AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Optimale Vertragsdifferenzierung in der Agrarumweltpolitik

Optimal differentiation of agri-environmental contracts

Thilo Glebe
Technische Universität München

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit einem Ansatz zur Differenzierung von Agrarumweltverträgen, der auf dem Selbstselektionsmechanismus beruht. Es wird gezeigt, dass sich durch ein Angebot unterschiedlicher Kombinationen aus Umweltleistungen und dafür zu entrichtenden Zahlungen sowohl die Effektivität staatlicher Ausgaben als auch die Kosteneffizienz erhöhen lässt. Allerdings ergibt sich ein Konflikt zwischen dem Effizienz- und Effektivitätsziel, da eine sich an der Minimierung staatlicher Ausgaben orientierende Vertragsdifferenzierung nicht gleichzeitig betriebliche Opportunitätskosten minimiert. Am Beispiel eines konstruierten Programms zur Reduzierung des Stickstoffeinsatzes im Weizenanbau wird das Ausmaß an Effizienz- und Effektivitätssteigerungen illustriert. Es wird ferner gezeigt, dass Mitnahmeeffekte nicht notwendigerweise sinken müssen, wenn sich die Differenzierung von Agrarumweltverträgen an dem Effektivitätsziel orientiert.

Schlüsselwörter

Agrarumweltpolitik; Kosteneffizienz; Vertragstheorie; adverse Selektion; Selbstselektion

Abstract

This article deals with the optimal differentiation of agri-environmental contracts based on a self-selection mechanism. The paper demonstrates that both economic efficiency and effectiveness of public expenditures can be increased, if a menu of combinations of farming practices and payments are offered. However, there is a trade-off between efficiency and effectiveness, since the optimal programme minimising government expenses does not simultaneously minimise farmers' opportunity costs. A numerical example of differentiated agri-environmental contracts, aiming for the reduction of nitrogen fertiliser in wheat production, illustrates that efficiency and effectiveness gains can be substantial. Furthermore, it is shown that economic rents for agricultural producers do not necessarily shrink as a result of contract differentiation, if the latter aims for the minimisation of public expenditures.

Key words

agri-environmental policy; efficiency; adverse selection; mechanism design; self-selection

1. Einleitung

Die optimale Ausgestaltung von Agrarumweltpolitik hängt maßgeblich von der Zielsetzung politischer Entscheidungsträger ab. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sollte das Ziel von Agrarumweltpolitik darin bestehen, Pareto-Effizienz zu erreichen. Letztere ist gewährleistet, wenn der Grenznutzen einer Umweltverbesserung den marginalen Opportunitätskosten entspricht, welche durch die Erbringung der Umweltleistung entstehen (BAUMOL und OATES, 1988). In der praktischen Politikgestaltung müssen staatliche Entscheidungsträger allerdings auch die Budgetwirkung einer Politik berücksichtigen, da die meisten Staaten zunehmend unter Druck stehen, die Effektivität politischer Maßnahmen erhöhen zu müssen.

Gegenstand des Effektivitätsziels ist es, die zur Erreichung eines Umweltziels benötigten Staatsausgaben zu minimieren. Pareto-Effizienz beabsichtigt dagegen, die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt zu maximieren. Inwieweit das Effektivitätsziel mit dem Effizienzziel konkurriert, hängt maßgeblich von der Verfügbarkeit öffentlicher Mittel ab. Ein positiver Zusammenhang zwischen Effektivität und Effizienz ergibt sich, wenn der durch eine Erhöhung der Effektivität gewonnene finanzielle Spielraum erlaubt, ein zunächst zu niedrig angesetztes Umweltziel nach oben zu korrigieren. Ein höheres Maß an Effizienz kann auch dann realisiert werden, falls die frei gewordenen staatlichen Finanzmittel zur Überwindung von Marktversagen in anderen Bereichen der Volkswirtschaft genutzt werden können. Darüber hinaus ergeben sich Effizienzgewinne, sofern eine verbesserte Effektivität zu Steuereinsparungen führt und damit Kosten bei der Steuererhebung gesenkt werden können. Hat eine staatliche Ausgabensenkung weder einen Einfluss auf das Umweltziel noch auf die Steuererhebungskosten, so mag sie dennoch die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt erhöhen. Dies wird erreicht, wenn die zur Erreichung eines gegebenen Umweltziels entstehenden Opportunitätskosten minimiert werden, und wird deshalb auch als Kosteneffizienz bezeichnet (FEES, 1998).

Die mangelnde Effektivität und Kosteneffizienz vieler Agrarumweltprogramme ist mitunter dadurch bedingt, dass eine einheitliche Prämie gezahlt wird, welche sich an den durchschnittlichen Kosten einer Extensivierungsmaßnahme orientiert. Aufgrund der heterogenen Struktur landwirtschaftlicher Produktionsstandorte kommt es damit zu Effizienzeinbußen und Mitnahmeeffekten. Verschiedene Ansätze wurden daher vorgestellt, mit deren Hilfe sich Mitnahmeeffekte reduzieren lassen bzw. die Kosteneffizienz umweltpolitischer Maßnahmen erhöht werden kann. Eine vieldiskutierte Maßnahme zur Effektivitätsverbesserungen besteht darin, Agrarumweltverträge auszuschreiben und an diejenigen Bieter zu vergeben, die die gewünschten Umweltleistungen für die geringsten Forderungen anbieten (LATACZ-LOHMANN und VAN DER HAMSVOORT, 1997, HOLM-MÜLLER et al., 2002; MELLO et al., 2002). Eine Verbesserung der Effektivität kann ebenfalls bei einer regionalen Differenzierung von Agrarumweltverträgen erreicht werden (LATACZ-LOHMANN, 1993). Allerdings sind Effektivitätsvorteile hierbei oft eingeschränkt, da die Variabilität betrieblicher Extensivierungskosten selbst innerhalb kleiner Regionen sehr groß ist. Zudem wird eine stärkere Regionalisierung der Agrarumweltpolitik mit einem erheblichen zusätzlichen Verwaltungsaufwand verbunden sein.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich daher mit einem Ansatz zur Differenzierung von Agrarumweltverträgen, der auf dem Selbstselektionsmechanismus beruht. Der Grundgedanke besteht darin, Kombinationen aus Umweltleistungen und dafür zu entrichtende Zahlungen derart auszuwählen, dass Ineffizienzen, welche sich aufgrund von Informationsasymmetrie und *adverse selection* ergeben, minimiert werden. Die vorliegende Studie zeigt, in welchem Maße sich Effektivitäts- bzw. Effizienzverbesserungen durch einen zunehmenden Differenzierungsgrad von Extensivierungsverträgen erreichen lassen.

Die optimale Vertragsdifferenzierung von Agrarumweltprogrammen wurde bereits von WU und BABCOCK (1995; 1996) sowie MOXEY et al. (1999) untersucht, basierend auf dem Ziel der Wohlfahrtsmaximierung. Im Unterschied zu diesen Studien liegt der Schwerpunkt des vorliegenden Beitrags darauf, den Konflikt zwischen Effektivitäts- und Effizienzziel bei der optimalen Differenzierung von Agrarumweltverträgen zu analysieren. Darüber hinaus wird die optimale Vertragsstruktur auch für den Fall ermittelt, dass die Kostenstruktur landwirtschaftlicher Standorte stetig verteilt und die beabsichtigte Anzahl an Umweltverträgen geringer als die der Standorttypen ist.

2. Das Ausgangsmodell

2.1 Optimale Gestaltung eines einheitlichen Vertrages bei zwei Standorttypen

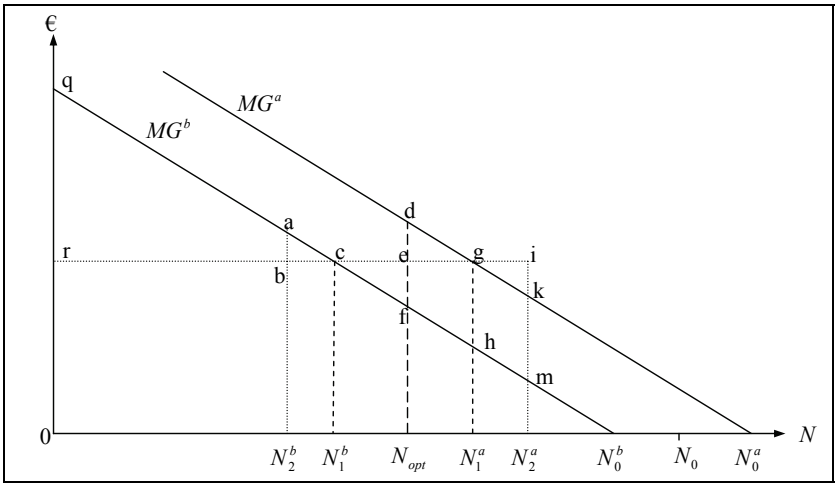
Effektivitäts- und Kosteneffizienzvorteile, die sich durch eine gezielte Differenzierung von Umweltverträgen erreichen lassen, werden am Beispiel eines Programms zur Reduzierung der Stickstoffdüngung (N-Düngung) im Pflanzenbau analysiert. Da Landwirte nicht zur Eindämmung der N-Düngung gezwungen werden sollen, besteht die politische Vorgabe darin, ein Programm zur freiwilligen Reduzierung der N-Düngung anzubieten. Im Rahmen eines vereinfachten Modells wird dabei zunächst von zwei unterschiedlichen Standorttypen (*a, b*) ausgegangen, wobei der maximal zu erzielende Ertrag auf Standort *a* über dem von Standort *b* liegt. Von dem Unterschied im Ertragspotential lässt sich ableiten, dass auch der Grenzgewinn, welcher auf Standort *a* pro Flächeneinheit erzielt werden kann, über jenem von Standort *b* liegt ($MG^a > MG^b$), wie in Abbildung 1 dargestellt ist.

Wenn sich beide Standorte in dem gleichen Wassereinzugsgebiet einer Trinkwasserquelle befinden, kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die aus übermäßiger N-Düngung resultierenden Nitratprobleme unabhängig vom Ort ihrer Entstehung sind. Die Pareto-effiziente Düngermenge ließe sich dementsprechend ermitteln, indem die über beide Standorte aggregierte Grenzgewinnfunktion mit der marginalen externen Grenzkostenfunktion gleichgesetzt wird. Möge die Pareto-effiziente Düngermenge im Durchschnitt auf dem Niveau N_{opt} pro Flächeneinheit liegen (Abbildung 1), womit sich die Herausforderung für den Staat stellt, diese Zielvorgabe bestmöglich zu erreichen. Um die graphische Lösung dieses Problems zu vereinfachen, wird angenommen, dass das zu betrachtende Wassereinzugsgebiet in einem Flächenumfang von jeweils 50 % aus den beiden Standorttypen *a* und *b* zusammensetzt ist. Damit ergibt sich in der Ausgangssituation ein durchschnittlicher Düngereinsatz von $N_0 = (N_0^a + N_0^b)/2$ pro Flächeneinheit.

Der Staat beabsichtigt zunächst einen einheitlichen Vertrag zur N-Reduzierung zu entwerfen, wie dies bei den meisten EU-Agrarumweltprogrammen der Fall ist. Der politische Entscheidungsspielraum erstreckt sich somit auf die festzuschreibende N-Düngermenge und die dafür anzubietende Prämienzahlung. Bei der Lösungsfindung innerhalb der Modellbetrachtung wird vereinfachend davon ausgegangen, dass über die Kompensation der mit der Umweltmaßnahme verbundenen Opportunitätskosten hinaus keine zusätzliche finanzielle Anreizkomponente benötigt wird, um Produzenten zur Unterzeichnung des Vertrages zu motivieren. Das Modell berücksichtigt somit weder den durch Risikoerwägungen bedingten Reservationsnutzen noch Transaktionskosten, welche sich durch die Antragstellung ergeben.

Beinhaltet der Umweltvertrag einen völligen Verzicht der N-Düngung, so müsste lediglich der extensiv genutzte Standort *b* zur Teilnahme an dem Umweltprogramm motiviert werden. Der Pareto-optimale durchschnittliche Düngereinsatz kann genau dann erreicht werden, wenn dieser der Hälfte der N-Menge entspricht, die auf Standort *a* ausgebracht wird ($N_0^a = 2N_{opt}$). Die für einen völligen Düngerverzicht benötigte Minimalzahlung pro Flächeneinheit entspricht demzufolge den Gewinneinbußen (Fläche $0N_0^b q$), welche auf dem Standort *b* bei der Teilnahme an dem Umweltprogramm (Vertrag V_0) entstehen. Es ist leicht ersichtlich, dass dieser Zahlungsbetrag nicht ausreicht, um den intensiv wirtschafteten Betriebstyp *a* zu motivieren, ebenfalls auf N-Düngung völlig zu verzichten. Folglich ergibt sich eine durchschnittliche Absenkung der Düngemenge auf N_{opt}.

Abbildung 1. Marginaler Gewinn (MG) in Abhängigkeit von N-Düngung; 2 Standorttypen



Quelle: eigene Darstellung

Bleibt die politische Vorgabe bestehen, einen einheitlichen Vertrag anzubieten, so könnte das Umweltziel allerdings auch herbeigeführt werden, indem beide Standorte gleichermaßen zur N-Reduktion veranlasst werden. Die in dem Vertrag festzulegende Düngermenge entspricht in diesem Fall der Zielvorgabe N_{opt}, während die dafür angebotene Zahlung mindestens $N_{opt}N_0^a d$ pro Flächeneinheit betragen sollte (Vertrag V_*). Der Vertrag V_* würde sich als vorteilhaft aus Sicht der Produzenten erweisen, da Mitnahmeeffekte auf Standort *b* in Höhe von $N_0^b N_0^a df$ realisiert werden könnten. Ferner ist zu erwarten, dass die gegenüber dem Vertrag V_0 eingesparten Extensivierungskosten auf Standort *b* (Fläche $N_{opt}fq0$) höher als die zusätzlichen Extensivierungskosten auf Standort *a* (Fläche $N_{opt}N_0^a d$) sind. Angesichts der daraus resultierenden Effizienzsteigerung wird der Vertrag V_* als Referenzsystem angenommen, um die Vorteile einer Vertragsdifferenzierung in dem folgenden Abschnitt aufzuzeigen.

2.2 Optimale Vertragsdifferenzierung

Bei der optimalen Differenzierung von Extensivierungsverträgen wird von einer ungleichen Informationsverteilung ausgegangen. Der Staat kennt lediglich die Grenzgewinne MG^a und MG^b, welche auf den beiden Standorten zu erzielen sind. Im Gegensatz zu den Landwirten besitzt er jedoch keine Informationen über die spezifischen Standortbedingungen einzelner Antragsteller. Angesichts der sich daraus ergebenden *ex-ante*-Informationsasymmetrie kann es zu einer Wohlfahrtsminderung aufgrund von *adverse selection* kommen. Im Sinne der Principal-Agent-Theorie steht der Staat (Prinzipal) somit vor der Herausforderung, unterschiedliche Umweltverträge anzubieten, dabei aber sicherzustellen, dass die Landwirte (Agenten) im Rahmen eines Selbstselektionsmechanismus den aus staatlicher Sicht optimalen Vertrag auswählen.

Grundsätzlich lässt sich Kosteneffizienz erreichen, wenn die mit einer Teilnahme an dem jeweiligen Umweltprogramm verbundene Düngerreduzierung zu einem Ausgleich der Grenzgewinne führt ($MG^a = MG^b$). Bei einem zweigeteilten Vertrag beträgt die effiziente N-Düngermenge für den für Standort *a* zu konzipierenden Vertrag V_1^a dementsprechend N_1^a, während Standort *b* zur Reduzierung der N-Menge auf N_1^b motiviert werden sollte (Vertrag V_1^b). Die dadurch entstehende Opportunitätskostenminderung entspricht der Fläche *egd* auf Standort *a* sowie der Fläche *cfe* auf Standort *b*.

Um zu einer freiwilligen Programmteilnahme zu motivieren, müssen die in den beiden Verträgen angebotenen Prämienzahlungen mindestens die mit der N-Reduzierung verbundenen Gewinneinbußen kompensieren (Partizipationsbedingung). Demzufolge entspricht die Minimalzahlung für die Einhaltung der Umweltauflage N_1^a den Gewinneinbußen (Fläche $N_1^a N_0^a g$), welche dadurch auf Standort *a* entstehen. In ähnlicher Weise müsste Standort *b* zur Einhaltung der Umweltauflage N_1^b mindestens die Zahlung $N_1^b N_0^b c$ erhalten. Angesichts der Informationsasymmetrie wird die Zahlung $N_1^b N_0^b c$ jedoch nicht ausreichen, um auf dem Standort *b* eine freiwillige N-Reduzierung auf das Niveau N_1^b zu veranlassen. Dies ergibt sich daraus, dass Standort *b* bei Teilnahme an dem Umweltprogramm V_1^a eine Informationsrente in Höhe von $N_0^b N_0^a gh$ realisieren könnte. Um *adverse selection* zu vermeiden, indem Standort *b* an dem „falschen" Vertrag teilnimmt, sollte als Mindestzahlung für das Umweltprogramm V_1^b ein Betrag in Höhe der Fläche $N_1^b N_0^b c + N_0^b N_0^a gh$ angeboten werden (Selbstselektionsbedingung). Asymmetrische Informationsverteilung bei der Vertragsdifferenzierung ist demzufolge unweigerlich mit erhöhten Staatsausgaben verbunden.

Allerdings lässt sich von der Modellbetrachtung ebenfalls ableiten, dass die Staatsausgaben, welche sich durch die Vertragskombination aus V_1^a und V_1^b ergeben, generell geringer sind als jene, welche bei dem Vertrag V_* entstehen. Dies lässt sich zeigen, indem die Subventionszahlungen der Verträge V_1^a und V_1^b addiert ($N_1^b N_0^b c + 2N_0^b N_0^a gh + N_1^a N_0^b h$) und mit der zweifachen Prämie des Vertrags V_* ($N_{opt}N_0^a d$) verglichen werden (Abbildung 1). Die Effektivitätssteigerung liegt darin begründet, dass neben der Senkung der Opportunitätskosten auch die Mitnahmeeffekte reduziert werden, da die auf Standort *b* zu erzielende Teilnahmerente um die Fläche *fhgd* sinkt.

Obwohl eine auf Kostenminimierung abzielende Vertragsdifferenzierung ($V_1^a; V_1^b$) auch die staatlichen Ausgaben senkt, besteht ein Zielkonflikt zwischen Kosteneffizienz und Ausgabeneffektivität. Dieser ergibt sich dadurch, dass die effiziente Vertragskombination ($V_1^a; V_1^b$) nicht gleichzeitig das höchste Maß an Effektivität gewährleistet. Eine effektive Verwendung öffentlicher Gelder wird stattdessen erreicht, wenn bei dem für Standort *b* konzipierten Vertrag die Düngermenge N_2^b beträgt, während bei dem auf der Fläche *a* vorgesehenen Vertrag diese auf dem Niveau N_2^a festgeschrieben wird. Zur Einhaltung der Partizipations- und Selbstselektionsbedingungen müsste somit eine Prämienzahlung von $N_2^a N_0^a k$ für die Auflage N_2^a angeboten werden (Vertrag V_2^a), während die Zahlung für die Auflage N_2^b der Fläche $N_2^b N_0^b a + N_0^b N_0^a km$ entsprechen sollte (Vertrag V_2^b).

Durch einen Übergang von der effizienten ($V_1^a; V_1^b$) zu der effektiven Vertragskombination ($V_2^a; V_2^b$) lassen sich die staatlichen Ausgaben um die Fläche $N_1^a N_2^a kg + mkgh - N_2^b N_1^b ca$ senken, wenn die Zahlungen beider Vertragskombinationen jeweils addiert werden. Die effektive Vertragskombination ergibt sich an dem Punkt, wo die mit einer Reduktion der N-Düngung auf Standort *b* verbundenen zusätzlichen Prämienzahlungen (Distanz $N_2^b a$) den durch eine Erhöhung der Düngung auf Standort *a* resultierenden marginalen Ausgabeneinsparungen (Distanz $N_2^a k + mk$) entsprechen (Abbildung 1). Eine Steigerung der Effektivität führt dazu, dass die Teilnahmerente auf Standort *b* um *mkgh* sinkt, womit Mitnahmeeffekte verrin-

gert werden. Über den Einfluss auf die Einkommensverteilung hinaus kommt es allerdings auch zu einem Konflikt mit dem Ziel der Kosteneffizienz, da eine Ausgabenminimierung einen Wohlfahrtsverlust in Höhe der Fläche *bca* auf Standort *b* sowie der Fläche *kig* auf Standort *a* bewirkt.

3. Optimale Vertragsdifferenzierung bei einer stetigen Verteilung an Standorttypen

Da in der Praxis ein kontinuierlicher Übergang zwischen unterschiedlichen Standortbedingungen vorzufinden ist, soll nun die optimale Vertragsstaffelung basierend auf einer stetigen Verteilung an Standorttypen untersucht werden. Im Rahmen einer erweiterten Modellbetrachtung wird angenommen, dass auf dem ertragreichsten Standort einer Region ein marginaler Betriebsgewinn von MG^{max} zu realisieren ist, während auf dem Standort mit der niedrigsten Produktivität lediglich ein Grenzgewinn von MG^{min} erzielt werden kann (Abbildung 2). Vereinfachend wird des Weiteren davon ausgegangen, dass sich die Grenzgewinnkurven einzelner Standorte nicht schneiden und gleichmäßig zwischen MG^{max} und MG^{min} verteilt sind. Der durchschnittliche Standorttyp möge durch MG^{av} repräsentiert sein.

Das Umweltziel besteht wiederum darin, die durchschnittliche Düngermenge pro Flächeneinheit von N_0 auf N_{opt} zu reduzieren. Ein einheitlicher Vertrag müsste zur Gewährleistung von Kosteneffizienz die durchschnittlich zu erreichende N-Düngermenge N_{opt} als Auflage festlegen und dafür die Prämienzahlung $N_{opt} N_0^{\max} h$ anbieten. Da auf diese Weise eine vollständige Kostenkompensation selbst auf dem ertragreichsten Standort gewährleistet ist, sollten alle Betriebe freiwillig an dem Umweltprogramm teilnehmen. Implizit wird dabei weiterhin angenommen, dass keine Anreizkomponente für eine freiwillige Programmteilnahme benötigt wird.

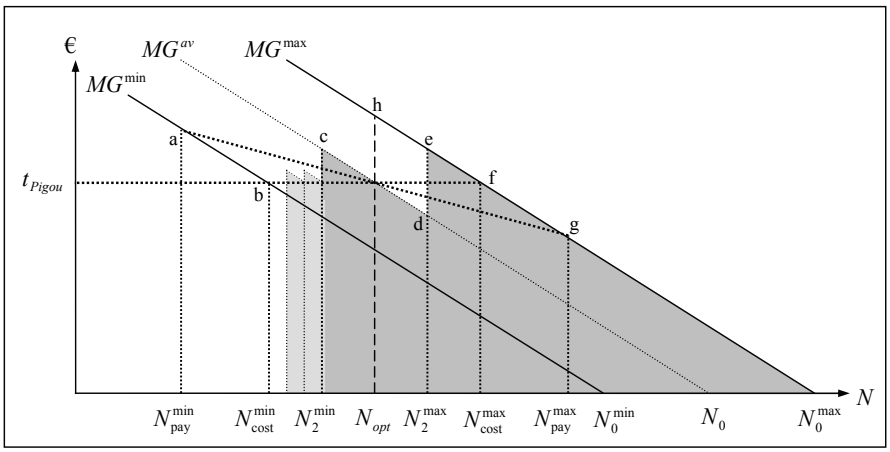
Im Folgenden soll nun auf die Frage eingegangen werden, wie durch eine optimale Staffelung von Extensivierungsverträgen die Kosteneffizienz gesteigert werden kann. Beabsichtigt der Staat lediglich zwei Umweltverträge anzubieten, so lassen sich die Opportunitätskosten minimieren, wenn die 50 % produktivsten Betriebe die Umweltauflage $N_2^{\max}$ einhalten, während sich die 50 % am extensivsten wirtschaftenden Betriebe an die N-Auflage $N_2^{\min}$ binden. Möge $V_{\max}$ den Umweltvertrag mit der weniger strengen Umweltauflage $N_2^{\max}$ bezeichnen, während $V_{\min}$ für den Vertrag mit der Auflage $N_2^{\min}$ steht. Um Partizipations- und Selbstselektionsbedingungen zu erfüllen, müsste der finanzielle Anreiz für das Umweltprogramm $V_{\max}$ folglich der Fläche $N_2^{\max} N_0^{\max} e$ entsprechen, während der Vertrag $V_{\min}$ den Betrag $N_2^{\min} N_2^{\max} dc + N_2^{\max} N_0^{\max} e$ anbieten sollte. Es wird bei der Bemessung der Prämienzahlungen weiterhin von dem Fall asymmetrischer Information ausgegangen, indem der Staat lediglich die Verteilung der Standorte und die damit verbundenen Kostenstrukturen kennt, nicht aber die Extensivierungskosten einzelner Antragsteller.

Angesichts der kontinuierlichen Verteilung an Standorttypen lässt sich eine weitere Senkung der Opportunitätskosten durch eine fortwährende Vertragsdifferenzierung erreichen (Abbildung 2). Das höchste Maß an Kosteneffizienz ergibt sich, wenn jedem Standorttyp ein individueller Vertrag angeboten wird und als Ergebnis die aus zusätzlicher N-Düngung resultierenden Grenzgewinne auf allen Standorten gleich sind. Die einzuhaltende Umweltauflage für den produktivsten Standort würde somit $N_{\text{cost}}^{\max}$ betragen, während die damit verbundene Zahlung der Fläche $N_{\text{cost}}^{\max} N_0^{\max} f$ entsprechen sollte. Von Abbildung 2 lässt sich ferner ableiten, dass bei einer unendlichen Anzahl an Extensivierungsverträgen der Vertrag mit der strengsten Umweltauflage eine Prämienzahlung von $N_{\text{cost}}^{\min} N_0^{\max} fb$ zum Inhalt haben müsste, um die effiziente Düngerbegrenzung von $N_{\text{cost}}^{\min}$ einzuhalten. Alle weiteren Verträge würden sich folglich als Linearkombination zwischen der N-Auflage $N_{\text{cost}}^{\max}$ mit der damit korrespondierenden Zahlung $N_{\text{cost}}^{\max} N_0^{\max} f$ und der Auflage $N_{\text{cost}}^{\min}$ mit der damit verbundenen Prämienzahlung $N_{\text{cost}}^{\min} N_0^{\max} fb$ ergeben.

Das Angebot einer unendlichen Anzahl an Verträgen würde demzufolge beinhalten, eine Auszahlungsfunktion für eine beliebige N-Düngermenge anzubieten. Jedem Standort, der die Umweltauflage $N_{\text{cost}}^{\max}$ einhält, sollte ein Basisbetrag in Höhe der Fläche $N_{\text{cost}}^{\max} N_0^{\max} f$ angeboten werden, und in Ergänzung dazu eine Subvention in Höhe der Distanz $N_{\text{cost}}^{\max} f$ für jede zusätzlich reduzierte N-Einheit. In ähnlicher Weise wie eine optimale N-Steuer in Höhe von t_{Pigou} würde ein auf einer Auszahlungsfunktion beruhender Agrarumweltvertrag ein maximales Maß an Kosteneffizienz garantieren.

Es lässt sich im Rahmen der Modellbetrachtung des Weiteren zeigen, dass Kosteneffizienz nicht

Abbildung 2. Marginaler Gewinn (MG) in Abhängigkeit von N-Düngung; stetige Standortverteilung



Quelle: eigene Darstellung

automatisch Effektivität herbeiführt. Ausgehend von einer auf dem Effizienzziel basierenden Vertragsdifferenzierung ließen sich die Staatsausgaben senken, wenn die produktiveren Standorte veranlasst werden, mehr N-Dünger auszubringen, während den unproduktiven Standorten eine strengere Umweltauflage angeboten wird. Möge sich die für den jeweiligen Standort optimale N-Stickstoffmenge aus dem jeweiligen Schnittpunkt der einzelnen Grenzgewinnkurven mit der Verbindungslinie *ag* ergeben (Abbildung 2). Die Basisprämie für die Umweltauflage $N_{pay}^{\max}$ müsste damit der Fläche $N_{pay}^{\max} N_0^{\max} g$ entsprechen, während zur Einhaltung der N-Auflage $N_{pay}^{\min}$ eine Mindestzahlung von $N_{pay}^{\min} N_0^{\max} ga$ angeboten werden sollte. Folglich beinhaltet ein effektiver Extensivierungsvertrag eine progressiv ansteigende Subvention für jede zusätzlich reduzierte N-Einheit.

Es sei abschließend daraufhin gewiesen, dass sich der Zielkonflikt zwischen Effizienz und Effektivität noch verstärkt, wenn sich die betrachtete Region über mehrere Wassereinzugsgebiete erstreckt und damit das Ausmaß des Umweltproblems von dem Ort der Entstehung abhängt. Das Pareto-effiziente Umweltziel ist in diesem Fall nur dann erreicht, wenn in jedem Wassereinzugsgebiet die mit einer Düngerreduzierung verbundenen Grenzopportunitätskosten dem marginalen Umweltnutzen entsprechen. Eine Abweichung von diesem Umweltziel zur Steigerung der Effektivität ist unweigerlich mit einem Wohlfahrtsverlust verbunden. Kann zudem davon ausgegangen werden, dass der Grenznutzen einer N-Reduzierung mit zunehmendem Extensivierungsgrad abnimmt, müsste ein auf einer Auszahlungsfunktion beruhender effizienter Vertrag folglich eine degressiv abnehmende Subventionszahlung für jede zusätzlich reduzierte N-Einheit beinhalten.

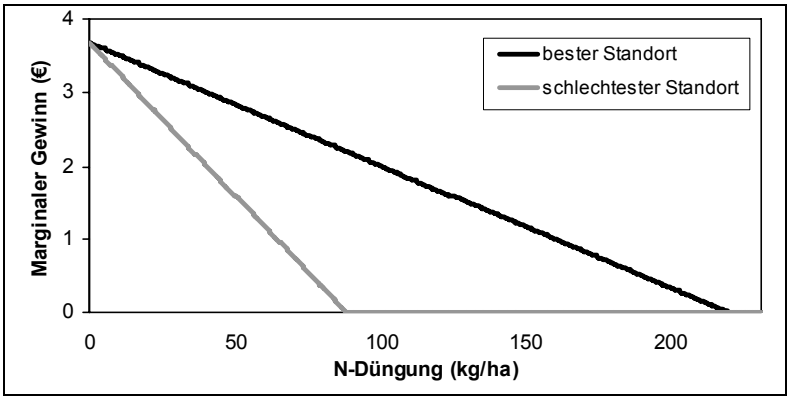
4. Modellberechnung

4.1 Modellannahmen

Nachdem die theoretischen Vorteile einer zunehmenden Vertragsdifferenzierung veranschaulicht wurden, soll im Folgenden auf die Frage des Ausmaßes dieser Vorteile eingegangen werden. Potentielle Effizienz- bzw. Effektivitätssteigerungen, die sich aufgrund einer optimalen Vertragsstaffelung ergeben, werden am Beispiel eines konstruierten Programms zur Reduzierung von N-Düngung im Weizenanbau berechnet. Der Kalkulation liegen 100 Weizenschläge von je einem Hektar zugrunde, die entsprechend ihrer Ertragspotentiale gleichmäßig verteilt sind.

Die Modellberechnung geht davon aus, dass der im mehrjährigen Durchschnitt maximal zu erzielende Weizenertrag auf dem besten Standort 100 dt/ha beträgt, während das Ertragspotenzial auf dem unproduktivsten Standort bei 40 dt/ha liegt. Basierend auf einer standardisierten Ertragsfunktion für Winterweizen (KRAYL, 1993), lassen sich die entsprechenden Ertragsfunktionen ableiten.[1] Die auf dem besten Standort maximal zu erreichende N-kostenfreie Leistung von 887 €/ha ist bei einem N-Düngungsniveau von 220 kg zu erzielen. Sie beträgt dagegen lediglich 355 €/ha auf dem schlechtesten Standort, basierend auf einem Düngereinsatz von 88 kg/ha. Es wird dabei von einem Durchschnittspreis für Düngerstickstoff von 0,65 €/kg und einem Weizenpreis von 105 €/t ausgegangen. Die daraus resultierenden marginalen Gewinne für den produktivsten und den unproduktivsten Weizenstandort sind in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3. Marginaler Gewinn (MG) in Abhängigkeit von N-Düngung im Weizenanbau; Hochertragsstandort im Vergleich zu Niedrigstertragsstandort



Quelle: eigene Darstellung

Die 100 Modellstandorte sind hinsichtlich ihrer Grenzgewinne gleichmäßig zwischen dem besten und schlechtesten Standort verteilt. Basierend auf einem mittleren Rohproteingehalt von 13 % wird ein durchschnittlicher N-Gehalt von 2 kg pro geerntetes kg Weizen angenommen (BLBP, 1997). Folglich variiert die N-Bilanz auf den einzelnen Standorten zwischen +9,6 und +23,9.[2] Die optimale Vertragsgestaltung wird sowohl für das Umweltziel einer im Durchschnitt auszugleichenden N-Bilanz analysiert, als auch für das Ziel einer kleinräumig ausgeglichenen N-Bilanz.

4.2 Modellergebnisse bei einer durchschnittlich ausgeglichenen N-Bilanz

Möge der Staat zunächst beabsichtigen, eine durchschnittlich ausgeglichene N-Bilanz sicherzustellen. Die durch Vertragsdifferenzierung herbeigeführten Auswirkungen auf Opportunitätskosten, Produzentenrente und Staatsausgaben sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefasst, basierend auf der Annahme, dass entweder das Effektivitäts- oder das Kosteneffizienzziel verfolgt wird. In der Basisvariante versucht der Staat, das Umweltziel mit einem einzigen Vertragsangebot zur völligen Aufgabe der N-Düngung zu erreichen. Die Ausgangssituation entspricht somit der gängigen Praxis von EU-Agrarumweltprogrammen zur Eindämmung des Nitratproblems. Um ausreichend Standorte zur Extensivierung zu bewegen und damit eine ausgeglichene N-Bilanz zu erreichen, ist ein Betrag von 233 €/ha nötig. Die dadurch

[1] Der Berechnung liegt die Weizenertragsfunktion $Y_{abs}/Y_{\max} = 0{,}459 + 1{,}03 \cdot N_{abs}/N_{\max} - 0{,}497 \cdot (N_{abs}/N_{\max})^2$ zugrunde. Basierend auf einer Düngerempfehlung von 2,5 kg N pro Ertragseinheit ($N_{\max} = 2{,}5 \cdot Y_{\max}$), lässt sich die N-Düngemenge ($N_{\max}$) für unterschiedliche Ertragspotentiale ($Y_{\max}$) ableiten.

[2] Die N-Bilanz (N-Überschuss) wird gemessen in kg/ha.

Tabelle 1. Effektive Gestaltung von Umweltverträgen (Ausgabenminimierung) zur Erreichung einer durchschnittlich ausgeglichenen N-Bilanz (Angaben in % von Basisvariante)

Variante	Basis	I)	II)	III)	IV)
Verträge (Anzahl)	1	1	2	3	100
Vertragsinhalt (je Hektar)	0 kg N = 233 €	75 kg N = 73 €	70 kg N = 76 € 120 kg N = 29 €	65 kg N = 80 € 100 kg N = 43 € 140 kg N = 16 €	53 kg N = 94 € bis 220 kg N = 0 €
Opportunitätskosten	5921 €	29	20	18	15
Produzentenrente	1064 €	185	196	196	195
Staatsausgaben	6987 €	53	47	45	42

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 2. Kosteneffiziente Gestaltung von Umweltverträgen (Kostenminimierung) zur Erreichung einer durchschnittlich ausgeglichenen N-Bilanz (Angaben in % von Basisvariante)

Variante	Basis	I)	II)	III)	IV)
Verträge (Anzahl)	1	1	2	3	100
Vertragsinhalt (je Hektar)	0 kg N = 233 €	146 kg N = 46 €	121 kg N = 51 € 163 kg N = 27 €	97 kg N = 54 € 127 kg N = 40 € 167 kg N = 23 €	77 kg N = 60 € bis 191 kg N = 7 €
Opportunitätskosten	5921 €	16	12	11	8
Produzentenrente	1064 €	345	319	295	272
Staatsausgaben	6987 €	67	59	54	48

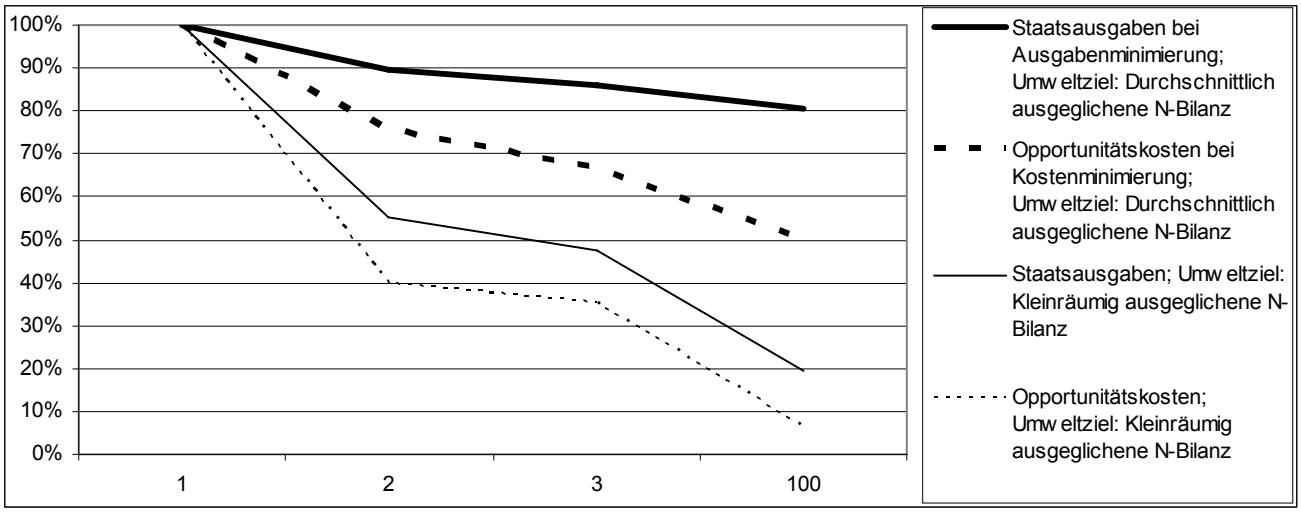
Quelle: eigene Berechnung

auf der gesamten Fläche entstehenden Opportunitätskosten liegen bei 5 921 €, während die durch Mitnahmeeffekte bedingte Produzentenrente 1 064 € beträgt. Werden beide Beträge addiert, so ergeben sich für den Staatshaushalt relevante Ausgaben in Höhe von 6 987 € (Tabelle 1 und 2).

Die Vertragsgestaltung wurde zunächst für den Fall kalkuliert, dass der einheitliche Vertrag optimiert wird (Variante I). Ferner wurde eine optimale Vertragsstaffelung ermittelt, in Abhängigkeit davon, ob ein zwei- oder dreigeteilter Vertrag angeboten wird (Varianten II und III) bzw. ein maximaler Vertragsdifferenzierungsgrad erreicht wird (Variante IV). Ein Vergleich zwischen Tabelle 1 und 2 zeigt, dass die Vertragsinhalte basierend auf dem Effektivitäts- und Effizienzziel sich dadurch unterscheiden, dass das Effektivitätsziel zu einer größeren Spanne zwischen den N-Auflagen einzelner Verträge führt. Zudem liegen die N-Auflagen bei Ausgabenminimierung generell niedriger, während jedoch eine größere Anzahl an Standorten an keinem der angebotenen Umweltprogramme teilnimmt.

Erwartungsgemäß führt eine auf Ausgabenminimierung basierende Vertragsstaffelung generell zu höheren Opportunitätskosten, während umgekehrt eine Kostenminimierung mit höheren Staatsausgaben verbunden ist. In beiden Fälle sinken jeweils die Opportunitätskosten als auch die Staatsausgaben in dem Maße, wie die Anzahl der Verträge steigt (Abbildung 4). Der *marginale* Effektivitäts- und Effizienzgewinn, welcher sich aus zunehmender Vertragsdifferenzierung ergibt, nimmt jedoch deutlich ab. Im Fall

Abbildung 4. Relative Senkung der Opportunitätskosten und Staatsausgaben durch Programmdifferenzierung in Abhängigkeit von der Anzahl der Verträge



Quelle: eigene Berechnung

einer vollständigen Vertragsdifferenzierung (Variante IV), lassen sich bei einer Minimierung der Opportunitätskosten diese bis auf 8 % der Basisvariante reduzieren (Tabelle 2). Ein Großteil dieses Einsparungspotentials wird bereits erreicht, wenn ein optimierter einheitlicher Vertrag angeboten wird (Variante I). Dennoch lassen sich die Kosten erneut halbieren, wenn von Variante I auf Variante IV übergegangen wird.

Das Einsparungspotential staatlicher Ausgaben ist im Vergleich dazu generell niedriger. Im Fall eines optimierten einheitlichen Vertrages können die Staatsausgaben zwar bis auf 53 % reduziert werden (Tabelle 1). Die zusätzlichen Einsparungsmöglichkeiten staatlicher Mittel durch weitere Vertragsdifferenzierung sind dagegen relativ gering. So lassen sich die Subventionszahlungen bei vollständiger Vertragsdifferenzierung (Variante IV) lediglich bis auf 42 % reduzieren.

Wird im Rahmen eines einheitlichen Vertrags eine Reduzierung der N-Düngung (Variante I) anstelle einer völligen Düngungsaufgabe (Basisvariante) verlangt, so nähert man sich dadurch nicht nur dem Effizienz- und Effektivitätsziel, sondern erhöht darüber hinaus auch die Produzentenrente. Eine fortwährende Vertragsdifferenzierung basierend auf dem Kostenminimierungsprinzip führt jedoch zu einem Zielkonflikt zwischen einer Einkommenssteigerung für Landwirte und einer Verbesserung von Effizienz und Effektivität. Andererseits muss eine zunehmende Vertragsdifferenzierung nicht notwendigerweise Mitnahmeeffekte reduzieren, wenn die Vorgabe darin besteht, die Effektivität zu erhöhen. So lässt sich aus Sicht der Produzenten mit einem zweigeteilten Vertrag eine höhere Teilnahmerente als mit einem einheitlichen Vertrag erzielen (Tabelle 1). Dennoch zeigt eine Gegenüberstellung von Kosten- und Ausgabenminimierung, dass Landwirte sich generell besser stellen, wenn der Staat das Ziel verfolgt, Kosteneffizienz herbeizuführen. Dies ist plausibel, da eine Ausgabenminimierung nicht nur darauf abzielt, betriebliche Opportunitätskosten zu reduzieren, sondern gleichzeitig auch beabsichtigt, Mitnahmeeffekte zu minimieren.

4.3 Modellergebnisse bei einer kleinräumig ausgeglichenen N-Bilanz

In dem vorherigen Abschnitt wurde davon ausgegangen, dass das Umweltziel darin besteht, die durchschnittliche N-Bilanz auszugleichen. Dieses Umweltziel ist sinnvoll, wenn sich das Umweltproblem auf ein Wassereinzugsgebiet bezieht, innerhalb dessen die räumliche Verteilung von Emissionen nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtemissionen des Trinkwassers haben. Bezieht sich das Nitratproblem auf eine größere Region, dann spielt die räumliche Verteilung von N-Emissionen eine entscheidende Rolle. Ein sinnvolleres Umweltziel würde in diesem Fall darin bestehen, die N-Bilanz an jedem Standort auszugleichen. Eine solche Zielvorgabe würde dazu führen, dass die Vertragsgestaltung bei Kostenminimierung und Ausgabenminimierung identisch ist. Die optimale Programmgestaltung bei unterschiedlicher Programmdifferenzierung ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Als Basisvariante wurde ein einheitliches Programm angenommen, bei dem eine Reduzierung der durchschnittlichen N-Gabe auf 77 kg N pro ha nötig ist, um eine ausgeglichene N-Bilanz auf jedem Standort zu erreichen.

Ein Vergleich von Tabelle 3 mit Tabelle 1 und 2 zeigt, dass das Umweltziel einer kleinräumig ausgeglichenen N-Bilanz im Vergleich zu einer im Durchschnitt ausgeglichenen N-Bilanz bei einem einheitlichen Umweltvertrag nur mit erheblich höheren Kosten bzw. Ausgaben zu erreichen ist. In der Basisvariante eines einheitlichen Vertrages, muss der Staat jetzt 17 218 € zahlen, um die N-Bilanz an jedem Standort auszugleichen, während lediglich Ausgaben in Höhe von 4 138 € (53 % von 6 987 €) nötig sind, wenn das Ziel darin besteht, die N-Bilanz im Durchschnitt auszugleichen (Tabelle 1). Auch die Umstellungskosten (7 669 €) liegen bei dem Ziel einer kleinräumig ausgeglichenen N-Bilanz erheblich über den Kosten (976 € = 16 % von 5 921 €), welche bei Erreichung einer durchschnittlich ausgeglichenen N-Bilanz entstehen (Tabelle 2).

Interessanterweise ist das Einsparungspotential durch Vertragsdifferenzierung nun aber erheblich höher als im Falle einer durchschnittlich ausgeglichenen N-Bilanz (Abbildung 4). Bereits bei einem zweiteiligen Vertragsprogramm können die Opportunitätskosten um 60 % gesenkt werden, während die Ausgabeneinsparungen 45 % betragen, jeweils gemessen an der Basisvariante. Bei einer vollständigen Vertragsdifferenzierung können die Kosten sogar bis auf 6 % und die Ausgaben bis auf 20 % gesenkt werden. Im letzteren Fall ist die Vertragsstruktur identisch mit derjenigen, die sich bei einer im Durchschnitt ausgeglichenen N-Bilanz, basierend auf dem Kosteneffizienzziel, ergibt. Folglich sind die Opportunitätskosten und die Staatsausgaben bei vollständiger Vertragsdifferenzierung genauso niedrig wie bei dem Umweltziel einer im Durchschnitt ausgeglichenen N-Bilanz (6 % von 7 669 € in Tabelle 3 entsprechen 8 % von 5 921 € in Tabelle 2). Diese Besonderheit lässt sich auf die von KRAYL (1993) geschätzte Weizenertragsfunktion zurückführen, welche bewirkt, dass eine durchschnittlich ausgeglichene Düngebilanz mit dem Ziel der Kosteneffizienz gleichzeitig zu einer räumlich ausgegliche-

Tabelle 3. Effiziente Gestaltung von Umweltprogrammen zur Erreichung einer kleinräumig nicht positiven N-Bilanz (Angaben in % von Basisvariante)

	Basisvariante	Vertragsdifferenzierung		
Verträge (Anzahl)	1	2	3	100
Vertragsinhalt (je Hektar)	77 kg N = 172 €	77 kg N = 128 € 132 kg N = 65 €	77 kg N = 120 € 140 kg N = 44 € 176 kg N = 16 €	77 kg N = 60 € bis 191 kg N = 7 €
Opportunitätskosten	7 669 €	40	35	6
Produzentenrente	9 549 €	67	58	30
Staatsausgaben	17 218 €	55	48	20

Quelle: eigene Berechnung

nen N-Bilanz führt.[3] Bei Zugrundelegung verschiedenartiger Weizenertragsfunktionen ist jedoch davon auszugehen, dass das das Ziel einer räumlich ausgeglichenen Düngebilanz in der Regel nur mit höheren Opportunitätskosten und Staatsausgaben zu erreichen ist.

5. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Modellbetrachtung hat gezeigt, dass sich ein Zielkonflikt ergibt, da eine sich an dem Effektivitätsziel orientierende Vertragsdifferenzierung in der Regel nicht zu Kosteneffizienz führt. Allerdings wurde ebenfalls demonstriert, dass man sich durch eine gezielte Vertragsdifferenzierung sowohl dem Effektivitäts- als auch dem Effizienzziel erheblich nähern kann.

Ein wichtiges Kriterium für die praktische Politikumsetzung einer Vertragsstaffelung stellt die Höhe der Transaktionskosten dar, welche sich sowohl beim Staat als auch bei den Landwirten ergeben. Die Höhe der mit einer Vertragsstaffelung verbundenen Transaktionskosten hängt nicht nur von der konkreten Ausgestaltung eines Agrarumweltprogramms ab, sondern auch von dem Maß, in dem Synergieeffekte mit bereits existierenden Programmen genutzt werden können. Basierend auf den bereits existierenden Agrarumweltprogrammen in Deutschland ist in diesem Zusammenhang davon auszugehen, dass eine zunehmende Vertragsdifferenzierung nur mit einem geringen zusätzlichen staatlichen Aufwand hinsichtlich der Implementierung verbunden sein sollte. Ein zusätzlicher Verwaltungsaufwand ist dagegen bei der Überwachung und Kontrolle der Vertragsinhalte zu erwarten. Dies ergibt sich daraus, dass es sich als einfacher darstellt, Kontrollmechanismen über einen völligen Verzicht jeglicher N-Düngung zu implementieren, als die Einhaltung einer ganz bestimmten N-Auflage zu überwachen.

Die eingeschränkte N-Düngung wird bereits im Getreideanbau in Österreich (ÖPUL) und Baden-Württemberg (MEKA II) praktiziert sowie im Rahmen der Grünlandextensivierung in Hessen (HEKUL). Eine wirksame Kontrolle, die sicherstellt, dass Vertragsinhalte zur N-Reduzierung auch tatsächlich eingehalten werden, wird jedoch nur dann nachweisbar sein, wenn eine betriebliche anstelle einer einzelflächenbezogenen Zahlung angeboten wird. Da ein betriebliches Eigeninteresse bestehen sollte, den Düngerstickstoff betriebsintern derart zu verteilen, dass der Grenzgewinn auf jeder bewirtschafteten Flächeneinheit identisch ist, sollte eine betriebliche Zahlung zu keinen Effizienzeinbußen führen. Sie hätte zudem den zusätzlichen Vorteil, die Transaktionskosten bei der Antragstellung erheblich zu reduzieren.

Eine wirksame Kontrolle einer Düngerreduzierung ist darüber hinaus nur in Verbindung mit einer entsprechenden Aufzeichnungspflicht durchführbar, wie sie bereits im Rahmen der Düngeverordnung teilweise festgelegt ist. Während sich die aus organischer Düngung ergebenden N-Mengen in Verbindung mit dem Tierbesatz und der mit Leguminosen angebauten Fläche relativ leicht ermitteln lassen, müssten lediglich zusätzliche Lösungen bei der Kontrolle der zugekauften Düngemittel gefunden werden.

Auf betrieblicher Ebene ist davon auszugehen, dass sich der Zeitaufwand für den einzelnen Antragsteller im Falle eines differenzierten Umweltvertrages nur unwesentlich erhöhen sollte. Ein Mehraufwand mag sich dadurch ergeben, wenn die Teilnahme an einem Umweltprogramm mit zusätzlichen Aufzeichnungsanforderungen verbunden ist. Zudem wird eine stärkere Programmdifferenzierung auch dazu führen, dass eine größere Anzahl an Landwirten an Agrarumweltprogrammen teilnehmen, womit sich die Transaktionskosten aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive erhöhen.

Der vorliegende Beitrag hat gezeigt, dass die durch einen zunehmenden Differenzierungsgrad zu erzielenden marginalen Effizienz- und Effektivitätsverbesserungen abnehmen. Sollte eine zunehmende Anzahl an Vertragsangeboten von daher Transaktionskosten und Verwaltungskosten signifikant erhöhen, so ist dies bei der Ermittlung der optimalen Vertragsanzahl zu berücksichtigen. Bei vollständiger Programmdifferenzierung ist jedoch anzumerken, dass die Verwaltungskosten kaum von denen eines einheitlichen Vertrags abweichen sollten, da diese beinhaltet, eine Auszahlungsfunktion für eine beliebige N-Düngermenge anzubieten. Auszuzahlende Prämien ließen sich somit unmittelbar von der N-Düngermenge einzelner Landwirte ablesen. Die optimale Vertragsdifferenzierung scheint demnach darin zu bestehen, einen Subventionssatz für N-Reduzierung in Ergänzung zu einer Basishonorierung zu zahlen.

Literatur

BAUMOL, W.J. und W.E. OATES (1988): The Theory of Environmental Policy. Cambridge University Press, Cambridge.

BLBP (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) (1997): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft, Freising-München.

FEES, E. (1998): Umweltökonomie und Umweltpolitik. Verlag Franz Vahlen, München.

HOLM-MÜLLER, K., V. RADKE und J. WEIS (2002): Umweltfördermaßnahmen in der Landwirtschaft - Teilnehmerauswahl durch Ausschreibungen? In: Agrarwirtschaft 51 (2): 112-120.

KRAYL, E. (1993): Strategien zur Verminderung der Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel.

LATACZ-LOHMANN, U. (1993): Ausgestaltung des Prämiensystems als Mittel zur Steigerung der Effektivität von Extensivierungs- und Vertragsnaturschutzprogrammen. In: Agrarwirtschaft 42 (10): 351-358.

LATACZ-LOHMANN, U. und C.P. VAN DER HAMSVOORT (1997): Auctioning Conservation Contracts: A theoretical analysis and an application. In: American Journal of Agricultural Economics 79 (2): 407-418.

MELLO, I., A. HEIßENHUBER und J. KANTELHARDT (2002): Das Conservation Reserve Program der USA - Eine Möglichkeit zur effizienten Entlohnung von Umweltleistungen der Landwirtschaft? In: Berichte über die Landwirtschaft 80 (1): 85-93.

MOXEY, A., B. WHITE und A. OZANNE (1999): Efficient Contract Design for Agri-Environment Policy. In: Journal of Agricultural Economics 50 (2): 187-202.

[3] Unter Verwendung der Weizenertragsfunktion $Y_{abs}/Y_{\max} = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot N_{abs}/N_{\max} - \alpha_3 \cdot (N_{abs}/N_{\max})^2$, der Düngungsempfehlung von $N_{\max} = \beta \cdot Y_{\max}$ und der N-Bilanz von $B = N_{abs} - \lambda Y_{abs}$, lässt sich zeigen dass der Grenzgewinn (MG) bei ausgeglichener N-Bilanz ($B = 0$) unabhängig von dem Ertragspotential ($Y_{\max}$), und somit konstant, ist ($MG = \left(1/\lambda - \sqrt{4\lambda^2\alpha_1\alpha_3 + (\beta - \lambda\alpha_2)^2}/\lambda\beta\right)P_y - P_N$). Somit ist die Bedingung für Kosteneffizienz erfüllt.

WU, J.-J. and B.A. BABCOCK (1995): Optimal Design of a Voluntary Green Payment Program under Asymmetric Information. In: Journal of Agricultural and Resource Economics 20 (2): 316-327.

– (1996): Contract design for the purchase of environmental goods from agriculture. In: American Journal of Agricultural Economics 78 (4): 935-945.

Autor:
DR. THILO GLEBE
Technische Universität München,
Lehrstuhl für VWL - Umweltökonomie und Agrarpolitik -
Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan
Tel: 081 61-71 59 65, Fax: 081 61-71 34 08
E-Mail: glebe@wzw.tum.de

Potentieller Beitrag der Landwirtschaft zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

Potential contribution of German agriculture to the reduction of green house gases by biogas technology

Jens Wegener, Wolfgang Lücke und Jörg Heinzemann
Georg-August-Universität Göttingen

Zusammenfassung

Die deutsche Landwirtschaft war im Jahr 2002 mit einem Anteil von 8,7% an den nationalen THG-Emissionen beteiligt. Diese entstammen hauptsächlich aus der tierischen Verdauung, dem Wirtschaftsdünger-Management und den landwirtschaftlich genutzten Böden. Zur Erzielung von Emissionsreduktionen hat das Wirtschaftsdünger-Management beträchtliches Potential durch technische Strategien größere Mengen an THG zu vermeiden. Dies wird durch die Nutzung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen ermöglicht. Bei diesem Verfahren werden Methanemissionen aufgefangen und energetisch verwertet, die sonst in die Atmosphäre gelangen. Zieht man alle anfallenden Wirtschaftsdüngermengen für die Hauptemittenten Rind und Schwein in Betracht, könnten so etwa 56 Mio. t CO_2-Äquivalent an THG-Emissionen eingespart werden. Dies entspricht einer Reduzierung der deutschen THG-Emissionen in Bezug auf das gemischte Basisjahr 1990/95 von 4,5%. Unterstellt man dagegen die Nutzung des gesamten in der Landwirtschaft technisch verfügbaren Biomassepotentials nach einer Publikation der FNR, könnten insgesamt sogar etwa 276 Mio. t CO_2-Äquivalent und somit 22% des Gesamtausstoßes eingespart werden. Dies entspricht dem 27,5-fachem dessen, was die emissionshandelspflichtigen Unternehmen in Deutschland während der ersten beiden Verpflichtungsperioden der EU-Emissionshandels von 2005 bis 2012 einsparen müssen.

Schlüsselwörter

Biogas; EU-Emissionshandel; Kioto-Protokoll; Landwirtschaft; Deutschland

Abstract

In 2002, the German agricultural sector contributed 8.7 % of the total national green house gas emissions. The main sources were animal digestion, manure management and agricultural soils. From the technical point of view, the manure management has the biggest potential of green house gas reduction by using biogas technology. Thereby methane emission from manure, which otherwise had been emitted into the atmosphere, can be recaptured and used to substitute fossil fuels. Regarding the whole output of manure from cattle and swine in Germany, the emission reduction is 56 Mio. t CO_2-equivalent. This amount is equivalent to 4.5% of the emissions in 1990/95 for the Kyoto protocol. Regarding the biomass potential which is technically feasible at the moment, the reduction potential growth to 276 Mio. t CO_2-equivalent or 22% of emissions. This is 27.5 times more than the reduction commitment of the German industry for EU-emissions trading in the period from 2005-2012.

Key words

biogas; EU-emission trading; Kyoto protocol; agriculture; Germany

1. Einleitung

Mit der Ratifizierung des Kioto-Protokolls hat sich die EU zu einer Reduzierung ihres Ausstoßes an Treibhausgasen (THG) verpflichtet. Ziel ist es, die EU-weiten Emissionen basierend auf der Emissionsmenge von 1990 im Zeitraum von 2008 bis 2012 um 8 % zu reduzieren. Als ein Instrument zur Zielerreichung wurde 2005 ein EU-weites System zum Handel von Emissionsrechten eingeführt, welches in der ersten Verpflichtungsperiode von 2005 bis 2007 zunächst die Energiewirtschaft sowie energieintensive Teile der Industrie zur Teilnahme verpflichtet und sich auf das THG-Kohlendioxid (CO_2) beschränkt. Mit dem Start der zweiten Verpflichtungsperiode ab 2008 kann der Teilnehmerkreis sowie die Anzahl der berücksichtigten THG erweitert werden. Im Folgenden soll untersucht werden, welche THG in welcher Höhe in der Landwirtschaft in Deutschland emittiert werden und welches Vermeidungspotential insbesondere durch den Einsatz von Biogasanlagen vorhanden ist.

1.1 Treibhausgasemissionen in Deutschland

Die THG-Emissionen Deutschlands für das gemischte Kioto-Basisjahr 1990/95[1], auf die sich alle erzielten Reduktionsleistungen beziehen, betragen zusammen 1 251,7 Mio. t CO_2-Äquivalent[2] (UMWELTBUNDESAMT, 2004a: 3). Bis zum Jahr 2002 wurden diese Treibhausgasemissionen um 18,9 % auf 1 014,6 Mio. t CO_2-Äquivalent verringert (vgl. Tabelle 1). Die weitaus größten Emissionsmengen entfallen mit 864 Mio. t CO_2-Äquivalent auf Kohlendioxid-Emissio-

[1] Für die Treibhausgase CO_2, CH_4 und N_2O gilt das Jahr 1990 als Basisjahr, für die restlichen Treibhausgase HCF, PCF und SF_6 das Jahr 1995.

[2] Mit dem Global Warming Potential (GWP) lassen sich die Emissionsmengen eines THG in CO_2-Äquivalente umrechnen.