

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 Endenergie-träger 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 Endenergie-träger 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 Endenergie-träger 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 Endenergie-träger, wobei die Informationen über die Einheiten und die Primärenergiequellen angegeben sind.