



# Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

**BAND 95 | Ausgabe 3**

Dezember 2017

AGRARWISSENSCHAFT  
FORSCHUNG  
—  
PRAXIS

# Entwicklung der Energieproduktivität und -intensität im deutschen Gartenbau von 2000 bis 2013

Von Stephan G.H. Meyerding, Stefan Schöttler und Bernd Hardeweg

## 1 Einleitung

Energieeffizienz wird im deutschen Gartenbau als ein wesentlicher Indikator ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit betrachtet. Der Indikator kann auf unterschiedliche Art und Weise erhoben werden. Eine einheitliche Definition ist nicht vorhanden. In dem vorliegenden Beitrag wird die Entwicklung der Energieproduktivität, d.h. des Energieaufwandes pro Quadratmeter Gewächshausfläche und der Energieintensität als Energieaufwand pro ökonomischem Output aufgezeigt. Hierdurch wird deutlich, ob eine Verbesserung der physikalischen oder technischen Energieproduktivität auch zu einer Verbesserung des Input-Output-Verhältnisses im ökonomischen Sinne geführt hat (Meyerding, 2016a-c).

Beispiele für die Bemühungen des Gartenbaus, die Energieeffizienz zu steigern, sind die Zukunftsinitiative Niedrigenergiegewächshaus (ZINEG) (Schuch, 2014; Flenker, 2014) und das Konzept des geschlossenen Gewächshauses (Meyerding, 2016a-c; Vadiee, 2012).

Energieeffizienz hat heute einen wichtigen Platz auf der politischen Agenda der meisten Industrienationen und wird im deutschen Gartenbau, als energieintensive Branche, seit Jahrzehnten thematisiert (Storck, 1978, 1979). Die Bedeutung von Energieeffizienz als Zieldimension begründet sich in ihrem Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion, die Sicherheit der Energieversorgung sowie zunehmend auf ökologische Themen wie die Reduzierung von Treibhausgasemissionen (Meyerding, 2016a-c).

Energieeffizienz ist ein generischer Begriff, somit existiert kein eindeutiger quantitativer Messwert. Stattdessen muss auf eine Reihe von Indikatoren zurückgegriffen werden, um eine Änderung der Energieeffizienz darzustellen. Im Allgemeinen bezieht sich Energieeffizienz darauf, die gleiche Menge von Produkten, Dienstleistungen oder besser "nützlichem Output" mit wenig Energie zu erzeugen. So könnte Energieeffizienz beispielsweise beinhalten, wie viel Energie notwendig ist, um eine Tonne Tomaten zu produzieren. Daher wird Energieeffizienz häufig durch eine Verhältniskennzahl definiert (Meyerding, 2016a-c):

*nützlicher Output eines Prozesses*  
*Energieeinsatz in einem Prozess*

Es stellt sich die Frage, wie dieser "nützliche Output" und der Energieeinsatz zu definieren sind. Diese Frage beinhaltet eine Reihe von wesentlichen methodischen Überlegungen, welche in der Diskussion im Gartenbau häufig ignoriert werden (Meyerding, 2016a-c).

Mit der Operationalisierung von Energieeffizienzindikatoren sind diverse methodische Probleme und Fragen verbunden:

1. **Bewertung und Werturteile:** Von zentraler Bedeutung ist, was unter nützlichem Energieoutput zu verstehen ist. Die Definition von "nützlichem" erfordert implizit eine gewisse Zuordnung von menschlichen Wertungen, um festzulegen, was als nützlicher Output gelten kann.
2. **Problem unterschiedlicher Energiequalitäten:** Die Energiequalität bezieht sich auf die Verwertbarkeit der Energie. So ist z.B. elektrische Energie von hoher Qualität, da sie ohne großen Aufwand umformbar ist, wohingegen beispielsweise Sonnenenergie häufig erst in elektrische Energie umgewandelt werden muss, um damit z.B. einen Motor anzutreiben. Das Energiequalitätsproblem tritt auf, wenn versucht wird, die Energieeffizienz in komplexen Wirtschaftskreisläufen oder -systemen zu messen. Das heißt, in Systemen und Prozessen, in denen viele Quellen und Verwendungszwecke von Energien unterschiedlicher Qualitäten existieren. Bevor eine Energieeffizienzberechnung vorgenommen werden kann, müssen die Energiewerte in Bezug auf ihre jeweilige Energiequalität angemessen angepasst bzw. umgerechnet werden. Diese Umrechnung kann z.B. erfolgen, indem elektrische Energie als Basis verwendet wird und die anderen Energieformen nur in der Höhe eingehen, welcher sie nach ihrer Umformung in elektrische Energie entsprechen würden. Wärmeenergie in Form von warmem Wasser geht so nur in der Höhe ein, wie aus ihr elektrische Energie gewonnen werden kann.
3. **Problem der klaren Abgrenzung:** Jede Energieeffizienzmessung impliziert die Festlegung von Systemgrenzen. Auf der Ausgangsseite werden, wie schon beschrieben, nur Outputs berücksichtigt, welche nützlich sind. Auf der Eingangsseite ist die Situation teils noch problematischer, da häufig recht willkürliche und kaum begründete Grenzen gezogen werden. Soll beispielsweise die Sonnenenergie, welche kostenlos zur Verfügung steht, als Input in die Energieeffizienzberechnung mit aufgenommen werden oder sollen nur Energien als Input berücksichtigt werden, welche auch zu Kosten führen?

4. Problem der Kuppelproduktion: Das Kuppelproduktionsproblem bezieht sich auf die Schwierigkeit der Zuordnung eines Energieinputs auf mehrere Outputs desselben Prozesses oder Systems.

Die meisten Energieeffizienzindikatoren beschreiben Bruttoenergieeffizienzindikatoren eines Prozesses, Systems oder Wirtschaftssektors. Wilson et al. (1994) weisen darauf hin, dass dies zu Schwierigkeiten und Missverständnissen bei der Interpretation dieser Indikatoren führen kann. Im Falle eines Bruttoenergieeffizienzindikators, wie z. B. dem Energie- zu Wertschöpfungsverhältnis, beinhaltet dieser eine Zahl von anderen strukturellen Einflussfaktoren, welche die numerische Größe des Indikators wesentlich beeinflussen können, aber nichts mit der zugrunde liegenden technischen Energieeffizienz gemein haben. Politikbeobachter sind häufig fokussiert auf technische Verbesserungen der Energieeffizienz und beachten Veränderungen des Branchenmixes, des Energieinputmixes und der Substitution von Arbeit durch Energie (Maschinen) nicht, obwohl diese einen Einfluss auf die aggregierte Größe Energieeffizienz aufweisen. Das gleiche Phänomen tritt bei Energieeffizienzindikatoren sowohl auf Branchen-, Unternehmens- als auch auf Produktebene auf. Beispielsweise kann die Energieintensität (MJ / kg) eines Produktionsprozesses aufgrund einer höheren Mechanisierung (und damit Energieverbrauchs) ansteigen (Stanhill, 1980), anstatt auf eine Verschlechterung der technischen Effizienz der Maschinen bei der Verwendung der Energie hinzuweisen. Ebenso kann sich das Verhältnis zwischen Energieinput und Wertschöpfung (MJ / €) innerhalb einer Branche verschlechtern, sofern eine Entwicklung hin zu energieintensiveren Produkten zu verzeichnen ist (Meyering, 2016a-c).

Eine Herausforderung im Zusammenhang mit Energieeffizienzindikatoren ist die Definition des "nützlichen" Outputs. Bei Indikatoren, bei denen der Output zu Marktpreisen bewertet wird, gelingt diese Definition über den Markt, welcher den Nutzen bemisst. Hier gehen sowohl die Konsummuster der Konsumenten als auch die Knappheit des jeweiligen Gutes mit ein. So wird beispielsweise bei einer Überproduktion die Energie weniger effizient eingesetzt, als es bei einem Mangel der Fall wäre. Nicht marktgerechte oder -fähige Produktion ist somit richtigerweise nicht effizient. Über den Marktpreis als Maß für die Bewertung des Outputs können zudem Rückschlüsse hinsichtlich der Qualität gezogen werden, sofern unterstellt wird, dass eine höhere Qualität des Outputs zu einem höheren Preis am Markt abgesetzt werden kann. Ein weiteres Problem ist jenes unterschiedlicher Qualitäten des Energieinputs. Wird auch dieser zu Marktpreisen bewertet, so geben diese wiederum einen Hinweis auf die Qualität der Energie. So ist Elektrizität beispielsweise teurer als Kohle. Elektrizität weist eine höhere Energiequalität als Kohle auf, da sie beliebig in andere Energieformen wie z.B. Wärme, Licht oder Bewegung umformbar ist. Die Kohle muss hierzu erst verbrannt werden. In den meisten Fällen sind Energieinputs hoher Qualität teurer als solche niedrigeren Qualitäten. In einigen Fällen sorgen allerdings Marktverzerrungen durch Subventionen und unterschiedliche Energiesteuern dafür,

dass die Preise der jeweiligen Energieträger nicht ihre Qualität und Knappheit widerspiegeln. Eine Bewertung der In- und Outputs zu Marktpreisen lässt diese vergleichbar werden und dient als Referenzgröße dafür, wie effizient die Ressource Energie eingesetzt wurde, um einen bestimmten Nutzen zu generieren. Ein weiteres Problem entsteht bei nicht-ökonomischen Indikatoren durch die Nichtberücksichtigung des Faktors Zeit. Durch die Verwendung von Marktpreisen wird dieses Problem behoben, da der Nutzen der Zeitersparnis oder der Lieferung zu einem festgelegten Zeitpunkt einen Einfluss auf den Preis aufweist. Beispielsweise ist der Preis eines schnellen Transports meist höher als der eines langsamen. Wird ein gartenbauliches Produkt durch erhöhten Energieeinsatz außerhalb der Saison produziert und am Markt veräußert, so kann auch hier ein höherer Preis erwartet werden, da das Gut zu diesem Zeitpunkt durch eine erhöhte Knappheit einen höheren Nutzen stiftet als während der Saison. Hiernach besteht die Möglichkeit trotz höheren Energieeinsatzes energieeffizienter zu produzieren, sofern der Nutzen im Verhältnis stärker ansteigt als der Energieeinsatz (-kosten). Ökologische Aspekte, welche nicht in jedem Fall bei der Preisbildung berücksichtigt werden, werden hierbei jedoch vernachlässigt. Der Ertrag, oder besser die Wertschöpfung des Leistungserstellungsprozesses ermöglicht es auch, unterschiedliche Produkte, Prozesse, Unternehmen und Branchen miteinander zu vergleichen (Meyerding, 2016a-c).

Wie beschrieben, werden zeitliche Aspekte von Transporten (und die geringe Lagerfähigkeit gartenbaulicher Produkte) berücksichtigt. Die Wertschöpfung als Outputmaß lässt ganz unterschiedliche Leistungserstellungsprozesse miteinander vergleichbar werden. Wenn beispielsweise ein Gartenbauunternehmen seine Jungpflanzen selbst produziert, dann verbraucht es dafür Energie, welche ein Unternehmen, das die Jungpflanzen zukaft, spart. Somit könnte das zukaufende Unternehmen energieeffizienter sein, wenn physikalisch-thermodynamische Indikatoren (z. B. Tonnen Tomaten / Energieinput ( $\Delta H$ )) Verwendung finden. Durch die Verwendung der Wertschöpfung als Outputmaß wird das Problem der Berücksichtigung von Vorleistungen (Energie für Rohstoffe, Materialien etc.) teilweise behoben. Der indirekte Energieeinsatz der Investitionsgüter des Unternehmens kann berücksichtigt werden, wenn die Abschreibungen in die Energieinputs miteinfließen. Hier wird allerdings aus praktischen Gründen unterstellt, dass die Investitionskosten proportional zu der verwendeten Energie bei der Herstellung des Investitionsgutes sind (Meyerding, 2016a-c).

Ökonomische Indikatoren haben den Vorteil, dass sie die Knappheit und den Nutzen der (Energie-) In- und Outputs indirekt berücksichtigen. Es ergibt sich jedoch der Nachteil, dass monetäre Größen aufgrund von Änderungen der Struktur des Unternehmens und/oder der Branche und der Produktionsfunktion (beispielsweise durch die Substitution von Arbeit durch Energie) nur begrenzt Rückschlüsse auf die technische Effizienz zulassen. Die Wertschöpfung als Outputmaß löst dagegen das Problem der eindeutigen Definition von Systemgrenzen. Es bleibt allerdings das Problem der eindeutigen Zuordnung von Energieverbräuchen (Inputs) zu

den einzelnen Produkten (Kostenträgern, Outputs) beispielsweise bei einer Kuppelproduktion. Auch Struktureffekte (beispielsweise das Outsourcen energieintensiver Prozesse wie die Jungpflanzenproduktion oder die Substitution von Energie durch menschliche Arbeit) und ihr Einfluss auf die Energieeffizienz sind bei ökonomischen Indikatoren nicht zu erkennen. Hierzu ist immer auch ein Vergleich mit physikalisch-thermodynamischen Indikatoren und der Produktionsfunktion notwendig.

## 2 Material und Methoden

Zur Darstellung der Entwicklung der Energieproduktivität und -intensität im deutschen Gartenbau für den Zeitraum von 2000 bis 2013 werden fünf unterschiedliche Indikatoren aufgeführt. Einleitend soll der Energieaufwand in % des Betriebsaufwandes (I) einen Einblick in die Größenordnungen des Energieaufwandes der unterschiedlichen Sparten des Gartenbaus geben. Als zweite Kategorie wird die Energieintensität dargestellt und wie folgt berechnet:

$$Energieintensität_{(II)} = \frac{Energieaufwand (\text{€})}{Einheitsquadratmeter (EQM)}$$

$$Energieintensität_{(III)} = \frac{Energieaufwand (\text{€})}{beheizbare Unterglasfläche (qm)}$$

Die Energieintensität setzt den Energieaufwand mit dem Einheitsquadratmeter (II) bzw. der beheizbaren Unterglasfläche (III) ins Verhältnis. Hieraus lassen sich Rückschlüsse über die Veränderung der Energieintensität der unterschiedlichen Sparten des Gartenbaus ziehen. Diese Energieintensität ist vor allem auch von der Preisentwicklung auf den Rohstoffmärkten sowie der Steuerpolitik abhängig. Aus diesem Grund werden nicht die nominalen, sondern die realen Werte dargestellt. Hierzu werden die nominalen Werte mithilfe des Verbraucherpreisindex inflationsbereinigt.

Eine dritte Kategorie ist den rein ökonomischen Indikatoren zuzuordnen und gibt die (reziproke) Energieproduktivität der unterschiedlichen Sparten des Gartenbaus wieder:

$$Energieproduktivität_{(IV)} = \frac{Energieaufwand (\text{€})}{bereinigter Betriebsertrag (\text{€})}$$

$$Energieproduktivität_{(V)} = \frac{Energieaufwand (\text{€})}{Betriebseinkommen (\text{€})}$$

Die Energieproduktivität setzt die monetären Größen Energieaufwand und bereinigter Betriebsertrag (IV) sowie Betriebseinkommen (V) ins Verhältnis. Um die Veränderung der Energieproduktivität im Zeitverlauf leichter ablesen zu können, wird auch jeweils ein Index gebildet

und in einem Diagramm dargestellt. Als Basisjahr für die Indexbildung dient das Jahr 2000. Die zur Berechnung der fünf Indikatoren verwendeten Positionen werden im Folgenden einzeln erläutert.

Der Energieaufwand (€) setzt sich aus den Aufwendungen für Heizmaterial für die Gewächshausbeheizung (€), Strom (€) und Treib- und Schmierstoffen (€) zusammen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der monetäre Energieaufwand durch die Einsatzmenge der Energie und den Preis des Energieträgers bedingt wird und sich über die betrachtete Zeitspanne der mittlere Energiemix im Gartenbau u. a. ausgelöst durch steigende Preise bei den fossilen Energieträgern, verändert hat. So ist davon auszugehen, dass die Bedeutung fossiler Energieträger (Heizöl EL, Erdgas, Kohle) zugunsten alternativer Energieträger wie Holzhackschnitzel, Abwärmenutzung oder Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung abgenommen hat.

Der Betriebsaufwand (€) enthält alle Aufwendungen, die im Zusammenhang mit gärtnerischer Produktion, Dienstleistungen und Handelstätigkeit in einem Wirtschaftsjahr anfallen (ZBG, 2009, S. 31). Der Spezialaufwand (Saat- und Pflanzgut, Heizmaterial, Dünger, Substrate usw.) für Eigenproduktion, Handel und Dienstleistungen, der Lohnaufwand, der Unterhaltungsaufwand sowie der allgemeine Aufwand werden zum Betriebsaufwand zusammengefasst. Anders als beim Unternehmensaufwand sind Aufwendungen für Fremdkapital sowie der Aufwand für die Bereitstellung von Produktionsflächen durch Pacht nicht enthalten. Die Finanzierungs- und Eigentümerstruktur des Unternehmens hat somit keinen Einfluss auf die Höhe des Betriebsaufwandes. Beim Betriebsaufwand ist zu beachten, dass der kalkulatorische Lohnansatz für die nicht entlohnten Familienarbeitskräfte noch nicht enthalten ist (ZBG, 2009, S. 31-32).

Zur Berechnung der Flächenproduktivität oder auch für die Berechnung der Energieintensität kann für die Sparten Obstbau und Baumschule die Freilandfläche herangezogen werden. Für die Sparten Gemüsebau und Zierpflanzenbau müssen aber Freiland- und Unterglasflächen berücksichtigt werden. Wenn die Flächen eines Betriebes für die Produktion in verschiedenen Sparten genutzt werden, ist zusätzlich noch die Tatsache zu berücksichtigen, dass die Flächen in den Sparten unterschiedlich intensiv bewirtschaftet werden. Um unter diesen Bedingungen einen Vergleich zur ermöglichen, wurde der Einheitsquadratmeter (EQM) entwickelt. Hierbei werden die Nutzflächen der Betriebe mit individuellen Faktoren gewichtet (ZBG, 2009, S. 42). Diese Faktoren sollen Intensitäts- (Kapital- bzw. Arbeitseinsatz je Flächeneinsatz) und dadurch bedingte Produktivitätsunterschiede (Ertrag je Flächeneinheit) zwischen den einzelnen Sparten zum Ausdruck bringen. Dieser Vergleich bleibt jedoch auch bei der Verwendung des EQM problematisch, denn regionale und einzelbetriebliche Intensitätsunterschiede, welche erheblichen Einfluss auf die Flächenproduktivität aufweisen können (ZBG, 2009, S. 41-42), können darüber nicht berücksichtigt werden.

Ein besserer Vergleich der Leistungserzeugung von Betrieben mit überwiegend gärtnerischer Produktion ist über den bereinigten Betriebsertrag möglich. Dieser wird für gärtnerische Produktionsbetriebe, in denen Handel und Dienstleistungen sowie die landwirtschaftliche Produktion eine geringe Bedeutung aufweisen, durch die Bereinigung des Betriebsertrages um den Zukauf von Saat-, Pflanzgut / Rohware, Spezialaufwand Landwirtschaft (Futterzukauf), Spezialaufwand Handel- und Dienstleistungen und Leistungen durch Fremdfirmen gebildet. Durch diese Bereinigung werden alle gärtnerischen Vorleistungen vom Betriebsertrag abgezogen. Hierdurch gehen in die Ertragsbeurteilung nur solche Ertragsbestandteile ein, welche auf die im Betrieb eingesetzten Produktionsfaktoren zurückzuführen sind. Betriebe mit starkem Zukauf von Roh- und Halbfertigware weisen beispielsweise durch die kürzeren Kulturzeiten höhere Betriebserträge je Quadratmeter Gewächshausfläche aus als jene mit eigener Jungpflanzenanzucht. Auf Basis der bereinigten Betriebserträge wird der Vergleich anders ausfallen, da die höheren Erträge bei starkem Zukauf durch entsprechend höhere Abzüge für den Zukaufswert nach unten korrigiert werden (ZBG, 2009, S. 31).

Das Betriebseinkommen stellt die Wertschöpfung durch alle im Betrieb eingesetzten Arbeitskräfte (angestellte Arbeitskräfte und nicht entlohnte Familienarbeitskräfte) sowie durch das eingesetzte Kapital dar. Vom Betriebseinkommen müssen die Löhne für Familien AK und die Verzinsung des gesamten eingesetzten Kapitals abgedeckt werden. Das Betriebseinkommen bereinigt den Betriebsertrag um den Spezialaufwand, den Unterhaltungsaufwand, Abschreibungen und den allgemeinen Aufwand. Das Betriebseinkommen ist eine zentrale Größe für die Beurteilung der Produktivität. Mit dem Betriebseinkommen wird die Wertschöpfung der zu vergleichenden Betriebe einander gegenübergestellt. Es gibt Aufschluss über die aus dem Einsatz der Produktionsfaktoren erzielte Leistung (ZBG, 2009, S. 33-34).

Als Basis für die Berechnung der oben definierten Energieeffizienzindikatoren dienen die Daten des Zentrums für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., welches jährlich Kennzahlen für den Betriebsvergleich im Gartenbau auf Grundlage von ca. 1.000 steuerlichen Jahresabschlüssen veröffentlicht.

Im Folgenden wird kurz die Stichprobe beschrieben. Danach folgen die Präsentation der Ergebnisse und ihre Diskussion. Zuerst wird der Energieaufwand in % des Betriebsaufwandes für die entsprechenden Sparten des Gartenbaus dargestellt. Es folgt die Energieintensität als Verhältnis von Energieaufwand zu EQM und beheizbarer Unter Glasfläche, wobei die Ergebnisse inflationsbereinigt (real) als Index präsentiert werden. Auch die Energieproduktivität als Energieaufwand zu bereinigtem Betriebsertrag und als Energie-Nettoproduktivität zum Betriebseinkommen wird dargestellt (auch als Index). Des Weiteren wurde für jeden Indikator pro Sparte bzw. Gruppe eine lineare Regression gerechnet. Das Beta dieser Regression (Steigung der Regressionsgeraden) gibt die durchschnittliche Veränderung pro Jahr an. Am Ende werden



die identischen Betriebe untersucht. Dieses sind Betriebe, welche in jedem Jahr des betrachteten Zeitraumes am Betriebsvergleich teilgenommen haben. Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der identischen Betriebe mit dem Rest des Samples gibt den Hinweis auf einen Strukturwandel, sofern die Ergebnisse voneinander abweichen. So kann der Strukturwandel die Zusammensetzung des Samples verändern, dieses wird dann deutlich, wenn sich die Ergebnisse für das Sample stärker verändern als die Ergebnisse für die identischen Betriebe, z.B. weil kleinere Betriebe aus dem Sample ausgeschieden sind (aufgeben mussten).

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beschreibung des Samples

Die vorliegende Auswertung basiert auf Jahresabschlüssen, welche dem Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau im Laufe des Jahres von landwirtschaftlichen Buchstellen, Landwirtschaftskammern, Beratungsringen, Ministerien und anderen Stellen zugeleitet wurden. Die Zahl der durchschnittlich erfassten Jahresabschlüsse liegt im Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2013 bei über 1.225. Für die vorliegende Auswertung wurden für das Jahr 2013 die Daten der Vorauswertung, mit etwas weniger Betrieben als bei der Hauptauswertung verwendet. Daraus folgt, dass die Werte für 2013 auf einer geringeren Datenbasis als jene der anderen Jahre beruhen und daher nur bedingt mit ihnen vergleichbar sind. Es ist das Bestreben des Zentrums für Betriebswirtschaft im Gartenbau, in den verschiedenen Sparten eine ausreichende Zahl von Betrieben zur Teilnahme anzuregen und diese über mehrere Jahre auszuwerten. Eine Auswahl der Betriebe für die Auswertung erfolgt nicht; verrechnet wird grundsätzlich jeder ordnungsgemäße Buchabschluss. Die Betriebe sind demnach nicht nach statistischen Gesichtspunkten ausgewählt, so dass die Auswertungsergebnisse nicht als repräsentativ bezeichnet werden können (ZBG, 2009 S. 1). Vielmehr gewinnt die Datenbasis an Aussagekraft durch die Bildung homogener Gruppen von Betrieben, die sich durch ihren Produktions-, Dienstleistungs- oder Handelsschwerpunkt sowie ihren überwiegenden Absatzweg auszeichnen.

Tabelle 1 stellt die hier untersuchten Gruppen nach der Klassifikation des Betriebsvergleichs Gartenbau dar, welche auch in dieser Auswertung verwendet wird. Es wurden insgesamt 16 Gruppen gebildet und untersucht. Für jede Gruppe ist der Mittelwert, die Standardabweichung und der Minimal- und Maximalwert angegeben. Es wird zwischen Stichprobengrößen mit Vorauswertung (2000 bis 2013) und Stichprobengröße ohne Vorauswertung (2000 bis 2012) unterschieden.

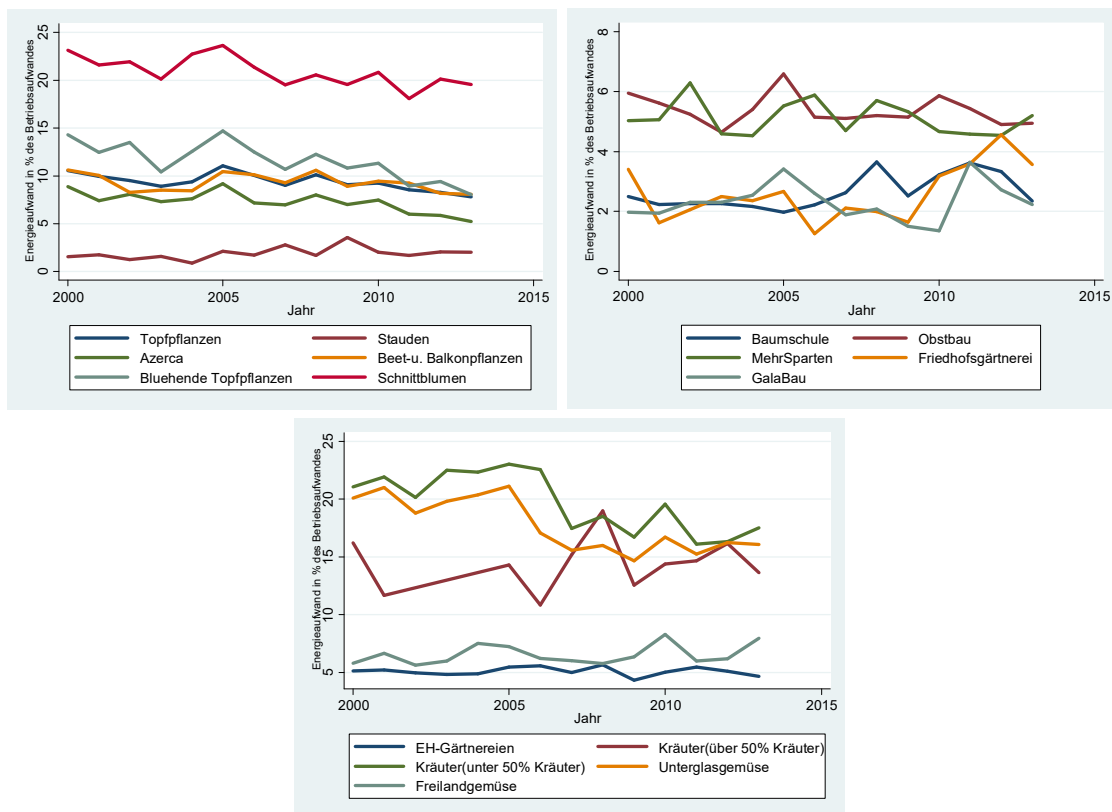
**Tabelle 1: Stichprobengrößen mit Vorauswertung (2000 bis 2013) und ohne Vorauswertung (2000 bis 2012)**

Bezeichnung der Gruppe	Stichprobengröße mit Vorauswertung (2000 bis 2013)				Stichprobengröße ohne Vorauswertung (2000 bis 2012)			
	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max
.Azerca	65	9,65	43	76	67	7,58	56	76
BaumS	44	15,63	17	75	46	14,07	22	75
BeetBalkon	96	8,46	80	109	97	7,31	83	109
BluehTopf	28	8,46	80	109	28	3,18	23	34
EH	225	68,02	111	337	234	62,01	146	337
Fl_Gemüse	73	20,01	27	98	77	15,62	57	98
Friedhof	21	10,18	7	48	22	10,24	7	48
GalaBau	21	3,84	15	28	21	3,64	15	28
KräuterU50	53	15,63	31	77	55	14,82	31	77
KräuterUE50	5	2,86	1	10	5	2,98	1	10
Mehr Sp	41	7,90	28	53	41	7,32	30	53
ObstB	158	17,72	129	181	158	18,22	129	181
Schnittbl	65	7,76	49	80	67	6,41	55	80
Stauden	14	2,59	9	18	14	2,49	9	18
Topf_alle	273	31,39	203	320	279	25,01	240	320
UGlas- _Gemuese	49	8,84	35	61	50	8,17	35	61

Die Gruppe der Topfpflanzen (alle) bildet mit je über 270 Teilnehmern den größten Satz, gefolgt von den Einzelhandelsgärtnereien mit je über 220 Teilnehmern und dem Obstbau mit über 150 Teilnehmern. Der Garten- und Landschaftsbau (um die 20), Staudengärtnereien (um die 13) und Kräuterbetriebe (über 50 % Kräuter, um die 5) sind die kleinsten in der Auswertung vertretenen Gruppen.

### 3.2 Anteil Energieaufwand am Betriebsaufwand

Die Gruppen weisen unterschiedliche Produktionsfunktionen auf, in denen der Faktor Energie unterschiedlich stark zum Ausdruck kommt. Mit Anteilen des Energieaufwandes am Betriebsaufwand insgesamt von um die 20 %, ist dieser bei Schnittblumen und Kräuterbetrieben (unter 50 %) besonders hoch. Wohingegen der Anteil des Energieaufwandes mit zwischen 2 und 3 % bei Betrieben des Garten- und Landschaftsbaus, Baumschulen und Friedhofsgärtnereien wesentlich geringer ist. In Abbildung 1 ist der Anteil des Energieaufwands in % am Betriebsaufwand für die unterschiedlichen Gruppen dargestellt. An dieser Stelle wird die Diversität des Gartenbaus in Bezug auf diesen Faktoreinsatz deutlich.



**Abbildung 1:** Energieaufwand in % des Betriebsaufwandes 2000 - 2013

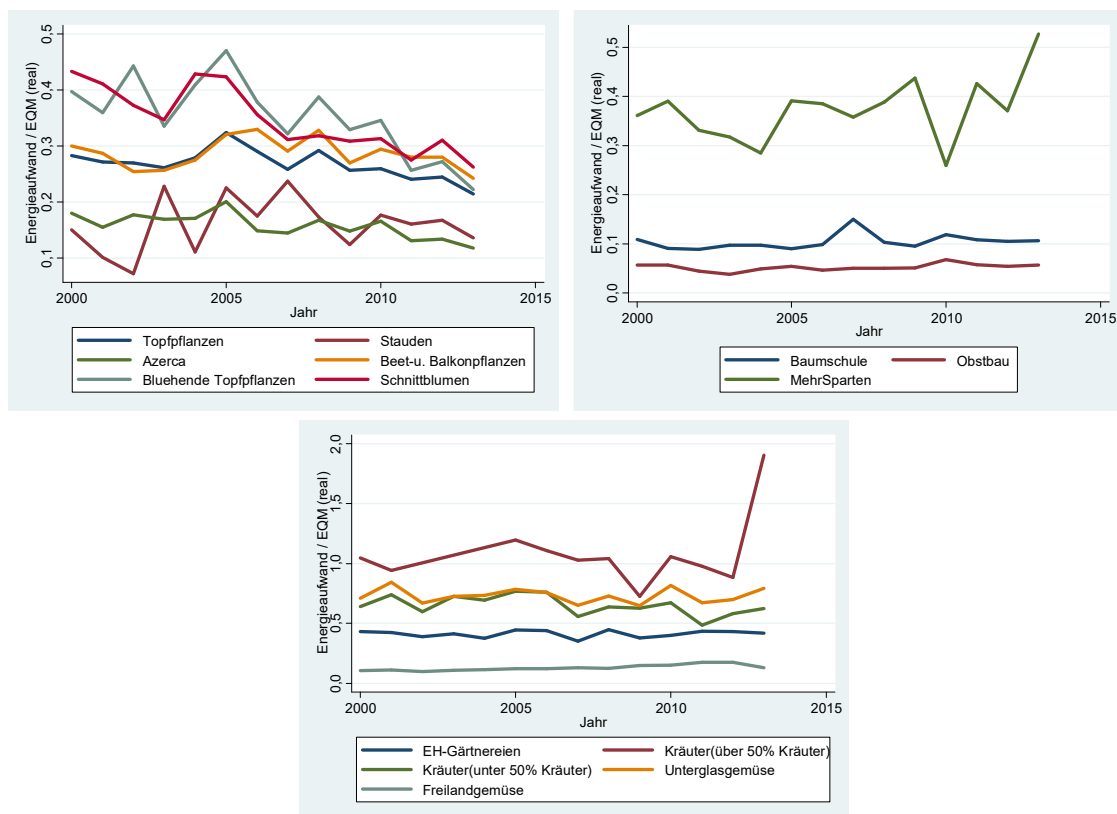
In Abbildung 1 sind auch die Daten der Vorauswertung für das Jahr 2013 dargestellt. In der Vorauswertung ist die Datenbasis unter Umständen wesentlich geringer als in der Hauptauswertung, daher sollten die Ergebnisse für das Jahr 2013 vorsichtig interpretiert werden. Ähnliche Gruppen sind in einem Diagramm zusammen aufgeführt. Zierpflanzen finden sich oben links; Gemüsebau inkl. Kräuter und Einzelhandelsgärtnereien unten; Baumschulen, Obstbau, Friedhof und GalaBau findet sich oben rechts. Dieser Aufbau wird auch in den folgenden Abbildungen weiter beibehalten.

Für alle Gruppen wurden Regressionen gerechnet, in denen der Anteil des Energieaufwandes in Prozent des Betriebsaufwandes die abhängige Variable und das Jahr die unabhängige Variable darstellt. Das Beta, d.h. die Steigung der Regressionsgraden ( $\beta$ ), gibt demnach die durchschnittliche Veränderung des Anteils des Energieaufwandes pro Jahr an. Die Regressionen beziehen sich nur auf die Jahre zwischen 2000 und 2012 um Verzerrungen durch die kleinere Stichprobe der Vorauswertungsdaten 2013 zu vermeiden. Die Berechnung des Betas ist erforderlich um zu überprüfen, ob die Veränderungen signifikant sind. Der Augenschein, d.h. was in den Diagrammen als Veränderung erscheint, kann hier trügerisch sein.

Eine signifikante Steigerung des Anteils des Energieaufwandes um 0,1 % ( $\beta = 0,111$ ;  $p < 0,01$ ) pro Jahr zeigt sich lediglich bei den Baumschulen. In vielen anderen Gruppen (Unterglasgemüsebau,  $\beta = -0,494$ ,  $p < 0,01$ ; Kräuterbetriebe unter 50 % Kräuter,  $\beta = -0,497$ ,  $p < 0,01$ ; Schnittblumen,  $\beta = -0,324$ ,  $p < 0,01$ ; Azerca,  $\beta = -0,164$ ,  $p < 0,05$  und Topfpflanzen,  $\beta = -0,115$ ,  $p < 0,05$ ) ist ein leichter Rückgang des Anteils des Energieaufwandes am Betriebsaufwand zwischen 0,2 und 0,5 % pro Jahr erkennbar.

### 3.3 Entwicklung der Energieintensität im deutschen Gartenbau

In der folgenden Abbildung 2 ist der inflationsbereinigte Energieaufwand (real) pro Einheitsquadratmeter dargestellt.



**Abbildung 2:** Entwicklung der Energieintensität / EQM

Es wird die unterschiedliche Energieintensität der Sparten des Gartenbaus deutlich. Der Obstbau, Freilandgemüsebau und die Baumschulen weisen eine vergleichsweise niedrige Energieintensität auf, wohingegen Kräuterbetriebe und der Unterglasgemüsebau mit Energieintensitäten zwischen 0,5 und 1,0 Euro pro Einheitsquadratmeter besonders energieintensiv sind.

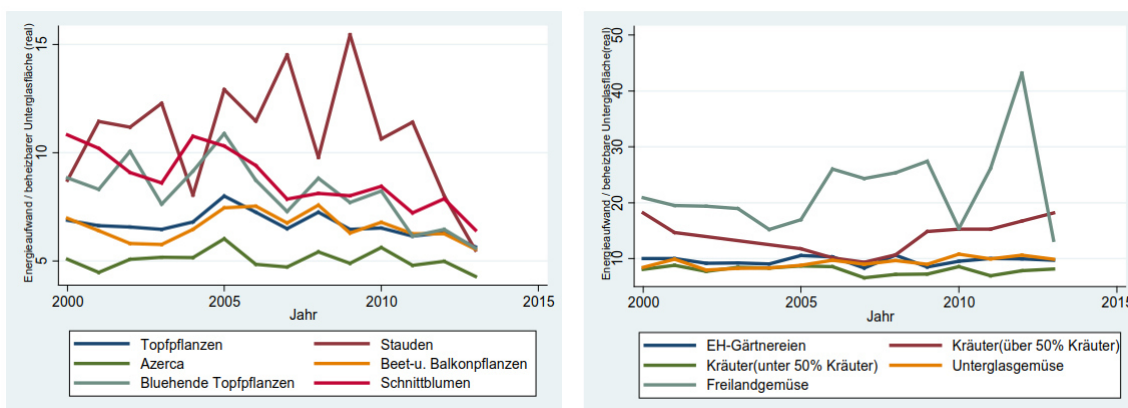
In Abbildung 2 (links oben) zeigt sich eine leicht abfallende Energieintensität für die Zierpflanzenbetriebe. Es lässt sich jedoch erkennen, dass diese starken Schwankungen zwischen den

Jahren unterliegen. Besonders ausgeprägt zeigen sich diese Schwankungen bei den Staudenbetrieben, allerdings ist die Stichprobengröße mit durchschnittlichen 13,5 Staudenbetrieben pro Jahr auch relativ gering, sodass die Ergebnisse nicht zu verallgemeinern sind.

Für alle Sparten wurden Regressionen (Energieaufwand / EQM und Jahr) gerechnet. Statistisch signifikante Entwicklungen zeigen sich für die realen Werte ohne die Daten der Vorauswertung 2013 für die Azercabetriebe ( $\beta = -0,003$ ;  $p < 0,05$ ), Blühende Topfpflanzen ( $\beta = -0,010$ ,  $p < 0,05$ ) und Schnittblumenbetriebe ( $\beta = -0,012$ ;  $p < 0,019$ ); welche alle einen leichten Rückgang der Energieintensität im Zeitverlauf aufweisen. Das gleiche gilt für Kräuterbetriebe (unter 50 % Kräuter;  $\beta = -0,011$ ;  $p < 0,1$ ) allerdings ist das Ergebnis nur schwach signifikant. Eine leicht steigende Energieintensität kann nur im Freilandgemüsebau ( $\beta = 0,011$ ;  $p < 0,01$ ) beobachtet werden.

Die aufgeführten Betawerte lassen sich beispielsweise im Fall der Blühenden Topfpflanzen ( $\beta = -0,010$ ) so interpretieren, dass die Energieintensität für diese Sparte im Beobachtungszeitraum um jährlich durchschnittlich 1 Cent pro Einheitsquadratmeter abgenommen hat (inflationbereinigt). Diese positive Entwicklung kann durch verbesserte Kulturmaßnahmen, technischen Fortschritt, aber auch eine günstigere Witterung hervorgerufen worden sein.

Nicht nur der Einheitsquadratmeter, sondern auch die beheizbare Unter Glasfläche kann als sinnvolles Bezugsmaß herangezogen werden. Zu diesem Zweck ist in Abbildung 3 die Energieintensität als Verhältnis des Energieaufwandes (€) zu der beheizbaren Unter Glasfläche (m<sup>2</sup>) inflationbereinigt (real) dargestellt.



**Abbildung 3:** Entwicklung der Energieintensität beheizbare Unter Glasfläche

Die höchsten Energieintensitäten zeigen sich bei den Staudengärtnereien (siehe Abbildung 3, links) und im Freilandgemüsebau (siehe Abbildung 3, rechts), dies könnte darin begründet sein, dass diese Betriebe die Unter Glasflächen insbesondere zur Anzucht von Jungpflanzen verwenden.

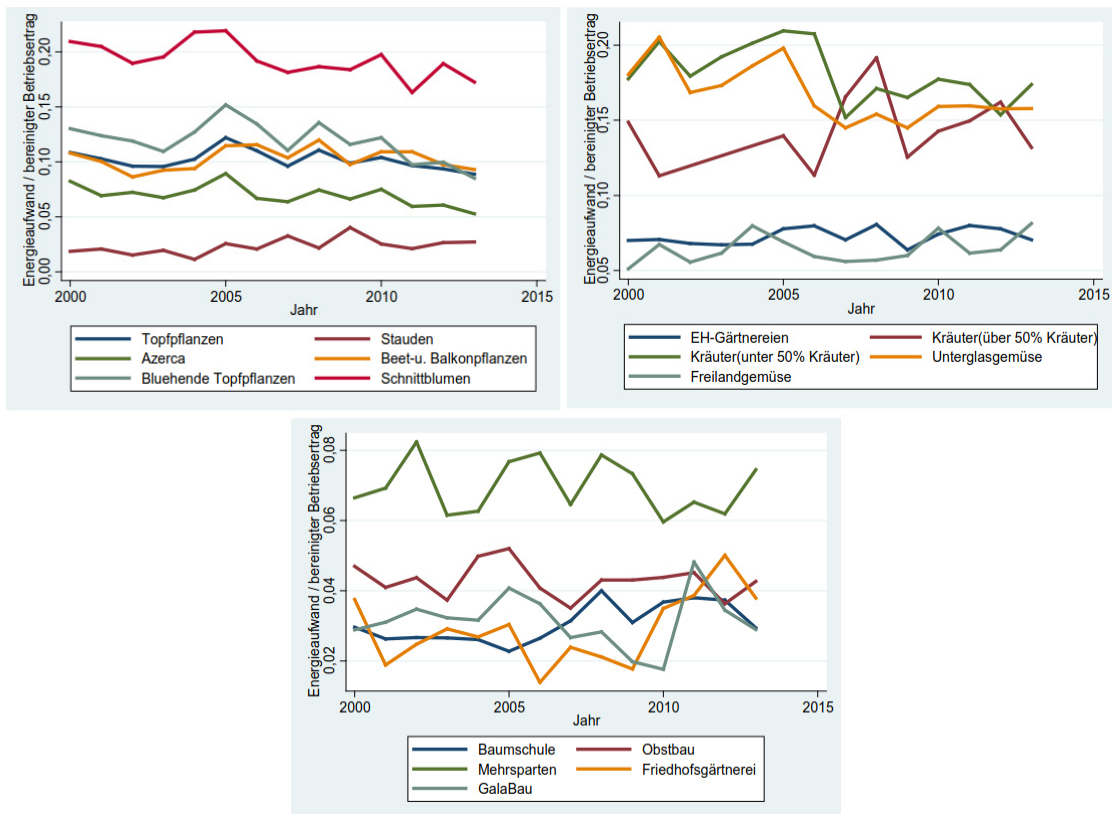
den und diese unter Umständen durch die Zusatzbeleuchtung und hohe Temperaturen besonders energieintensiv ist. Eine andere Begründung wäre, dass die Unterglasfläche sehr klein ist und andere Energiekosten außer den Heizkosten anfallen (z. B. Trieb- und Schmierstoffe). Auch Kräuterbetriebe, Schnittblumen und Blühende Topfpflanzen zählen zu den energieintensiven Gruppen im deutschen Gartenbau. Azerca und Beet- und Balkonpflanzen sind im Verhältnis energieextensiv, wenn die beheizbare Unterglasfläche betrachtet wird.

Es zeigen sich keine wesentlichen inflationsbedingten Unterschiede. Signifikante Entwicklungen in der Energieintensität (Energieaufwand / beheizbare Glasfläche, real) zeigen sich bei den Blühenden Topfpflanzen ( $\beta = -0,200$ ;  $p < 0,05$ ) und den Schnittblumenbetrieben ( $\beta = -0,246$ ;  $p < 0,01$ ). Hier hat die Energieintensität für die beheizbare Unterglasfläche im Betrachtungszeitraum abgenommen. Wohingegen im Unterglasgemüsebau ( $\beta = 0,166$ ;  $p < 0,01$ ) und insbesondere im Freilandgemüsebau ( $\beta = 1,122$ ;  $p < 0,05$ ) ein signifikanter Anstieg der Energieintensität zu verzeichnen ist. Im Gemüsebau kann die steigende Energieintensität u.U. durch eine Veränderung des angebauten Kulturmixes oder durch veränderte Nachfrage erklärt werden. Die sinkende Energieintensität im Zierpflanzenbau könnte durch verbesserte Kulturmaßnahmen und technischen Fortschritt hervorgerufen worden sein.

### 3.4 Entwicklung der Energieproduktivität

Aus ökonomischer Perspektive ist insbesondere die Entwicklung der Energieproduktivität von Bedeutung, da sie am ehesten als Indikator für die Energieeffizienz herangezogen werden kann. Dies ist u. a. darin begründet, dass die Energieproduktivität den nützlichen Output zu Marktpreisen beinhaltet. Es wird die Energieproduktivität als Verhältnis des Energieaufwandes zum bereinigten Betriebsertrag und die Energie-Nettoproduktivität als Verhältnis des Energieaufwandes zum Betriebseinkommen betrachtet.

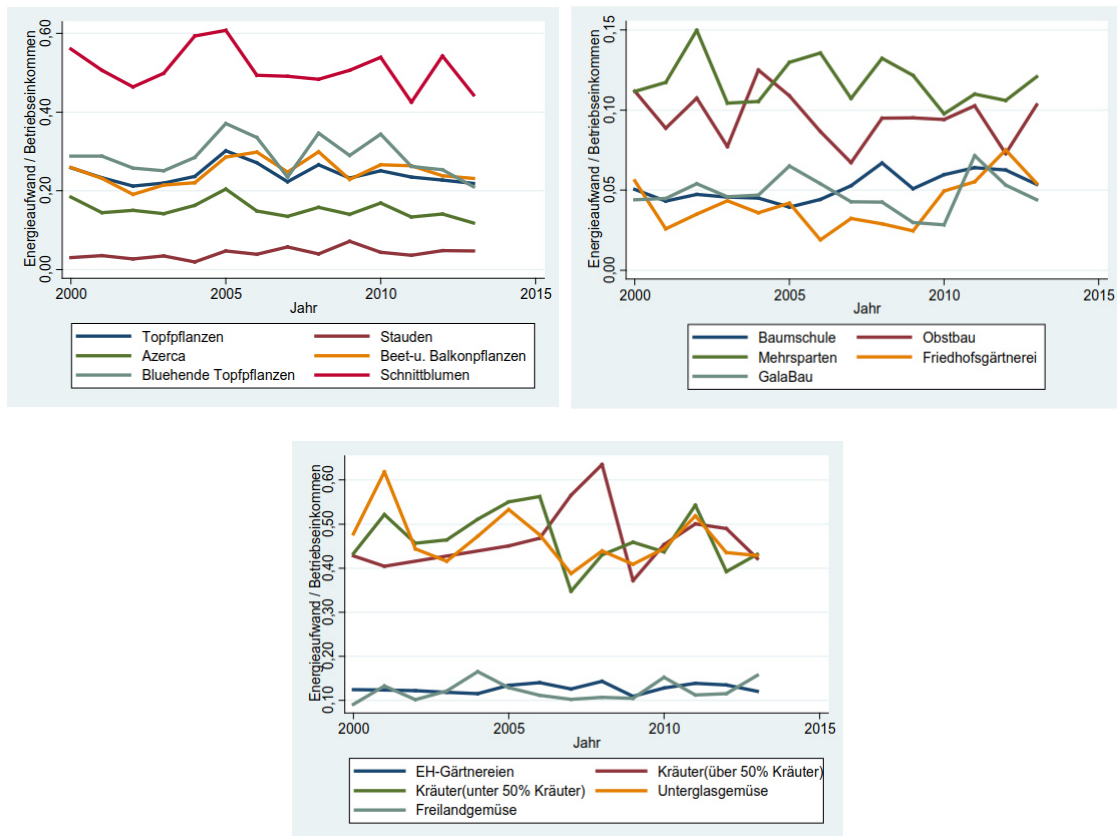
In Abbildung 4 ist die Verhältniskennzahl Energieproduktivität für die unterschiedlichen Gruppen im Betrachtungszeitraum dargestellt.



**Abbildung 4:** Entwicklung der Energieproduktivität

Die höchste Energieproduktivität zeigt sich bei den Schnittblumen, Kräuterbetrieben (unter 50 %) und im Unterglasgemüsebau. Staudengärtnereien weisen die niedrigste Energieproduktivität auf. Eine statistisch signifikante Steigerung der Energieproduktivität findet sich im Betrachtungszeitraum (ohne die Vorauswertung 2013) bei Staudengärtnereien ( $\beta = 0,001$ ;  $p < 0,1$ ), Einzelhandelsgärtnereien ( $\beta = 0,001$ ;  $p < 0,1$ ) und Baumschulen ( $\beta = 0,001$ ;  $p < 0,01$ ), allerdings sind diese Steigerungen auf sehr niedrigem Niveau. Leichte Verschlechterungen der Energieproduktivität finden sich bei Azercabetrieben ( $\beta = -0,001$ ;  $p < 0,1$ ), Schnittblumen ( $\beta = -0,002$ ;  $p < 0,05$ ), Kräuterbetrieben (unter 50 % Kräuter;  $\beta = -0,003$ ;  $p < 0,1$ ) und im Unterglasgemüsebau ( $\beta = -0,003$ ;  $p < 0,05$ ), jedoch sind auch hier die Größen vernachlässigbar. Insgesamt kann die Energieproduktivität im deutschen Gartenbau als vergleichsweise stabil betrachtet werden. Dies heißt jedoch auch, dass seit 2000 keine wesentliche Steigerung der Energieproduktivität im deutschen Gartenbau zu beobachten ist.

Für die Energie-Nettoproduktivität in Abbildung 5 wird der Energieaufwand mit dem Betriebseinkommen ins Verhältnis gesetzt. Diese Verhältniskennzahl gibt am ehesten die tatsächliche Faktorproduktivität wieder, da das Betriebseinkommen der Wertschöpfung am nächsten kommt. Die Energie-Nettoproduktivität gibt daher am besten wieder, wie effizient die Ressource Energie eingesetzt wird, d.h. wie viel Einsatz an Energieaufwand nötig war, um einen Euro nützlichen Output zu generieren. Je niedriger die Kennzahl ausfällt, desto besser ist das Verhältnis zwischen Input und Output.



**Abbildung 5:** Entwicklung der Energie-Nettoproduktivität

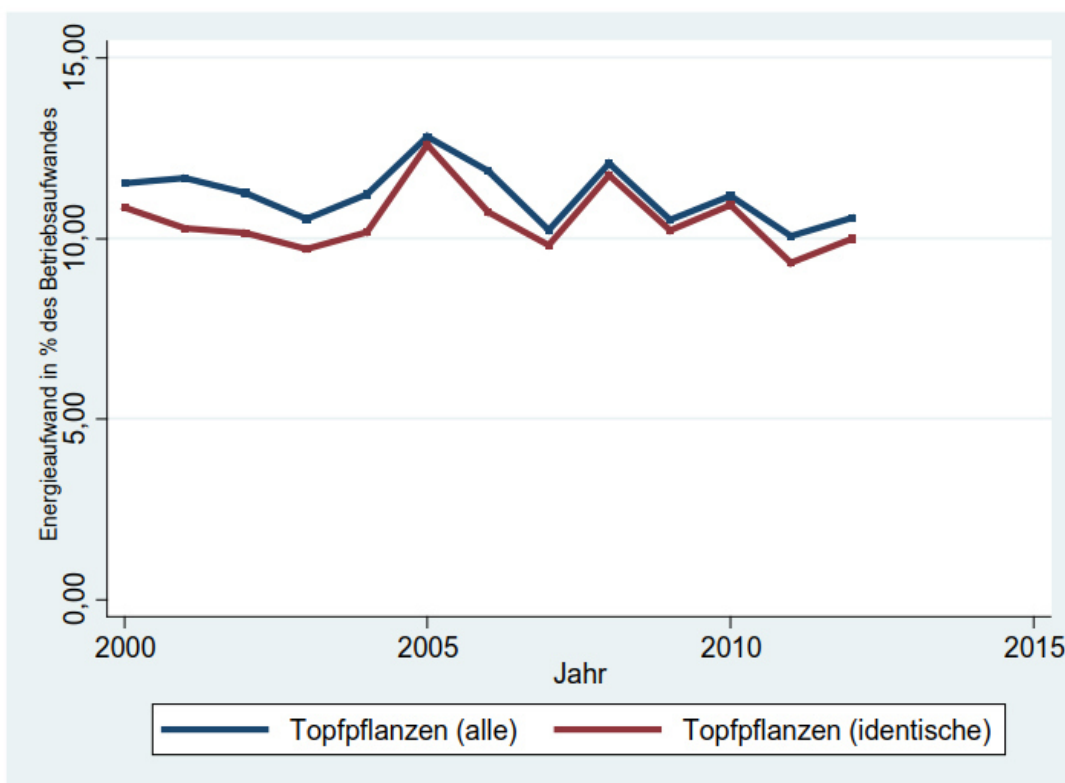
In Abbildung 5 sind die Energie-Nettoproduktivitäten im Zeitverlauf dargestellt. Die höchsten Nettoproduktivitäten zeigen sich in den Gruppen Freilandgemüsebau, Einzelhandelsgärtnereien, Friedhofsgärtnereien, Garten- und Landschaftsbau sowie Baumschulen. Hier wird besonders wenig Energieaufwand benötigt, um eine Einheit Betriebseinkommen zu erwirtschaften. Je kleiner die Kennzahl in der Abbildung ist, desto höher ist die Energie-Nettoproduktivität. Geht die Kurve nach unten, so erhöht sich die Energie-Nettoproduktivität. Die Gruppen Schnittblumen, Kräuter und Unter Glasgemüse weisen somit eine geringe Energie-Nettoproduktivität auf. Die Verhältniskennzahl in der Abbildung 5 ist entsprechend hoch.

Statistisch signifikante Entwicklungen im Zeitverlauf zeigt die Energie-Nettoproduktivität lediglich bei den Stauden ( $\beta = 0,002$ ;  $p < 0,1$ ) und den Baumschulen ( $\beta = 0,002$ ;  $p < 0,01$ ). Hier hat die Energie-Nettoproduktivität leicht abgenommen. Hier muss zusätzlich erwähnt werden, dass die Gruppe der Stauden auf einer sehr geringen Fallzahl beruht.

Insgesamt lässt sich im deutschen Gartenbau kein Trend hin zu einer gestiegenen Energieeffizienz beobachten. Im Beobachtungszeitraum ist es dem deutschen Gartenbau seit 2000 nicht gelungen, mehr nützlichen Output pro Energieaufwand zu erzeugen. Diese Schlussfolgerung ist stabil, so hat sich die Struktur der Betriebe am Beispiel der Topfpflanzenbetriebe (siehe Abbildung 6) in der Stichprobe nicht verändert. Hätte sich die Zusammensetzung der Gruppe verän-



dert, könnte dieses der Grund für die veränderte Energieeffizienz der Gruppe sein, weil z.B. ineffiziente Betriebe ausgeschieden sein könnten. Dieses ist allerdings nicht der Fall, wie im weiteren Verlauf noch deutlich werden wird. Der Vergleich der Entwicklung aller Topfpflanzenbetriebe in der Stichprobe mit deren "identischen" Topfpflanzenbetrieben, welche über den gesamten Beobachtungszeitraum am Betriebsvergleich teilgenommen haben, zeigt, dass die Entwicklung beider Gruppen gleichläufig ist und die Struktur der Gruppe unverändert scheint.



**Abbildung 6:** Vergleich aller Topfpflanzenbetriebe mit den "identischen" Topfpflanzenbetrieben

Limitationen ergeben sich dadurch, dass beim Energieinput freie Güter, wie die Sonnenenergie nicht berücksichtigt werden.

Weitere Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau bei der Analyse des Einflusses der Anbau- und Liefersaison und des Einflusses von Produktionsverfahren. Beispielsweise bei der Verwendung größerer Jungpflanzen, der Zwischenpflanzung einer zweiten Tomatenkultur in ältere Bestände und vor allem der Temperaturführung im Unterglasanbau. Auch ist der Einfluss natürlicher Standortverhältnisse auf die Energieintensität (durch unterschiedliche Sonnenstrahlung und das Klima) nicht zu vernachlässigen (Storck, 1979). Es kann allerdings trotzdem "energieeffizient" sein, in klimatisch benachteiligten Regionen zu produzieren, wenn

hierdurch ein im Vergleich höherer Nutzen z. B. durch Regionalität gestiftet wird. Hier spielen nicht zuletzt auch unterschiedliche Transport- und Absatzwege eine wesentliche Rolle.

Als der bedeutendste Nachteil der vorgeschlagenen Indikatoren gelten ihre unzulängliche Eignung für Zeitreihenvergleiche durch schwankende Marktpreise der Prozess-In- und Outputs. Nur weil die Erklärung von Veränderungen dieser Energieeffizienzindikatoren im Zeitverlauf herausfordernder ist als die anderer, sind sie nicht zwingend weniger zielführend. Effizient ist ein Prozess dann, wenn eine knappe Ressource möglichst nutzenstiftend eingesetzt wird. Die Knappheit und der Nutzen verändern sich im Zeitverlauf und/oder sind zeitabhängig. Eine Überproduktion in Zeiten von Überfluss unter Einsatz von Energie ist nicht so nutzenstiftend und damit energieeffizient wie in Zeiten von großer Knappheit. Auch wenn in einer Anlage Produkte technisch effizient produziert werden, diese aber nicht am Markt abgesetzt werden können und daher zu einem Großteil kompostiert werden müssen, war die Produktion nicht energieeffizient. Der Preis eines Produktes zeigt den Nutzen für den durchschnittlichen Kunden des Gutes an. Die Wertschöpfung des Unternehmens ist somit ein Maß dafür, wie viel Nutzen es durch seine Tätigkeit gestiftet hat und das Verhältnis zu der eingesetzten Energie (in Form von Energiekosten, denn diese zeigen die Knappheit der Ressource an) ist somit die zielführendste Definition von Energieeffizienz.

## Zusammenfassung

# Entwicklung der Energieproduktivität und -intensität im deutschen Gartenbau von 2000 bis 2013

Energieeffizienz ist ein bedeutender Aspekt ökonomischer Nachhaltigkeit. In dem Beitrag wird die Entwicklung des Energieaufwandes in % des Betriebsaufwandes, der Energieintensität und der Energieproduktivität im Gartenbau seit 2000 dargestellt.

Die Basis bilden über 1.200 Datensätze mit den Daten aus steuerrechtlichen Jahresabschlüssen deutscher Gartenbaubetriebe aller Sparten. Insgesamt zeigt sich, dass der Anteil des Energieaufwandes am Betriebsaufwand in vielen Bereichen des Gartenbaus leicht abnimmt. Hierfür sind unterschiedliche Gründe denkbar. Zum einen könnte die technische Effizienz zugenommen haben, die Witterung im Zeitverlauf von 2000 bis 2013 sich positiv im Sinne der Produktion entwickelt haben (mehr Licht, mehr Wärme) oder aber die Energiepreise gesunken sein. Diese unterschiedlichen Faktoren wurden nicht gesondert betrachtet. Es erscheint jedoch am wahrscheinlichsten, dass die technische Energieeffizienz durch technischen Fortschritt, Modernisierung des Gewächshausbestandes oder der Maschinen leicht zugenommen hat. Ähnliches ist für die Energieintensität zu beobachten. Die Energieproduktivität ist jedoch im Be-

obachtungszeitraum gleichbleibend, d. h. seit 2000 ist kein signifikanter Anstieg des generierten nützlichen Outputs pro Einheit Energieaufwand zu verzeichnen. Das heißt, das Verhältnis von monetär bewertetem Input zu Marktpreisen zu monetär bewertetem Output zu Marktpreisen hat sich im Betrachtungszeitraum nicht verbessert. Der Energieeinsatz (monetär) hat sich leicht verringert, jedoch haben sich die Umsätze im Vergleich auch etwas verringert. Somit ist der Effekt „verpufft“. Der Beitrag gibt einen detaillierten Überblick über die Entwicklung unterschiedlicher Betriebsgruppen im deutschen Gartenbau, welche sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Produktionsfunktionen teils wesentlich unterscheiden.

## Summary

### Development of energy productivity and energy intensity in German horticulture from 2000 to 2013

Energy efficiency represents an important aspect of economic sustainability. This article sets out the development of energy expenditure in % of operating expenses, energy intensity, and energy productivity in horticulture since 2000.

It is based on more than 1,200 data sets containing data from annual financial statements in accordance with German commercial law of German horticultural businesses of all fields. Overall it appears that the proportion of energy expenditure in operating expenses is slightly declining in many spheres of horticulture. There are several possible reasons for this. On the one hand, technical efficiency may have increased, the weather during the period from 2000 to 2013 may have had a positive impact in terms of production (more light, more heat), or else, energy prices may have dropped. These different factors have not been considered separately. It appears most likely, however, that technical energy efficiency has slightly improved due to technological progress, the modernization of existing greenhouses, or of machinery. Similar observations can be made with regard to energy intensity. Energy productivity, however, remains unchanged during the observation period, i.e. since 2000 there has been no significant increase in generated useful output per unit of energy expenditure. That is to say the ratio of the monetary value assigned to input at market prices and the monetary value assigned to output at market prices has not improved during the observation period. There has been a slight decrease in energy use (in monetary terms); however, in comparison there has also been a slight decrease in turnover. The effect has thus “worn off”. This article gives a detailed overview of the development of various categories of German horticulture, which due to their different production functions sometimes differ substantially.

## Résumé

# Évolution de la productivité et de l'intensité énergétiques dans l'horticulture allemande de 2000 à 2013.

L'efficacité énergétique est un aspect important de la durabilité économique. La contribution présente l'augmentation de la consommation d'énergie en % des charges opérationnelles, de l'intensité énergétique et de la productivité énergétique dans l'horticulture depuis 2000.

Plus de 1 200 enregistrements avec des données extraites de bilans fiscaux annuels provenant d'exploitations horticoles allemandes de tous les secteurs en constituent le fondement. Globalement, on constate que la part de consommation d'énergie dans les charges opérationnelles a légèrement diminué dans de nombreux secteurs horticoles. Différentes raisons peuvent expliquer ce phénomène. D'une part, il est possible que l'efficacité technique ait augmenté, que les conditions météorologiques de 2000 à 2013 aient évolué positivement pour la production (plus de lumière, plus de chaleur) ou que le prix de l'énergie ait diminué. Ces différents facteurs n'ont pas été examinés séparément. Il semble cependant plus probable que l'efficacité énergétique ait légèrement augmenté grâce aux avancées techniques et à la modernisation des serres ou des machines. De même, il faut prendre en compte l'intensité énergétique. La productivité énergétique est cependant restée constante pendant la période d'observation, c.-à-d. que depuis 2000, aucune hausse significative des flux sortants générés par unité de consommation d'énergie n'a été enregistrée. Cela signifie que le rapport entre flux entrants et flux sortants faisant l'objet d'une évaluation monétaire et prix du marché ne s'est pas amélioré pendant la période d'observation. La consommation énergétique (monétaire) a légèrement diminué, mais le chiffre d'affaires a lui-aussi légèrement baissé en comparaison. Les effets se sont ainsi « dissipés ». La contribution donne un aperçu détaillé de l'évolution de différents groupes d'exploitations dans l'horticulture allemande, qui sont très différents en raison de fonctionnements de production différents.

## Literatur

1. Flenker, J., 2014. Aktuelle Ergebnisse der ökonomischen Begleitforschung im Projekt ZINEG, in: Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft e.V. (DGG) und Bundesverband der Hochschulabsolventen/Ingenieure Gartenbau und Landschaftsarchitektur e.V. (BHGL) (Ed.), 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, 5.-8. März 2014 in Dresden. Nachhaltigkeit und Gartenbau, Dresden.
2. Meyerding, S. G. H., 2016a. Energieeffizienz und ökologische Nachhaltigkeit – der Rebound-Effekt von Gartenbauunternehmen, Berichte über Landwirtschaft, 94 (1), 1–25. DOI: 10.12767/buel.v94i1.88.g262
3. Meyerding, S. G. H., 2016b. Messung der betrieblichen Energieeffizienz als Indikator ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit von Gartenbauunternehmen, Berichte über Landwirtschaft, 94 (1), 1–25. DOI: 10.12767/buel.v94i1.87.g259
4. Meyerding, S. G. H., 2016c. Die Energieeffizienzlücke – warum "effiziente" Maßnahmen nicht umgesetzt werden, Berichte über Landwirtschaft, 94 (1), 1–8. DOI: 10.12767/buel.v94i1.90.g264
5. Schuch, I., 2014. 5 Jahre ZINEG - Ein Resümee zur Energieeffizienz des Solarkollektorgehäuses mit Wärmespeicher, in: Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft e.V. (DGG) und Bundesverband der Hochschulabsolventen/Ingenieure Gartenbau und Landschaftsarchitektur e.V. (BHGL) (Ed.), 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung, 5.-8. März 2014 in Dresden. Nachhaltigkeit und Gartenbau, Dresden, 28.
6. Stanhill, G., 1980. The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. Journal of Agricultural Engineering Research 25 (2), 145–154.
7. Storck, H., 1978. Towards an Economics of Energy in Horticulture, in: Kristofferson, T. (Ed.), Symposium on more profitable use of energy in protected cultivation, The Hague, 15–30.
8. Storck, H., 1979. Energieeinsatz und Energieeffizienz im Bereich des Gartenbaus, in: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Ed.), Berichte über Landwirtschaft; Sonderheft. Neue Folge. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn, 40–59.
9. Vadiée, A., Martin, V., 2012. Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept, state of the art. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (7), 5087–5100.
10. Wilson, B., Trieu, L.H., Bowen, B., 1994. Energy efficiency trends in Australia. Energy Policy 22 (4), 287–295.

11. Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau (ZBG), 2009. Kennzahlen für den Betriebsvergleich im Gartenbau 2009 – 52. Jahrgang, Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau, Hannover. ISSN 1614-5763

### Autorenanschrift:

Dr. Stephan Meyerding,  
Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung,  
Georg-August-Universität Göttingen,  
Platz der Göttinger Sieben 5,  
37073 Göttingen.  
Email: [stephan.meyerding@uni-goettingen.de](mailto:stephan.meyerding@uni-goettingen.de)

Stefan Schöttler,  
Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V.,  
Institut für gartenbauliche Produktionssysteme,  
Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover,  
Herrenhäuser Str. 2,  
30419 Hannover.  
Email: [schoettler@zbg.uni-hannover.de](mailto:schoettler@zbg.uni-hannover.de)

Dr. Bernd Hardeweg,  
Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V.,  
Institut für gartenbauliche Produktionssysteme,  
Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover,  
Herrenhäuser Str. 2,  
30419 Hannover.  
Email: [hardeweg@zbg.uni-hannover.de](mailto:hardeweg@zbg.uni-hannover.de)