

# Integration eines Geographischen Informationssystems in ein Umwelt- und Betriebsmanagementsystem

Norman Siebrecht, Astrid Lipski, Karl Wenske, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau  
Technische Universität München  
Alte Akademie 12  
85350 Freising  
norman.siebrecht@wzw.tum.de

**Abstract:** Analyseergebnisse von Umwelt- und Betriebsmanagementsystemen sind von der Betrachtungsebene abhängig. Um die Qualität solcher Aussagen zu verbessern, sind hochauflösende Daten zu integrieren. Dazu wird im Umwelt- und Betriebsmanagementsystem REPRO ein Geographisches Informationssystem (GIS) integriert. Das grundsätzliche Vorgehen wird exemplarisch am Umweltwirkungsbereich Bodenerosion beschrieben.

## 1 Einleitung und Problemstellung

Umwelt- und Betriebsmanagementsysteme bilden Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebe ab und stellen Informationen zur Unterstützung des Managements bereit. Die Aussagen sind von der Bezugsebene und der räumlichen Auflösung abhängig [vgl. WRO05]. Zur weiteren Verbesserung der Qualität müssen künftig hochauflösende Geodaten (Informationen mit eindeutiger räumlicher Lage) eingebunden und analysiert werden. Beispiele für solche Daten sind die des Precision Farming oder Umweltdaten wie Biotope, Schutzgebiete usw. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird in das Umwelt- und Betriebsmanagementsystem REPRO [Hü03] ein Geographisches Informationssystem (GIS) integriert.

## 2 Integration eines GIS in REPRO

Das Umwelt- und Betriebsmanagementsystem REPRO ist eine Agrarsoftware, zur Analyse von Umweltwirkungen auf Ebene des Landwirtschaftsbetriebes [KWH06]. REPRO ist so konzipiert, dass unterschiedliche Bezugsebenen (Betrieb, Teilschlag<sup>1</sup> usw.) abgebildet, analysiert und aggregiert werden können. Diese Ebenen werden um hochauflösende Daten (Teilflächen<sup>2</sup>) erweitert. Die GIS-Einbindung hat Konsequenzen für alle

---

<sup>1</sup> Kleinste Betrachtungseinheit, die homogen bewirtschaftet wird.

<sup>2</sup> Untereinheit eines Teilschlages, die sich anhand eines/mehrere Parameter (z.B. Bodenart) differenzieren lässt.

Modellbereiche – vom Datenmanagement bis zu den Bewertungen. Am Beispiel der Versuchsstation Viehhausen<sup>3</sup> wird das Vorgehen für den Umweltwirkungsbereich Bodenerosion exemplarisch vorgestellt.

## 2.1 Erosionsabschätzung mit hochauflösenden Geodaten mit Hilfe eines GIS

Ziel der Analyse ist die Abschätzung von Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die Bodenerosion durch Wasser. Methodische Grundlage bildet die **Allgemeine Bodenabtragsgleichung** ( $A = R \cdot K \cdot C \cdot L \cdot S \cdot P$ ) [SVK87]. Eingangsfaktoren für die Gleichung sind die Erosivität der Niederschläge (R-Faktor), die Erodibilität des Bodens (K-Faktor), der Bodenbedeckungs- (C-Faktor), der Hanglängen- (L-Faktor), der Hangneigungs- (S-Faktor) und der Bodenschutzfaktor (P-Faktor). Die Faktoren unterscheiden sich aufgrund der Eingangsdaten in den räumlichen Bezugsebenen (Tab. 1).

Faktor	Eingangsdaten/Datenquelle	Bezugsebene
R-Faktor	Regenintensität / Wetterdaten	Betrieb
K-Faktor	Bodendaten / Reichsbodenschätzung	Teilfläche
C-Faktor	Bewirtschaftungsdaten / REPRO	Teilschlag
L-Faktor	Hanglänge / Topographie (Geländemodell)*	Teilfläche
S-Faktor	Hangneigung / Topographie (Geländemodell)*	Teilfläche
P-Faktor	Bewirtschaftungsdaten / REPRO	Teilschlag

\* Faktoren sind unter zur Hilfenahme von GIS-Funktionen zu ermitteln.

Tabelle 1: Eingangsfaktoren der ABAG

Ausgehend von diesen Unterschieden, wurde die bestehende<sup>4</sup> Erosionsabschätzung mit hochauflösenden Daten für die K-, L- und S-Faktoren ergänzt. Die nötigen GIS-Funktionen stellte das Programm ArcGIS 8.3<sup>5</sup> zur Verfügung.

Die K-Faktoren der Teilflächen wurden aus den Ackerbeschrieben der Reichsbodenschätzung [SVK87] und den Erläuterungen der Konzeptbodenkarte [Sc86] ermittelt. Informationen zur Topographie für L- und S-Faktoren basieren auf digitalen Geländemodellen (DGM). Da beide Faktoren hohe Sensitivität bezgl. des Ergebnisses aufweisen, wurden hoch aufgelöste DGM (Rasterauflösung 2m) genutzt. Der L-Faktor beschreibt in seiner ursprünglichen Form [SVK87] die Länge des Hanges, an der Oberflächenabfluss einsetzt, bis zum Bereich der Sedimentation bzw. des Eintretens des Wassers in einen Vorfluter. Nach dem Ansatz der „Stream Power Theory“ [MB86] kann diese Länge unter Verwendung hydrologischer Modellierungen (Oberflächenabfluss/Fließlängen) bestimmt werden. Dazu bietet das verwendete GIS-System eine separate Programmfunktion an, die in mehreren Schritten abläuft. Der erste Berechnungsalgorithmus (Single Flow) erstellt auf Basis der Höhendifferenzen der Rasterzellen ein Fließrichtungsraster. Dabei wird der Höhenwert einer Zentralzelle mit acht umliegenden Nachbarzellen ver-

<sup>3</sup> Die Versuchsstation Viehhausen ist eine der sechs Versuchsstationen der TU München.

<sup>4</sup> Bezogen auf die in REPRO bereits integrierten Programmfunktionen zur Erosionsabschätzung.

<sup>5</sup> Im Rahmen eines von der DBU geförderten Forschungsprojektes wird an der Einbindung von OpenSource-GIS-Produkten in REPRO gearbeitet. Dazu wurden verfügbare Systeme anhand verschiedener Kriterien untersucht. Von den möglichen Produkten wurde das Programm OpenJump ([www.openjump.org](http://www.openjump.org)) für die weitere Integration ausgewählt.

glichen. Die niedrigste Nachbarzelle bestimmt die Fließrichtung der Zentralzelle. Anhand des generierten Fließrichtungsrasters wird mit einem weiteren Berechnungsalgorithmus (Flowaccumulation) die Fließlänge bestimmt. Dabei wird die Anzahl der zusammenfließenden Zellen addiert und mit der Rasterauflösung zu L-Faktoren verrechnet. Die S-Faktoren werden mit dem 'Neighbourhood' Algorithmus [FL91] für die Hangneigung ermittelt. Durch diesen wird die maximale Höhendifferenz zwischen den Rasterzellen berechnet und das Ergebnis als Hangneigung in Grad/Prozent ausgegeben. Diese Werte werden anschließend über GIS-Funktionen mit den Hangneigungsklassen [AS86] zum S-Faktor verrechnet. Die übrigen Faktoren werden direkt aus REPRO exportiert und in die weitere Berechnung einbezogen.

### 3 Ergebnisse der Erosionsabschätzung

Der potenzielle Bodenabtrag durch die Einbeziehung hochauflösender Daten liegt unter den Werten einer alternativen<sup>6</sup> Vorgehensweise. Im beschriebenen Beispiel macht dies einen Unterschied um das 4,6 fache aus. Bei Vergleichen der Ergebnisse verschiedener Bezugsebenen (Betrieb, Teilschlag, hochauflösende Teilflächen) ist zu erkennen, dass die Abtragswerte des Betriebsmittels ( $4,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ) im Bereich tolerierbarer Werte [AS86] liegen. Bereits auf der Ebene der Teilschläge sind deutliche Abweichungen festzustellen. Einzelne Teilschläge differieren vom Betriebsmittel um bis zu  $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ . Noch deutlicher wird dies bei Betrachtung hochauflösender Ergebnisse für einzelne Teilflächen. Am Beispiel des Teilschlages 10b ist dies zu erkennen (Abb. 1). Der Abtragswert für den Teilschlag ist mit  $\varnothing 4,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  berechnet worden. Teilflächen (durchgezogene Linie) überschreiten diesen Wert und weisen Abträge von  $15,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  auf. Dieser Effekt ist bei allen Teilschlägen vorhanden und wird durch die Charakteristik des Geländes beeinflusst. In Gebieten mit hoher Reliefenergie bzw. mit stark variierenden Hangneigungen ist dies besonders ausgeprägt. Hier ist eine Erosionsabschätzung mit hochauflösenden Daten grundsätzlich zu empfehlen. Neben dem Informationsgewinn über die mögliche Höhe des Bodenabtrags, besteht für den Anwender der differenzierenden Methode die Möglichkeit, sein Betriebsmanagement gezielt auf den ermittelten 'Problemereichen' zu optimieren. In der Literatur [AS86] werden dazu Hinweise gegeben. Ein weiterer für die Anwendung der Methode zu berücksichtigende Grund, ist die Bewertung von Umweltwirkungen durch Umwelt- und Betriebsmanagementsysteme. Analog zu den in REPRO integrierten Bewertungsfunktionen [KWH06] wurde für den Umweltwirkungsbereich Bodenerosion eine Bewertungsfunktion entwickelt (Abb. 2). Der Wertebereich dieser Funktion markiert mit 1 die bestmögliche, mit 0 die schlechteste Umweltwirkung. Bei der Anwendung dieser Funktion ist die Frage nach der Bezugsebene von entscheidender Bedeutung. Der Beispielbetrieb hat im Betriebsmittel eine Bewertung von 0,7. Stellt man die Ergebnisse für die Teilschläge differenziert dar, so zeigt sich ein Wertebereich von 0 bis 1. Diese auf Teilschlägen negativen Umweltwirkungen werden noch deutlicher, wenn analog zur Erosionsabschätzung auch die Bewertung hochauflösend durchgeführt wird. Für den abgebildeten Teilschlag, würde der markierte Bereich mit 0, der weiße mit 0,8 bewertet werden.

---

<sup>6</sup> Unter einer alternativen Vorgehensweise ist eine solche zu verstehen, die keine hochauflösenden Geodaten integriert und mit durchschnittlichen Werten für die Eingangsfaktoren der ABAG rechnet.

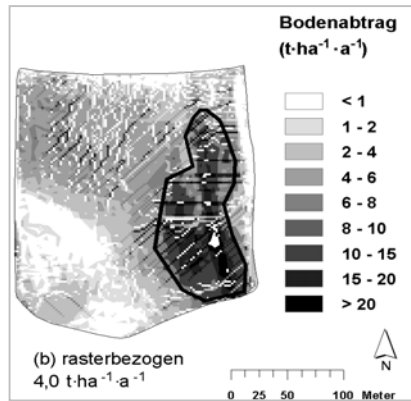


Abbildung 1: Erosionsabschätzung unter Einbeziehung hochauflösender Geodaten

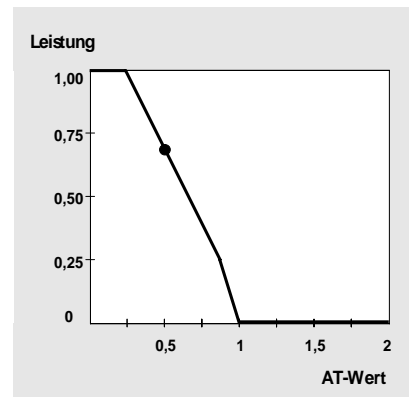


Abbildung 2: Entwickelte Bewertungsfunktion mit Bewertung auf Betriebsebene (Punkt)

## 4 Ausblick

Durch die Integration der GIS-Software werden künftig REPRO-Funktionalitäten im Bereich der Dateneingabe und -verwaltung unterstützt. Sobald diese Funktionen vollständig umgesetzt sind, erfolgt die Ausweitung auf weitere Umweltbereiche. Neben der Abbildung von Strukturelementen, Gewässer usw. wird es möglich, Daten des Precision Farming in REPRO zu integrieren. Für den Betrieb wäre somit die Möglichkeit eines hochauflösenden Stickstoffmanagements gegeben. Durch diese Entwicklungen sind bisher entwickelte Bewertungsfunktionen zu prüfen und ggf. anzupassen.

## Literaturverzeichnis

- [AS86] Auerswald, K.; Schmidt, F.: Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.), München, 1986.
- [FL91] Fairfield, J.; Leymarie, P.: Drainage Networks from Grid Digital Elevation Models. Water Resources Research 30 (6), 1991; S.1681-1692.
- [Hü03] Hülsbergen, K.-J.: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Aachen, 2003.
- [KWH06] Küstermann, B.; Wenske, K.; Hülsbergen, K.-J.: Umwelt- und Betriebsmanagement mit dem Modell REPRO. In: Tagungsband zur 26. GIL-Tagung, Potsdam, 2006.
- [MB86] Moore, I.; Burch, G.: Physical Basis of the Slope-length Factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science of America Journal 50 (4), 1986; S. 1294 – 1298.
- [Sc86] Schmidt, F.: Die Bodenerosion auf Ackerflächen. In (Bayerisches Geologisches Landesamt, Hrsg.): Standortliche Bodenkarte von Bayern – Erläuterungen, München, 1986; S. 396.
- [SVK87] Schwertmann, U.; Vogel, W.; Kainz, M.: Bodenerosion durch Wasser. Ulmer, Stuttgart, 1987.
- [WRO05] Wolf, J.; Rötter, R.; Oenema, O.: Nutrient emission models in environmental policy evaluation at different scales. Agriculture, Ecosystems and Environment 105, 2005; S. 291 – 306.