

**Ausgleichszahlungen für ökologische Leistungen in Agrarumweltprogrammen und ihre Wirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit von Betrieben und Regionen mit unterschiedlicher Intensität**

Referat

von

Ernst-August NUPPENAU

Institut für Agrarpolitik und Marktforschung  
der Justus-Liebig-Universität Gießen  
Senckenbergstraße 3, 35390 Gießen  
Tel.: 0641-99-37022, Fax: 0641-99-37029  
E-mail: [Ernst-August.Nuppenau@agrار.uni-giessen.de](mailto:Ernst-August.Nuppenau@agrار.uni-giessen.de)

Vierzigste Jahrestagung der Gesellschaft  
für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues  
Vom 4. Bis 6. Oktober 1999 in Kiel

Tagungsthema:  
"Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmertum in der Landwirtschaft"

# Ausgleichszahlungen für ökologische Leistungen in Agrarumweltprogrammen und ihre Wirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit von Betrieben und Regionen mit unterschiedlicher Intensität

VON  
E.-A. NUPPENAU<sup>1</sup>

## 1 Einleitung:

Die vermehrte Anwendung von Ausgleichszahlungen für ökologische Leistungen stellt ein wesentliches Element in den Umgestaltungsvorschlägen für die Agrarpolitik nach dem Jahr 2000 dar (Stichworte: Agenda 2000 und cross-compliance for payments). Mit dem Instrument der Ausgleichszahlungen wird versucht, Elemente einer produktionsneutralen und entkoppelten Einkommenspolitik mit Elementen einer umweltverträglichen und landschaftserhaltenden Umweltpolitik zu verknüpfen. Dabei sollen finanzielle Anreize so gesetzt werden, daß die Landwirte einen möglichst großen aktiven Beitrag zur Erhaltung der Kulturlandschaft leisten und über die Einnahmen aus "Umweltleistungen" eine Kompensation für Preissenkungen erhalten. Der Beitrag der Landwirtschaft zur Erhaltung der Kulturlandschaft wird dabei als gesellschaftliches Ziel auf der Basis einer vorgefundenen Zahlungsbereitschaft interpretiert.

Grundüberlegung von Ausgleichszahlungen ist, daß Betriebe mit niedriger Intensität, d.h. solche Betriebe, die u.a. weniger Agrochemikalien einsetzen, als umweltfreundlich eingestuft werden und existenzfähiger *gemacht* werden sollen. Dabei wird vorausgesetzt, daß diese Betriebe ohne Zahlungen bzw. zu den neuen Preisen nicht wettbewerbsfähig wären und bezüglich der regionale Dimension soll *die Landwirtschaft* in ansonsten *gefährdeten Regionen* erhalten bleiben. Allerdings wird dabei wenig bedacht, wie sich in diesem Kontext die Wettbewerbsfähigkeit der anderen an den Programmen nichtbeteiligten Betriebe verändert. Wenn zudem auch noch auf konventionell wirtschaftende Betriebe ökonomischer Druck durch Abgaben mit dem Argument einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von umweltverträglich wirtschaftenden Betrieben ausgeübt wird, ändert sich deren Wettbewerbsfähigkeit zusätzlich, ausgedrückt in der Grundrente. Ziel des Referates ist es zu untersuchen, wie Ausgleichszahlungen auf die interne (zwischen Wirtschaftsformen: konventionell und umweltverträglich) und externe (steigende Kosten über höhere Grundrenten) Wettbewerbsfähigkeit von verschiedenen Betrieben und Regionen wirkt. Dabei bedient sich der Beitrag des Thünenmodells, das die Intensität und Grundrenten in Entfernung von einem zentralen Ort abbildet.

Als bestimmender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit wird auf die Grundrente und damit die Fähigkeit abgestellt, in der Region existierende Bodennutzungspreise (Grundrenten) bezahlen zu können. Grundsätzlich kann für die hier zu diskutierenden Ausgleichszahlungen angenommen werden, daß sie die Fähigkeit, höhere Bodennutzungspreise zu zahlen, bei Betrieben mit umweltfreundlicher Wirtschaftsweise, regional unterschiedlich aber doch tendenziell verbessert, während eine Besteuerung von externen Effekten bei konventionellen Betrieben deren Fähigkeit zur Zahlung von gleichwertigen Bodennutzungspreise reduzieren würde. Mit Ausgleichszahlungen wird das regionale Grundrentenprofil maßgeblich geändert; einerseits zum Referenzsystem: aktuelle Grundrenten; andererseits auch zu einem liberalisierten Agrarmarkt.

Die Analyse setzt voraus, daß Regeln für die Ausgestaltung von Ausgleichszahlungen entworfen werden. Aus theoretischen und empirischen Analysen zur Ausgestaltung von Ausgleichszahlungen mit dem Ziel "mehr Umweltqualität" kann abgeleitet werden, daß Zahlungen differenziert nach ökologischen Leistungen (sogenannten Ökopunkten), der Intensität (z.B. GV/ha oder dem Einsatz von industriellen Inputs/ha) und der Entfernung zur Stadt ökonomisch sinnvoll sein können (NELLINGER, 1996; aktuell: WILHELM, 1999). Dabei spielt die Tatsache, daß in stadtnahen Bereichen höhere Umweltqualitäten gefordert werden, eine herausragende Bedeutung (ALVENSLEBEN, 1995). Der ökonomische Konflikt besteht darin, daß Aus-

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Ernst-August Nuppenau, Institut für Agrarpolitik und Marktforschung, Justus-Liebig-Universität, Gießen

gleichszahlungen das regionale Grundrentenprofil verzerren, aber nur aufgrund der gewählten Zahlungen regional verstärkt geforderte Umweltqualitäten realisierbar sind. Die höhere Umweltqualität soll dabei durch ein Mehr an umweltverträglicher Landwirtschaft erzielt werden. Zielsetzung des Beitrages ist es u.a. auch zu zeigen, daß die derzeit angewandten einfachen Verfahren zur Ermittlung von Ausgleichszahlungen in Abhängigkeit von der Intensität der Agrarproduktion zu stärkeren Verzerrungen als nötig auf dem Bodenmarkt führen, weil diese nicht regional differenziert werden, und sich damit die Wettbewerbssituation von nicht teilnehmenden Betrieben auf dem Bodenmarkt "unnützlich" verschlechtert. Dies setzt voraus, daß ein alternatives durchgängiges Konzept zur Ausgestaltung von Ausgleichszahlungen in Abhängigkeit von den Ballungszentren (zentrale Orte) als Referenzsystem entwickelt wird, das die Verzerrungen im Grundrentenprofil bei gleichzeitiger Vorgabe von Umweltzielen minimiert und damit auch zu keinen "unnützlich" Renten führt. Aus methodischer Sicht wird auf theoretische Arbeiten zur Ausgestaltung von Ausgleichszahlungen mit im Raum unterschiedlicher Intensität wirtschaftenden Landwirten zurückgegriffen (Thünenmodell). Dieser Ansatz wird um die indirekten Wirkungen auf den Bodenmarkt und damit um die Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der weiter konventionell wirtschaftenden Landwirte erweitert.

## 2 Betriebswirtschaftliche Gewinne und volkswirtschaftliche Verluste durch Subventionierung umweltverträglicher Produktion

### 2.1 Aufstellung der betriebswirtschaftlichen Optimierung mit Subventionen

Zur Analyse des Zusammenhanges von Umweltqualität und Verhalten der Landwirte, erfolgt als erstes im Zuge einer betriebswirtschaftlichen Optimierung eine Aufstellung der Verhaltensfunktionen, inklusive der Kostenfunktion für Agrarproduktion, auf der Basis der üblichen Betrachtung von Erlös minus Kosten. Der typische Betrieb variiert mit einer Intensität "i":

$$G(i) = [p \cdot q(i) - C(q(i), g(i), s(i), w_1, w_i, \dots))]a \quad (2.1.1)$$

mit:  $p$  = Agrarproduktpreis  
 $q$  = Produktionsmenge  
 $g$  = Grundrente als interne Kosten (Preis) für Land  
 $s$  = Subventionssatz für umweltverträglichere Landwirtschaft  
 $a$  = Fläche in umweltverträglicher Landwirtschaft "1" und konventioneller Landwirtschaft "2"  
 $w_i$  = Preise für Inputs: Arbeit 1 und industrielle Input (Mineraldünger, Pflanzenschutz etc.) i und

$$\text{expliziter: } \ln C(i) = \beta_{10} [\ln g(i) + s(i)] + 0.5\beta_{11} [\ln g(i) + s(i)]^2 + \beta_{12} \ln q [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{13} \ln w_1 [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{14} \ln w_i [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{15} \exp\{\rho_{15}i\} [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{20} \ln q + \beta_{21} [\ln q]^2 + \beta_{22} \ln q * \ln w_1 + \beta_{23} \ln q * \ln w_i + \beta_{24} \ln q \{\rho_{15}i\} + \dots \quad (2.1.2)$$

Als Ableitung nach der Produktionsmenge erhält man durch gleichsetzen mit Null:

$$\frac{\partial G(i)}{\partial \ln q} = 1 - \frac{g \cdot s \cdot a}{C} = [\beta_{20} + \beta_{12} [\ln g(i) + \beta_{11} 2s(i)] + \beta_{21} \ln q + \beta_{22} \ln w_1 + \beta_{23} \ln w_i + \beta_{24} e^{\rho_{15}i} + \dots] = 0 \quad (2.2)$$

Aus der Optimalitätsbedingung ergibt sich, wenn man die Gleichung (2.1.1 mit 2.1.2, die den expliziten Teil der Kostenfunktion darstellen) differenziert, als Änderung der Produktionsmenge in Abhängigkeit von der Änderung der Grundrente und der Subvention Gleichung:

$$\frac{g \cdot s \cdot a^0}{C^0} - \beta_{12}^* d \ln g(i) + \beta_{12} s(i) - \beta_{21} d \ln q = 0 \Leftrightarrow d \ln q = \frac{1}{\beta_{21}} \left[ \frac{g \cdot a^0}{C^0} + 1 \right] s(i) - \beta_{12} [d \ln g(i)] \quad (2.3)$$

Neben der Bestimmung der optimalen Produktionsmenge und der sich ergebenden Änderung der Grundrente kann im dualen Ansatz auch gleich die Grundrente selbst abgeleitet werden.

$$\frac{\partial G(i)}{\partial [\ln g + s]} = \beta_{10} + \beta_{11}^* \ln g(i) + \beta_{11} s(i) + \beta_{12} \ln q + \beta_{13} \ln w_1 + \beta_{14} \ln w_i + \beta_{15} e^{\rho_{15}i} + \dots = 0 \quad (2.4)$$

Die Bestimmung der Änderung der Grundrente in Abhängigkeit von der Subvention erfolgt dann als Differenzierung der Optimalbedingung, so daß sich als Grundrentenänderung ergibt:

$$\beta_{11}^* d \ln g(i) + \beta_{11} s(i) + \frac{\beta_{12}}{\beta_{21}} \left[ \frac{g \cdot a_1^0}{C^0} + 1 \right] s(i) - \beta_{12} [d \ln g(i)] = 0 \quad (2.5)$$

Der Zusammenhang zwischen der Änderung der Grundrente und der Subvention ist, wenn die Koeffizienten aus der Gleichung (2.5) zusammengefaßt werden, vereinfacht darzustellen als:

$$\Leftrightarrow d \ln g(i) = \delta_{11}^* s(i) \quad (2.5')$$

Diese Beziehung ist für die regionale Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere von Pachtbetrieben, von großer Bedeutung. Daß die regionalen Pachtmärkte durch Umweltprogramme und Förderung von speziellen Betriebsformen beeinflusst werden, hat in der Agrarpolitik eine hohe Aufmerksamkeit gefunden (MÜLLER und SCHMITZ, 1996). Mit steigenden Grundrenten beansprucht der Faktor Boden größere Anteile in der Entlohnung und Arbeit wird schlechter entlohnt, so daß der Faktor Arbeit verteilungspolitisch betroffen ist und verstärkt abwandert.

## 2.2 Aufstellung der volkswirtschaftlichen Verlustfunktion in der Güterproduktion

Die betriebliche Optimierung kann im nachfolgenden für die Berechnung der volkswirtschaftlichen Verluste, die als Folge der Subventionierung der umweltverträglicheren Formen der Landnutzung eintreten, herangezogen werden. Dazu stellen wir zuerst die Zielfunktion der Landwirte auf, indem wir uns die Gewinnänderung der Landwirte ansehen:

$$\Delta LW(i) = [p^* q^1(i) + g(i) s(i) l_1^1(i) - C^1(q^1(i), g^1(i), s^1(i), w_1, w_i, \dots))] a - [p^* q^0(i) - C^0(q^0(i), g^0(i), w_1, w_i, \dots))] a \quad (2.6)$$

Die volkswirtschaftlichen Verluste in der Güterproduktion erhält man durch Abzug der Subventionszahlungen. Die Subventionszahlungen stellen aus Sicht der Kosten-Nutzen-Analyse einen Transfer dar; sie stellen bei volkswirtschaftliche Betrachtung für die Einkommen eine Umverteilung dar. Die Wirkung der Subvention besteht allerdings darin, daß sie eine Produktionsänderung und eine Landreallokation sowie eine Änderung beim Inputeinsatz erzeugen:

$$\Delta VW(i) = [p^* dq^1(i) - C^1(\ln q^0(i) + d \ln q^0(i), \ln g^0(i) + d \ln g^0(i) + s(i), w_1, w_i)] a + C^0(\ln q^0(i), \ln g^0(i), w_1, w_i)] a \quad (2.7)$$

Zur Berechnung der volkswirtschaftlichen Verluste als Folge der Verzerrungen in der Güterproduktion bei der Subventionierung der umweltverträglichen Agrarproduktion kann dann auf die zuvor abgeleiteten Beziehungen aus der betrieblichen Optimierung zurückgegriffen werden, wobei sowohl die Produktionsänderung als auch die Änderung der Grundrente als Änderung der Subvention darstellbar sind. Ferner erfolgt die Abbildung als explizite Funktion:

$$\begin{aligned} \Delta VW(i) = & [p^* q^0 \delta^*_{22} s(i) - \beta_{10} [\ln g^0(i) + (1 + \delta^*_{11}) s(i)] + 0.5 \beta_{11} [\ln g^0(i) + (1 + \delta^*_{11}) s(i)]^2 + \beta_{12} \ln q [\ln \\ & g^0(i) + \\ & (1 + \delta^*_{11}) s(i)] + \beta_{13} \ln w_1 [\ln g^0(i) + (1 + \delta^*_{11}) s(i)] + \beta_{14} \ln w_i [\ln g^0(i) + (1 + \delta^*_{11}) s(i)] + \beta_{15} \exp\{\rho_{15} i\} \\ & [\ln g(i) + (1 + \delta^*_{11}) s(i)] + \beta_{20} [\ln q^0 + \delta^*_{22} s(i)] + \beta_{21} [\ln q^0 + \delta^*_{22} s(i)]^2 + \beta_{22} [\ln q^0 + \delta^*_{22} s(i)] * \ln \\ & w_1 + \\ & \beta_{23} [\ln q^0 + \delta^*_{22} s(i)] * \ln w_i + \beta_{24} [\ln q^0 + \delta^*_{22} s(i)] \exp\{\rho_{15} i\} + \dots \end{aligned} \quad (2.8.1)$$

In der Gleichung (2.8.1) lassen sich gemeinsame Termini zusammenfassen. Vereinfacht mit "neuen" Koeffizienten unter Berücksichtigung jeweils aller Elemente aus (2.8.1) erhält man eine Verlustfunktion, die sich als Funktion von  $s(i)$  und der ursprünglichen Grundrente ergibt.

$$\Delta VW(i) = [\delta_0 [\ln g^0(i) + \delta_{10} s(i)] + 0.5 \delta_{11} [\ln g^0(i) + \delta_{10} s(i)]^2 + \delta_{12} [\ln g^0(i) + \delta_{22} s(i)] \{\rho_{15} i\}] a \quad (2.8.2)$$

Diese Funktion kann jetzt weiter für die eigentliche Frage der räumlichen und intensitätsbezogenen Ausgestaltung von Ausgleichszahlungen, wie sie in diesem Beitrag vornehmlich

diskutiert wird, benutzt werden. Dazu ist es erforderlich die Grundrente, im allgemeinen, und im Thünenmodell, im speziellen, näher zu bestimmen.

Im allgemeinen gilt, daß die Grundrente dem Wertgrenzprodukt der Agrarproduktion, bezogen auf den Hektar, entspricht. Die Grundrente wird als Schattenpreis für die Landrestriktion oder als Pachtpreis ausgewiesen. Unterstellt man beispielsweise, daß die Produktionsfunktion als Cobb-Douglas-Funktion (primal zur obigen Kostenfunktion) approximiert wird, folgt für Grundrente "g" in Abhängigkeit von der Intensität pro Hektar (Betriebsmittel) "x/a", daß

$$g = p \frac{\partial q}{\partial a} = p \alpha x^{\alpha-1} a^{1-\alpha} = p \alpha \left[ \frac{x}{a} \right]^{\alpha-1} \Leftrightarrow \ln g(i) = \ln p \alpha + [\alpha - 1] \ln i \quad \text{mit Def. } i = \frac{x}{a} \quad (2.9)$$

ist. Damit ist das Niveau der Grundrente auch vom herrschenden Preisniveau abhängig, d.h. das obige Referenzniveau der Grundrente (Gleichung 2.8.2) kann alternativ bestimmt werden. Im Thünenmodell ist sodann die Intensitätsänderung in Abhängigkeit von der Stadtentfernung zu bestimmen. Dazu können spezielle Anwendungen und Modellrechnungen des Thünenmodells herangezogen werden. Auf Thünen basierende Programmierungsmodelle zeigen einhellig in Abhängigkeit von der Entfernung zum Zentrum, gemessen am Radius "r", eine überproportionale Abnahme der Grundrente (siehe beispielsweise BAUER und HUMMELSHEIM, 1995). Diesem sowohl theoretisch als auch empirisch nachgewiesenen Tatbestand kann über eine exponentielle Beziehung Rechnung getragen werden, wobei  $\rho_{21}$  niveauabhängig ist.

$$\ln g^0(i) = \rho_{21} - \rho_{22} \ln i \quad (2.10)$$

In einem weiteren Schritt kann auf die direkte Beziehung zwischen Intensität und Entfernung zurückgegriffen werden. Dabei wird im Ansatz vereinfachend auf die bei Thünen abgeleitete Beziehung von Intensität "i" und Entfernung "r" zurückgegriffen. Diese Beziehung kann im übrigen ebenfalls quantitativ aus entsprechenden Modellrechnungen bezogen werden (BAUER und HUMMELSHEIM, 1995). Weiterhin wird postuliert, daß sich die Beziehung je nach formaler Erfordernis durch 3 Gleichungen (2.11.1 – 2.11.3) abbilden läßt.

$$\ln i = \rho_{31} - \rho_{32} r \quad (2.11.1), \quad \ln r = \rho_{41} - \rho_{42} \ln i \quad (2.11.2), \quad \ln r = \rho_{51} - \rho_{52} i \quad (2.11.3)$$

Diese Gleichungen, die mit etwas unterschiedlichen Kurvenformen arbeiten, ermöglichen es letztendlich, die im Beitrag zu analysierenden Fragestellungen sowohl unter dem Gesichtspunkt der Entfernung als auch unter dem Gesichtspunkt der Intensität zu behandeln. Entsprechend reduziert sich die volkswirtschaftliche Verlustfunktion nochmals zu einer Funktion, die nur noch auf der Höhe der Subvention für umweltfreundliche Landwirtschaft und der Intensität bzw. Entfernung beruht. Dabei ist berücksichtigt, daß die in der Entfernung zum zentralen Ort variierende Fläche "a" vom Radius abhängig ist:  $a=2\pi r$  (BAUER und HUMMELSHEIM, 1995) und der Radius als Argument synonym durch die Intensität (2.11.3) ausgedrückt wird.

$$\Delta VW(i) = [\delta_0 s(i) + 0.5 \delta_1 s(i)^2 + \delta_2 s(i) \delta_3 \exp\{\rho_{61} i\}] \delta_4 \exp\{\rho_{51} i\} \quad (2.10)$$

Gleichung (2.10) dient der räumlichen (intensitätsbezogenen) Kosten-Nutzen-Analyse der Subventionierung einer umweltverträglichen Landwirtschaft. Dazu wird im folgenden die Wirkung der Subvention auf die Umweltqualität über das Verhalten der Landwirte abgebildet.

### 3 Bestimmung des Zusammenhanges von Umweltqualität und Verhalten der Landwirte

Wie in einem anderen Beitrag des Autors (NUPPENAU, 1998) vorgestellt, kann man sich die Beurteilung der Umweltqualität über Ökopunkte "E", die von Experten möglichst nachvollziehbar vergeben werden, denken. Ein ähnliches Vorgehen wählt auch WILHELM (1999) zur Wirksamkeitskontrolle von Fördermaßnahmen. Die Intensität wird im Einsatz von Stickstoff "X<sub>1</sub>" und Pestiziden "X<sub>2</sub>", etc., pro ha erfaßt und dann mit den Expertenurteilen korreliert.

$$\ln \{E\} = -\beta_1 X_1/a - \beta_2 X_2/a \quad (3.1)$$

Die Wahl der Kurvenform einer exponentiellen Beziehung zwischen Umweltbewertung aus Sicht der Experten "E" in einem Ökopunktesystem (von 0 bis 100 Punkte) und der Intensität der Agrarproduktion bringt zum Ausdruck, daß die Probleme des Einsatzes von Agrochemikalien als zunehmend gravierender mit höherem Einsatzniveau empfunden werden (einen aktuellen Überblick über die Expertenmeinungen hierzu gibt WILHELM, 1999, S.37-53). Der Einsatz der für die Umwelt als schädlich betrachteten Inputs (pro ha) ist wiederum ein Funktion der Aufteilung eines 'idealen' Hektars "a" in 'konventionelle' "a<sub>1</sub>" und 'umweltverträgliche' Landwirtschaft "a<sub>2</sub>"; d.h.: a = a<sub>1</sub> + a<sub>2</sub>. Definiert man ferner den gewichteten Einsatz der oben genannten Inputfaktoren global als Intensität, kann unter Berücksichtigung des Einsatzes auf den beiden Teilflächen, 'konventionell' und 'umweltverträglich', und der Landallokation folgende Beziehung mittels Taylor-Expansion (NUPPENAU, 1998) abgeleitet werden.

$$\ln\{\mathbf{E}\} = (\beta_2 - \beta_1)[\gamma_0 w_1 x_{11} / l_1 + i_{11,0} a_1 + (1 - \gamma_0) w_1 x_{12} / l_2 + i_{12,0} a_2] - \beta_2 [i_{1,0} a_1 + \gamma_0 i_1 + (1 - \gamma_0) i_2 + (i_{12,0} + i_{120}) a_2] \quad (3.2)$$

mit:

- $x_{ij} / l_j$  = Einsatz des Faktors "i" im Subsektor "j" pro ha
- $a_i$  = Landallokation, mit der Definition  $a_1 = l_1 / l$
- $i_1$  = potentielle technologische Intensität im Subsektor 1, Standort abhängig
- $i_2$  = potentielle technologische Intensität im Subsektor 2, Standort abhängig
- $\gamma_0$  = ursprünglicher Anteil von umweltverträglicher Landwirtschaft
- $i_{1,0}$  = ursprüngliche Intensität im Teilssektor 1
- $i_{11,0}$  = ursprüngliche Intensität des Inputfaktors 1 im Subsektor 1
- $i_{12,0}$  = ursprüngliche Intensität des Inputfaktors 1 im Subsektor 2
- $i_{21,0}$  = ursprüngliche Intensität des Inputfaktors 2 im Subsektor 1
- $i_{22,0}$  = ursprüngliche Intensität des Inputfaktors 2 im Subsektor 1

Die Gleichung (3.2) bietet eine Basis zur Einbeziehung von Verhaltensgleichungen der Landwirte in die Bestimmung der Umweltqualität. Sie hat den Vorteil, sowohl Veränderungen in den Einzelintensitäten (Nitrat, Fungizid, Herbizid, etc.) abzubilden als auch eine Landreallokation zu berücksichtigen. Dies ist insofern wichtig, da vielfach beobachtet wird, daß mit Fördermaßnahmen zwar die Intensität (auch Großvieh pro ha) auf geförderten Flächen gemäß den Auflagen zurückgeht, aber auf nichtgeförderten Flächen um so intensiver gewirtschaftet wird. Als nächstes ist es erforderlich, aus der Optimierung der Landwirte Schlüsse auf den Faktoreinsatz zu ziehen. Beispielsweise kann unter Erweiterung der obigen Kostenfunktion bei expliziter Berücksichtigung von weiteren "ln w<sub>i</sub>"-Komponenten durch die Ableitung nach x<sub>11</sub>

$$\frac{w_1 \cdot x_{11}}{C} = \beta_{30} + \beta_{13} [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{22} \ln q + \beta_{33} \ln w_1 + \beta_{34} \ln w_i + \beta_{35} e^{p24i} \quad (3.3)$$

auf den Einsatz von chemische Inputs in den Subsektoren geschlossen werden; allerdings muß auch an Arbeit z.B. als Substitut für den Herbizideinsatz gedacht werden. Analoges gilt für die Landaufteilung in Abhängigkeit von s(i), die Ableitung nach der Grundrente a<sub>1</sub> ergibt:

$$\frac{g \cdot s(i) \cdot a_1}{C} = \beta_{10} + \beta_{11} [\ln g(i) + s(i)] + \beta_{12} \ln q + \beta_{13} \ln w_1 + \beta_{14} \ln w_i + \beta_{15} e^{p24i} \quad (3.4)$$

Diese Herleitung der Faktornachfrage nach Land in umweltfreundlicher Landwirtschaft als Folge der Subventionierung erlaubt es, den Anteil von umweltverträglicher Landwirtschaft zu erhöhen, während gleichzeitig bedingt durch die Landrestriktion die Landnachfrage für die konventionelle Landwirtschaft zurückgeht. Im einzelnen ist es erforderlich, die in Gleichung (3.2) zu berücksichtigenden Faktoreinsatzverhältnisse mit den Optimierungsgleichungen (wie beispielsweise 3.3 und 3.4) zu bestimmen. Für das Verhältnis von Landanteilen a<sub>1</sub> zu a<sub>2</sub> gilt etwa, daß es aus dem Verhältnis der beiden Faktornachfragegleichungen ermittelt werden kann:

$$\frac{[g \cdot s(i) a_1 - g a_2]}{C} = \beta_{01} - \beta_{02} + \beta_{11} s(i) + [\beta_{11} - \beta_{12}] \ln g + [\beta_{21} - \beta_{22}] \ln q + [\beta_{11} - \beta_{12}] \ln w_i + \dots \quad (3.5)$$

Das Verhältnis  $a_1$  zu  $a_2$  in (3.5) kann so modifiziert werden, daß es mit Gleichung (3.2) als lineares Gleichungssystem zu lösen ist. Zusätzlich wird von der Eigenschaft der Exponentialgleichung (3.2), daß sie die Lösung einer Differentialgleichung darstellt, Gebrauch gemacht, indem auf die zugrundeliegende ursprüngliche Differentialgleichung zurück geschlossen wird:

$$\mathbf{E}(i) = \gamma_0 + \gamma_2 \mathbf{E}(i) + \gamma_1 \mathbf{s}(i) \quad (3.6)$$

#### 4 Ermittlung der gesellschaftlichen Gewinnfunktion als Folge höher Umweltqualität

Zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Gewinne als Folge höherer Umweltqualität, die durch die Subventionierung einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft auf Teilflächen erfolgen soll, wird auf grundsätzliche Überlegungen zum "Naturschutz im Lichte der Standorttheorie" (ALVENSLEBEN, 1995) und "Zur Weiterentwicklung der EU-Agrarreform unter ... umweltpolitischen Gesichtspunkten" (NELLINGER, 1996) zurückgegriffen. Der beiden Autoren zugrundeliegende Gedanke zur regionalen Nachfrage nach Umweltqualität konzentriert sich auf eine unterschiedliche regionale Nachfrage nach Umweltqualität. Er besteht im wesentlichen darin, daß die städtische Bevölkerung in einer mit hohem städtischen Einkommen gekennzeichneten Gesellschaft eine überproportional gesteigerte Umweltqualität in stadtnahen Bereichen der Agrarlandschaft bevorzugt und sich nicht gerne mit Umweltmaßnahmen in peripheren Regionen zufrieden gibt. Damit wird unterstellt, daß die Zahlungsbereitschaft für Umweltleistungen regional konzentriert ist, d.h. in zunehmender Nähe zum zentralen Ort ist der Bedarf an umweltgerechter Landwirtschaft, die auch als Erhaltung der Kulturlandschaft interpretiert werden kann, höher als in entfernten Regionen. ALVENSLEBEN (1995) drückt dies durch eine Variation der Nachfrage nach Fläche mit "Erholungsfunktion" aus.

Formal läßt sich der Zusammenhang abbilden, indem man eine gegebene Zahlungsbereitschaft zunächst am zentralen Ort linear in Abhängigkeit vom Preis definiert und diese im Raum exponentiell variiert. Im linearen Modell der Nachfrage nach Umweltqualität über die Zahlungsbereitschaft kann zudem auf die Methode der Reisekosten zurückgegriffen werden. Hierbei sind die Preise, die für die Erholungsfunktion zu zahlen sind, regional gestaffelt: Je nach dem wie weit die Anfahrt zum Erholungsort ist, hat der Konsument einen anderen Preis zu zahlen und seine Konsumentenrente wird kleiner sein. Daraus ergibt sich für die Nachfragerelation von räumlicher Nachfrage in Preisabhängigkeit:

$$[\alpha_0 + \alpha_1 \mathbf{E}^n(r)] \exp\{-\rho_{60} r\} = \mathbf{T}_0 \exp\{\rho_{61} r\} + \mathbf{T} \quad (4.1)$$

Zur Erläuterung: 1. Die linke Seite der Gleichung entspricht einer Nachfragekurve nach Umweltqualität  $\mathbf{E}$  als öffentliches Gut, welches modellintern hinsichtlich Niveau und räumlicher Differenzierung zu optimieren sein wird. 2. Die Nachfrage folgt abhängig vom Befriedigungsniveau  $\mathbf{E}$ , das regional differenziert  $\mathbf{E}^n(r)$  ist, einer im Raum exponentiell abnehmenden Stärke. Zur Begründung der exponentiell abnehmenden Nachfrage (Zahlungsbereitschaft) läßt sich anführen, daß u.a. die Besiedlungsdichte als Maßstab für einen von der Bevölkerung geforderten Ausgleich der Umweltqualität normalerweise einer exponentiell abnehmenden Funktion im Raum entspricht. 3. Das entsprechende Angebot  $\mathbf{E}^a$ , um die Nachfrage  $\mathbf{E}^n$  mit dem Angebot auszugleichen, wird modellintern als ökonomisch optimales Gleichgewicht bestimmt. 4. Die rechte Seite enthält als erstes Element die entsprechenden Reisekosten  $\mathbf{T}_0$ , um zu dem Erholungsort zu kommen, die ebenfalls, jetzt aber überproportional zunehmend, im Raum zu bestimmen sind. BAUER und HUMMELSHEIM (1995) haben explizit ausgerechnet, daß die Transportkosten kubisch sind; daher ist die obige Formulierung als approximativ zu betrachten. 5. Als zweites Kostenmoment enthält der den Nachfragern abzuverlangende Preis die ökonomisch optimale Subventionierung der Landwirtschaft. Sie wird als Finanzausgleich berechnet und beinhaltet ein zusätzliches Preismoment " $\mathbf{T}$ " für die "Nutznießer" der Umweltqualität. Dieser Preis wird nicht regional differenziert, da zunächst angenommen wird, daß alle Nachfrage aus der Perspektive des zentralen Ortes gleich ist. Die Fläche unter der Nach-

fragekurve (formal als Integral über den Preis bzw. die Menge, hier quadratisch), abzüglich der Ausgaben für die Bereitstellung, ergibt den Nettonutzen oder die "Konsumentenrente":

$$\Delta NW(r) = [\alpha_0 E^n(r) + 0.5 \alpha_1 E^n(r)] \exp\{-\rho_{60} r\} - [T_0 \exp\{\rho_{61} r\} + T] E^n(r) \quad (4.2)$$

Mit Hilfe dieser Formulierung kann später auf die Bestimmung des Transferpreises "T" für die Umweltqualität eingegangen werden. Dazu ist es erforderlich, das Integral (die Summe) aller Finanzbeträge der Nutznießer den Zahlungen der Empfänger (Land) anzugleichen.

$$\int [T_0 \exp\{\rho_{61} r\} + T] E(r) 2\pi r dr = \int [g(r)s(r) I_1(r) 2\pi r dr \quad (4.3)$$

Die Gleichung kann nach T aufgelöst werden, sobald der Funktionsverlauf für die modellintern zu bestimmenden Variablen E(r), s(r) und g(r) bekannt sind.

## 5 Aufstellung der gesellschaftlichen Zielfunktion und mathematische Lösung

In den vorangegangenen Abschnitten sind die Kosten einer Subventionierung von Teilflächen, die als Folge einer Verzerrung in der Agrarproduktion zu Gunsten einer umweltverträglicheren Landwirtschaft auftreten, und die Nutzen einer Subventionierung, die als Folge einer höheren Umweltqualität aus Sicht der Bürger zu verzeichnen wären, im Rahmen eines Intensität - bzw. räumlichen Modellansatzes zunächst separat diskutiert worden. Außerdem ist die Verknüpfung der Kosten und Nutzen durch eine Differentialgleichung hergestellt worden. Diese wiederum basiert auf im Raum vorzufindenden Intensitäten gemäß dem Thünenmodell. Nachfolgend werden jetzt die Kosten und Nutzen addiert und die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt maximiert. Als Optimierungsmethode dient die Kontrolltheorie, die aus der temporalen Optimierung bekannt ist und hier auf die räumliche Optimierung angewandt wird. Die Bestandsvariable ist die Umweltqualität E(i) und die Kontrollvariable ist die Subvention s(i). Die Kontrolltheorie benutzt den Ansatz der Hamilton-Gleichung, so daß Gleichung (5.1) gilt:

$$H\{s(i), E(i), \lambda(i), i\} = [\delta_0 s(i) + 0.5 \delta_1 s(i)^2 + \delta_2 s(i) \delta_3 \exp\{\rho_{71} i\}] \delta_4 \exp\{\rho_{72} i\} + [\alpha_0 E(i) + 0.5 \alpha_1 E(i)] \exp\{-\rho_{60} i\} - [T_0 \exp\{\rho_{61} i\} + T] E^n(i) + \lambda(i) [\gamma_2 E(i) + \gamma_1 s(i) + \gamma_0] \quad (5.1)$$

Gleichung (5.1) enthält die wesentlichen Elemente einer räumlichen bzw. intensitätsbezogenen Kosten-Nutzen-Analyse (Gleichung 2.10 für die Kosten und Gleichung 4.2 für die Nutzen). Sie dient zur Berechnung einer optimalen Umweltqualität in Abhängigkeit von der Intensität und damit zum zentralen Ort. Gleichung (5.1) stellt die quantitative Erfassung einer gesamtwirtschaftlichen Zielfunktion dar, die den gesamten Raum um einen zentralen Ort intensitätsbezogen abdeckt. Sie repräsentiert das Integral über alle Entfernungen zum zentralen Ort (Konzept der Kontrolltheorie), und ist konzentrisch in der Berücksichtigung der Flächen (Thünen; die Integrationsgrenzen können ausgetauscht werden). Ferner wird mit ihr methodisch der umweltökonomische Ansatz der Integrationsflächen verfolgt (ALVENSLEBEN, 1995). Als Nebenbedingung wird berücksichtigt, daß die Intensität im Raum verhaltensabhängig schwankt, und daß die Landwirte auf Subventionen, je nach Höhe ihrer Grundrente, reagieren. Die Variable  $\lambda(i)$  ist der Schattenpreis für eine intensitätsbezogene Restriktion aus Verhalten und Landverfügbarkeit. Die Hamilton-Gleichung kann wie folgt optimiert werden:

$$H_E = -\dot{\lambda} \quad (5.2.1), \quad H_s = 0 \quad (5.2.2), \quad H_\lambda = \dot{E} \quad (5.2.3)$$

Angewandt auf Gleichung (5.1) heißt dies, daß folgende Bedingungen gelten müssen:

$$[T_0 \exp\{\rho_{61} - [\rho_{72} - \rho_{60}] i\}] + T \cdot \exp\{-[\rho_{72} - \rho_{60}] i\} + \alpha_1 E(i) - [\rho_{72} - \rho_{60}] \lambda(i) = -\dot{\lambda}(i) \quad (5.3.1)$$

$$\delta_0 + \delta_2 \delta_3 \exp\{\rho_{71} i\} \delta_4 + \gamma_1 \lambda(i) + \delta_1 s(i) = 0 \quad (5.3.2)$$

$$\gamma_0 + \gamma_1 E(i) + \gamma_1 s(i) = \dot{E}(i) \quad (5.3.3)$$

Löst man Gleichung (5.3.2) nach  $s(i)$  auf und setzt in Gleichung (5.3.3) ein, erhält man ein System von 2 Differentialgleichung in den Variablen  $E(i)$  und  $\lambda(i)$ . Dieses System von Differentialgleichungen beruht auf der folgender Struktur und kann leicht gelöst werden (TU, 1991).

$$\dot{\mathbf{y}} = \Gamma \mathbf{y} + \Psi \exp \{ \omega i \} \quad \text{wobei } \mathbf{y} := [E, \lambda]' \quad (5.4)$$

Für die Variablen erhält man eine exponentielle Funktion der Umweltqualität in Abhängigkeit von der Intensität "i" und damit der Entfernung von der Stadt mit der folgenden Notation:

$$E(i) = A_{11} \cdot \exp \{ \omega_{11} \cdot i \} + A_{21} \cdot \exp \{ \omega_{21} \cdot i \} + B_1 \exp \{ \omega_{31} \cdot i \} + T \exp \{ \omega_{41} \cdot i \} \quad (5.5.1)$$

$$\lambda(i) = A_{12} \cdot \exp \{ \omega_{12} \cdot i \} + A_{22} \cdot \exp \{ \omega_{22} \cdot i \} + B_2 \exp \{ \omega_{32} \cdot i \} + T \exp \{ \omega_{42} \cdot i \} \quad (5.5.2)$$

Die  $A_{ij}$ ,  $\omega_{ij}$  und  $B_j$ 's werden durch das numerische Lösungsverfahren (TU, 1991) der Differentialgleichung bestimmt. Aus der Kenntnis von Gleichung (5.5.2) kann dann auf die Subvention geschlossen werden, indem die Gleichung (5.5.2) in Gleichung (5.3.2) eingesetzt wird. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um den Preis "T" für die Umweltqualität (zu zahlen vom Bürger als Konsumenten) rekursiv zu bestimmen. Formal kann dies geschehen, indem die Integrale jetzt über den Radius (Dimensionstausch) und die Gleichungen (5.5.1 u.2) berechnet werden, diese in die Gleichung (4.3) eingesetzt und dann nach T aufgelöst werden:

$$T = \frac{T_0 E(r) \Big|_0^R + s(r) \Big|_0^R}{E(r) \Big|_0^R} \quad (5.6)$$

Mit dem Wert für den Transfer-"T"-preis ist es mathematisch möglich, in den Ausgangsgleichungen (5.5...) die Werte von T anzugeben bzw. einzutragen, um somit den Verlauf der Subventionen auch im Niveau in Abhängigkeit vom Umweltpreis anzugeben. Inhaltlich ist es demnach im Thünenmodell möglich, den Finanz- und Einkommenstransfers zu ermitteln.

## 5 Zusammenfassung

Als bestimmender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit wurde auf die Grundrente und die Fähigkeit, in einer Region existierende Bodennutzungspreise (Grundrenten) bezahlen zu können, abgestellt. Aufbauend auf die Bestimmung der Grundrente wurde eine Ausgleichszahlung als prozentuale Zusatzzahlung für eine umweltverträgliche Wirtschaftsweise definiert. Damit wurde für die zu diskutierenden Ausgleichszahlungen angenommen, daß für die Bereitstellung einer höheren Umweltqualität die Fähigkeit höhere Bodennutzungspreise zu zahlen entscheidend ist. Die Verhaltensänderung der Landwirte als Folge von Ausgleichszahlungen wurde über eine Änderung der Landallokation und Änderungen in den speziellen Intensitäten als Angebot abgebildet. Die höhere Nachfrage nach Umweltqualität in stadtnahen Gebieten wurde dagegen über eine Zahlungsbereitschaft und die Reisekosten abgebildet. Die daraus resultierende regional differenzierte Nachfrage und das Angebot von höherer Umweltqualität wurden formal über ein Fließgleichgewicht in eine Differentialgleichung übertragen.

Mit den Ausgleichszahlungen wurde in einer nachfolgenden Modellanalyse, die der Kontrolltheorie entnommen ist, das regionale Grundrentenprofil maßgeblich geändert. Als Zielfunktion diente die Differenz zwischen volkswirtschaftlichen Gewinnen als Folge höhere Umweltqualität in Stadtnähe und Verlusten als Folge einer Verzerrung des Grundrentenprofils.

## 6 Literatur:

- ALVENSLEBEN, R.v. (1995): Naturschutz im Lichte der Standorttheorie. In: Agrarwirtschaft 44, Heft 6, S.230-236.
- BAUER, S.; HUMMELSHEIM, S. (1995): Überlegungen zur Nutzung des ländlichen Raumes aus heutiger Sicht. In: STAMER, H., et al. (Hrsg.), Johann Heinrich von Thünen, Seine Erkenntnisse aus wissenschaftlicher Sicht (1783-1850. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 210, S.66- 83.
- NELLINGER, L. (1996): Zur Weiterentwicklung der EU-Agrarreform unter einkommens-, markt- und umweltpolitischen Gesichtspunkten (Teil 2). In: Agrarwirtschaft 45, Heft 10, S.362-372.
- NUPPENAU, E.A. (1998): Economic Distortions in Environmental Programs: The Search for Optimal

- PaymentSchemes. In BROCKMEIER, M.; HERTEL, T.W.; SCHMITZ, P.M. (Hrsg.), Economic Transition and the Greening of Policies: Modelling New Challenges for Agriculture and Agribusiness in Europe. 50th EAAE-Seminar. Kiel, S. 216-235.
- MÜLLER, M.; SCHMITZ, P.M. (1996): Erfahrungen aus dem Westerwald- Eine conjointanalytische Betrachtung der landwirtschaftlichen Investitionsförderung. In: Landwirtschaftliche Rentenbank (Hrsg.), Investitionsförderung: Bisherige Entwicklungen, aktueller Stand, Alternativen für die Zukunft. Schriftenreihe, Band 10, Frankfurt/Main, S.79ff.
- TU, P. N.V. (1991): Introductory Dynamic Optimisation. Berlin.
- WILHELM, J. (1999): Umweltwirkungen von Fördermaßnahmen gemäß VO(EWG) 1078/92. Schriftenreihen "Landwirtschaft Angewandte Wissenschaft". Heft 480, Münster-Hiltrup.

