



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.*

Hartmann, M., Hediger, W., Peter, S., Lehmann, B.: Der Wert landwirtschaftlicher Leistungen im Klimaschutz – Eine ökonomische Analyse für die Schweiz – The value of agricultural contribution to climate policy - an economic analysis for Switzerland. In: Bahrs, E., von Cramon-Taubadel, S., Spiller, A., Theuvsen, L., Zeller, M.: Unternehmen im Agrarbereich vor neuen Herausforderungen. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 41, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2006), S. 581-590.

**DER WERT LANDWIRTSCHAFTLICHER LEISTUNGEN IM KLIMASCHUTZ – EINE
ÖKONOMISCHE ANALYSE FÜR DIE SCHWEIZ
THE VALUE OF AGRICULTURAL CONTRIBUTION TO CLIMATE POLICY – AN
ECONOMIC ANALYSIS FOR SWITZERLAND**

*Michael Hartmann, Werner Hediger, Simon Peter, Bernard Lehmann**

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft in der Schweiz hat seit 1990 gut 10% ihrer Treibhausgas-Emissionen reduziert und somit einen Beitrag von ca. 14% zur Erreichung der Kyoto-Verpflichtung der Schweiz geleistet. Diese Reduktionen beruhen jedoch nicht auf klimapolitischen Massnahmen, sondern auf einer Veränderung der agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Mit Hilfe eines integrierten Allokationsmodells wurde untersucht, welchen Beitrag die Landwirtschaft bis zum Jahr 2010 bei Fortführung der gegenwärtigen Agrarpolitik und zusätzlich mit gezielten Anreizen zur Klimapolitik leisten kann. Dabei zeigt sich, dass die Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zu weiteren Treibhausgas-Reduktionen beisteuern kann. Der anreizinduzierte Anteil ist allerdings, verglichen mit den gesamten Reduktionsverpflichtungen der Schweiz nach Kyoto-Protokoll, als eher gering einzustufen, bei vergleichsweise hohen zu erwartenden Vermeidungs- und Monitoring-Kosten. Das legt aus volkswirtschaftlicher Sicht den Schluss nahe, auf weiterführende Massnahmen durch die Landwirtschaft zu verzichten.

Schlüsselwörter

Landwirtschaft, Allokationsmodell, Treibhausgas-Reduktionen, Kohlenstoff-Sequestrierung, Klimapolitik

Abstract

Since 1990, Swiss agriculture has reduced its greenhouse gas emissions by about 10% and, thus, already provided a contribution of 14% to the national Kyoto target. These reductions have not been induced by climate policy. Rather, they are a consequence of changing conditions of agricultural policy and the economy. The potential of further reductions is assessed with an integrated agricultural allocation model. The results show that agriculture may further reduce its greenhouse gas emissions under the current agricultural policy. Targeted incentives, however, may only constitute a moderate option in the short term. But this potential is rather small compared to national Kyoto target by relatively high expected marginal abatement and monitoring costs. From an economic point of view, this leads to the advice to renounce targeted measures for additional greenhouse gas mitigation by the agriculture.

Keywords

agriculture, allocation model, reduction of greenhouse gas emissions, carbon sequestration, climate policy

* Michael Hartmann, Werner Hediger, Simon Peter und Bernard Lehmann, ETH Zürich, Agri-food and Agri-environmental Economics Group Institut für Agrarwirtschaft IA, ETH Zentrum, SOL C6, Sonneggstr. 33, CH - 8092 Zürich, mhartmann@ethz.ch.

1 Einleitung

Das vorrangige Ziel einer globalen Umweltpolitik liegt in der Reduktion oder zumindest einer Begrenzung anthropogen verursachter Emissionen zum Schutz der Erdatmosphäre. Erste Schritte auf diesem Weg wurden 1992 im Rahmen des Umweltgipfels von Rio de Janeiro („Earth summit“) mit der Unterzeichnung des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) aufgelegt, welches im März 1994 in Kraft getreten ist. International verbindliche Reduktionsziele für anthropogene Treibhausgase wurden erstmalig im 1997 unterzeichneten Kyoto-Protokoll festgelegt, welches nach der Ratifizierung durch die Russische Föderation im Februar 2005 für seine 128 Vertragsstaaten rechtsverbindlich in Kraft getreten ist. Mit dem Kyoto-Protokoll haben sich die Industriestaaten verpflichtet, ihre Emissionen der sechs Treibhausgase (THG) Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) zu reduzieren.

Die Schweiz hat das Kyoto-Protokoll im März 1998 unterzeichnet und im Juli 2003 ratifiziert und sich somit verpflichtet, die Emissionen der im Protokoll geregelten Treibhausgase bis in den Verpflichtungszeitraum 2008 – 2012 im Durchschnitt der Jahre auf 92% gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Auf nationaler Ebene spiegelt sich dieses Ziel im CO₂-Gesetz wider, welches eine Verminderung der CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung fossiler Energieträger bis zum Jahr 2010 gegenüber 1990 um insgesamt 10% (CO₂-GESETZ, 1999, ART. 2, ABS. 1 UND 2) vorgibt. So sind Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe insgesamt um 15% und Emissionen aus der Nutzung fossiler Treibstoffe (ohne Flugtreibstoffe) insgesamt um 8% zu reduzieren. Dieses Reduktionsziel soll in erster Linie durch energie-, verkehrs-, umwelt- und finanzpolitische sowie durch freiwillige Massnahmen erreicht werden. Vor allem mit Beginn des neuen Jahrtausends zeichnet sich trotz der eingeleiteten Massnahmen eine beträchtliche Lücke in der Zielerreichung bei der Reduktion der CO₂-Emissionen ab. Bei den Brennstoffen haben sich die Emissionen seit 1990 bis zum Jahr 2003 nur um 5% verringert und bei den Treibstoffen ist im gleichen Zeitraum gar ein Anstieg um 8% zu verzeichnen (BUWAL, 2004a, S. 5).

Der Beitrag der Landwirtschaft an den gesamten Treibhausgas-Emissionen der Schweiz betrug im Jahr 2002 knapp 12%, wobei sie mit nur ca. 1.7% an den CO₂-Emissionen beteiligt, dagegen bei Methan mit 67% und bei Lachgas mit 72% Hauptemittentin ist.

Obwohl die Landwirtschaft im Rahmen des Kyoto-Protokolls nicht explizit zu THG-Reduktionen verpflichtet ist, hat sie aufgrund agrarpolitischer Reformen (z.B. Reduktion der Tierbestände und zunehmende Ökologisierung) seit 1990 gut 10% ihrer Methan- und Lachgas-Emissionen reduziert und somit insgesamt einen Beitrag von ca. 14% zu den Reduktionsverpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Protokolls geleistet (BUWAL, 2004b).

Aus gesamtwirtschaftlicher Sichtweise stehen allerdings nicht einzelsektorale Beiträge zur Zielerreichung im Mittelpunkt, sondern die Berücksichtigung der unterschiedlichen Kosten und Möglichkeiten der verschiedenen Sektoren zur THG-Reduktion, um eine Zielerreichung mit möglichst tiefen Kosten für die schweizerische Volkswirtschaft zu erreichen. Dementsprechend gilt es, durch einen Vergleich der marginalen Vermeidungskosten der einzelnen Sektoren, Aussagen zur Vorzüglichkeit einzelner Reduktionsmassnahmen zu treffen. Zu diesem Zweck haben wir untersucht, ob das Bereitstellen von so genannten CO₂-Senken und weiteren THG-Reduktionen interessante Optionen für die Schweizer Landwirtschaft darstellen könnte, für die sich beispielsweise die Schweizer Wirtschaft im Rahmen einer freiwilligen Vereinbarung (z.B. mit „Domestic Emissions Trading“) zur Erreichung des Kyoto-Zieles interessieren könnte (HEDIGER ET AL., 2004).

Das Ziel dieses Beitrages ist das Aufzeigen und eine ökonomische Bewertung der landwirtschaftlichen Leistungen zur Reduktion ihrer THG-Emissionen seit 1990 sowie der zukünftig noch zu erwartenden Emissions-Reduktionen im Hinblick auf die Zielerfüllung im Rahmen des Kyoto-Protokolls. Dazu geben wir zunächst einen kurzen Überblick über relevante naturwissenschaftliche und ökonomische Studien zu diesem Thema und gehen kurz auf die Möglichkeiten von Emissions-Reduktionen durch die Landwirtschaft ein. Anschliessend werden das landwirtschaftliche Allokationsproblem und der von uns verwendete Modellansatz erläutert. Im weiteren Verlauf wird der Wert der landwirtschaftlichen Leistungen im Klimaschutz seit 1990 bestimmt. Den Abschluss dieses Beitrages bilden die Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen.

2 Möglichkeiten landwirtschaftlicher Treibhausgas-Reduktion

Die anthropogenen Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) der Schweiz werden seit 1990 im Treibhausgas-Inventar des Bundes (THG-Inventar) erfasst. Dieses liefert detaillierte Informationen über Stand und Veränderung der jährlichen THG-Emissionen sowie über die Veränderung der Kohlenstoffsenken in der Schweiz. Nicht berücksichtigt werden dabei die durch das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht geregelten Substanzen.

Für die Erstellung des Inventars sind die Richtlinien der Klimakonvention für Industrieländer (UNFCCC, 2000, 2003) sowie die technischen Handbücher des IPCC (1997) massgebend.

Erste Informationen über den Kohlenstoffgehalt und die Sequestrierungspotentiale für Kohlenstoff in den landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz liefert die Studie von LEIFELD ET AL. (2003). Damit ist eine naturwissenschaftliche fundierte Voraussetzung für die Abschätzung möglicher Kohlenstoffsenken in der schweizerischen Landwirtschaft geschaffen. Zusammen mit den früher veröffentlichten Untersuchungen über die Methan- und Lachgas-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft (MINONZIO ET AL., 1998; SCHMID ET AL., 2000) liefert die Studie von LEIFELD ET AL. nicht nur naturwissenschaftliche Informationen für die Berechnung der THG-Emissionen und der Veränderung der Kohlenstoffsenken. Diese naturwissenschaftlichen Studien stellen insgesamt auch eine wertvolle Grundlage für die ökonomische Bewertung und Beurteilung von Massnahmen zur Treibhausgasreduktion durch die schweizerische Landwirtschaft dar.

Zusätzlich zur Studie von LEIFELD ET AL. wurde von FISCHLIN ET AL. (2003) im Auftrag des BUWAL eine Bestandesaufnahme verfasst, welche einen Überblick über den aktuellen Wissensstand sowie eine Zusammenstellung der zurzeit offenen Fragen zur Senkenthematik liefert. Insgesamt wird aus diesen Studien ersichtlich, dass eine vollständige Ausnutzung des Potentials für die Kohlenstoffspeicherung in der Landwirtschaft eine grundlegende Änderung der landwirtschaftlichen Strukturen erfordern würde, und dass die zu erwartende Senkenleistung in den landwirtschaftlichen Böden klein wäre im Vergleich zu jener des Waldes. Zudem müssen für eine umfassende Beurteilung der Kohlenstoffsequestrierung in der Landwirtschaft auch die durch diesen Sektor verursachten Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas sowie die Entwicklung wirtschaftlicher und agrarpolitischer Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Insgesamt verdeutlichen die naturwissenschaftlichen Studien aus der Schweiz sowie ökonomische Analysen aus den USA (z.B. PAUTSCH ET AL., 2001; ANTLE ET AL., 2001; MCCARL AND SCHNEIDER, 2001) die Bedeutung eines integrierten Modellansatzes für die ökonomische Analyse von landwirtschaftlichen THG-Reduktionsmassnahmen. Auf diese Weise lassen sich Synergien und Trade-offs zwischen einzelnen Massnahmen in systematischer Weise berücksichtigen, auch wenn diese nicht unbedingt offensichtlich sind. Zudem verdeutlichen die numerischen Ergebnisse aus Nordamerika, dass die Sequestrierungspotentiale in Land- und Forstwirtschaft bedeutend tiefer sind als die bio-physikalischen Potentiale, und dass mittels C-Sequestrierung lediglich ein beschränkter Beitrag an die Erfüllung des Kyoto-Zieles geleistet

werden kann. Vor diesem Hintergrund gilt es, die Möglichkeiten der Reduktionen der THG-Emissionen durch die Landwirtschaft in der Schweiz auch aus ökonomischer Sicht zu beurteilen.

3 Das landwirtschaftliche Allokationsproblem

Auf nationaler Ebene ist das mittelfristige Ziel für die THG-Reduktion durch die im Kyoto-Protokoll eingegangene Verpflichtung vorgegeben. Im Sinne einer effizienten Verwendung knapper Ressourcen gilt es, dieses Ziel bis zur Verpflichtungsperiode 2008–2012 zu möglichst tiefen Kosten für die schweizerische Volkswirtschaft zu erreichen. Vor diesem Hintergrund soll die Rolle und der mögliche Beitrag der Schweizer Landwirtschaft im Hinblick auf eine kosten-effektive Zielerreichung analysiert werden. Der institutionelle Hintergrund für diese Analyse ist dadurch gegeben, dass für die Landwirtschaft im Rahmen der schweizerischen Klimapolitik keine Verpflichtung zur Reduktion ihrer Methan- und Lachgasemissionen vorgesehen ist.

Mit anderen Worten, die Eigentumsrechte (property rights) sind in der schweizerischen Klimapolitik so geregelt, dass die energieverbrauchenden Sektoren zur Emissionsreduktion verpflichtet sind, während die Landwirtschaft von einer expliziten Reduktionsverpflichtung befreit ist. Dies bedeutet aber nicht, dass es ökonomisch nicht sinnvoll wäre, die Landwirtschaft am Erreichen des Kyoto-Zieles zu beteiligen, solange die Grenzkosten der Vermeidung von Treibhausgasen bzw. das Bereitstellen von CO₂-Senken niedriger sind als die entsprechenden Grenzkosten im Energieverbrauchssektor.

Das Modell S_INTAGRAL¹

Wir haben unter der Berücksichtigung der verfügbaren Informationen und verschiedener Preisszenarien die kostengünstigsten Lösungen zur Erfüllung klimapolitischer Vorgaben für die Landwirtschaft in der Schweiz im Jahr 2010 bestimmt, indem wir die Grenzkosten für Massnahmen einer THG-Reduktion in der Landwirtschaft berechnet haben. Zu diesem Zweck haben wir das integrierte agrarwirtschaftliche Allokationsmodell *S_INTAGRAL* entwickelt. Bei diesem Modell handelt es sich um ein lineares Optimierungsmodell mit einer rekursiven Verknüpfung dynamisch-ökonomischer Komponenten zur Abbildung der Strukturkosten und damit der Pfadabhängigkeit des Systems. Mit Hilfe dieses Modells wurde das gesamte landwirtschaftliche Einkommen (Arbeitseinkommen + Landrenten) für das Landwirtschaftssystem Schweiz maximiert, d.h. die gesamte Landwirtschaft wird als ein gesamthaftes Unternehmen betrachtet (HEDIGER ET AL., 2004).

Das Modell *S_INTAGRAL* ist modular aufgebaut, bestehend aus den Teilmodellen „Tierhaltung“, „Futterbau“ und „Pflanzenbau“, in welchen die jeweils wichtigsten landwirtschaftlichen Aktivitäten abgebildet sind, sowie deren Auswirkungen auf die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase und das gesamte Einkommen des Systems Landwirtschaft Schweiz. Die Module sind zirkulär durch die Futterbilanz sowie die Düngertilanz untereinander verbunden. Weiterhin sind entsprechend der aktuellen Agrarpolitik Fruchtfolgebeschränkungen integriert wie auch verschiedene Optionen der C-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden und die landwirtschaftlichen THG-Emissionen. Bei den Berechnungen wird für den Zeitabschnitt bis zum Jahr 2005 nur ein Preisszenario (Basisszenario) verwendet, wogegen bis zum Zieljahr 2010 mit einem „Szenario CH“ und einem „Szenario EU“ gerechnet wird. Im Szenario CH wird von einer verhältnismässig geringen Abnahme der schweizerischen Produzentenpreise ausgegangen, während im Szenario EU mit einer kontinuierlichen Annäherung an das EU-Preisniveau mit entsprechend geringeren Produzentenpreisen in der Schweiz gerechnet wird.

1 *S_INTAGRAL* = Swiss INTegrated AGRicultural ALlocation model

Die in unseren Modellergebnissen prognostizierten Veränderungen der Tierbestände und der Landnutzung wirken sich auch auf die zu erwartenden THG-Emissionen und Sequestrierungs-raten aus (vgl. Tabelle 1). Allerdings verändern sich die Emissionen nicht strikt proportional zu den Tierbeständen. Vielmehr spielen Einflussfaktoren wie Futterzusammensetzung, Tier-haltung, Hofdüngerlagerung und –verwendung ebenfalls eine entscheidende Rolle (vgl. HEDIGER, 2004). Zudem verdeutlichen die Resultate in Tabelle 1, dass die Landwirtschaft in der Schweiz auch ohne zusätzliche Anreize mit der Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden einen, wenn auch eher bescheidenen Beitrag zur THG-Reduktion leisten kann. Viel bedeuten-der dagegen sind die aufgrund unserer Modellrechnungen erwarteten Beiträge zur Emissions-reduktionen bei einer Fortführung der aktuellen Agrarpolitik.

Tabelle 1: Entwicklung der landwirtschaftlichen THG-Emissionen und C-Sequestrierung

[kt CO ₂ eq/Jahr]	2000	2005	2010 „CH“	2010 „EU“
CO ₂ -Emissionen	132.6	124.2	121.9	117.8
CH ₄ -Emissionen	2'572.7	2'525.4	2'220.9	2'227.9
N ₂ O-Emissionen	2'016.8	1'961.2	1'828.8	1'801.6
THG-Emissionen insgesamt	4'722.1	4'610.8	4'171.0	4'147.3
Emissionsreduktion gegenüber 2000	—	111.3	551.1	574.8
C-Sequestrierung	11.5	15.6	19.4	26.0
Gesamte THG-Reduktion gegenüber 2000	—	126.9	570.5	600.8

Quelle: Hediger et al., 2004: 69

4 Wert landwirtschaftlicher Leistungen im Klimaschutz

Die von der Schweiz im Kyoto-Protokoll eingegangene Verpflichtung erfordert eine Reduktion ihrer THG-Emissionen, sodass diese im Mittel der Verpflichtungsperiode 2008 – 2012 um 8% oder 4.25 Mt CO₂-Äquivalente pro Jahr (Mt CO₂eq/Jahr) unter dem Referenzniveau von 1990 liegen sollten. Die aktuellsten Angaben aus dem THG-Inventar des Bundes (BUWAL, 2004c; SAEFL, 2004) belegen für den Sektor Landwirtschaft eine Reduktion der THG-Emissionen bis ins Jahr 2000 um 0.53 Mt CO₂eq/Jahr und bis 2002 um 0.60 Mt CO₂eq/Jahr, was einem Anteil von 14% an den gesamten Reduktionsverpflichtungen der Schweiz im Rahmen des Kyoto-Protokolls entspricht.

Eine kosten-effektive Reduktion der gesamtschweizerischen THG-Emissionen stellt ein volkswirtschaftliches Allokationsproblem dar. Nachfolgend wird dementsprechend die landwirtschaftliche Leistung im Klimaschutz aus wohlfahrtsökonomischer Sicht und unter Berücksichtigung der marginalen Vermeidungskosten der Landwirtschaft und des Energieverbrauchssektors (EVS)² bewertet. Der institutionelle Rahmen ist zum einen durch eine unilaterale Politik gegeben (alle Reduktionen müssen in der Schweiz realisiert werden) und zum anderen durch eine multilaterale Politik (ein Teil der Reduktionen kann durch die Teilnahme an den flexiblen Mechanismen im Rahmen des Kyoto-Protokolls im Ausland erbracht werden).

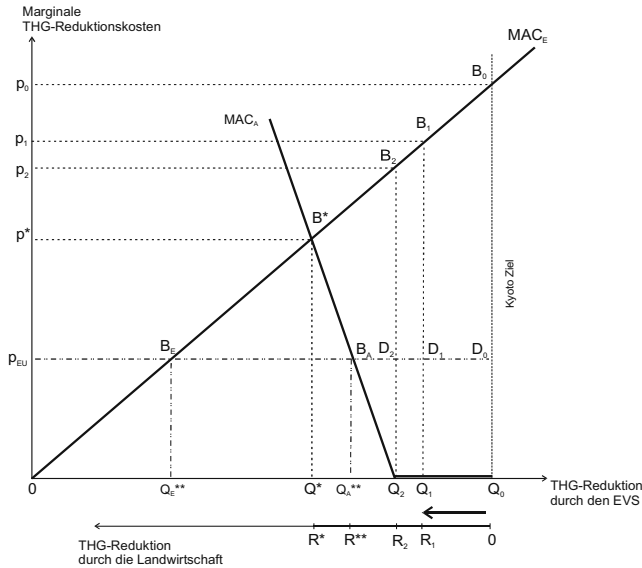
Als Referenzgrösse für die weiteren Betrachtungen werden die aus der Studie von BAHN AND FREI (2000) im Rahmen eines EU-Projektes zur Ermittlung der marginalen Kosten einer 10-prozentigen Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen bis ins Jahr 2010 für die Schweiz errechneten CO₂-Preise für den EVS verwendet. Im Falle einer unilateralen Politik ergab sich, je nach Szenarium, ein implizierter CO₂-Preis von 83 bzw. 103 CHF/t CO₂, während sich bei einer Beteiligung an einem Internationalen Zertifikatshandel ein Preis von 42 CHF/t CO₂ einstellte. In Abbildung 1 ist anhand einer schematischen Darstellung der Vergleich der relativen THG-Reduktionskosten des Energieverbrauchssektor (EVS) und der Landwirtschaft für das Referenzjahr 2010 abgebildet.

2 Der Energieverbrauchssektor umfasst die Sektoren Industrie, Dienstleistungen, Haushalte und Verkehr.

Auf der Abszisse in Abbildung 1 sind das Kyoto-Ziel Q_0 sowie die THG-Reduktionen des EVS und, als gegenläufige Bewegung, jene der Landwirtschaft dargestellt. Die Ordinate gibt die steigenden Grenzkosten der Emissionsverminderung des EVS (MAC_E) und der Landwirtschaft (MAC_A) wieder. Der Verlauf der MAC_A bezieht sich auf die Reduktionen in der Landwirtschaft und verläuft aus diesem Grund in die „andere Richtung“.

In der Ausgangssituation sind die THG-Emissionen entsprechend dem Kyoto-Protokoll bis in den Verpflichtungszeitraum 2008 – 2012 um 8% zu reduzieren. Bei dem oberen von BAHN AND FREI ausgewiesenen CO_2 -Preis p_0 von 103 CHF/t CO_2 , dem Reduktionsziel Q_0 von 4.25 Mt $CO_2eq/Jahr$ sowie der Einfachheit halber einer linearen Grenzkostenkurve für den EVS (MAC_E) würden die totalen Vermeidungskosten im EVS entsprechend der Fläche $0Q_0B_0$ ca. 220 Mio. CHF/Jahr im Mittel des Verpflichtungszeitraumes 2008 – 2012 betragen³.

Abbildung 1: Optimale Allokation der THG-Reduktion im Zwei-Sektoren-Modell



4.1 Wert bisher erbrachter Leistungen

Mit einer Verrechnung der bisher von der Landwirtschaft erbrachten Emissionsreduktionen in Höhe von 0.60 Mio. t $CO_2eq/Jahr$ (Basisreduktion $R_1 = Q_0 - Q_1$), verringern sich die vom EVS zu reduzierenden Emissionen auf die Menge $Q_1 = 3.65$ Mio. t $CO_2eq/Jahr$. Dadurch reduzieren sich die jährlichen Vermeidungskosten des EVS um 57.1 Mio. CHF bzw. 26%, was gleichzeitig dem volkswirtschaftlichen Wert der von der Landwirtschaft zwischen 1990 und 2002 erbrachten Leistungen und der Fläche $Q_0B_0B_1Q_1$ in Abbildung 1 entspricht. Der resultierende CO_2 -Preis p_1 reduziert sich auf 88.56 CHF/t CO_2eq (vgl. Tabelle 2, Reihe C).

³ Es gilt zu beachten, dass sich die folgenden Ergebnisse alle auf das Jahr 2010 als Mittel der Verpflichtungsperiode 2008 – 2012 beziehen.

4.2 Weiterführende Reduktionen bis zum Jahr 2010 bei einer unilateralen Politik

Weitere Reduktionen der THG-Emissionen seitens der Landwirtschaft werden sich bei Fortführung der aktuellen Agrarpolitik und den angenommenen Preisentwicklungen einstellen. Unsere Modellergebnisse zeigen, dass die Landwirtschaft zur Erfüllung des Kyoto-Zieles bis zum Jahr 2010 nochmals einen signifikanten Beitrag leisten kann. Die gegenüber dem Jahr 2002 zusätzlichen THG-Reduktionen bis zum Jahr 2010 betragen zwischen 0.12 und 0.50 Mio. t CO₂eq/Jahr ($R_2 - R_1$) und würden den EVS nochmals um einen Betrag zwischen 10 und 42 Mio. CHF/Jahr entlasten ($Q_1B_1B_2Q_2$ in Abbildung 1), was gleichzeitig dem Wert dieser zusätzlichen Reduktionen durch die Landwirtschaft entspricht. Entsprechend sinken die Grenzkosten für den EVS auf das Niveau p_2 von 85.61 bzw. 76.32 CHF/t CO₂eq (vgl. Tabelle 2, Reihe D und E).

Insgesamt mit den bisher erbrachten und den zukünftigen Reduktionen aufgrund der aktuellen Agrarpolitik kann die Landwirtschaft in der Schweiz bis zum Jahr 2010 ohne direkte Vermeidungskosten einen volkswirtschaftlichen Beitrag im Wert von ca. 67 – 100 Mio. CHF/Jahr leisten, was etwa 30 – 45% der ursprünglich für den EVS berechneten marginalen Vermeidungskosten von 220 Mio. CHF/Jahr entspricht. Einkommenseinbussen der Landwirte sind, da sie nicht klimapolitisch bedingt sind, in dem Fall nicht als Kosten im Sinne einer Klimapolitik zu bezeichnen, jedoch relevant für sozioökonomische Aspekte agrarpolitischer Veränderungen.

Tabelle 2: THG-Reduktion und Wert der landwirtschaftlichen Leistungen bis 2010 bei einer unilateralen Politik im Szenario Schweiz

	THG-Reduktion durch die Landwirtschaft	Verbleibende Reduktionsverpflichtung für den EVS	Erforderlicher CO ₂ -Preis	Vermeidungskosten für den EVS	Wert der landwirtschaftlichen Leistungen	Vermeidungskosten für die Landwirtschaft
	Mio. t CO ₂ eq/Jahr	Mio. t CO ₂ eq/Jahr	CHF/t CO ₂ eq	Mio. CHF/Jahr	Mio. CHF/Jahr	Mio. CHF/Jahr
A	0	4.25	103.00	218.9	0	0
B	0.53	3.72	90.13	167.6	51.3	0
C	0.60	3.65	88.56	161.8	57.1	0
D	0.72	3.53	85.61	151.2	67.7	0
E	1.10	3.15	76.32	120.2	98.7	0
F	1.20	3.05	73.86	112.6	106.4	2.2 – 2.5

A = Kyoto-Ziel (Reduktionsverpflichtung)

B = Rückgang der landwirtschaftlichen THG-Emissionen 1990 - 2000

C = Rückgang der landwirtschaftlichen THG-Emissionen 1990 - 2002

D = zu erwartender Rückgang der landwirtschaftlichen THG-Emissionen 1990 – 2010 bei Fortführung der aktuellen Agrarpolitik (3% Abnahme gegenüber dem Emissionsniveau 2000)

E = zu erwartender Rückgang der landwirtschaftlichen THG-Emissionen 1990 – 2010 gemäss Modellrechnungen mit S_INTAGRAL (Szenario CH) inklusive Anrechnung der Senkenleistungen 2000 - 2010 (Szenario CH)

F = maximale Reduktion der landwirtschaftlichen THG-Emissionen im Jahre 2010 gemäss Modellrechnungen mit S_INTAGRAL bei Verwendung gezielter ökonomischer Anreize im Szenario Schweiz

Mit gezielten ökonomischen Anreizen könnten die THG-Emissionen seitens der Landwirtschaft noch weiter reduziert werden. Die Modellrechnungen haben ergeben, dass im Szenario CH für das Jahr 2010 bei einer unilateralen Politik eine weitere THG-Reduktion von 2.5% effizient wäre. Die damit verbundenen Kosten für die Landwirtschaft belaufen sich dabei auf 2.2 – 2.5 Mio. CHF/Jahr, was aus Zeile F in Tabelle 2 hervorgeht. Verglichen mit den möglichen Einsparungen bei den Vermeidungskosten für den EVS in Höhe von 7.6 Mio. CHF/Jahr (Differenz zwischen Zeile E und F), wären Möglichkeiten für wirtschaftliche Anreize zur Realisierung dieses Potentials gegeben. Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass dieser Wert als relativ gering einzustufen ist, aufgrund eventuell anfallender Transaktionskosten, die mit der

Einführung und Kontrolle eines Anreizsystems zur Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen verbunden wären. Der volkswirtschaftliche Wert wäre entsprechend kleiner oder gar negativ.

4.3 Beteiligung an einem internationalen Zertifikatshandel

Beteiligt sich die Schweiz an einem internationalen Zertifikatshandel und damit einer multilateralen Politik, reduzieren sich sowohl die Kosten für den EVS als auch der Wert der landwirtschaftlichen Leistungen. Ausgehend von einem Preis p_{EU} von 42 CHF/t CO₂, resultierend aus der modellbasierten Schätzung nach BAHN AND FREI (2000), verringern sich die gesamtwirtschaftlichen Kosten der erforderlichen THG-Reduktion im Rahmen des Kyoto-Protokolls gegenüber der unilateralen Variante auf einen Wert zwischen 30 – 48 Mio. CHF/Jahr. Der zusätzliche Beitrag, den die Landwirtschaft durch gezielte ökonomische Anreize leisten kann, fällt bei einer starken Annäherung an das EU-Preisniveau mit 5 kt CO₂eq/Jahr allerdings vernachlässigbar klein aus.

5 Schlussfolgerungen

Aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht folgt, dass sich im Rahmen einer an volkswirtschaftlicher Effizienz orientierten Klimapolitik zwar grundsätzlich eine Einbindung der Landwirtschaft mittels entsprechender Anreize, wie Kompensationszahlungen in der Höhe der in den Tabelle 2 angegebenen Grenzkosten (CO₂-Preis), als Abgeltung für zusätzliche Leistungen (THG-Reduktionen) realisieren liesse. Allerdings muss, angesichts des verhältnismässig geringen Beitrages und vermutlich hohen Transaktionskosten, auch aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht von einer ausschliesslich auf Effizienzkriterien ausgerichteten Politik abgeraten werden.

Die bisherige Reduktion der THG-Emissionen zwischen 1990 und 2002 durch die Schweizer Landwirtschaft ist hauptsächlich auf sich verändernde agrarpolitische und wirtschaftliche, jedoch nicht auf klimapolitische Rahmenbedingungen zurückzuführen.

Die für den Zeitraum 1990 bis 2010 aufgrund der sich ändernden Rahmenbedingungen gesamthaft von der Landwirtschaft zu erwartenden THG-Reduktionen besitzen im Jahr 2010 einen volkswirtschaftlichen Wert zwischen 30 und 48 Mio. CHF/Jahr bei einer Teilnahme an einem internationalem Zertifikatshandel und liegen im Bereich von 67 bis 107 Mio. CHF/Jahr bei einer unilateralen Politik, was im letzteren Fall einer Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Kosten um mehr als ein Drittel gleichkommt. Damit verbunden sind nach dem Grundsatz der Unabhängigkeit irrelevanter Alternativen für die Landwirtschaft aber keine eigentlichen Vermeidungskosten, auch wenn ihr, agrarpolitisch bedingte, Einkommenseinbussen entstehen.

Erst durch gezielte Massnahmen zur THG-Reduktion entstehen der Landwirtschaft effektive Vermeidungskosten. Die Resultate des zur Analyse dieses Aspektes entwickelten rekursiv-dynamischen, linearen Optimierungsmodells zeigen zwar, dass, kurzfristig betrachtet, sowohl im Bereich der C-Sequestrierung als auch durch Emissionsminderung infolge von Landnutzungsänderungen kostengünstige Massnahmen zu einer weiteren THG-Reduktion durch die Landwirtschaft existieren. Der Anteil dieser Massnahmen zur Erfüllung der gesamten Reduktionsverpflichtung im Rahmen des Kyoto-Protokolls ist jedoch mengenmässig sehr bescheiden bei vergleichsweise hohen erwarteten Monitoring-Kosten. Dies legt aus volkswirtschaftlicher Sicht den Schluss nahe, auf weiterführende Massnahmen durch die Landwirtschaft zu verzichten. Allerdings muss bei diesen Resultaten berücksichtigt werden, dass die Möglichkeiten der Bioenergieproduktion durch die Landwirtschaft im Modell nicht integriert sind, und sich bei deren Berücksichtigung daher die Ergebnisse ändern könnten. Eine längerfristige Option könnte daher bei sorgfältiger Ausgestaltung der Politik und entsprechender Marktentwicklung bestehen.

Literatur

- ANTLE, J.M., S.M. CAPALBO, S. MOONEY, E.T. ELLIOTT, UND K.H. PAUSTIAN (2001): Economic Analysis of Agricultural Soil Carbon Sequestration: An Integrated Assessment Approach. In: *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26: 344-367.
- BAHN, O. UND C. FREI (2000): GEM-E3 Switzerland: A Computable General Equilibrium Model Applied for Switzerland. PSI-Bericht Nr. 00-01, January 2001, General Energy Research Department, ENE, Paul Scherrer Institut, Villigen PSI.
- BUWAL (2004a). Emissionen nach CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 31.08.2004, http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/daten/co2-statab8_04/1.pdf (02.12.2004)
- BUWAL (2004b): Treibhausgasinventar der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). In: <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/daten/44.pdf> (08.10.2004)
- BUWAL (2004c): Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz (1990-2002). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). In: http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/daten/juni_04_indikatoren.pdf (03.12.2004)
- CO₂-GESETZ (1999). Bundesgesetz über die Reduktion der CO₂-Emissionen (CO₂-Gesetz) vom 08. Oktober 1999 (Stand am 18. April 2000), <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/politik/8.pdf> (vom 15.09.2005)
- FISCHLIN, A., B. BUCHTER, L. MATILE, K. AMMON, E. HEPPELLE, J. LEIFELD UND J. FUHRER (2003): Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. Bericht/Report Nr. 29. Systemökologie ETHZ, Institut für Terrestrische Ökologie, ETH Zürich, März 2003.
- HEDIGER, W. (2004): Bestimmungsgründe und Entwicklung der landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen und Kohlenstoff-Senken in der Schweiz. Schriftenreihe Nr. 2004/2, Institut für Agrarwirtschaft, IAW, ETH Zürich
- HEDIGER, W., M. HARTMANN, S. PETER UND B. LEHMANN (2004): Ökonomische Beurteilung und Monetarisierung der landwirtschaftlichen Leistungen im Klimaschutz. Schriftenreihe Nr. 2004/3, Institut für Agrarwirtschaft, ETH Zürich.
- LEIFELD, J., S. BASSIN UND J. FUHRER (2003): Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland. Schriftenreihe der FAL 44. Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, FAL Reckenholz, Zurich, Switzerland
- IPCC (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callender (Eds); IPCC/OECD/IEA. UK Meteorological Office, Bracknell. In: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>
- MCCARL, B.A. UND U.A. SCHNEIDER (2001): Greenhouse Gas Mitigation in U.S. Agriculture and Forestry. In: *Science* 294: 2481-2482.
- MINONZIO, G., A. GRUB UND J. FUHRER (1998): Methan-Emissionen der schweizerischen Landwirtschaft. In: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.): Schriftenreihe Umwelt Nr. 298, Bern.
- PAUTSCH, G.R., L.A. KURKALOVA, B.A. BABCOCK UND C.L. KLING (2001): The Efficiency of Sequestering Carbon in Agricultural Soils. In: *Contemporary Economic Policy* 19: 123-134.
- SAEFL (2004): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2002: National Inventory Report 2004. Submission to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Berne.
- SCHMID, M., A. NEFTEL UND J. FUHRER (2000): Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. Schriftenreihe der FAL 33. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL Reckenholz, Zürich.
- UNFCCC (2000): Review of the implementation of commitments and of other provisions of the Convention. UNFCCC guidelines on reporting and review. United Nations, Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Fifth session, Bonn, 25 October – 5 November 1999; FCCC/CP/1999/7, 16 February 2000.

UNFCCC (2003): Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories. United Nations, Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Eighth session, New Delhi, 23 October – 1 November 2002; FCCC/CP/2002/8, 28 March 2003.