



## Doctoral Thesis

# **Economic monitoring of fossil energy use in EU agriculture regional analysis of policy instruments in the light of climate- related negative external effects**

**Author(s):**

Kränzlein, Tim

**Publication Date:**

2008

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005750056> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 17883

# **ECONOMIC MONITORING OF FOSSIL ENERGY USE IN EU AGRICULTURE**

**Regional Analysis of Policy Instruments in the light of  
Climate-Related Negative External Effects**

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by

**Tim Kränzlein**

Dipl.-Ing.Agr.Univ., Technische Universität München

Date of birth

October 14<sup>th</sup>, 1976

citizen of

Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Bernard Lehmann, Examiner

Prof. Dr. Stefanie Engel, Co-Examiner

Prof. Dr. Hermann Auernhammer, Co-Examiner

2008

## Zusammenfassung

Landwirtschaftliche Primärproduktion ist in vielerlei Hinsicht mit dem Verbrauch von nicht-erneuerbaren Energieressourcen verbunden. Konsequenterweise sind die dadurch entstehenden Treibhausgasemissionen Nebeneffekte der landwirtschaftlichen Produktion. Wenn eine Internalisierung dieser klimarelevanten Effekte angestrebt wird, ist ein Instrument notwendig, das den Energieverbrauch der landwirtschaftlichen Produktion methodisch einheitlich, in vollem Umfang und regional präzise abschätzen kann. Zudem stellt sich die Frage nach einem effizienten Energieeinsatz sowie einer räumlich und verfahrensspezifisch effizienten Allokation der Emissionsabsenkung.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, den Energieverbrauch und die -effizienz der landwirtschaftlichen Primärproduktion modellbasiert und regional differenziert für die gesamte Europäische Union (EU) abzuschätzen und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen zu errechnen. Zudem soll die Energieeffizienz der Wirtschaftlichkeit einer Region oder eines Produktionsverfahrens gegenübergestellt werden. In einem weiteren Schritt werden bestehende Politikinstrumente auf deren Energieverbrauch und die Relation zur Gesamtwohlfahrt hin untersucht. Anschliessend sind neue Instrumente, die eine Senkung des Energieverbrauchs beziehungsweise der entsprechenden Emissionen zum Ziel haben, Gegenstand einer Wirkungsanalyse. Die energetische Bewertung aller Energieverbrauchskomponenten basiert auf der Prozessanalyse und nutzt Methodik- und Datenbankelemente der Life-Cycle Analysis. Für die europaweite Darstellung sowie der Analyse von Politikinstrumenten wird das landwirtschaftliche Sektormodell CAPRI, ein partielles, komparativ-statisches Optimierungsmodell, genutzt.

Die Resultate zeigen, dass energieeffiziente Ackerbau- und Tierproduktionsstandorte hauptsächlich in mitteleuropäischen Regionen zu finden sind, während Ost- und südeuropäische Regionen häufig technisch ineffizienter produzieren. Die Ursachen sind neben dem geringen Ertragsniveau auch der Einsatz energieintensiver Produktionsmethoden. Viele osteuropäische Gebiete weisen zudem eine ungünstige Relation zwischen Energieverbrauch und Einkommen auf. Diese Rahmenbedingungen spiegeln sich in den Resultaten eines Politiksenarios wieder, bei dem mittels eines Schattenpreises des Energieverbrauchs, der zwischen den Regionen der EU ermittelt wird, eine Senkungsvorgabe aufgestellt wird. Während die Senkungskosten je Energieeinheit im Osten und Süden Europas relativ günstig sind und dort entsprechende Reduktionen erfolgen, ist es in Mitteleuropa ökonomisch attraktiv, die Produktion auf unverändertem Niveau aufrecht zu erhalten. Entsprechende Verschiebungen sind bei den einzelnen Produktionsaktivitäten zu beobachten. So wird beispielsweise die Produktion von energieaufwendig produziertem Körnermais stark zurückgefahren. Andererseits wird die energetisch wenig effiziente Tierproduktion aufgrund der Konsumentennachfrage nur in relativ geringem Umfang reduziert, was zu einem starken Preisanstieg führt. Zudem erhöhen sich durch die Massnahme die Importe, vor allem von Getreide und Fleisch, deutlich. Aus Perspektive der Gesamtwohlfahrt tragen die Konsumenten durch höhere Preise die Hauptlast der Reduktionsvorgabe. Im sektoralen Vergleich entsprechen die errechneten CO<sub>2</sub>-Senkungskosten von rund 100-110 €/t CO<sub>2</sub> denen anderer Autoren. Senkungsmassnahmen in der europäischen Landwirtschaft sind deshalb auch aus Sicht dieser Untersuchung ein relativ teures Instrument im Vergleich zu ausserlandwirtschaftlichen Massnahmen.

**Schlagworte:** Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen, landwirtschaftliche Sektormodellierung, GAP, Senkungskosten

## Résumé

A de nombreux égards, la production agricole primaire est tributaire de l'utilisation de sources d'énergie non renouvelables. Les émissions de gaz à effet de serre qui en résultent sont par conséquent des effets secondaires de la production agricole. Si l'on vise à internaliser ces effets importants pour l'environnement, il est nécessaire de disposer d'une méthode homogène et d'un instrument permettant d'évaluer la consommation d'énergie de la production agricole, intégralement et précisément par région. Il faut par ailleurs se demander comment utiliser efficacement l'énergie et allouer l'efficacité de la baisse des émissions en fonction des spécificités locales et des procédés de production.

La présente étude vise à modéliser la consommation d'énergie et l'efficacité énergétique de la production agricole primaire en différenciant les régions pour l'ensemble de l'Union Européenne (UE) et à calculer ainsi les émissions de gaz à effet de serre qui en résultent. En outre, il s'agit de comparer l'efficacité énergétique à la rentabilité d'une région ou d'un procédé de production. Dans l'étape suivante, les instruments politiques existants sont examinés quant à leur consommation d'énergie et à leur relation par rapport à la prospérité générale. Enfin, les nouveaux instruments qui ont pour but de réduire la consommation d'énergie et les émissions correspondantes, font l'objet d'une étude d'impact. L'évaluation énergétique de tous les composants de la consommation énergétique est basée sur une analyse des processus et utilise les éléments de méthodologie et ceux de la base de données de l'analyse du cycle de vie. Pour la représentation européenne ainsi que pour l'analyse des instruments politiques, on a utilisé le modèle sectoriel agricole CAPRI, qui est un modèle d'optimisation partiel, statique comparatif.

Les résultats montrent que les sites de production animale et de grandes cultures efficaces, énergétiquement parlant, se situent principalement dans les régions du centre de l'Europe, tandis que les régions de l'Est et du Sud de l'Europe produisent souvent moins efficacement sur un plan technique. Cette situation s'explique par le faible niveau de rendement ainsi que par l'emploi de méthodes de production qui consomment beaucoup d'énergie. De nombreuses régions d'Europe de l'Est affichent en outre une relation défavorable entre la consommation d'énergie et le revenu. Ces conditions-cadres se reflètent dans les résultats d'un scénario politique qui fixe un objectif de réduction à l'aide du coût d'opportunité de la consommation énergétique établi entre les régions de l'UE. Tandis que les coûts de réduction par unité énergétique sont relativement avantageux à l'Est et au Sud de l'Europe et que des baisses correspondantes ont lieu dans ces régions, au centre de l'Europe, il est plus attrayant de maintenir la production au même niveau. On observe un déplacement des activités de production en conséquence. Ainsi la production de maïs-grains qui consomme beaucoup d'énergie est ralentie tandis que la production animale moins efficace sur le plan énergétique n'est réduite que dans une moindre mesure à cause de la demande des consommateurs, ce qui se traduit par une forte hausse des coûts. De plus, suite à ces mesures, les importations augmentent considérablement, surtout celles de céréales et de viande. Du point de vue de la prospérité générale, ce sont donc les consommateurs qui assument la principale conséquence de l'objectif de réduction du fait des prix élevés. Dans le cadre de la comparaison du secteur agricole, les coûts calculés de réduction du  $\text{CO}_2$  qui s'élèvent environ à 100-110 €/t  $\text{CO}_2$  correspondent à ceux établis par les autres auteurs. A l'issue de la présente étude, on constate donc également que les mesures de réduction dans l'agriculture européenne sont un instrument relativement onéreux par rapport aux mesures extra-agricoles.

**Mots-clés:** consommation d'énergie, émissions de gaz à effet de serre, modélisation des secteurs agricoles, BPA, coûts de réduction

## Abstract

Primary agricultural production is in many respects associated with the consumption of non-renewable energy resources. Consequently, greenhouse-gas emissions arising from this consumption are a side-effect of agricultural production. In order to achieve an internalisation of these climate-relevant effects, an instrument capable of estimating the energy consumption of agricultural production in a methodical, coherent, complete and regionally precise manner is essential. Moreover, there is the question of efficient energy use, as well as the allocation of the emission reduction in a manner that is both spatially and process-specifically efficient.

The aim of this dissertation is to obtain a model-based, regionally differentiated estimate of the energy consumption and efficiency of primary agricultural production for the entire European Union (EU), and to calculate the resultant greenhouse-gas emissions. In addition, energy efficiency is to be compared with the cost-effectiveness of a region or a production process. In a further step, existing policy instruments are examined in terms of their energy consumption and relationship to overall welfare. New instruments aimed at reducing energy consumption or the corresponding emissions are then subjected to an impact analysis. The energy assessment of all energy-consumption components is based on the process analysis, and uses life-cycle analysis (LCA) methodology and database elements. The agricultural sector model CAPRI, a partial comparative-static optimisation model, is used for the Europe-wide representation as well as for the analysis of policy instruments.

The results show that energy-efficient arable-farming and animal-production sites are primarily located in Central European regions, whilst the production of Eastern and Southern European regions is often technically less efficient. The reason for this, besides low yield levels, is the use of energy-intensive production methods. In addition, many areas in Eastern Europe are characterised by an unfavourable relationship between energy consumption and income. These basic conditions are reflected in the results of a policy scenario in which a reduction target is deployed by means of a shadow price for energy consumption calculated between the regions of the EU. Whereas the reduction costs per energy unit in Eastern and Southern Europe are relatively favourable and corresponding reductions occur there, in Central Europe it is economically attractive to maintain production at an unchanged level. Corresponding shifts may be observed for the individual production activities. Thus, for example, there has been a sharp cutback in the production of energy-intensively produced grain maize. On the other hand, owing to consumer demand, animal production – comparatively inefficient in energy terms – is only being reduced to a relatively small extent, leading to a sharp rise in prices. Moreover, this measure is resulting in a considerable rise in imports, particularly of grain and meat. From the perspective of overall welfare, consumers are bearing the brunt of the reduction target in the form of higher prices. In the sectoral comparison, the calculated CO<sub>2</sub> reduction costs of around 100-110 €/t CO<sub>2</sub> tally with those of other authors. For this reason, reduction measures in European agriculture are a relatively expensive instrument in comparison with non-agricultural measures, even from the point of view of this study.

**Key words:** *Energy consumption, Greenhouse gas emissions, Agricultural sector modelling, CAP, Reduction costs.*