

Francksen, Tammo; Latacz-Lohmann, Uwe

Article

Evaluierung von Agrarumweltprogrammen auf Grundlage der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe

Agrarwirtschaft: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik

Provided in Cooperation with:

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA)

Suggested Citation: Francksen, Tammo; Latacz-Lohmann, Uwe (2008) : Evaluierung von Agrarumweltprogrammen auf Grundlage der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe, Agrarwirtschaft: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik, ISSN 0002-1121, Deutscher Fachverlag, Frankfurt a. M., Vol. 57, Iss. 3/4, pp. 220-231, <https://doi.org/10.52825/gjae.v57i3-4.1709>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/304731>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Evaluierung von Agrarumweltprogrammen auf Grundlage der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe

Evaluation of agri-environmental schemes based upon a measure of environmental efficiency of farms

Tammo Francksen

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Uwe Latacz-Lohmann

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und University of Western Australia, Perth

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein auf der Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe basierender Ansatz zur empirischen Evaluierung von Agrarumweltprogrammen vorgestellt. Dazu wird zunächst ein nicht parametrischer Modellansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe entwickelt. Darauf basierend werden sodann Kriterien für die Bewertung des Erfolges von Agrarumweltprogrammen formuliert. Um seine Anwendbarkeit und Aussagekraft zu demonstrieren, wird der entwickelte Evaluierungsansatz exemplarisch zur Bewertung eines fiktiven Agrarumweltprogramms eingesetzt. Die Grundlage für die empirische Analyse bildet ein von den Autoren generierter Datensatz, welcher verschiedene Umweltindikatoren und betriebswirtschaftliche Kennziffern für einhundert fiktive landwirtschaftliche Betriebe enthält. Es zeigt sich, dass die Anwendung des Evaluierungsrahmens Ergebnisse generiert, die eine umfassende Bewertung des untersuchten Programms ermöglichen und gezielte Hinweise für Verbesserungsmöglichkeiten liefern.

Schlüsselwörter

Umwelteffizienz; Evaluierung; Agrarumweltpolitik; Erfolgsmessung

Abstract

This paper sets out to develop an economic framework for ex post evaluations of agri-environmental schemes. We begin by developing a non-parametric model for estimating farm-level environmental efficiency scores. We then use this efficiency framework to devise a set of economic criteria for evaluating agri-environmental schemes. One key criterion is whether an environmental scheme has given rise to an increase in environmental efficiency scores across participating farms, relative to a counterfactual group of non participants. We finally demonstrate the potential usefulness of the framework by applying it to a fictitious multiple-objective conservation programme. The dataset is made up of 100 fictitious farms, half of which participate in the environmental programme. Each farm is characterised by a set of financial and environmental performance indicators. The results of this mock evaluation show that the proposed evaluation framework generates useful insights into the performance of the scheme and permits identification of potential improvements.

Key words

environmental efficiency; evaluation; agri-environmental policy; performance measurement

1. Einleitung

Der „Gesundheitscheck“ der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) zielt darauf ab, die Effektivität, Effizienz und Rele-

vanz agrarpolitischer Maßnahmen zu bewerten und Anhaltspunkte für die Verbesserung der Funktionsweise von Politikmaßnahmen zu liefern. Dies betrifft neben der Betriebsprämienregelung und den traditionellen Instrumenten der Marktstützung auch die ländliche Entwicklungspolitik einschließlich der Agrarumweltpolitik: Wie können die u.a. durch den Klimawandel verursachten neuen Herausforderungen an die Landwirtschaft gemeistert und bestehende Umweltprobleme, wie etwa der Rückgang der Artenvielfalt, gelöst werden (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2007)? Die zukünftige GAP wird in zunehmendem Maße gefordert sein, durch den Einsatz wirksamer Instrumente die durch die Landwirtschaft verursachten Umweltbelastungen zu reduzieren sowie die von der Gesellschaft erwartete Erzeugung von Umweltgütern zu forcieren.

Der „Gesundheitscheck“ gibt neue Impulse für die Weiterentwicklung des methodischen Instrumentariums zur Evaluierung von Agrarumweltprogrammen. Eine ex-post-Erfolgsmessung ist wichtig zur Rechtfertigung des Einsatzes öffentlicher Mittel, zur laufenden Verbesserung der Programmimplementierung sowie zur besseren Dokumentation und Kommunizierbarkeit der erzielten Umweltleistungen. Die EU-Kommission weist in ihrem Strategiepapier zur ländlichen Entwicklungspolitik explizit auf die zunehmende Bedeutung von Politikevaluierungen hin (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006a).

Dem vorliegenden Beitrag liegt die Zielsetzung zugrunde, einen quantitativ-empirischen Ansatz für eine umfassende Evaluierung von Agrarumweltprogrammen zu entwickeln und dessen Anwendbarkeit exemplarisch aufzuzeigen. Dabei beschränken wir uns auf den Vertragsumweltschutz.

Die Entwicklung quantitativ-empirischer Ansätze zur ökonomischen Evaluierung von Agrarumweltprogrammen ist ein Forschungsbereich, der bislang wenig fortgeschritten ist. Viele Evaluierungsstudien beschränken sich bislang auf eine qualitative Abschätzung der Erreichung der formulierten Programmziele. So weisen u.a. TYTECA (1996), HANLEY et al. (1999), ROOSEN und ORDONEZ (2003) sowie DREESMAN (2006) auf die Notwendigkeit der Entwicklung geeigneter Indikatoren hin, mit denen die Wirksamkeit und damit der Erfolg umweltpolitischer Maßnahmen auch aus ökonomischer Sicht bewertet werden kann.

Den umweltpolitischen Zielen grundsätzlich zweckdienlich ist ein Agrarumweltprogramm dann zu bezeichnen, wenn es zu einer Verbesserung der Umweltqualität im Sinne der formulierten Umweltziele führt. Für die Bewertung des

Erfolges von Agrarumweltprogrammen ist jedoch entscheidend, inwieweit dabei das maximal mögliche Verbesserungspotenzial ausgeschöpft wird. Geeignete Methoden zur Quantifizierung des Potenzials von Unternehmen, die Erzeugung bestimmter Umweltgüter zu steigern oder den Ausstoß definierter Umweltschadstoffe zu reduzieren, sehen FÄRE et al. (1996) in der Klasse der nicht parametrischen Modelle der Effizienzanalyse, insbesondere in der Data Envelopment Analysis (DEA). Nach Ansicht von FÄRE et al. sprechen folgende Argumente für den bevorzugten Einsatz nicht parametrischer Ansätze der Effizienzanalyse zur Messung der Umweltleistung von Unternehmen:

1. Sie ermöglichen eine geeignete und nachvollziehbare **Standardisierung** der individuellen Fähigkeit, bestimmte Umweltleistungen zu erbringen, indem den Unternehmen ihrer relativen Leistungsfähigkeit nach Werte zwischen Null (schlechteste Leistung) und Eins (beste Leistung) zugeordnet werden.
2. Die **Flexibilität** nicht-parametrischer Ansätze ermöglicht es wichtige Aspekte, die das Verbesserungspotenzial beeinflussen können (z.B. Technologieeigenschaften, betriebsindividuelle Verhältnisse), relativ einfach in der Modellformulierung zu berücksichtigen.
3. Die **Robustheit** der (nicht) linearen Programmierungsmethoden, die angewendet werden, um die erbrachte Umweltleistung zu quantifizieren.
4. Die endogene Lösung des **Aggregationsproblems** bei mehrdimensionalen Umweltleistungen: Sind mehrere u.U. in unterschiedlichen Skaleneinheiten gemessene Umweltleistungen in eine die Gesamtleistung kennzeichnende Größe zusammenzuführen, so bieten die nicht parametrischen Modelle der Effizienzanalyse den Vorteil, dass die erforderlichen Aggregationsgewichte endogen, d.h. als Ergebnis des Optimierungsproblems, ermittelt werden. Dadurch kann auf subjektive und somit angreifbare Gewichtungen verzichtet werden.
5. Das **Benchmarking** ineffizienter Unternehmen, d.h. der explizite Vergleich eines jeden Unternehmens mit vergleichbaren „best practice“ Unternehmen als Orientierungsmarken für künftige Verbesserungen.

Mit dem Beitrag von FÄRE et al. (1989) fand erstmals ein nicht parametrischer Ansatz der Effizienzanalyse Einzug in die Umweltökonomie. So liefern FÄRE et al. (1989) eine auf dem Konzept der *hyperbolischen Distanzfunktion*¹ (HDF) basierende Erweiterung der DEA² für „multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable“ (FÄRE et al., 1989: 90). Anwendungen und Erweiterungen dieses Ansatzes zur Messung der Fähigkeit eines Produzenten, bei konstantem Einsatz von Produktionsfaktoren nicht nur die erzeugte Menge aller erwünschten Outputs zu steigern, sondern gleichzeitig auch die ausgestoßene Menge unerwünschter Outputs zu reduzieren, finden sich u.a. bei BALL et al. (1994), PIOT-LEPETIT et al. (2001) sowie DREESMAN (2006).

Einen dem Vorgehen von FÄRE et al. (1989) ähnlichen Ansatz zur Bewertung der Umweltleistung von Unternehmen, die neben erwünschten auch eine Vielzahl unerwünschter Outputs (Umweltverschmutzung) erzeugen, schlagen

CHUNG et al. (1997) mit der um das Konzept der *Directional Distance Function* (DDF) modifizierten DEA vor. Erweiterungen dieses Ansatzes finden u.a. bei PIOT-LEPETIT et al. (2001) und DREESMAN (2006) empirische Anwendung.

Sowohl die HDF als auch die DDF sind jedoch im Hinblick auf die Quantifizierung des technisch realisierbaren Potenzials von Unternehmen, die Erzeugung erwünschter Outputs zu steigern sowie die dabei verursachte Umweltverschmutzung zu reduzieren, kritisch zu bewerten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass beide Konzepte entweder eine lineare (DDF) oder eine nicht lineare (HDF) Abhängigkeit zwischen den erzeugten Mengen erwünschter und unerwünschter Outputs unterstellen. So wird vorausgesetzt, dass ex ante bekannt ist, um wie viel sich die Menge erwünschter Outputs jeweils steigern ließe, wenn die im Produktionsprozess erzeugte Menge an Umweltschadstoffen sukzessive reduziert wird. Liegen jedoch keine hinreichenden technologischen Gründe zur Rechtfertigung der von der DDF bzw. der HDF unterstellten Abhängigkeit zwischen Schadstoffreduzierung und Outputsteigerung vor, so werden mit den jeweils identifizierten Potenzialen zur Steigerung der Umweltleistung i.d.R. nicht die maximal realisierbaren Verbesserungspotenziale wiedergegeben. Daraus ist zu folgern, dass nicht parametrische Ansätze der Effizienzanalyse, die auf den Konzepten der DDF oder der HDF beruhen, für die Bewertung der Umweltleistung wirtschaftender Einheiten und somit auch für die empirische Evaluierung von Umweltprogrammen nur bedingt geeignet sind.

So setzt die im vorliegenden Beitrag angestrebte Bereitstellung eines geeigneten Ansatzes zur empirischen Evaluierung von Agrarumweltprogrammen zunächst die Entwicklung eines geeigneten Konzeptes zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe voraus. Umwelteffizienz ist dabei Ausdruck für die Fähigkeit eines Betriebsleiters, Produktionsprozesse so zu organisieren, dass die Erzeugung landwirtschaftlicher Güter und Dienstleistungen nicht nur mit der dabei maximal möglichen Bereitstellung von Umweltgütern einhergeht, sondern gleichzeitig auch die aus produktionstechnischer Sicht vermeidbare Umweltbelastung minimiert wird. Ein Agrarumweltprogramm soll letztendlich empirisch danach beurteilt werden können, ob und in welchem Ausmaß dessen Implementierung im Zeitablauf zur Erhöhung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe geführt hat. Dabei sollte die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen weder das (Netto-) Einkommen der Betriebsleiter noch die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe negativ beeinflussen.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es zunächst, einen geeigneten Ansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe zu entwickeln. Aufbauend auf der Umwelteffizienzanalyse sollen sodann Kriterien zur Bewertung des Erfolges von Agrarumweltprogrammen entwickelt werden. Dabei müssen die Umwelteffizienzanalyse und die darauf basierende Evaluierung von Agrarumweltprogrammen spezifische Anforderungen erfüllen, denen nach Ansicht der Autoren dieses Beitrages keiner der bisher in der Literatur veröffentlichten Ansätze in allen Punkten gerecht wird. So muss:

1. auf einzelbetrieblicher Ebene messbar sein, ob die Teilnahme an einem Agrarumweltprogramm im Zeitablauf zu einer Steigerung der Umwelteffizienz führt;

¹ FÄRE et al. (1985)

² siehe CHARNES et al. (1978) sowie BANKER et al. (1984)

2. die eingesetzte Analysemethode geeignet sein, auch solche Umweltprogramme zu bewerten, denen mehrere Umweltziele zugrunde liegen;
3. die Umwelteffizienzanalyse ohne ex ante Technologieannahmen darüber auskommen, ob und inwiefern eine Reduzierung der Umweltbelastung mit einer simultanen Steigerung der Produktion erwünschter Umweltoutputs einhergeht;
4. sichergestellt sein, dass Betriebe auch jeweils nur solchen „best practice“ Betrieben gegenübergestellt werden, die hinsichtlich ihrer Ressourcenausstattung vergleichbar sind sowie ähnliche Produktionsstrukturen und Betriebscharakteristiken aufweisen;
5. bei Programmen mit ergebnisabhängiger Honorierung der Umweltleistungen jedem Teilnehmer freigestellt sein, welche der Einzelziele des Programms er mit welcher Intensität verfolgt und über die Erbringung welcher Umweltleistung er damit eine Steigerung der Umwelteffizienz betrieblicher Produktionsprozesse anstrebt. So muss berücksichtigt werden, dass jeder rational handelnde Betriebsleiter verstärkt diejenigen Einzelziele verfolgt, die sich mit der Produktionsstruktur seines Betriebes am ehesten vereinbaren lassen und den höchsten Beitrag zur Steigerung der betrieblichen Umwelteffizienz leisten. Letzteres beinhaltet das Bestreben des Betriebsleiters vermehrt diejenigen Umweltleistungen zu erbringen, für die der betrachtete Betrieb bei der gegebenen Ressourcenausstattung und der verwendeten Produktionstechnologie verhältnismäßig hohe Verbesserungspotenziale aufweist.

Der weitere Beitrag ist wie folgt gegliedert: Im zweiten Abschnitt wird aufbauend auf dem Konzept des sogenannten nicht-orientierten Russell-Maßes ein nicht parametrischer Ansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe entwickelt. Dabei wird ausgehend von der Erläuterung der theoretischen und methodischen Grundlagen des Basismodells ein modifizierter Ansatz vorgestellt, der den spezifischen Anforderungen an ein Modell zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe gerecht wird. Im dritten Abschnitt werden sodann auf den Ergebnissen der Umwelteffizienzanalyse basierende Kriterien zur Evaluierung von Agrarumweltprogrammen formuliert. Um seine Anwendbarkeit und Aussagekraft zu demonstrieren, wird der entwickelte Evaluierungsansatz im vierten Abschnitt exemplarisch zur Bewertung eines hypothetischen Agrarumweltprogramms eingesetzt. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung.

2. Theoretische und methodische Grundlagen

2.1 Das Basismodell

Der im weiteren Verlauf dieses Beitrages vorzustellende Ansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe basiert auf dem aus der Effizienzanalyse stammenden Konzept des nicht-orientierten Russell-Maßes (Russell Measure, RM). Dieses auf Arbeiten von FÄRE und LOVELL (1978) sowie FÄRE et al. (1985) zurückgehende Effizienzmaß liefert Informationen darüber, in welchem Umfang wertschöpfende Einheiten die Erzeugung erwünschter Outputs steigern sowie den Einsatz von Produk-

tionsfaktoren reduzieren müssen, damit die Wertschöpfungsprozesse in technisch effizienter Weise organisiert und damit die bei der jeweils gegebenen Produktionstechnologie maximal möglichen Ressourceneinspar- und Outputsteigerungspotenziale mobilisiert werden. Im Gegensatz zu den Konzepten der DDF und HDF bedarf das RM keiner a priori Technologieannahme bezüglich der funktionalen Beziehung zwischen Outputsteigerung und Ressourceneinsparung.

Wird dabei das für jeden Input x_i ($i=1, \dots, I$) und jeden Output y_j ($j=1, \dots, J$) erzielbare relative Verbesserungspotenzial mit θ_i bzw. ϕ_j bezeichnet, so lässt sich das auf der Kombination des arithmetischen Mittels aller möglichen Inputreduktionen mit dem harmonischen Mittel der gleichzeitig realisierbaren Outputsteigerungen basierende Russell-Maß für ein betrachtetes Input-Outputbündel (X, Y)

mit $X = (x_1, x_2, \dots, x_I)'$ und $Y = (y_1, y_2, \dots, y_J)'$ als Wert der folgenden Funktion definieren (vgl. FÄRE et al., 1985: 153ff.; COOPER et al., 1999: 6; SCHEEL, 2000: 104):

$$(1) \quad R(X, Y) = \min \left\{ \frac{\sum_{i=1}^I \theta_i + \sum_{j=1}^J \phi_j^{-1}}{I + J} \geq 0 : \begin{array}{l} (\theta, \phi) \geq 0; (\theta \times X; \phi \times Y) \in T \end{array} \right\},$$

wobei das Symbol $\times$ für das komponentenweise Produkt zweier Vektoren, hier $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_I)'$ und X bzw. $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_J)'$ und Y , steht. T bezeichnet die Technologiemenge, d.h. die Menge aller technisch realisierbaren Input-Outputkombinationen.

Liegt technische Effizienz einer wertschöpfenden Einheit vor und ist damit weder in einer der betrachteten Inputdimensionen noch in einer der Outputdimensionen Verbesserungspotenzial zu identifizieren, so nehmen die Skalenfaktoren θ_i und ϕ_j für alle $i=1, \dots, I$ und alle $j=1, \dots, J$ jeweils den Wert Eins an. Folglich wird für die betrachtete Einheit das Russell-Maß $R(X, Y) = 1$ ermittelt. Hingegen gilt für technisch ineffizient wirtschaftende Einheiten: $0 < R(X, Y) < 1$.

Der Grad der technischen Effizienz als Ausdruck der relativen Leistungsfähigkeit der wertschöpfenden Einheit lässt sich nun mit Hilfe des Russell-Maßes durch Lösung des im Folgenden dargestellten Optimierungsproblems ermitteln (siehe FÄRE et al., 1985: 162):

$$\text{Min } R = \frac{\sum_{i=1}^I \theta_i + \sum_{j=1}^J \phi_j^{-1}}{I + J}$$

unter der Nebenbedingung:

$$(2) \quad \begin{array}{l} \sum_{n=1}^N \lambda_n x_{i,n} - \theta_i x_i^0 \leq 0 \quad (i=1, \dots, I) \\ \sum_{n=1}^N \lambda_n y_{j,n} - \phi_j y_j^0 \geq 0 \quad (j=1, \dots, J) \end{array}$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \lambda_n &= 1 \\ 0 \leq \theta_i \leq 1; \quad 1 \leq \phi_j; & \quad (\forall i, j) \\ 0 \leq \lambda_n & \quad (n=1, \dots, N) \end{aligned}$$

Zielfunktion dieses Optimierungsproblems ist es, den Wert des Russell-Maßes für eine betrachtete Vergleichseinheit (VE^0) zu minimieren und somit im Umkehrschluss die maximalen Skalenniveaus θ_i und ϕ_j zu bestimmen, um die die betrachtete Einheit den Inputeinsatz x_i^0 reduzieren sowie die Menge erzeugter Outputs y_j^0 steigern muss, um effizient zu produzieren. Weitere Parameter des zu lösenden Optimierungsproblems sind die Skalenniveaufaktoren λ_n , anhand derer diejenigen (effizienten) Beobachtungen aus der Vergleichsmenge zu analysierender Einheiten n ($n=1, \dots, N$) identifiziert werden, die für die betrachtete wertschöpfende Einheit als Benchmarks dienen. Die Vergleichsmenge ist dabei definiert als die Menge aller empirisch beobachteten wertschöpfenden Einheiten, die sich einer bestimmten Produktionstechnologie bedienen.

Werden variable Skalenerträge in der Produktion beobachtet, d.h. führt eine proportionale Änderung des Einsatzes aller Produktionsfaktoren zu einer proportionalen, über- oder unterproportionalen Veränderung des Outputniveaus, so ist die optimale Lösung des nicht-linearen Programmierungsproblems (2) entsprechend der dritten Nebenbedingung der Modellformulierung nur dann gegeben, wenn die Summe der Skalenniveaufaktoren λ_n gleich Eins ist. Diese Nebenbedingung wird auch als „Konvexitätsbedingung“ bezeichnet, da sie konvexe Linearkombinationen von Input-Outputtransformationen als Bestandteil der Technologie-menge T zulässt. Ist daher $(X_n, Y_n) \in T$ mit $n=1, \dots, N$, so gilt für $\lambda_n \geq 0$ und $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$, dass auch $\sum_{n=1}^N \lambda_n (X_n, Y_n) \in T$.

Liefert die Lösung des oben aufgestellten nicht-linearen Programmierungsproblems die optimalen Skalenniveaus (θ^*, ϕ^*) , so gilt für die unter Verwendung des Russell-Maßes ermittelte technische Effizienz TE^{RM} der betrachteten Vergleichseinheit VE^0 :

$$(3) \quad TE^{RM} = \frac{\sum_{i=1}^I \theta_i^* + \sum_{j=1}^J \phi_j^{*-1}}{I + J}$$

Demzufolge wird für technisch effizient wirtschaftende Vergleichseinheiten ein Effizienzwert von Eins bzw. 100 % bestimmt. Ineffizient wirtschaftende Einheiten hingegen weisen Effizienzwerte im Wertebereich zwischen Null und Eins bzw. 100 % auf.

Da es sich bei dem unter Anwendung des Russell-Maßes bestimmten Effizienzwert lediglich um einen Durchschnittswert handelt, gibt dieser nur wieder, wie hoch das Verbesserungspotenzial einer wertschöpfenden Einheit im Durchschnitt über alle Input- und Outputdimensionen hinweg ausfällt. Die in den einzelnen Input- und Outputdimensionen tatsächlich realisierbaren Ressourceneinspar- und

Outputsteigerungspotenziale hingegen werden allein durch die optimalen Skalenniveaus (θ^*, ϕ^*) wiedergegeben. Der ermittelte Effizienzwert TE^{RM} sollte daher lediglich für die Einschätzung der relativen Leistungsfähigkeit von Vergleichseinheiten herhalten und nicht zur Bestimmung der effizienten Input- und Outputmengen verwendet werden.

2.2 Modifiziertes Modell zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe

Im Folgenden wird nun ein auf dem Konzept des nicht-orientierten Russell-Maß basierender Ansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe vorgestellt. So soll der Grad der Umwelteffizienz eines Betriebes durch Lösung des folgenden Optimierungsproblems ermittelt werden:

$$(4) \quad \text{Min } R = \frac{\sum_{j=1}^J \phi_j^{-1} + \sum_{j=J+1}^K \phi_j}{K}$$

unter der Nebenbedingung:

- (a) $\sum_{n=1}^N \lambda_n \tilde{y}_{j,n} - \phi_j \tilde{y}_j^0 \geq 0 \quad (j=1, \dots, J)$
- (b) $\sum_{n=1}^N \lambda_n \hat{y}_{j,n} - \phi_j \hat{y}_j^0 \leq 0 \quad (j=J+1, \dots, K)$
- (c) $\sum_{n=1}^N \lambda_n y_{j,n} \geq y_j^0 \quad (j=K+1, \dots, L)$
- (d) $\sum_{n=1}^N \lambda_n x_{i,n} \leq x_i^0 \quad (i=1, \dots, I)$
- (e) $\sum_{n=1}^N \lambda_n z_{m,n} - \varphi_m z_m^0 = z_m^0 \quad (m=1, \dots, M)$
- (f) $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$
- (g) $1 \leq \phi_j \quad (j=1, \dots, J)$
- (h) $0 \leq \phi_j \leq 1 \quad (j=J+1, \dots, K)$
- (i) $0 \leq \lambda_n \quad (n=1, \dots, N)$
- (j) $-0,05 \leq \varphi_m \leq +0,05 \quad (m=1, \dots, M)$

Zielfunktion dieses Optimierungsproblems ist es, den Wert des Russell-Maßes für den jeweils analysierten landwirtschaftlichen Betrieb (VE^0) zu minimieren und somit im Umkehrschluss die maximalen Skalenniveaus ϕ_j zu bestimmen, um die die Erzeugung erwünschter Umweltoutputs $\tilde{y}_j$ gesteigert sowie der Ausstoß unerwünschter Umweltoutputs $\hat{y}_j$ reduziert werden muss, um umwelteffizient zu produzieren. Die Einhaltung bestimmter, im Folgenden noch detailliert zu erläuternder Nebenbedingungen in (4) gewährleistet, dass das für landwirtschaftliche Betriebe identifizierte Potenzial zur Bereitstellung zusätzlicher Umweltgüter sowie zur Verminderung verursachter Umweltbelastungen bei den jeweils gegebenen Ressourcenausstattungen und den jeweiligen Produktions- und Betriebsstrukturen auch tatsächlich realisierbar ist. So bezeichnet

der Term $\sum_{n=1}^N \lambda_n \tilde{y}_{j,n}$ in der Nebenbedingungen (a) die für den betrachteten Betrieb unter produktionstechnischen Gesichtspunkten maximal realisierbare Bereitstellung des erwünschten Umweltoutputs $\tilde{y}_j$ ($j = 1, \dots, J$). Diese ergibt sich aus einer Kombination der Umweltoutputs der umwelteffizient wirtschaftenden Betriebe, welche für den analysierten landwirtschaftlichen Betrieb (VE^0) als Benchmarks dienen. Letztere werden mithilfe der Skalenniveaufaktoren λ_n aus der Vergleichsmenge aller Betriebe n ($n = 1, \dots, N$) ermittelt. Die betriebsindividuelle Einschätzung des maximal Realisierbaren orientiert sich somit stets an dem empirisch Beobachtbaren. Strebt der analysierte Betrieb die umwelteffiziente Organisation der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse an, so ist die Erzeugung des Umweltgutes $\tilde{y}_j$ auf ein Niveau von $\phi_j \tilde{y}_j^0$ zu steigern. Diese als das Produkt des optimierten Skalenfaktors ϕ_j ($\phi_j \geq 1$) und der beobachteten Menge erzeugter Umweltoutputs $\tilde{y}_j^0$ ($j = 1, \dots, J$) definierte Umweltleistung kann dabei annahmegemäß nie höher ausfallen als die durch die Benchmarkbetriebe vorgegebene Menge desselben Umweltoutputs.

Nebenbedingung (b) des formulierten Optimierungsproblems (4) ist in gleicher Weise zu interpretieren wie Nebenbedingung (a), nur dass es hierbei um die Betrachtung von unerwünschten Umweltoutputs $\hat{y}_j$ ($j = J+1, \dots, K$) geht.

So ist es für einen betrachteten landwirtschaftlichen Betrieb aus produktionstechnischen Gründen unmöglich, die Ausstoßmenge unerwünschter Umweltoutputs $\hat{y}_j$ unter das Niveau von $\phi_j \hat{y}_j^0$ ($0 \leq \phi_j \leq 1$) zu reduzieren. Die reduzierbare Umweltbelastung wird dabei wiederum durch die identifizierten Benchmarkbetriebe bzw. durch die in diesen Betrieben im Zuge der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse ausgestoßenen Mengen unerwünschter Umweltoutputs $\sum_{n=1}^N \lambda_n \hat{y}_{j,n}$ vorgegeben.

Durch die Nebenbedingung (c) und (d) des Optimierungsproblems wird sichergestellt, dass die Steigerung der Umwelteffizienz eines landwirtschaftlichen Betriebes weder den zusätzlichen Einsatz von Produktionsfaktoren x_i ($i = 1, \dots, I$) noch die Verminderung der erzeugten Mengen von „Commodity-Outputs“ y_j ($j = K+1, \dots, L$) voraussetzt. So wird gewährleistet, dass dem betrachteten landwirtschaftlichen Betrieb allein die Potenziale zur Steigerung der Umwelteffizienz aufgezeigt werden, die keinerlei Änderungen des bestehenden Produktions- und Faktoreinsatzniveaus zu Ungunsten des betrachteten Betriebes bedingen. Dementsprechend wird die Umwelteffizienz eines jeden Betriebes auch nur in Relation zu solchen (Benchmark-)Betrieben gemessen, die mindestens die gleiche Menge an Commodity-Outputs erzeugen und dabei höchstens soviel Inputs einsetzen wie der betrachtete Betrieb. Keiner der umwelteffizient wirtschaftenden Betriebe stellt sich somit durch das Anstreben der aus den Benchmarkbetrieben abgeleiteten Zielvorgaben zur Steigerung der Umwelteffizienz finanziell schlechter.

Nebenbedingung (e) stellt sicher, dass ein zu analysierender landwirtschaftlicher Betrieb nur solchen Benchmarkbetrie-

ben gegenübergestellt wird, die hinsichtlich bestimmter Betriebscharakteristiken z_m ($m = 1, \dots, M$) vergleichbar sind. Nimmt ein Betrieb bspw. an einem Agrarumweltprogramm zur Reduzierung der Umweltbelastung durch NH_3 -Emissionen und Nitratauswaschung teil, so ist bei der Quantifizierung der aus produktionstechnischer Sicht realisierbaren Verminderung dieser Umweltbelastungen zu gewährleisten, dass das technisch Machbare auch nur durch solche Benchmarkbetriebe vorgegeben wird, die einen vergleichbaren Nutztierbestand aufweisen und über eine annähernd gleiche Flächenausstattung (Grünlandanteil bzw. Anteil AF) verfügen. In der Regel ist eine Vielzahl von Betriebscharakteristiken ausschlaggebend dafür, welche Umweltleistungen aus produktionstechnischer Sicht erzielt werden können. Da es in der Praxis jedoch nahezu unmöglich ist aus einer begrenzten Menge empirisch beobachteter Betriebe für jeden zu analysierenden Betrieb (VE^0) Benchmarkbetriebe zu identifizieren, die exakt die gleichen Charakteristiken aufweisen, wird für die Ausprägung einer jeden Merkmalsvariablen z_m ein gewisser Toleranzbereich ($\varphi_m z_m^0$) für Abweichungen akzeptiert. So wird durch

Nebenbedingung (j) unterstellt, dass nur solche Betriebe als Benchmarks geeignet sind, die in ihren Merkmalsausprägungen um nicht mehr als 5 % vom Beobachtungswert z_m^0 des zu analysierenden Betriebes abweichen. Wird bspw. das natürliche Ertragspotenzial des Bodens mithilfe der Ertragsmesszahl (EMZ) abgebildet und wirtschaftet ein zu analysierender Betrieb auf Flächen mit einer durchschnittlichen EMZ von 3 200 Punkten, so sind als Benchmarks für diesen Betrieb auch nur solche Betriebe geeignet, deren EMZ Werte zwischen 3 040 und 3 360 Punkte annimmt.

Zusammenfassend seien im Folgenden noch einmal die wesentlichen Informationen genannt, welche sich aus der Anwendung des vorgestellten Ansatzes zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe ergeben:

1. Wird das formulierte Optimierungsproblem (4) für jeden Betrieb n ($n = 1, \dots, N$) des Datensatzes gelöst und werden damit die optimalen Skalenniveaus (θ^*, ϕ^*) betriebsindividuell bestimmt, so gilt für die Umwelteffizienz UE eines jeden analysierten Betriebes:

$$(5) \quad UE_n = \frac{\sum_{j=1}^J \phi_{j,n}^{-1} + \sum_{j=J+1}^K \phi_{j,n}}{K}$$

Können keinerlei Verbesserungspotenziale bei der Erzeugung von Umweltgütern sowie bei der Verminderung von Umweltbelastungen identifiziert werden, so wird dem analysierten Betrieb ein Effizienzwert von 1 bzw. 100 % zugewiesen. Entsprechend des Ausmaßes möglicher Verbesserungspotenziale weisen umwelteffizient wirtschaftende Betriebe hingegen niedrigere Effizienzwerte bzw. höhere Ineffizienzwerte ($1 - UE_n$) auf. Anhand der betriebsindividuell ermittelten UE -Werte können schließlich alle Betriebe des Datensatzes ihrer Fähigkeit nach geordnet werden, die bei den jeweils gegebenen Produktions- und Betriebsstrukturen sowie Ressourcenausstattungen unter produktionstechnischen Gesichtspunkten maximale Umweltleistung zu erbringen.

2. Neben der Betrachtung der gesamtbetrieblichen Umwelteffizienz erlaubt der vorgeschlagene Ansatz auf einzelbetrieblicher Ebene auch eine **partielle** Betrachtung der in der Analyse berücksichtigten erwünschten und unerwünschten Umweltoutputs. So kann bspw. für einen Betrieb, der dem UE -Wert nach gesamtbetrieblich als umwelteffizient zu bezeichnen ist, dennoch partielle Umwelteffizienz im Hinblick auf die Erbringung einer oder mehrerer bestimmter Umweltleistungen nachgewiesen werden. Als Beispiel hierfür diene ein Betrieb, für den im Hinblick auf die Nitratauswaschung zwar Verbesserungspotential festgestellt wird, der aber hinsichtlich des Ausstoßes von NH_3 -Emissionen vorbildlich ist. Dieser Betrieb ist gesamtbetrieblich somit zwar umwelteffizient, im Bezug auf die Umweltbelastung durch NH_3 -Emissionen jedoch (partiell) effizient.
3. Eine weitere Information, die sich aus der Anwendung des vorgestellten Messkonzeptes ziehen lässt und die insbesondere für die praktische Beratung ineffizient wirtschaftender Betriebe interessant sein dürfte, ist die betriebsindividuelle Identifizierung real existierender Benchmarkbetriebe. So ist zu vermuten, dass Empfehlungen zur umwelteffizienten Organisation landwirtschaftlicher Produktionsprozesse, welche direkt aus den Betriebsorganisationen real existierender Benchmarkbetriebe abgeleitet werden, in der praktischen Beratung im Allgemeinen eine höhere Akzeptanz erfahren.
4. Für jeden umwelteffizient wirtschaftenden Betrieb kann betriebsindividuell bestimmt werden, welche Menge an Umweltgütern im Optimalfall bereitgestellt werden kann und auf welches Niveau die Umweltbelastungen bei gegebenem Stand der Technik bestenfalls abgesenkt werden können. Von Interesse dürfte diese Information insbesondere bei der Vergabe von Umweltfördermitteln sein, die nur solchen Betrieben zugänglich gemacht werden sollen, die bei gegebenen Produktions- und Betriebsstrukturen ein tendenziell hohes Potenzial für Umweltverbesserungen aufweisen.

3. Entwicklung von Kriterien zur Evaluierung von Agrarumweltprogrammen

Basierend auf den Ergebnissen des vorgestellten Ansatzes zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe werden im Folgenden Kriterien zur Evaluierung von Agrarumweltprogrammen formuliert. Diese orientieren sich zum Teil an dem breiter gefassten Kriterienrahmen des „Handbook on Common Monitoring and Evaluation Framework“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006b), der eine Bewertung von Förderprogrammen für die Entwicklung des ländlichen Raums ermöglichen soll. Der hier gewählte effizienzanalytische Ansatz ermöglicht es jedoch, darüber hinausgehende Evaluierungskriterien zu definieren, die bisher noch nicht zum Repertoire der Erfolgsmessung von Umweltprogrammen gehören.

Um generell Aussagen über den Erfolg bzw. die Zweckdienlichkeit eines bestimmten Agrarumweltprogramms treffen zu können, muss festgestellt werden, ob und in welchem Maße die Programmteilnahme zu einer Steigerung der einzelbetrieblichen Umwelteffizienzen geführt hat und ob teilnehmende Betriebe im Zeitablauf signifikant höhere Zuwachsraten der Umwelteffizienzwerte aufweisen als nicht

teilnehmende Vergleichsbetriebe. So setzt die Evaluierung eines Agrarumweltprogramms auf Basis der Umwelteffizienzanalyse grundsätzlich einen kombinierten horizontalen und vertikalen Betriebsvergleich voraus.

Um die Entwicklung der einzelbetrieblichen Umwelteffizienzen im Zeitablauf abbilden zu können, sind die zur Durchführung von Umwelteffizienzanalysen notwendigen betriebsindividuellen Daten für beide Gruppen von Betrieben zum Zeitpunkt t_0 , also unmittelbar vor Beginn der Teilnahme oder Nicht-Teilnahme an dem Agrarumweltprogramm, sowie zum Zeitpunkt t_z ($z = 1, \dots, Z$), also nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne, zu erheben.

Für jeden Betrieb n eines Datensatzes, welcher die Programmteilnehmer ($n = 1, \dots, N_1$) und die Nicht-Teilnehmer ($n = N_1 + 1, \dots, N_2$) erfasst, werden sodann die Umwelteffizienzwerte $UE_n^{t_0}$ und $UE_n^{t_z}$ ermittelt.

Auf Grundlage der betriebsindividuellen Umwelteffizienzwerte lassen sich dann folgende Kriterien zur Beurteilung des Erfolgs von Agrarumweltprogrammen formulieren:

- 1a) Das Agrarumweltprogramm ist nur dann als erfolgreich bzw. den angestrebten Umweltzielen zweckdienlich zu bezeichnen, wenn gilt:

$$(6) \quad \left(\sum_{n=1}^{N_1} UE_n^{t_0} \right) / N_1 < \left(\sum_{n=1}^{N_1} UE_n^{t_z} \right) / N_1$$

Ist dieses Kriterium erfüllt, so ist für die Gruppe der teilnehmenden Betriebe die durchschnittliche gesamtbetriebliche Umwelteffizienz zum Zeitpunkt t_z höher als zum Zeitpunkt t_0 . Oder auch anders ausgedrückt:

Die Umwelteffizienz der am Agrarumweltprogramm teilnehmenden Betriebe ist im Durchschnitt aller Betriebe über die Z Zeitperioden hinweg gestiegen.

- 1b) Das Agrarumweltprogramm ist im Hinblick auf das Erreichen eines bestimmten Teilzieles als erfolgreich zu bezeichnen, wenn gilt:

$$(7) \quad \left(\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_0} \right) / N_1 > \left(\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_z} \right) / N_1 \quad \text{für } j \in \{1, \dots, J\};$$

bzw.

$$(8) \quad \left(\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_0} \right) / N_1 < \left(\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_z} \right) / N_1$$

für $j \in \{J+1, \dots, J\}$

Bedingung (7) und (8) betrachten die Veränderung der Effizienz landwirtschaftlicher Betriebe im Hinblick auf die Erbringung einzelner durch das Agrarumweltprogramm angestrebter Umweltleistungen. Es wird erwartet, dass die Programmteilnahme im Zeitablauf zu einer Reduzierung betrieblicher Ineffizienzen führt, die eine technisch realisierbare Erzeugung von Umweltgütern verhindern. Ebenso wird erwartet, dass die Fähigkeit der Programmteilnehmer im Zeitablauf zunimmt, durch landwirtschaftliche Produktionsprozesse verursachte Umweltbelastungen zu reduzieren.

- 2a) Ein Agrarumweltprogramm ist nur dann als erfolgreich bzw. zweckdienlich zu bezeichnen, wenn die im Zeitablauf beobachtete Zunahme der Umwelteffizienzwerte bei den teilnehmenden Betrieben im Durch-

schnitt höher ausfällt als bei den nicht teilnehmenden Betrieben. Demzufolge muss gelten:

$$(9) \frac{\sum_{n=1}^{N_1} UE_n^{t_z}}{\sum_{n=1}^{N_1} UE_n^{t_0}} > \frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} UE_n^{t_z}}{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} UE_n^{t_0}}$$

- 2b) Das Agrarumweltprogramm ist im Hinblick auf das Erreichen eines bestimmten Teilzieles als erfolgreich zu bezeichnen, wenn neben Bedingung (7) bzw. (8) auch gilt:

$$(10) \frac{\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_0}}{\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_z}} > \frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \phi_{j,n}^{t_0}}{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \phi_{j,n}^{t_z}} \quad \text{für } j \in \{1, \dots, J\};$$

bzw.

$$(11) \frac{\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_z}}{\sum_{n=1}^{N_1} \phi_{j,n}^{t_0}} > \frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \phi_{j,n}^{t_z}}{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \phi_{j,n}^{t_0}} \quad \text{für } j \in \{J+1, \dots, K\}.$$

Bedingung (10) fokussiert dabei auf die im Zeitablauf beobachtete Veränderung der zur umwelteffizienten Produktion notwendigen Mehrerzeugung erwünschter Umweltoutputs. Ist nach Z Zeitperioden festzustellen, dass die Effizienz der Programmteilnehmer im Hinblick auf die Erzeugung eines betrachteten Umweltgutes $\hat{y}_j$ ($j \in \{1, \dots, J\}$) im Durchschnitt stärker gestiegen ist als bei den Nicht-Teilnehmern, so ist das Umweltprogramm – bezogen auf die Zielsetzung der Steigerung der erzeugten Menge dieses Umweltgutes – als zweckdienlich zu bezeichnen. In gleicher Weise wird mit Hilfe der Bedingung (11) untersucht, ob für die Gruppe der Programmteilnehmer im Zeitablauf eine stärkere Zunahme der Effizienz im Hinblick auf die Vermeidung bestimmter Umweltbelastungen beobachtet werden kann als für die Vergleichsgruppe nicht teilnehmender Betriebe.

- 3a) Die Teilnahme an einem Agrarumweltprogramm sollte sich nicht negativ auf die Fähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe auswirken, am technischen Fortschritt zu partizipieren. Somit muss gelten:

$$(12) \frac{\sum_{p=N_1+1}^{N_2} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_z} \tilde{y}_{j,n}^{t_z} \right]_p}{\sum_{p=N_1+1}^{N_2} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_0} \tilde{y}_{j,n}^{t_0} \right]_p} \leq \frac{\sum_{p=1}^{N_1} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_z} \tilde{y}_{j,n}^{t_z} \right]_p}{\sum_{p=1}^{N_1} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_0} \tilde{y}_{j,n}^{t_0} \right]_p}$$

für alle $j = 1, \dots, J$

und

$$(13) \frac{\sum_{p=N_1+1}^{N_2} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_z} \hat{y}_{j,n}^{t_z} \right]_p}{\sum_{p=N_1+1}^{N_2} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_0} \hat{y}_{j,n}^{t_0} \right]_p} \geq \frac{\sum_{p=1}^{N_1} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_z} \hat{y}_{j,n}^{t_z} \right]_p}{\sum_{p=1}^{N_1} \left[\sum_{n=1}^{N_2} \lambda_n^{t_0} \hat{y}_{j,n}^{t_0} \right]_p}$$

für alle $j = J+1, \dots, K$

Bedingung (12) fordert, dass die über den Zeitraum von Z Zeitperioden in Relation zum Ausgangsniveau (in t_0) beobachtete Steigerung der unter produktionstechnischen Gesichtspunkten maximal realisierbaren Erzeugung erwünschter Umweltoutputs bei den teilnehmenden Betrieben im Durchschnitt mindestens so hoch ausfällt wie bei den nicht teilnehmenden Betrieben.

Dementsprechend ist Bedingung (13) auch nur dann erfüllt, wenn die aufgrund technischen Fortschritts aus produktionstechnischer Sicht maximal mögliche Reduzierung der Umweltbelastung bei den teilnehmenden Betrieben mindestens so hoch ausfällt wie bei den nicht teilnehmenden Betrieben.

Technischer Fortschritt bezieht sich auch auf die Übernahme von Produktionstechnologien, die eine Zunahme der erzeugten Menge von Commodity-Outputs y_j ($j = K+1, \dots, L$) und / oder eine Reduzierung des notwendigen Einsatzes von Produktionsfaktoren x_i ($i = 1, \dots, I$) mit sich bringen. Die Ergebnisse der Umwelteffizienzanalyse erlauben diesbezüglich keine Aussagen. Daher sind die Auswirkungen der Programmteilnahme auf die Fähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe am produktionstechnischen Fortschritt zu partizipieren anhand der sich im Zeitablauf ändernden Faktorproduktivitäten einzuschätzen. Dabei werden zunehmende Faktorproduktivitäten nicht allein als Resultat einer effizienteren Organisation der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse interpretiert, sondern insbesondere auch als das Ergebnis technischen Fortschritts verstanden. Die beobachtete Zunahme der Faktorproduktivität eines jeden Inputs x_i ($i = 1, \dots, I$) in Bezug auf die Produktion eines jeden Commodity-Outputs y_j ($j = K+1, \dots, L$) sollte daher für die am

Agrarumweltprogramm teilnehmenden Betriebe im Durchschnitt mindestens so hoch ausfallen wie für die nicht teilnehmenden Betriebe. Nur dann ist gewährleistet, dass sich die Teilnahme an dem Umweltprogramm im Durchschnitt der Betriebe nicht Fortschritt hemmend ausgewirkt hat. Es muss somit zusätzlich zu den Bedingungen (12) und (13) hinsichtlich der Änderung der durchschnittlichen Faktorproduktivitäten im Zeitablauf gelten:

$$(14) \frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \frac{y_{j,n}^{t_z}}{x_{i,n}^{t_z}}}{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} \frac{y_{j,n}^{t_0}}{x_{i,n}^{t_0}}} \leq \frac{\sum_{n=1}^{N_1} \frac{y_{j,n}^{t_z}}{x_{i,n}^{t_z}}}{\sum_{n=1}^{N_1} \frac{y_{j,n}^{t_0}}{x_{i,n}^{t_0}}}$$

für alle $j = K+1, \dots, L$ und alle $i = 1, \dots, I$

- 3b) Das Agrarumweltprogramm ist im Hinblick auf das Erreichen eines bestimmten Teilzieles $\tilde{y}_j$ bzw. $\hat{y}_j$ nur dann als erfolgreich zu bezeichnen, wenn unter Einhaltung der Bedingung (14) für $j \in \{1, \dots, J\}$ Bedingung (12) bzw. für $j \in \{J+1, \dots, K\}$ Restriktion (13) erfüllt ist.

- 4a/b) Die Teilnahme an einem Agrarumweltprogramm sollte nicht Struktur konservierend wirken. Dies bedeutet,

dass die teilnehmenden Betriebe demselben Wandel der Betriebsstrukturen unterliegen wie die nicht teilnehmenden Betriebe. Wird bspw. im Zeitablauf für den Durchschnitt der Nicht-Teilnehmer ein Betriebsgrößenwachstum beobachtet, so sollte dieses auch für den Durchschnitt der teilnehmenden Betriebe beobachtet werden können. Demzufolge muss hinsichtlich der Veränderung des Einsatzes von Produktionsfaktoren im Zeitablauf gelten:

$$(15) \quad \frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} x_i^{t_z}}{N_2} \cong \frac{\sum_{n=1}^{N_1} x_i^{t_z}}{N_1} \quad \text{für alle } i = 1, \dots, I.$$

$$\frac{\sum_{n=N_1+1}^{N_2} x_i^{t_0}}{N_2} \cong \frac{\sum_{n=1}^{N_1} x_i^{t_0}}{N_1}$$

4. Empirische Anwendung am Beispiel eines fiktiven Agrarumweltprogramms

Das in Abschnitt 2.2 vorgestellte Modell zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe soll im Folgenden exemplarisch zur Evaluierung eines fiktiven Agrarumweltprogramms angewendet werden. Zielsetzung des Programms sei die Steigerung der Kulturartendiversität im Landbau sowie die Verminderung der Umweltbelastung durch gasförmige NH_3 -Emissionen und Nitratauswaschung. Die empirische Analyse zielt darauf ab, die Anwendbarkeit und den potenziellen Nutzen des Modells in der Evaluierungspraxis aufzuzeigen. Es geht nicht darum, Sachaussagen über die Zweckdienlichkeit des betrachteten Agrarumweltprogramms zu treffen.

Die Grundlage für die empirische Analyse bildet ein von den Autoren generierter Datensatz, in welchem einhundert fiktive landwirtschaftliche Betriebe anhand bestimmter, im Folgenden näher zu erläuternder Merkmalsvariablen miteinander verglichen werden. Zur Schaffung des Datensatzes wurde ein Zufallszahlengenerator genutzt, der jeder Merkmalsvariablen einen betriebsindividuellen Wert innerhalb eines vorgegebenen Wertintervalls zuweist. Die im Datensatz betrachteten betriebspezifischen Merkmalsvariablen werden dabei jeweils für die Zeitpunkte t_0 (unmittelbar vor Beginn bzw. Teilnahme an dem Agrarumweltprogramm) und t_z (nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne, gemessen in Z Wirtschaftsjahren) wiedergegeben. Es wird angenommen, dass 50 Betriebe des Datensatzes an dem Programm teilgenommen haben, während die verbleibenden 50 Betriebe die Vergleichsgruppe der Nicht-Teilnehmer bilden.

Zur Abbildung der einzelbetrieblichen landwirtschaftlichen Produktionsprozesse werden auf der Inputseite die drei klassischen Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital erfasst. Für den Produktionsfaktor Boden fließt als Variable die betriebsindividuell bewirtschaftete Nutzfläche (in Hektar) in die Umwelteffizienzanalyse ein. Der landwirtschaftliche Arbeitseinsatz wird als Vollarbeitskraft gemessen und umfasst die Beschäftigung aller entlohten und nicht entlohten Arbeitskräfte im Betrieb. In der Inputvariablen Kapital sind alle im betrachteten Wirtschaftsjahr anfallenden Aufwendungen für Saat- und Pflanzgut, Dünge- und Bodenverbesserungsmittel, Pflanzenschutz, Futtermittel, Tierarzt und Medikamente, Treib- und Schmierstoffe, landwirtschaftliche Dienstleistungen sowie sonstige Aufwendungen

für die Tier- und Pflanzenproduktion zusammengefasst. Darüber hinaus werden nicht nur die Aufwendungen für den Unterhalt von Maschinen, Geräten, Gebäuden und baulichen Anlagen berücksichtigt, sondern auch der Kapitaleinsatz für die Anschaffung und Nutzung dauerhafter Produktionsmittel anhand der Abschreibungen auf Sachanlagen einkalkuliert.

Auf der Outputseite werden alle Erlöse aus den Verkäufen landwirtschaftlicher Erzeugnisse sowie die gesamte (monetär bewertete) Vorrats- und Bestandsveränderung in einer Outputvariablen zusammengefasst. Für die teilnehmenden Betriebe fließen die im Rahmen der Agrarumweltverträge gewährten Entgelte zusätzlich zu den bereits genannten Größen in die Outputvariable ein. Neben diesen zur Abbildung der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse notwendigen Input- und Outputvariablen werden als weitere nicht-diskretionäre Merkmalsvariablen landwirtschaftlicher Betriebe die Ertragsmesszahl³, der Anteil der Ackerfläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) sowie die Viehdichte je ha LF⁴ in der Analyse berücksichtigt. Die Ertragsmesszahl dient dabei nicht nur zur Abbildung der natürlichen Ertragskraft und damit der Güte der landwirtschaftlich genutzten Fläche, sondern wirkt sich, wie auch der Anteil der Ackerfläche an der LF, wesentlich auf die Fähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe aus, sowohl die Nitratauswaschung zu reduzieren als auch die Kulturartendiversität zu steigern. So ist bei der einzelbetrieblichen Quantifizierung der möglichen Reduzierung der Umweltbelastungen sowie der technisch realisierbaren Steigerung der Erzeugung von Umweltgütern zu gewährleisten, dass das technisch Machbare auch nur durch solche Betriebe vorgegeben wird, die hinsichtlich dieser beiden Merkmalsvariablen „Bodengüte“ und „Ackerflächenanteil“ vergleichbar sind. Gleiches gilt auch für die Merkmalsvariable „Bestandsdichte“, die einen entscheidenden Einfluss auf die Fähigkeit zur Reduzierung von NH_3 -Emissionen hat.

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Variablen fließen als weitere zur Messung der Umwelteffizienz notwendige Größen die für jeden Betrieb gemessene Nitratauswaschung [kg Nitrat / ha LF], NH_3 -Emission [kg NH_3 / ha LF] und Kulturartendiversität [Index] in die Untersuchung ein. Hierbei handelt es sich um Umweltindikatoren, welche die Ziele des Agrarumweltprogramms möglichst treffend reflektieren sollen.

Tabelle 1 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Merkmalsvariablen zu den Zeitpunkten t_0 und t_z für die Gruppe der am Agrarumweltprogramm teilnehmenden Betriebe ($n=50$) sowie in Klammern dahinter für die der nicht teilnehmenden Betriebe ($n=50$) wieder. Die Daten sind so kalibriert worden, dass sich zum Zeitpunkt t_0 eher diejenigen Betriebe zur Programmteilnahme entscheiden, die eine vergleichsweise hohe Kulturartendiversität aufweisen, auf schlechteren Böden mit einem geringeren Ackerflächenanteil und einer geringeren Viehbestandsdichte wirtschaften und bei verhältnismäßig geringem Kapitaleinsatz ein relativ niedriges Niveau an Commodity-Outputs erzielen.

³ Gemessen als durchschnittliche Ertragsmesszahl (EMZ) je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche, [EMZ / ha LF].

⁴ Gemessen in Großvieheinheiten je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche, [GV / ha LF].

Tabelle 1. Deskriptive Statistik der Merkmalsvariablen

	Mittelwert (t0)	Stdabw. (t0)	Mittelwert (tz)	Stdabw. (tz)
Landwirtschaftl. Erzeugung [€]	221.135 (344.035)	160.546 (282.873)	257.412 (383.767)	158.136 (282.332)
Boden [ha LF]	69,1 (70,3)	43,5 (59,3)	74,0 (75,4)	43,5 (60,0)
Arbeit [AK]	1,53 (1,64)	0,82 (0,78)	1,59 (1,68)	0,82 (0,78)
Kapital [€]	53.069 (70.509)	29.160 (58.243)	56.535 (74.926)	31.270 (58.359)
Bodengüte [EMZ / ha]	3.735 (4.115)	468 (874)	3.735 (4.115)	468 (874)
Anteil Ackerfläche [%]	43,87 (48,03)	26,06 (29,75)	44,90 (49,63)	26,51 (29,86)
Bestandsdichte [GV / ha]	1,89 (2,11)	0,95 (0,90)	1,87 (2,09)	0,95 (0,90)
Nitratauswaschung [kg Nitrat / ha]	35,61 (36,42)	21,30 (21,57)	18,32 (30,92)	14,59 (18,68)
NH ₃ -Emission [kg NH ₃ / ha]	37,10 (39,48)	21,71 (24,41)	17,42 (31,92)	15,09 (18,94)
Kulturartendiversität [Index]	6,26 (4,72)	2,27 (2,10)	6,90 (5,00)	2,34 (2,19)

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 1 gibt Auskunft über die durchschnittliche Umwelteffizienz der teilnehmenden und nicht teilnehmenden Betriebe. Dabei werden die für beide Betriebsgruppen unmittelbar vor Beginn des Agrarumweltprogramms gemessenen Umwelteffizienzwerte den Effizienzwerten gegenübergestellt, die nach Ablauf einer Zeitspanne von Z Wirtschaftsjahren ermittelt werden.

Hinsichtlich der in Abschnitt 3 entwickelten Kennzahlen zur Evaluierung von Agrarumweltprogrammen lässt sich anhand der Abbildung 1 feststellen, dass die durchschnittliche gesamtbetriebliche Umwelteffizienz der sich an Umweltmaßnahmen beteiligenden Betriebe im Zeitablauf steigt. Damit ist das erste Kriterium zweckdienlicher Umweltprogramme (siehe Formulierung 1a) im vorliegenden Datensatz erfüllt.

Ein zweites Kriterium zweckdienlicher Umweltprogramme (siehe Formulierung 2a) ist, dass die im Zeitablauf beobachtete Zunahme der Umwelteffizienz teilnehmender Betriebe im Durchschnitt höher ausfällt als die nicht teilnehmender Betriebe. Wie aus Abbildung 1 entnommen werden kann, trifft auch dies für die Betriebe des Datensatzes zu. Während somit bei den Teilnehmern eine geringfügige Zunahme der durchschnittlichen Umwelteffizienz in Höhe von 0,96 %-Punkten bzw. in Höhe von 1,11 % in Relation zum Ausgangsniveau in t_0 zu verzeichnen ist,

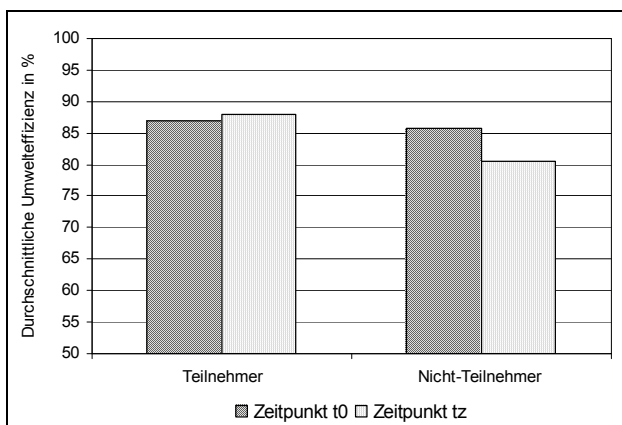
nimmt die durchschnittliche Umwelteffizienz der Nicht-Teilnehmer im Zeitablauf um 5,22 %-Punkte bzw. um 6,09 % im Vergleich zum Ausgangsniveau in t_0 ab.

Abbildung 2 zeigt die Veränderung der (partiellen) durchschnittlichen Umwelteffizienz der analysierten Betriebe sowohl im Hinblick auf die technisch vermeidbare Umweltbelastung durch Nitratauswaschung und NH₃-Emissionen als auch in Bezug auf die zusätzlich realisierbare Bereitstellung des Umweltgutes „Kulturartendiversität“.

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass die Effizienz der Betriebe im Hinblick auf die Bereitstellung des Umweltgutes „Kulturartendiversität“ bei den Programmteilnehmern in Relation zum Ausgangsniveau in t_0 im Durchschnitt um 0,3 % gestiegen ist. Bei den Nicht-Teilnehmern hingegen ist ein Rückgang dieser partiellen Umwelteffizienz um durchschnittlich 3,3 % festzustellen.

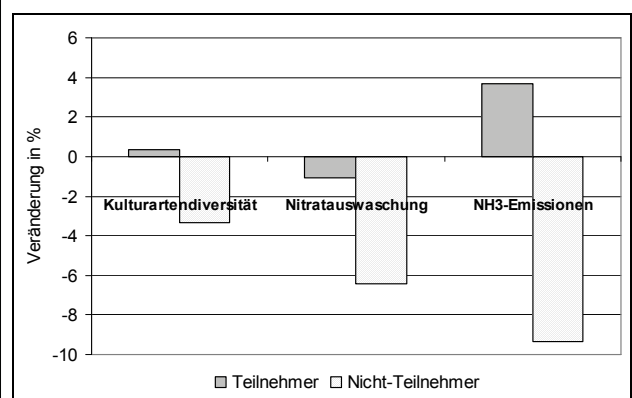
Hinsichtlich der aus produktionstechnischer Sicht vermeidbaren Umweltbelastung durch Nitratauswaschung zeigt sich, dass unabhängig von der Teilnahme oder Nicht-Teilnahme an dem Agrarumweltprogramm die Umwelteffizienz von Landwirten im Zeitablauf abnimmt. Während sich dabei jedoch die Effizienz der Programmteilnehmer in Relation zum Ausgangsniveau im Durchschnitt um 1,1 % vermindert, nimmt die Effizienz der Nicht-Teilnehmer um durchschnittlich 6,4 % ab.

Abbildung 1. Durchschnittliche Umwelteffizienz am Agrarumweltprogramm teilnehmender und nicht teilnehmender Betriebe (Bezug nehmend auf die Kennzahlenformulierung 6 und 9)



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 2. Veränderung der durchschnittlichen Umwelteffizienz im Hinblick auf die Realisierung bestimmter, durch das Agrarumweltprogramm definierter Einzelziele (Bezug nehmend auf die Kennzahlenformulierung 7, 8, 10 und 11)



Quelle: eigene Darstellung

Betrachtet man die Leistungsfähigkeit von Landwirten, die aus produktionstechnischer Sicht vermeidbaren NH_3 -Emissionen im Zeitablauf zu reduzieren und damit die Effizienz der Produktionsprozesse im Hinblick auf die Vermeidung daraus resultierender Umweltbelastungen zu steigern, so lässt sich für die Gruppe der teilnehmenden Betriebe im Durchschnitt eine Effizienzsteigerung in Höhe von 3,7 % beobachten. Demgegenüber nimmt die Effizienz der Nicht-Teilnehmer in demselben Beobachtungszeitraum um durchschnittlich 9,4 % ab.

Wie die Ergebnisse der Umwelteffizienzanalyse zeigen, bewirken die mit der Teilnahme an dem Agrarumweltprogramm einzuhaltenden Umweltauflagen somit auf gesamtbetrieblicher Ebene eine Steigerung der Umwelteffizienz.

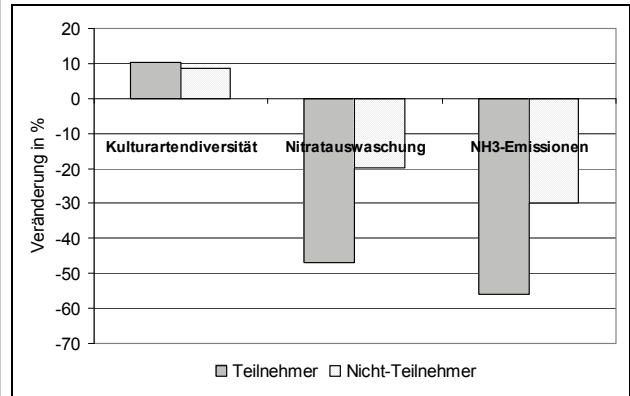
Soll das Agrarumweltprogramm hinsichtlich seiner Einzelziele beurteilt werden, so ist zunächst zu ermitteln, wie viel NH_3 -Emission und Nitratauswaschung im Durchschnitt der Betriebe allein durch technischen und organisatorischen Fortschritt im Zeitablauf maximal hätte vermieden werden können. Ebenso muss quantifiziert werden, wie viel mehr vom Umweltgut „Kulturartendiversität“ allein durch konsequente Umsetzung des technischen und organisatorischen Fortschritts hätte bereitgestellt werden können. Anhand der in Abbildung 2 gezeigten durchschnittlichen (partiellen) Umwelteffizienzwerte kann dann beurteilt werden, ob die an dem Agrarumweltprogramm teilnehmenden und nicht teilnehmenden Betriebe in der Lage waren, die sich aus dem technischen Fortschritt ergebenden Potenziale zur Steigerung der Umweltleistung zu realisieren. Dies ist dann der Fall, wenn sich die durchschnittlichen (partiellen) Umwelteffizienzwerte im Zeitablauf nicht verringert haben. Fallen die Umwelteffizienzwerte der Betriebe nach Z Zeitperioden jedoch geringer aus als in der Ausgangssituation t_0 , so zeugt dies davon, dass die Betriebe im Durchschnitt nicht vollständig am umwelttechnischen Fortschritt partizipieren konnten. Eine Steigerung der Effizienzwerte im Zeitablauf hingegen zeigt, dass die Betriebe nicht nur den umwelttechnischen Fortschritt vollständig umsetzen konnten, sondern darüber hinaus auch in der Lage waren die landwirtschaftlichen Produktionsprozesse entsprechend den Einzelzielen des Umweltprogramms besser zu organisieren.

In Abbildung 3 wird dargestellt, welches Potenzial zur Umweltverbesserung allein aus dem technischen Fortschritt zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_z resultiert.

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich haben sich die produktionstechnischen Möglichkeiten für die Gruppe der teilnehmenden Betriebe über den Beobachtungszeitraum von Z Zeitperioden hinweg derart verändert, dass es bei konsequenter Partizipation der Betriebe am technischen und organisatorischen Fortschritt möglich gewesen wäre die Kulturartendiversität in Relation zum Ausgangsniveau in t_0 um durchschnittlich 10,2 % zu steigern. Darüber hinaus hätte sich durch eine vollständige Partizipation am technischen Fortschritt die Möglichkeit ergeben, die Nitratauswaschung im Durchschnitt um 47,1 % und den Ausstoß von NH_3 -Emissionen um sogar durchschnittlich 55,5 % zu reduzieren.

Demgegenüber beziffert sich die allein durch Umsetzung technischen Fortschritts realisierbare Verminderung der Nitratauswaschung und NH_3 -Emissionen bei den Nicht-

Abbildung 3. Durch Partizipation am technischen Fortschritt im Durchschnitt erzielbare Steigerung der Kulturartendiversität und realisierbare Verminderung der Nitratauswaschung und NH_3 -Emissionen (Bezug nehmend auf die Kennzahlenformulierung 12 und 13)



Quelle: eigene Darstellung

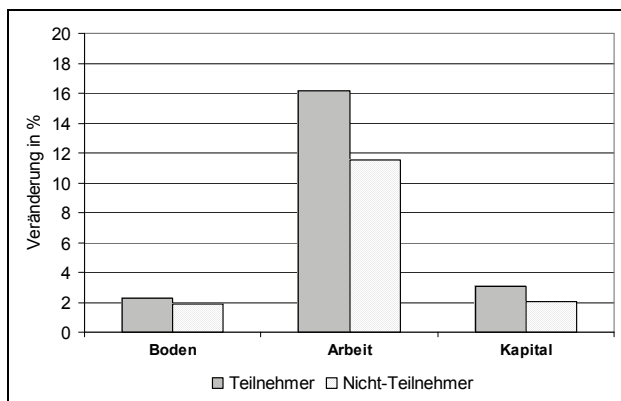
Teilnehmern auf durchschnittlich lediglich 9,2 % bzw. 29,7 %. Auch die auf technischen und organisatorischen Fortschritt zurückzuführende Steigerung der Kulturartendiversität fällt mit 8,7 % in Relation zum Ausgangsniveau in t_0 geringer aus als bei den Programtteilnehmern.

Eine kombinierte Betrachtung der Abbildungen 2 und 3 macht deutlich, dass die Programtteilnehmer im Gegensatz zu den Nicht-Teilnehmern im Hinblick auf „Kulturartendiversität“ und „ NH_3 -Emissionen“ nicht nur die sich aus dem umwelttechnischen Fortschritt ergebenden Verbesserungspotenziale mobilisiert haben, sondern darüber hinaus auch Leistungssteigerung durch die Verbesserung der Organisation der Produktionsprozesse erzielt haben. Im Hinblick auf die Reduzierung der Nitratauswaschung hingegen ist festzustellen, dass sowohl die Programtteilnehmer als auch die Nicht-Teilnehmer die mit dem umwelttechnischen Fortschritt einhergehenden Möglichkeiten nicht vollständig ausschöpfen konnten. Die technisch vermeidbare Umweltbelastung durch Nitratauswaschung fällt dabei jedoch bei den Programtteilnehmern deutlich geringer aus.

Mit Blick auf den **produktionstechnischen** Fortschritt zeichnen sich „erfolgreiche“ Agrarumweltprogramme dadurch aus, dass sich die Einhaltung damit verbundener Umweltauflagen nicht nachteilig auf die Entwicklung der Faktorproduktivitäten im Hinblick auf die Erzeugung von Commodity-Outputs auswirkt. Abbildung 4 verdeutlicht diesbezüglich, dass sich die Faktorproduktivitäten der Programtteilnehmer im Zeitablauf nicht schlechter entwickelt haben als die der Nicht-Teilnehmer. Somit ist darauf zu schließen, dass die teilnehmenden Betriebe mindestens in gleichem Umfang vom produktionstechnischen Fortschritt profitiert haben wie die Nicht-Teilnehmer.

„Erfolgreiche“ Agrarumweltprogramme sollten den Strukturwandel der teilnehmenden Betriebe nicht beeinträchtigen. Der Strukturwandel ist dabei insbesondere Ausdruck für den sich im Zeitablauf ändernden Einsatz der Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital. Ist bspw. im Zeitablauf für Betriebe, die keinerlei Verpflichtungen zur Erbringung bestimmter Umweltleistungen eingegangen sind,

Abbildung 4. Veränderung der durchschnittlichen Faktorproduktivitäten im Hinblick auf die Erzeugung von Commodity-Outputs (Bezug nehmend auf die Kennzahlenformulierung 14)



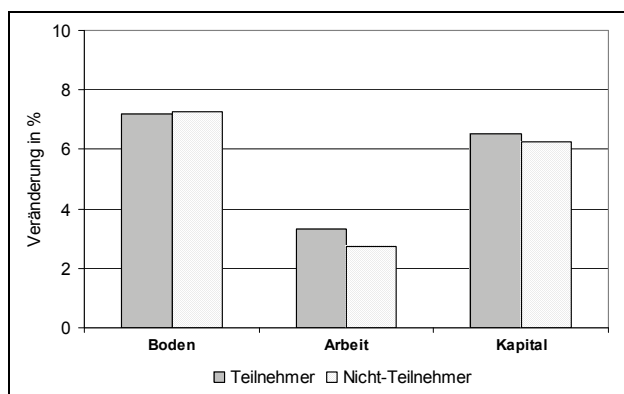
Quelle: eigene Darstellung

ein gewisses Betriebsgrößenwachstum festzustellen, so sollte auch für die Gruppe der Programmteilnehmer ein ähnlich hohes Betriebsgrößenwachstum beobachtet werden. Abbildung 5 zeigt, welche Veränderungen im Zeitablauf hinsichtlich der Einsatzmengen der Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital bei den Teilnehmern und Nicht-Teilnehmern des zu evaluierenden Agrarumweltprogramms zu beobachten sind. Demnach steigen die Faktoreinsatzmengen in beiden Betriebsgruppen in Relation zum Ausgangsniveau in t_0 jeweils in ähnlich hohem Maße an. Dies deutet darauf hin, dass das Umweltprogramm sich nicht nachteilig auf den Strukturwandel ausgewirkt hat.

5. Zusammenfassung und Diskussion

Der „Gesundheitscheck“ der GAP weist der Evaluierung von Politikmaßnahmen eine zukünftig steigende Bedeutung zu. Dies betrifft auch und vor allem die ländliche Entwicklungspolitik einschließlich der Agrarumweltpolitik. In ihrem Strategiepapier zur ländlichen Entwicklungspolitik ver-

Abbildung 5. Durchschnittliche Veränderung des Einsatzes von Produktionsfaktoren der am Agrarumweltprogramm teilnehmenden und nicht teilnehmenden Betriebe (Bezug nehmend auf die Kennzahlenformulierung 15)



Quelle: eigene Darstellung

weist die EU-Kommission explizit auf Effektivität und Effizienz als Kriterien zur Beurteilung von Politikmaßnahmen und ihrer Implementierung (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2006a). In diesem Beitrag wird ein auf der Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe basierender Ansatz zur empirischen Evaluierung von Agrarumweltprogrammen vorgestellt. Dazu wird zunächst ein nicht parametrischer Ansatz zur Messung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe entwickelt, der auf dem Konzept des nicht-orientierten Russell-Maßes beruht. Die Umwelteffizienz ist dabei Ausdruck der Fähigkeit eines Betriebsleiters, Produktionsprozesse so zu organisieren, dass die Erzeugung landwirtschaftlicher Güter und Dienstleistungen mit einer maximal möglichen Bereitstellung von Umweltgütern bzw. Vermeidung von Umweltbelastungen einhergeht.

Neben der Messung der gesamtbetrieblichen Umwelteffizienz erlaubt die vorgestellte nicht parametrische Analyse-methode auch die Bewertung der Fähigkeit eines jeden Betriebsleiters, einzelne Umweltleistungen zu erbringen, d.h. die Reduzierung der Ausstoßmenge eines bestimmten Umweltschadstoffes oder die Erzeugung eines bestimmten Umweltgutes zu forcieren. Eine solche partielle Betrachtung der Umwelteffizienz landwirtschaftlicher Betriebe ermöglicht es den Erfolg von Agrarumweltprogrammen nicht allein danach zu beurteilen, ob die Teilnahme an dem Programm insgesamt zu einer Steigerung der Umwelteffizienz beigetragen hat, sondern auch danach zu bewerten, ob und inwieweit einzelne Programmziele erreicht wurden. So wird der Erfolg eines Agrarumweltprogramms u.a. daran gemessen, in welchem Ausmaß die Teilnahme von Landwirten an diesem Programm zu einer Steigerung der gesamtbetrieblichen und partiellen Umwelteffizienz geführt hat und ob für die Programmteilnehmer im Zeitablauf höhere Zuwachsraten der Umwelteffizienzwerte festgestellt werden können als für Nicht-Teilnehmer.

Um seine Anwendbarkeit und Aussagekraft zu demonstrieren, wird der entwickelte Evaluierungsansatz exemplarisch zur Bewertung eines fiktiven Agrarumweltprogramms mit multiplen Umweltzielen eingesetzt. Die Grundlage für diese empirische Analyse bildet ein von den Autoren generierter Datensatz, welcher verschiedene umwelt- und produktions-technische Kenngrößen für einhundert fiktive landwirtschaftliche Betriebe enthält.

Die Bewertung des fiktiven Agrarumweltprogramms anhand des entwickelten Evaluierungsansatzes kommt zu dem Schluss, dass die von den Landwirten einzuhaltenden Umweltauflagen zwar zu einer Steigerung der Umweltqualität insgesamt geführt haben, die sich aus dem umwelttechnischen Fortschritt ergebenden Potenziale zur Reduzierung der Nitratauswaschung sowohl von den Programmteilnehmern als auch von Nicht-Teilnehmern jedoch nicht vollständig ausgeschöpft wurden. Festgestellt werden konnte dabei allerdings, dass die technisch vermeidbare Umweltbelastung durch Nitratauswaschung bei den Programmteilnehmern deutlich geringer ausfällt. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Teilnahme an dem Agrarumweltprogramm weder die Möglichkeit zur Partizipation am technischen Fortschritt einschränkt noch unverhältnismäßig hohe Veränderungen der Betriebsstrukturen auslöst. Damit sind zwei weitere Kriterien den umweltpolitischen Zielen zweckmäßiger Agrarumweltprogramme erfüllt.

Mit dem hier vorgestellten Modell ist nach Ansicht der Autoren ein praktikabler Rahmen zur Evaluierung umweltpolitischer Maßnahmen im ländlichen Raum geschaffen. Entscheidend für die praktische Umsetzung ist die Verfügbarkeit geeigneter Daten auf einzelbetrieblicher Ebene. Die benötigten betriebswirtschaftlichen Daten werden i.d.R. den Jahresabschlüssen der betreffenden landwirtschaftlichen Betriebe zu entnehmen sein. Schwieriger dürfte es um die Erhebung der relevanten Umweltindikatoren bestellt sein.

Eine ordnungsgemäße Evaluierung setzt die Verwendung von Indikatoren voraus, die direkt mit den Zielen des Agrarumweltprogramms im Zusammenhang stehen und anhand derer die Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen quantifiziert werden können. Die verwendeten Umweltindikatoren müssen dabei drei Kernanforderungen erfüllen (vgl. MEYER-AURICH, 2002): Politikrelevanz, analytische Konsistenz und Messbarkeit. Politikrelevanz bedeutet, dass die Indikatoren die umweltpolitisch relevanten Umweltbereiche abdecken und nutzerbezogen sein sollen. Analytische Konsistenz verlangt, dass die Indikatoren wissenschaftlich fundiert, auf anerkannten Standards basierend und überprüfbar sein sollen. Messbarkeit setzt voraus, dass die notwendigen Daten mit einem vertretbaren Arbeits-, Zeit- und Kostenaufwand erhoben werden können. Obwohl die Entwicklung von Agrarumweltindikatoren erst seit wenigen Jahren vorangetrieben wird, besteht mittlerweile weitgehend Konsens über den von der OECD (2001) entwickelten Modellrahmen für die Indikatorenbildung, der als Ausgangsbasis bei der Entwicklung von Ansätzen zur Abbildung der Umweltwirkungen der Landwirtschaft auf Betriebsebene weite Verbreitung gefunden hat (vgl. BERGSCHMIDT, 2004). Dennoch stellt sich aus Sicht der praktischen Evaluierungsarbeit stets die Frage, ob sich der Aufwand der erforderlichen Datenerhebung auf Betriebsebene durch den zusätzlichen Nutzen aussagekräftigerer Evaluierungsergebnisse rechtfertigen lässt. Solche Kosten-Nutzen-Erwägungen beschränken den Einsatzbereich des hier vorgeschlagenen Evaluierungsrahmens auf Fälle mit „guter Datenlage“. Weiterer technisch-wissenschaftlicher Fortschritt auf dem Gebiet des Umweltmonitorings könnte eine breitere Anwendung des Evaluierungsrahmens in der Zukunft fördern.

Literatur

- BALL, V.E., C.A.K. LOVELL, R.V. NEHRING and A. SOMWARU (1994): Incorporating undesirable outputs into models of production: An application to US agriculture. In: *Cahiers d'économie et sociologie rurales* 1994 (31): 59-74.
- BANKER, R.D., A. CHARNES and W.W. COOPER (1984): Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. In: *Management Science* 30 (9): 1078-1092.
- BERGSCHMIDT, A. (2004): Indikatoren für die internationale und nationale Umweltberichterstattung im Agrarbereich. Sonderheft 269. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.
- CHARNES, A., W.W. COOPER and E. RHODES (1978): Measuring the Efficiency of Decision Making Units. In: *European Journal of Operational Research* 2 (6): 429-444.
- CHUNG, Y., R. FÄRE and S. GROSSKOPF (1997): Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. In: *Journal of Environmental Management* 1997 (51): 229-240.
- COOPER, W.W., K.S. PARK and T.J. PASTOR (1999): RAM: A Range Adjusted Measure on Inefficiency for Use with Additive Models, and Relations to Other Models and Measures in DEA. In: *Journal of Productivity Analysis* 1999 (11): 5-42.

- DREESMAN, A. (2006): Messung der Produktivität und Effizienz landwirtschaftlicher Betriebe unter Einbeziehung von Umweltwirkungen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2006a): Fact Sheet: The EU Rural Development Policy 2007-2013. Brüssel.
- (2006b): Rural Development 2007-2013. Handbook on Common Monitoring and Evaluation Framework. Guidance Document. September 2006, Brüssel.
- FÄRE, R. and C.A.K. LOVELL (1978): Measuring the Technical Efficiency of Production. In: *Journal of Economic Theory* 19 (1): 150-162.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and C.A.K. LOVELL (1985): The Measurement of Efficiency of Production. Kluwer-Nijhoff Publishing, Dordrecht.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF, C.A.K. LOVELL and C. PASURKA (1989): Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. In: *Review of Economics and Statistics* 71 (1): 90-98.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and D. TYTECA (1996): An activity analysis model of the environmental performance of firms – application to fossil-fuel-fired electric utilities. In: *Ecological economics* 1996 (18): 161-175.
- HANLEY, N., M. WHITBY and I. SIMPSON (1999): Assessing the success of agri-environmental policy in the UK. In: *Land Use Policy* 1999 (16): 67-80.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2007): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Vorbereitung auf den „GAP-Gesundheitscheck“. KOM(2007) 722, November 2007, Brüssel.
- MEYER-AURICH, A. (2002): Agrarumweltindikatoren auf betrieblicher Ebene – Vergleich verschiedener Ansätze zur Bewertung der Umweltleistungen landwirtschaftlicher Betriebe. Beitrag zur Wissenschaftlichen Tagung des Dachverbandes Agrarforschung. 24./25. Oktober 2002, Braunschweig.
- OECD (2001): Environmental Indicators for Agriculture. Volume 3: Methods and Results. Paris.
- PIOT-LEPETIT, I., B. BRÜMMER and W. KLEINHANSS (2001): Impacts of environmental regulations on the efficiency of arable farms in France and Germany. In: *Agrarwirtschaft* 50 (3): 184-189.
- ROOSEN, J. and A. ORDONEZ (2003): Voluntary Agreements and the Environmental Efficiency of Participating Farms. Working Paper FE 0305. Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- SCHEEL, H. (2000): Effizienzmaße der Data Envelopment Analysis. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- TYTECA, D. (1996): On the Measurement of the Environmental Performance of Firms – A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective. In: *Journal of Environmental Management* 1996 (46): 281-308.

Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen der DFG-Forschungsprojekte La 838/2-1 „Messung von Produktivität und Effizienz landwirtschaftlicher Betriebe unter Einbeziehung von Umweltwirkungen“ sowie La 838/3-1 „Technologievergleiche in der Landwirtschaft mittels Effizienzanalyse“. Die Autoren danken der DFG für die Förderung der Forschungsarbeiten sowie einem anonymen Gutachter und dem Herausgeber für die gründliche Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Hinweise.

Kontaktautor:

PROF. DR. UWE LATACZ-LOHMANN

Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

Tel.: 04 31-880 44 00, Fax: 04 31-880 44 21

E-Mail: ulatacz@agric-econ.uni-kiel.de