

Das Umweltinformationssystem für klimarelevante Gase der Agrarlandschaft „Kraichgau“ – Regionale Darstellung der Umweltbelastungen mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems

ANDREA ROHIERSE, HOHENHEIM
GEORG BARETH, HOHENHEIM
REINER DOLUSCHITZ, HOHENHEIM

Abstract

In the context of the DFG Graduiertenkolleg "strategies for avoidance climatic relevant gases and environmental toxic substances from agriculture and landscape use" at the University of Hohenheim in the subproject 17 an environmental information system for climatic relevant gases and environmental toxic substances on regional level for the landscape Kraichgau are developed. With the help of a geographical information system (GIS) and the remote sensing, a spatial modelling is accomplished, in order to generate aggregated data on regional level.

1. Klimarelevante Gase und Landwirtschaft

Am Treibhauseffekt sind klimarelevante Gase und umwelttoxische Stoffe aus der Landwirtschaft und der Landschaftsnutzung beteiligt. Zu den direkt wirksamen klimarelevanten Gasen, die an dem Treibhauseffekt beteiligt sind und die von der Erdoberfläche in das Weltall abgestrahlte Wärme absorbieren, sind die Spurengase Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid, die durch Landbewirtschaftung und Nutztierhaltung emittiert werden, mitverantwortlich. Distickstoffoxid (Lachgas) ist am Ozonabbau in der Stratosphäre beteiligt (Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, 1994). Methan wird durch eine chemische Reaktion in der Atmosphäre umgesetzt und es bildet sich troposphärisches Ozon, stratosphärisches Wasser und Kohlendioxid (HEYER, 1994). Zu den umwelttoxischen Stoffen gehören neben den Pflanzenschutzmitteln auch Ammoniak, welches indirekt klimarelevant wirkt.

2 Ziele

Ziel des Teilprojektes 17 des Hohenheimer Graduiertenkollegs ist es, ein Boden-Landnutzungs-Informationssystem für Treibhausgasemissionen und umwelttoxische Stoffe mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) für die Region Kraichgau aufzubauen. Ein Schwerpunkt der Arbeit ist die regionale Darstellung der Umweltbelastungen durch Emissionen von klimarelevanten Gasen und umwelttoxischen Stoffen durch unterschiedlichste Landnutzungsformen und –intensitäten im Bereich der Makroskala (Flächengröße des Untersuchungsgebietes ca. 850 km²).

3 Aufbau und Methoden

Zusammenfassend wurden folgende Teilschritte zum Aufbau des Boden-Landnutzungs-Informationssystems durchgeführt:

- Aufbau der **digitalen Datenbasis** für den Untersuchungsraum und Prüfung auf deren Verwendbarkeit,
- Aufbau des **Referenzsystems**,

- **Methodenentwicklung** für das Boden-Landnutzungs-Informationssystem für Treibhausgasemissionen nach Maßgabe einer möglichst realitätsnahen Abschätzung der Emissionen aus der Landnutzung,
- Ermittlung von **Vermeidungsstrategien** anhand von **Szenariountersuchungen**.

3.1 Aufbau der digitalen Datenbasis

Die Geodatenbank

In einem ersten Schritt wurde eine umfangreiche Geodatenbank für den Kraichgau aufgebaut. Die digitale Datenbasis besteht aus den räumlichen Daten der digitalen Kartengrundlagen sowie den dazugehörigen Sachdaten und anderen Daten wie zum Beispiel die aktuell eingearbeitete Agrarstatistik und Ergebnisse aus externen Forschungsprojekten. Die Geodatenbank enthält zum Beispiel die landwirtschaftliche Nutzung, Angaben zur mineralischen und organischen Düngung. Die fruchtartenabhängige organische Düngerberechnung erfolgte auf Grundlage der Viehzählungen (Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg) und einem wissenschaftlichen Verteilungsmodell unter Berücksichtigung der Landnutzungsintensität. Die Landnutzungsintensität konnte in drei Klassen berücksichtigt werden, der sog. „Normalfläche“, den Nutzungsflächen in den Wasserschutzgebieten unterschiedlicher Zonen (WSG III, WSG II) und Naturschutzgebieten. Die Angaben zur mineralischen Düngung sind einer umfangreichen landwirtschaftlichen Betriebsbefragung entnommen. Thematische Karten wie die Landnutzung 2000 und 2001, mineralische und organische Düngung, das Feuchtepotential (Generierung aus Bodenkarte und digitalem Höhenmodell), Lachgas- und Methanemissionen sowie CO₂-Äquivalente für die Zeithorizonte 20 und 100 Jahre können zum Beispiel auf Gemeindeebene dargestellt werden.

Die digitalen Kartengrundlagen

Wichtig bei der GIS-Modellierung ist die Berücksichtigung der naturräumlichen Ausstattung des Untersuchungsraumes. Für die digitale Datenbasis des Kraichgaus finden die digitalen Grundlagenwerke des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg ATKIS-DLM 25-BW (Amtliches Topografisch-Kartografisches-Informationssystem, Digitales Landschaftsmodell im Maßstab 1 : 25.000 der 1. Erfassungsstufe: 1991-1997), DHM (Digitales Höhenmodell mit einer Rasterweite von 50 m) und weitere aktuelle digitale Schutzgebietskarten (aktuelle Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete der Landesanstalt für Umweltschutz BW) ihre Verwendung. Die Implementierung der Informationen über den Boden und seine Attribute erfolgt durch bodenkundliche Kartenwerke zum Beispiel der Bodenkundlichen Übersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200 des Geologischen Landesamtes BW).

3.2 Aufbau des Referenzsystems mit Hilfe der Fernerkundung (Remote Sensing) und GIS

Das Referenzsystem stellt den momentanen Zustand der Emissionen im Kraichgau dar. Hierfür wurden mit aktuellen IRS-1C Satellitendaten (**Indian Remote Sensing**) der Vegetationsperiode 2000 und 2001 mit der Software Erdas Imagine Landnutzungsklassifikationen durchgeführt. Durch Verschneidungen der generierten Landnutzungskarten mit den Wasserschutz- und Naturschutzgebieten ergaben sich unterschiedliche Landnutzungsintensitätsstufen. Zum Beispiel wurde unter Berücksichtigung der SchAIVo (Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung, 1992) die Düngereduktion von 20% in der Wasserschutzgebietszone III berücksichtigt. So entstanden Düngungskarten, die wiederum die Grundlage für die Ergebniskarten des Referenzsystems darstellen. Aber auch das Feuchtepotential konnte mit berücksichtigt werden, indem eine Feuchtepotentialkarte aus dem digitalen Höhenmodell und der Bo-

denkarte erstellt wurde. Diese Feuchtepotentialkarte (drei Feuchteklassen) ist für die spätere wissenschaftliche Anbindung der Lachgas- und Methan-Messwerte sehr wichtig. Zunächst wurden Emissionskarten für die Einzelgase Lachgas, Methan und abschließend in Form einer Gesamtemissionskarte, die Emissionen in Form von CO₂-Äquivalenten darstellt, generiert. Diese Methode der Modellierung des Istzustandes über ein Referenzsystem wird u.a. im Bereich der Klimawirkungsforschung angewandt. Anhand des Referenzsystems können Veränderungen gemessen werden. In der Klimawirkungsforschung zeichnet sich ein Trend ab, dass man sich zunehmend auf die Modellierung überschaubarer Regionen konzentriert, um in Zukunft über die Vernetzung der Regionalmodelle ein globales Bild zu gewinnen (BRAUCH, 1996).

Die Abschätzung der Treibhausgasemissionen nach IPCC

Aus Agrarstatistiken, landwirtschaftlichen Tabellenwerken und nach IPCC (1996) werden die Emissionen berechnet. In diese Formel nach IPCC gehen zum Beispiel für die Berechnung der jährlichen Lachgasemissionen die Parameter Stickstoffeintrag durch organische / mineralische Düngung und aus Ernterückständen sowie nationale Emissionsfaktoren in die Berechnungen mit ein. Neben diesen direkten Lachgasemissionen werden auch die sogenannten indirekten Lachgasemissionen berücksichtigt. Dies sind neben der atmosphärischen Deposition (während des Ausbringens des Düngers entweicht Ammoniak) auch die durch Stickstoff „Leaching“ und „Runoff“ zu berücksichtigenden Lachgasemissionen, also der Anteil des Lachgases, der durch im Wasser gelöstes Nitrat die wässrige Phase verlässt und in die Atmosphäre entweicht.

Wissensbasierte Systeme zur Abschätzung klimarelevanter Gase

Die Datenbasis ermöglicht den Aufbau des Referenzsystems und damit die wissenschaftliche räumliche Abschätzung der Emissionen.

Wissensbasierte Systeme (HELBIG, 1996) sind dem Forschungszweig der „Künstlichen Intelligenz“ zuzuordnen, der ein Teil der Informatik ist. Wissensbasierte Systeme werten gespeichertes menschliches Wissen und analysieren dies. Die meist verbreitete Form der Wissensverarbeitung in wissenschaftlichen Systemen sind die regelbasierten Systeme. Die Darstellung des Wissens erfolgt anhand von WENN-DANN-Regeln (BARETH, 2000). Die klimarelevanten Gase aus der Landwirtschaft können mit dieser Methode abgeschätzt werden. Hierfür wurde eine Datenbank mit Methan- und Lachgasmesswerten aus internen und externen Forschungsprojekten erstellt. Die Auswahl erfolgte nach den Kriterien: vergleichbarer Boden, Klima und ähnlicher Düngermenge und -art. Nach der fruchtartenabhängigen Mittelwertbildung der Emissionen, wurden diese Emissionswerte dann ans GIS angebunden.

4 Ergebnisse

4.1 Die Landnutzungskarte

Für dieses Projekt wurden IRS-1C-Satellitendaten zur Landnutzungsklassifikation verwendet. Dafür wurden Frühjahrsszenen und Spätsommerszenen für den Kraichgau in der Vegetationsperiode 2000 und 2001 mit der Methode der „überwachten Klassifizierung“ (Maximum Likelihood) ausgewertet. Durch weitere Verschneidungen (mit zum Beispiel Schutzgebietskarten, ATKIS-Daten, Gemeindegrenzen...) entstanden die Landnutzungskarten. Die Referenzflächen wurden während der Vegetationsperiode 2000 mit Hilfe von DGPS eingemessen, für 2001 von Hand kartiert. Bei der Klassenbildung für Ackerland sind die Hauptfrüchte Sommergetreide, Wintergetreide, Zuckerrüben und Mais berücksichtigt worden, wie auch das Grünland.

Bei den Evaluierungen der Landnutzungsklassifikationen 2000 und 2001 mit der Statistik von Baden-Württemberg, Bodennutzung 1999, ergab sich eine prozentuale Übereinstimmung der

Nutzung bei Mais von ca. 50 – 80%, Zuckerrüben 60 – 70%, Wintergetreide 60 – 70%, Sommergetreide 70 – 80%, Grünland 40 – 70%.

4.2 Die Einmessung der Referenzflächen mit DGPS (Differential Global Positioning System)

NAVSTAR GPS ist ein satellitengestütztes Navigationssystem, um insbesondere Positionen von Objekten in Echtzeit bereitzustellen (SCHMITZ & SEEBER, 1996). Zur Verbesserung der Positionsbestimmung werden von sogenannten Referenzstationen Entfernungskorrekturen für jeden sichtbaren Satelliten berechnet und als Korrektursignal abgestrahlt, welches der Nutzer empfängt. Es lässt sich so eine Genauigkeit von 0,5 bis 1 m erreichen (Schmitz & Seeber, 1996). Die Einmessung der Referenzflächen für die „überwachte Klassifizierung“ wurde mit dem Trimble 4700 (NAVSTAR-GPS) durchgeführt. Zur Verbesserung der Genauigkeit wurde mit dem Korrekturdatenempfänger ALF (Accurate Positioning by Low Frequency) gearbeitet. Es wurde eine tatsächliche Lagegenauigkeit von 1-2 m erreicht. Die Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt der eingemessenen Referenzflächen mit den typischen Feldfrüchten für die Satellitenbildklassifikation. Die Integration der GPS-Daten in das GIS (Software: ArcView 3.2) wurde mit der Software „Trimble Survey Office“ durchgeführt.



Abbildung 1: Die mit DGPS vermessenen Referenzflächen (Ackerschläge) bei Oberderdingen. Im Hintergrund: ATKIS-Daten des Landesvermessungsamtes BW.

4.3 Die Lachgasemissionen nach IPCC (1996)

Unter Berücksichtigung der Landnutzungsintensität, der Düngemengen und –art wurden die Lachgasemissionen nach IPCC (1996) mit dem GIS berechnet. In der Tabelle 1 sind die berechneten Emissionsbereiche in Abhängigkeit der Landnutzungsintensität dargestellt.

Tab. 1: Gesamte Lachgas-Emissionsbereiche in kg N₂O-N / ha*a (Berechnung nach IPCC

Landnutzung	Landwirtschaftliche Nutzflächen	Landwirtschaftliche Nutzflächen in Wasserschutzgebieten, Zone III	Landwirtschaftliche Nutzflächen in Wasserschutzgebieten, Zone II
Mais	4,3 - 7,1	3,4 - 5,8	3,3 - 5,5
Zuckerrüben	4,0 - 5,0	3,5 - 4,4	3,5 - 4,3
Winterweizen	3,1 - 4,9	3,1 - 4,0	3,1 - 3,8
Sommergerste	1,8	1,5	1,5
Grünland	2,0 - 4,5	1,7 - 3,6	1,6 - 3,2

Min.-Wert : 1,5
Max.-Wert : 7,1

5 Schlussfolgerungen

5.1 Vermeidungsstrategien

An den Aufbau des Referenzsystems schliesst sich die Analyse und Berücksichtigung von Vermeidungsstrategien an, die mit der Methode der Szenariountersuchungen durchgeführt werden sollen. Es werden verschiedene Szenarios mit Hilfe von GIS durch Veränderungen einzelner Parameter unter anderen Rahmenbedingungen modelliert. Mit einem Szenario wird nicht beschrieben, was passieren wird, sondern nur das, was passieren könnte. Sie beschreiben „alternative Entwicklungen des Umfeldes“, entwerfen „Bilder von möglichen zukünftigen Zuständen“ und ermöglichen damit die Ableitung der Auswirkungen auf den Prognosegegenstand (DABBERT ET AL. 1999).

5.2 Ausblick

Für die spätere Evaluierung der Ergebnisse würde sich neben einem Methodenvergleich mit bestehenden Projekten in derselben Region zum Beispiel ein Vergleich mit der Grünlandregion „Württembergisches Allgäu“, also eines Naturraumes mit anderem Bewirtschaftungsschwerpunkt, anbieten sowie ein Vergleich desselben Naturraumes mit einer makroskaligen Darstellung.

6 Literatur

- BARETH, G. (2000): Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft – Regionale Darstellung und Abschätzung unter Nutzung von GIS am Beispiel des Württembergischen Allgäus. Diss. Univ. Hohenheim
- BRAUCH, H. G. (1996): Klimapolitik. Springer, Berlin
- DABBERT, S.; HERRMANN, S.; KAULE, G. & SOMMER, M. (1999): Landschaftsmodellierung für die Umweltpolitik. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (HRSG.) (1994): Schutz der Grünen Erde – Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Economica, Bonn
- FREIBAUER, A. & M. KALTSCHMITT (2000): Biogenic Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in Europe. Project Report Task 3, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
- HELBIG, H. (1996): Künstliche Intelligenz und automatische Wissensverarbeitung. Verlag Technik, Berlin, 400 S.
- HEYER, J. (1994): Methan. Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Studie C, Garmisch-Partenkirchen
- IPCC-INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (1996): The Science of Climate Change. University Press, Cambridge
- IPCC GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES (1996): Workbook, Module 4, Agriculture
- KLEEBERG, H.-B.; MAUSER W.; PESCHKE G. UND U. STREIT (HRSG.), (1999): Hydrologie und Regionalisierung, Ergebnisse eines Schwerpunktprogramms (1992 bis 1998). Forschungsbericht, Deutsche Forschungsgemeinschaft
- SCHMIDT, U. (1998): Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltfaktoren auf Lachgas (N₂O)-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Lößböden. Hohenheimer Bodenkundl. Hefte, Heft 45, Universität Hohenheim
- SCHMITZ, M. & G. SEEGER (1996): Methodik der GPS- und DGPS-Messung. Institut für Erdmessung, Hannover, geoinformatik_online, Ausgabe 1/96, <http://gio.uni-muenster.de>