



Doctoral Thesis

**Policies for reduced soil erosion and phosphorus runoff from agricultural land
a dynamic economic analysis of agro-environmental measures
for the area of the lake Baldegg**

Author(s):

Mencarelli Wieser, Daniela

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004843046> →

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. 15753

Policies for Reduced Soil Erosion and Phosphorus Runoff from Agricultural Land

**A Dynamic Economic Analysis of Agro-environmental Measures for the
Area of the Lake Baldegg**

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

for the degree of

DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE

presented by

Daniela Mencarelli Wieser

MSc. Agr. Econ.

Dott. Scienze Politiche

born on 8.08.1962

citizen of Neunkirch, SH

Accepted on the recommendations of
Prof. Dr. Bernard Lehmann, examiner
Prof. Dr. Renan Goetz, co-examiner

Zurich, October 2004

Summary

Background and research goals

For decades the lake Baldegg (central Switzerland) has been heavily polluted with phosphorus discharges, which cause algae growth, leading to water de-oxygenation and loss of biodiversity. The excess of manure application and Phosphorus run-off resulting from agricultural farming and animal breeding are mostly responsible for this. The lake is eutrophied, even though it has been artificially oxygenated since 1975. Pollution mainly occurs through run-off of particulate phosphorus, which is a direct consequence of soil erosion and over-fertilisation.

The Swiss agricultural reform has attributed particular importance to the greening of agriculture; it has also defined some ecological measures aimed at reducing phosphorus contamination of waters by 50% by the year 2005. For the lake Baldegg, however, the data does not show the improvement hoped for. Redressing environmental pollution problems of this kind is actually not an easy task, since, typically, emissions are unobservable and subject to significant random variation. In literature this pollution is referred to as *pollution from non-point sources* because it makes it difficult to identify individual responsibilities.

The goal of this study is three-fold. First, to identify major spatial characteristics of farmland and production activities of the watershed responsible for phosphorus emissions, as a precondition for defining an adequate modelling approach which allows estimating cost-efficient and effective agro-environmental instruments. Second, to develop and implement an economic allocation model, which is dynamic and spatially differentiated. Third, to estimate pollution abatement costs of a differentiated ambient standard (at multi-farm level) that limits phosphorus emissions to a sustainable level. As an effective and cost-efficient instrument, a differentiated ambient standard can be used as a benchmark to compare it with several other agro-environmental policy measures in terms of their effectiveness and efficiency costs. A further research question concerns the preference of a uniform or a differentiated instrument for non-point pollution sources for the case study area.

Research methods

The research methodology consists of three tools, namely a statistical analysis, an optimisation model and an econometric estimation. For the statistical analysis I have used data at the municipal level provided by the Swiss Federal Statistical Office. The statistical analysis of the watershed focuses on farmland characteristics, as well as on farmland use, crop farming and animal breeding. The dynamic optimisation model represents farmers' decision-making problem concerning land allocation to cropland, artificial grassland and set-aside areas, the use of organic fertiliser, as well as the choice of crop rotations and tillage techniques. The biophysical data used in this study have been simulated with the Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) by Dr. Daniel Schaub (University of Basel).

Results and conclusions

Overall, the results of this study show that economic goals and environmental protection might be in sore conflict for the lake Baldegg area. Once an ambient standard, which reduces phosphorus emissions to a sustainable level, constrains production activities, farmers lose 94-95% of their total net revenue. At current value, the (average) shadow price for phosphorus emissions is about 550 CHF/hg P/ha. The estimated marginal abatement costs align with the

shadow prices for phosphorus emissions. Multiplying the shadow price for phosphorus emissions by the amount of phosphorus emissions per hectare, one can approximately estimate the tax to be paid. The tax exceeds farmers' net revenue, confirming that trade-offs between environmental and economic goals might be difficult to manage.

Should farmers be forced to reduce phosphorus emissions to a sustainable level, they would prefer to set some acreage aside, even though this actually represents a cost for them. Depending on the model version, 11-22% of the total acreage would be retired from production. Furthermore, in a voluntary retirement scheme, in order to achieve the ambient standard, a direct payment of at least 2350 CHF/ha (on average) should be offered to the farmers.

Among the agro-environmental measures analysed, a uniform tax on organic fertiliser is the one which performs worst. A tax rate of 60% lowers phosphorus emissions by about 4%, a 300% tax rate by about 12%. The loss of farmers' revenue is large. By contrast, agronomic instruments which induce some changes in production methods appear to work better. Among them the shift towards growing crops with intercropping and/or with minimum tillage provides the best results. Phosphorus run-off is reduced by 60%, i.e. 10% less than in the ambient standard model. The total monetary loss of these changes in production practices is about 28% of the total net income. In current values it corresponds to an average loss of about 230 CHF /year/ha. A policy-mix which facilitates the shift toward minimum tillage and intercropping on one side, and the retirement of farmlands with very fragile soil on the other side, might be effective in achieving a sustainable level of phosphorus emissions for the lake Baldegg area.

A final issue concerns the preference of a uniform or a differentiated instrument for the case study area, taking the ambient standard as an example. The efficiency-cost per hectare is such a small one that it questions whether a differentiated instrument should be preferred. The additional cost of the uniform standard is about 30 CHF/ha, whereas total transaction cost might be at least 115 CHF/ha, i.e. an amount consistently above the costs resulting from the selection of a less efficient instrument.

Zusammenfassung

Hintergrund und Forschungsziele

Seit Jahrzehnten wird der Baldeggersee (Zentralschweiz) mit Phosphorentladungen schwer verschmutzt. Dadurch wird das Algenwachstum verursacht, welches zum Sauerstoffentzug des Wassers und zum Biodiversitätsverlust führt. Grösstenteils sind die Landwirtschaft und die Tierzucht dafür verantwortlich. Der See ist eutrophiert, obwohl er seit 1975 künstlich belüftet wird. Die Wasserverschmutzung tritt hauptsächlich durch den Abfluss des partikulären Phosphors auf, der eine direkte Konsequenz der Bodenabnutzung und der Überdüngung ist.

Die schweizerische Agrarreform schreibt eine besondere Bedeutung der Ökologisierung der Landwirtschaft zu; sie hat auch ökologische Masse definiert, die darauf abzielen, die Wasserverschmutzung durch Phosphor bis zum Jahr 2005 um 50% zu verringern. Für den Baldeggersee jedoch zeigen die Daten keine solche erhoffte Verbesserung. Umweltverschmutzungsprobleme dieser Art zu überstehen ist keine einfache Aufgabe, da gewöhnlich Emissionen unbeobachtbar und von bedeutenden Zufallsänderungen abhängig sind. In der Literatur wird diese Umweltverschmutzungsart als Pollution from Non-Point Sources gekennzeichnet, weil es schwierig ist, einzelne Verantwortliche zu identifizieren.

Das Ziel dieser Studie ist dreifach. Erstens, die räumliche hauptsächlichste Eigenschaften des Ackerlands und der Produktionstätigkeiten im Einzugsgebiet zu kennzeichnen, da diese die Vorbedingung eines passenden Modellansatzes darstellen. Zweitens, ein ökonomisches Modell zu entwickeln und einzuführen, das dynamisch und räumlich differenziert ist. Drittens, die Vermeidungskosten eines differenzierten und die Phosphoremissionen auf ein nachhaltiges Niveau begrenzenden Umweltstandards zu schätzen. Als wirkungsvolles und kosteneffizientes Instrument ist ein differenzierter Umweltstandard ein Benchmark, welcher benutzt werden kann, um ihn mit anderen Landwirtschafts-Umweltmassnahmen in ihrer Wirksamkeit und Kosteneffizienz zu vergleichen. Eine weitere Forschungsfrage betrifft die Präferenz eines gleichmässigen oder differenzierten Instrumentes für Non-Point Pollution Sources.

Forschungsmethoden und Daten

Die Forschungsmethodik besteht aus drei Komponenten: eine statistische Analyse, ein Optimierungsmodell und eine ökonometrische Schätzung. Für die statistische Analyse sind die Gemeinde-Daten vom Bundesamt für Statistik verwendet worden. Die statistische Analyse des Einzugsgebietes konzentriert sich auf Ackerlandeigenschaften, sowie auf Ackerlandgebrauch, das zu Bewirtschaftende und die Tierzucht. Das dynamische Optimierungsmodell stellt das Entscheidungsproblem der Landwirte in Bezug auf Landverteilung für Kulturfläche, Kunstwiese und Stilllegung, sowie den Gebrauch des organischen Düngers, die Wahl der Fruchtfolgen und der Bodenbearbeitung dar. Die biophysikalischen Daten, die in dieser Studie verwendet worden sind, sind mit dem Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) von Dr. Daniel Schaub (Universität von Basel) simuliert worden.

Resultate und Schlussfolgerungen

Gesamthaft zeigen die Resultate dieser Studie, dass für das Gebiet des Baldeggersees ökonomische Ziele und umweltschützende Massnahmen grundsätzlich in Konflikt sind. Sobald ein differenzierter Umweltstandard erreicht wird, der die Phosphoremissionen auf einem nachhaltigen Niveau verringert und damit die Produktionstätigkeiten begrenzt, verlieren die Landwirte etwa 94-95% ihres Einkommen. In laufenden Werten ist der Schattenpreis für Phosphoremissionen ungefähr 550 CHF/hg P/ha. Die geschätzten Vermeidungsgrenzkosten gleichen sich an die Schattenpreise für Phosphoremissionen an. Wird der Schattenpreis für Phosphoremissionen mit der Menge der Phosphoremissionen pro Hektar multipliziert, ergibt sich die Steuer, die zu zahlen ist. Die Steuer übersteigt das Netto-Einkommen der Landwirte bestätigend, dass Kompromisse zwischen umweltfreundlichen und ökonomischen Zielen schwierig sind zu handhaben.

Wären die Landwirte gezwungen, Phosphoremissionen auf ein nachhaltiges Niveau zu verringern, würden sie einen Teil der landwirtschaftlichen Fläche stilllegen, obwohl das Kosten für sie darstellt. Je nach Modellansatz wird 11-22% der Gesamtfläche von der Produktion zurückgezogen. Zusätzlich wird in einem zusätzlichen Modell, das auf einem freiwilligen Abkommen basiert, der Umweltstandard mit einer Direktzahlung von etwa 2350 CHF/ha erreicht.

Unter den in dieser Studie analysierten umwelt- und landwirtschaftlichen Massnahmen ist eine gleichmässige Steuer auf organischem Düngemittel diejenige, die schlechtesten Resultate erbringt. Ein Steuersatz von 60% senkt Phosphoremissionen ungefähr um 4%, einen 300% Steuersatz um etwa 12%. Der Einkommensverlust der Landwirte ist gross. Im Gegenteil scheinen landwirtschaftliche Instrumente, die Änderungen in den Produktionsverfahren verursachen, bessere Resultate zu liefern. Unter ihnen versieht die Umstellung in Richtung Zwischenkulturenanbau und minimaler Bodenbearbeitung die besten Resultate. Phosphorabfluss wird um 60% reduziert, d.h. 10% weniger als in dem Modell mit dem differenzierten Umweltstandard.

Der finanzielle Verlust dieser Änderungen in den Produktionsverfahren ist ungefähr 28% des Netto-Einkommens. In laufenden Werten entspricht er einem durchschnittlichen Verlust von etwa 230 CHF/Jahr/ha.

Möglicherweise könnte eine Kombination politischer Massnahmen mit der Verschiebung in Richtung Zwischenkulturenanbau und minimaler Bodenbearbeitung auf der einen Seite und Ackerlandstilllegung im Falle von gefährdeten Böden auf der anderen Seite ein nachhaltiges Niveau der Phosphoremissionen für den Baldeggersee erzielen.

Ein abschliessendes Resultat betrifft die Präferenz eines gleichmässigen oder differenzierten Instrumentes für den Fallstudienbereich am Beispiel eines Umweltstandards. Die Effizienzkosten des gleichmässigen Umweltstandards sind so gering, dass es in Frage stellt, ob ein differenzierter Umweltstandard bevorzugt werden sollte. Die Effizienzkosten sind etwa 30 CHF/ha, während die Transaktionskosten mindestens 115 CHF/ha sein könnten, d.h. ein Wert der die Effizienzkosten des gleichmässigen Umweltstandards deutlich übersteigt.