um den Klimawandel und die daraus entstehenden Folgen aufzuhalten oder einzudämmen, sind zahlreich.

Jedoch sind nicht allein die Staats- und Regierungschefs dafür verantwortlich, sondern jeder einzelne Verbraucher kann durch sein Verhalten an der Reduktion der Emissionen- und damit an der Förderung des Umweltschutzes- mitwirken. Hierbei handelt es sich um solche Verhaltensweisen, wie der Verzicht auf das Auto für kurze Strecken, der Einsatz von Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen) oder das Beheizen von lediglich den Räumen, in denen man sich für längere Zeit aufhält. Aber auch die Wahl der Lebensmittel spielt hierbei eine nicht unbedeutende Rolle: Müssen im Juni die aus Spanien importierten Erdbeeren für 1,49 Euro im Supermarkt gekauft werden, wenn vor dem Supermarkt der heimische Landwirt seine Erdbeeren für 2,00 Euro verkauft, diese aber nicht hunderte See- und Landmeilen transportiert wurden?

Die aktuelle Klimadiskussion und der Appell an jeden einzelnen Verbraucher sind Anlass um sich mit dem Energieverbrauch und dem CO₂-Ausstoß regionaler landwirtschaftlicher Betriebe zu beschäftigen. Zusätzlich soll diese Arbeit die bereits vorliegenden Daten und Auswertungen zum Endenergieumsatz lebensmittelproduzierender Betriebe unterstützen und ergänzen². In der vorliegenden Arbeit werden fünf apfelproduzierende Betriebe in Rheinland-Pfalz hinsichtlich ihres Endenergieumsatzes und der CO₂-Emission untersucht und miteinander verglichen.

Die Arbeit gliedert sich in zwei Kapitel. Das erste Kapitel gibt einen Überblick über die wirtschaftliche Bedeutung des Apfelanbaus, die Obstanbauerhebungen in Deutschland und Rheinland-Pfalz und stellt das Klima und die Geographie des Bundeslandes vor. Einer der

¹ Die Angaben beziehen sich auf die EU-25-Staaten und das Jahr 2005.

² Zahlreiche Untersuchungen werden zum Beispiel von der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen gemacht. Vergleiche hierzu FLEISSNER 2002, KRAUSE 2005, BERGENTHUM 2006, SCHRÖDER 2007.

derzeitigen Trends ist die Orientierung der Verbraucher auf regionale Lebensmittel. Aus diesem Grund werden in Kapitel I Inhalt und Anliegen des Qualitäts- und Herkunftszeichens „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ dargestellt.

Kapitel II untergliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil und stellt die zentrale Aufgabe der vorliegenden Arbeit dar. Zunächst wird auf die Ökobilanz und, als Teil der Ökobilanz, auf die Energiebilanz und die CO₂-Emission eingegangen. Der praktische Teil basiert auf der Erhebung des Endenergieumsatzes und der CO₂-Bilanz fünf befragter Höfe in Rheinland-Pfalz. Die Darstellung der Ergebnisse und der Vergleich untereinander sowie mit Höfen aus der Bodenseeregion erfolgt durch Diagramme. Im Anschluss werden diese Ergebnisse diskutiert. Eine kritische Auseinandersetzung, ein Ausblick und Forschungsfragen sowie eine Zusammenfassung der Arbeit bilden den Abschluss.

Kapitel I

Das erste Kapitel stellt einen theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit dar. Neben dem Apfelanbau, seiner wirtschaftlichen Bedeutung und seiner Struktur in Deutschland und im Bundesland Rheinland-Pfalz, wird besonders auf die regionale Vermarktung der Äpfel aus diesem Land unter dem Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ eingegangen.

1 Wirtschaftliche Bedeutung des Apfelanbaus

Der Apfel gehört zur Familie der Rosengewächse und zur Unterfamilie der Kernobstgewächse (*Pomoideae*).

Nach Trauben (Tafel- und Weintrauben), Obstbananen und Orangen steht der Apfel an vierter Stelle der bedeutendsten Obstsorten hinsichtlich der weltweiten Obstproduktion [ZMP 2006:264]. Dabei sind die Apfelsorten Red Delicious, Golden Delicious, Fuji, Gala, Idared und Jonagold die weltweit bedeutsamsten Sorten [OBSTBAU 2007]. Die weltweite Produktion beläuft sich im Jahr 2005 auf 59,4 Millionen Tonnen Äpfel. Dabei sind China (20,4 Mio. t), USA (4,4 Mio. t) und die Türkei (2,5 Mio. t) die drei größten Apfelproduzenten weltweit [ZMP 2006:265]. In Deutschland werden im Jahr 2005 1,6 Millionen Tonnen Äpfel produziert und davon 852.600 Tonnen Äpfel geerntet [ZMP 2006:265, STATISTISCHES JAHRBUCH 2006:106]. Diese geerntete Menge kann zu 32,1 Prozent den Apfelkonsum von insgesamt 2,6 Millionen Tonnen in Deutschland decken [STATISTISCHES JAHRBUCH 2006:219 f]. Die drei größten Apfelimporteure nach Deutschland sind im Jahr 2004 Italien (276.187 t), Neuseeland (84.226 t) und die Niederlande (80.153 t) [ZMP 2006:100].

2 Obstanbauerhebungen in Deutschland und Rheinland-Pfalz

Seit 1972 wird alle fünf Jahre der Anbau von Baumobst in Deutschland erfasst (Obstanbauerhebungen). Im ersten Halbjahr des Jahres 2002 wird die letzte Erhebung durchgeführt. 2002 sind alle Betriebe, die Baumobst für den Markt auf Flächen von mindestens 30 Ar (= 0,3 Hektar) anbauen, zur Auskunft verpflichtet. Erhebungsmerkmale sind Obstarten und -sorten, Anbausysteme, Pflanz- und Umveredlungszeitpunkte und der Verwendungszweck des Obstes nach Fläche und Anzahl der Bäume [STLA RLP 2003]. Diese Obstanbauerhebungen werden in Deutschland für Äpfel, Birnen, Sauer- und Süßkirschen, Pflaumen und Zwetschgen, Mirabellen und Renekloden, Pfirsiche, Aprikosen und Walnüsse durchgeführt [STLA RLP 2003].

In Deutschland werden im Jahr 2005 auf knapp 31.153 Hektar Äpfel angebaut [ZMP 2006:44]. In Baden-Württemberg (Bodenseeregion) werden dabei 32 Prozent und in Niedersachsen (Niederelbe) 21 Prozent der deutschen Äpfel angebaut. Rheinland-Pfalz steht mit rund sechs Prozent hinter Sachsen (acht Prozent) und gemeinsam mit Nordrhein-Westfalen (ebenfalls sechs Prozent) an fünfter Stelle [STLA RLP 2003].

Im Erhebungsjahr 1972 umfasst die Anbaufläche von Äpfeln in Rheinland-Pfalz 700 Hektar. Im Laufe der Jahre schwankt diese Zahl zwischen 1.500 und 2.000 Hektar und steht im Jahr 2005 bei rund 1.800 Hektar Anbaufläche [STLA RLP 2003]. Anders hingegen haben die Anzahl der Bäume kontinuierlich zugenommen. Seit 1972 hat sich die Anzahl der Bäume von 1,1 Millionen auf 3,2 Millionen vergrößert [STLA RLP 2003].

Strukturelle Veränderungen spiegeln sich auch in der sinkenden Anzahl der Obstanbaubetriebe wider. Während 1997 noch 1.800 Betriebe im Apfelanbau tätig sind, sind es im Jahr 2005 nur noch 1.100 Betriebe [STLA RLP 2006].

Bei den Baumobstarten Äpfel und Birnen werden auch die angebauten Sorten in den Obstanbauerhebungen erfasst. Hier ergeben sich im Laufe der Zeit Veränderungen in der Sortenverteilung. Die drei häufigsten Apfelsorten sind 1972 Golden Delicious (35 Prozent), Cox Orange (20 Prozent) und James Grieve (8 Prozent). Im Jahre 2002 hingegen sind die drei häufigsten Sorten Jonagold (16 Prozent), Elstar (15 Prozent) und Braeburn (9 Prozent). Golden Delicious und Cox Orange liegen bei 4,5 Prozent [STLA RLP 2003].

Im Laufe der Jahre hat sich die Sortenvielfalt vergrößert. Während 1972 die vier flächenmäßig wichtigsten Tafelapfelsorten 69 Prozent der Anbaufläche ausmachen, sinkt dieser Anteil im Jahr 2002 auf 47 Prozent. Der Verbraucher kann also auf ein größeres Sortenspektrum zurückgreifen, als noch vor 30 Jahren. Die allgemeine Tendenz zu einer größeren Auswahl trifft demnach auch die Apfelbauern, die ihr Angebot den Verbraucherwünschen anpassen müssen [STLA RLP 2003].

3 Klima und Geographie in Rheinland-Pfalz

Klima „ist der mittlere Ablauf der Witterung, nämlich Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung und Luftbewegung über einem bestimmten Gebiet“ [STRAUB 1998:23]. Obstpflanzen sind den Klimabedingungen stärker ausgesetzt, da sie mehrjährige Pflanzen sind. Somit spielt das Klima und die nicht oder nur zum Teil beeinflussbaren Standortfaktoren³ eine besonders wichtige Rolle.

Die idealen Durchschnittstemperaturen für den Apfelanbau sollten in den Monaten Mai bis September zwischen 15 und 30 °C liegen, wobei jede physiologische Funktion ein anderes Temperaturoptimum hat [STRAUB 1998]. Im Jahr 2005 liegen die Tagesmitteltemperaturen der Monate Mai bis September in Rheinland-Pfalz zwischen 14,8 und 20,3 °C [STATISTISCHES JAHRBUCH 2006:91].

Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Frost. Milde Temperaturen im Winter und das Ausbleiben des Spätfrostes sind entscheidend um den Ertrag zu sichern [STRAUB 1998]. Laut STATISTISCHEM JAHRBUCH RHEINLAND-PFALZ 2006 ist im Beobachtungszeitraum zwischen 1991 und 2005 kein Spätfrost in den Hauptvegetationsmonaten Mai bis September aufgetreten [STLA RLP 2006]. Allerdings können auch gezielt Maßnahmen ergriffen werden, um die Bäume und ihre Erträge (auch Knospen und Blüten) vor Frost und Frostschäden teilweise zu schützen. Weiterführende Literatur zu Frostschutzmaßnahmen bietet zum Beispiel auch STRAUB [STRAUB 1998].

Äpfel gehören zu den Obstsorten, die mit durchschnittlich 540 bis 780 mm Niederschlag pro Jahr einen höheren Wasseranspruch stellen. Je nach Temperatur variieren diese Ansprüche [VERLAGSUNION AGRAR 1978:362]. Das zur Verfügung stehende Wasser für die Bäume ist abhängig von der Bodenart, der Bodenpflege, der Verdunstung (über den Boden und über die Blätter), des oberirdischen Abflusses sowie der Luftfeuchtigkeit [KRAMER 1984]. Der im Jahr 2005 in Rheinland-Pfalz gemessene Niederschlag beträgt 477 mm [STATISTISCHES JAHRBUCH 2006:89]. Laut VERLAGSUNION AGRAR benötigen Apfelbäume bei der von Mai bis September in Rheinland-Pfalz vorherrschenden Tagesmitteltemperatur (14,8 bis 20,3 °C) mindestens 700 mm Niederschlag [VERLAGSUNION AGRAR 1978:362]. Bei den vorherrschenden Niederschlagsmengen von 477 mm in Rheinland-Pfalz, ist allein unter Berücksichtigung des Faktors

³ Nicht beeinflussbare Standortfaktoren sind zum Beispiel die Temperatur. Teilweise beeinflussbar sind die Wasserzufuhr (Niederschlag und Bewässerung) oder Sonneneinstrahlung (Schattenplatz, Sonnenplatz).

Temperatur festzustellen, dass der Niederschlag in diesem Bundesland nicht ausreicht, um den Wasserbedarf der Bäume zu decken. Wirkt allerdings das Wasserangebot als begrenzender Faktor, so können diese Differenzen durch künstliche Bewässerung ausgeglichen werden. Nach STRAUß können „auch wärmere Gebiete (Weinanbaugebiete) (...) durch Bewässerung zu besonders wertvollen Qualitätsanbaugebieten werden“ [STRAUß 1998:198].

Einen weiteren positiven Einfluss auf die Qualität und Quantität des Obstanbaus haben eine hohe Sonneneinstrahlung, saubere Luft (durch Luftverschmutzung werden Blätter und Früchte beschädigt), wenig Luftbewegung und humose, tiefgründige Böden [STRAUß 1998].

Bezogen auf den Apfelanbau sind in Rheinland-Pfalz diese Standortbedingungen vor allem im Landkreis Mainz-Bingen und in der Gemarkung der Stadt Mainz gegeben. Hier befindet sich fast ein Drittel der Apfelanlagen. Die restlichen Apfelanbaugebiete beziehen sich auf die Landkreise Bad Dürkheim (fünfzehn Prozent), Südliche Weinstraße (zehn Prozent), Ahrweiler (neun Prozent) und die Region um Koblenz (vier Prozent) [STLA RLP 2003].

4 Regionale Vermarktung der Äpfel aus Rheinland-Pfalz: Das Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität - Rheinland-Pfalz“

Im Zuge der Recherchen zu der vorliegenden Arbeit und in zahlreichen Gesprächen mit Landwirten aus Rheinland-Pfalz, zeigt sich ein zunehmendes Interesse, das regionale Gemeinschaftsmarketing des Landes und damit das Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ zu untersuchen.

Heute ergeben sich im Lebensmittelkonsum zwei sich parallel entwickelnde Richtungen: Zum Einen steigt das Verbraucherinteresse an kostengünstigen Lebensmitteln und an vorgefertigten, hochverarbeiteten Lebensmitteln, sogenannten Convenience-Produkten. Zum Anderen steigt aber auch das Interesse an regionalen, unverarbeiteten Produkten, für die die Verbraucher durchaus bereit sind etwas mehr zu bezahlen. Aspekte, die für überregional erzeugte Lebensmittel sprechen, sind die kostengünstigere Produktions- und Anbauweise. Einerseits wird dies bedingt durch günstigere klimatische Bedingungen und niedrigere Lohnkosten, andererseits aber auch durch die Wahl der Anbau- und Produktionstechnik. Hierzu zählen unter anderem der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) und die extensive Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. Etliche Untersuchungen der Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich der Justus-Liebig-Universität Gießen ergeben, dass überregional erzeugte Lebensmittel einen niedrigeren Endenergieumsatz haben, als regionale Lebensmittel und somit im Hinblick auf ihren energetischen Verbrauch günstiger oder vorteilhafter sind. Dieser Aspekt hängt mit der vorliegenden Betriebsgröße zusammen, die bei Betrieben aus Drittländern oft größer ist als bei regionalen Betrieben. Die Professur für Prozesstechnik entwickelt für diesen Zusammenhang den Begriff Ecology of Scale⁴ [SCHLICH 2005]. Auch durch die Globalisierung des Handels mit Agrarerzeugnissen sind Produkte aus Drittländern trotz zusätzlicher Transportkosten im Lebensmitteleinzelhandel günstiger als heimische Produkte. Und die derzeitige soziodemographische Entwicklung hat ebenfalls Einfluss auf die Nachfrage nach Convenience-Food: Die Haushaltsgrößen werden immer kleiner, bis hin zum Single-Haushalt, und der Wert für das Gut Freizeit ist stark gestiegen. Die Zubereitung von Mahlzeiten rückt in den Hintergrund und wird oft als Pflicht angesehen.

⁴ Der Begriff Ecology of Scale ist in der Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich kreiert worden und beschreibt die degressive Abhängigkeit zwischen dem spezifischen Endenergieumsatz und der Betriebsgröße. Dieser Begriff wird analog zu dem in der Ökonomie bestehenden Begriff Economy of Scale verwendet, der die degressive Abhängigkeit der Stückkosten von der Stückzahl beschreibt [SCHLICH 2005].

Andererseits rückt Kochen doch auch wieder weiter ins Blickfeld und wird nicht nur als Pflicht, sondern auch als Freude und Genuss betrachtet. Dies ist schon allein daran zu erkennen, dass in einigen Fernsehprogrammen die Anzahl von Kochsendungen auch für junge Leute deutlich ansteigt. Weiterhin entsteht auf Verbraucherseite immer mehr der Wunsch nach Transparenz in der Wertschöpfungskette bei der Herstellung und Verarbeitung der Lebensmittel. Dieser Wunsch lässt sich bei regional oder national erzeugten Lebensmitteln einfacher realisieren als bei überregional oder gar ‚global‘ erzeugten und gehandelten Lebensmitteln. Auch Lebensmittelskandale, wie die BSE-Krise⁵ im Jahr 2000 oder die Vogelgrippe 2006 und 2007, lassen den Wunsch nach Transparenz und Regionalität weiter steigen. Informationen zum Klimawandel und der Aufruf, dass jeder etwas dagegen tun könne, erhöhen den Wunsch der Verbraucher nach regionalen Lebensmitteln mit kürzeren Transportwegen und damit geringeren Umweltbelastungen durch den fehlenden Langstreckentransport.

Auf politischer Seite wird die Orientierung Richtung Regionalität über staatliche Förderung durch die jeweiligen Landesministerien (in Rheinland-Pfalz: Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, in Thüringen: Ministerium für Landwirtschaft Naturschutz und Umwelt) oder durch die Etablierung von Marketinggesellschaften (in Hessen: Marketinggesellschaft Gutes aus Hessen GmbH, in Brandenburg: Pro agro) unterstützt. „Die entsprechenden Einrichtungen führen auf überregionaler oder regionaler Ebene entweder produktbezogene oder produktneutrale Absatzförderung durch. Die Aufgaben umfassen von der Beratung über Marktforschung, Public Relations, Werbung, Verkaufsförderung bis zur Kennzeichnung von Produkten ein weites Spektrum verschiedener Maßnahmen“ [STRECKER 1996:390]. Vorteile der regionalen Produkte und deren Vermarktung sind höhere Betriebseinkommen durch eine höhere Wertschöpfung, kürzere Transportwege und der Erhalt der Kulturlandschaft [GOTHE 2003, WAGNER 2007].

Zunächst stellt sich die Frage, welche Kriterien ein Produkt erfüllen muss, um als regionales Produkt zu gelten. Hierzu sind in der Literatur verschiedene Definitionen zu finden. Auch FLEISSNER beschäftigt sich in ihrer Dissertation mit dieser Frage und legt fest, dass ein Lebensmittel dann als regionales Lebensmittel bezeichnet wird, „wenn im Rahmen eines komparativen Verfahrens dasjenige von zweien oder mehreren gewählt wird, das möglichst nah am Einkaufsort und unter Einsatz von Roh- und Hilfsstoffen, die möglichst nah am Produktionsort gewonnen werden, erzeugt wird“ [FLEISSNER 2002:15].

⁵ BSE (engl.): Abkürzung für Bovine Spongiforme Enzephalopathie, umgangssprachlich als ‚Rinderwahnsinn‘ bekannt.

Regionale Produkte rufen beim Verbraucher Verbundenheit mit der Heimat oder einer bestimmten Region hervor. Diese Lebensmittel werden von Bundesländern oder Regionen unter Angabe der Herkunft vermarktet. Beispielsweise wird in der Region des Biosphärenreservates Rhön unter dem Begriff „Qualität des Biosphärenreservates!“ oder, wie bereits erwähnt, im Bundesland Rheinland-Pfalz unter dem Qualitätszeichen „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ für regionale Produkte geworben [FILLER 2007]. Die Vorteile der Herkunftsangabe liegen darin, dass sie leicht verständlich und schnell erfassbar sind [FAUST 2005]. Somit kann diese Angabe auf der Produktverpackung als wirksames und kostengünstiges Marketinginstrument verwendet werden, da es sich hierbei „um eine bereits bestehende Verständigungsnorm (handelt), die nicht erst von den Anbietern mittels Werbemaßnahmen etabliert werden muss“ [FAUST 2005:12].

Für die Ermittlung der Endenergiebilanz bei der Apfelerzeugung in Rheinland-Pfalz werden fünf Landwirte gefunden, die bereit sind, Auskunft zu geben. Drei dieser Landwirte liefern ihr Obst- speziell ihre Äpfel- an die Vereinigten Obst- und Gemüsemärkte Rheinhessen e.G. (VOG Ingelheim). Diese Genossenschaft ist Zeichennutzer des Qualitäts- und Herkunftszeichens⁶ „Gesicherte Qualität - Rheinland-Pfalz“. Im Zuge dessen soll nun das Qualitätszeichen Rheinland-Pfalz als regionale Marke betrachtet werden. Ausführliche Informationen über dieses Zeichen sind auf der Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz (MWVLW) zu finden. Für weiterführende Informationen wird am 01. Juni 2007 ein Experteninterview mit Herrn RD Jörg Wagner vom Referat Weinmarkt, Weinmarketing, Agrarmarketing des Ministeriums geführt. Das Interview ist ein qualitatives, leitfadengestütztes Gespräch, wird mittels MP3-Player⁷ aufgezeichnet und umfasst 61 Minuten Laufzeit. Die Niederschrift des Interviews umfasst 21 Seiten und erfolgt ohne die Aufzeichnung von Füllwörtern und Wiederholungen eines einzelnen Wortes.

Die Bezeichnung „Gesicherte Qualität - Rheinland-Pfalz“ ist, wie alle in Deutschland eingeführten Qualitätszeichen, eine kombinierte geographische Herkunftsangabe. Die damit gekennzeichneten Produkte zeichnen sich durch eine bestimmte (gebietsunabhängige) Qualität aus und stammen aus dieser Region [BECKER 2002]. Auf EU-rechtlicher Seite ergeben sich im Laufe der Jahre zahlreiche Änderungen für die Nutzung solcher Qualitäts- und Herkunfts-

⁶ Im weiteren Textverlauf wird der Begriff Qualitätszeichen als Synonym für Qualitäts- und Herkunftszeichen verwendet.

⁷ Abkürzung für MPEG Audio Layer 3, ein Audiokompressionsverfahren, das 1995 am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltung IIS entwickelt wird [FRAUNHOFER 2005].

zeichen. Eine gute Darstellung liefert die Arbeit von FAUST 2005. Zusammenfassend gilt, dass solche Zeichen nur verwendet werden dürfen, wenn der Qualitätsaspekt im Vordergrund und der Herkunftsaspekt an zweiter Stelle genannt wird. Die Qualitätsansprüche, die das Tragen des Zeichens erlauben, müssen deutlich über den gesetzlichen Mindestanforderungen des jeweiligen Landes liegen [FAUST 2005]. Um die bürokratischen Hürden zu senken, dürfen bereits bestehende und von der Europäischen Kommission genehmigte Qualitätszeichen eines anderen Landes oder Bundeslandes übernommen werden, vorausgesetzt die Anforderungen dieser bereits bestehenden Zeichen können erfüllt werden. So hat das Bundesland Rheinland-Pfalz das im Jahr 2003 genehmigte Zeichen „Gesicherte Qualität mit Herkunftsangabe“ von Baden-Württemberg übernommen. Der Inhalt und die Anforderungen an die teilnehmenden Betriebe sind in beiden Bundesländern identisch. Lediglich in der Plausibilität ergeben sich Unterschiede, da die Agrarverwaltungen in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz verschieden sind [WAGNER 2007].



Abb. 1: Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ [MWVLW 2007]

Das Qualitätszeichen Rheinland-Pfalz (siehe nebenstehende Abbildung) ist kreisrund und rot auf weißem Grund. Es trägt in der oberen Hälfte des Kreises den Begriff „Gesicherte“, im Querbalken den Begriff „Qualität“ und in der unteren Hälfte den Begriff „Rheinland-Pfalz“. Im oberen Teil über dem Querbalken steht „Qualitätszeichen des Landes Rheinland-Pfalz“ und im unteren Teil als Austauscherkklärung für Kernobst „aus integriertem Anbau“ oder „aus integriertem und kontrolliertem Anbau“. Zusätzlich befindet sich im unteren Teil das Wappen des Landes Rheinland-Pfalz [MWVLW 2007a]. Das Qualitätszeichen besteht in

Rheinland-Pfalz seit 10. Oktober 2006. Mitte April 2007 sind die ersten Produkte mit diesem Zeichen, Lageräpfel der VOG Ingelheim, im Markt. Der Auslöser für die Entwicklung eines solchen Qualitätszeichens in Rheinland-Pfalz ist der Wunsch verschiedener Wirtschaftspartner bei der EDEKA-Südwest in die Handelsmarke „Unsere Heimat- echt und gut“ einzusteigen. Nicht nur auf Verbraucherseite entwickeln sich hinsichtlich der Lebensmittelwahl zwei gegensätzliche Richtungen, sondern auch auf der Anbieterseite. Während Discounter weiterhin durch Preisführerschaft am Markt teilnehmen, gibt es andere Anbieter im Lebensmittel-einzelhandel, die sich der Regionalität oder/ und dem Bio-Segment zuwenden. Hierzu zählen unter anderem REWE, TEGUT... und EDEKA [DETTMER 2006]. Die Handelsmarke der EDEKA-Südwest setzt auf Regionalität aus den Bundesländern Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Nur Produkte aus diesen Bundesländern, die ein Qualitätszei-

chen tragen, dürfen unter der Handelsmarke verkauft werden. Das Qualitätszeichen ist anlässlich der Einführung der Handelsmarke von EDEKA entwickelt worden, kann jedoch jederzeit auch für andere Lebensmitteleinzelhandelsketten eingesetzt werden, wenn Bedarf auf dieser Seite besteht [WAGNER 2007].

Das Qualitätszeichen Rheinland-Pfalz umfasst die landwirtschaftlichen Produkte Obst und Gemüse, Kartoffeln und Zwiebeln, Eier, Honig, Fruchtsaft, Getreide, Schweinefleisch und Fleischerzeugnisse [WAGNER 2007, MWVLW 2007b]. Zeichenträger der „Gesicherten Qualität - Rheinland-Pfalz“ ist das Land bzw. das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz. Das Land bzw. eine von ihm beauftragte Stelle überwacht die Einhaltung der Verträge, die mit den Lizenznehmern abgeschlossen werden (Kontrolle der Kontrolle) [MWVLW 2007c]. Die Lizenznehmer können das Qualitätszeichen selber nutzen oder an ihre Zeichennutzer weitergeben. Lizenznehmer im Bereich Obst und Gemüse sind die Marktvereinigung Rhein-Main-Pfalz und Thüringen für Obst und Gemüse e. V. (Neu-Isenburg) sowie der Bauern- und Winzerverband Rheinland-Pfalz Süd e. V. (Mainz). Zeichennutzer sind einzelne Landwirte oder Genossenschaften. Die beiden größten Zeichennutzer im Bereich Kernobst (Äpfel und Birnen) sind die VOG Ingelheim und der Pfalzmarkt für Obst und Gemüse e.G. in Mutterstadt [WAGNER 2007]. Die Lizenznehmer überprüfen die Einhaltung der Vertragspunkte auf Seiten der Zeichennutzer. Zur Kontrolle wird dazu eine nach DIN EN ISO 45011 akkreditierte Prüfstelle beauftragt (Neutrale Kontrolle), die das vom Landwirt geführte Betriebsheft (Eigenkontrolle) kontrolliert [MWVLW 2007c].

Jeder Produktbereich, der das Qualitätszeichen „Gesicherte Qualität - Rheinland-Pfalz“ trägt, muss bestimmte Basis-Qualitätskriterien und Basis-Herkunftsbestimmungen erfüllen. Diese Anforderungen sind bei Äpfeln im Pflichtenheft Kernobst detailliert aufgelistet. Bevor ein Betrieb das Qualitätslogo tragen darf, muss der Betriebsleiter an einer Einführungsschulung teilnehmen und der Betrieb muss als integriert wirtschaftender Betrieb anerkannt sein [MWVLW 2007d]. Hinsichtlich der Herkunftsbestimmung beim Kernobst müssen die Früchte zu einhundert Prozent aus Rheinland-Pfalz stammen. Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Qualitätsbestimmungen bei der Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung des Kernobstes, müssen zusätzliche, darüber hinausgehende Anforderungen erfüllt werden. Die Früchte müssen nach den Richtlinien der Integrierten Produktion erzeugt werden. Diese Anbauart wird auch im Qualitätslogo genannt. Jedoch wird zur besseren Verständlichkeit für Verbraucher der Begriff „aus kontrolliertem Anbau“ als Synonym für „integrierter Anbau“ oder beide Begriffe in Kombination „aus integriertem und kontrolliertem Anbau“ verwendet [WAGNER 2007, MWVLW 2007d]. Weitere Basis-Qualitätsbestimmungen sind das Verbot

gentechnisch veränderter Organismen (GVO), das Verbot des Einsatzes von Klärschlamm und Müllkompost fünf Jahre vor Neupflanzung sowie das Verbot von Stickstoffgaben über 40 kg pro Hektar bei der Düngung. Beim Pflanzenschutz dürfen nur Mittel verwendet werden, die keine W-Auflage⁸ haben, nützlingschonend und in der gültigen Pflanzenschutzmittelliste für die Integrierte Produktion Obstbau aufgeführt sind. Statt Bodenherbizide sollten nur Kontaktherbizide eingesetzt werden und sechs Wochen vor der Ernte ist das Ausbringen jeglicher Herbizide untersagt. Der Erntetermin muss nach dem Streif-Index⁹ ermittelt werden. Werden die Äpfel als Frischobst vermarktet, müssen sie der Handelsklasse (HK) E (Extra oder Premium) oder I entsprechen. Handelsklasse II darf nur vermarktet werden, wenn die Früchte lediglich von den in HK I geforderten Kriterien in Form und Größe abweichen. Neben der Einführungsschulung muss der Betriebsleiter mindestens einmal pro Jahr an Informations- und Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen [MWVLW 2007d].

Da das Qualitätszeichen Rheinland-Pfalz keine Staatsmarke ist, sondern lediglich vom Staat als Zeichenträger zur Verfügung gestellt wird, liegt die Kommunikation bzw. die Werbung für diese Produkte in den Händen der Lizenznehmer und Zeichennutzer. Das Ministerium gibt lediglich in Pressegesprächen und anderen Veranstaltungen Hinweise auf die Existenz dieses Zeichens [WAGNER 2007]. Auf den Homepages der Lizenznehmer kann allerdings auch kein Hinweis gefunden werden, dass diese Vereinigungen unter dem Qualitätszeichen vermarkten. Aus diesem Grund wird von der Autorin der Kontakt zu den Lizenznehmern aufgenommen. Ein Lizenznehmer teilt mit, dass die neue Homepage bereits in Arbeit sei, und dort das Qualitätszeichen auch Anwendung finden werde [PETERSEN 2007]. Ein weiterer Lizenznehmer weist darauf hin, dass die Kommunikation des Qualitätszeichens in den Händen der Zeichennutzer liege [SCHATT 2007]. Im Großen und Ganzen wird allerdings die Bekanntmachung und Verbreitung des Zeichens der Einkaufsgenossenschaft EDEKA überlassen. Trotz der geringen Werbung steigt der Umsatz der Produkte der EDEKA-Handelsmarke „Unsere Heimat – echt und gut“ gleich zu Beginn der Einführung um fünf bis acht Prozent [WAGNER 2007]. Das beweist einerseits, dass die Nachfrage nach solchen Produkten vorhanden ist, andererseits bestätigt es die Aussage von FAUST, dass die „Herkunftsbezeichnung (...) eine bereits bestehende Verständigungsnorm (ist), die nicht erst von den Anbietern mittels Werbemaßnahmen etabliert werden muss“ [FAUST 2005:12].

⁸ Wasserschutzgebietauflage für bestimmte Pflanzenschutzmittel.

⁹ Ein von Dr. J. Streif entwickelter Reifetest für Äpfel. Gemessen wird die Druckfestigkeit der Äpfel im Verhältnis zum Zuckergehalt und Stärkeabbau.

Kapitel II

Das zweite Kapitel untergliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Der theoretische Teil behandelt die Ökobilanz, die Energiebilanz und die CO₂-Emission als Teil der Stoffbilanz. Besonders wird hierin auf die Erstellung der deutschen Energiebilanz eingegangen. Der praktische Teil beginnt mit Darstellungen zur Berechnung der Endenergiebilanz und der CO₂-Emission. Anschließend werden die Ergebnisse der Befragungen von fünf apfel-erzeugenden Betrieben in Rheinland-Pfalz dargestellt und hinsichtlich ihrer Endenergieumsätze und CO₂-Emissionsmengen bewertet. Eine kritische Auseinandersetzung mit der Arbeit, ein Ausblick und Forschungsfragen sowie die Zusammenfassung bilden den Abschluss der vorliegenden Masterarbeit.

1 Ökobilanzen

„In Ökobilanzen (im englischen Sprachraum als Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnet) werden Umweltfolgen eines Produktes von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Entsorgung (...) erfasst“ [JUNGBLUTH 2000:17]. Eine Ökobilanz ist nach UMWELTBUNDESAMT „ein Umweltprotokoll eines Produktes, eines Herstellungs- oder anderen Verfahrensprozesses, einer Dienstleistung oder eines Produktionsstandortes“ [UBA 2000:1]. Meist werden Ökobilanzen erstellt, um Produkte, Verfahren oder Bereiche mit demselben Zweck oder derselben Funktion zu vergleichen (vergleichende Ökobilanz) [UBA 2000].

JUNGBLUTH hat in seiner Dissertation kurz den typischen Lebensweg eines Nahrungsmittels beschrieben: „Agrarprodukte werden unter Einsatz von Dünger, Saatgut und Pestiziden in der Landwirtschaft hergestellt. Nach dem Transport zu lebensmittelverarbeitenden Betrieben werden diese Produkte wieder veredelt, für den Verkauf vorbereitet und verpackt. Über den Gross- und Detailhandel werden die Produkte dann an die Endkonsumenten weitergegeben. Im Haushalt werden sie zubereitet und gegessen. Verbleibende Reststoffe und Abwässer gelangen zur Entsorgung. Transporte finden zwischen fast allen Produktionsschritten statt“ [JUNGBLUTH 2000:20].

Ökobilanzen haben mehrere Funktionen: Sie können zur Entwicklung von umweltverträglicheren Produkten oder Prozessen dienen, sie können politische Entscheidungen beeinflussen (zum Beispiel die Einführung der Mehrwegquote bei Getränkeverpackungen) und sie dienen als Marketingzweck, denn Unternehmen können so mit der Umweltverträglichkeit ihrer Produkte und Prozesse werben [UBA 2000].

Die Handhabung der Ökobilanz ist durch die Norm DIN EN ISO 14040 ff international festgelegt und standardisiert. In DIN EN ISO 14040 werden die Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanz beschrieben. DIN EN ISO 14044 enthält die Anforderungen an die Durchführung von Ökobilanz-Studien und Sachbilanz-Studien. Zusätzlich wird in ISO 14044 eine Anleitung zur Erstellung von Ökobilanzen sowie eine Übersicht der für die einzelnen vier Phasen der Ökobilanz spezifischen Methoden gegeben [DIN EN ISO 14040].

Der Aufbau einer Ökobilanz erfolgt in vier Phasen: Zunächst wird das Ziel und der Untersuchungsrahmen festgelegt. Dabei werden die Produkte, Verfahren oder Bereiche und die Bedingungen, unter denen diese verglichen werden sollen, aufgeführt. Anschließend wird die Sachbilanz erstellt. Hierin werden verschiedene Arten der Umweltbelastung, die während der Herstellung eines Produktes oder während eines Verfahrens oder innerhalb eines Bereiches entstehen, erfasst. Die dritte Phase ist die Wirkungsabschätzung, in der die Datenfülle aus der Sachbilanz verschiedenen „Umweltkategorien (Treibhauseffekt, Eutrophierung, Versauerung usw.) zugeordnet und hinsichtlich ihrer Umweltwirkung quantifiziert (werden)“ [UBA 2000:3]. Die letzte Phase ist die Auswertung. Um diese Auswertung und Ergebnisdarstellung neutral und transparent zu gestalten, hat „das Umweltbundesamt (...) hierzu eine spezielle Methode entwickelt, die insbesondere den einzelnen Wirkungskategorien aufgrund definierter Vorgaben unterschiedliche ökologische Prioritäten zuordnet (ranking) und eine verbale Zusammenführung der Ergebnisse zu einer Endbeurteilung zulässt“ [UBA 2000:3]. Aus dieser letzten Phase lassen sich anschließend Empfehlungen für das Unternehmen und andere Beteiligte ableiten.

Die Ökobilanz setzt sich aus einer Stoff- und Energiebilanz zusammen. Die Darstellung der Energiebilanz und der CO₂-Emission als Teil der Stoffbilanz werden im Folgenden vorgestellt.

1.1 Energie und Energiebilanzen

Nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz) kann Energie nicht erzeugt oder verbraucht werden. Energie kann lediglich umgewandelt werden. Jedoch wird in dieser Arbeit der Begriff Energieverbrauch verwendet, wohl wissentlich, dass Energie laut Energieerhaltungssatz nicht verbraucht werden kann.

„Beim sogenannten Energieverbrauch ändert sich das Nutzbarkeitsniveau der Energie in nicht oder weniger nutzbare Energie“ [ETTERLIN 1992:28]. Energie wird in Primär-, End- und

Nutzenergie unterschieden¹⁰. Dabei ist die Primärenergie die Energie, die noch nicht in eine andere Form umgewandelt ist. Hierzu zählen unter anderem Wasser- und Windkraft, Rohöl, Holz, Braun- und Steinkohle. Die Sekundär- oder Endenergie ist aufbereitete Primärenergie, wie zum Beispiel Otto- und Dieselmotortreibstoff, Gas und Elektrizität¹¹. Die Nutzenergie ist die Energie, die den Verbrauchern zur Deckung des Energiebedarfs zur Verfügung steht (mechanische Arbeit, Wärme, Licht) [ETTERLIN 1992].

Die Energieträger¹² werden jedoch meist nicht in der Form verbraucht, wie sie erzeugt werden, sondern erfahren eine Umwandlung. Mit jeder Umwandlung nimmt das Nutzbarkeitsniveau ab; bei der Umwandlung der Primärenergieträger in Strom als Endenergie gehen etwa vierzig Prozent der Energie verloren [SCHLICH 2007]. Auch bei der Umwandlung von End- in Nutzenergie nimmt das Nutzbarkeitsniveau noch einmal ab. Beim Verbrauch von Energie entstehen demzufolge energetische Emissionen, die die Umwelt belasten.

In Deutschland werden Energiebilanzen für Industriegüter in Form einer Matrix dargestellt. Hierin wird „das Aufkommen, die Umwandlung und die Verwendung von Energieträgern in einer Volkswirtschaft oder einem Wirtschaftsgebiet für einen bestimmten Zeitraum (...) nachgewiesen“ [AGEB 2007:3]. Die Matrix besteht aus einer horizontalen und einer vertikalen Gliederung. In den Spalten (horizontal) werden alle Energieträger aufgelistet. Hierzu zählen Fossile Brennstoffe (Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Benzin, Diesel, Heizöl etc.), erneuerbare Energien (Solarenergie, Wasser- und Windkraft, Energie aus Biomasse etc.), Strom, Kernbrennstoffe und Fernwärme. In den Zeilen (vertikal) wird anschließend das Aufkommen, die Umwandlung und Verwendung der Energieträger dargestellt. Dabei gibt es drei Hauptteile in der Energiebilanz: Die Primärenergiebilanz, die Umwandlungsbilanz und der Endenergieverbrauch [AGEB 2007].

¹⁰ Synonym für Endenergie wird auch der Begriff Sekundärenergie verwendet.

¹¹ Im folgenden Textverlauf werden für Ottomotortreibstoff der Begriff Benzin und für Dieselmotortreibstoff der Begriff Diesel verwendet.

¹² Als Energieträger werden alle Quellen oder Stoffe bezeichnet, in denen Energie mechanisch, thermisch, chemisch oder physikalisch gespeichert ist [AGEB 2007:3].

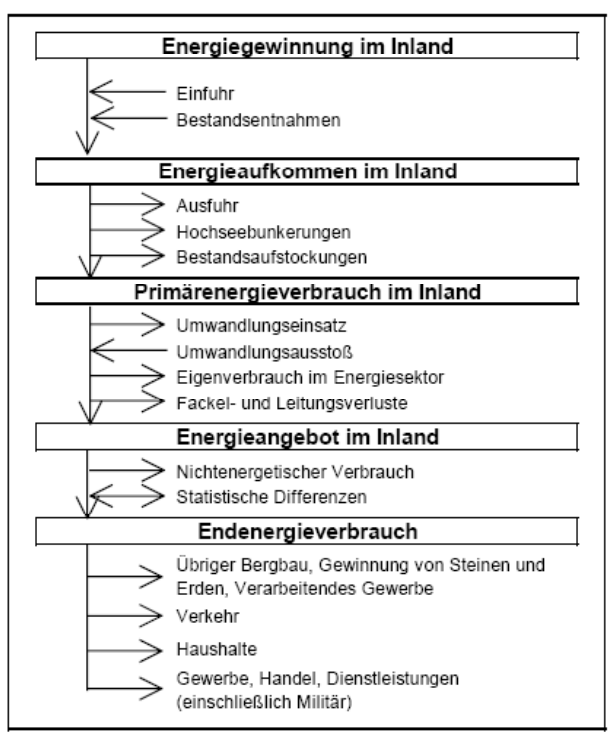


Abb. 2: Schema der deutschen Energiebilanz [AGEB 2007:4]

Aus der Primärenergiebilanz ergibt sich der Primärenergieverbrauch im Inland. Er lässt sich von der Entstehungsseite als „Summe aus der Gewinnung im Inland, den Bestandsänderungen sowie dem Außenhandelssaldo abzüglich der Hochseebunkerung¹³“ errechnen [AGEB 2007:4]. Von der Verwendungsseite her ergibt sich der Primärenergieverbrauch als „Summe aus dem Endenergieverbrauch, dem nichtenergetischen Verbrauch¹⁴ sowie dem Saldo in der Umwandlungsbilanz“ [AGEB 2007:4]. Im Jahr 2005 decken Mineralöl mit 35,7 Prozent (5.164 PJ) und Naturgase (Erdölgas, Erdgas und Grubengas) mit 22,8 Prozent (3.300 PJ) den Hauptteil des Primärenergieverbrauchs in Deutschland [BMWl 2007:Tab. 4].

Der zweite Hauptteil der deutschen Energiebilanz ist die Umwandlungsbilanz. Sie ergibt sich aus der chemischen und/ oder physikalischen Umwandlung der Energieträger und wird jeweils nach dem Bruttoprinzip¹⁵ als Einsatz oder Ausstoß dargestellt. Der Eigenverbrauch von Energie im Energiesektor sowie die Fackel- und Leistungsverluste¹⁶ gehen ebenfalls in die Umwandlungsbilanz mit ein. Aus dem Primärenergieverbrauch im Inland und dem Saldo der

¹³ „Lieferungen von Heizölen, Dieselkraftstoff und Schmierstoffen an die nationale und internationale Seeschifffahrt in deutschen Häfen“ [AGEB 2007:4].

¹⁴ Energieträger werden nicht nur als Energielieferant, sondern auch als Lieferant stofflicher Eigenschaften eingesetzt [AGEB 2007].

¹⁵ Energieträger die einer erneuten Umwandlung unterliegen, werden auch erneut in Einsatz und Ausstoß erfasst.

¹⁶ Absinken des Nutzbarkeitsniveaus durch Energieverluste bei der Umwandlung der Energieträger [AGEB 2007].

Umwandlungsbilanz ergibt sich das Energieangebot im Inland. Dieses Angebot dient u.a. der Deckung des nichtenergetischen Verbrauchs. Einzelne Energieträger dienen nicht nur als energieliefernde Rohstoffe, sondern auch als Lieferant stofflicher Eigenschaften (Stein- und Braunkohle, Rohbenzin, Erdgas zur Gewinnung von Teeröl, Kohlenwertstoffe und Bitumen). Im Jahr 2005 beträgt dieser nichtenergetische Verbrauch 7,7 Prozent des Primärenergieverbrauchs [BMWi 2007: Tab. 5]¹⁷.

Der energetisch nutzbare Teil aus Primärenergieverbrauch und Umwandlungsbilanz ergibt den dritten Hauptteil der deutschen Energiebilanz: den Endenergieverbrauch. Er dient unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie, die allerdings nicht in der Energiebilanz enthalten ist. In Deutschland beträgt der energetisch nutzbare Teil im Jahr 2005 64,4 Prozent des Primärenergieverbrauchs [BMWi 2007: Tab. 5]¹⁷. Die Energieträger, die in Deutschland den größten Anteil des Endenergieverbrauchs decken, sind im Jahr 2005 Kraftstoffe (Kraftstoffe und übrige Mineralölprodukte) mit 28,4 Prozent (2.601 PJ) und Gas (Flüssiggas, Raffineriegas, Kokereigas, Gichtgas und Naturgase) mit 27,3 Prozent (2.502 PJ) [BMWi 2007:Tab. 6]. Der Endenergieverbrauch wird nach Verbrauchergruppen und Wirtschaftszweigen aufgeteilt, dargestellt. Der für diese Arbeit interessierende Wirtschaftszweig Landwirtschaft ist im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) enthalten. Beim Sektor Verkehr muss beachtet werden, dass hierin nicht der Kraftstoffverbrauch der Landwirtschaft enthalten ist [AGEB 2007]. In Deutschland werden im Jahr 2005 15,8 Prozent (1.445 PJ) des Endenergieverbrauchs vom Sektor GHD verbraucht. Wie viel Prozent dabei allein auf die Landwirtschaft entfällt, ist nicht dargestellt. Die Sektoren mit den höchsten Anteilen am Endenergieverbrauch sind im Jahr 2005 Private Haushalte und Verkehr mit jeweils 28,8 Prozent (2.640 PJ) und 28,6 Prozent (2.628 PJ) [BMWi 2007:Tab. 5].

Bei der Erstellung von Energiebilanzen müssen häufig verschiedene Energieträger mit heterogenen Einheiten (Kilowattstunde für Elektrizität, metrische Tonnen für Kohle und Erdöl) zusammengefasst werden [EUROSTAT 1988]. Dies ist nur möglich durch die Anwendung geeigneter Umrechnungsfaktoren. Aus diesem Grund hat die Kommission der Europäischen Gemeinschaften Richtlinien erlassen, „in denen Joule und Kilowattstunde als einzige Einheiten zur Energiemessung zugelassen (...) werden“ [EUROSTAT 1988:9]. Die Umrechnung der einzelnen Einheiten in Joule erfolgt mit Hilfe des jeweiligen spezifischen Heizwertes (H_u). In den Energiebilanzen werden als Einheit Terajoule ($TJ = 10^{12} J$) und Petajoule ($PJ = 10^{15} J$)

¹⁷ 27,9 Prozent des Primärenergieverbrauchs entfallen im Jahr 2005 auf den Eigenverbrauch im Energiesektor und auf die statistische Differenz.

verwendet [AGEB 2007]. Die Kalorie (cal) und die daraus abgeleiteten Steinkohleeinheiten (SKE) und Rohöleinheiten (RÖE) werden für die Übergangszeit nur noch hilfsweise angewendet.

Tab. 1: Umrechnungsfaktoren verschiedener verwendeter Einheiten

Einheit	kJ	kWh	kg SKE	kg RÖE
1 kJ	-	0,000278	0,0000341	0,0000239
1 kWh	3600	-	0,123	0,086
1 kg SKE	29308	8,141	-	0,7
1 kg RÖE	41868	11,63	1,429	-

[AGEB 2007:14]

1.2 CO₂-Emission

Der natürliche Treibhauseffekt hat zwei Funktionen: Zum Einen wird das Durchtreten kurzwelliger Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre auf die Erde ermöglicht, zum Anderen wird langwellige, von der Erde reflektierte Wärmestrahlung durch Wasserdampf und Treibhausgase absorbiert und teilweise reflektiert. Treibhausgase sind Wasserstoff (H₂), Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickstoffdioxid (Lachgas) (N₂O) und Ozon (O₃). Aus diesen beiden Funktionen des Treibhauseffektes resultiert eine mittlere Temperatur von 15 °C auf der Erde. Ohne natürlichen Treibhauseffekt läge die Temperatur bei minus 18 °C. Neben diesem natürlichen oder atmosphärischen Treibhauseffekt wird der vom Menschen verursachte oder anthropogene Treibhauseffekt unterschieden. Vor allem durch die Industrialisierung (Verbrennung von Energieträgern) werden vermehrt Treibhausgase in die Atmosphäre geleitet. Die Folgen sind eine immer stärkere atmosphärische Gegenstrahlung und daraus resultierend eine Erhöhung der Temperatur auf der Erde [N-TV 2007]. Der Treibhauseffekt ist aus diesem Grund eine Wirkungskategorie in der Ökobilanz.

In der vorliegenden Arbeit werden die emittierten Mengen CO₂ für jeden befragten Betrieb und den jeweils eingesetzten Energieträgern bestimmt und anschließend verglichen.

2 Erhebung des Endenergieumsatzes und der CO₂-Emission landwirtschaftlicher Betriebe in Rheinland-Pfalz

Um den Endenergieumsatz und die CO₂-Emission für die Bereitstellung von Lebensmitteln - in der vorliegenden Arbeit soll der Apfel als Lebensmittel untersucht werden - zu ermitteln, werden apfelerzeugende Betriebe in Rheinland-Pfalz mittels Fragebogen nach ihren Energieumsätzen befragt.

2.1 Material und Methode

Der Fragebogen „Endenergieumsätze im Bereich der Apfelerzeugung in Rheinland-Pfalz“ entspricht größtenteils dem Fragebogen von FLEISSNER 2002. Er ist standardisiert und besteht aus insgesamt 33 offenen und geschlossenen Fragen. Die Systemgrenze der Befragung ist der landwirtschaftliche Betrieb sowie der Transportweg - sofern er mit dem eigenen oder einem gemieteten Fahrzeug zurückgelegt wird - zum Vermarktungsort. Nicht erfasst werden die Vorleistungen, wie Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz der Betriebe. Daraus ergibt sich der Inhalt und Umfang des Fragebogens: Energieumsatz, Anbau, Ernte, Maschinen/ Fahrzeuge, Lager/ Abpackung, Distribution und Vermarktung.

Durch Recherchen im Internet werden die auf den Internetseiten <http://www.heimatschmeckt.com> und <http://www.einkaufen-auf-dem-bauernhof.com> angegebenen Apfelerzeuger per E-Mail angeschrieben. Weiterhin werden Kontakte zu Apfelerzeugern durch die Arbeitsgemeinschaft Integrierter Obstanbau Rheinland-Pfalz e.V. (AGIO e.V.) und durch das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR Rheinpfalz) Kompetenzzentrum Gartenbau vermittelt. Die vom AGIO e.V. und vom DLR Rheinpfalz genannten Erzeuger werden zunächst telefonisch gefragt, ob sie Interesse an dieser Erhebung haben und teilnehmen möchten. Anschließend wird der Fragebogen per Post, Fax oder E-Mail versendet.

Es werden 36 Apfelerzeuger aus Rheinland-Pfalz angeschrieben. Davon werden zwei vollständig ausgefüllte Fragebögen zurückgesendet. Ein Fragebogen davon kann für die Auswertung genutzt werden. Aufgrund der geringen Teilnahme (Gründe hierfür sind mangelndes Interesse und mangelnde Zeit) werden im Juni 2007 zusätzlich vier Apfelerzeuger vor Ort besucht und der Fragebogen gemeinsam bearbeitet und ausgefüllt. Von diesen Fragebögen findet jeder Eingang in die Auswertung. Ergeben sich im Anschluss an die Befragung weitere Fragen seitens der Interviewerin, werden diese Fragen telefonisch geklärt.

Tab. 2: Vorgehensweise des Interviews

Bezeichnung der Höfe	Datum der Befragung	Art der Befragung
A	14. März 2007	postalisch
B	01. Juni 2007	persönlich
C	01. Juni 2007	persönlich
D	04. Juni 2007	persönlich
E	04. Juni 2007	persönlich

[eigene Darstellung]

2.2 Berechnung der Endenergieumsätze

Alle befragten Höfe bauen neben Äpfeln noch weitere Obstsorten an. Allerdings ist es nicht möglich, den Energieverbrauch für jede Obstsorte getrennt zu erfassen. Unter diesem Aspekt werden die Endenergieumsätze nicht pro Tonne Äpfel, sondern pro Tonne Erntegut angegeben.

Zur Berechnung der Endenergieumsätze pro Tonne Erntegut und pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche, wird der Energieverbrauch der von den jeweiligen befragten Höfen genutzten Energieträger herangezogen. Da die Energieträger in unterschiedlichen Einheiten angegeben werden, muss zunächst eine Umrechnung stattfinden. Nach den Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaft dürfen nur noch Joule (J) und Kilowattstunde (kWh) als Einheit verwendet werden [EUROSTAT 1988]. Dabei können die Angaben zum Elektroenergieverbrauch in kWh ohne Umrechnung übernommen werden.

Der Erdgasverbrauch einer der Höfe wird ebenfalls vom befragten Landwirt in kWh angegeben, sodass auch hier keine Umrechnung erfolgen muss. Die Werte für die Energieträger Diesel und Benzin werden von den Landwirten in Liter (l) und der Verbrauch von Holz in Festmeter (fm) angegeben. Die Umrechnung von Liter und Festmeter in Kubikmetern (m³) erfolgt nach Gleichung (1) und (2):

$$(1) 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

$$(2) 1 \text{ fm} = 1 \text{ m}^3$$

Zur Berechnung des Endenergieumsatzes für Diesel, Benzin und Holz werden folgende Gleichungen verwendet:

$$(3) W_{\text{Diesel}} = T_{\text{Diesel}} * \rho_{\text{Diesel}} * H_{u \text{ Diesel}} * f$$

Mit

W_{Diesel} = Endenergieumsatz von Diesel (kWh)

T_{Diesel} = Treibstoffumsatz von Diesel (m³)

ρ_{Diesel} = Dichte von Diesel (kg/ m³)

$H_{u \text{ Diesel}}$ = spezifischer Heizwert von Diesel (kJ/ kg)

f = Umrechnungsfaktor 3600⁻¹ kWh/ kJ

$$(4) W_{\text{Benzin}} = T_{\text{Benzin}} * \rho_{\text{Benzin}} * H_{u \text{ Benzin}} * f$$

Mit

W_{Benzin} = Endenergieumsatz von Benzin (kWh)

T_{Benzin} = Treibstoffumsatz von Benzin (m³)

ρ_{Benzin} = Dichte von Benzin (kg/ m³)

$H_{u \text{ Benzin}}$ = spezifischer Heizwert von Benzin (kJ/ kg)

f = Umrechnungsfaktor 3600⁻¹ kWh/ kJ

$$(5) W_{\text{Holz}} = U_{\text{Holz}} * \rho_{\text{Holz}} * H_{u \text{ Holz}} * f$$

Mit

W_{Holz} = Endenergieumsatz von Holz (kWh)

U_{Holz} = Umsatz von Holz (m³)

ρ_{Holz} = Dichte von Holz (kg/ m³)

$H_{u \text{ Holz}}$ = spezifischer Heizwert von Holz (kJ/ kg)

f = Umrechnungsfaktor 3600⁻¹ kWh/ kJ

Für die Energieträger werden folgende Werte für die Dichte und den spezifischen Heizwert herangezogen:

Tab.3: Dichte und spezifischer Heizwert der Energieträger

Energieträger	Dichte ρ (kg/ m ³)	spezifischer Heizwert H_u (kJ/ kg)
Diesel	832,5 ⁽¹⁾	42.960 ⁽³⁾
Benzin	747,5 ⁽¹⁾	43.543 ⁽³⁾
Holz	680* ⁽²⁾	15.300* ⁽²⁾

*Dichte und spezifischer Heizwert von Obstgehölz kann mit den Werten von Buche gleichgesetzt werden [GROB 2007].

⁽¹⁾ Mittelwert [ARAL 2007], ⁽²⁾ Mittelwert von Buche [FNR 2007:62,65], ⁽³⁾ [BMW 2002]

Für die Berechnung des Endenergieumsatzes pro Tonne Erntegut bzw. pro Hektar werden die einzelnen Energieumsätze der Energieträger aufsummiert und durch die Erntemenge in Tonnen (t) (Gleichung 6) bzw. durch die Flächengröße in Hektar (ha) (Gleichung 7) dividiert:

$$(6) W_{ges} = W_{Elektroenergie} + W_{Erdgas} + W_{Diesel} + W_{Benzin} + W_{Holz} / m$$

Mit

W_{ges} = Gesamtendenergieumsatz des Betriebes pro Tonne Erntegut (kWh/ t)

$W_{Elektroenergie}$ = Endenergieumsatz der Elektroenergie (kWh)

W_{Erdgas} = Endenergieumsatz von Erdgas (kWh)

W_{Diesel} = Endenergieumsatz von Diesel (kWh)

W_{Benzin} = Endenergieumsatz von Benzin (kWh)

W_{Holz} = Endenergieumsatz von Holz (kWh)

m = Erntemenge (t)

$$(7) W_{ges} = W_{Elektroenergie} + W_{Erdgas} + W_{Diesel} + W_{Benzin} + W_{Holz} / A$$

Mit

W_{ges} = Gesamtendenergieumsatz des Betriebes pro Hektar Anbaufläche (kWh/ ha)

$W_{Elektroenergie}$ = Endenergieumsatz der Elektroenergie (kWh)

W_{Erdgas} = Endenergieumsatz von Erdgas (kWh)

W_{Diesel} = Endenergieumsatz von Diesel (kWh)

W_{Benzin} = Endenergieumsatz von Benzin (kWh)

W_{Holz} = Endenergieumsatz von Holz (kWh)

A = Flächengröße (ha)

2.3 Berechnung der CO₂-Emission

Wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, hat jeder Energieträger einen anderen spezifischen CO₂-Emissionsfaktor.

Tab. 4: Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger

Energieträger	spezifischer CO ₂ -Emissionsfaktor	Einheit
Elektroenergie	0,59 ⁽¹⁾	kg/ kWh
Diesel	2,63 ⁽²⁾	kg/ l
Benzin	2,3 ⁽²⁾	kg/ l
Erdgas	0,19 ⁽²⁾	kg/ kWh
Holz	0 ⁽²⁾	kg/ kWh

⁽¹⁾ [FLEISSNER 2002:79] ⁽²⁾ [BP 2007]

Das als Festbrennstoff verwendete Holz gilt als nachwachsender Rohstoff. Die besondere Umweltverträglichkeit nachwachsender Rohstoffe liegt darin begründet, dass sie bei ihrer Verbrennung nur die CO₂-Menge an die Umwelt abgeben, die sie während ihres Wachstums aus der Umwelt entnommen haben. Somit ergibt sich eine CO₂-Emission nachwachsender Rohstoffe von Null [FNR 2007].

Der spezifische CO₂-Emissionsfaktor von Elektroenergie richtet sich nach dem verwendeten Primärenergiemix (Strommix). Der deutsche Strommix besteht zu 29 Prozent aus Kernenergie, zu 26 Prozent aus Braunkohle und zu 21 Prozent aus Steinkohle. Die restlichen 24 Prozent setzen sich aus Erneuerbaren Energien, Erdgas und anderen Energieträgern zusammen [VDEW 2005].

Zur Berechnung der CO₂-Emissionmenge für jeden Betrieb, werden die in Kilowattstunden angegebenen Endenergieumsätze von Elektroenergie und Erdgas mit dem jeweiligen spezifischen CO₂-Emissionsfaktor multipliziert:

$$(8) m_{\text{Elektroenergie}} = E_{f_{\text{Elektroenergie}}} * W_{\text{Elektroenergie}}$$

Mit

$m_{\text{Elektroenergie}}$ = CO₂-Emissionsmenge von Elektroenergie (kg CO₂)

$E_{f_{\text{Elektroenergie}}}$ = spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von Elektroenergie (kg CO₂/ kWh)

$W_{\text{Elektroenergie}}$ = Endenergieumsatz von Elektroenergie (kWh)

$$(9) m_{Erdgas} = Ef_{Erdgas} * W_{Erdgas}$$

Mit

m_{Erdgas} = CO₂-Emissionsmenge von Erdgas (kg CO₂)

Ef_{Erdgas} = spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von Erdgas (kg CO₂/ kWh)

W_{Erdgas} = Endenergieumsatz von Erdgas (kWh)

Die CO₂-Emissionsmengen der Energieträger Dieselkraftstoff und Benzin werden nun nicht auf Kilowattstunde, sondern auf den Verbrauch in Liter bezogen:

$$(10) m_{Diesel} = Ef_{Diesel} * T_{Diesel}$$

Mit

m_{Diesel} = CO₂-Emissionsmenge von Diesel (kg CO₂)

Ef_{Diesel} = spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von Diesel (kg CO₂/ l)

T_{Diesel} = Treibstoffumsatz von Diesel (l)

$$(11) m_{Benzin} = Ef_{Benzin} * T_{Benzin}$$

Mit

m_{Benzin} = CO₂-Emissionsmenge von Benzin (kg CO₂)

Ef_{Benzin} = spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von Benzin (kg CO₂/ l)

T_{Benzin} = Treibstoffumsatz von Benzin (l)

Für die Berechnung der CO₂-Emissionsmenge pro produzierte Tonne Erntegut werden die in dem jeweiligen Betrieb ausgestoßenen CO₂-Emissionsmengen der Energieträger aufsummiert und durch die Gesamt-Erntemenge dividiert:

$$(12) m_{ges} = m_{Elektroenergie} + m_{Erdgas} + m_{Diesel} + m_{Benzin} / m_{Erntegut}$$

Mit

m_{ges} = gesamte CO₂-Emissionsmenge eines Betriebes pro Tonne Erntegut (kg CO₂/ t)

$m_{Elektroenergie}$ = CO₂-Emissionsmenge Elektroenergie (kg CO₂)

m_{Erdgas} = CO₂-Emissionsmenge Erdgas (kg CO₂)

m_{Diesel} = CO₂-Emissionsmenge Diesel (kg CO₂)

m_{Benzin} = CO₂-Emissionsmenge Benzin (kg CO₂)

m_{Erntegut} = Erntemenge (t)

2.4 Ergebnisse

Die Bezeichnung der Betriebe A bis E ergibt sich aus der Reihenfolge der Befragungen. Zunächst wird die Produktions- und Vermarktungsstruktur der apfelerzeugenden Betriebe dargestellt. Anschließend werden die Besonderheiten jedes befragten Hofes einzeln vorgestellt. Der Endenergieumsatz der jeweiligen Betriebe wird nach den Gleichungen 1 bis 7 berechnet und danach zur besseren Vergleichbarkeit in Tabellenform gegenübergestellt.

Die in die Bewertung eingehenden Energiewerte umfassen den gesamten Verbrauch der Energieträger des jeweiligen Betriebes. Daraus ergeben sich als Systemgrenzen für die Bewertung der Endenergieumsätze der landwirtschaftliche Betrieb sowie der Transport des Erntegutes zu den Vermarktern (Genossenschaften). Die Festlegung einer einheitlichen Systemgrenze ist wichtig, um einen Vergleich zwischen einzelnen Betrieben zu ermöglichen.

Vier der befragten Betriebe stammen aus den Landkreisen Mainz und Mainz-Bingen, der fünfte Betrieb stammt aus der Grafschaft im Landkreis Ahrweiler. Das Erhebungsjahr für die Befragung ist bei einem Betrieb 2005, bei allen anderen Betrieben das Jahr 2006. Der Elektroenergieverbrauch der Betriebe kann von keinem Hof getrennt für Läger, Sortier- und Packmaschine und für weiteren Betriebsstrom angegeben werden, sodass- in Rücksprache mit den Betrieben- angenommen wird, dass 85 Prozent der Elektroenergie auf Läger, 10 Prozent auf Sortier- und Packmaschine und fünf Prozent auf weiteren Betriebsstrom (Licht) entfallen.

Die fünf befragten Betriebe arbeiten nach den Richtlinien der Integrierten Produktion. Bei diesem Anbau- und Produktionsverfahren werden Fruchtfolge, Sortenwahl, Anbautechnik, Pflanzenernährung und –schutzmaßnahmen so aufeinander abgestimmt, dass sie sowohl ökologisch, als auch ökonomisch vorteilhaft sind [i.m.a e.V. 2007]. Neben der Integrierten Produktion gibt es noch zwei weitere Formen: Die ökologische und die konventionelle Produktion. Unterschiede ergeben sich hinsichtlich verschiedener Kriterien, wie zum Beispiel der Intensität des Behandlungsmitelesinsatzes (Dünger- und Pflanzenschutzmittel) oder dem Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO). Eine gute Zusammenfassung über die zur Pflege der Apfelplantagen verwendeten Maschinen, Fahrzeuge und Methoden liefert die Arbeit von BERGENTHUM [BERGENTHUM 2006:8 ff].

Der Erntezeitraum für Äpfel liegt in den fünf befragten Betrieben zwischen Mitte August bis Ende Oktober. Die Äpfel werden dabei per Hand oder/ und mit Pflücksäcken in Großkisten (Fassungsvermögen von 300 kg Äpfel) gepflückt und auf Anhänger geladen. Der Transport von der Plantage zum Betrieb erfolgt mittels Schleppern. Keiner der befragten Betriebe leiht oder verleiht Fahrzeuge und Geräte. Die Äpfel werden auf dem Hof oder/ und auf dem Gelände einer Genossenschaft entweder in Kühlräumen oder CA-Lägern¹⁸ eingelagert. Ziel der Lagerung ist die Herabsetzung der Stoffwechselaktivität der Früchte. So können das ganze Jahr über frische Äpfel angeboten werden. Je nach Art des Lagers unterscheiden sich die einzelnen Parameter und damit auch die Lagerdauer. Die Läger auf den Höfen werden nur mit eigener Ware bestückt. Die durchschnittliche Lagerdauer beträgt auf den befragten Betrieben zwischen zwei bis fünf Monaten.

Die Äpfel werden auf dem Hof mittels Sortier- und Packmaschine verpackt. Vier der fünf Betriebe nehmen sowohl die Direktvermarktung auf dem eigenen Betriebsgelände (Hofladen) und die Vermarktung über Genossenschaften (VOG Ingelheim oder Meco-Landgard, Meckenheim) wahr. Drei dieser Betriebe beliefern die ca. 15 Kilometer entfernte VOG Ingelheim, die Zeichennutzer des Qualitätszeichens „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ ist. Meco-Landgard Meckenheim vermarktet die Ware unter QS-EUREPGAP¹⁹. Die Genossenschaften lagern die verpackten Äpfel in CA-Läger und verkaufen sie nach Bedarf an Großhändler. Einer der befragten Betriebe verkauft seine Ware direkt an Großhändler.

Hof A

Die landwirtschaftliche Fläche beträgt 12,5 Hektar. Die Fläche, die für den Apfelanbau verwendet wird, beträgt 3 Hektar. Die drei häufigsten Apfelsorten sind Jonagold, Elstar und Braeburn. Auf dem Hof gibt es drei Schlepper, einen Transporter und einen Geländewagen. Zusätzlich wird der Privat-PKW für Geschäftsangelegenheiten genutzt. Insgesamt werden 383 Tonnen Obst geerntet. Davon sind 92 Tonnen Äpfel, die zu 80 Prozent der Handelsklasse I und 20 Prozent der Handelsklasse III entsprechen. Die Äpfel der Handelsklasse III werden zur Saftproduktion verwendet. Die Äpfel der Handelsklasse I werden größtenteils (78 Tonnen) über die VOG Ingelheim vermarktet. 14 Tonnen werden im Hofladen direkt vermarktet. Die

¹⁸ Controlled atmosphere (*engl.*): kontrollierte Atmosphäre: Herabsetzung der Stoffwechselaktivität der Früchte durch kontrolliertes Absenken von Temperatur und Sauerstoffgehalt sowie Erhöhung der Kohlenstoffdioxidkonzentration und der Luftfeuchtigkeit.

¹⁹ Die Euro Retailer Produce Working Group (EUREP) besteht aus 20 europäischen Einzelhändlern, die Richtlinien der Guten Fachlichen Praxis (good agriculture practice = GAP) formulieren. „EUREPGAP ist ein privatwirtschaftlich organisiertes Qualitätssicherungssystem, das Standards (..) für die Zertifizierung von landwirtschaftlichen Produkten weltweit (vorgibt)“ [EUREPGAP 2007].

Lagerung der Äpfel auf dem Hof erfolgt in zwei Kühlhäusern mit einer Lagerkapazität von 30 Tonnen. Die durchschnittliche Lagermenge beträgt 20 Tonnen. Die Kühlhäuser werden nur zur Lagerung der geernteten Äpfel genutzt.

Von der Produktionsstätte werden 8.318 kWh Elektroenergie, 1.900 l Diesel und 2.100 l Benzin verbraucht. Zusätzlich werden noch 50 bis 60 fm Holz als Abfallprodukt aus den Obstanlagen für die Beheizung der Produktionsräume verwendet.

Hof B

Auf einer Fläche von insgesamt 109 Hektar werden auf 12 Hektar Äpfel, vorwiegend der Sorten Elstar, Delbar und Golden Delicious, angebaut. Für die Ernte werden zwei Schlepper eingesetzt. Der Privat-PKW wird nicht für Geschäftszwecke genutzt. Im Jahr 2006 werden 2.030 Tonnen Obst insgesamt und davon 224 Tonnen Äpfel geerntet. 70 Prozent der Äpfel entsprechen der Handelsklasse I und 30 Prozent der Handelsklasse III, die zur Saftproduktion verwendet werden. 130 Tonnen geerntete Äpfel werden auf dem Hof mit Hilfe einer Sortier- und Packmaschine verpackt und an die VOG Ingelheim abgegeben. Die restlichen Äpfel werden im Hofladen verkauft. Die Äpfel werden im eigenen Kühlhaus gelagert. Die Lagerkapazität und -menge betragen 60 Tonnen. Neben Äpfeln werden auch Erdbeeren gelagert.

Der Elektroenergieverbrauch der Produktionsstätte beträgt im Jahr 2006 16.975 kWh, der Dieselverbrauch liegt bei 6.600 l.

Hof C

Von insgesamt 46 Hektar landwirtschaftlicher Fläche werden auf 15 Hektar Äpfel angebaut. Die häufigsten Sorten sind Braeburn, Elstar und Delbar. Für die Ernte werden zwei Schlepper eingesetzt. Zusätzlich wird der Privat-PKW für Geschäftsangelegenheiten genutzt. Im Erhebungsjahr 2006 werden 920 Tonnen Obst und davon 300 Tonnen Äpfel geerntet. 90 Prozent der Äpfel entsprechen der Handelsklasse I und 10 Prozent der Handelsklasse III. Die Früchte der Handelsklasse III werden für die Saftproduktion verwendet, die der Handelsklasse I werden zu 5 Prozent im Hofladen und zu 95 Prozent über die VOG Ingelheim vermarktet. Gelagert werden die Äpfel auf dem Hof in zwei Kühlhäusern mit einer Lagerkapazität von insgesamt 100 Tonnen. Die Lagermenge beträgt 60 Tonnen, wobei neben Äpfeln auch Kirschen, Aprikosen und Mirabellen gelagert werden.

Die Produktionsstätte verbraucht im Jahr 2006 16.120 kWh Elektroenergie und 7.646 l Diesel.

Hof D

Die landwirtschaftliche Fläche beträgt insgesamt 38 Hektar. Davon werden 25 Hektar für die Apfelerzeugung verwendet. Jonagold, Braeburn und Elstar sind die drei häufigsten Sorten. Auf dem Hof gibt es vier Traktoren, zwei Transport-Busse und ein Schnittgerät. Das Privatfahrzeug wird ebenfalls für Geschäftszwecke verwendet. Im Jahr 2006 werden 680 Tonnen Obst und davon 450 Tonnen Äpfel geerntet. 60 Prozent entsprechen den Kriterien der Handelsklasse I, 10 Prozent der Handelsklasse II und 30 Prozent der Handelsklasse III, die für die Saftproduktion verwendet wird. Dieser Betrieb besitzt ein Kühlhaus, mit einer Lagerkapazität von 220 Tonnen, und eine Sortier- und Packmaschine. Die durchschnittliche Lagermenge beträgt 150 Tonnen. Neben Äpfeln werden keine anderen Waren im Kühlhaus gelagert. Die geernteten Äpfel werden weder direkt noch über eine Genossenschaft vermarktet, sondern über einen Großhändler.

Der Verbrauch der Produktionsstätte liegt im Jahr 2006 bei 27.456 kWh Elektroenergie, 7.359 l Diesel und 1.180 l Benzin.

Hof E

Von einer Fläche von insgesamt 40 Hektar Land werden 21 Hektar für die Apfelproduktion verwendet. Am häufigsten werden die Sorten Elstar, Braeburn und Pinova angebaut. Der Hof besitzt sieben Traktoren, einen LKW, zwei Transporter und ein Lieferfahrzeug. Der Privat-PKW wird ebenfalls für Geschäftszwecke verwendet. Im Jahr 2006 werden 1.440 Tonnen Obst und davon 750 Tonnen Äpfel geerntet. 93 Prozent der Äpfel entsprechen Handelsklasse I, 7 Prozent Handelsklasse III. Aus den Äpfeln der Handelsklasse III wird Saft und Schnaps hergestellt. Neben einem Kühlhaus wird das Obst in drei CA-Lägern gelagert. Mit einer Lagerkapazität von insgesamt 370 Tonnen betragen die Kapazitäten für normale Atmosphären 20 Tonnen und für kontrollierte Atmosphären 350 Tonnen. Das Lager wird nur für Äpfel verwendet und ist voll ausgelastet. Die restlichen Erntemengen werden auf dem Gelände der Genossenschaft Meco-Landgard in Meckenheim gelagert. Die Äpfel werden auf Hof E mit Hilfe einer Sortier- und Packmaschine verpackt. 85 Prozent werden über die Meco-Landgard vermarktet, die restlichen 15 Prozent werden im Hofladen verkauft.

Der Energieverbrauch der Produktionsstätte beträgt 80.000 kWh Elektroenergie, 18.000 l Diesel, 2.800 l Benzin und 51.000 kWh Erdgas zum Beheizen der Räume.

2.4.1 Ergebnisse nach Endenergieumsätzen aus Rheinland-Pfalz

Zunächst werden die erhobenen Energiedaten nach den Gleichungen (1) und (2) in eine Einheit (kWh) umgerechnet. Die Berechnung des Endenergieumsatzes erfolgt unter Verwendung der Dichte und des spezifischen Heizwertes, die in die Gleichungen (3) bis (5) eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tab. 5: Endenergieumsatz in kWh aus der Summe aller verwendeter Energieträger nach Höfen

Höfe	A	B	C	D	E
Energieträger (Einheit)					
Elektroenergie (kWh)	8.318,0	16.975,0	16.120,0	27.456,0	80.000,0
Diesel (l)	1.900,0	11.776,0	7.646,0	7.359,0	8.000,0
Diesel (kWh)	18.875,6	116.988,7	75.959,2	73.108,0	178.821,0
Benzin (l)	2.100,0	-	-	1.180,0	2.800,0
Benzin (kWh)	18.986,6	-	-	10.668,6	25.315,4
Gas (kWh)	-	-	-	-	51.000,0
Holz (fm)	55,0				
Holz (kWh)	158.950,0				
Endenergieumsatz (kWh)	205.130,1	133.963,7	92.079,2	111.232,6	335.136,4

* Mittelwert aus der Verwendung von 50 bis 60 fm Holz

Um die Energieeffizienz der einzelnen Höfe miteinander vergleichen zu können, werden die Endenergieumsätze eines jeden Hofes auf eine Tonne Erntegut bzw. auf einen Hektar landwirtschaftliche Fläche bezogen. Dies geschieht nach den Gleichungen (6) und (7). Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tab. 6: Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut und pro Hektar landwirtschaftliche Fläche

EEU (kWh)	205.130,1	133.963,7	92.079,2	111.232,6	335.136,4
Erntemenge (t)	380,0	2.030,0	920,0	680,0	1.440,0
EEU/ Tonne (kWh/ t)	539,8	66,0	100,1	163,6	232,7
Fläche (ha)	12,5	109,0	46,0	38,0	40,0
EEU/ Hektar (kWh/ ha)	16.410,4	1.229,0	2.001,7	2.927,2	8.378,4

[eigene Darstellung]

Alle fünf befragten Höfe bauen neben Äpfeln weitere Früchte an. Jedoch wird bei der Berechnung des Endenergieumsatzes davon ausgegangen, dass alle Fruchtarten die gleiche Menge an Energie verbrauchen, sodass der Endenergieumsatz in kWh/ t Erntegut ausgedrückt wird. Ebenso verhält es sich bei der Darstellung des Endenergieumsatzes in kWh/ ha landwirtschaftliche Fläche. Hier wird ebenfalls davon ausgegangen, dass jeder Hektar des Landes den gleichen Energieaufwand beansprucht.

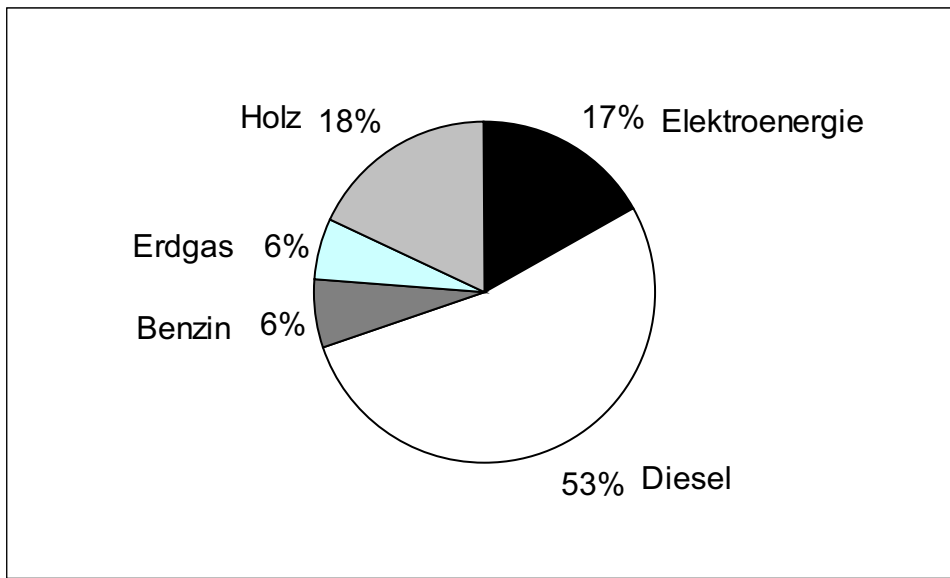


Abb. 3: Endenergieumsatz nach Energieträgern

[eigene Darstellung]

Aus Tabelle 6 und dem Kreisdiagramm (Abb. 3) ist erkennbar, dass Diesel den Hauptenergieträger aller Betriebe darstellt. Dieser Kraftstoff wird für Schlepper und andere Maschinen verwendet.

In der Summe ist Holz als Energielieferant zum Heizen des Betriebes an zweiter Stelle. Aber nur einer der fünf befragten Höfe verwendet den Ausschnitt aus den Obstanlagen zum Heizen des Betriebes.

Mit einem Anteil von 17 Prozent ist Elektroenergie der dritthäufigste Energielieferant. Nach Aussagen der Landwirte wird diese Energie zu 85 Prozent für die Kühllhäuser und zu 15 Prozent für den restlichen Betriebsstrom (Pack- und Sortiermaschine, Beleuchtung) verwendet. Erdgas und Benzin decken mit jeweils sechs Prozent den Gesamtenergieverbrauch ab. Erdgas wird wiederum nur von einem der Betriebe zum Heizen verwendet. Transporter, Schnittgeräte

sowie die Privatfahrzeuge der Landwirte, die für Geschäftsangelegenheiten eingesetzt werden, bedingen den Benzinverbrauch.

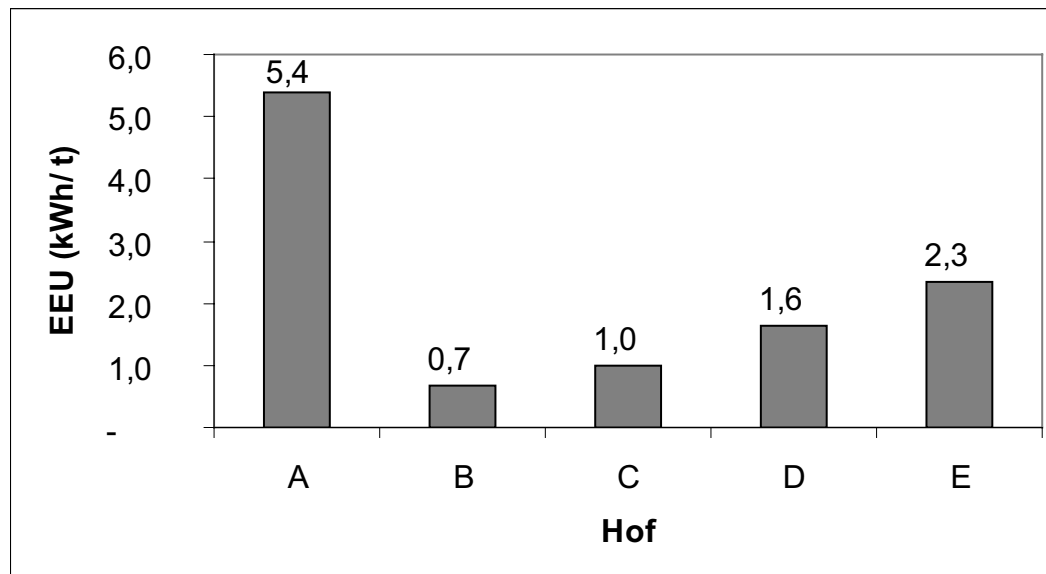


Abb. 4: Endenergieumsatz in kWh/ t Erntegut nach Höfen

[eigene Darstellung]

Hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut schneidet Hof A mit 5,4 kWh/ t am schlechtesten ab. Energetisch vorteilhafter sind in absteigender Reihenfolge die Höfe B (0,7 kWh/ t), C (1,0 kWh/ t), D (1,6 kWh/ t) und E (2,3 kWh/ t).

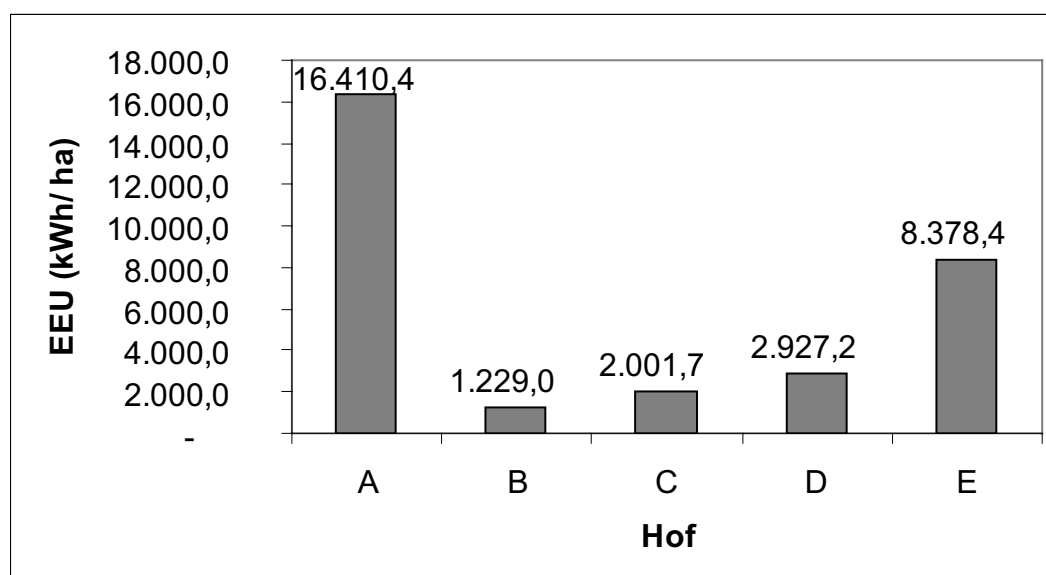


Abb. 5: Endenergieumsatz in kWh/ ha Anbaufläche nach Höfen

[eigene Darstellung]

Auch bei der Betrachtung des Endenergieumsatzes pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche schneidet Hof A mit 16.410,4 kWh/ ha am schlechtesten ab. Hof B mit 1.229,0 kWh/ ha, Hof C mit 2.001,7 kWh/ ha, Hof D mit 2.927,2 kWh/ ha und Hof E mit 8.378,4 kWh/ ha sind hinsichtlich des Endenergieumsatzes pro Hektar in absteigender Reihenfolge die energetisch günstigeren Höfe.

Nach der Darstellung des Endenergieumsatzes nach Höfen folgt nun die Darstellung des Endenergieumsatzes in Bezug auf die gesamte Erntemenge und auf die gesamte landwirtschaftliche Fläche der einzelnen Betriebe.

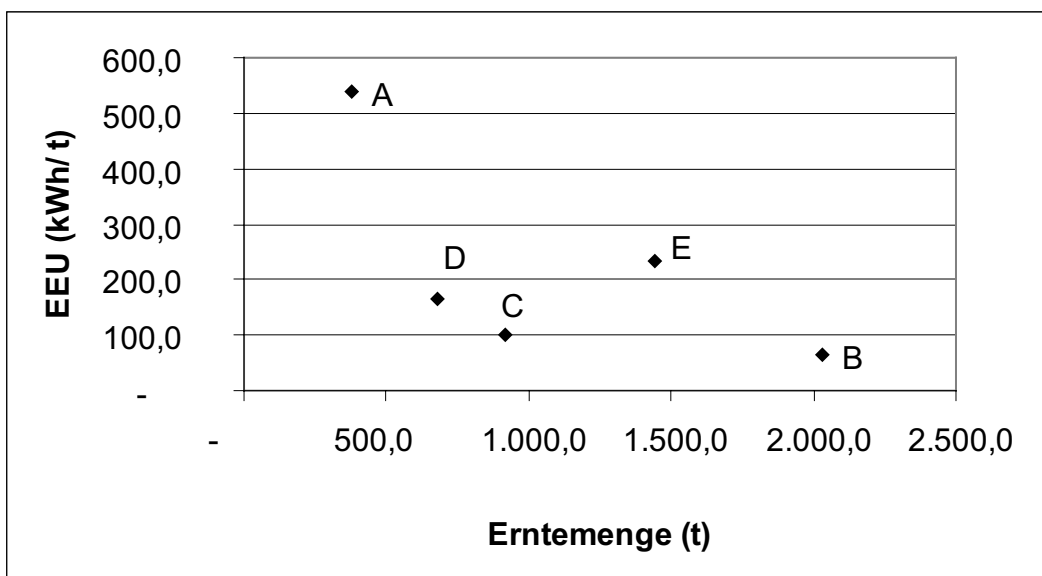


Abb. 6: Endenergieumsatz in kWh/ t in Bezug auf die gesamte Erntemenge

[eigene Darstellung]

In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass der Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut mit steigender Erntemenge sinkt. Hof E bildet hierbei eine Ausnahme. Hof A ist mit einer Erntemenge von insgesamt 380 Tonnen und einem Endenergieumsatz von 526,9 kWh/ t (siehe Tabelle 6) energetisch am ungünstigsten.

Hof B hingegen hat die höchste Erntemenge (2.030 t) und ist mit 66 kWh/ t energetisch am effizientesten. Die Höfe D und C liegen mit einer Erntemenge von 680 Tonnen und 920 Tonnen und den dazugehörigen Endenergieumsätzen von 162,8 kWh/ t und 100,2 kWh/ t im Mittelfeld der Effizienz. Hof E liegt hinsichtlich der Erntemenge von 1.440 Tonnen auf Rang zwei, jedoch hinsichtlich der Effizienz- 231,8 kWh/ t- liegt Hof E auf Rang vier.

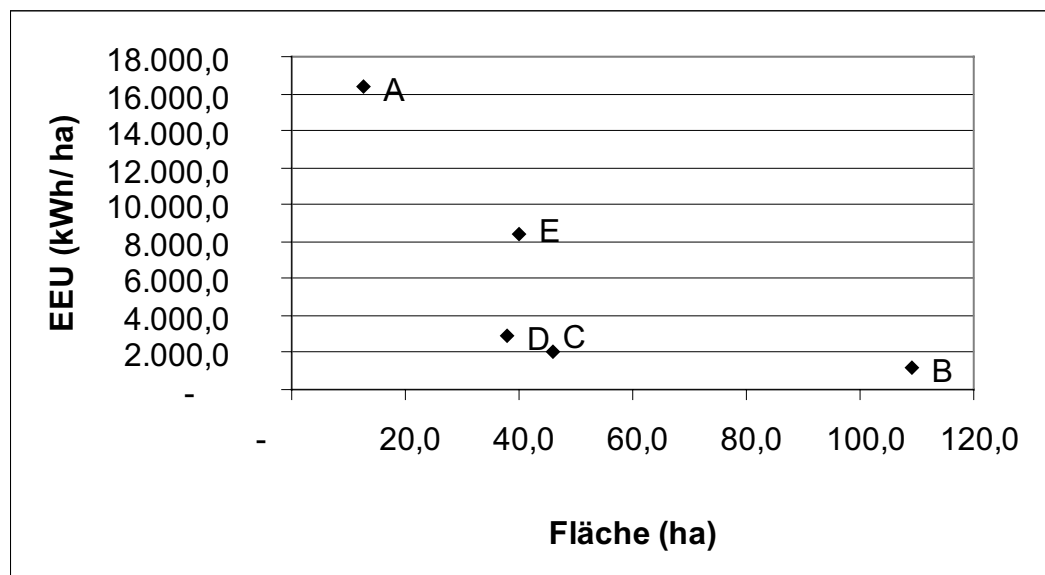


Abb. 7: Endenergieumsatz in kWh/ ha in Bezug auf die gesamte Anbaufläche

[eigene Darstellung]

In Bezug auf den Endenergieumsatz für die gesamte landwirtschaftliche Fläche ergibt sich ein ähnliches Bild, wie in Abb. 6: Mit zunehmender landwirtschaftlicher Fläche sinkt auch- mit Ausnahme von Hof E- der Endenergieumsatz pro Hektar.

Erneut ist Hof A hinsichtlich der Energieeffizienz bei einer Gesamtfläche von 12,5 Hektar und einem Endenergieumsatz von 16.016,3 kWh/ ha am unvorteilhaftesten. Hof B ist mit 109 Hektar Gesamtfläche und 8.345,6 kWh/ ha am effizientesten. Hof D und C sind erneut an zweiter und dritter Stelle in Bezug auf die Energieeffizienz (Hof D: 2.912,6 kWh/ ha bei einer Gesamtfläche von 38 Hektar und Hof C mit 2.003,3 kWh/ ha bei einer Gesamtfläche von 46 Hektar). Hof E ist- wie auch schon in Abb. 6 hinsichtlich der Energieeffizienz an vorletzter Stelle. Bei einer Gesamtfläche von 40 Hektar verbraucht Hof E Energie in Höhe von 8.345,6 kWh/ ha.

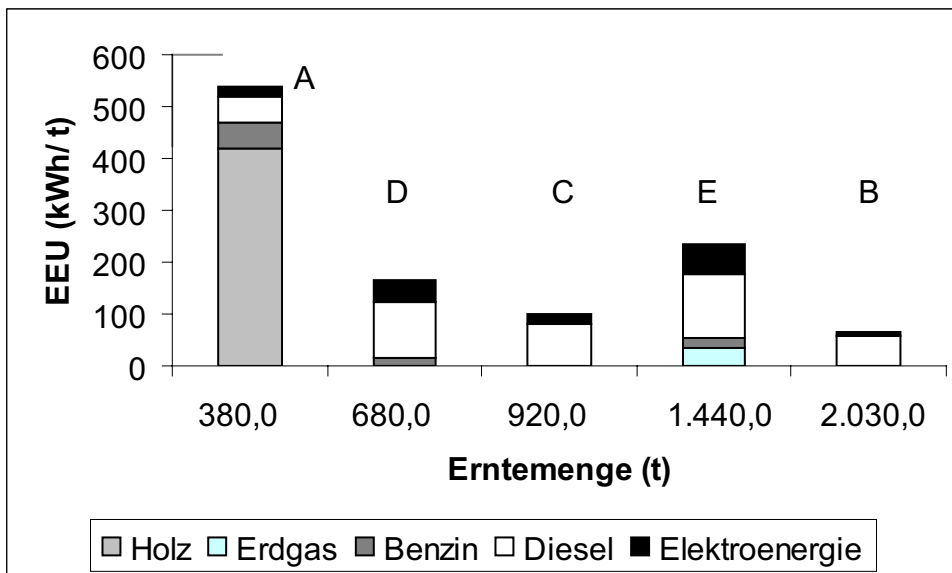


Abb. 8: Anteil der Energieträger am Endenergieumsatz in kWh/ t nach Erntemenge
[eigene Darstellung]

Auffällig ist, dass der Großteil der verbrauchten Energie von Hof A auf das Holz aus den Obstanlagen fällt, welches zum Beheizen des Betriebes verwendet wird. Benzin wird lediglich von drei Höfen als Energieträger genutzt, wobei Hof A den höchsten Verbrauch hat. Hof E hat den höchsten Diesel- und Elektroenergieverbrauch. Hof E verwendet zusätzlich noch Erdgas zum Beheizen des Betriebes im Winter.

2.4.2 Vergleich der Ergebnisse aus Rheinland-Pfalz und der Bodenseeregion

Die in der Arbeit von BERGENTHUM ermittelten Werte zum Endenergieumsatz bei der Apfel-erzeugung in der Bodenseeregion werden mit den ermittelten Werten aus Rheinland-Pfalz verglichen. Dazu werden die aus der Arbeit von BERGENTHUM und die eigens ermittelten Werte in einem Diagramm als paarweiser Vergleich dargestellt [BERGENTHUM 2006:22].

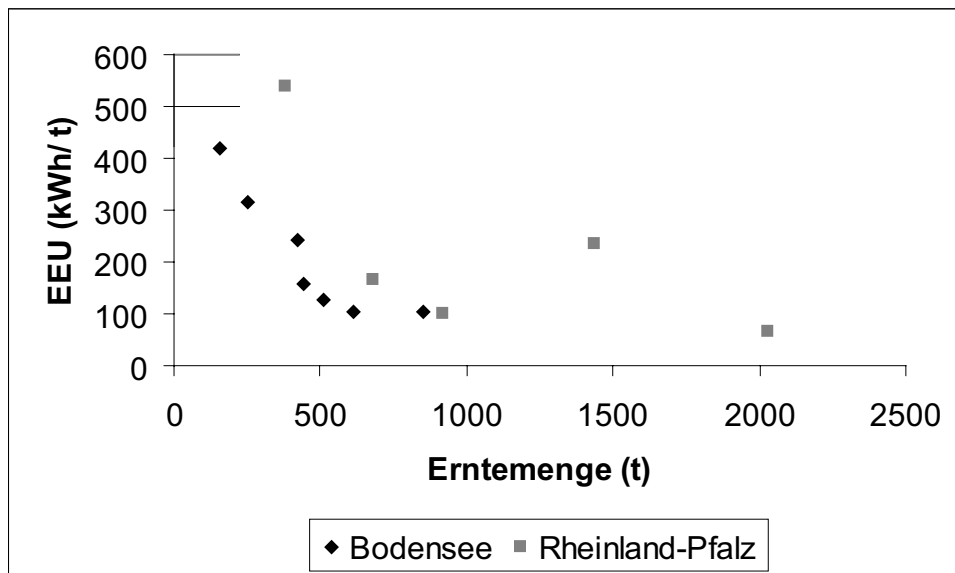


Abb. 9: Vergleich des Endenergieumsatzes in kWh/ t zwischen Bodensee und Rheinland-Pfalz

[eigene Darstellung] Daten vom Bodensee: [BERGENTHUM 2006:22]

Die sieben untersuchten Höfe des Bodensees weisen sowohl hinsichtlich der Endenergieumsätze pro Tonne Erntegut als auch hinsichtlich der gesamten Erntemengen niedrigere Werte auf als die fünf befragten Betriebe in Rheinland-Pfalz. Mit Ausnahme des Betriebes E aus Rheinland-Pfalz ergibt sich in beiden Regionen ein fallender Verlauf der Funktionen.

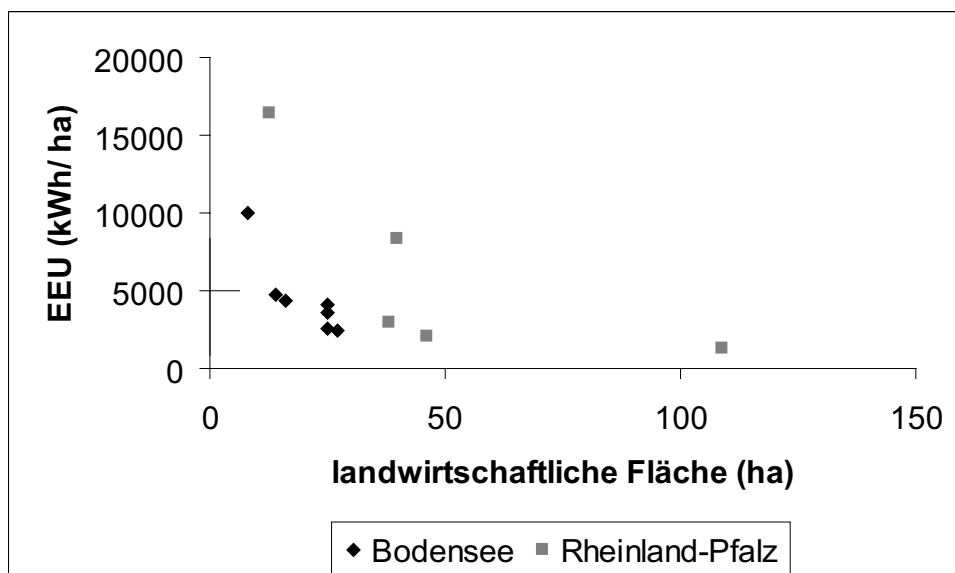


Abb. 10: Vergleich des Endenergieumsatzes in kWh/ ha zwischen Bodensee und Rheinland-Pfalz

[eigene Darstellung] Daten vom Bodensee: [BERGENTHUM 2006:22]

Bezüglich des Endenergieumsatzes pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche ergibt sich ein ähnliches Bild: Der Endenergieumsatz pro Hektar und die bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen sind in der Bodenseeregion kleiner als in Rheinland-Pfalz. Drei der befragten Höfe

am Bodensee bewirtschaften eine gleichgroße Fläche, weshalb sich in der Darstellung drei übereinander liegende Punkte ergeben.

2.4.3 Ergebnisse nach CO₂-Emission aus Rheinland-Pfalz

Zur Berechnung der CO₂-Emissionsmengen pro Tonne Erntegut und Hof werden die Energie- und Erntemengen der Höfe aus Tabelle 6 und die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren aus Tabelle 4 herangezogen und in die Gleichungen (8) bis (12) eingesetzt. Es ergeben sich folgende CO₂-Emissionsmengen:

Tab. 7: Berechnung der CO₂-Emissionsmengen pro Tonne Erntegut nach Höfen

Hof	A	B	C	D	E
Energieträger (Einheit)					
m _{Elektroenergie} (kg CO ₂)	4.908	10.015	9.511	16.199	47.200
m _{Diesel} (kg CO ₂)	4.997	30.971	20.109	19.354	47.340
m _{Benzin} (kg CO ₂)	4.830			2.714	6.440
m _{Erdgas} (kg CO ₂)					9.690
Summe	14.735	40.986	29.620	38.267	110.670
Erntemenge (t)	380	2.030	920	680	1.440
m_{ges} (kg/ t)	39	20	32	56	77

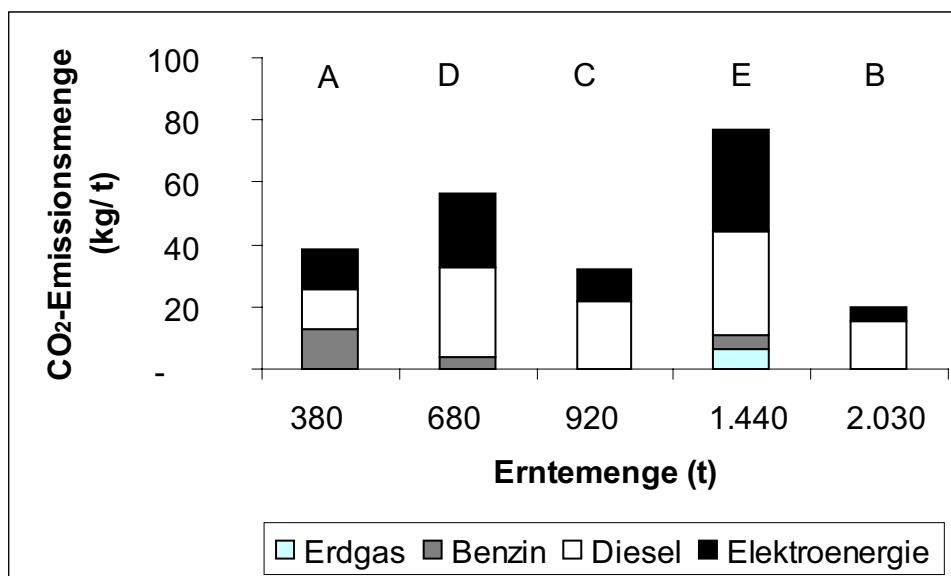


Abb. 11: CO₂-Emissionsmenge in kg/ t Erntegut nach Energieträger und Erntemenge [eigene Darstellung]

Aus Tabelle 7 und Abbildung 11 ist ersichtlich, dass Hof E mit 77 kg CO₂ pro Tonne Erntegut den höchsten und Hof B mit 20 kg CO₂ pro Tonne Erntegut den niedrigsten Ausstoß pro Tonne haben. Die Höfe D (56 kg/ t), A (39 kg/ t) und C (32 kg/ t) liegen in absteigender Rei-

henfolge im Mittelfeld. Die höchsten CO₂-Emissionsmengen ergeben sich für Diesel und Elektroenergie. Benzin und Erdgas werden von den Höfen in begrenzter Menge verwendet, sodass hierfür auch geringe Mengen CO₂ entstehen.

Hinsichtlich der Rangfolge im Vergleich zwischen dem Endenergieverbrauch (Abbildung 8) und der CO₂-Emission pro Tonne Erntegut (Abbildung 11) ergeben sich folgende Änderungen: Die Höfe B und C belegen bei beiden Bilanzbetrachtungen die ersten beiden Ränge und sind somit hinsichtlich der Endenergiebilanz als auch der CO₂-Bilanz die effizientesten. Hof A als Schlusslicht bei der Endenergiebilanz rückt nun bei der CO₂-Bilanz auf Rang drei. Die beiden Höfe D und E rücken von Platz drei und vier bei der Energiebilanz auf die Plätze vier und fünf bei der CO₂-Bilanz. Hof A ist hinsichtlich der CO₂-Bilanz effizienter bzw. umweltschonender als bei der Endenergiebilanz. Die Höfe D und E hingegen sind hinsichtlich der Energiebilanz effizienter.

2.5 Diskussion

Zahlreiche Arbeiten an der Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich der Justus-Liebig-Universität Gießen haben gezeigt, dass sich hinsichtlich des Endenergieumsatzes pro Tonne Lebensmittel ein Economy of Scale einstellt²⁰. Da sich dieser Begriff auf den ökonomischen Vorteil eines Unternehmens bezieht- nämlich die Reduktion der Stückkosten je produzierter Einheit mit steigender Betriebsgröße (steigender Produktionszahlen)- prägt die Professur für Prozesstechnik analog dazu den Begriff Ecology of Scale. Er bezieht sich auf den ökologischen Vorteil eines Betriebes und bezeichnet die degressive Abhängigkeit zwischen dem spezifischen Endenergieumsatz und der Betriebsgröße [SCHLICH 2005]. Selbstverständlich ergeben sich aus diesem Vorteil für die Umwelt - ein geringerer Ressourcenverbrauch - auch Kostenvorteile für den Betrieb.

Dieser in den Arbeiten bestätigte Ecology of Scale trifft auch für die vier untersuchten Betriebe in Rheinland-Pfalz zu (Hof A, B, C und D): Mit steigender Erntemenge und steigender Flächengröße sinkt der Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut bzw. pro Hektar. Hof E stellt hinsichtlich dieser ‚Gesetzmäßigkeit‘ einen Ausreißer dar: Trotz der vergleichbar großen Erntemenge und Flächengröße, hat Hof E einen höheren Endenergieumsatz als die Höfe mit kleineren Mengen und Flächen. Abbildung 8 gibt Auskunft über die Zusammensetzung der Endenergieumsätze: Erkennbar ist, dass Hof E den höchsten Elektroenergieverbrauch ver-

²⁰ FLEISSNER 2002, KRAUSE 2005, BERGENTHUM 2006, SCHRÖDER 2007

zeichnet. Gründe hierfür sind die hohen Lagermengen, die um das zwei- bis 18,5-fache höher liegen als bei anderen Höfen.

Im Vergleich zu den vier anderen Betrieben weist Hof E weiterhin einen deutlich höheren Dieselkraftstoffverbrauch auf. Mögliche Ursachen hierfür sind ungünstigere Bodenbedingungen, die einen erhöhten Einsatz von Düngefahrzeugen und anderen Maschinen verlangen. Wie im Kapitel I, Abschnitt 3 Klima und Geographie in Rheinland-Pfalz als Einflussfaktor bereits erwähnt, sind in der Region Mainz und Mainz-Bingen die besten Standortfaktoren für den Apfelanbau gegeben. Die Region Ahrweiler- als Standort des Betriebes E- liegt in der Rangfolge der Apfelanbaugebiete in Rheinland-Pfalz auf Rang vier. Weitere Faktoren für den erhöhten Dieselkraftstoffverbrauch von Hof E sind eine verlängerte Anfahrtstrecke zu den landwirtschaftlichen Flächen oder ein ineffizienter Einsatz der Maschinen. Da die Region Ahrweiler mit der Grafschaft neun Prozent der in Rheinland-Pfalz angebauten Äpfel abdeckt (Hof E hat die höchsten Erträge pro Hektar), werden allein aus dieser Region 13 Betriebe angeschrieben und um Teilnahme an der Befragung gebeten. Leider erklärt sich nur dieser eine Betrieb dazu bereit, Auskunft zu geben. Somit kann nicht überprüft werden, ob Hof E bei dieser Pflanzdichte ein Ausreißer darstellt oder ob dieser erhöhte Endenergieumsatz bei anderen Betrieben dieser Region ebenfalls vorliegt und somit tatsächlich ein Rückschluss auf die Bodenbeschaffenheit als Einflussfaktor auf den ungünstigen Endenergieumsatz gezogen werden kann.

Um einen innerdeutschen Vergleich zwischen zwei Regionen zu ziehen, werden die Daten vom Bodensee herangezogen. Sie werden 2006 von BERGENTHUM in sieben Betrieben ermittelt. Die Abbildungen 9 und 10 zeigen den degressiven Verlauf der beiden Funktionen und somit den Ecology of Scale, der sich sowohl in Rheinland-Pfalz, als auch in der Bodenseeregion abzeichnet. Die Erntemengen in den Höfen am Bodensee bewegen sich zwischen 160 und 850 Tonnen. Die Mengen in Rheinland-Pfalz zwischen 383 und 2030 Tonnen. Wobei von den Landwirten am Bodensee entweder nur Äpfel oder Äpfel und anderes Obst- dies jedoch in vernachlässigbar geringen Mengen- angebaut wird, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der gesamte Energieverbrauch eines Betriebes auf die angebauten Äpfel entfällt. In Rheinland-Pfalz hingegen werden neben Äpfeln auch weiteres Obst angebaut und gelagert. Der Endenergieverbrauch entfällt demzufolge auf die gesamte Erntemenge und nicht alleinig auf Äpfel. Da die Landwirte der befragten Betriebe in Rheinland-Pfalz hinsichtlich des Energieaufwandes keine Trennung zwischen den einzelnen Obstarten vornehmen können, wird davon ausgegangen, dass jede Obstsorte den gleichen Endenergieaufwand beansprucht. Um

zwei Regionen vergleichen zu können, müssen, wie bereits beschrieben, die Systemgrenzen identisch sein. Sowohl in der Arbeit von BERGENTHUM als auch in der vorliegenden Arbeit ist die Systemgrenze der jeweilige landwirtschaftliche Betrieb sowie der Transportweg mit eigenem oder gemieteten Fahrzeugen zum nächsten Lager- oder Vermarktungsort [BERGENTHUM 2006:17 f]. Die beiden Abbildungen 9 und 10 zeigen, dass die Landwirte am Bodensee einen niedrigeren Endenergieumsatz pro Tonne Erntegut und pro Hektar verzeichnen als die Landwirte in Rheinland-Pfalz. Die Endenergieumsätze der Höfe am Bodensee liegen trotz der niedrigeren Erntemengen und der kleineren Flächen unter den Umsätzen der rheinland-pfälzischen Betriebe. Gründe für den effizienteren Energieumsatz der Bodenseeregion können hinsichtlich des Apfelanbaus bessere geographische und klimatische Bedingungen sein. Das vorherrschende Klima am Bodensee ist für den Apfelanbau nahezu ideal: Der Bodensee gibt im Winter die im Sommer gespeicherte Wärme ab, somit werden strenge Fröste im Winter und Spätfrost gemildert oder verhindert. Eine hohe Sonneneinstrahlung und kühler werdende Herbstnächte begünstigen den Apfelanbau zusätzlich [BÜCHELE 2001]. Wie im Kapitel I, Abschnitt 2 Obstbauerhebungen in Deutschland und Rheinland-Pfalz bereits erwähnt, werden in der Bodenseeregion die meisten der deutschen Äpfel angebaut (32 Prozent). Rheinland-Pfalz rangiert hingegen gemeinsam mit Nordrhein-Westfalen an fünfter Stelle.

Lediglich Hof A und E machen Angaben dazu, dass der Betrieb im Winter beheizt wird. Die Landwirte der Höfe B, C und D geben an, dass der Energieverbrauch zum Beheizen des Betriebes vernachlässigt werden kann. Würden die Endenergieumsätze der Höfe A und E vom Energieverbrauch durch Heizen bereinigt werden, würde der Endenergieumsatz bei Hof A um 77 Prozent und bei Hof E um 15 Prozent sinken. Es würde sich eine neue Reihenfolge hinsichtlich der Endenergieumsätze pro Tonne Erntegut dergestalt ergeben, dass kein Ecology of Scale erkennbar ist.

Da der Endenergieumsatz von Hof A überwiegend aus dem Verbrauch von Obstgehölz zum Heizen des Betriebes besteht, wird zusätzlich zur Endenergiebilanz eine CO₂-Bilanz für die fünf Höfe in Rheinland-Pfalz erstellt. Abbildung 11 gibt Aufschluss über die CO₂-Bilanz und die jeweiligen Energieträger, die diese Bilanz beeinflussen. Im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit der genutzten Energieträger ist ein großer Vorteil bei Hof A zu erkennen. Durch die Verwendung des Gehölzes aus den Obstanlagen zur Wärmeerzeugung ergibt sich kein zusätzlicher Treibhauseffekt. Der Vorteil nachwachsender Rohstoffe liegt darin, dass sie weitgehend CO₂-neutral sind, da sie bei ihrer Nutzung- zum Beispiel als Wärmeerzeuger- nur die Menge an CO₂ abgeben, die sie während ihres Wachstums verbraucht

haben [FNR 2007]. Hof A belegt in Bezug auf die CO₂-Bilanz nunmehr Rang drei. Alle anderen Höfe geben ebenfalls an, den Verschnitt aus den Obstanlagen zum Heizen zu verwenden. Allerdings werden hiermit die privaten Haushalte beheizt, sodass dieser ökologische Vorteil nicht in die CO₂-Bilanz der Produktionsstätte einbezogen wird. Hof E nutzt zum Heizen des Betriebes Erdgas. Hinsichtlich der Umweltverträglichkeit bzw. des CO₂-Austoßes, ergibt sich ebenfalls ein Vorteil: Wie bereits im Kapitel II, Abschnitt 1.2 Energie und Energiebilanzen erwähnt, sinkt das Nutzbarkeitsniveau- und damit die Umweltverträglichkeit- bei jeder Umwandlung des Energieträgers in die nächsthöhere Stufe. Das von Hof E zum Heizen genutzte Erdgas wird in seiner Primärform verwendet, sodass die CO₂-Belastung geringer ist. Da Hof E allerdings einen hohen Elektroenergie- und Dieserverbrauch mit hoher CO₂-Emission verzeichnet, verschlechtert sich trotz des umweltschonenden Einsatzes von Erdgas die Position von Hof E von Rang vier bei der Endenergiebilanz auf Rang fünf bei der CO₂-Bilanz pro Tonne Erntegut.

Nach OBSTBAU sind die weltweit bedeutendsten Apfelsorten Red und Golden Delicious, Fuji, Gala, Idared und Jonagold [OBSTBAU 2007]. In den fünf Betrieben werden hauptsächlich die Sorten Elstar und Braeburn angebaut. Jonagold und Golden Delicious werden ebenfalls genannt. Zusätzlich werden Delbar und Pinova angebaut. Die Unterschiede zwischen den bedeutendsten Apfelsorten und den in Rheinland-Pfalz angebauten Sorten ergeben sich aufgrund klimatischer Voraussetzungen und regionaler Bevorzugung. Zusätzlich ist der Vergleich zwischen dem weltweiten Konsum und der Produktion von fünf Betrieben nicht aussagekräftig genug.

3 Kritik an der Arbeit

In dieser Arbeit werden fünf Höfe in Rheinland-Pfalz hinsichtlich ihres Endenergieumsatzes und CO₂-Emission bewertet. Auf diesen beiden Kriterien beruht die Einordnung der Betriebe in ‚effizient‘ und ‚weniger effizient‘. Der Begriff Ecology of Scale bedeutet allerdings übersetzt Ökologie des Betriebsgrößeneffektes, also die Umweltverträglichkeit pro Tonne Erntegut bzw. pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche. Um eine exakte Aussage über die gesamte Umweltverträglichkeit eines Betriebes und seiner Arbeit zu machen, müssen neben den beiden oben genannten Bilanzen noch weitere Bilanzen, wie zum Beispiel Bilanzen über den Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, einbezogen werden. Dieser Kritik muss sich auch die Professur für Prozesstechnik im Lebensmittel- und Dienstleistungsbereich der Universität Gießen stellen. Die Veröffentlichung der Dissertation von FLEISSNER 2002 mit Endenergie-daten regional und überregional erzeugter Lebensmittel (Lammfleisch und Fruchtsaft) und der damit verbundenen Aussage, regional erzeugte Lebensmittel könnten eine höhere Umweltbelastung aufweisen als überregional erzeugte Lebensmittel, zieht einige Kritiken nach sich. DEMMELER und BURDICK kritisieren in ihrem Artikel „Energiebilanz von regionalen Lebensmitteln“ in DER KRITISCHE AGRARBERICHT 2005 neben weiteren Aspekten auch den, dass die Untersuchung der Endenergiebilanz, als einziger von vielen weiteren Einflussfaktoren auf die Umwelt, keine signifikante Aussage über das umweltverträgliche Wirtschaften der Betriebe machen kann [DEMMELER 2005]. In der vorliegenden Arbeit wird zwar zusätzlich die CO₂-Bilanz zur Bewertung der Betriebe hinzugezogen, allerdings kann trotzdem noch keine signifikante Aussage über den tatsächlichen Ecology of Scale getroffen werden.

Weitere Kritikpunkte an der vorliegenden Arbeit sind die geringe Anzahl befragter Betriebe sowie die begrenzte betrachtete Region. Vier der fünf Betriebe stammen aus der Region um Mainz, sodass streng genommen lediglich die Region Mainz und Mainz-Bingen betrachtet werden. Nur ein Betrieb stammt aus dem Landkreis Ahrweiler. Aus den Angaben von lediglich fünf Betrieben kann ebenfalls keine Verallgemeinerung hinsichtlich der Endenergie und der CO₂-Emission auf alle deutschen Betriebe gezogen werden. Auch der Vergleich mit sieben Höfen aus der Bodenseeregion kann aufgrund der geringen Anzahl nicht verallgemeinert werden. Leider ist bei jeder der an der Professur für Prozesstechnik erstellten einzelnen Fallstudien ein Faktor für diesen Kritikpunkt verantwortlich: Die Betriebe, die von den Verfassern kontaktiert werden, sind nur selten zur Auskunft bereit. In der vorliegenden Arbeit sind Gründe dafür Zeitmangel, fehlendes Interesse und unvollständige bzw. nicht aufbereitete Daten seitens der Landwirte.

Weiterhin werden in den rheinland-pfälzischen Betrieben neben Äpfeln auch weitere Obstsorten angebaut. Da sich der Energieverbrauch der Produktionsstätte nicht separat für jede Obstsorte erfassen lässt, wird davon ausgegangen, dass alle Obstsorten, über das Jahr verteilt, den gleichen Energieverbrauch verbuchen. Somit ergeben sich auch Endenergieangaben in Kilowattstunde pro Tonne Erntegut und nicht pro Tonne Äpfel.

Die Daten der Erhebung stammen bei vier der fünf Betriebe aus dem Jahr 2006. Ein Betrieb legt Daten aus dem Jahr 2005 vor (Hof A). Dass der Energieverbrauch zwischen den einzelnen Erhebungsjahren variiert, zeigt das Beispiel des Elektroenergieverbrauchs bei Hof D: Im Jahr 2005 verbraucht Hof D 33.882 kWh Elektroenergie, im Jahr 2006 sind es hingegen nur 27.456 kWh. Solche Unterschiede werden in der vorliegenden Arbeit ebenfalls nicht erfasst. Die Daten aus dem Jahr 2006 der vier Höfe sind miteinander vergleichbar, jedoch können die Daten von Hof A aus dem Jahr 2005 eventuell von den anderen abweichen.

4 **Ausblick und Forschungsfragen**

In dieser Arbeit werden lediglich der Endenergieumsatz und die CO₂-Emission regionaler Betriebe in Rheinland-Pfalz erfasst. Ein Vergleich mit überregionalen oder gar globalen Betrieben wird nicht vorgenommen. Zur Vervollständigung der Arbeiten zum Ecology of Scale sollten zukünftige Arbeiten andere Aspekte untersuchen, die ebenfalls einen Teil der Umweltbelastung darstellen. Hierzu zählen zum Beispiel der Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, der Schadstoffausstoß der verwendeten Maschinen oder auch weitere Faktoren, wie die Landschaftspflege und die Erhaltung der Kulturlandschaft durch regionale Landwirtschaft.

Bei der Betrachtung ob regionale Landwirtschaft effizient oder sinnvoll ist, sollten jedoch nicht nur ‚harte Faktoren‘, wie die Endenergiebilanz oder andere Bilanzen herangezogen werden, sondern auch Aspekte, wie den Erholungswert, den solche Landschaften bieten oder auch den Gesundheitswert der Produkte aus den Regionen. Ein wichtiger Schritt für die Unterstützung dieser ‚weichen Faktoren‘ ist die Einführung eines Qualitäts- und Herkunftszeichens, welches die regionale Landwirtschaft fördert, den Absatz regionaler Produkte erhöht und den Landwirten ein sicheres Einkommen gewährleistet.

5 **Zusammenfassung**

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit umfasst die Untersuchung des Endenergieumsatzes bei der Apfelerzeugung in Rheinland-Pfalz.

Rheinland-Pfalz steht hinter Baden-Württemberg, Niedersachsen und Sachsen zusammen mit Nordrhein-Westfalen an fünfter Stelle der apfelproduzierenden Bundesländer in Deutschland. Milde Temperaturen, wenig Frost und Spätfrost, viel Niederschlag, hohe Sonneneinstrahlung, wenig Luftbewegung und saubere Luft sowie humose und tiefgründige Böden wirken sich positiv auf Quantität und Qualität des Apfelanbaus aus. In Rheinland-Pfalz sind diese Standortbedingungen vor allem in der Region Mainz und Mainz-Bingen gegeben. Hier befindet sich fast ein Drittel der Apfelanlagen in Rheinland-Pfalz.

Die Ökobilanz spielt bei der Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Produkten oder Prozessen eine entscheidende Rolle. Die Ökobilanz besteht aus der Energiebilanz und der Stoffbilanz. Zur Ermittlung des Endenergieumsatzes apfelerzeugender Betriebe in Rheinland-Pfalz, werden im März und Juni 2007 fünf Landwirte postalisch oder persönlich zu den Energieumsätzen des jeweiligen Betriebes befragt. Die Betriebe stammen aus der Region Mainz

und Mainz-Bingen und aus der Region Ahrweiler. Die Befragung erfolgt mittels eines standardisierten Fragebogens, der anhand der Vorlage von FLEISSNER 2002 entwickelt wird. Zusätzlich zur Endenergiebilanz wird ein Faktor aus der Stoffbilanz der Ökobilanz herangezogen: die CO₂-Emission. Aus den Angaben der Landwirte und den Berechnungen der Energieumsätze nach Energieträger und Hof, wird die jeweilige emittierte CO₂-Menge berechnet und in Kilogramm CO₂ pro Tonne Erntegut (kg/ t) angegeben. Der Endenergieumsatz der fünf Betriebe wird in Kilowattstunde pro produzierte Tonne Erntegut (kWh/ t) und in Kilowattstunde pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche (kWh/ ha) angegeben und liegt zwischen 66 und 539,8 kWh/ t bzw. zwischen 1.229 und 16.016,3 kWh/ ha. Bis auf einen Betrieb folgen alle vier Endenergieumsätze der ‚Gesetzmäßigkeit‘ des Ecology of Scale. Dieser besagt, dass mit steigender Betriebsgröße- hier in Bezug auf die geerntete Menge und die Größe der landwirtschaftlichen Fläche- der Endenergieumsatz pro Tonne bzw. pro Hektar sinkt. Ein Betriebe stellt hinsichtlich des Ecology of Scale ein Ausreißer dar. Gründe hierfür sind suboptimale Standortbedingungen, ein weiterer Anfahrtsweg zu der Plantage oder der ineffiziente Einsatz der Geräte und Maschinen.

Für einen innerdeutschen Vergleich werden die Daten von BERGENTHUM 2006 herangezogen. Diese Daten umfassen die Angaben zum Endenergieumsatz von sieben Höfen in der Bodenseeregion. Die Ergebnisse bestätigen- wie bei BERGENTHUM bereits gezeigt- ebenfalls einen Ecology of Scale. Die gesamte Erntemenge und die landwirtschaftliche Fläche der Höfe am Bodensee sind zwar kleiner als die in Rheinland-Pfalz, jedoch sind die Endenergieumsätze in kWh/ t und kWh/ ha ebenfalls niedriger. Im Vergleich zu den Betrieben aus Rheinland-Pfalz weisen die Betriebe vom Bodensee also eine effizientere Nutzung der Energie auf. Gründe hierfür sind darin zu finden, dass die Bodenseeregion hinsichtlich klimatischer Bedingungen nahezu ideal für den Apfelanbau ist.

Die berechneten Werte der CO₂-Emission in Rheinland-Pfalz liegen zwischen 20 und 77 kg/ t Erntegut. Die Aufteilung der emittierten CO₂-Mengen nach Energieträgern zeigt, dass Betriebe, die einen hohen Einsatz von Endenergieträgern, wie Elektroenergie, Diesel und Benzin, aufweisen auch eine größere Menge CO₂ emittieren. Betriebe, die Primärenergie (in diesem Fall Erdgas) oder Holz als nachwachsenden Rohstoff verwenden, weisen niedrigere CO₂-Werte auf. Begründet werden kann dies dadurch, dass bei jeder Umwandlung der Energieträger in die nächsthöhere Stufe (Primärenergie wird in Endenergie umgewandelt) das Nutzbarkeitsniveau sinkt und die Verluste unter anderem in Form von CO₂ an die Umwelt abgegeben werden. Holz als nachwachsender Rohstoff hingegen emittiert kein CO₂ bei der Verbrennung,

denn hierbei wird nur die CO₂-Menge an die Umwelt abgegeben, die während des Wachstums von der Pflanze aufgenommen wird.

Neben diesen ‚harten Faktoren‘ zur Effizienzbewertung regionaler Produkte spielen auch ‚weiche Faktoren‘ wie der Einfluss der regionalen Landwirtschaft auf die Erhaltung des Landschaftsbildes und der Kulturlandschaft sowie der Erholungswert solcher Landschaften und ihr Einfluss auf den Tourismus, eine Rolle. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit zusätzlich das Qualitäts- und Herkunftszeichen „Gesicherte Qualität – Rheinland-Pfalz“ beschrieben. Qualitäts- und Herkunftszeichen haben die Funktion, die Aufmerksamkeit für Produkte bestimmter Regionen zu erhöhen und damit den Absatz sowie die oben genannten ‚weichen Faktoren‘ zu fördern. Träger des Qualitätszeichens in Rheinland-Pfalz ist das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz. Hier können grundlegenden Informationen über diese Möglichkeit der Förderung regionaler Produkte bezogen werden. Für tiefgründigere Fragen wird im Juni 2007 ein Experteninterview mit Herrn RD Jörg Wagner vom Referat Weinmarkt, Weinmarketing, Agrarmarketing vom Ministerium anberaunt. Durch Gespräche mit Landwirten und nach der Auswertung des Experteninterviews zeigt sich, dass viele der Zeichennutzer den Vorteil dieses Qualitätszeichens noch nicht erkannt haben und die Optionen, die solch ein Zeichen bietet noch nicht ausgeschöpft sind. Die Werbung und die Hervorhebung des Nutzens regionaler Produkte werden in diesem Fall gerne dem Lebensmitteleinzelhandel überlassen.

Literaturverzeichnis

- [AGEB 2007] Homepage der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) vom 21.05.2007: Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland. <http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/VorwortA.pdf>
- [ARAL 2007] Homepage der Aral vom 10.06.2007: Frequently Asked Questions. Was wiegt ein Liter Benzin bzw. Diesel? <http://www.aral.de/aral/faq.do?categoryId=4000141&contentId=56034>
- [BECKER 2002] Becker T: Bedeutung und Nutzung geschützter Herkunftszeichen. Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages im Rahmen des TA-Projektes „Entwicklungstendenzen von Nahrungsmittelangebot und –nachfrage und ihre Folgen“ –Vertiefungsphase. Berlin: 2002.
- [BERGENTHUM 2006] Bergenthum L: Endenergieumsätze im Bereich der Apfelerzeugung am Bodensee. Studienarbeit an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen (2006).
- [BMWi 2002] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Zahlen und Fakten. Energie Daten 2002. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin 2002:53.
- [BMWi 2007] Homepage des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie vom 21.05.2007: Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-daten-gesamt,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>
- [BMU 2007a:37] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen- nationale und internationale Entwicklung. Berlin: Juni 2007.
- [BMU 2007b] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Hintergrundpapier Internationale Klimakonferenz vom 7.5. bis 18.5.2007 in Bonn. Berlin: Mai 2007.
- [BP 2007] Homepage der Deutschen BP vom 14.06.2007: CO₂-Fußabdruck. <http://www.deutschebp.de/sectiongenericarticle.do?categoryId=9008680&contentId=7016041>
- [BÜCHELE 2001] Büchele M: Kulturlandschaft Bodensee- vom Erwerbsobstbau geprägt. Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, 2001.
- [DEMMELE 2005] Demmeler M, Burdick B: Energiebilanz von regionalen Lebensmitteln. Eine kritische Auseinandersetzung mit einer Studie über Fruchtsäfte und Lammfleisch. In: Der kritische Agrarbericht. Hamm: ABL-Verlag: 2005:182 ff.
- [DETTMER 2006] Dettmer J: Mehr als eine Nische. Regionalvermarktung als Antwort auf die Globalisierung. In: Der kritische Agrarbericht. Hamm: ABL-Verlag: 2006:43 ff.
- [DIN EN ISO 14040] Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Umweltmanagement- Produkt-Ökobilanz- Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Fassung der DIN EN ISO 14040:2006.
- [www.einkaufen-auf-dem-bauernhof.com] Homepage der Fördergemeinschaft „Einkaufen auf dem Bauernhof“ vom 14.02.2007: Einkaufen auf dem Bauernhof, Bundesland Rheinland-Pfalz. <http://www.einkaufen-auf-dem-bauernhof.com/eadb.php>
- [ETTERLIN 1992] Etterlin G K, Hürsch P, Topf M: Ökobilanzen. Ein Leitfaden für die Praxis. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: BI Wissenschaftsverlag: 1992:28 f.
- [EUREPGAP 2007] Homepage des EUREPGAP vom 19.06.2007: Was ist EurepGAP? <http://www.eurepgap.org/Languages/German/about.html>
- [EUROSTAT 1988] Eurostat: Energiebilanzen, Prinzipien und Methoden. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaft: 1988:5 ff.
- [FAUST 2005] Faust U: Gemeinschaftsmarketing für Lebensmittel unter dem Einfluss von EU-Recht und Verbraucherverhalten- das Beispiel „Geprüfte Qualität – Hessen“. Gießen: Arbeitsbericht Nr. 39. Institut für Agrarpolitik und Marktforschung der Justus-Liebig-Universität Gießen: 2005.
- [FILLER 2007] Filler R: Die Dachmarke Rhön - Qualität mit Brief und Siegel - Den Ruf der Rhöner Produkte stärken. In: Mitteilungen aus dem Biosphärenreservat Rhön. Kaltensundheim: Biosphärenreservat Rhön/ Verwaltung Thüringen (Hrsg.): Heft 12/2007.
- [FLEISSNER 2002] Fleissner U: Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel. Aachen: Shaker Verlag: 2001.

- [FNR 2006:90] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Biokraftstoffe. eine vergleichende Analyse. Gützlów: 2006:90.
- [FNR 2007:62, 65] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Handbuch. Bioenergie-Kleinanlagen. 2. vollst. überarb. Aufl. Gützlów: 2007:62, 65.
- [FRAUNHOFER 2005] Homepage des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltung IIS vom 10.06.2007: MP 3 wird 10 Jahre. http://www.iis.fraunhofer.de/pr/Presse/pressemitteilungen_2005/20050712_PM_MP3.jsp
- [GOTHE 2003] Gothe D: Regional oder Bio? Perspektiven für die regionale Vermarktung von Bio-Lebensmitteln. In: Der kritische Agrarbericht. Hamm: ABL-Verlag: 2003:178 ff.
- [GROB 2007] Grob K-F: Persönliche Mitteilung vom 15.06.2007. Biosphärenreservat Rhön Verwaltung Thüringen, Mittelsdorfer Straße 23, 98634 Kaltensundheim, Telefon: 036946 3820, poststelle.rhoen@br-np.thueringen.de
- [www.heimat-schmeckt.com] Homepage des Heimat schmeckt! e.V. vom 14.02.2007: Heimat schmeckt! Direktvermarkter. <http://www.heimat-schmeckt.com>
- [i.m.a e.V. 2007] Homepage des information.medien.agrar e.V. vom 16.02.2007: Integrierter Pflanzenbau. Integrierter Pflanzenschutz. http://www.ima-agrar.de/index_Lexikon_I.htm
- [JUNGBLUTH 2000] Jungbluth N: Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Abhandlung zur Erlangung des Titels Doktor der Technischen Wissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Zürich: 2000.
- [KRAMER 1984] Kramer S: Obstproduktion. 2. Aufl. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag: 1984.
- [KRAUSE 2005] Krause F: Prozesskettenanalyse für Rindfleisch aus Argentinien. Masterarbeit an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen (2005).
- [MWVLW 2007a] Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz vom 03.03.2007: Richtlinien für die Nutzung des Qualitätszeichens des Landes Rheinland-Pfalz „Gesicherte Qualität mit Herkunftsangabe“. <http://www.mwvlw.rlp.de/internet/nav/6b3/6b30c963-8901-e013-3e2d-ce3742f22936&class=net.icteam.cms.utils.search.AttributeManager;uBasAttrDef=aaaaaaaa-aaaa-aaaa-eeee-000000000008.htm>
- [MWVLW 2007b] Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz vom 03.03.2007: Wer sind Lizenznehmer? <http://www.mwvlw.rlp.de/internet/nav/6b3/6b30c963-8901-e013-3e2d-ce3742f22936&class=net.icteam.cms.utils.search.AttributeManager;uBasAttrDef=aaaaaaaa-aaaa-aaaa-eeee-000000000008.htm>
- [MWVLW 2007c] Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz vom 03.03.2007: Kontroll- und Sanktionssystem. <http://www.mwvlw.rlp.de/internet/nav/6b3/6b30c963-8901-e013-3e2d-ce3742f22936&class=net.icteam.cms.utils.search.AttributeManager;uBasAttrDef=aaaaaaaa-aaaa-aaaa-eeee-000000000008.htm>
- [MWVLW 2007d] Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz vom 03.03.2007: Pflichtenheft für den Produktbereich Kernobst. <http://www.mwvlw.rlp.de/internet/nav/6b3/6b30c963-8901-e013-3e2d-ce3742f22936&class=net.icteam.cms.utils.search.AttributeManager;uBasAttrDef=aaaaaaaa-aaaa-aaaa-eeee-000000000008.htm>
- [N-TV 2007] Homepage des Fernsehsenders N-TV vom 28.07.2007: Der Treibhauseffekt- lebenswichtig, lebensgefährlich. <http://www.n-tv.de/761016.html>
- [OBSTBAU 2007] Homepage der Bundesfachgruppe Obstbau vom 19.02.2007: Der Kulturapfel- eine 12.000 jährige Geschichte. <http://www.obstbau.org/content/service/wissenswertes/kulturapfel.php>
- [PETERSEN 2007] Petersen A: Persönliche Mitteilung vom 16.05.2007. Genossenschaftsverband Frankfurt e.V., 62 - Marketing und Öffentlichkeitsarbeit, Wilhelm-Haas-Platz, 63263 Neu-Isenburg / Zeppelinheim-Ost, Telefon: 069 6978-258, andreas.petersen@genossenschaftsverband.de
- [SCHATT 2007] Schatt F: Persönliche Mitteilung vom 15.05.2007. Bauern- und Winzerverband Rheinland-Pfalz Süd e.V., An der Brunnenstube 33-35, 55120 Mainz, Telefon: 0 61 31 / 62 05-0, info@bwv-rlp.de
- [SCHLICH 2005] Homepage der Justus-Liebig-Universität Gießen vom 13.06.2007: Abschlussbericht zum Projekt: Vergleichende Ermittlung des Endenergieumsatzes der Lebensmittelbereitstellung aus regionalen und

- globalen Prozessketten. http://www.uni-giessen.de/fbr09/pt/PT_Publikationen/Schlich_DFG_Kurzfassung_2005.pdf
- [SCHLICH 2007] Schlich E: Folien zur Vorlesung Prozesstechnisches Labor. Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen (2007).
- [SCHRÖDER 2007] Schröder S: Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln. Dissertation an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen (2007).
- [STATISTISCHES JAHRBUCH 2006] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. 50. Ausgabe. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH: 2006.
- [STLA RLP 2003] Homepage des Statistischen Landesamtes Rheinland-Pfalz vom 01.01.2007: Struktur des Obstanbaus in Rheinland-Pfalz. <http://statistik.rlp.de/verlag/monatshefte/2003/02-2003-037.pdf>
- [STLA RLP 2006] Homepage des Statistischen Landesamtes Rheinland-Pfalz vom 07.01.2007: Statistisches Jahrbuch Rheinland-Pfalz 2006. <http://www.statistik.rlp.de/verlag/gesamt/sonstiges/jahrbuch2006.pdf>
- [STRECKER 1996:390] Strecker, O, Reichert, J, Pottebaum, P: Marketing in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Grundlagen, Strategien, Maßnahmen. Frankfurt am Main: DLG-Verlags GmbH: 1996:390.
- [STRAUB 1998] Strauß E, Novak R: Obstbau Praxis. Anlage Pflege Ernte Lagerung Sorten. 2.überarbeitete Aufl. Klosterneuburg: Österreichischer Agrarverlag: 1998.
- [UBA 2000] Homepage des Umweltbundesamtes vom 26.02.2007: Hintergrundpapier: Ökobilanz Getränkeverpackungen für alkoholfreie Getränke und Wein. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrundpap_oekobilanz.pdf
- [VDEW 2005] Homepage des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft vom 14.06.2007: Wo kommt der Strom von morgen her? http://www.strom.de/vdew.nsf/id/DE_Versorgungssicherheit
- [VERLAGSUNION AGRAR 1978] Verlagsunion Agrar: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 8.erweiterte Aufl. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH: 1978.
- [WAGNER 2007] Experteninterview zum Qualitätszeichen Rheinland-Pfalz „Gesicherte Qualität mit Herkunftsangabe“ mit Herrn RD Jörg Wagner. Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Referat 8503: Weinmarkt, Weinmarketing, Agrarmarketing. 01.06.2007.
- [ZMP 2006] Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (ZMP) (Hrsg.): ZMP-Marktbilanz. Obst 2006. Deutschland, EU, Weltmarkt. Bonn: Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH: 2006.

Justus-Liebig-Universität Gießen

Fachbereich 09

Agrarwissenschaften, Ökötrophologie und Umweltmanagement

Professur für Prozesstechnik

in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben

Masterarbeit

Energiebilanzierung im Apfelanbau unter Einbeziehung regionaler Aspekte an der Niederelbe

gestellt von: Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich
betreut von: Dipl.oec.troph. Susanne Schröder
angefertigt von: Juliane Friederike Dolberg (BSc, cand. MSc)

Gießen, im Oktober 2007

Kurzfassung

Basierend auf der Endlichkeit der Energieressourcen sowie der Notwendigkeit des Umweltschutzes ist das Ziel der vorliegenden Untersuchung die Erstellung einer Endenergiebilanz der Apfelproduktion an der Niederelbe. Für die Berechnungen wird der Energieaufwand in Form von Elektroenergie, Kraftstoff, Heizöl und Gas über Fragebögen und Interviews ermittelt. Der Energieumsatz der Maschinen und Fahrzeuge, die bei Anbau, Ernte, Lagerung, Sortierung und Transport der Äpfel Verwendung finden, wird unter Berücksichtigung des Produkt- und Flächenbezuges ermittelt, sofern die Arbeitsschritte in den Aufgabenbereich des untersuchten Betriebes fallen. Darüberhinaus stellt sich die Frage, ob der Einsatz von erneuerbaren Energien erfolgt oder geplant ist.

An acht Betrieben wird untersucht, ob der produkt- und flächenbezogene flüssige Brennstoff- sowie Endenergiebedarf der kleineren Betriebe je Einheit Erntemenge bzw. Anbaufläche höher ist als bei größeren Betrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass größere Unternehmen effizienter produzieren als kleinere. Die unterschiedlichen Absatz- und Lagerungsverfahren verursachen erhebliche Schwankungen in den Energieumsätzen der Betriebe. Die Spannweite der Ergebnisse innerhalb einer Bewirtschaftungsart im Gebiet der Niederelbe spricht für das Vorhandensein von Optimierungspotential.

Mit Hilfe des Gesetzgebers erschließen sich dem Obstbauer im Alten Land durch den Einsatz erneuerbarer Energien zusätzliche Einkommensquellen. Das Anfallen des Holzschnittes und die Nähe zur Nordsee wegen der hohen Windgeschwindigkeiten können dazu genutzt werden. Es ist eine Aufgabe der Beratung, den Bauern Ratschläge zur Umsetzung dieser Möglichkeiten zu geben. Die erforderlichen Investitionen erscheinen zunächst hoch, sind aber in Hinblick auf den Nutzen für den eigenen Betrieb rentabel und helfen Umweltbelastungen zu verringern.

Aufgrund des kleinen Kollektivs, der schwierigen Datenlage und der Streuung der Ergebnisse sind lediglich Tendenzen für die Region Niederelbe festzustellen. Es ergibt sich die Notwendigkeit weiterer und noch genauerer Analysen, die aufzeigen, an welchen Stellen die meiste Energie in einem Betrieb umgesetzt wird. Dies ist eine Voraussetzung, um ein mögliches Einsparpotential beim Energieumsatz sicher nachweisen und beurteilen zu können.

Abstract

Because of the finiteness of the fossil resources and the need for environmental protection the intention of this survey is to evaluate the energy balance in orcharding in the "Niederelbe"-area, sited in the northern part of Germany. Data collected with questionnaires and interviews are used to calculate the energy input of electrical energy, fuel, fuel oil and gas. The questionnaires provide information about the energy turnover needed for cultivation, harvest, storage, packing, distribution and the machines and vehicles in use. In order to compare various farms, it is also important to obtain detailed information about their apple yields per year and acreage. Furthermore the farmers were asked if they plan to or already use renewable energy sources.

This paper investigates at eight farms the interconnections between the energy turnover, separated into fuel energy and electrical energy, and yields respectively acreage. As a result it can be concluded, that bigger farms operate more efficiently than smaller ones. Considerable differences between distribution and the ways to store apples lead to large variances in the energy turnover of the individual farms. The considerable spread between individual results indicates that there probably is sufficient potential for improving the procedures of operation.

The Renewable Energy Sources Act presents the farmers new sources of income. The availability of wood residuals from pruning the orchards as well as the vicinity of the North Sea can be used. There is a need for advising the farmers regarding the opportunities for sensible use of renewable energy sources. It seems that the capital investment is quite high. But in fact the use of renewable energy can improve not only the financial situation of a farm but also decreases ecological damages.

There are only rather few data available for this study. That is why this paper can only show tendencies of energy turnover in the region of the Niederelbe. More analyses are needed to identify the specific processes in the system where most energy is required. This is important in order to get more accurate and comparable results. Scientifically it seems to be worthwhile to do some more energy balances to demonstrate and evaluate the saving potential concerning the energy turnover in apple cultivation.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	140
Tabellenverzeichnis	141
Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen	142
1 Einleitung	143
2 Stand des Wissens	145
2.1 Obstbau an der Niederelbe	145
2.2 Integrierte Produktion	149
2.3 Methode der Ökobilanz	150
2.4 Energiebedarfe bei der Apfelproduktion	153
2.5 Einsatz von erneuerbaren Energien	156
3 Material und Methoden	163
3.1 Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen	163
3.2 Datenerfassung	163
3.3 Auswertung	164
4 Ergebnisse	167
4.1 Darstellung der untersuchten Betriebe	167
4.2 Darstellung der Endenergieumsätze	173
5 Diskussion	179
5.1 Grenzen der bisherigen Forschung	179
5.2 Methodenkritik	180
5.3 Reflexion der Ergebnisse	181
5.4 Grenzen der eigenen Untersuchung	189
5.5 Forschungsbedarf	190
5.6 Handlungsbedarf	191
6 Zusammenfassung	193
Literaturverzeichnis	195

Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abb. 1	Karte des Alten Landes Maßstab 1:100000	145
Abb. 2	Anteile der Bundesländer an der Apfelernte 2006	146
Abb. 3	Apfelverbrauch in Deutschland nach Herkunftsländern 1998-2002	147
Abb. 4	Flächenanteile der Apfelsorten in Niedersachsen 2002	148
Abb. 5	Zieldreieck des kontrollierten Integrierten Anbaus	149
Abb. 6	Energiepolitisches Zieldreieck	158
Abb. 7	Anteile an der Strombereitstellung im Jahre 2006	159
Abb. 8	Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2006 (Gesamt: 72,7 TWh)	159
Abb. 9	Umsatz der verschiedenen Energieträger der einzelnen Betriebe	174
Abb. 10	Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t]	174
Abb. 11	Brennstoffverbrauch pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t]	175
Abb. 12	Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Anbaufläche [ha]	175
Abb. 13	Brennstoffverbrauch pro ha Anbaufläche [kWh/ha] in Abhängigkeit von der Anbaufläche [ha]	176
Abb. 14	Endenergieumsatz [kWh] bezogen auf die Erntemenge [t]	176
Abb. 15	Endenergieumsatz pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] bezogen auf die Erntemenge [t]	177
Abb. 16	Endenergieumsatz [kWh] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha]	177
Abb. 17	Endenergieumsatz pro ha Anbaufläche [kWh/ha] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha]	178
Abb. 18	Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] ohne die Betriebe B und D	185
Abb. 19	Brennstoffverbrauch pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] ohne die Betriebe B und D	185
Abb. 20	Brennstoffverbrauch [kWh] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] ohne die Höfe B und D	186
Abb. 21	Brennstoffverbrauch pro ha Anbaufläche [kWh/ha] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] ohne die Höfe B und D	186

Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tab. 1	Terminologie der Lagerverfahren	155
Tab. 2	Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ausgewählter regenerativer Energiequellen	162
Tab. 3	Die Energieträger unter Angabe des Heizwertes und der Dichte	165
Tab. 4	Umrechnung der Energieträger in Volumen	165
Tab. 5	Umrechnung der Energieträger in den Heizwert bezogen auf die Masse und auf das Volumen	165
Tab. 6	Merkmale der untersuchten Betriebe	170
Tab. 7	Minimum, Maximum und Mittelwerte der Produktionsfläche, der Apfelanbaufläche, der Ernte, des Ertrags, des Energieumsatzes und des Treibstoffverbrauchs der untersuchten Betriebe	170
Tab. 8	Endenergieumsätze der einzelnen Betriebe	172
Tab. 9	Übersicht der verwendeten flüssigen Brennstoffe der Betriebe	173
Tab. 10	Minimaler, maximaler und Mittelwert des produkt- sowie flächenbezogenen Endenergieumsatzes	173

Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen

Abkürzungen

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V.
AKW	Atomkraftwerk
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BWE	Bundesverband Windenergie e. V.
CA	Controlled Atmosphere (Geregelte Atmosphäre)
CAES	Compressed Air Energy Storage (Druckluftspeicher)
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EN	Europäische Norm
ISO	International Organization for Standardization
JLU	Justus-Liebig-Universität
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LCA	Life Cycle Assessment (Produktlinienanalyse)
MCP	1-Methylcyclopropan
NAGUS	Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes
OVb	Obstbau-, Versuchs- und Beratungszentrum in Jork
R ²	Bestimmtheitsmaß
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SI	Internationales Einheitensystem (System International)
UBA	Umweltbundesamt
ULO	Ultra Low Oxygen
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft

Größen und Einheiten

A	Fläche	ha
m	Masse	kg oder t
P	Leistung	Watt
V	Volumen	l oder m ³
W	Arbeit/Energie	kWh oder MJ (1kWh= 3,6 MJ)
ρ	Dichte	kg/m ³

Verwendete SI-Vorsätze

h	Hekto	10 ²
k	Kilo	10 ³
M	Mega	10 ⁶
G	Giga	10 ⁹
T	Tera	10 ¹²

1 Einleitung

Bei der Produktion von Lebensmitteln und auch bei anderen Wirtschaftsgütern steht häufig der dazu erforderliche Energieumsatz im Mittelpunkt des Interesses. Für viele Erzeugnisse ergeben sich aufgrund des Energiebedarfs die größten Kostenanteile zur Herstellung der Produkte. Die richtige Wahl der Maschinen und Energieträger bedeutet Einsparung von Energieinput, wodurch nicht nur die Kosten gesenkt, sondern ebenfalls die Umwelt geschont wird. Die Betrachtung der Energieumsätze in den Betrieben ist also vorrangig vorzunehmen, wenn es um Fragen der Optimierung geht. Auch bei der Apfelproduktion ist der Energieeinsatz zu untersuchen und zu beurteilen, um denkbare Energieformen und technische Möglichkeiten der einzelnen Betriebe ermitteln und ändern zu können. Eine entscheidende Größe zur Vergleichbarkeit der Betriebe ist die Höhe des gesamten Energieumsatzes je erzeugter Produkteinheit (t Apfel) oder je eingesetzter Flächeneinheit (ha), die zu analysieren ist.

Unklar ist, in welchen Bereichen der Apfelproduktion die meiste Energie umgesetzt wird und wo Einsparpotential besteht. Von besonderem Interesse ist zusätzlich, inwieweit erneuerbare Energien bei der Produktion sinnvoll eingesetzt werden können und welche Formen geeignet sind.

Aufgrund der Tatsache, dass der Apfel, das beliebteste Obst in Deutschland [ELLINGER 2006], zu 50 % seines Verbrauches hier angebaut wird [KECKL 2005] und die Betrachtung des Energieaufwandes für Optimierungsprozesse notwendig ist [GEIER 2000a; MILÁ I CANALS 2006], erfolgt in dieser Arbeit die Energiebilanzierung in der Apfelerzeugung. Zur Lösung der Problemstellung wird ein Fragebogen herangezogen, der den energetischen Aufwand für die Produktion, Lagerung, Sortierung und Transport von Äpfeln erfasst, sofern der jeweilige Betrieb dies durchführt. Darüberhinaus wird erfragt, ob der Einsatz erneuerbarer Energien besteht oder geplant ist. Die Untersuchungen erfolgen an der Niederelbe. Dies ist das größte zusammenhängende Obstanbaugebiet Deutschlands. In dem Erneuerbare-Energien-Gesetz, gibt die Bundesregierung vor, bis zum Jahr 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieumsatz auf 20 % anzuheben [BMU 2007b]. In Hinblick darauf soll mit dieser Arbeit auch verdeutlicht werden, in welchem Bereich der Apfelerzeugung welche Energieformen sinnvoll eingesetzt werden können. In den letzten Jahren ist zunehmend bewusst geworden, dass der Umweltschutz und damit der Energieumsatz sehr wichtig sind. Mögliche Optimierungsprozesse sind immer wieder untersuchenswert, damit das Obstanbaugebiet an der Niederelbe auch weiterhin mit anderen Obstanbaugebieten konkurrieren und energieeffizient produzieren kann.

Zur Untersuchung des Sachverhalts werden folgende Hypothesen formuliert, die im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden sollen:

- Für die Lagerung von Obst benötigt ein Betrieb den größten Teil seines Energieumsatzes.
- Der Einsatz erneuerbarer Energien ist in Planung.

Die Arbeit beleuchtet zunächst den Hintergrund zur Energiebilanzierung im Apfelanbau. Dazu werden der Obstanbau an der Niederelbe mit Blick auf die Integrierte Produktion sowie die Methode der Ökobilanz mit dem Schwerpunkt der Energiebilanz betrachtet. Die Energiebedarfe der Apfelproduktion und der Einsatz erneuerbarer Energie schließen sich daran an. Im dritten Kapitel werden die Bilanzgrenze der eigenen Erhebung und der verwendete Fragebogen beschrieben, im vierten und fünften die gewonnenen Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Daran anschließend wird die Arbeit zusammengefasst wiedergegeben.

2 Stand des Wissens

2.1 Obstbau an der Niederelbe

Das Anbaugbiet Niederelbe liegt am niedersächsischen und am Hamburger Elbufer [KECKL 2005]. Bekannt als „Das Alte Land“ ist es das größte geschlossene Obstanbaugebiet Deutschlands mit einer fast 700 Jahre alten Obstbau-Tradition [OBSTBAU 2007a]. Das Gebiet erstreckt sich südwestlich von Hamburg bis Stade auf einer Länge von ca. 30 km und auf einer Breite von drei bis sechs km südlich der Elbe bis zum Geestrücken [ANDERBON 2005]. Es ist in drei Meilen aufgegliedert. Zwischen Stade und Lühe¹ befindet sich die erste Meile, zwischen Lühe und Este die zweite. Die dritte Meile liegt zwischen Este und Hamburg.



Abb. 1: Karte des Alten Landes Maßstab 1:100000 [NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT LANDESVERMESSUNG 1991, zitiert nach: ANDERBON 2005:4]

Das gesamte Gebiet ist ca. 170 km² groß, liegt 75 km von der Elbmündung entfernt und im ozeanischen Klimabereich. Die überwiegend milden Winter entstehen sowohl durch die nahe Lage zum Meer und zur Elbe als auch durch die frostmildernde Wirkung der Entwässerungsgräben, die das gesamte Gebiet durchziehen. Der Frühling setzt später ein als in südlicheren Obstanbaugebieten (z. B. am Bodensee). Zudem kommt es immer wieder zu späten Strahlungsfrösten² [ANDERBON 2005]. Die Sommer sind mäßig warm, regnerisch und sonnenscheinarm [GEIER 2000a].

¹ Die Lühe und die Este sind Elbnebenflüsse.

² Strahlungsfrost entsteht bei trockener, ruhiger Luft und klarem Himmel durch Wärmeverlust des Bodens. Unmittelbar am Erdboden ist die Ausstrahlung am größten, so dass hier die Temperaturen am tiefsten absinken [ANDERBON 2005].

Im Alten Land befinden sich 94 % der niedersächsischen Baumobstflächen. Von der zu Niedersachsen gehörenden 8391 ha großen Altländer Baumobstfläche sind 7358 ha (87,7 %) mit Apfelbäumen bepflanzt [SAUER 2007]. Die Gesamtobstfläche der Niederelbe umfasst ca. 10500 ha, der Apfelanbau beläuft sich mit 89,3 % der Baumobstfläche (9872 ha) auf 8816 ha [OVV 2007].

Daten aus dem Jahr 2006 zeigen auf, dass Niedersachsen (Altes Land und Vechta-Langförden) und Hamburg zusammen 31 % der Apfelernte Deutschlands (vgl. Abb. 2) auf einem Flächenanteil von 27 % erwirtschaften. Der Ertrag in Hamburg liegt 2005 deutschlandweit führend bei 442,3 dt/ha (im Vorjahr: 324,1 dt/ha). An zweiter Stelle steht Niedersachsen mit 334,4 dt/ha (im Vorjahr: 292,8 dt/ha) [ELLINGER 2006, STATISTISCHES BUNDESAMT 2007].

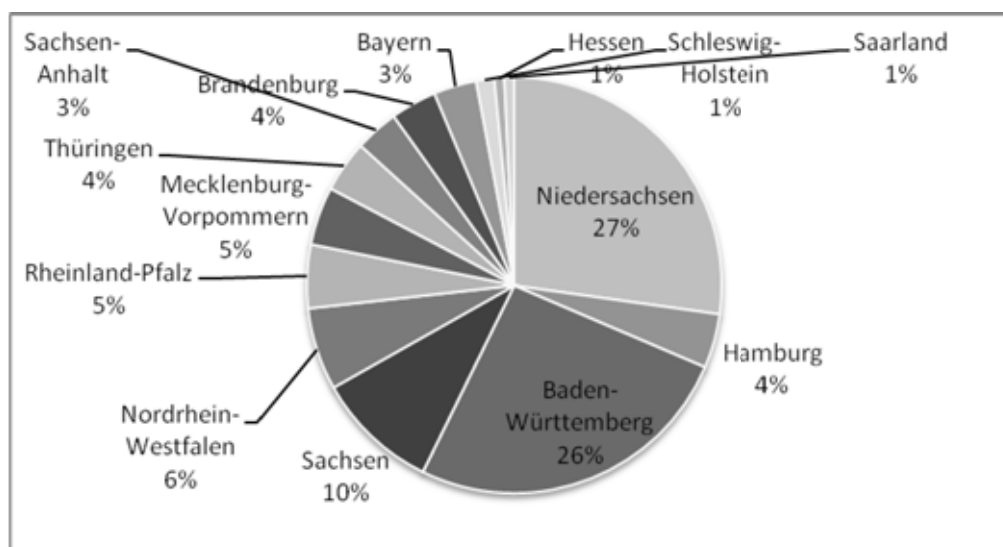


Abb. 2: Anteile der Bundesländer an der Apfelernte 2006 [STATISTISCHES BUNDESAMT 2007]

Der Marktverbrauch an Äpfeln in Deutschland nach Herkunftsländern ist in Abb. 3 dargestellt. Der Verkauf von Äpfeln beträgt in Deutschland pro Jahr rund 1,5 Mio. t, dies entspricht 18,6 kg/Kopf. Es ergibt sich ein Importanteil von 51 %. Etwa 13 % der in Deutschland verkauften Äpfel stammen von der Niederelbe. Die wichtigsten Konkurrenten am Markt kommen aus Italien, Baden-Württemberg und den Niederlanden. Aus Neuseeland werden 4 %, aus Argentinien und Südafrika je 2 % importiert. Die Importe betragen rund 0,76 Mio. t Äpfel pro Jahr, die Exporte 0,07 Mio. t. Werden Apfelsäfte mit in den Verzehr eingerechnet, steigt der Apfelverbrauch auf über 30 kg/Kopf und der Importanteil auf 70 % [KECKL 2005].

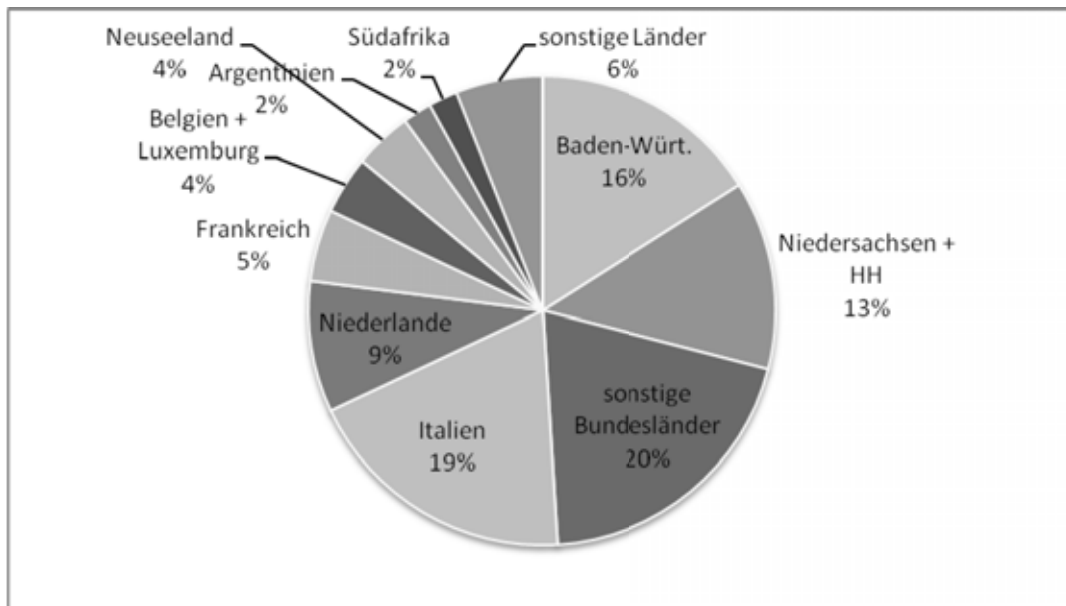


Abb. 3: Apfelverbrauch in Deutschland nach Herkunftsländern 1998-2002 [KECKL 2005]

Der Baumobstanbau in Niedersachsen wird im Jahr 1997 von 1211 Betrieben bewirtschaftet [SAUER 2007]. Im Jahr 2002 sind es 1064 Betriebe [KECKL 2005], noch 755 Obstbauern sind es im Jahr 2006. Die Zahl der Baumobst anbauenden Betriebe ist damit in den letzten 10 Jahren um ein Drittel zurückgegangen, die Baumobstfläche nahezu gleich geblieben [SAUER 2007].

Während vor 20 Jahren besonders die Sorten Boskoop, Gloster und Cox Orange angebaut werden, ist heute die Sorte Elstar die bedeutendste Sorte im Alten Land. Sie wird auf 2192 ha angebaut. Jonagored folgt ihr mit 1327 ha. Die Anbaufläche von Jonagold beträgt 679 ha und von Holsteiner Cox 648 ha [SAUER 2007]. Die Flächenanteile der verschiedenen Apfelsorten im Jahr 2002 sind in Abb. 4 zu sehen. Allerdings ist der Anteil der Neupflanzungen dieser Sorten in den letzten Jahren zugunsten neuerer wie Braeburn, Jonaprince, Kanzi und Rubens zurückgegangen [SAUER 2007].

Die Sorten unterscheiden sich in Bezug auf den Geschmack, die Lagerfähigkeit, die Reifezeit, spezielle Empfindlichkeiten, das Aussehen, den Preis und den jährlichen Ertrag. Die Auswahl der geeigneten Sorten ist daher von außergewöhnlicher Wichtigkeit. Schon heute wäre es wirtschaftlich sehr interessant zu wissen, welche Sorten in zwei bis fünf Jahren stärker nachgefragt werden. Laut KECKL dient ein gewisser Sorten- und Standortmix der Sicherheit. Ein Obstbauer kann sich wegen der hohen Pflanzenkosten pro Hektar und der ertragschwachen Anwachsjahre in der Sortenfrage eigentlich keine Fehlstarts erlauben [KECKL 2005].

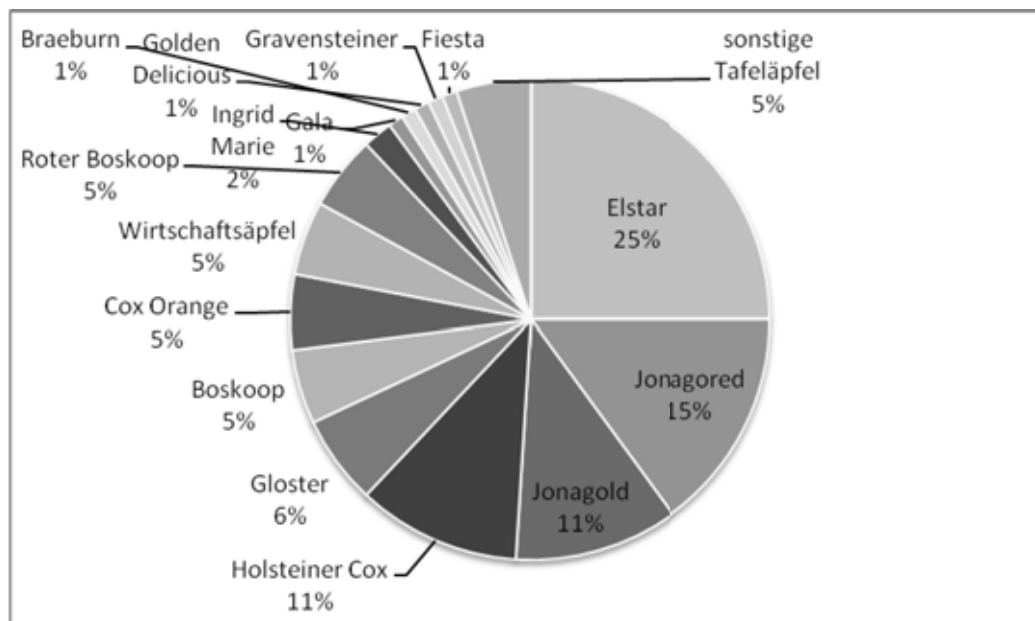


Abb. 4: Flächenanteile der Apfelsorten in Niedersachsen 2002 [KECKL 2005]

Der Obstanbau an der Niederelbe ist unter anderem gekennzeichnet durch die Konzentration auf den Apfel, große Ertragsschwankungen, einen Rückgang der Anzahl der Betriebe seit 1972 um 72 % und wachsende Betriebsgrößen [KECKL 2005]. Im Gegensatz zur Niederelbe wird in anderen Gegenden der Anbau zur Risikostreuung mit alternativen Einkommensarten verbunden, in Baden-Württemberg mit Weinanbau, in Südtirol mit dem Fremdenverkehr, in den Niederlanden mit Gemüse [KECKL 2005].

Vermarktet wird das Obst zum größten Teil indirekt über die Obsterzeugerorganisationen Elbe-Obst, Marktgemeinschaft Altes Land, Godeland, Altländer Obst und diverse freie Händler. Direkt vermarktet werden ca. 10 % der Ware [OBSTBAU 2007a]. Durch die Konzentration des Anbaus auf wenige Gemeinden gibt es kurze Wege für Waren, Kontakte und Informationen [KECKL 2005].

Die Obstproduktion wird durch das Obstbau-, Versuchs- und Beratungszentrum unterstützt. Unter einem Dach wird die obstbauliche Forschung und Beratung betrieben. Für das Versuchswesen ist die Obstbauversuchsanstalt der Landwirtschaftskammer Hannover zuständig. Der angegliederte 35 ha große Versuchsbetrieb „Esteburg“ testet zurzeit im Segment Apfel über 300 Sorten. Die Beratung übernimmt der Obstbauversuchsring des Alten Landes e. V. sowie der Öko-Obstbau Norddeutschland Versuchs- und Beratungsring e. V. [OBSTBAU 2007a]. Um konkurrenzfähig zu bleiben, müssen die Apfelproduzenten stets effizient erzeugen und absetzen. Dazu haben sie sich ständig den Erneuerungen und Effizienzsteigerungsmöglichkeiten anzupassen [KECKL 2005].

2.2 Integrierte Produktion

Im Alten Land wird mit 82 % Flächenanteil vorwiegend nach dem Prinzip der Integrierten Produktion gewirtschaftet. Nur wenige Obstbauern arbeiten nach der Methode des ökologischen Anbaus. Dieser beläuft sich auf 5 % Flächenanteil [GEIER 2000a].

Nach Definition ist „der kontrollierte Integrierte Anbau [...] die wirtschaftliche Erzeugung von qualitativ hochwertigem Obst [...] unter vorrangiger Berücksichtigung ökologisch abgesicherter Methoden und unter Beachtung ökonomischer Erfordernisse [BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE 2006:2].“ Abb. 5 stellt die Inhalte gegenüber.

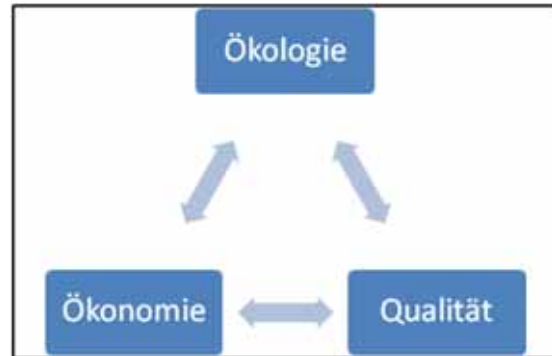


Abb. 5: Zieldreieck des kontrollierten Integrierten Anbaus

Dabei sind die Ziele des kontrollierten Integrierten Anbaus zum einen die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit sowie die Erhaltung und Steigerung der Artenvielfalt. Zum anderen werden ein verminderter Betriebsmittelaufwand durch standortgerechte und umweltschonende Arbeitsweise, die Gewährleistung einer hohen Qualität des Obstes bei gleichzeitiger Schonung der Produktionsgrundlagen Boden und Wasser sowie die Stärkung der Widerstandskraft der Bäume gegen Schadorganismen gesichert. Schädliche Auswirkungen wie Bodenerosion, Überdüngung, Belastung des Bodens und des Grundwassers durch Pflanzenschutzmittel werden vermieden [BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE 2006, HEITEFUSS 1994, OBSTBAU 2007b].

Produktionstechnisch ist der Integrierte Anbau ein umweltschonendes Verfahren, das sich gegenüber der ökologischen Richtung stärker an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientiert. Eingesetzt werden dürfen:

- nur zugelassene Pflanzenschutzmittel
- nur nützlicherschonende Mittel
- keine Mittel mit Wasserschutz-Auflage³
- keine Wachstumsregulatoren (außer zur Blütenausdünnung) [TIEMANN 2007].

³ Wasserschutz-Auflage: Wirkstoffe, die nach Untersuchungen der BBA als besonders zur Versickerung neigend angesehen werden, erhalten die W-Auflage. Je nach Mittel ist eine besondere Abstandshaltung zu Gewässern einzuhalten (Gewässer-, Bienengefährdung) [Kozel 1992].

Pflanzenschutzmittel werden sparsam eingesetzt und nur solche Präparate ausgewählt, die Natur und Umwelt möglichst wenig belasten. Der deutsche Obstbau trägt damit erheblich zum Umweltschutz bei. Die Einzelheiten über die Erzeugungsmethoden sind in bundeseinheitlichen Richtlinien festgeschrieben und für jeden Erzeuger, der sich am Integrierten Anbau beteiligt, verbindlich. Der Integrierte Obstanbau beinhaltet zusätzlich ein Kontrollsystem zur Vermeidung von Etikettenschwindel. In Deutschland vollziehen sich die Kontrollen in vier Schritten⁴. Der Handel hat die Ware aus Integriertem Anbau zur Normalität erklärt. So werden gegenüber konventionell produzierter Ware keine erhöhten Erzeugerpreise ausgezahlt [BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE 2006, OBSTBAU 2007b, TIEMANN 2007].

2.3 Methode der Ökobilanz

Die Bedeutung des Umweltschutzes im Zusammenhang mit der Produktion von Gütern ist in den letzten Jahren zunehmend ins Bewusstsein gerückt. Daraus ist das Interesse entstanden, eine Methode zu entwickeln, welche mögliche oder tatsächliche Auswirkungen eines Produktes auf die Umwelt erfasst. Dies geschieht oft im Vergleich zu einem anderen, konkurrierenden Produkt. Die entwickelte Methode ist die Ökobilanz (Englisch = Life Cycle Assessment: LCA). Sie wird als Instrument des Umweltschutzes eingesetzt, indem sie Schwachstellen erkennt und anschließend produkt-, prozess- und betriebsbezogene Umweltverbesserungen in Unternehmen durchführt. Darüberhinaus bildet sie die Grundlage für politische Entscheidungen und spielt für das Marketing eine besondere Rolle, indem positive ökologische Eigenschaften hervorgehoben werden [NAGUS 2007, SETAC 1993, UBA 2000].

Die deutsche Bezeichnung Ökobilanz ist irreführend, da es sich nicht um die Aufrechnung von Inputs und Outputs zu einem Saldo handelt. Vielmehr ist das Verhältnis von Inputs und Outputs bezogen auf ein bestimmtes Produkt von Interesse. Der Begriff beinhaltet die Theorie der Ausgewogenheit der ein- und ausgehenden Stoffe und Energien. Materie und Energie können nicht geschaffen oder vernichtet, sondern nur umgewandelt werden. Der englische Name Life Cycle Assessment drückt das Anliegen einer Ökobilanz präziser aus, nämlich die Bewertung eines Produktes über den Verlauf seines gesamten Lebensweges, d. h. von der Rohstoffgewinnung, über Produktion und Anwendung bis zur Beseitigung [ARMAN 2003, ISO 14040].

⁴ 1. Jeder Obstbauer muss ein Betriebsheft mit Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen führen.

2. Jeder muss Einsicht in seine Pflanzenschutzmittelbestände gewähren.

3. Visuelle Kontrollen überprüfen den Nützlingsbesatz oder Art und Umfang des Herbizideinsatzes.

4. Vor und nach der Ernte werden Fruchtproben gezogen. Diese werden auf verbotene Pflanzenschutzmittelrückstände analysiert [TIEMANN 2007].

Aufbau der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044

Die Handhabung der Ökobilanz ist in international gültigen Normen der Internationalen Normungsorganisation ISO festgelegt und standardisiert worden. So wird eine möglichst einheitliche Vorgehensweise bei der Erstellung von Ökobilanzen sichergestellt. DIN EN ISO 14040:2006-10 teilt eine Ökobilanz in vier Schritte ein. Sie beschreibt außerdem die Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanz. DIN EN ISO 14044 legt Anforderungen an die Durchführung fest und enthält eine ausführliche Anleitung zur Erstellung von Ökobilanzen. Beide Normen ersetzen seit dem Jahr 2006 die vier Erstausgaben ISO 14040 bis 14043, deren Inhalte neu aufgeteilt sind [MARHEINEKE 2002, NAGUS 2007, UBA 2000].

Die vier Schritte einer Ökobilanz werden im Folgenden aufgeführt.

1. Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens

In der ersten Phase ist zu entscheiden, welche Produkte bilanziert und miteinander verglichen werden sollen. Es erfolgt die Festlegung der funktionellen Einheit⁵ und der Systemgrenzen⁶ sowie die Beschreibung der Allokationsverfahren⁷ [UBA 2000].

2. Erstellung einer Sachbilanz mit relevanten Inputs und Outputs

Innerhalb der Sachbilanz werden verschiedene Arten von Umweltbelastungen, die während des Lebensweges eines Produktes anfallen, quantifiziert und über den Lebensweg des Produktes wertefrei zusammengefasst. Hierunter fallen u. a. dem Betrieb zugeführte Rohstoff- und Energieströme sowie durch die Produktion bedingte Energieumsätze [UBA 2000].

3. Beurteilung dieser Inputs und Outputs hinsichtlich ihrer potentiellen Umweltbelastungen im Rahmen der Wirkungsabschätzung

In der Wirkungsabschätzung sind die Größe und die Bedeutung potentieller Umweltwirkungen eines Produktes zu beurteilen. Dazu werden die einzelnen Ergebnisse der Sachbilanz bestimmten Wirkungskategorien zugeordnet (Klassifizierung) und diese in gemeinsame Maßeinheiten je Wirkungskategorie umgewandelt. Daraufhin können Äquivalenzwerte für jede Wirkungskategorie durch Aggregation bestimmt werden. Die derzeit in den Ökobilanzen des Umweltbundesamtes verwendeten Wirkungskategorien gliedern sich in die Nutzung von Ressourcen, die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die ökologischen Wirkungen [ISO 14040, UBA 2000].

⁵ Die funktionelle Einheit stellt die Bezugsgröße dar, auf welche die Input- und Outputflüsse bezogen werden [ISO 14040].

⁶ Zeitliche und räumliche Systemgrenzen werden festgelegt, um anschließend bestimmte Module in der Ökobilanz untersuchen zu können [ISO 14040].

⁷ Die Input- und Outputflüsse eines Moduls werden dem System zugeordnet [ISO 14040].

4. Auswertung der Ergebnisse aus Sachbilanz und Wirkungsabschätzung

Im letzten Schritt der Ökobilanz erfolgt eine Zusammenführung der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung, sodass Schlussfolgerungen und Empfehlungen daraus abzuleiten sind. Nach Abschluss der Auswertung müssen laut ISO-Norm vergleichende Ökobilanzen des Weiteren einer „kritischen Prüfung“ unterzogen werden. Dies erfolgt durch unabhängige Experten [UBA 2000].

Die Abläufe und Verfahren in Ökobilanzen sind komplex. Der große Vorteil ist aber, dass das ganze Verfahren transparent und jederzeit nachvollziehbar ist. So fordert es auch die ISO-Norm und nur so ergeben Ökobilanzen einen Sinn: Transparenz in ökologische Vergleichsaussagen zu bringen. Die Ökobilanz wird aus der Sicht des Umweltschutzes erstellt, ohne ökonomische und soziale Auswirkungen abzuwägen. Sie berücksichtigt daher nur einen Aspekt im Rahmen komplexer Entscheidungsprozesse in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft.

Energiebilanz als Teil der Ökobilanz

Zur Erstellung einer Ökobilanz müssen diverse Wirkungskategorien einbezogen werden. Die Wahl der Wirkungskategorien in einer konkreten Ökobilanz ist u. a. vom Ziel der Untersuchung abhängig [ISO 14042]. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei dieser Arbeit nicht um eine vollständige Ökobilanz handelt, sondern lediglich um einen Teilaspekt dieser, nämlich der Energiebilanz. Das Erfassen von Energieinputs kann auf verschiedene Weisen erfolgen. EUROSTAT [1988] unterscheidet zwischen:

1. der *Bilanz in Primärenergieeinheiten*⁸, in der sämtliche Energiemengen in Primärenergieeinheiten ausgedrückt werden,
2. der *Nutzenergiebilanz*, in der die Wirkungsgrade der Geräte zur Energieumwandlung Berücksichtigung finden sowie
3. der *Endenergiebilanz*⁹, in der „sämtliche Ströme [...] aufgrund des tatsächlichen Energiegehalts jedes Energieträgers ausgedrückt werden [EUROSTAT 1988:5].“

Letzte findet in der vorliegenden Arbeit Verwendung, da diese die zu erfassende Aufgliederung nach Energieträgern ermöglicht und so den jeweiligen Energieumsatz der verschiedenen Objekte vergleichbar macht [EUROSTAT 1988].

Der Maschinen- und Energieeinsatz wirkt stark auf die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Photooxidantienbildung, Versauerung und Ressourcenverbrauch [GEIER 2000a]. Die in dieser

⁸ „Diese Bilanz eignet sich nicht besonders zur Analyse des tatsächlichen Verbrauchs [...]“, da sich bei Vergleichen verschiedener Länder schnell Verzerrungen ergeben [EUROSTAT 1988:7].

⁹ Diese wird vom statistischen Büro der Vereinten Nationen empfohlen [EUROSTAT 1988].

Untersuchung interessante Wirkungskategorie „Beanspruchung fossiler Ressourcen“ ist mit so genannten harten Fakten gut zu erfassen [HAAS 2003].

2.4 Energiebedarfe bei der Apfelproduktion

Dieses Kapitel stellt dar, welche Bereiche der Apfelproduktion Energie erfordern. Unter den verschiedenen zum Einsatz kommenden Maschinen ist bei Anbau, Ernte und Distribution der Schlepper das bedeutendste Fahrzeug. Er dient ebenfalls als Energiequelle für verschiedene Geräte und ist verantwortlich für den größten Teil des verbrauchten Kraftstoffes eines Betriebes. Dieselmotoren sind neben den Schleppern bei Frost zum Einsatz kommende Beregnungsmotoren. Radlader und Heckstapler sind vorwiegend gas- oder elektrobetrieben.

Die Ernte kann grundlegend auf verschiedene Weisen, die unterschiedliche Ressourcen benötigen, erfolgen. Die Wahl des für den jeweiligen Betrieb optimalen Erntesystems ist von mehreren Faktoren abhängig. Neben der Pflückleistung sind betriebliche Voraussetzungen, wie die innerbetriebliche Verkehrslage, die Maschinenausstattung, Baumformen und Betriebsgröße ausschlaggebend. Nachfolgend werden die praxisüblichen Erntesysteme, die im Fragebogen anzugeben sind, vorgestellt.

1. Großkisten in Verbindung mit Einsatz von Heckstaplern bzw. Ladewagen¹⁰
2. Großkisten eingesetzt in Verbindung mit der Großkistenhandzugkarre¹¹
3. Erntezug kontinuierlich bzw. jeweils um Zuglänge weiterfahrend¹²
4. 20 kg Kiste auf Pflückschlitten¹³ [RALFS 2007]

Ein optimaler Pflückzeitpunkt und eine fruchtschonende Behandlung spielen bei der Ernte eine übergeordnete Rolle, damit die Ernte erfolgreich eingelagert werden kann und dadurch je nach Anforderung dem Markt zur Verfügung steht. Keller, Speicher und Scheunen reichen

¹⁰ Die Pflückleistung wird im Vergleich zu der 20 kg Kiste um ca. 10 % gesteigert. Die Kisten müssen entsprechend des Behanges in der Anlage verteilt werden. Bei Fehleinschätzungen entstehen Probleme durch fehlende oder nur teilgefüllte Kisten [RALFS 2007].

¹¹ Trotz des relativ zeitaufwendigen Austausches der vollen gegen leere Großkisten wird die Ernteleistung gegenüber vorherigen Verfahren noch einmal um ca. 10 % gesteigert. Durch das Verkürzen der Wege beim Pflücken eignet sich dieses Verfahren besonders in Anlagen, die nicht voll tragen, auch bei der 2. und 3. Pflücke [RALFS 2007].

¹² Als roll- und ziehbarer Untersatz werden Ein- und Zweiachskarren für ein bis drei Großkisten sowie Großkistenladewagen und Tieflader für drei bis fünf Großkisten verwendet. Je geringer der Behang pro laufenden Meter Laubwand, je größer die Pflückmannschaft und je kürzer der Erntezug ist, desto eher lohnt sich ein kontinuierliches Weiterbewegen des Erntezuges. Voraussetzungen dabei sind ein Schlepper mit Kriechganggetriebe (200 – 800 m/h), eine Laubwandhöhe von nicht mehr als 2,2 m und eine Pflückmannschaft, die im Team zusammenarbeiten kann [RALFS 2007].

¹³ Es werden vergleichsweise geringe Pflückleistungen erzielt. Die gesamte Kistenlogistik ist sehr aufwendig. Nachteilig ist außerdem die durch Raumverlust um 15 % geringere Einlagerungsmenge im Vergleich zu Großkisten. Vorteilhaft ist die relativ niedrige Investitionshöhe [RALFS 2007].

heutzutage nicht mehr aus, um den Ansprüchen des Handels und der Verbraucher gerecht zu werden. Die moderne Obstlagerung nutzt die natürlichen klimatechnologischen Faktoren: niedrige Temperaturen, begrenzter Sauerstoffgehalt und erhöhter Kohlenstoffdioxidgehalt, um die Atmung und somit die Reifung der Früchte zu hemmen [HENZE 1988, GRAJKOWSKI 1995, RALFS 2007].

Der optimale Erntetermin ist für die Verringerung von Lagererkrankungen sehr entscheidend. Zu frühe aber auch zu späte Ernten haben einen negativen Einfluss auf die Qualität des gelagerten Apfels. Ein etwas früher gepflückter Apfel hat eine besonders hohe Haltbarkeit, ein etwas später gepflückter dagegen ein ausgeprägtes Aroma. Physiologische Krankheiten, wie z. B. Stippigkeit und Fleischbräune, sind Lagerschäden, die sowohl auf Einflüsse während der Zeit vor der Ernte als auch auf unsachgemäße Einstellung einzelner Lagerfaktoren zurückgehen. Durch fehlerhafte Einstellung oder Versagen der Thermostate können Gefrierschäden entstehen. Ein zu hoher CO₂-Gehalt oder Mangel an Sauerstoff in der Lageratmosphäre verursachen Kohlenstoffdioxidschäden bzw. Sauerstoffmangelschäden [GRAJKOWSKI 1995, HENZE 1988].

Bei der Lagerung von Obst gegenüber anderen Produkten ist von besonderem Interesse, dass ein möglichst geringer Verlust an Feuchtigkeit entsteht. Die häufigsten Lagerschäden bei Obst sind hohe Feuchtigkeitsverluste, die zu etwa 3 bis 4 % auftreten, und Fäulnis (2 bis 3 %) [KIRCHHOF 2007]. Hohe Feuchtigkeitsverluste werden u. a. verursacht durch hohe Luftgeschwindigkeiten, lange Laufzeiten der Verdampferventilatoren, lange Verdichterlaufzeiten und große Wasserdampfdruckdefizite zwischen der Oberfläche des Gutes und der umgebenden Atmosphäre. Äpfel stellen hohe Anforderungen an die Luftfeuchtigkeit. Es ist darauf zu achten, dass Kälteanlagen optimiert, Kühlintervalle und Temperaturschwankungen vermieden werden sowie eine genaue Regelung der Raumtemperatur erfolgt [BELKER 1998].

Kälteanlagen arbeiten nur dann, wenn Energie zugeführt wird. Durch die Zufuhr von Endenergie wird ein thermodynamisches Ungleichgewicht erzeugt und beibehalten. Der Kältekreislauf beruht auf vier Schritten.

Zunächst verdampft das Kältemittel bei niedrigem Druck. Die zugeführte Energie wird vollständig in Verdampfungsenthalpie¹⁴ umgesetzt. Die Siedetemperatur des Kältemittels liegt unter der Kühlraumtemperatur, damit Wärme an den Verdampfer übertragen werden kann. Daran schließt die Kompression des Kältemittels auf einen höheren Druck bei gleichzeitigem Temperaturanstieg an. Im dritten Schritt kondensiert das Kältemittel durch die hohe Tempe-

¹⁴ Die Verdampfungsenthalpie ist die Energie, die zur Verdampfung von Flüssigkeiten dem System zugeführt werden muss [SCHLICH 2004].

ratur. Das Kältemittel gibt Energie aufgrund der Druck- und Temperaturdifferenz an die Umgebung ab. Im letzten Schritt schließt sich der Kreislauf, indem unter Entstehung von Wärme im Drosselorgan der hohe Druck des flüssigen Kältemittels auf den niedrigeren des Verdampfers reduziert wird [BELKER 1998, SCHLICH 2005].

Tab. 1: Terminologie der Lagerverfahren [modifiziert nach HENZE 1988]

Frischluftegekühltes Lager (Frischluftlager)	Nächtliche Kaltluft wird durch Konvektion oder Ventilation zum Abkühlen und Frischhalten des Lagerguts verwendet
Maschinengekühltes Lager (Kühllager)	In einem mit Kühlaggregaten versehenen isolierten Raum wird die Ware abgekühlt und gelagert. Beachtet werden Temperatur, Luftfeuchte und Luftbewegung.
Kühllager mit geregelter Atmosphäre (CA-Lager)	<p>Die Luftzusammensetzung wird in Richtung auf sortentypische anzustrebende Optimalwerte an CO₂ und O₂ geregelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lager mit einseitig kontrollierter Atmosphäre Die Früchte bauen durch ihre Atmung einen bestimmten Gehalt an CO₂ in der Lagerluft auf und verbrauchen dafür O₂. Bei Überschreitung der 7 % CO₂-Schwelle wird gelüftet. • Lager mit zweiseitig kontrollierter Atmosphäre Ein Ad- oder Absorptionsgerät (Scrubber) entfernt das von den Früchten gebildete CO₂ bei Überschreiten des gewünschten Wertes. Da keine Frischluft zugeführt wird, senkt sich auch der O₂-Spiegel. • Ultra Low Oxygen (ULO) Durch weitere Absenkung von O₂ werden weitere Stoffwechselvorgänge gehemmt. Im Bereich unter 1 % O₂ kommt es zu anaeroben Stoffwechselvorgängen. Es entstehen Ethanol, Acetaldehyd und Essigsäureethylester [GRAJKOWSKI 1995].

Die Lagerung wird als Bestandteil der Apfelerzeugung betrachtet und benötigt bezogen auf die gesamte Prozesskette vom Anbau bis zum Verkauf einen großen Teil der umgesetzten Energie eines Betriebes. Unterschiede zwischen CA- und Kühllagern hinsichtlich des Energiebedarfs bestehen nicht. Dieser beruht im Wesentlichen auf das Herunterkühlen des Ernteguts. Der Energieumsatz liegt in einer Untersuchung von GEIER et al. bei sieben Monaten Lagerzeit im Mittel bei 8,5 kWh/dt Apfel und bei dreimonatiger Lagerung im Mittel bei 6,8 kWh/dt Apfel. Im Alten Land werden etwa doppelt so viele CA-Lager wie Kühllager betrieben [GEIER 2000a, KIRCHHOF 2007].

In der Ökobilanz von GEIER et al. [2000a] hat die Lagerung einen sehr geringen Einfluss auf die Wirkungskategorien mit Flächenbezug (Biotop- und Artenschutz, Landschaftsbild, Ökotoxizität und Trinkwasserschutz). Bei den produktbezogenen Umweltwirkungen dieser Studie liegt der Anteil der Lagerung (drei Monate CA-Lagerung) an den gesamten Umweltwirkungen i. d. R. unter 10 %. Beim Treibhauseffekt und dem Ressourcenverbrauch wird jedoch ein Anteil von etwa 44 % erreicht (drei Monate CA-Lagerung). Bezogen auf die Energiebilanz erscheint deshalb die Lagerung in Hinblick auf eine mögliche Optimierung sehr untersuchenswert.

Bevor die Äpfel zum Verkauf angeboten werden, müssen sie sortiert werden. Der Energiebedarf der Sortieranlagen hängt von deren Leistung und Typ ab. Wenn die Sortierung beim Großhändler erfolgt, wird der Energieumsatz nicht in die Berechnung einbezogen, da die Systemgrenze dort überschritten ist.

Es wird deutlich, dass die für die Erstellung einer Energiebilanz notwendigen Energieaufwendungen klar zu ermitteln sind [GEIER 1998].

Daten der Europäischen Kommission aus den Jahren 2002 und 2003 zeigen, dass die Landwirtschaft in Deutschland etwa 1,5 % der aufgewandten Elektroenergie (7,64 TWh) und 3,0 % (1,7 Mio. t) des Dieselkraftstoffes, der für den Endverbrauch verfügbaren Energie in Deutschland umsetzt [EUROSTAT 2005]. In einer Studie aus der Schweiz mit zwölf apfelanbauenden Betrieben beträgt der Energieaufwand pro Obstbauhof im Mittel 37,6 GJ/ha (etwa 10444 kWh/ha) [MOURON 2006].

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, ist die Ermittlung des Energieumsatzes Teil dieser Untersuchung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Landwirtschaft einige Outputs als Inputs Verwendung finden. Dies sind v. a. indirekte Abfälle, wie z. B. Holzhackschnitzel. HERSENER et al. [2001] stellen in einem schweizerischen Projekt fest, dass das Einsparpotential durch den Einsatz erneuerbarer Energien, wie Holz, Biogas, Güllefeststoffe und Pflanzen mit hohem Energiegehalt für den Durchschnittsbetrieb bei einem Drittel seines Energiebedarfs liegt. Wenn neben einer Biogasanlage noch eine Holzfeuerung betrieben wird, kann der Landwirt theoretisch bezüglich Strom und Wärme volle Autarkie erzielen.

2.5 Einsatz von erneuerbaren Energien

Der Einsatz von erneuerbarer Energie schafft dem Betrieb langfristig vermutlich nicht nur Kostenvorteile. Ein Obstbauer trägt durch das Nutzen seiner Ressourcen darüberhinaus zum Schutz der Umwelt bei. Der Bauer kann seinen Baumschnitt energetisch nutzen und mit dem eingespeisten Strom eine weitere Einkommensquelle aufbauen. Die Nutzung weiterer er-

neuerbarer Energien auf seinem Hof vergrößert dieses Einkommen noch. Aber auch über die innerbetriebliche Grenze hinaus ist der Einsatz von erneuerbarer Energie sehr interessant und nimmt in der Umweltdebatte einen hohen Stellenwert ein.

Die Abhängigkeit der bundesdeutschen Energieversorgung von den internationalen Energiemärkten wird stetig durch die Preissteigerungen für Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel aufgezeigt. Auch in Zukunft werden die Preise für die fossilen Energieträger steigen: nicht nur aufgrund ihrer Knappheit, sondern auch wegen der konkurrierenden Anwendung von Erdöl und Erdgas als Treibstoff, zur Wärmeerzeugung und des Bedarfs als Grundstoff für die chemische Industrie. Ein Hauptziel der zukünftigen Energieversorgung ist daher die Unabhängigkeit von endlichen, fossilen Ressourcen [BRÖKELAND 2001, GEISEN 2002].

Für die Elektrizitätswirtschaft sind Atomkraftwerke (AKW) aufgrund der hohen Kosten für Investition, Sicherheit und Endlagerung der radioaktiven Abfälle wirtschaftlich riskant. AKW stoßen zwar keine Treibhausgase aus, bergen aber viele Risiken, wie z. B. die Endlagerung oder das Restrisiko einer Reaktorexlosion und sind nicht klimafreundlicher als andere Energiequellen, wenn die Förderung der Rohstoffe, der Transport, der Bau und der Unterhalt eines AKW miteinbezogen werden. Darüberhinaus ist Deutschland zu 100 % von Uranimporten durch Exporteure wie Russland, Kanada und Australien abhängig. Bis 2021 werden laut Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) alle AKW in Deutschland abgestellt sein. Im Jahre 2010 wird die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von 50 Milliarden Kilowattstunden (2002) auf 92 Milliarden Kilowattstunden ansteigen. Dies entspricht mehr als dem Doppelten des Stroms aus den AKW, die bis dahin abgestellt sein werden [BMU 2007a, WEISS 2001]. Der Einsatz atomarer und fossiler Energiequellen sollte durch umweltfreundlichere Energiequellen vermehrt ersetzt werden. Dabei kommt der Landwirtschaft aufgrund ihrer natürlichen Möglichkeiten eine Schlüsselrolle zu, „der Landwirt als Nahrungs-, Energie- und Rohstoffwirt [LEGIEN 2000:15].“

Politischer Hintergrund

Deutschland gilt aufgrund seiner stabilen Stromnetze als Europameister bei der Versorgungssicherheit. Die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung ist dennoch ein zentrales, politisches Ziel der Bundesregierung [VDEW 2006, MEDENBACH 2002].

Das Zusammenspiel von Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit spielt die wesentliche Rolle im energiepolitischen Dreieck, welches in Abb. 6 dargestellt ist. Ferner ist ein ausgewogener Erzeugungsmix sicherzustellen. Hierfür sind gleiche Wettbewerbsbedingungen für alle Energieträger und Energietechniken zu schaffen und zu erhalten.

Zwingend ist auch, dass bei der Umsetzung umweltpolitischer Vorgaben die Gleichrangigkeit der energiepolitischen Ziele gewahrt bleibt. Zudem sind Wettbewerbsverzerrungen sowohl im europäischen als auch im internationalen Rahmen zu vermeiden [VDEW 2003].

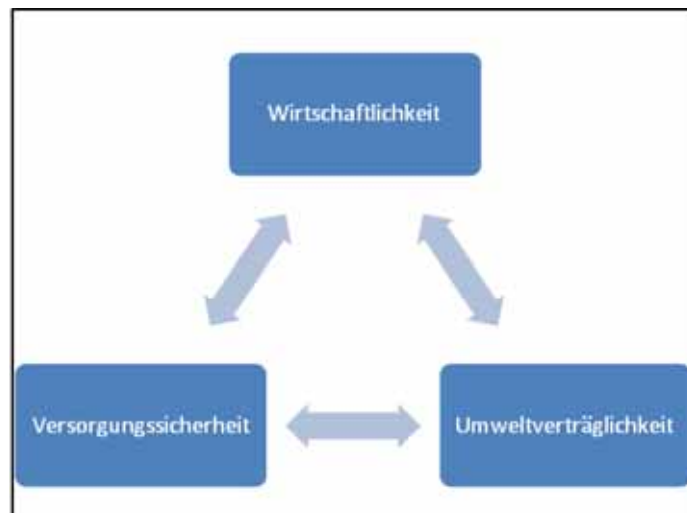


Abb. 6: Energiepolitisches Zieldreieck [VDEW 2003:4]

Seit 1. April 2000 ist das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien

(Erneuerbare-Energien-Gesetz: EEG) in Kraft. Vier Jahre später wird es mit verbesserten Vergütungsregelungen neu aufgelegt. Es ist wohl das wichtigste rechtliche Instrument zur Förderung der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen. Ziele des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gemäß § 1 EEG sind:

1. eine Nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung, Klima-, Natur- und Umweltschutz
2. die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromumsatz bis zum Jahr 2010 auf mindestens 12,5 % und mindestens 20 % bis 2020
3. verringerte externe Kosten der Energieversorgung
4. erhöhte Versorgungssicherheit durch verringerte Abhängigkeit von Energieimporten bei gleichzeitigem Beitrag zu weniger Konflikten um fossile Energieressourcen
5. Technologieentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien [BMU 2007b].

Ob diese Ziele erreicht werden, ist heute schwer absehbar. Fest steht allerdings, dass das Bestreben diese Ziele zu erreichen, vorhanden ist. Zur Unterstützung bietet die Bundesregierung neben dem EEG noch andere Förderprogramme:

1. 100.000 Dächerprogramm (es ist Mitte 2003 eingestellt worden, allerdings existieren nun höhere Einspeisesätze [KEYMER 2004])
2. Marktanreizprogramm
3. Forschungsmittelumschichtung [REICHE 2001].

Die erneuerbaren Energien müssen langfristig und so schnell wie möglich ohne Subventionen auskommen und kostendeckend sein [VDEW 2007].

Anteile erneuerbarer Energien in Deutschland

Als Alternative zur Kernenergie stehen neben den fossilen Energieträgern die erneuerbaren Energien zur Verfügung. Im Jahr 2006 stammen 11,8 % des Stroms aus erneuerbarer Energie (Abb. 7). Die Strombereitstellung in Deutschland ist mit 25 % am größten aus der Kernenergie. Aus Steinkohle werden 21 %, aus Braunkohle 24 % und aus Erdgas 12 % des Stroms erzeugt. Abb. 8 Abb. spiegelt die Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie wider. Der Anteil des aus Windenergie gewonnenen Stromes ist mit 30,5 TWh (42 %) am höchsten. Elektroenergie, gewonnen aus Wasserkraft, folgt mit etwa 30 %. Photovoltaikanlagen produzieren 2,8 % des Stromes aus erneuerbarer Energie. Biomasse trägt den verbleibenden Anteil [BMU 2007b].

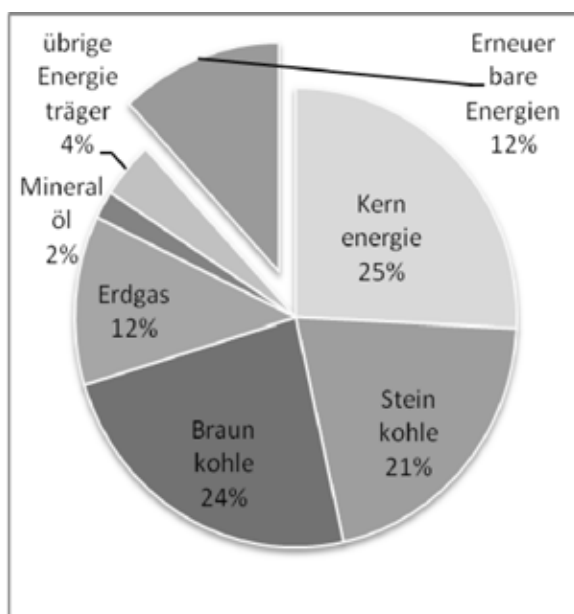


Abb. 7: Anteile an der Strombereitstellung im Jahre 2006 [BMU 2007b]

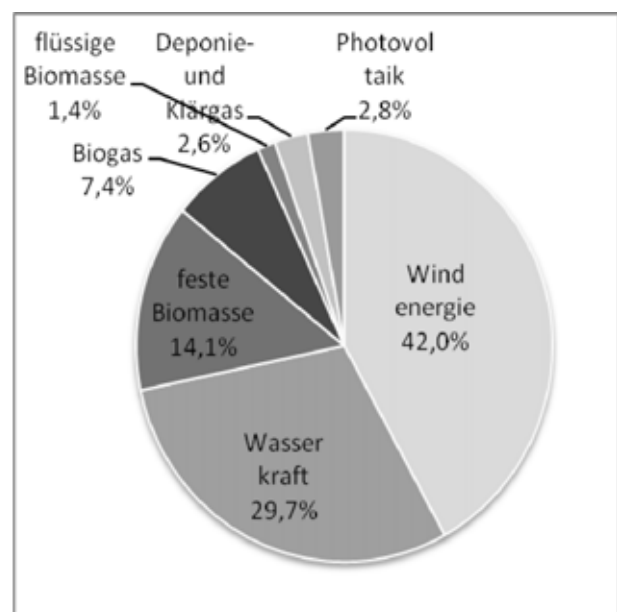


Abb. 8: Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2006 (Gesamt: 72,7 TWh) [BMU 2007c]

Der Anteil der erneuerbaren Energie am gesamten Primärenergieumsatz steigt von etwa 4,7 % in 2005 auf rund 5,3 % im Jahr 2006. Ihr Beitrag zur gesamten Endenergiebereitstellung (Stromerzeugung, Wärmebereitstellung, Kraftstoffverbrauch) beträgt 7,4 % [BMU 2007c].

Verschiedene Formen der erneuerbaren Energien

Die Vorzüge der erneuerbaren Energien sind vielfältig. So ist ihre Umwandlung nahezu emissionsfrei. Sie sind dauerhaft und überall verfügbar und ermöglichen daher eine Energieautarkie. Wirtschaftliche Abhängigkeiten werden weitgehend aufgehoben, sodass die Gefahr von Ressourcenkämpfen abnimmt. Zusätzlich entfällt größtenteils der Transportaufwand. Da-

durch, dass einmalig investiert wird und abgesehen von der Biomasse keine laufenden Brennstoffkosten bestehen, gestaltet sich der Einsatz äußerst interessant [REICHE 2001]. Es existieren viele Möglichkeiten erneuerbare Energien in verschiedenen Formen einzusetzen. Genutzt werden können u. a. Windenergie, Photovoltaik, Holz und weitere Biobrennstoffe.

Gegenüberstellung ausgewählter erneuerbarer Energieformen

Im Folgenden wird die Energiegewinnung mit Hilfe von Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen und Holzverfeuerungsanlagen vorgestellt. Daran schließt sich eine Gegenüberstellung der verschiedenen Energieformen mit deren Vor- und Nachteilen an.

Windenergie

Ein modernes Windkraftwerk liefert in den ersten beiden Betriebsjahren so viel Energie, wie für die Herstellung der Anlage aufgewendet wird. Ein großer Vorteil der Windkraftanlagen ist der äußerst geringe Flächenverbrauch mit fünf bis sieben Metern Durchmesser, die übrige Fläche kann weiterhin wirtschaftlich genutzt werden. Daneben besteht die Möglichkeit der Fernüberwachung, sodass nicht ständig Personal vor Ort präsent sein muss [EGGERSGLÜB 2003, LUTZ 2001].

Im Januar 2007 stehen bundesweit 18685 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 20621 MW. Die Windenergie hat im Jahr 2006 einen Anteil von 5,7 % am Stromverbrauch in Deutschland. Im Jahr 2006 betreibt Niedersachsen mit 4621 Windkraftanlagen und einer insgesamt installierten Leistung von 5282,54 MW etwa ein Viertel der insgesamt aufgestellten Anlagen Deutschlands. In Hamburg beträgt die Leistung der Windenergieanlagen insgesamt etwa 34 MW [BMU 2006, BWE 2007a, BWE 2007b].

Photovoltaik

Die Sonnenenergie als Energiequelle ist umweltschonend und auch in ferner Zukunft verfügbar. Photovoltaik¹⁵ ist eine Möglichkeit der Sonnenenergienutzung. Hierbei wird Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Dabei werden weder Gase emittiert noch Geräusche bei der Energiegewinnung erzeugt. Die Solarmodule sind wartungsfrei, stellen keine beweglichen Verschleißteile dar und haben eine hohe Lebenserwartung von über 30 Jahren. Auf landwirtschaftlichen Betrieben gibt es zahlreiche große Dachflächen, die sich sehr gut für die Montage einer Solaranlage eignen, solange diese gut erhalten sind, nicht in den nächsten 20

¹⁵ „Photovoltaischer Effekt: In bestimmten Halbleitermaterialien setzt die Lichteinstrahlung negative und positive Ladungsträger frei. Ein internes elektrisches Feld trennt diese Ladungsträger. Auf diese Weise entsteht eine elektrische Spannung zwischen den Metallkontakten der Solarzelle. Wird der äußere Kreis geschlossen, so fließt ein elektrischer Gleichstrom [WEISS 2001:168].“

Jahren einer Erneuerung bedürfen und einer zusätzlichen Masse von ca. 15 kg/m² Stand halten. Freiflächenanlagen werden ebenerdig angebracht und sind daher nicht von der Fläche eines Daches abhängig. Die Einspeisevergütung ist bei diesen Anlagen jedoch geringer [KREUTZ 2003, WEISS 2001].

Holzheizkessel

Der Brennstoff Holz ist in ländlichen Regionen verfügbar und erfordert keine langen Transportwege. Holzhackschnitzelfeuerungen arbeiten mit automatischer Brennstoffzufuhr. Holz produziert Wärme und mittelfristig auch Strom. Der Stand der Technik ist praxisreif. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Wärmebereitstellung beträgt im Jahr 2006 laut BMU 5,9 %. Die feste Biomasse liefert mit 77,6 TWh nahezu 87 % des gesamten Endenergieumsatzes für Wärme aus regenerativen Energiequellen [BRÜGGEMANN 2003, BMU 2007c].

Im Erwerbsobstbau fällt eine beträchtliche Menge an Schnittholz an. Dieses verfügbare Potential an Biobrennstoffen sollte genutzt werden. Die Rahmenbedingungen für eine Umstellung auf Biomasse-Feuerungsanlagen sind momentan sehr günstig.

Demgegenüber stehen die Holzgaserzeuger, welche nach dem Prinzip der unvollständigen Verbrennung funktionieren. Die Vorteile dieser sind vielfältig. Zu nennen sind der geschlossene Kohlenstoffdioxid-Kreislauf, die Schaffung neuer Märkte für die Land- und Forstwirtschaft und die Erfüllung des politischen Kriteriums der Nachhaltigkeit in der Energiewandlung. Allerdings sind diese Anlagen noch in der technischen Entwicklung und benötigen dringend Anschubförderung bis zum Erreichen der Wirtschaftlichkeit [RICHTER 2001].

Tab. 2 stellt die Vor- und Nachteile von Windkraftanlagen, Photovoltaik und Holzheizkessel direkt gegenüber. Da Wind und Sonne nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen, muss bei Leistungsabfall Regelenergie¹⁶ hinzu geschaltet werden. Diese Energieformen stellen daher eine Herausforderung für die Versorgungssicherheit dar [VDEW 2006]. In der Diskussion steht aktuell das Problem der Speichermöglichkeit für Energie. Dieses wird durch Technologien wie der Druckluftspeicher-Kraftwerke entschärft. CAES-Kraftwerke (Compressed Air Energy Storage) in Salzstöcken speichern überschüssige Energie in Form von Druckluft. Bei Bedarf wird diese zusammen mit Erdgas wieder verstromt [MEYER 2007].

¹⁶ „Regelenergie: Für den kurzfristigen Ausgleich nicht vorhersehbarer Schwankungen in Erzeugung und Verbrauch von Strom halten die Versorger Regelenergie bereit. [...] Als Regelkraftwerke werden Dampfturbinen-, Speicherwasser-, Pumpspeicherwasser- und Gasturbinenkraftwerke eingesetzt, die entweder im Teillastbetrieb operieren oder im Bedarfsfall gestartet werden. Wegen des kurzfristigen und ungewissen Einsatzes der Regelenergie ist ihr Preis meist deutlich höher als der für längerfristig planbare Stromprodukte [VDEW 2006:19].“

Tab. 2: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ausgewählter regenerativer Energiequellen [modifiziert nach BRÜGGEMANN 2003, EGGERSGLÜB 2003, KREUTZ 2003]

	Pro	Contra
WINDENERGIE	Einnahmen über Pacht, Beteiligung oder eigene Anlage	erhebliche Schwankungen im Windangebot möglich
	wenig Arbeitszeitbedarf	hoher Kapitalbedarf
	technisch sehr weit ausgereift	fast nur in Vorranggebieten möglich
PHOTOVOLTAIK	vorhandene Dachflächen lassen sich energetisch nutzen	relativ hohe Investitionskosten
	Energie entsteht ohne Geräusch oder Geruch	Wirkungsgrad ist zu verbessern
	kein Arbeitsaufwand	
	Solarmodule lassen sich auch als Dach- oder Wandmaterial nutzen	
HOLZ	wächst in großen Mengen nach	Scheitholzbereitung: viel Handarbeit
	große Auswahl in praxistauglicher Heiztechnik	Hackschnitzel: Spezialmaschinen erforderlich
	Komfort bei automatischen Anlagen ähnlich wie Ölheizung	Holzpellets: Kein Rohstoff aus der Landwirtschaft

Für ein langfristiges Umschwenken auf regenerative Energiequellen kann der Obstbau sowohl als Quelle als auch als Nutzer fungieren. So wird ein wichtiger Beitrag zur umweltgerechten Pflanzenproduktion geleistet. Bei der Vermarktung der Produkte kann auf die Vorteile ihrer Produktionsmethode hingewiesen und damit das gesteigerte Umweltbewusstsein der Bevölkerung angesprochen werden [BRÖKELAND 2001].

3 Material und Methoden

Ziel dieser Untersuchung ist die Erstellung einer Endenergiebilanz der Apfelproduktion an der Niederelbe. Die Datengrundlage, ermittelt durch Fragebögen und Interviews, bildet der Energieeinsatz in Form von Elektroenergie, Kraftstoff, Heizöl und Gas. Der Energieumsatz der Maschinen und Fahrzeuge, die bei Anbau, Lagerung, Sortierung und Transport der Äpfel Verwendung finden, wird unter Berücksichtigung des Produkt- und Flächenbezuges ermittelt. Darüberhinaus wird erfragt, ob der Einsatz von erneuerbaren Energien erfolgt oder geplant ist. Alle erhobenen Daten beziehen sich auf das Jahr 2006.

3.1 Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

Der Betrieb stellt die Systemgrenze des zu untersuchenden Systems dar, innerhalb welcher sich die Energiebilanz im Laufe eines Jahres ändert. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Apfelproduktion im Alten Land. Sobald Äpfel nicht vom untersuchten Betrieb gelagert, sortiert oder transportiert werden, fließen die Energiedaten nicht mit in die Auswertung. Die Wirkungen werden nicht absolut, sondern bezogen auf eine bestimmte funktionelle Einheit betrachtet. Die verwendete Wirkungskategorie ist die Beanspruchung fossiler Ressourcen durch den Energieumsatz. Ihren Indikator stellt der Energieeinsatz bezogen auf die funktionelle Einheit 'Tonne Äpfel' [t] und die funktionelle Einheit 'Flächennutzung' [ha] [vgl. dazu GEIER 2000a, GEIER 2000b, NEMECEK 2004]. Der Produktbezug ist im Vergleich zu dem Flächenbezug für andere Wirkungskategorien geeignet. Dabei ist für den innerbetrieblichen und regionalen Vergleich der Flächenbezug und für den überregionalen bis globalen Vergleich der Produktbezug von Bedeutung. Während sich der Biotop- und Artenschutz, das Landschaftsbild und der Trinkwasserschutz auf die Fläche beziehen, bildet beim Ozonabbau und Treibhauseffekt das Produkt die Bezugsgröße [vgl. Geier 2000a]. Der Energieumsatz ist sowohl für den Betrieb als auch überregional bis global von Interesse, sodass in dieser Untersuchung beide funktionellen Einheiten sinnvoll sind und Verwendung finden.

3.2 Datenerfassung

Die Vorgehensweise der Datenbeschaffung gliedert sich wie folgt. Zunächst wird der erarbeitete Fragebogen zu Endenergieumsätzen in der Apfelproduktion des Instituts für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der JLU [BERGENTHUM 2006] inhaltlich weitestgehend übernommen. Die Art der Kontaktaufnahme zu den Obstbauern im Alten Land geschieht zunächst über Adressensuche mittels Internetquellen und anschließendem telefonischen Kontakt bei den einzelnen Betrieben. Falls sich der Angerufene bereit erklärt, an der Studie teilzunehmen, bekommt er am gleichen Tag den Fragebogen per E-Mail zugesen-

det mit der Bitte diesen baldmöglichst an die Autorin zurückzusenden. Darüberhinaus erfolgen persönliche Befragungen vor Ort. Viele Bauern sind nicht bereit, ihre sensiblen Daten an eine Ihnen nicht vertraute Studentin weiterzugeben. Einige behaupten, ihre Stromrechnungen nicht mehr zu besitzen. Es stellt sich heraus, dass der Rücklauf sehr gering und die angegebenen Daten teilweise fragwürdig sind. Daraufhin wendet sich die Autorin an das Obstbau-, Versuchs- und Beratungszentrums (OVB) in Jork. Die Vertrauensbasis zwischen den Obstbauern und dem OVB ist für beide Partner von außerordentlicher Bedeutung. Aufgrund einiger Interessensunterschiede verändern Autorin und Berater des OVB den ursprünglichen Fragebogen geringfügig. Die Berater erklären sich damit einverstanden, als Multiplikatoren zu arbeiten und die Fragebögen an Obstbauern der Region weiterzuleiten.

Innerhalb der Anfertigung der Arbeit sind daher zwei Fragebögen im Umlauf. Der ursprüngliche Fragebogen umfasst 34, der überarbeitete 28 Fragen. Beide sind in sechs Abschnitte gegliedert und geben Auskünfte zu Anbau, Ernte, Maschinen/ Fahrzeuge, Lagerung/ Sortierung, Distribution sowie zu Energieumsatz und Planung von erneuerbaren Energieformen. Neben den Endenergieumsätzen der für die Produktion notwendigen Maschinen und Fahrzeuge sind die Energieumsätze der Lagerung einzubeziehen, da von einem hohen Anteil am Gesamtenergieaufwand auszugehen ist [GEIER 2000a]. Die Antworten ermöglichen die Erstellung einer Energiebilanz mit Produkt- und Flächenbezug. Die Obstbauern erhalten die Fragebögen im April. Nach mehrmaliger Erinnerung beendet die Autorin Ende September die Dateneinholung.

3.3 Auswertung

Die Fragebögen sind aus Datenschutzgründen codiert. Die Auswertung und graphische Darstellung erfolgen mit Hilfe der Microsoft EXCEL Software 2007. Um den produktbezogenen Energieumsatz zu erhalten, werden die im Fragebogen angegebenen Energieumsätze (Frage 26) und die Erntemenge (Frage 23) verwendet. Die Endenergieumsätze sind dann auf die produzierte Menge zu beziehen und in Abhängigkeit von der Erntemenge darzustellen. Unterschieden wird zwischen der insgesamt umgesetzten Energie und dem Treibstoffverbrauch.

Um die verschiedenen Energieträger miteinander vergleichen zu können, müssen Elektroenergie, Treibstoff, Heizöl und Gas dieselbe Einheit besitzen, die Kilowattstunde [kWh]. Die Umrechnung geschieht über den spezifischen Heizwert, bezogen auf 1 kg des Energieträgers (siehe nachfolgende Tab. 3 – 5).

Tab. 3: Die Energieträger unter Angabe des Heizwertes und der Dichte

	Heizwert [AGEB 2007]	Dichte [KTBL 2005]
Diesel [kg]	42.960 kJ	0,84 kg/l
Normalbenzin [kg]	43.543 kJ	0,76 kg/l
Heizöl [kg]	42.801 kJ	0,86 kg/l
Flüssiggas [kg]	46.329 kJ	

Tab. 4: Umrechnung der Energieträger in Volumen

	Volumen
1 kg Diesel	$V = \frac{1 \text{ kg}}{0,84 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 1,19 \text{ l}$
1 kg Normalbenzin	$V = \frac{1 \text{ kg}}{0,76 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 1,32 \text{ l}$
1kg Heizöl	$V = \frac{1 \text{ kg}}{0,86 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 1,16 \text{ l}$

Das Volumen von 1 kg Diesel beträgt 1,19 l, von 1 kg Normalbenzin 1,32 l und vom 1 kg Heizöl 1,16 l. Der Heizwert soll zunächst in Kilowattstunde angegeben werden, eine Kilowattstunde entspricht 3,6 Megajoule (1 Ws = 1 J; 1 Wh = 3,6 kJ), um daran anschließend ggf. auf das Volumen bezogen werden zu können.

Tab. 5: Umrechnung der Energieträger in den Heizwert, bezogen auf Masse und auf Volumen

	Heizwert [kWh] bezogen auf Masse [kg]	Heizwert [kWh] bezogen auf Volumen [l]
Diesel	$x = \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} \times 42,96 \text{ MJ} = 11,93 \text{ kWh}$	$x = \frac{11,93 \text{ kWh}}{1,19 \text{ l}} \times 1 \text{ l} = 10,03 \text{ kWh}$
Normalbenzin	$x = \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} \times 43,543 \text{ MJ} = 12,10 \text{ kWh}$	$x = \frac{12,1 \text{ kWh}}{1,32 \text{ l}} \times 1 \text{ l} = 9,16 \text{ kWh}$
Heizöl	$x = \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} \times 42,801 \text{ MJ} = 11,89 \text{ kWh}$	$x = \frac{11,89 \text{ kWh}}{1,16 \text{ l}} \times 1 \text{ l} = 10,23 \text{ kWh}$
Flüssiggas	$x = \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} \times 46,329 \text{ MJ} = 12,87 \text{ kWh}$	

Der Heizwert von einem Liter Diesel entspricht 10,03 kWh, der eines Liters Benzin 9,16 kWh und der von Heizöl 10,23 kWh/l. Der Heizwert von Flüssiggas beträgt 12,87 kWh/kg. Diese Werte liegen den Berechnungen im Ergebnisteil zugrunde.

Es folgt die Erfassung der flächenbezogenen Energieumsätze, wobei die Endenergieumsätze bzw. der Treibstoffverbrauch pro Apfelanbaufläche (Frage 2) auf die Apfelanbaufläche bezogen werden. Zur Verdeutlichung der Ergebnisse sind Mittelwert [Köhler 2002:31] und Spanne der untersuchten Merkmale aufgeführt.

$$\bar{x} = \text{Mittelwert} = \frac{1}{n} \times \sum x_i$$

mit n = Anzahl der Wertepaare, x_i = x-Messwert des i-ten Objekts, i als Laufindex von 1 bis n .

Über die Art des Zusammenhangs der beiden Größen sagt die in den Diagrammen gezogene Regressionslinie etwas aus [KÖHLER 2002]. Ziel der Regressionsrechnung ist es, aus den unabhängigen Variablen den zugehörigen mittleren Wert der abhängigen Variablen zu berechnen [KÖHLER 2002]. Zur Festlegung der Regressionsgeraden wird die Methode der kleinsten Quadrate angewandt. Die Geradengleichung ist wie üblich $f(x) = a + bx$. Die Steigung b berechnet sich wie folgt [Köhler 2002:72]:

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

mit y_i = y-Messwert des i-ten Objekts, \bar{x} = Mittelwert der x-Werte, \bar{y} = Mittelwert der y-Werte.

Der Achsenabschnitt a berechnet sich gemäß $a = \bar{y} - b\bar{x}$. Das Bestimmtheitsmaß R^2 gibt die Stärke des Zusammenhangs an. R^2 nimmt Werte zwischen Null und eins an. Liegt kein Zusammenhang vor, beträgt R^2 Null, bei vollständigem Zusammenhang beträgt es eins [KÖHLER 2002:55].

$$R^2 = \frac{\left(\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i) \times (\sum y_i)}{n} \right)^2}{\left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right) \times \left(\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \right)}$$

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich methodisch grundsätzlich um eine qualitative Studie. Im Fragebogen wird von „Energieverbrauch“ gesprochen, wohlwissend, dass dies populärer Sprachgebrauch ist. Es erfolgt in Absprache mit den Beratern des OVB, die diesen Begriff gegenüber den Obstbauern für angebrachter halten. Im Folgenden sind zunächst die ausgewerteten Höfe zu beschreiben und anschließend die Ergebnisse darzustellen.

4 Ergebnisse

Von 39 kontaktierten Apfelbauern liegen acht beantwortete Fragebögen vor. Zur vollständigen Auswertung können sechs herangezogen, zwei weitere (Hof B und G*) nur teilweise verwendet werden, da diese lediglich den Treibstoffverbrauch angeben. Weitere Angaben zu ihren Energieumsätzen möchten diese Betriebe nicht machen.

4.1 Darstellung der untersuchten Betriebe

Alle teilnehmenden Betriebe wirtschaften nach dem Prinzip des Integrierten Anbaus. Das Symbol * dient zur Kenntlichmachung der Verwendung des älteren Fragebogens.

Hof A bewirtschaftet auf 24,8 ha der 25 ha Gesamtfläche den Apfelanbau. Im Jahr 2006 beträgt die Ernte 600 t, 70 bis 80 % entfallen davon auf die Qualitätsklassen Premium extra und Handelsklasse 1. Der Betrieb besitzt einen Unimog, einen Schlepper, drei Schmalspurschlepper und einen PKW. Das bis drei Kilometer entfernte CA-Lager fasst 670 t Äpfel. Weitere 70 t werden von anderen Betrieben eingelagert. Durchschnittlich liegen die Früchte vier Monate. Die Leistung der Sortieranlage beträgt 2 bis 2,8 t/h. Abnehmer der gesamten Ernte ist ein 15 km entfernter Großhändler. Für den Transport ist der Betrieb verantwortlich. Der Energieumsatz im Jahr 2006 beträgt 4500 kWh und 5000 l Diesel. Der Hof besitzt eine Holzheizung, der Einsatz weiterer regenerativer Energiequellen ist nicht geplant.

Hof B bewirtschaftet 130 ha Gesamtfläche, davon betreibt er auf 25 ha den Apfelanbau. Die Apfelernte beträgt 740 t im Jahr 2006, 90 % entfallen auf Premium extra und Handelsklasse 1. Fünf Schmalspurschlepper sowie zwei PKW setzt das Unternehmen bei der Apfelproduktion ein. Das Lager und die Sortieranlage befinden sich auf dem Hof, diese sind aber nicht nur für die eigene Produktion vorgesehen. Im CA-Lager befinden sich 95 % der Äpfel. Diese lagern dort im Durchschnitt fünf Monate. Einen halben Monat wird ein Teil der Ernte durchschnittlich im Kühlhaus aufbewahrt. Die Leistung der Sortieranlage beträgt 4 bis 4,5 t/h. Die komplette Ernte wird vom Betrieb zum Großhändler transportiert, der zwei bis sechs Kilometer entfernt liegt. Zum Energieumsatz gibt der Hof lediglich den Treibstoffverbrauch an, dieser beträgt 13700 l Diesel. Als regenerative Energiequelle ist der Anbau von Miscanthus in Planung.

Die Apfelanbaufläche des **Hofes C** beträgt 20 ha. Für andere Obstbäume werden 5 ha verwendet. Geerntet werden 800 t, auf die beiden oberen Qualitätsklassen entfallen 97 %. Der Betrieb unterhält drei Schlepper, fünf Beregnungsmotoren und einen PKW. Sowohl das Lager als auch die Sortieranlage sind auf dem Betriebsgelände stationiert. Nach Absprache wird ein Teil aber auch 25 km entfernt sortiert. Das CA-Lager fasst 800 t. Andere Betriebe nutzen die-

ses ebenfalls. Durchschnittlich lagern die Äpfel sieben Monate. Die Leistung der Sortieranlage beträgt 2 t/h. Großhändler nehmen die gesamte Ernte ab und lagern diese weiter in Kühllagern. Der Energieumsatz beläuft sich im Jahr 2006 auf 98752 kWh und 4500 l Diesel. Eine Holzhackschnitzelheizung wird dem privaten Bereich in Zukunft Energie liefern.

Hof D erntet 600 t Äpfel von 20 ha Anbaufläche, wobei der gesamte Betrieb 30 ha umfasst. Etwa 90 % der Ernte sind Tafeläpfel. Für die Produktion stehen zehn Schlepper, zwei Stapler, drei Beregnungsaggregate und ein auch für den Betrieb genutztes Privatfahrzeug bereit. Das Lager ist drei Kilometer, das Sortierhaus einen vom Hof entfernt. Beide werden auch von anderen Betrieben genutzt, das Lager zu 90 %, das Sortierhaus zu 95 %. 200 t werden unter normaler Atmosphäre im Schnitt drei Monate, 400 t im CA-Lager durchschnittlich sieben Monate gelagert. Der Energieumsatz der Lagerung ist mit 40000 kWh angegeben. Bei der eingelagerten Menge von 600 t werden 66,66 kWh/t umgesetzt. Die Sortieranlage leistet 3 t/h. Direktvermarktet werden 20 t, die übrige Ernte wird zum Großhändler transportiert, welcher einen halben Kilometer vom Hof entfernt liegt. Der Energieumsatz für die Apfelproduktion umfasst 30000 kWh, 100 m³ Gas, 10000 l Diesel und 4000 l Heizöl. Das Wohnhaus wird mit Holz beheizt. Der Einsatz weiterer erneuerbarer Energiequellen ist nicht in Planung.

Hof E bewirtschaftet 56 ha. Die 51,5 ha große Apfelplantage liefert 2200 t Äpfel. Zehn Schlepper und ein PKW werden auf dem Betrieb eingesetzt. Das Lager und der Sortierbetrieb sind 0,5 km entfernt. Diese werden zu je 80 % von anderen Betrieben genutzt. 100 t belegen das Kühllager im Durchschnitt einen Monat lang, 1100 t fasst das CA-Lager, in dem im Durchschnitt fünf Monate gelagert wird. Die Leistung der Sortieranlage beträgt 2,5 t/h. Der Energieumsatz des Kühllagers beläuft sich auf 5000 kWh, der des CA-Lagers auf 110000 kWh und der der Sortieranlage auf 3000 kWh im Jahr. Daraus ergibt sich für das Kühllager 50 kWh/t (5000 kWh/100 t) und für das CA-Lager 100 kWh/t (110000 kWh/1100 t). Insgesamt setzt der Betrieb 118000 kWh sowie 11000 l Diesel um. Den Energiebedarf des Verkaufsbereichs decken Photovoltaikanlagen. Weitere Anlagen sind geplant. Der Obstbaubetrieb transportiert 2100 t der Ernte zum Großhändler.

Hof F* erwirtschaftet 400 t Äpfel auf 12 ha des 14,4 ha großen Betriebes. Auf die Qualitätsklassen Premium extra und Handelsklasse 1 entfallen 80 %. Sechs Schlepper, vier Beregnungsanlagen, zwei strombetriebene Stapler und ein PKW zählen zum Unternehmen. Darüberhinaus mietet der Betrieb im Jahr 2006 einen weiteren Schlepper und einen Radlader. Das Lager ist 2 km vom Hof entfernt. Das Kühllager fasst 100 t, das CA-Lager 400 t für durchschnittlich 5 Monate. Im Lager befinden sich sowohl die Äpfel von anderen Betrieben als auch weitere Produkte, wie Kosmetika, die hier gekühlt aufbewahrt sind. Der Energieumsatz

beträgt 120000 kWh, der Dieselverbrauch liegt bei 2900 l. Darüberhinaus wird der private Bereich mit der Wärmerückgewinnung aus der Lagerung und mit Holzhackschnitzeln geheizt. Der Betrieb besitzt eine günstige Verkehrslage durch arrondierte Flächen und kurze Wege.

Die gesamte Produktionsfläche von 36 ha nutzt **Hof G*** für den Anbau von Apfelbäumen. Auf Premium extra und Handelsklasse 1 fallen 10 % der Ernte von 1440 t. Die Produktion erfolgt mit zehn Schleppern und zwei Gabelstaplern. Weitere Geräte werden mit Hilfe der Schlepper betrieben. Das Lager wird nur für die eigene Produktion verwendet. Das ULO-Lager fasst 800 t und ist fünf bis sechs Monate in Betrieb. Vermarktet wird nur über den Großhändler, der für den Transport verantwortlich ist. Für die Apfelerzeugung werden 10000 l Diesel benötigt.

Von 10 ha Anbaufläche nutzt **Hof H*** 9,5 ha für den Apfelanbau. Geerntet werden 320 t. Der Betrieb besitzt zwei Schlepper und einen PKW, der auch betrieblich genutzt wird. Das auf dem Hof befindliche Lager wird ausschließlich für die eigene Produktion verwendet und fasst 300 t. Gelagert wird drei bis zwölf Monate. Der Energieumsatz des Lagers wird mit 3000 kWh beziffert. Daraus ergeben sich 10 kWh/t für die Lagerung. Über Direktvermarktung werden 3 t abgesetzt, 317 t über Eigentransport zum Großhändler. Neben der Energie für die Lagerung kommt der Verbrauch von 4000 l Diesel hinzu. Zurzeit werden keine alternativen Energiequellen eingesetzt und solche auch nicht für die Zukunft geplant.

In der folgenden Tab. 6 sind wesentliche Merkmale der Betriebe zusammengefasst dargestellt.

Tab. 6: Merkmale der untersuchten Betriebe 2006

	A	B	C	D	E	F*	G*	H*
Ges. Produktionsfläche [ha]	25	130	25	30	56	14,4	36	10
Apfelanbaufläche [ha]	24,8	25	20	20	51,5	12	36	9,5
Ernte [t]	600	740	800	600	2200	400	1440	320
Ertrag [t/ha]	24,2	29,6	40,0	30,0	42,7	33,3	40,0	33,7
Tafelobst [%]	75-90	90	97	90	k. A.	80	90	k. A.
Elektroenergie [kWh/a]	45000	k. A.	98752	30000	118000	120000	k. A.	2956
Benzin/ Diesel [l/a]	5000	13700	4500	10000	11000	2900	10000	4000
Erneuerbare-Energien-Planung	nein	Mis- canthus	Holz- hack- schnitt- zel	nein	Photo- voltaik- anlage	Holz- hack- schnitt- zel	nein	nein

k. A.: keine Angaben

Nachstehende Tab. 7 verdeutlicht die Spanne zwischen den jeweiligen Betrieben sowie deren Mittelwerte.

Tab. 7: Minimum, Maximum und Mittelwerte der Produktionsfläche, der Apfelanbaufläche, der Ernte, des Ertrags, des Energieumsatzes und des Treibstoffverbrauchs der untersuchten Betriebe

	Ges. Produktionsfläche [ha]	Apfelanbaufläche [ha]	Ernte [t]	Ertrag [t/ha]	Energieumsatz [kWh] Elektro	Diesel/ Benzin [l/a]
minimaler Wert	10	9,5	320	24,2	2956	2900
maximaler Wert	130	51,5	2200	42,7	120000	11000
Mittelwert	40,8	24,9	887,5	34,2	69171,3	6771,4

Anbau: Die untersuchten Betriebe sind zehn (Hof H*) bis 130 ha (Hof B) groß. Die Apfelanbauflächen liegen zwischen 9,5 (Hof H*) und 51,5 ha (Hof E). Zur Qualitätsklasse Premium

extra und Handelsklasse 1 zählen 90 bis 97 % der Ernte, in der Brennerei oder Saftproduktion werden lediglich 3 bis 10 % der Ernte verwertet. Nur Hof A und F* weichen mit 70 bis 80 % Anteil der Ernte an den oberen beiden Qualitätsklassen bzw. werden bis zu 25 % der Ernte nicht als Tafeläpfel verwendet, sondern werden zu Saft oder Schnaps verwertet. Die übrige Produktionsfläche wird größtenteils für den Anbau anderer Obstbaumarten genutzt. Nur Hof B baut vorwiegend Weizen und Raps an, die Apfelproduktion macht den geringeren Teil aus.

Ernte: Bei den Betrieben A, B, C und D wird zur Ernte der kontinuierlich bzw. um Zuglängen weiterfahrende Erntezug eingesetzt, bei Hof E erfolgt die Ernte mit Hilfe von Pflückzügen. Die Erntemenge variiert stark nach Sorte und Alter des Bestandes. Die Erträge liegen zwischen 9 t/ha (Hof A, Junganlage: Red Prince, Braeburn), 15 t/ha bei der Sorte Boskoop (Hof A, Hof E und Hof H*) und 44 t/ha (Hof B) bzw. 66 t/ha (Hof E) bei der Sorte Jonagold. Die gesamte Apfelernte liegt zwischen 320 t (Hof H*) und 2200 t (Hof E). Der Ertrag schwankt zwischen 24,2 t/ha (Hof A) und 42,7 t/ha (Hof E).

Maschinen/ Fahrzeuge: Der Schlepper ist das wichtigste Fahrzeug auf den Betrieben. Er wird für viele verschiedene Arbeitsschritte benötigt und dient mehreren anderen Maschinen als Energiequelle. Drei Höfe besitzen darüberhinaus dieselbetriebene Beregnungsanlagen. Außerdem geben drei Betriebe den Einsatz von elektro-, gas- oder dieselbetriebenen Gabelstaplern an. Zusätzlich wird der Privatwagen von sieben Höfen auch betrieblich genutzt.

Lagerung/ Sortierung: Alle acht Höfe haben eigene Lager. Diese liegen entweder auf dem Betrieb oder sind bis zu 3 km davon entfernt (Hof A und Hof D). Bei zwei Höfen befindet sich nur die eigene Produktion im Lager (Hof G* und F*). Bei Hof D werden 90 %, bei Hof E 80 % des Lagers von anderen Betrieben genutzt. Die Lagerkapazitäten betragen 300 t (Hof H*) bis 1100 t (Hof E). Die durchschnittliche Einlagerungsdauer beläuft sich auf bis zu drei Monate in den Kühllagern und zwischen vier und sieben bzw. bei Hof H* bis zwölf Monate in den CA-Lagern. Die Sortieranlagen haben eine Leistung von 2 t/h bis 4,5 t/h.

Distribution: Die Großhändler nehmen von allen Betrieben den größten Anteil der Ernte ab. Die Distanz zwischen Hof und Großhändler beträgt bei Hof C 25 bis 30 km. Ansonsten liegen 0,5 km (Hof D), 2 bis 6 km (Hof B), 8 km (Hof E) und 15 km (Hof A) zwischen Obstbaubetrieb und Großhändler. Nur Hof G* gibt an, nicht für den Transport zum Großhändler verantwortlich zu sein. Drei Höfe setzen geringe Mengen direkt ab, Hof F* gibt zudem einen Teil der Äpfel an Wochenmarkthändler oder ähnliche Abnehmer weiter. Die Lagerung bei den Großhändlern erfolgt in Kühllagern.

Energieumsatz: In der folgenden Tab. 8 sind die Endenergieumsätze der Höfe dargestellt.

Tab. 8: Endenergieumsätze der einzelnen Betriebe

		A	B	C	D	E	F*	G*	H*
Elektroenergie	[kWh]	45000	k. A.	98752	30000	118000	120000	k. A.	2956
Diesel ¹⁷	[l]	5000	13700	4500	10000	11000	2900	10000	4000
	[kWh]	50150	137411	45135	100300	110330	29087	100300	40120
Benzin ¹⁸	[l]	187,5					1350		
	[kWh]	1717,5					12366		
Gas ¹⁹	[kg]		k. A.		220				
	[kWh]				2831,4				
Heizöl ²⁰	[l]		k. A.		4000				
	[kWh]				40920				
gesamt	[kWh]	96867,5		143887	174051,4	228330	161453		43076
Ernte	[t]	600	740	800	600	2200	400	1440	320
gesamt [kWh/t]		161,4		179,9	290,1	103,8	403,6		134,6
Fläche	[ha]	24,8	25	20	20	51,5	12	36	9,5
gesamt [kWh/ha]		3905,9		7194,4	8702,6	4433,6	13454,4		4534,3

Der minimale Wert des Treibstoffverbrauches beträgt 40120 kWh (Hof H*), der maximale 137411 kWh (Hof B). Der gesamte Endenergieumsatz (ohne Hof B und G*) liegt zwischen 43076 kWh (Hof H*) und 228330 kWh (Hof E). Bezogen auf eine Tonne Apfel schwankt dieser zwischen 103,8 kWh/t (Hof E) und 403,6 kWh/t (Hof F*). Der Mittelwert beträgt 212,2 kWh/t. Umgerechnet auf die Anbaufläche liegen die Werte zwischen 3905,9 kWh/ha (Hof A) und 13454,4 kWh/ha (Hof F*) (vgl. Tab. 9 und Tab. 10).

¹⁷ Diesel = 10,03 kWh/l [vgl. Tab. 5]

¹⁸ Benzin = 9,16 kWh/l [vgl. Tab. 5]

¹⁹ Flüssiggas = 12,87 kWh/kg [vgl. Tab. 5Tab.]

²⁰ Heizöl = 10,23 kWh/l [vgl. Tab. 5]

Tab. 9: Übersicht der verwendeten flüssigen Brennstoffe der Betriebe

		A	B	C	D	E	F*	G*	H*
Summe									
Brennstoff	[kWh]	51867,5	137411	45135	144051,4	110330	41453	100300	40120
Ernte	[t]	600	740	800	600	2200	400	1440	320
Brennstoff	[kWh/t]	86,4	185,7	56,4	240,1	50,2	103,6	69,7	125,4
Fläche	[ha]	24,8	25	20	20	51,5	12	36	9,5
Brennstoff	[kWh/t]	2091,4	5496,4	2256,8	7202,6	2142,3	3454,4	2786,1	4223,2

Tab. 10: Minimaler, maximaler und Mittelwert des produkt- sowie flächenbezogenen Endenergieumsatzes

	[kWh/t]	[kWh/ha]
Minimaler Wert	103,8	3905,9
Maximaler Wert	403,6	13454,4
Mittelwert	212,2	7037,5

Planung von erneuerbaren Energien: Drei Höfe beziehen derzeit Energie aus regenerativen Quellen. Allerdings wird diese nicht in der Produktion, sondern im Wohnbereich eingesetzt, sodass diese für die Auswertung der Energiebilanzierung keinen Einfluss nimmt. Betrieb A und D setzen zur Beheizung des Wohnbereiches einen Holzhackschnitzelkessel ein, Betrieb E betreibt Photovoltaikanlagen. Vier der acht Obstbauern planen in Zukunft erneuerbare Energiequellen einzusetzen. Dabei handelt es sich um die Inbetriebnahme von Holzhackschnitzelheizungen (Hof C und E) und weitere Photovoltaikanlagen (Hof E) sowie den Anbau und die Verwertung von Miscanthus (Hof B).

4.2 Darstellung der Endenergieumsätze

Als Indikator für den Ressourcenverbrauch wird der Energieaufwand herangezogen. Die funktionelle Einheit stellt zum einen das Produkt (1 t Apfel) und zum anderen die Flächennutzung (ha) dar.

In Abb. 9 sind die verwendeten Endenergieträger abgebildet. Die Elektroenergie nimmt in zwei Fällen (Hof C, F*) deutlich den überwiegenden Anteil der umgesetzten Energie ein, bei zwei Höfen (D, H*) dominiert der Treibstoffverbrauch. Geringe Unterschiede in der umgesetzten Menge dieser beiden Energieträger weisen Hof A und Hof E auf.

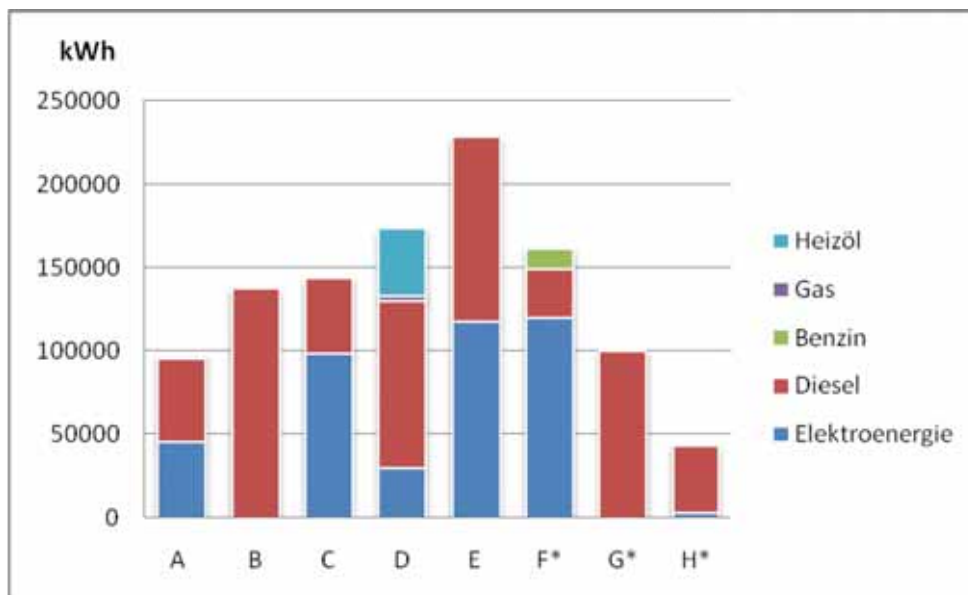


Abb. 9: Umsatz der verschiedenen Energieträger der einzelnen Betriebe

Die nachfolgende Abb. 10 zeigt den Zusammenhang von flüssigem Brennstoffverbrauch und der Erntemenge. Hof H* und F* benötigen bei geringer Ernte absolut wenig Brennstoff, Hof E und G* bei höherer Erntemenge absolut mehr. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression liegt bei 0,154.

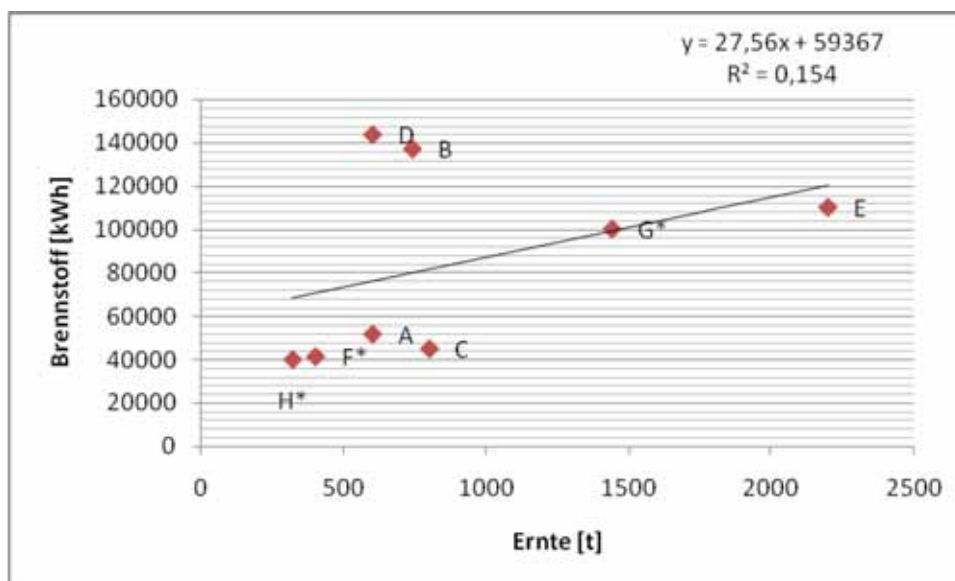


Abb. 10: Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t]

Demgegenüber wird in nachstehender Abb. 11 deutlich, dass der Brennstoffverbrauch pro t Apfel, also der spezifische Brennstoffverbrauch und die Erntemenge eine negative Korrelation bilden. Das Bestimmtheitsmaß der in Abb. 11 gezeigten linearen Regression liegt bei 0,236.²¹

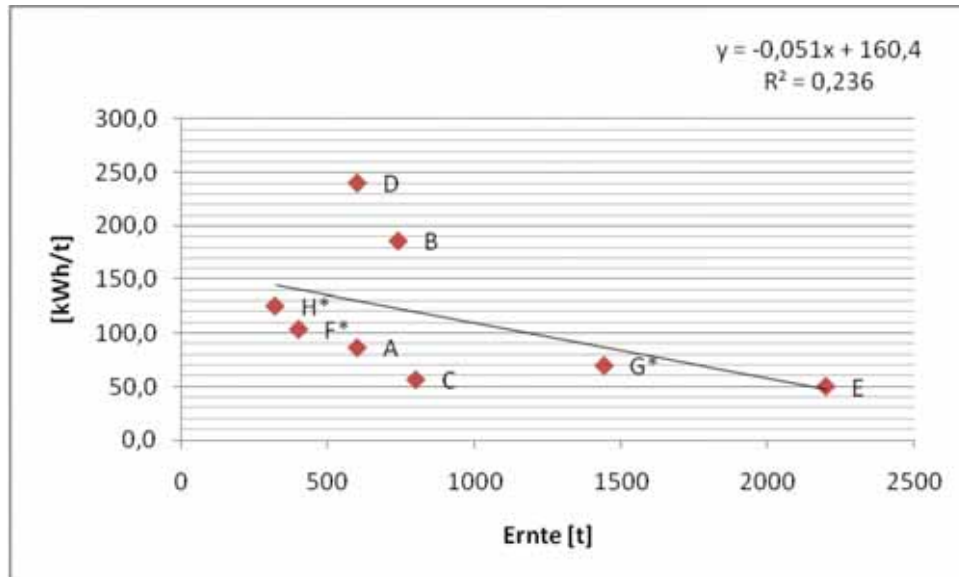


Abb. 11: Brennstoffverbrauch pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t]

Ähnliches zeigt sich in Abb. 12. Je größer die Anbaufläche, desto höher erscheint der absolute Brennstoffbedarf.

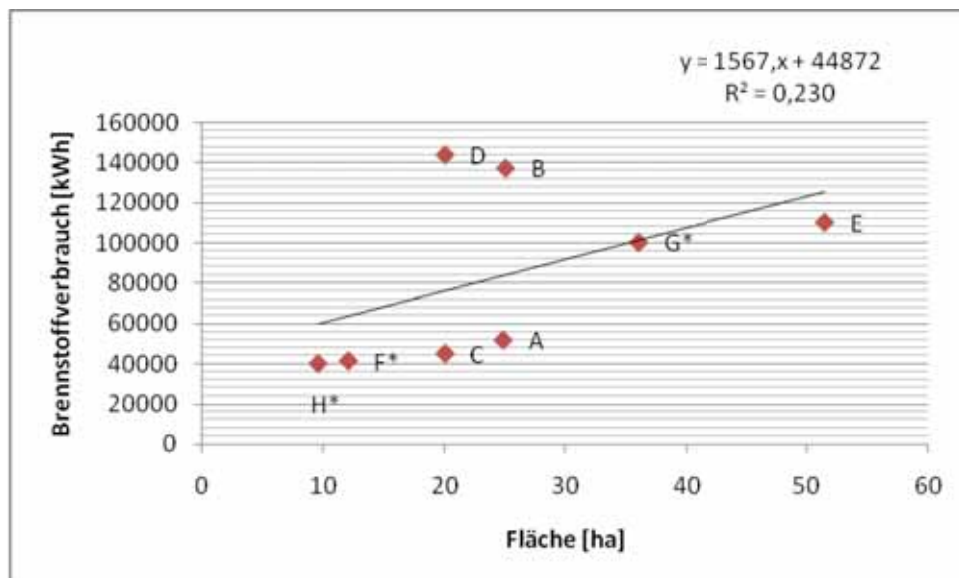


Abb. 12: Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Anbaufläche [ha]

²¹ **Anmerkung des Herausgebers:** Der funktionelle Zusammenhang ist keinesfalls linear, sondern vielmehr nichtlinear. Anzusetzen wäre vielmehr eine **hyperbolische** Funktion der Form $y = a/x + b$. Eine Hyperbel weist eine Polstelle ($y \rightarrow \infty$ bei $x = 0$) sowie eine Asymptote ($y = b$ bei $x \rightarrow \infty$) auf. Beides entspricht dem in der betrieblichen Realität zu beobachtenden Sachverhalt. Insoweit überraschen die niedrigen Bestimmtheitsmaße der seitens der Autorin gewählten linearen Regression nicht. Dies gilt auch für die nachfolgenden Abb. 13, 15 und 17.

Hinsichtlich des spezifischen Brennstoffverbrauchs pro ha und der Apfelanbaufläche zeigt Abb. 13 nachfolgend ebenfalls eine negative Korrelation. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression beträgt dabei 0,143²².

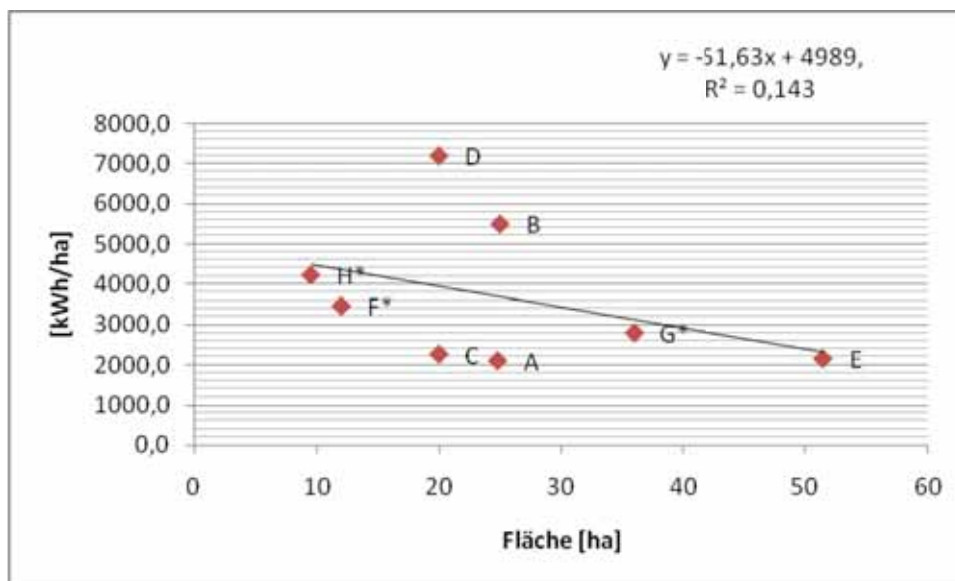


Abb. 13: Brennstoffverbrauch pro ha Anbaufläche [kWh/ha] in Abhängigkeit von der Anbaufläche [ha]

Nachfolgend werden die Beziehungen auf die insgesamt eingesetzte Endenergie aufgeführt. Abb. 14 stellt den absoluten Endenergieumsatz über der Erntemenge dar. Die Höfe mit geringerer Ernte haben - absolut gesehen - einen geringeren Endenergieumsatz als die Höfe mit hoher Erntemenge.

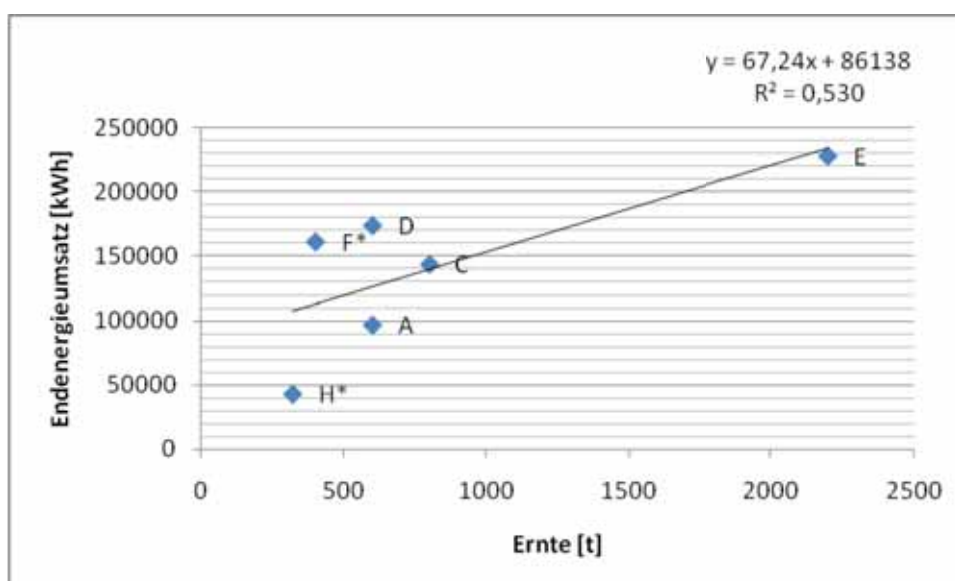


Abb. 14: Endenergieumsatz [kWh] bezogen auf die Erntemenge [t]

²² Siehe Anmerkung des Herausgebers zu Abb. 11.

Der spezifische Endenergieumsatz bezogen auf die Tonne Apfel in Abhängigkeit von der produzierten Apfelmenge weist wieder eine negative Korrelation auf (Abb. 15).

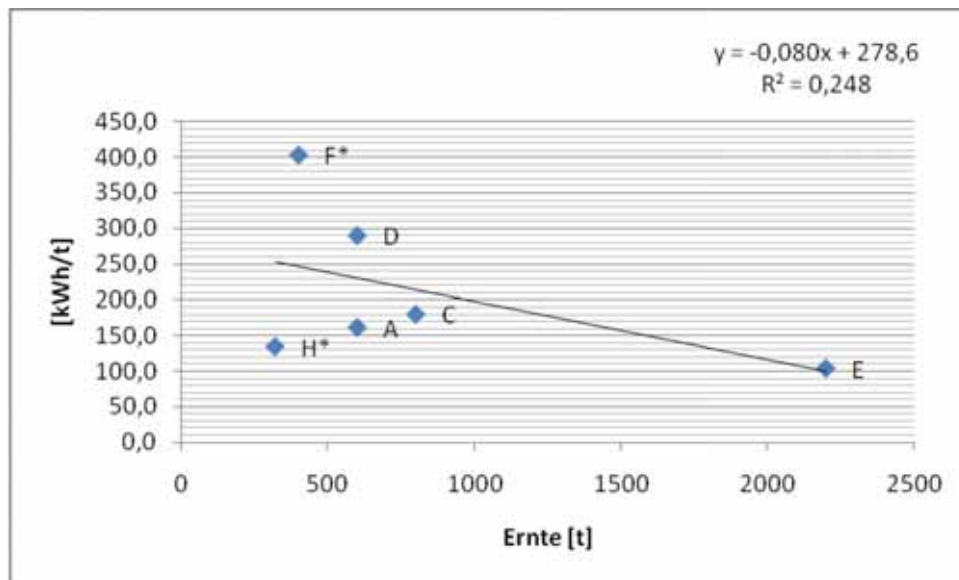


Abb. 15: Endenergieumsatz pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] bezogen auf die Erntemenge [t]

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich, wenn zum Einen der **absolute** Energieumsatz über der Anbaufläche (Abb. 16) und zum Anderen der **spezifische** Energieumsatz pro Anbaufläche über der Anbaufläche (Abb. 17) dargestellt werden. Die kleinen Betriebe benötigen relativ – also bezogen auf die Anbaufläche - mehr Energie als die größeren Betriebe (Abb. 17).

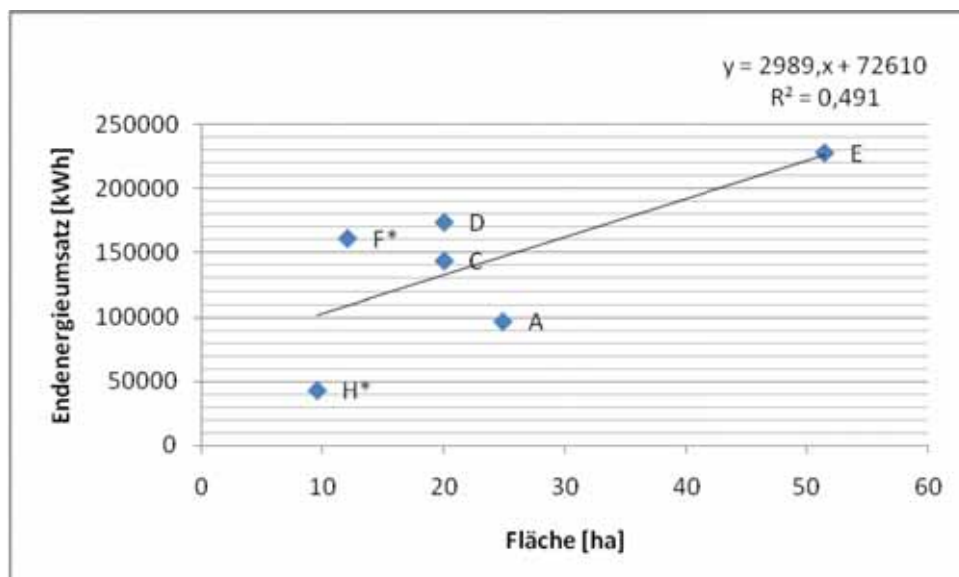


Abb. 16: Absoluter Endenergieumsatz [kWh] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha]

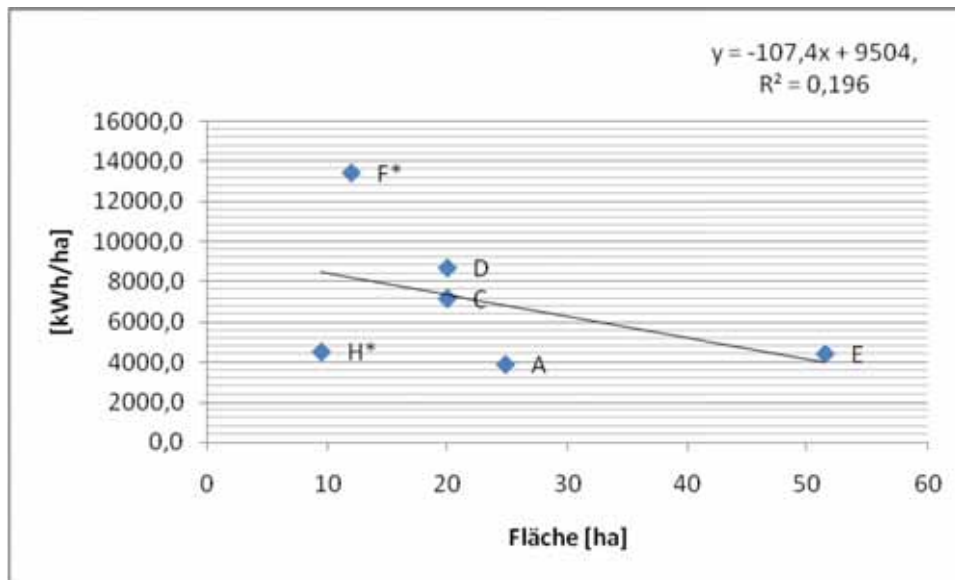


Abb. 17: Endenergieumsatz pro ha Anbaufläche [kWh/ha] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha]

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der produkt- und flächenbezogene flüssige Brennstoff- sowie Endenergieumsatz in Abhängigkeit von der Erntemenge bzw. Anbaufläche der kleineren Betriebe höher ist als jener der größeren Betriebe. Dies gilt für die hier untersuchten Betriebe.

5 Diskussion

5.1 Grenzen der bisherigen Forschung

Ähnliche Studien zu verwandter Sachlage existieren bereits. Diesen liegen jedoch andere Systeme zugrunde, und zum Teil weisen sie Schwachstellen auf. Eine Studie aus Österreich von GILJUM stellt unter dem Titel 'CO₂-Rucksack' CO₂-Emissionen, die während des Transportweges verursacht werden, von verschiedenen importierten und österreichischen Produkten gegenüber. Das beim Transport von Äpfeln aus Südafrika verursachte CO₂ wird der CO₂-Menge gegenüber gestellt, welche beim Transport von Äpfeln aus der Steiermark produziert wird. Die daraus resultierende CO₂-Emission ist bezogen auf die importierten Äpfel aus Südafrika etwa zwölfmal höher als die der regionalen aus der Steiermark [GILJUM 2007]. Allerdings wird lediglich der Transportweg in die Berechnung der entstandenen CO₂-Menge einbezogen, welcher, wie zu erwarten, von Südafrika nach Wien weiter ist als aus der Steiermark. Weitere Faktoren finden in dieser Studie keine Berücksichtigung.

BLANKE et al. vergleichen Energiebilanzen für heimische und importierte Äpfel mit Vermarktung im Monat April in Deutschland. Für die heimischen Früchte wird der Primärenergieaufwand für Anbau, Ernte und fünfmonatige CA-Lagerung berechnet, für die importierten Äpfel aus Südafrika ein vierzehntägiger Transport mit dem Kühlschiff nach Antwerpen und von dort mit dem LKW nach Deutschland, für die importierten aus Neuseeland wird ein 28-tägiger Transport kalkuliert. BLANKE et al. ziehen den Schluss, dass für importierte Äpfel etwa 25 % mehr Energie aufgewendet wird als für heimisch gelagerte [BLANKE 2005]. Die Daten, auf die BLANKE et al. zurückgreifen, stammen zum Teil aus dem Jahr 1979 und sind daher vermutlich veraltet. Die Autoren einer Studie des 'Department for Environment, Food and Rural Affairs' (DEFRA) in Manchester merken an, dass die Untersuchungen von BLANKE et al. davon ausgehen, dass der Energiebedarf für die Apfelproduktion in Neuseeland, Südafrika und Deutschland entgegen anderer Untersuchungen etwa gleich hoch ist [DEFRA 2006].

Eine Studie von SAUNDERS et al. vergleicht dagegen den Energieumsatz und die CO₂-Emission in der Apfelproduktion in Neuseeland mit der in Großbritannien. Die Autoren finden heraus, dass die Produktion in Neuseeland einen geringeren Energieumsatz und eine geringere CO₂-Emission verursacht, auch wenn Transport und Lagerung mit einbezogen werden. Eine Tonne exportierter Äpfel aus Neuseeland benötigt 40 % weniger Energie und emittiert 32 % weniger CO₂ in der Produktion und Verschiffung als eine Tonne britischer Äpfel. Einige Daten der britischen Betriebe sind nicht verfügbar und fließen daher nicht in die Berechnung ein, sodass im Vergleich die Effizienz der neuseeländischen Apfelproduktion sogar noch höher sein könnte [SAUNDERS 2006].

Die Umwelteinflüsse der Apfelproduktion in Neuseeland evaluieren MILÁ I CANALS et al. mittels LCA. Das Ziel dabei ist, alternative Produktionsweisen der Apfelerzeugung, die Umwelteinflüsse reduzieren sollen, zu bewerten. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Energie hauptsächlich durch die eingesetzten Maschinen umgesetzt wird. Zudem hat der Energieumsatz den höchsten Einfluss auf die Verursachung von Emissionen. MILÁ I CANALS et al. schlagen daher vor, diesen in den Fokus weiterer Studien zu legen [MILÁ I CANALS 2006].

Der Vergleich der Energiebilanzen vorhandener Studien gestaltet sich schwierig, da bei der Datenerhebung unterschiedlich vorgegangen wird. Einige Studien beziehen in die Energiebilanz die aufgebrauchte Energie für Produktion von Pflanzenschutzmitteln, Dünger, Schmierstoffen und sonstigen Hilfsmitteln ein [DIEPENBROCK 1995]. Weitere Einflussfaktoren wie eine anderweitige Nutzung der Geräte und Lager erschweren ebenso die Vergleichbarkeit. Fahrzeuge werden für den privaten Gebrauch oder für andere auf dem Betrieb produzierten Güter eingesetzt, sodass die Berechnung der alleinigen Energiebilanz für die Apfelerzeugung kompliziert ist. Dies muss bei Interpretation und Vergleich bisheriger und zukünftiger Daten beachtet werden, da es ansonsten zwangsläufig zu Fehlinterpretationen kommt.

5.2 Methodenkritik

Neben der Kritik an der bestehenden Literatur ergeben sich auch aus der eigenen Untersuchung Diskussionspunkte. Der Aufbau des Fragebogens ist nach Ablauf der Produktionskette gegliedert. So werden zunächst alle Schritte der Apfelerzeugung mit den grundlegenden Daten und nachfolgend die Energieumsätze erfasst. Der Fragebogen wird nach Absprache mit Beratern des OVB zunächst hinsichtlich der Angaben zu den Ernteverfahren, die im Alten Land vorherrschen, verändert. Zudem sind in dem überarbeiteten Fragebogen Angaben zu den unternommenen Transportstrecken zum Lager, Sortierhaus und Großhändler zu machen. Diese sind wichtig, um die Logistik des Betriebes und den daraus resultierenden Verbrauch des Treibstoffs einschätzen zu können. Zu den Fragen, welche die Lagerung betreffen, sind zusätzlich Informationen zur Anlage und Entfernung des Sortierhauses zu geben, da dieses neben dem Lagerhaus auch elektrische Energie aufwendet. Mit diesen Angaben ist der Umsatz der jeweiligen Maschinen besser abschätzbar. Die Daten zur Lagerdauer und zum Energiebedarf werden nach Kühl- und CA-Lager bzw. Sortieranlage differenziert, um mögliche Unterschiede in den Endenergieumsätzen zwischen den Lagerformen auszumachen. Die Angabe des Ernteverfahrens kann einen Einblick über die Arbeitsweise des Betriebes geben, liefert aber keine Information für die Berechnung. Der Einsatz von zwei Fragebögen führt im Ergebnisteil dazu, dass die Angaben einiger Höfe detaillierter ausfallen.

Obwohl viele Kontakte zu den Apfelerzeugern im Alten Land geknüpft werden und die Autorin mit den Beratern des OVB zusammenarbeitet, fällt der Rücklauf der Fragebögen relativ gering aus. Es ist möglich, dass der Fragebogen zu umfangreich formuliert ist. Um eine komplette Energiebilanzierung aufstellen zu können, sind die erfragten Daten jedoch erforderlich. Einige Obstbauern empfinden die anzugebenden Daten zudem als zu sensibel, da diese Auskunft über die Wirtschaftlichkeit und die Umsätze des Betriebes geben. Durch einzelne Gespräche mit den Bauern ließ sich bestätigen, dass diese nur ungern solche Zahlen offen legen. Die Autorin nimmt an, dass die erhobenen Daten der Realität entsprechen. Sie kann allerdings nicht sicher sein, dass beispielsweise der Energiebedarf für andere Bereiche (Anteil an anderer Produktion auf dem Betrieb, Privatbereich) mit eingerechnet wird bzw. unbeabsichtigt andere Fehler enthalten sind. Da kein Nutzen für die Bauern durch die Beantwortung des Fragebogens besteht, ist es möglich, dass nur diejenigen reagieren, die wirklich Interesse an diesem Thema haben. Der Einsatz von Anreizen wäre vorteilhaft, weil somit eventuell mehr Teilnehmer für die Untersuchung gewonnen werden könnten. Im Rahmen dieser Arbeit und der nicht zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel ist dies aber nicht anwendbar. Außerdem könnte den Bauern genauer erläutert werden, dass die Untersuchungen dazu dienen, bei der Optimierung in den Produktionsabläufen zu helfen. Mehr persönliche Besuche und Rücksprachen könnten motivierend wirken, sind aufgrund von Datenschutzgründen des OVB aber nicht möglich. Es handelt sich hier lediglich um ein kleines Kollektiv, welches untersucht wird. Die Ergebnisse sind im quantitativen Sinne nicht als repräsentativ anzusehen, sondern zeigen lediglich qualitative Tendenzen der Energiebilanz im Bereich der Niederelbe auf. Die gewonnenen Ergebnisse und erstellten Darstellungen zeigen in der vorgenommenen Linearisierung ein kleines Bestimmtheitsmaß, sodass von keinem gesicherten linearen Zusammenhang ausgegangen werden darf²³. Aufgrund dieser geringen Datenverfügbarkeit ist anzumerken, dass sich bei einem kleinen Kollektiv extreme Werte stärker auswirken als bei einem großen Kollektiv. Neben dieser Sachlage bleibt festzuhalten, dass die Datenaktualität nicht übertroffen werden kann.

5.3 Reflexion der Ergebnisse

Anbau und Ernte

Die Anbauverfahren der Apfelproduktion sind bei den Betrieben sehr ähnlich, sodass diese

²³ **Anmerkung des Herausgebers:** Der funktionelle Zusammenhang ist keinesfalls linear. Anzusetzen wäre vielmehr eine **hyperbolische** Funktion der Form $y = a/x + b$. Eine Hyperbel weist eine Polstelle ($y \rightarrow \infty$ bei $x = 0$) sowie eine Asymptote ($y = b$ bei $x \rightarrow \infty$) auf. Beides entspricht dem in der betrieblichen Realität zu beobachtenden Sachverhalt. Insoweit überraschen die niedrigen Bestimmtheitsmaße der seitens der Autorin gewählten linearen Regression nicht.

keinen großen Einfluss auf das Ergebnis haben. Wichtig ist jedoch die Betrachtung der unterschiedlich großen Flächen, die mit Junganlagen bepflanzt sind. Die Ernte ist jedes Jahr sehr unterschiedlich und abhängig von verschiedenen Einflüssen, beispielsweise den Wetterverhältnissen. Eine Erhebung aus nur einem Erntejahr kann daher keine Durchschnittswerte widerspiegeln. Außerdem ist nicht immer nachvollziehbar, wie alt der Bestand der Bäume ist. Durch diese können erntebezogene Ergebnisse stark beeinflusst werden. Neuere Anlagen bis zum fünften und ältere ab dem fünfzehnten Jahr bringen eine niedrigere Ernte und somit einen höheren Energieumsatz sowohl pro t als auch pro ha. Der Ertrag der Apfelernte ist stark von der Apfelsorte abhängig, daher ist die Differenzierung in die funktionelle Einheit 't Sorte' genauer als die verwendete Einheit 't Apfel'. Allerdings gestalten sich die Aufgliederungen der Energieumsätze nach Apfelsorte auf einem Betrieb kompliziert, da ein Betrieb selten nur eine Sorte anbaut und das Differenzieren der Umsätze nach Sorte nicht präzise vorgenommen werden kann.

Der Hof A hat gegenwärtig einen geringen Ertrag von 24,2 t/ha. Auf diesem Betrieb befinden sich zurzeit auf einem Viertel der gesamten Produktionsfläche (6,4 ha von 24,8 ha) Junganlagen, die den gesamten Ertrag dementsprechend senken. Trotzdem werden auf diesen Flächen die Maschinen für den Anbau benötigt, sodass der Treibstoffverbrauch bezogen auf die Fläche dadurch erhöht sein könnte. Der Betrieb E hat zurzeit keine Junganlagen und einen Durchschnittsertrag von 42,7 t/ha. Er baut die im Jahr 2006 ertragshohen Sorten Jonagold (66 t/ha) und Elstar (43,3 t/ha) auf einer Fläche von je 15 ha an. Bei gleicher Anbaufläche können die Erträge und auch die Energieumsätze also enorm schwanken. Der Einfluss der Ernteverfahren auf den Treibstoffverbrauch kann nicht ermittelt werden. Abgesehen von Hof E arbeiten alle Betriebe mit Hilfe des kontinuierlich bzw. um Zuglänge weiterfahrenden Erntezuges.

Lagerung/ Sortierung

Bei Hof D und E befinden sich 90 bzw. 80 % andere als die eigene Produktion im Lager sowie 95 bzw. 80 % im Sortierhaus. Die Höfe A und C lagern dagegen lediglich 10 % (70 t bei einer Lagerkapazität von 670 t) bzw. 5 % (40 t bei Lagerkapazität von 800 t) fremde Produktionen, betreiben das Sortierhaus allerdings nur für die eigene Ernte. Hof G* und H* haben nur die eigene Produktion im Lager. Betrieb F* gibt an, Fremdlagerung durchzuführen. Hieraus ergeben sich hohe Unterschiede in dem Endenergieumsatz des jeweils untersuchten Systems, dem Betrieb, die sich nur schwer heraus rechnen lassen.

Hof H* gibt 2956 kWh benötigte Elektroenergie an. Wird diese komplett für die Betreibung des Lagers eingesetzt, ergibt sich daraus ein Wert von 10 kWh/t gekühltes Gut für bis zu zwölf Monate Lagerung. Dies ist verglichen mit Werten aus der Literatur (vgl. Kapitel 2.4)

und denen der anderen Betriebe ein sehr geringer Wert und deutet eventuell auf eine Fehlerquelle hin. Hof E wendet 50 kWh/t für das Kühllager bei durchschnittlich einmonatiger Inbetriebnahme und 100 kWh/t für das CA-Lager auf, welches im Durchschnitt fünf Monate betrieben wird. Hof D lagert die Äpfel im Kühlhaus durchschnittlich drei Monate, im CA-Lager sieben Monate und setzt dafür 67 kWh/t um. Dies verdeutlicht noch einmal, dass beim Wert des Elektronergieeinsatzes eine Unstimmigkeit bestehen könnte.

Weiter sagt der Obstbauer des Hofes F* von seinem Betrieb, dass dieser sehr energiesparend arbeitet. Er führt dies auf verschiedene Faktoren wie die arrondierten Flächen und kurzen Wege zurück. Bezüglich des Verbrauches der flüssigen Brennstoffe trifft die Aussage zu. Wird jedoch der gesamte Endenergieumsatz betrachtet, schneidet der Betrieb vergleichsweise schlecht ab. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass dieser Betrieb viel Fremdlagerung durchführt. Möglicherweise wird diese nicht heraus gerechnet. Die Wärmerückgewinnung der Lagerung und die Holzhackschnitzelnutzung fließen nur in den privaten Bereich und daher nicht mit in die Auswertung ein.

Distribution

Die Datengewinnung in Bezug auf Distribution gestaltet sich schwieriger als zuvor angenommen. Aufgrund der mangelnden Vertrauensbasis fällt während der Befragung der Bauern auf, dass der Anteil der direktvermarkteten Ware schwer zu erfassen ist. Wie aus Gesprächen hervorgegangen ist, befürchten die Bauern durch wahrheitsgemäße Angaben Konflikte mit dem Finanzamt. Die jeweiligen Transportwege und transportierten Mengen können daher erheblich von den angegebenen Daten abweichen.

Hof G* ist der einzige Betrieb, der nicht für den Transport zum Großhändler verantwortlich. Der Kraftstoffverbrauch für die Distribution fließt in diesem Unternehmen daher nicht mit in die Energiebilanz ein. Der Großhändler von Hof D liegt 0,5 km entfernt, der des Hofes A 15 km und der des Hofes C 25 bis 30 km entfernt, wobei Hof C keine Angaben über die Verantwortung des Transportes macht. Die Erwartung der Autorin ist, dass weite Transportwege einen hohen Treibstoffverbrauch verursachen. Dies lässt sich anhand der Daten allerdings nicht bestätigen. Hof D mit dem kürzesten Weg hat im Vergleich zu den anderen Höfen einen höheren Treibstoffverbrauch. Es scheint, dass viele kurze Wege ineffizienter zurückgelegt werden als längere Strecken. Die kurzen Wege werden womöglich oft und mit geringen Mengen gefahren, die längeren Strecken durch das Transportieren großer Mengen optimiert. Der Treibstoffverbrauch kann allerdings nicht nach Bedarf für Feldarbeit und Distribution differenziert werden, wodurch ebenfalls Schwankungen hervorgerufen werden.

Dies zeigt, dass jeder Betrieb so zu untersuchen ist, dass die genauen Strukturen bestmöglich erfasst werden können. Das ist im Rahmen dieser Arbeit und der gegebenen Zeit allerdings nicht möglich, da hier persönliche Besuche und längere Analysen vor Ort notwendig wären.

Energieumsatz

Die Ergebnisse zum Energieumsatz weisen starke Schwankungen zwischen den Betrieben und innerhalb der unterschiedlichen Energieträger auf. Dafür gibt es verschiedene Erklärungsansätze.

Die bestehenden Unterschiede zeigen sich beispielsweise in dem Anteil an Elektroenergie- und Treibstoffumsatz. Deutlich mehr Elektroenergie als flüssigen Brennstoff benötigen die Höfe C und F*. Zu Hof C kann angemerkt werden, dass der Treibstoffverbrauch erheblich höher liegt, wenn die Autorin diesen anhand der indirekt gegebenen Daten (gegeben durch die Angaben zu Maschinen, zurückgelegten Kilometern und Verbrauch) berechnet, obwohl auch dann der Aufwand für die Berechnung nicht mit einfließt. Der Hof C hat weite Wege zum Sortierbetrieb und Großhändler, möchte allerdings keine Angaben darüber machen, wer die Verantwortung für den Transport trägt. Der hohe Anteil der Elektroenergie am Endenergieumsatz kann beim Betrieb F* durch die Fremdlagerung erklärt werden. Der Treibstoffbedarf der Beregnungsmotoren ist angegeben. Diesen beiden Betrieben gegenüber stehen die Höfe D und H*, die bei Betrachtung des gesamten Endenergieumsatzes deutlich mehr flüssigen Brennstoff als Elektroenergie benötigen. Hof D ist ein großer Betrieb, der auf 10 ha andere Obstbäume bewirtschaftet. Eventuell ist der Aufwand nicht allein auf die Produktion der Äpfel zu beziehen. Der Energieumsatz für die Beregnung ist eingerechnet. Der Großteil der Ernte wird über drei Kilometer mit Schleppern, die drei Großkisten (je 0,3 t) befördern, zum Lager transportiert. Hof H* weist die oben erwähnten Schwachstellen (auffällig geringer Elektroenergieaufwand) auf. Höfe A und E zeigen geringe Unterschiede zwischen Elektroenergie- und Treibstoffumsatz. Hof E hat mit 7 km die weiteste Entfernung zum eigenen Lager. Es ist jedoch kein erhöhter Aufwand erkennbar. Durch die Größe des Betriebes kommt es zu Rationalisierungseffekten.

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. Bei höheren Erntemengen und größeren Betrieben sinken der Treibstoffverbrauch und auch der gesamte Endenergieumsatz bezogen auf die produzierte Tonne bzw. Anbaufläche. Rationalisierungseffekte sind bei größeren Einheiten eher möglich. Zudem ist zu erwarten, dass große Lager und eine hohe Erntemenge auch einen hohen Elektroenergieumsatz fordern. Dies lässt sich anhand der Daten jedoch nicht bestätigen. Individuell sind große Schwankungen erkennbar.

Darstellung der Endenergieumsätze

Die Höfe B und D fallen in den Diagrammen (Kap. 4.2), in denen der Verbrauch der flüssigen Brennstoffe auf die Ernte und die Fläche bezogen wird, im Vergleich zu den anderen Höfen durch ihre hohen Umsätze auf. Beide Betriebe bauen im Gegensatz zu den anderen Betrieben nicht nur Äpfel, sondern auch andere Produkte auf großer Fläche an (vgl. Tab.). Hof B bewirtschaftet auf 60 ha Weizen und auf 45 ha Raps. Hof D bepflanzt auf 10 ha andere Obstbäume. Der hohe Treibstoffaufwand könnte auf die weiteren Wege zurückzuführen sein, die von den beiden Betrieben zurückgelegt werden müssen. Deshalb folgen die Darstellungen aus dem Ergebnisteil 4.2 zum Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] (Abb. 18), zum Brennstoffverbrauch pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] (Abb. 19), zum Brennstoffverbrauch [kWh] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] (Abb. 20) und zum Brennstoffverbrauch pro ha Anbaufläche [kWh/ha] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] (Abb. 21) ohne diese beiden Betriebe (Hof B und D) unter Angabe des Bestimmtheitsmaßes und der Korrelation.

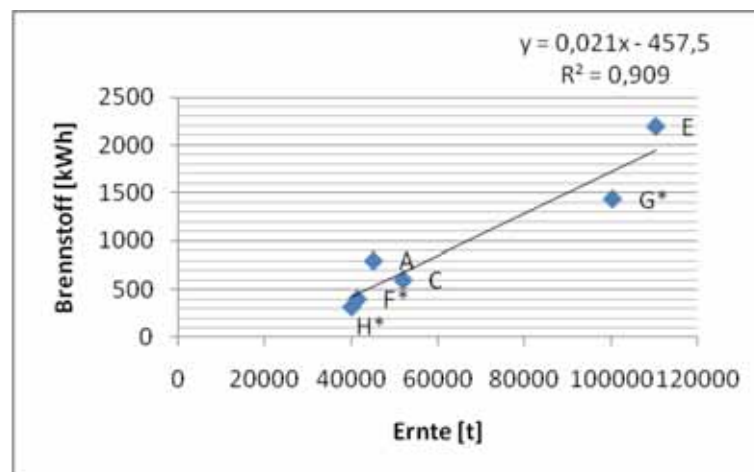


Abb. 18: Brennstoffverbrauch [kWh] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] ohne Betriebe B und D

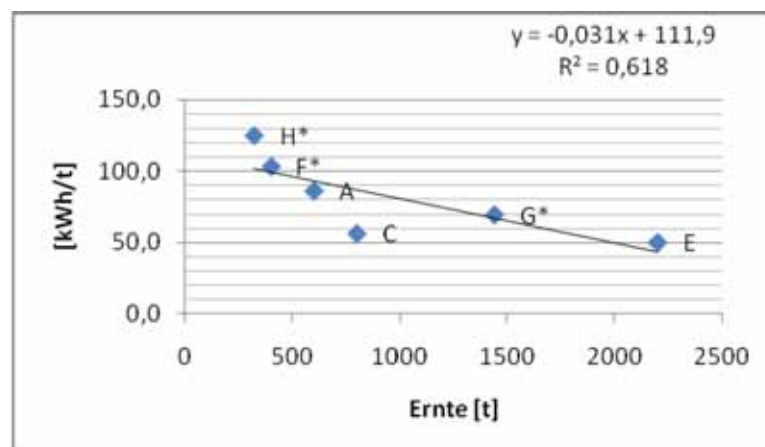


Abb. 19: Brennstoffverbrauch pro produzierte Tonne Apfel [kWh/t] in Abhängigkeit von der Erntemenge [t] ohne Betriebe B und D

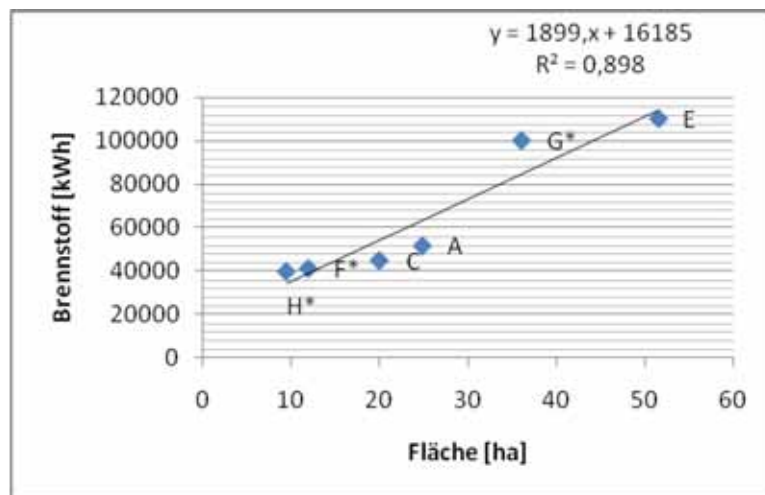


Abb. 20: Brennstoffverbrauch [kWh] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] ohne Betriebe B und D

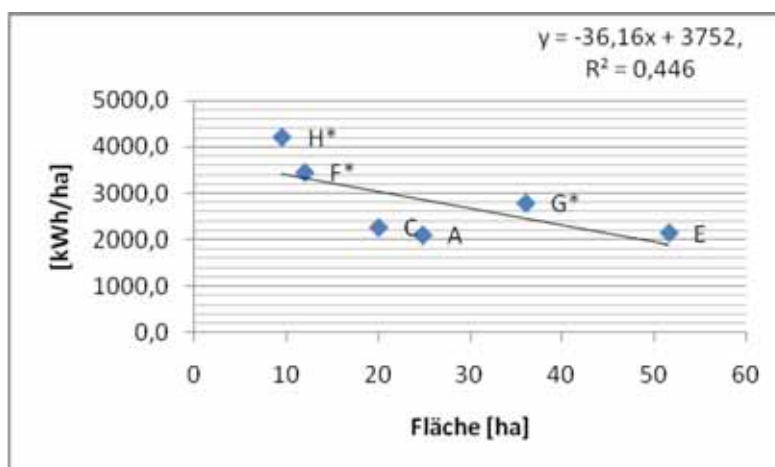


Abb. 21: Brennstoffverbrauch pro ha Anbaufläche [kWh/ha] bezogen auf die Apfelanbaufläche [ha] ohne Betriebe B und D

Werden die Werte von Hof B und D nicht berücksichtigt, ist erkennbar, dass eine stärkere Korrelation zwischen dem Verbrauch der flüssigen Brennstoffe und der Fläche bzw. dem Produkt besteht. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression bei Darstellung ohne Hof B und D liegt zwischen 0,909 (Abb. 18) und 0,446 (Abb. 21). Aus diesen Diagrammen wird deutlich, dass der Treibstoffverbrauch abhängig von der Größe des Betriebes ist. Auf größeren Betrieben lässt sich jedoch die eingesetzte Energie effizienter nutzen.

Die Unterschiede bei der Betrachtung des gesamten Endenergieumsatzes zwischen den Betrieben deuten daher auf große Schwankungen bezüglich des Elektroenergieumsatzes hin. Der größte Teil der Elektroenergie fließt in die Lagerung. Diese erfolgt, auch in Hinblick auf Fremdlagerung, bei den Betrieben auf sehr verschiedene Weise und beeinflusst die Energiebilanz. Schwankungen in der Endenergie können auf Unterschiede in der Lagerhaltung hinweisen.

Darüberhinaus stellt sich bei der Auswertung der Ergebnisse heraus, dass zwischen den angegebenen und den von der Autorin aus den Daten berechneten Energieumsätzen Diskrepanzen

bestehen. Dies verdeutlicht, wie schwierig sich eine genaue Aufgliederung der Energieumsätze für die Bauern gestaltet. Die Höfe C, D und E benötigen laut der Auflistung der Fahrzeuge und Maschinen und deren Arbeitsstunden (Fragen 10 bis 14) mehr Treibstoff als in der Zusammenfassung (Frage 26) angegeben. Für Hof C ergibt sich im Dieselverbrauch eine Diskrepanz von 7250 l (11750 l zu angegebenen 4500 l), für Hof D von 8200 l (18200 l zu angegebenen 10000 l) und für Hof E von 4500 l (15500 l zu angegebenen 11000 l). Die Werte der Höfe A, F* und G* aus den Fragen 10 bis 14 stimmen mit den Werte aus Frage 26 überein. Die berechneten Werte für den Hof H* sind dagegen geringer als die zusammenfassend angegebenen. Für Hof B dienen nur die berechneten Werte als Grundlage, da dieser Betrieb die Frage 26 nicht beantworten möchte.

Die Abweichungen zwischen den angegebenen und berechneten Daten können verschiedene Ursachen haben. Unter anderem ist hierzu anzumerken, dass die Beregnung aufgrund der starken Motoren viel Energie erfordert. Die Informationen über Beregnungsanlagen sind bei den Betrieben unterschiedlich. Obwohl jeder Betrieb eine solche benötigt, fehlen bei einigen die Angaben dazu.

Die Schwankungen der Elektroenergie können auf verschiedene Weise verursacht sein. Neben den angesprochenen Unterschieden in der Lagerung kommt hinzu, dass einige Stromzähler nicht immer den privaten vom betrieblichen Verbrauch exakt trennen. Außerdem ist sicherlich der Energieumsatz für „Fremdeinlagerer“ zum Teil angegeben worden, zum Teil aber auch nicht, wenn ein eigener Zähler für „Fremdeinlagerer“ vorhanden ist bzw. exakt abgelesen wird. Daraus ergeben sich unterschiedliche Anteile für den Energieumsatz der Lagerung der einzelnen Betriebe, welche wiederum zu den Schwankungen beitragen.

In Hinblick auf die stetig steigenden Energiepreise ist nicht nur das Senken der Energiekosten wichtig. Ebenso ist durch die Verringerung von Emissionen, die Schonung endlicher Ressourcen und die Erforschung der aktuell diskutierten Klimaerwärmung ein weiterer Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Die in der Einleitung aufgestellten Hypothesen zum Einfluss der Lagerung können nicht bestätigt werden. Die Lagerung hat in dieser Untersuchung nicht immer den größten Einfluss auf die Energieumsätze. Anhand der großen Schwankungen kann aber von einem hohen Einsparpotential ausgegangen werden. Außerdem ist es von Bedeutung, wie die Verfahrensabläufe beim Gesamtbetrieb organisiert sind. Weitere und detaillierte Untersuchungen müssen folgen, um zu prüfen, inwieweit die Lagerhaltung tatsächlich am Energieumsatz beteiligt ist und wie der Einsatz erneuerbarer Energien weiter ausgedehnt werden kann.

Einsatz von erneuerbaren Energien in der Apfelproduktion

Energie ist ein wichtiges wirtschaftliches, aber auch politisches Thema. Immer wieder entstehen Konflikte um Energielieferungen. Deutschland ist auf Importe von Uran, aber auch fossilen Energieträgern angewiesen. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien ist Deutschland unabhängiger und weniger sensibel gegenüber Konflikten mit den energieliefernden Ländern, die ihren Rohstoffreichtum auch als politisches Druckmittel einsetzen können. Darüberhinaus werden durch den Einsatz regenerativer Energien Ressourcen geschont, neue Technologien entwickelt und der Landwirtschaft weitere Einkommensquellen eröffnet.

In Hinblick auf die aktuelle Diskussion ist interessant, wie viele Apfelbauern den Einsatz erneuerbarer Energien planen und welche Arten bevorzugt werden. Weiter bleibt abzuwägen, wie sinnvoll der Einsatz bestimmter erneuerbarer Energien in der Apfelproduktion an der Niederelbe ist. Dabei ist zu berücksichtigen, welche Förderungsprogramme vom Bund und Land bestehen und welche Vor- und Nachteile die verschiedenen erneuerbaren Energieformen mit sich bringen.

Das Alte Land ist traditionell für den Obstbau reserviert, daher steht dem Anbau energiereicher Pflanzen wenig Raum zur Verfügung. Diese müssten dann wieder über weite Entfernungen zu den Betrieben transportiert werden, um hier verwertet werden zu können. Rohstoffpflanzen zur Energiegewinnung wie Raps oder Miscanthus scheinen daher weniger sinnvoll. Dennoch bauen einige Betriebe Raps und Miscanthus an oder planen zumindest deren Anbau (Hof B). In dieser Untersuchung wird die Verwendung von Biokraftstoffen außer Acht gelassen. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung ist dies vernachlässigbar, da die Apfelbauern im Alten Land selten Rohstoffpflanzen zur Energiegewinnung auf ihren Flächen anbauen. In anderen Obstanbaugebieten kann dies jedoch der Fall sein. Im Mittelpunkt des Interesses liegen demnach alternative Energiegewinnungsarten. Angesichts regionaler Aspekte kommen an der Niederelbe daher ausgewählte Energieformen in Betracht. Aufgrund der Nähe zur Küste und den daraus resultierenden hohen Windgeschwindigkeiten scheint die Nutzung von Windkraft sinnvoller. Photovoltaikanlagen sind auf den zahlreichen Lagerhallen und Sortierhäusern denkbar und bereits zum Teil eingerichtet. Der Energiebezug aus Biomasse ist ebenfalls nahe liegend. So kann beispielsweise der im Obstbau anfallende Holzschnitt verwertet werden. Die Vorteile der Verwendung von Holzhackschnitteln an der Niederelbe sind vielfältig. Die Investitionskosten sind zwar vergleichsweise hoch, demgegenüber stehen jedoch viele Vorteile wie die auf den Betrieben relativ unbedeutende Lagerraumproblematik. Zudem werden die anfallenden Nebenprodukte genutzt und so eine Unabhängigkeit von immer teurer und knapper werdenden fossilen Brennstoffen geschaffen. Kurze Transportwege, die Möglichkeit zur

Verwendung der Asche als Dünger und der niedrige Energieumsatz für die Aufbereitung sind außerdem als Vorteile zu nennen [vgl. VENNEMANN 2001]. Der Einsatz erneuerbarer Energien in der Apfelproduktion kann über den ressourcenschonenden Aspekt hinaus als Einkommensalternative und sichere -quelle gesehen werden.

5.4 Grenzen der eigenen Untersuchung

Das untersuchte Kollektiv der vorliegenden Arbeit ist sehr klein. Außerdem ist die Auswahl der Bauern dadurch selektiert, dass möglicherweise diejenigen mitgearbeitet haben, die sich für das Thema interessieren. Falls ein Bauer fehlerhafte Angaben macht, ist die gesamte Auswertung in ihren Inhalten verschoben oder gibt zumindest ungenaue Tatsachen wieder. Bei einer geringen Anzahl an Teilnehmern ist es außerordentlich wichtig, dass alle Angaben korrekt sind, da es ansonsten schnell zur Verfälschung der Ergebnisse kommen kann. Die gewonnenen Aussagen können nicht verallgemeinert werden. Sie beziehen sich lediglich auf das untersuchte Kollektiv im regional begrenzten Gebiet der Niederelbe.

Die Betrachtung der Apfelsorten ist aufgrund der hohen Ertragsschwankungen genauer als die der gesamten Apfelproduktion. Betriebe mit Junganlagen könnten aus der Untersuchung herausgelassen werden, um das Ergebnis vergleichbarer zu machen. Zu diesem Zweck ist auch die Begrenzung der Datengewinnung auf Betriebe denkbar, die ausschließlich den Apfelanbau betreiben.

In der vorliegenden Untersuchung stehen nur Betriebe zur Verfügung, die nach dem Prinzip der Integrierten Produktion wirtschaften. Ein Vergleich zu ökologisch wirtschaftenden Betrieben ist untersuchenswert. Dabei sind Unterschiede zwischen produkt- und flächenbezogenen Endenergiebedarfen sowie zwischen regional, überregional und global ausprägenden Umweltwirkungen von Interesse [vgl. GEIER 2000b].

Der Einsatz erneuerbarer Energien wird hinsichtlich seiner Aktualität in die vorliegende Arbeit einbezogen. Dieser ist aber sehr komplex. In Hinblick auf CO₂-Emissionen ist der Einsatz bei Betrachtung der direkten Stromerzeugung sehr sinnvoll. Dabei lässt die Autorin jedoch außer Acht, dass auch hier Ökobilanzen der einzelnen Stromerzeugungssysteme durchführbar sind. Die gesamte Produktionskette der einzelnen Energieformen mit Energie-, Material- und Rohstoffaufwand sowie die entstehenden Emissionen und Abfälle zur Herstellung der Anlagen sind zu berücksichtigen. Ferner sind die Amortisationszeit und die Entsorgung des Systems zu betrachten [vgl. HIRSCHBERG 1999]. Diese können dann den CO₂-Emissionen aus dem nuklearen und fossilen Kreislauf gegenübergestellt werden. In der vorliegenden Arbeit werden keine CO₂-Emissionen berechnet. Nachträglich könnte dies noch erfolgen, wenn be-

kannt ist, aus welchen Quellen die Energie stammt. Die Information über die verwendete Primärenergiequelle für die elektrische Energie kann Aufschluss darüber geben, wie groß die Umweltwirkungen sind. In dieser Arbeit bleiben ebenfalls Sekundäreffekte des Energieeinsatzes wie der Abbau des stratosphärischen Ozons, der Treibhauseffekt und die photochemische Oxidantienbildung unberücksichtigt [vgl. UBA 2000]. Eine Energiebilanz ersetzt keine Ökobilanz. Viele Indikatoren, die die Umwelt betreffen, bleiben hier unbeachtet.

5.5 Forschungsbedarf

An der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben der Justus-Liebig-Universität Gießen sind bereits Fallstudien zur Energiebilanzierung regionaler und überregionaler Lebensmittel durchgeführt worden. Es liegen energetische Bewertungen zu Lammfleisch aus Neuseeland und Deutschland sowie Fruchtsaft aus Brasilien und Deutschland vor [FLEISSNER 2002]. Daten zum Energieaufwand der Weinproduktion in Südafrika, Ungarn und in Deutschland an der Mosel, in Baden-Württemberg und an der hessischen Bergstraße sind erhoben und analysiert, aber noch nicht veröffentlicht worden. Diese Arbeit liefert eine Grundlage für weitere Untersuchungen des Forschungsgebietes zum Vergleich der Energieumsätze regionaler und überregionaler Lebensmittel. Um diesen Forschungsansatz weiterführen zu können, müssen die Absatzwege genau bestimmt und die Systemgrenze erweitert werden. Es kann u. a. an den Fragen zur Distribution (Frage 23 bis 25) angeknüpft werden. Eine Datenerhebung und Auswertung des Nahrungsmittels Apfel ist bereits am Bodensee [BERGENTHUM 2006] und dieses Jahr in Rheinland-Pfalz erfolgt. Nach den gewonnenen Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung kann einerseits der Vergleich der Energieumsätze in der Apfelproduktion in den Anbaugebiete Deutschlands, und andererseits nach weiterer Datengewinnung auch der Vergleich zwischen deutscher Produktion und dem Apfelanbau in anderen Ländern gezogen werden. Um allgemeingültige Aussagen treffen zu können, müssen mehr Betriebe, mehr Nahrungsmittel sowie mehr Länder untersucht und dann miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Für zukünftige Untersuchungen ist es wichtig, dass nach einem einheitlichen Prinzip vorgegangen wird, um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten zu erreichen. Eine Festlegung von Definitionen würde dazu beitragen. Die Methode der Ökobilanz definiert Rahmenbedingungen und Vorgehensweise. Wünschenswert ist die Bestimmung einer genauen Handhabung der Erstellung einer Energiebilanz, so dass alle Studien ein gleiches System untersuchen und so Aussagen vergleichbar machen. Wenn den Daten, die verglichen werden, verschiedene Systeme und Systemgrenzen zugrunde liegen, können falsche Schlussfolgerungen gezogen werden.

Eine neue Entwicklung der Lagerung stellt die 1-Methylcyclopropen (MCP)- Begasung dar. MCP stoppt den Reifungsprozess gänzlich. Die Früchte werden reif geerntet und dann eingelagert. Die Ethylen-Produktion wird dadurch gehemmt, dass die Rezeptoren blockiert werden und somit kein Ethylen produziert werden kann. Es ist daher keine Nachreifung möglich [GASSER 2006, HÖHN 2007]. Da die Äpfel reif geerntet werden, ist ein höherer Gehalt an Vitaminen und sekundären Pflanzenstoffen gewährleistet. Dies stellt gegenüber den anderen Ernteprodukten einen Vorteil dar. In Untersuchungen bleibt nun abzuwägen, ob der Einsatz von MCP den Energieumsatz der Lagerung senken kann, da keine CA-Lagerung notwendig ist. Neue Entwicklungen können dazu beitragen, dass die Energieumsätze der Lagerung vermindert und dadurch den Obstbauern Vorteile durch eine Reduktion des Energieaufwandes geboten werden.

Die immer wieder in den Medien erwähnten flächenbezogen geringeren Belastungen der ökologischen Anbauweise stehen den produktbezogenen Belastungen gegenüber. Regionale Auswirkungen treten in den Hintergrund, wenn das globale Problem des Klimawandels in den Mittelpunkt des Verbraucherinteresses rückt. Die entstehenden Umweltbelastungen sollten aus der gesamten Produktionskette berechnet werden. Den regionalen Umweltbelastungen, wie Versauerung des Bodens etc., sind die ökologischen Belastungsfaktoren gegenüberzustellen, die auch im Untersuchungsgebiet gegenwärtig und möglicherweise zukünftig schwerer wiegen als die der Apfelproduktion (Erweiterung von Industrieanlagen, Straßenbau) [vgl. Geier 2000a].

5.6 Handlungsbedarf

Die große Spannweite innerhalb der gewonnen Ergebnisse hinsichtlich des Energieumsatzes deutet auf ein individuell gestaltbares Optimierungspotential hin. Hier kann angesetzt werden, um eine Effizienzsteigerung zu erreichen. Ein entsprechendes Handeln muss jeweils auf den bestimmten Betrieb bezogen werden. Dabei müssen die individuellen Unterschiede Berücksichtigung finden. Energieberater sollten jeden Hof besuchen und Ratschläge zu Optimierungsmöglichkeiten der eingesetzten Technologie hinsichtlich des Energieumsatzes sowie Hinweise zu den sich individuell anbietenden Möglichkeiten der Energiegewinnung aus regenerativen Quellen geben. Dabei ist nicht nur die ökologische Bedeutung, sondern genauso die betriebswirtschaftlichen Vorteile aufzuzeigen. Die effiziente Erzeugung von Äpfeln und das ständige Anpassen an neue Technologien ist nicht nur für einen einzelnen Hof von außerordentlicher Bedeutung, sondern kann für ein ganzes Anbaugebiet das Überleben bestimmen.

Aus globaler Sicht muss die Energieeffizienz verbessert werden, um der Klimaerwärmung und dem Aufbrauchen der endlichen Ressourcen entgegenzuwirken. In den Fokus der Medien

rückt derzeit die CO₂-Entstehung der gesamten Produktkette. CO₂-Label können Verbraucher über die Menge des entstandenen CO₂ aufklären. Dabei ist darauf zu achten, dass nicht nur die Transporte [vgl. GILJUM 2007], sondern zusätzlich die gesamte Erzeugung mit in die Berechnung einbezogen wird.

Eigentlich steht in dieser Untersuchung die Sicherung des Umweltschutzes an vorderer Stelle. Wie sich in Gesprächen mit einigen Apfelbauern aber herausstellt, beschäftigen sich diese intensiv mit ökonomischen und marktwirtschaftlichen Fragen. Da der Umweltschutz durch Optimierung im Unternehmen, in Form der verbesserten Energieeffizienz, mit einer Kostensenkung verbunden ist, schließen Maßnahmen zum Schutz der Umwelt betriebswirtschaftliche Vorteile mit ein. Dieser Sachverhalt sollte den Obstbauern verdeutlicht werden.

Obwohl schon viele Förderprogramme für den Einsatz erneuerbarer Energien existieren, greifen in dieser Untersuchung lediglich 50 % der Befragten auf den Einsatz dieser zurück. Um das Bewusstsein der Bauern gegenüber Möglichkeiten, die sich ihnen bieten, zu stärken, muss mehr Öffentlichkeitsarbeit geleistet werden. Berater können die Vorteile aufzeigen und die entsprechenden Fördermöglichkeiten beispielsweise für die Errichtung einer Photovoltaikanlage nennen. Des Weiteren kann verdeutlicht werden, dass mit der Einspeisung der gewonnenen Energie Geld zu verdienen und gleichzeitig Umweltschutz möglich ist.

Bei den größeren Betrieben sind die Kosten, wie aus den Untersuchungen zum Energieumsatz in der Arbeit ersichtlich ist, je Einheit (t oder ha) niedriger als bei den kleineren Betrieben. Infolge dieser Vorteile wachsen die Betriebsgrößen weiter. Allerdings bringt das Besetzen von so genannten Nischen in der Produktion auch kleineren Betrieben Vorteile und gute Möglichkeiten der wirtschaftlichen Existenzsicherung. Dazu gehören Angebote für Touristen, wie Café-Betreibung und Rundfahrten mit Planwagen, die als zweites Standbein der Einkommenssicherung dienen können. Mit Hilfe des Gesetzgebers erschließen sich neue Einkommensquellen unter dem Slogan „Der Landwirt als Energiewirt“ nach dem EEG.

Jedes Unternehmen will einen ausreichenden und möglichst hohen Überschuss erwirtschaften. Dazu ist eine laufende Anpassung an den technischen Fortschritt, sich verändernde Angebote und Nachfragen des Marktes sowie neue gesetzliche Vorgaben notwendig. Da der Energieumsatz bei der Apfelerzeugung in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle spielt, ist den Apfelbauern bewusst, dass die Existenz ihrer Betriebe gefährdet sein kann, wenn sie ihre Möglichkeiten nicht nutzen und notwendige Umstellungen nicht oder zu spät vornehmen.

6 Zusammenfassung

Die Produktion von Lebensmitteln erfordert Energie. Aufgrund der immer teurer und knapper werdenden fossilen Energieträger steht der für die Produktion erforderliche Energieumsatz im Mittelpunkt des Interesses. Einsparung von Energieinput senkt nicht nur Kosten, sondern schont auch die Umwelt. Dabei kommt dem Einsatz von erneuerbarer Energie eine entscheidende Rolle zu.

Die vorliegende Untersuchung hat die Durchführung einer Energiebilanzierung im Apfelanbau unter Einbeziehung regionaler Aspekte an der Niederelbe zum Ziel. Die Datengewinnung erfolgt über Interviews und standardisierte Fragebögen. Erfasst werden in Form von Elektroenergie, Kraftstoff, Heizöl und Gas die Endenergieumsätze der Maschinen und Fahrzeuge, die beim Anbau, bei der Ernte, der Lagerung, der Sortierung und beim Transport der Äpfel eingesetzt werden, sofern dies auf bzw. von dem Betrieb geschieht. Unter Berücksichtigung des Produkt- und Flächenbezuges wird der flüssige Brennstoff- sowie Endenergieumsatz in Abhängigkeit von der Erntemenge und der Anbaufläche ermittelt. Im Interview bzw. Fragebogen besteht außerdem die Möglichkeit, Auskunft über den Einsatz oder die Planung von erneuerbaren Energien auf dem Betrieb zu geben. Obwohl die Berater des OVB als Multiplikatoren fungieren, fällt der Rücklauf der Fragebögen gering aus. Für die Untersuchung legen acht von 39 kontaktierten Obstbauern die erforderlichen Daten des Betriebes offen.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass der Treibstoffverbrauch abhängig von der Größe des Betriebes ist. Größere Betriebe benötigen in absoluten Zahlen mehr Treibstoff. Wird der Treibstoff pro Anbaufläche bzw. Erntemenge bezogen in Abhängigkeit zur Fläche bzw. Erntemenge dargestellt, zeigt sich jedoch, dass größere Betriebe effizienter arbeiten können als kleinere. Ein ähnliches Ergebnis ist zu erkennen, wenn der gesamte Endenergieumsatz pro Hektar bzw. Tonne in Abhängigkeit von der Fläche bzw. Erntemenge dargestellt wird. Je größer ein Betrieb ist, desto effizienter wird produziert. Die Ergebnisse der Endenergieumsätze weisen jedoch geringere Bestimmtheitsmaße der linearen Regression und Korrelationen auf als die der Brennstoffumsätze.

Die Abweichungen des gesamten Endenergieumsatzes zwischen den Betrieben deuten auf große Schwankungen des Elektroenergieumsatzes hin. Der größte Teil der Elektroenergie wird für die Lagerung benötigt. Es gibt, auch in Hinblick auf Fremdlagerung, sehr unterschiedliche Verfahrensweisen. Unterschiede des Endenergieumsatzes haben überwiegend hier ihre Ursachen. Die Spannbreite der Ergebnisse innerhalb einer Bewirtschaftungsart in dem Gebiet der Niederelbe spricht für das Vorhandensein von Optimierungspotential. Um die vorhandene Energie effizienter einzusetzen, können hier Verbesserungsmaßnahmen ansetzen,

denn ein geringerer Energieeinsatz schont die Umwelt und verbessert die finanzielle Situation eines Betriebes.

Mit Hilfe des Gesetzgebers erschließen sich dem Obstbauer im Alten Land neue Einkommensquellen unter dem Slogan „Der Landwirt als Energiewirt“ nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Lokale Aspekte wie das Anfallen des Holzschnittes, aber auch die hohen Windgeschwindigkeiten durch die Nähe zur Nordsee, können ausgenutzt und Förderprogramme in Anspruch genommen werden. Die Investitionen für die verschiedenen Bauten wie Windkraft-, Holzhackschnitzelfeuerungs- oder Photovoltaikanlagen erscheinen zunächst hoch, rentieren sich aber nicht nur kurzfristig in Hinblick auf den Nutzen für den eigenen Betrieb, sondern helfen auch langfristig Folgeschäden der Umweltbelastungen zu verringern.

Literaturverzeichnis

- [AGEB 2007] AG Energiebilanzen e. V.: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2003. <http://www.ag-energiebilanzen.de/cms/verwaltung/files.php?path=../../daten/1187881820_91.0.97.235.pdf&name=heizwerte00_03.pdf&mime=application/pdf> (02.10.2007).
- [ANDERBON 2005] Anderßon O: Die Carabiden-Fauna auf unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Obstanbauflächen im Alten Land bei Hamburg. Dissertationsschrift. Angefertigt am Fachbereich Umweltwissenschaften der Universität Lüneburg:2005.
- [ARMAN 2003] Arman B: Die Ökobilanz zur Abschätzung von Umweltwirkungen in der Pflanzenproduktion – dargestellt anhand von Praxisversuchen zur konservierenden Bodenbearbeitung und von unterschiedlich intensiv wirtschaftenden konventionellen Betrieben. Dissertationsschrift. Angefertigt am Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim:2003.
- [BELKER 1998] Belker N: Gartenbau: Ernte, Aufbereitung, Verpackung. Kälteanlagen im Gartenbau. KTBL: Arbeitsblatt 689. Braunschweig: Thalacker Verlag:1998.
- [BERGENTHUM 2006] Bergenthum L: Endenergieumsätze im Bereich der Apfelerzeugung am Bodensee. Studienarbeit an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen:2006.
- [BLANKE 2005] Blanke M, Burdick B: Energiebilanzen für Obstimporte: Äpfel aus Deutschland oder Übersee? Erwerbs-Obstbau: 14:2005:143-148.
- [BMU 2006] BMU-Themenpapier: Windenergie September 2006. <http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/the-menpapier_wind.pdf> (15.08.2007).
- [BMU 2007a] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Atomkraft: ein teurer Irrweg. Die Mythen der Atomwirtschaft. Meckenheim: Druck Center:2007.
- [BMU 2007b] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Strom aus erneuerbaren Energien. Was kostet er uns wirklich? Meckenheim: Druck Center:2007.
- [BMU 2007c] Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland Stand: 21. Februar 2007. <http://www.bmu.de/files/pdfs/all-gemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006.pdf> (30.07.2007).
- [BRÖKELAND 2001] Brökeland R: Holz als Brennstoff im Gartenbau. KTBL: Arbeitsblatt 699. Braunschweig: Thalacker Medien:2001.
- [BRÜGGEMANN 2003] Brüggemann C: Heizen mit Holz: Heute schon wirtschaftlicher als Heizöl. In top agrar (Hrsg.): Neue Energie vom Bauernhof – Sonne, Wind, Wasser, Nachwachsende Rohstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH:2003.
- [BUNDESAUSSCHUSS OBST UND GEMÜSE 2006] Bundesausschuss Obst und Gemüse: Fachgruppe Obstbau und Fachgruppe Gemüsebau: II. überarbeitete und erweiterte Richtlinie für den kontrollierten Integrierten Anbau von Obst und Gemüse in der Bundesrepublik Deutschland. 31.12.2006. <http://www.obstbau.org/content/service/download/Richtlinien_Integrierte_Produktion.pdf> (21.07.2007).
- [BWE 2007a] Bundesverband Windenergie e. V.: Die Entwicklung der Windenergie in Deutschland. Stand: 1/2007. <<http://www.windenergie.de/de/statistiken/>> (03.08.2007).
- [BWE 2007b] Bundesverband Windenergie e. V.: Windenergie-Nutzung in den Bundesländern. Stand: 1/2007. <<http://www.windenergie.de/de/statistiken/bundeslaender/>> (03.08.2007).
- [DEFRA 2006] Department for Environment, Food and Rural Affairs: Environmental impacts of Food Production and Consumption. Manchester Business School, Manchester, United Kingdom. Dezember 2006. <http://www.defra.gov.uk/science/project_data/DocumentLibrary/EV02007/EV02007_4601_FRP.pdf> (28.02.2007).
- [DIEPENBROCK 1995] Diepenbrock W, Pelzer B, Radtke J: Energiebilanz im Ackerbaubetrieb: KTBL: Arbeitspapier 211. Darmstadt: KTBL:1995.
- [EGGERSGLÜß 2003] Eggersgluß W: Windenergie: Einnahmen aus Verpachtung oder Beteiligung. In top agrar (Hrsg.): Neue Energie vom Bauernhof – Sonne, Wind, Wasser, Nachwachsende Rohstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH:2003.
- [ELLINGER 2006] Ellinger W: ZMP-Marktbilanz Obst 2006. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle, Bonn:2006.
- [EUROSTAT 1988] Eurostat: Energiebilanzen: Prinzipien und Methoden. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften:1988.
- [EUROSTAT 2005] Eurostat: Energiebilanzen: Daten 2002-2003: Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: 2005. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DM-05-001-3A/EN/KS-DM-05-001-3A-EN.PDF> (27.07.2007).

- [FLEISSNER 2002] Fleissner U: Energetische Bewertung der Bereitstellung ausgewählter regionaler und überregionaler Lebensmittel. Dissertation an der Professur für Prozesstechnik in Lebensmittel- und Dienstleistungsbetrieben, Justus-Liebig-Universität Gießen. Aachen: Shaker-Verlag:2002.
- [GASSER 2006] Gasser F, Höhn E, Streif J, Kittemann D: Obstlagerung: Aktuelle lagertechnische Themen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (Schweiz), Kompetenzzentrum für Obstbau Bodensee (D). Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau (21):2006:12-13.
- [GEIER 1998] Geier U, Friebe B, Hass G, Molkenthin V, Köpke U: Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft, Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen, Handlungsfelder Hamburger Umweltpolitik Teil I: Landwirtschaft: Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Berlin, Bonn: Verlag Dr. Köster:1998.
- [GEIER 2000a] Geier U, Friebe B, Gutsche V, Köpke U: Ökobilanz der Apfelerzeugung in Hamburg – Vergleich integrierter und ökologischer Bewirtschaftung: Institut für Organischen Landbau, Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg. Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Bonn:2000.
- [GEIER 2000b] Geier U: Anwendung der Ökobilanz-Methode in der Landwirtschaft – dargestellt am Beispiel einer Prozeß-Ökobilanz konventioneller und organischer Bewirtschaftung. Dissertationsschrift am Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Berlin: Verlag Dr. Köster:2000.
- [GEISEN 2002] Geisen B: Bioenergie – Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der Energieerzeugung und persönliche Qualifizierung. In Medenbach M (Hrsg.): Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für landwirtschaftliche Publikationen:2002:12-23.
- [GILJUM 2007] Giljum S: Berechnung der Transportemissionen. Sustainable Europe Research Institute (SERI) Wien. <http://www.seri.at/document-upload/pdf/seri_co2_emissionen_transport.pdf> (26.06.2007).
- [GRAJKOWSKI 1995] Grajkowski J: Einfluß (sic!) verschiedener CA/ULO-Lagervarianten auf ‚Cox Orange‘, ‚Roter Boskoop‘ und ‚Elstar‘ in Abhängigkeit von Erntetermin und Behangstärke, Dissertationsschrift. Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin:1995.
- [HAAS 2003] Haas G: Ökobilanz: Wie ökologisch ist der ökologische Landbau? Der Kritische Agrarbericht:2003:128-134.
- [HEITEFUSS 1994] Heitefuss R: Begriffsbestimmung zum Integrierten Landbau. In Diercks R, Heitefuss R (Hrsg): Integrierter Landbau. Verlagsunion Agrar: München BLV Verlagsgesellschaft mbH:1994:15-18.
- [HENZE 1988] Henze J, Hansen H: Lagerräume für Obst und Gemüse, KTBL, Darmstadt: KTBL:1988.
- [HERSENER 2001] Hersener JL, Meier U: Projekt 31724: Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft unter Berücksichtigung vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger. Bundesamt für Energie. Jahresbericht 2001. Schweiz, Bern:2001.
<<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000007120.pdf&name=210120.pdf>> (26.07.2007).
- [HIRSCHBERG 1999] Hirschberg S, Voß A: Nachhaltigkeit und Energie: Anforderung der Umwelt. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Paul Scherer Institut, Schweiz:1999. <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/1999/460/pdf/460_1.pdf> (04.04.2007).
- [HÖHN 2007] Höhn E: Äpfel frisch vom Baum bis auf den Tisch, macht's 1-MCP möglich? Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil, CH-8820 Wädenswil. Agrarforschung (14):05:2007:187.
- [ISO 14040] Umweltmanagement: Ökobilanz: Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Fassung DIN EN ISO 14040:1997.
- [ISO 14042] Umweltmanagement: Ökobilanzen: Wirkungsabschätzung. Deutsche Fassung DIN EN ISO 14042:1998.
- [KECKL 2005] Keckl G: Obst in Niedersachsen, Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes. Heft Nr. 7. Juli 2005. Statistisches Anschauungsmaterial über Obst in Niedersachsen:2005.
<www.nls.niedersachsen.de/Tabellen/Landwirtschaft/internetseite2002/obst.pdf> (18.03.2007).
- [KEYMER 2004] Keymer U: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. KTBL-Schrift 420. Wirtschaftlichkeit der Solarstromerzeuger netzgekoppelter Photovoltaikanlagen. Münster: Landwirtschaftsverlag:2004:222-229.
- [KIRCHHOF 2007] Kirchhof R: Persönliche Mitteilung vom 11.04.2007. OVB Jork. Abteilung Lagerung. Moorende 53, 21635 Jork, Telefon: 04162-6016103.
- [KÖHLER 2002] Köhler W, Schachtel G, Voleske P: Biostatistik. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag:2002.
- [KOZEL 1992] Kozel R: Erfassung organischer Spurenbelastungen, insbesondere durch Pflanzenbehandlungsmittel, in oberflächennahen Lockergesteins-Grundwässern. Université de Neuchâtel. Neuchâtel: 1992.
<http://doc.rero.ch/lm.php?url=1000,40,4,20050413081603-QZ/2_these_KozelR.pdf> (06.08.2007).

- [KREUTZ 2003] Kreutz G: Photovoltaik: Aus dem Sonnenlicht Strom erzeugen. In top agrar (Hrsg.): Neue Energie vom Bauernhof – Sonne, Wind, Wasser, Nachwachsende Rohstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH:2003.
- [KTBL 2005] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage. Darmstadt: KTBL:2005.
- [LEGIEN 2000] Legien G: Erneuerbare Energie – Nobelpreisträger setzt sich für die Land- und Forstwirtschaft ein. In Medenbach M (Hrsg.): 3. Tarmstedter Forum: Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Selbstverlag:2000:15.
- [LUTZ 2001] Lutz W: Windenergie – neue Chancen für die Landwirtschaft Pacht und Ertragsbeteiligung bringen 20 Jahre Rendite. In Medenbach (Hrsg.) Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen:2001:170-172.
- [MARHEINEKE 2002] Marheineke T: Lebenszyklusanalyse fossiler, nuklearer und regenerativer Stromerzeugungstechniken: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung: Universität Stuttgart:2002. <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2002/1144/pdf/Dissertation_Marheineke_Torsten.pdf> (15.05.2007).
- [MEYER 2007] Meyer F: Druckluftspeicher-Kraftwerke. BINE Informationsdienst, projekt Info 05/07. Fachinformationszentrum Karlsruhe (FIZ) (Hrsg.), Kaiserstraße 185-197, 53113 Bonn:2007.
- [MILÀ I CANALS 2006] Milà i Canals L, Burnip GM, Cowell SJ: Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. Agriculture, Ecosystems and Environment (114):2006:226-238.
- [MOURON 2006] Mouron P, Nemecek T, Scholz RW, Weber O: Management influence on environmental impacts in an apple production system on Swiss fruit farms: Combining life cycle assessment with statistical risk assessment. Ecosystems and Environment: 114:2006:311–322.
- [NAGUS 2007] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes: Neue Normen zu Ökobilanzen:2007. <<http://www.nagus.din.de/cmd?level=tpl-artikel&cmstextid=55109&languageid=de&bcrumblevel=2>> (25.07.2007).
- [NEMECEK 2004] Nemecek T, Gaillard G, Zimmermann A: Referenzwerte für Ökobilanzen von Landwirtschaftsbetrieben: Agrarforschung 11(8):2004:324-329.
- [NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT LANDESVERMESSUNG 1991] zitiert nach [ANDERSON 2005] Anderson O: Die Carabiden-Fauna auf unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Obstanbauflächen im Alten Land bei Hamburg. Dissertationsschrift. Angefertigt am Fachbereich Umweltwissenschaften der Universität Lüneburg:2005.
- [OBSTBAU 2007a] Fachgruppe Obstbau: Anbauggebiete/ Regionalberichte: Obstanbau an der Niederelbe. Berlin 2007. <<http://www.obstbau.org/content/anbauggebiete/niederelbe.php>> (21.07.2007).
- [OBSTBAU 2007b] Fachgruppe Obstbau: Wissenswertes/ Anbau: Deutsche Äpfel aus umweltschonendem kontrollierten integrierten Anbau <http://www.obstbau.org/content/service/wissenswertes/aepfel_aus_integriertem_anbau.php> (21.07.2007).
- [OVb 2007] Obstbau- Versuchs und Beratungszentrum: Der Obstbauversuchsring des Alten Landes e.V. <<http://www.ovb-jork.de/db/default.cfm>> (15.04.2007).
- [RALFS 2007] Ralfs JP: Erntesysteme im Vergleich. Nicht veröffentlichte, persönliche Mitteilung vom 11.04.2007. OVB Jork, Abteilung Technik. Landwirtschaftskammer Hannover. Moorende 53. 21635 Jork. Telefon: 04162-6016156.
- [REICHE 2001] Reiche D: Rendite ohne Reue: Solar-Aktien boomen dank gezielter politischer Interventionen. In Medenbach (Hrsg.): Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen:2001:108-112.
- [RICHTER 2001] Richter W: Holzgaserzeuger ist eine gute Ergänzung der regenerativen Stromerzeuger. In Medenbach M (Hrsg.): Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen:2001:124-126.
- [SAUER 2007] Sauer S: Niedersächsisches Landesamt für Statistik: Äpfel aus Niedersachsen: Nr. 62/07: Stand: 31.07.2007. <<http://www.nls.niedersachsen.de/Presse/2007/6207.html>> (01.08.2007).
- [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. <www.lincoln.ac.nz/story_images/2328_RR_285_s9760.pdf> (04.04.2007).
- [SCHLICH 2004] Schlich E: Verfahrenstechnik I. Folien zur Vorlesung. Professur für Haushaltstechnik. Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen. Selbstverlag. Version 2.1/2004.

- [SCHLICH 2005] Schlich E: Prozesstechnik. Reader zur Vorlesung Teil 1: Kältetechnik. Selbstverlag. Justus-Liebig-Universität Gießen, Stephanstraße 24, 35390 Gießen. Version 3.0/2005.
- [SETAC 1993] Society of Environmental Toxicology and Chemistry: Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'. Brüssel, Pensacola:1993.
- [STATISTISCHES BUNDESAMT 2007] Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wachstum und Ernte - Obst - 2006. Wiesbaden:2007.
<<https://www.ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?CSPCHD=0000000100031tNvXze5TO0946574708&cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1019727>> (28.07.2007).
- [TIEMANN 2007] Tiemann KH: Kontrollierter Integrierter Anbau von Obst in Deutschland. Obstbau
<http://www.obstbau.org/content/service/wissenswertes/kontrollierter_anbau.php> (21.07.2007).
- [UBA 2000] Umweltbundesamt (UBA): Handreichung Bewertung in Ökobilanzen. Hintergrundpapier: 2000.
<<http://www.oekoradar.de/imperia/md/content/pdfdokumente/UBA-HintergrundpapierOekobilanzen.pdf>> (21.11.06)
- [VDEW 2003] Verband der Elektrizitätswirtschaft: Jahresbericht 2003. <http://www.windenergie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Wettbewerb/Bericht_vdew-jahresbericht2003.pdf> (28.07.2007).
- [VDEW 2006] Verband der Elektrizitätswirtschaft: Fakten: Informationen für Journalisten. Remagen-Rolands-eck: Medienfachverlag Rommerskirchen GmbH:2006.
- [VDEW 2007] Verband der Elektrizitätswirtschaft: Erneuerbare sollten und könnten mittelfristig ohne Förderung auskommen. Berlin: 20.07.2007:
<http://www.strom.de/vdew.nsf/id/DE_Zukunft_erneuerbare_Energien?open&ccm=300010> (28.07.2007).
- [VENNEMANN 2001] Vennemann B: Heizen mit Holz. In Medenbach M (Hrsg.): Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen:2001:127-132.
- [WEISS 2001] Weiss T: Fotovoltaik – eine Chance für fast alle. In Medenbach M (Hrsg.): Erneuerbare Energien in der Land(wirt)schaft. Zeven: Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen:2001:168-169.

