

Timedynamic Analysis of Land Use Changes - Historic Databases as a Support in Today's Decision Making

A. SCHRÖDER, HOHENHEIM
R. DOLUSCHITZ, HOHENHEIM

ABSTRACT

The work presented here focusses on the possibilities of using timedynamic analysis of land use changes to support the modelling of total trace gas emissions originating from agriculture on regional scales and the decision making of which, where and how the implementation of strategies to reduce trace gas emissions will be successful. For the test community „Argenbühl“, part of „Westallgäuer Hügelland“ in Southern Germany, the first Maps of Survey (1820-1830), Soil Taxations (1954-1988) and a Map of Moorland (1968) are clipped with current data of land use and cultivation. A GIS-based agricultural information system (named LUIS) is set up for the purpose. Timedynamic analysis provide possibilities to distinct today equally classified and cultivated parcels and lead to different choices for appropriate reduction strategies.

1 Einleitung

1996 wurde an der Universität Hohenheim ein Graduiertenkolleg zum Thema „Strategien zur Vermeidung klimarelevanter Gase und umwelttoxischer Stoffe aus der Landwirtschaft und Landnutzung“ eingerichtet. Aktivitäten der Landwirtschaft werden 15% der globalen Emission klimarelevanter Gase zugeordnet (IPCC, 1996). Wo bestehen Möglichkeiten zur Reduktion und wie muß die derzeitige Situation eingeschätzt werden.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich die Ausführungen auf Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Verschiedene Parameter beeinflussen die Emission von Methan und Lachgas. So wirken eine Reihe klimatischer, pedogener und biologischer Faktoren als Steuer- und Regelgrößen innerhalb der Emissionsprozesse.

Die zentralen Prozesse sind Nitrifikation und Denitrifikation (Guthrie und Duxbury, 1978) und die Tätigkeit methanogener Bakterien (Enquete, 1994). Nach wie vor sind etliche Details des Emissionsprozesses unbekannt und auftretende temporale und räumliche Variabilitäten innerhalb der Emissionsereignisse sind noch nicht zu erklären (Velthof et al., 1996).

Urbarmachung und der Wandel der Nutzung beeinflussen Bodenparameter wie die Gehalte von organischer Substanz und Bodenwasser, sowie Textur und Dichte nachhaltig (Scheffer und Schachtschabel, 1984). Diese *Impacts*, besonders über längere Zeiträume, verstärken die eben genannten Effekte. So wurden auftretende Gradienten bei Emissionsmessungen von Methan und Lachgas auf vergleichbaren Grünlandstandorten deren unterschiedlicher Nutzungsgeschichte zugeschrieben (Fiedler und Sommer, 1997). Grünland, das früher als Ackerland genutzt wurde, zeigt in Kombination mit hoher Reliefenergie am Hangfuß einen „vergrabenen“ A_h-Horizont als Ergebnis von Abtragung- und Akkumulationsprozessen. Erhöhte Gehalte an organischer Substanz, besonders mit dem hinzutreten von Bodenwasser in den Senken verstärken das Potential von Emissionen in diesen Bereichen. Wassergesättigte organische Böden reagieren überdies signifikant mit einer Steigerung der Emission, wenn infolge anthropogener Aktivitäten dem Standort organische Substanz zugeführt wird, bzw. mit einer Emissionsabnahme, wenn der Standort entwässert wird. Hangfüße von Feuchtgrünland

mit erhöhtem Gehalt an organischer Substanz weisen überdies höhere Emissionsraten von Methan auf als Feuchtgrünland in den Tropen oder vergleichbare benachbarte Flächen, die seit jeher als Grünland genutzt wurde (Fiedler und Sommer, 1997). Oben gemachte Angaben lassen sich voraussichtlich auf die Situation bei Lachgas übertragen (Guthrie und Duxbury, 1978).

Für eine regionale Bearbeitung der Problematik lassen sich folgende pragmatische Annahmen treffen:

- Erosion, mit einer Degradierung auf den Kuppen und einer Akkumulation von organischer Substanz an den Hangfüßen tritt als Folge verstärkt nach Ackernutzung und kaum bei Grünlandnutzung auf.
- Die Dränierung organischer Böden führt zur Belüftung und zu einer Reduktion der natürlichen Methanemissionen.
- Zufuhr von organischer Substanz erhöht generell das Risiko von Methan- und Lachgasemissionen.

Bezogen auf diese drei grundlegenden (und sehr vereinfachten) Annahmen wird der Einfluß des Nutzungswandels auf die standortbezogenen Emissionspotentiale untersucht. Berechnungen der aktuellen Emissionspotentiale, die als Grundlagendaten die aktuelle Nutzung verwenden, müssen dahingehend überprüft werden, ob sich die Ergebniswerte ändern, wenn die Nutzungsgeschichte und ihr Einfluß auf den Standort in die Berechnungen der Emissionspotentiale einbezogen werden.

2 Material und Methode

Untersuchungsgebiet. Die hügelige Moränenlandschaft des „Westallgäuer Hügellands“ in Süddeutschland wird nahezu ausschließlich von Dauergrünland zur Milchproduktion bedeckt. Die Kombination der Faktoren hoher Niederschlag, hoher Gehalt an organischer Bodensubstanz und hohe Gaben von Stickstoffdüngern lassen ein hohes Potential für die Emission klimarelevanter Gase vermuten (Kleber, 1997). Die Referenzgemeinde „Argenbühl“, bestehend aus fünf Gemarkungen, wurde für eine Analyse der zeitdynamischen Nutzungsänderungen auf einer Maßstabebene von 1:2500 ausgewählt.

Datenverarbeitung. Ein GIS-basiertes Informationssystem wird zur Bearbeitung der Fragestellung aufgebaut. Im Landwirtschaftlichen Umweltinformationssystem (LUIS) werden Geometrie- und Sachdaten zusammengeführt, erzeugt und vorgehalten. Mitarbeiter des Graduiertenkollegs haben die Möglichkeit, zu ihren Arbeiten notwendige digitale Daten abzurufen, bzw. ihre Ergebnisse in LUIS einzuspeisen. Auf PC und UNIX-Ebene werden hauptsächlich ArcCAD (esri), AutoCADR13 (Autodesk), ArcVIEW (esri) und Arc/INFO (esri) eingesetzt. Zur Digitalisierung wird ein Drawing Board III A00 (Calcomp) verwendet.

Daten. Der Projektbeschreibung folgend, werden zunächst nur bereits vorhandene digitale und analoge Daten in LUIS zusammengeführt. Für die zeitdynamische Analyse des Nutzungswandels werden die in Tabelle 1 aufgeführten Daten verwendet, die alle durch das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg zugänglich gemacht wurden.

Tabelle 1. Datensammlung zur zeitdynamischen Analyse von Landnutzungsänderungen in der Referenzgemeinde „Argenbühl“

Name	Maßstab	Jahr der Erfassung	Datenform
Karten der ersten Vermessung „Württembergs“	1:2500	je Karte, 1820-1830	analoge Originalkarten
ALK (Automatisierte Liegenschaftskarte)	1:2500	aktuell	80 % digital 20% analog auf Pausen
Karten der Bodenschätzung	1:2500	gemarkungsweise 1954-1988	analoge Originalpausen
Reliefanalyse	1:25000	1997 (durch Projektkollege G. Bareth mit SARA software)	100% digital aus dem Digitalen Höhenmodell in ATKIS (Automatisiertes Topographisch Kartographisches Informationssystem) abgeleitet
Moorkarte	1:50000	1968	analoge Papierkarte

Alle analogen Daten werden mittels dem vektorbasierten Programm AutoCADR13 digitalisiert. Da die Kapazität für ArcCAD, einem GIS-Tool auf der AutoCAD-Plattform für große Datenmengen limitiert ist, werden die Abschlußanalysen, das Verschneiden verschiedenen Inputdaten, in ArcINFO durchgeführt.

Die Gemeinde „Argenbühl“ wird von 80 Karten der ersten Vermessung bedeckt und umfaßt eine Fläche von ca. 80 km². Da die erste Vermessung als Referenz für die folgenden Kataster- und Bodenschätzungskarten gilt, ist es relativ einfach, die Karten physisch und innerhalb von LUIS zu überlagern. Anhand eines erzeugten Rasters lassen sich die Daten auf der Maßstabsebene 1:2500 einfach digitalisieren, ohne innerhalb der jeweiligen Geometrien Stützpunkte für eine Georeferenzierung finden zu müssen. Während die Bodenschätzung und die Moorkarte frei anhand des Rasters digitalisiert werden, ist das Vorgehen für die historischen Karten abweichend. Als Hintergrund dient die ALK und in die digitale historische Karte werden auf beiden Kartenwerken bestehende Vektoren übertragen. Alle Linien, die innerhalb von Flächen keine Nutzungsdifferenzierung angeben, werden gelöscht, um ein Zersplittern der Polygone bei späteren Verschneidungen zu vermeiden, die den Datenspeicher unnötig belasten würden.

3 Stand der Arbeit und erste Ergebnisse

Alle in Tabelle 1 genannten Daten liegen in digitaler Form bereits vor und stehen zur Übergabe an die GIS-Tools zur Verschneidung bereit. Jede Kartenquelle bedeutet gleichzeitig ein „Zeitfenster“ in der Landnutzung. Schon die historischen Karten halten vielfältige Informationen über die Landschaft und ihre Nutzung vor, was aus der reichhaltigen Zahl von Symbolen und Signaturen zu erkennen ist.

Die ALK hält ebenfalls schlagbezogenen Informationen über die Landnutzung vor, die von Acker- und Grünland bis zur Ausweisung von kleineren Schilfflächen reicht. Deren Aktualität variiert allerdings, da eine Änderung der Einträge in der Alk nur mit Änderungen im Kataster vorgenommen werden, wenn Eigentümer- oder Grenzsteinänderungen eingetragen werden. Eine Möglichkeit, die Nutzungsangaben der ALK zu überprüfen, besteht in der Verschneidung mit Nutzungsangaben aus dem ATKIS, deren Information aus Luftbildinterpretationen gewonnen wurden.

Die Bodenschätzung läßt ebenfalls über Acker- und Grünlandzahl eine Erfassung der Nutzung zu und hält überdies Informationen zu Wassergehalt, Textur, Struktur, Temperatur, Zustand und Bodenart vor. Ein Abgleich mit der Moorkarte ermöglicht eine Aussage, wo heute organi-

sche Böden in landwirtschaftlicher Nutzung sind und ob ihre Verbreitung vor 150 Jahren größer war.

Einige Angaben zur historischen Analyse können bereits gemacht werden:

- Geometrien der historischen Karte und der ALK zeigen eine hohe Übereinstimmung, wo die Landnutzung sich kaum änderte.
- Grenzlinien von Weihern und Seen sind in der historischen Karte und in der ALK identisch.
- In „Argenbühl“ hat sich Anzahl und Verteilung von Betrieben kaum verändert.
- Abgesehen von Dorferweiterungen finden sich kaum Ansiedelungen.
- Die Ackernutzung vor 150 Jahren war extrem höher als heute.
- Die Ausdehnung der Waldflächen änderte sich kaum.
- Feuchtgrünland wurde extensiv beweidet.
- Landnutzungsgrenzen orientierten sich auffällig am Relief.
- Die Benachbarung von Nutzungen wies sanfte ökotone Übergänge auf. In der Regel wurden Wälder und Weiher durch Grünland oder Grünlandstreifen von Ackerland getrennt.

Der nächste zentrale Schritt ist die Verschneidung der historischen Karte mit der Reliefanalyse und der Bodenschätzung. Hieraus sollen sich die vergrabenen A_n-Horizonte und die nassen Senken ableiten lassen.

Die Modellierung der Emissionspotentiale ist der erste Schritt, um Vermeidungsstrategien zu implementieren. Eine bessere Näherung an Realweltbedingungen kann über die Einbeziehung der historischen Analyse erreicht werden. Die derzeitigen Basisannahmen sind stark vereinfacht, können aber mit Verfügbarkeit besserer Daten und Umrechnungen in LUIS implementiert werden, da die Inputdaten modular gehalten werden und somit jederzeit austauschbar sind.

4 Literatur

- ENQUETEKOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGS (1994): *Schutz der grünen Erde*, Dritter Bericht der Enquetekommission des 12. Deutschen Bundestages, Economica Verlag, Bonn, p. 702.
- S. FIEDLER, SOMMER M. (1997), „Methanemissionen aus natürlichen und anthropogen beeinflussten, redoximorphen Böden des Südwestdeutschen Alpenvorlandes“, *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, Vol. 85, No. II, 879-882.
- T.F. GUTHRIE, DUXBURY J.K. (1978), „Nitrogen Mineralization and Denitrification in Organic Soils“, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 42, 908-912.
- IPCC (1996), *The Science of Climate Change*, University Press Cambridge, p. 572.
- M.W.B. KLEBER (1996), *Carbon exchange in humid grassland soils*. Ph.D. Dissertation, Departement of Soil Science, University of Hohenheim., Stuttgart, p. 264.
- F. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL P. (1984), *Lehrbuch der Bodenkunde*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, p. 442.
- G.L. VELTHOF, BRADER A.B., OENEMA O. (1996), „Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grasslands in The Netherlands“, *Plant and Soil*, Vol. 181, No. 26, 263-274.