

Tagungsbeitrag zu:  
DBG Jahrestagung 2009, Kommission VII  
Titel der Tagung:  
Böden – eine endliche Ressource  
DBG, Bonn, 5 – 13. September 2009  
Berichte der DBG  
(nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Vorhersage des Gewässeranschlusses von erosionsaktiven Flächen mit Hilfe Geographischer Informationssysteme**

Jan Bug und Thomas Mosimann

### **Zusammenfassung**

Für einen effizienten Boden- und Gewässerschutz ist die Lokalisierung von Ackerparzellen notwendig von denen Feinerde durch Bodenerosion in die Gewässer gelangen kann.

Dazu wurde der Feldschlüssel „Gewässeranschluss“ zu einem GIS-basierten, halbautomatisierten Modell weiterentwickelt. Dieser ermöglicht die Verortung an Gewässer angeschlossener Ackerparzellen ohne teure Kartierungen. Zur einfachen Übertragbarkeit werden nur wenige Eingangsparameter benötigt. Das Ergebnis liefert die Information Gewässeranschluss ja oder nein.

Erste Anwendungen des Modells zeigen, dass in erosionsgefährdeten Gebieten der Anschluss zwischen 20 und 60 % der Ackerfläche schwankt. Diese Ergebnisse sind durch empirische Felderhebungen bestätigt. Durch die Verknüpfung der Gewässeranschlussmodellierung mit Erosionsabschätzungen (ABAG) kann eine umfassende Abschätzung der Gefährdung der Gewässerqualität durch einzelne Ackerschläge getroffen werden.

### **Schlüsselworte**

Bodenerosion, Geographische Informations Systeme, Gewässereintrag, Gewässeranschluss

---

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Physische Geographie und  
Landschaftsökologie  
Schneiderberg 50, 30167 Hannover  
[www.phygeo.uni-hannover.de](http://www.phygeo.uni-hannover.de)  
[bug@phygeo.uni-hannover.de](mailto:bug@phygeo.uni-hannover.de)

### **Problemstellung**

Die rechtlichen Rahmenbedingungen erfordern heute eine kombinierte Betrachtung der Bodenerosion und des Partikelaustrages unter dem Aspekt des Boden- und Gewässerschutzes. Die Bundesbodenschutzverordnung (§8 [1]) geht vom „Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser“ aus, „wenn durch Oberflächenabfluss erhebliche Mengen Bodenmaterials aus einer Erosionsfläche geschwemmt wurden“, es also zur Verlagerung von Bodenmaterial in benachbarte Ökotope kommt. Die Wasserrahmrichtlinie fordert Schutz und Verbesserung des Zustandes aller aquatischen Ökosysteme. Ein guter ökologischer und chemischer Zustand soll in 15 Jahren erreicht werden. Eine Hauptursache des Nichterreichens ist der Eintrag von Nährstoffen durch diffuse Quellen, wobei der Bodenabtrag durch Wasser eine wichtige Rolle spielt.

Für einen effizienten Boden- und Gewässerschutz, wie ihn der Gesetzgeber fordert, ist eine schlag- und betriebsbezogene Maßnahmenplanung notwendig. Die Information, von welchen Ackerparzellen Partikel durch Bodenerosion in die Gewässer gelangen, steht dabei im Fokus der Planung. Um diese Information bereitzustellen wird deshalb für Niedersachsen und parallel für die Nordwestschweiz ein Instrument entwickelt,

- dass Flächen mit Gewässeranschluss von Ackerschlägen erkennt,
- dass nutzungsspezifische Besonderheiten wie Bankette, Einlaufschächte und Grabenstrukturen mitberücksichtigt,
- dass flächendeckend und schnell ohne Feldbegehungen den Anschluss modelliert
- und dass als Grundlage für die Maßnahmenplanung eingesetzt werden kann.

In diesem Modellvorhaben wird der bereits bestehende Feldschlüssel „Gewässeranschluss von Ackerflächen“ (MOSIMANN ET AL., 2007) mit Hilfe eines Geographisches Informationssystems umgesetzt.

## Methodik

Das Vorgehen bei der GIS-gestützten Ermittlung des Gewässeranschlusses von einzelnen Ackerschlägen wird durch die Methodik des entscheidungsbasierten Gewässeranschlussschlüssels vorgegeben. Auf Basis des hier festgelegten Entscheidungsbaumes kann der Anschluss für jede einzelne Parzelle und sogar für einzelne Parzellenteile vorhergesagt werden (Gewässeranschluss ja oder nein).

Der Gewässeranschlussschlüssel unterscheidet zwischen einem direkten und einem indirekten Gewässeranschluss. Ein direkter Gewässeranschluss liegt vor, wenn der Ackerschlag direkt oder nur durch einen Weg oder schmalen Randstreifen getrennt an ein Gewässer angrenzt. Eine Fläche ist indirekt angeschlossen, wenn ausgetragene Feinerde mit dem abfließenden Wasser über benachbarte Flächen entlang von Tiefenlinien, Ackerrandfurchen, Wegen oder Banketten in Gewässer transportiert wird.

Die Schwellenwerte der Prädiktoren im Entscheidungsbaum des Gewässeranschlussschlüssels sind empirisch gewonnen. Sie basieren auf den Ergebnisse der neunjährigen Messreihe der Bodenerosion in Niedersachsen (MOSIMANN ET AL. 2009). Seit 2000 werden regelmäßige Feldkartierung des Abtrages, der Akkumulation und des Gewässereintrages durchgeführt.

Die Umsetzung des Schlüssels mit GIS erfordert die modellgestützte Bestimmung der Prädiktoren, anstatt der aufwendigen Kartierung. Dazu müssen komplexe Modellierungen von verschiedenen Geographischen Informationssystemen (ArcGIS, SAGA) miteinander kombiniert werden. Die Umsetzung unterteilt sich in mehrere Phasen:

- Vorbereitung: Modellierung von Graben- und Einlaufschachtsystemen als Elemente des Gewässernetzes.
- Phase 1: Schlagteilung auf Basis der Fließrichtung.
- Phase 2: Berechnung von diversen Informationen zur Topologie, Topographie, Hydrologie und des Reliefs.
- Phase 3: Integration der Prädiktoren in den Entscheidungsbaum.

- Ergebnis: Gewässeranschlusskarte für alle Schläge, differenziert nach direktem, indirektem und keinem Gewässeranschluss.

Das Vorgehen bei der Modellierung wird in Abbildung 1 erläutert. Als Eingangsdaten dienen lediglich das Gewässernetz, die Landnutzung mit Parzellenstruktur und das Digitale Höhemodell (DGM).

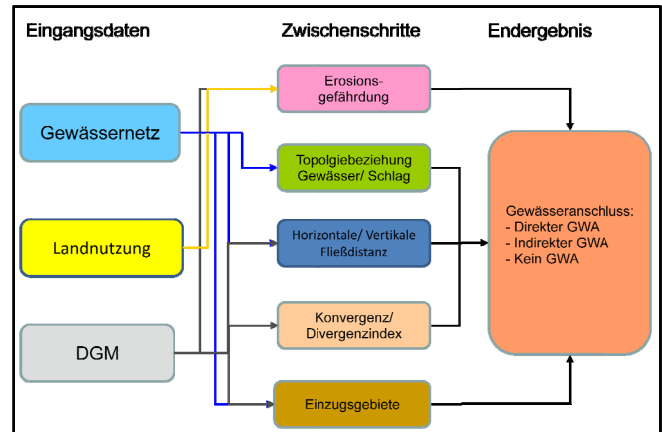


Abb. 1: Vorgehen der GIS-gestützten Modellierung des Gewässeranschlusses

In Zwischenschritten werden die Erosionsgefährdung, die euklidische Entfernung sowie die horizontale und vertikale Fließdistanz zwischen Schlag und Acker, ein Konvergenz/Divergenzindex, sowie weitere hydrologische und Reliefparameter modelliert.

Der Entscheidungsbaum des Gewässeranschlussschlüssels liegt in ArcGIS als Modell vor, der mit Hilfe des ArcGIS ModelBuilder erstellt wurde. Das Modell nutzt die Ergebnisse der Zwischenschritte automatisiert.

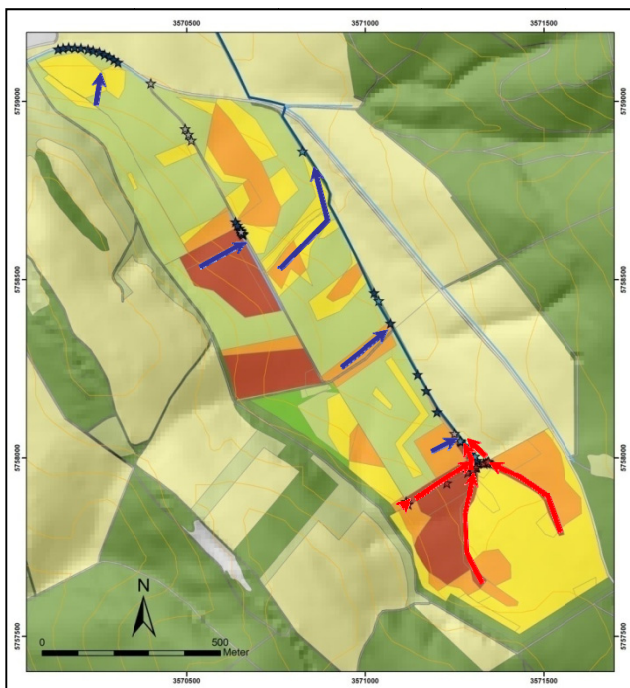
Als Endergebnis wird der Gewässeranschluss als Shapefile ausgegeben. Das Ergebnis zeigt nicht nur ob direkter, indirekter oder kein Gewässeranschlusses vorliegt, sondern liefert auch die Begründung für die Einordnung.

## Ergebnisse

Die Erkenntnisse der Dauerbeobachtung zeigen, dass bei 30 % aller Erosionssysteme Bodenmaterial aus der Erosionsfläche auf Nachbarschläge oder in andere Teile der Landschaft geschwemmt wird. In ca. 17 % aller Fälle kommt es zum Eintrag von Fei-

nerde in benachbarte Ackerparzellen. Etwa 6,5 % der kartierten Erosionsereignisse führen zum Eintrag von Feinerde in benachbarte Gewässer. Zu den Gewässern zählen dabei Gräben und das ganze Jahr wasserführende Fließgewässer.

Die Bodenabträge der Erosionssysteme mit dem Übertritt von Feinerde sind in etwa doppelt so groß wie der durchschnittliche Bodenabtrag aller Erosionsereignisse. So haben also zwar nur etwa 6 % aller Erosionssysteme Anschluss an Fließgewässer, sie verlagern jedoch etwa 13 % des insgesamt mobilisierten Bodenmaterials.



<b>Legende</b>	<b>Landnutzung</b>
<b>Übertrittspunkte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Ackerland</li> <li>☐ Grünland</li> <li>☐ Gartenland</li> <li>☐ Gehölz</li> <li>☐ Grünanlage</li> <li>☐ Wald Forst</li> <li>☐ Fläche z. Zt. unbestimmbar</li> <li>☐ Fläche gemischter Nutzung</li> <li>☐ Industrie- und Gewerbefläche</li> <li>☐ Wohnbaufläche</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>★ Übertritt in Bach</li> <li>★ Übertritt in Graben</li> <li>★ Übertritt in benachbarte Parzelle</li> <li>★ Übertritt auf Straße</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Direkter Gewässeranschluss</li> <li>→ Indirekter Gewässeranschluss</li> </ul>
<b>Gewässer</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Bach</li> <li>— Graben</li> </ul>	
<b>Auftritt Bodenerosion</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ nie</li> <li>☐ selten</li> <li>☐ gelegentlich</li> <li>☐ häufig</li> <li>☐ sehr häufig</li> </ul>	

Abb. 2: Erosionsauftritt und Gewässeranbindung im Untersuchungsgebiet Lamspringe (2000-2008)

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Erosionsaktivität von Ackerschlägen im oberen Einzugsgebiet der Lamme, Landkreis Hildesheim. Kartierte Übertritte von Bodenmaterial sind in der Karte durch Sternsignaturen symbolisiert. Die Kartierungen zeigen, dass auf sechs der sieben Schläge bislang Erosi-

onssysteme zu Eintrag von Feinmaterial in die Gewässer geführt haben. Vier Schläge sind direkt an Gewässer angeschlossen, wovon zwei in Gräben und zwei in dem im Gebiet entspringenden Fluss Lamme entwässern. Indirekt ist ein Schlag über einen Nachbarschlag, ein weitere über abflussbündelnde Tiefenlinie angeschlossen.

Der Anschluss über Tiefenlinien ist für die Gewässeranschlussmodellierung sehr bedeutend. Auswertungen zeigen, dass die gängige geomorphologische Modellierung von Tiefenlinien mit Hilfe der Fließakkumulation keine ausreichenden Übereinstimmungen mit der kartierten Tiefenlinienerosion haben. Ein abgewandelter Konvergenzindex nach KÖTHE & LEHMEIER (1994) bildet die erosionsaktiven Tiefenlinien besser ab.

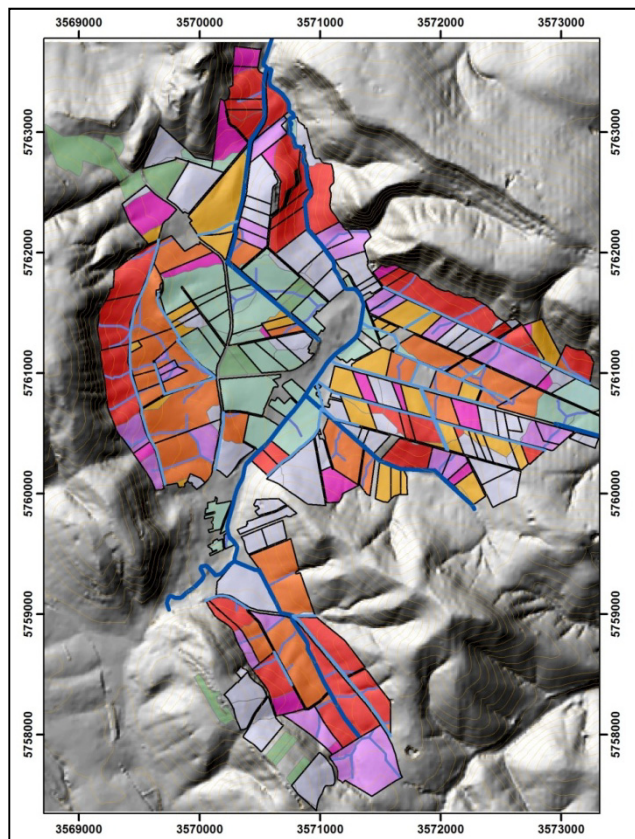
Die Ergebnisse der Kartierungen zeigen darüber hinaus, dass die zum Teil bis zu 20 ha großen Schläge nicht einheitlich entwässern. Das bewegte Relief im niedersächsischen Berg- und Hügelland führt zu einer kleinräumigen Änderung der Fließrichtung. Zur korrekten Abbildung des Gewässeranschlusses ist deshalb eine Schlagteilung notwendig.

Dazu bietet sich die vorhergehende Modellierung der Scheitel- und Tiefenlinien an. Mit diesen müssen die Schläge zerschnitten werden. Für jeden Schlagteil wird darauf folgend separat der Gewässeranschluss modelliert.

Ein weiteres Problem bei der Modellierung des Gewässeranschlusses ist die Entfernung vom Schlag zum Gewässer. Der Entscheidungsbaum verlangt diese Größe an mehreren Knotenpunkten. Eine einfache Berechnung der euklidischen Distanz vom Schlag zum Gewässernetz kann zu Fehlern führen. So gibt es Grabensysteme, die im Hang oberhalb eines zu betrachtenden Schlages liegen können. Die Entfernung von diesem Schlag zu dem oberhalb gelegenen Graben hat für die Modellierung keine Bedeutung, da der Schlag in die andere Richtung, also hangabwärts, entwässert. Erst die Distanz zum Vorfluter des Schlages bringt die geforderte Information. Deshalb wird anstatt der euklidischen Distanz, die Fließdistanz zum nächsten Gewässer in das Modell integriert.



Weitere Modellschritte, u.a. die Berechnung der Hangneigung, der Neigung zum Fließgewässer, die Integration von Randstreifen, die Vorhersage von Akkumulationsräumen sowie die Bestimmung der Hangformung, sind für Abschätzung des Gewässeranschlusses notwendig.



#### Legende

Konturlinie

#### Gewässer

Fluss, Bach

Graben

Schlaggrenzen

Abflussbündelnde Tiefenlinien mit Gewässeranschluss

#### Direkter Gewässeranschluss

Schlagteile in unmittelbarer Nähe zu Gewässer, Neigung > 5%

Schlagteile mit Neigung < 5%, über abflussbündelnde Tiefenlinie angeschlossen

Sonstige direkt angeschlossene Schlagteile

#### Indirekter Gewässeranschluss

Anschluss über Tiefenlinien

Anschluss über Nachbarschlag

#### Kein Gewässeranschluss

Schlagteile mit Hangneigung < 2% auf 2/3 der Fläche

Schläge in mehr als 500 m Entfernung zum Gewässer

Sonstige Gründe

#### Hillshade (Fünffach überhöht)

Value

High : 254

Low : 0

Abb. 3: Modellierter Gewässeranschluss im Oberen Einzugsgebiet der Lamme

Das Ergebnis der Modellierung für das obere Einzugsgebiet der Lamme (Abb.3) zeigt, dass etwa 60 % der Ackerparzellen an das Gewässersystem angeschlossen sind. Ein Grund für diesen vergleichsweise hohen Anteil an angeschlossenen Flächen ist das weitverzweigte Grabensystem und das be-

wegte Relief mit meist hohen Hangneigungen. Im Zentrum des Einzugsgebietes sind nur wenige Flächen angeschlossen. Gründe dafür sind die geringen Hangneigungen oder eine Fließentfernung zwischen dem Unterland der Fläche und dem Gewässer, die mehr als 500 m beträgt.

Insgesamt sind in den Untersuchungsgebieten im südlichen Niedersachsen etwa 30-60 % der Schläge direkt oder indirekt an Gewässer angebunden.

Modellierungen für erste Testgebiete im Sundgauer Lösshügelland (Nordwestschweiz) zeigen, dass dort der Anteil der angeschlossenen Flächen mit 30-40 % geringer ist als in Südniedersachsen. Aufgrund des wesentlich stärker differenzierten Nutzungsmosaiks sind die Fließwege häufiger durch Grünland unterbrochen. Im Gegensatz zu Niedersachsen spielt hier für den Gewässeranschluss nicht das Grabennetz die zentrale Rolle, sondern die hier weitverbreiteten Einlaufschächte.

## Ausblick

Durch eine Kombination der Ergebnisse der Gewässeranschlussmodellierung mit Erosionsabschätzungen mit der ABAG (SCHWERTMANN ET AL. 1991) und einer zusätzlichen Vorhersage von Austrägen durch lineare Erosion, kann eine umfassende Abschätzung der Gefährdung der Gewässerqualität durch einzelne Ackerschläge getroffen werden. Durch die Modellierungen ist eine zielgerichtete Maßnahmenplanung zum Gewässerschutz möglich. Ziel ist es die Information Gewässeranschluss in vorhanden und bereits bestehende Erosionsgefährdungskarten zu integrieren.

## Literatur:

- KÖTHE, R. & LEHMEIER, F. (1994): SARA System zur Automatischen Relief-Analyse - Morphometrie. - Benutzerhandbuch Programm SARA-ME Version 2.22; Göttingen. - [Unveröff.]
- MOSIMANN, TH., H. WESTPAHAL & J. BACKHAUS (2007): Entwicklung einer Beratungskonzeption zur Minimierung von Bodenerosion und Stoffeinträgen in Gewässer. Projektbericht, Hannover, 77 S. [Unveröff.]
- MOSIMANN, TH. J. BUG, S. SANDERS & F. BEISIEGEL (2009): Bodenerosionsdauerbeobachtung in Niedersachsen 2000-2008. Hannover, 98 S.
- SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & M. KAINZ (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Aufl., Stuttgart, 63 S.