

7 Prognose von Eintragspfaden in Gewässer und Simulation von Erosionsschutzmaßnahmen: Ein hierarchischer Ansatz für Sachsen-Anhalt

Daniel Wurbs, Michael Steininger, Thomas Koschitzki und Markus Möller

Im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben zum Boden- und Gewässerschutz, die vor allem im Bundes-Bodenschutzgesetz, in der EU-Agrarförderung oder der EG-Wasserrahmenrichtlinie definiert sind (vgl. Kap. 2.2 u. 8), ist die Bewertung der Bodenerosion und ihrer Folgewirkungen sowie die Planung von Schutzmaßnahmen notwendig. So erfordert die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie die Zustandsbestimmung und Bewertung der Gewässer hinsichtlich ihrer Belastung durch diffuse Quellen auf der Einzugsgebietsebene. In Sachsen-Anhalt wird als eine der Hauptursachen für diffuse Sediment- und Phosphoreinträge die Bodenerosion und die an sie geknüpften Transportprozesse angesehen. Insofern besteht vor allem aus Sicht des vorsorgenden Boden- und Gewässerschutzes die Notwendigkeit, eine effiziente Herangehensweise sowie geeignete Methoden und Modellansätze zu entwickeln, um Boden- und Gewässerschutzmaßnahmen planen, simulieren und bewerten zu können. Dies sollte vor allem vor dem Hintergrund der in Kapitel 2 diskutierten Modell-, Politik und Maßstabshierarchien geschehen. Denn während die Planung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen zumeist in der lokalen Ebene für Ackerschläge, Feldblöcke oder Gewässerabschnitte erfolgt, erfordert die landesweite Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie oder die Koordinierung der EU-Agrarförderung einen überregionalen Betrachtungsansatz, der vorwiegend auf Koordinierungsräume, Oberflächenwasserkörper und Agrarregionen orientiert. Wie in diesem Beitrag gezeigt werden wird, ist es möglich, mit Hilfe eines hierarchischen Gesamtansatzes zur integrativen Erosionsbewertung und -modellierung die Verknüpfung verschiedener Ziel- und Bezugsebenen vorzunehmen, um möglichst effizient die Planungsziele in der jeweiligen Maßstabsebene erreichen zu können.

7.1 Der hierarchische Ansatz

Der hierarchische Ansatz zur Maßnahmenplanung basiert auf modular aufgebauten Bezugseinheiten (Landschaftseinheiten, Flusseinzugsgebiete/Oberflächenwasserkörper, Feldblöcke), welche, entsprechend eines definierten räumlich-zeitlichen Zielmaßstabes als Untersuchungsgebiete fungieren (Abb. 7.1):

1. Auf Grundlage einer kleinmaßstäbigen Ersteinschätzung und Bewertung werden zunächst Räume (hier: Oberflächenwasserkörper) ausgewiesen, die ein definiertes Gefährdungspotential besitzen.
2. Innerhalb dieser Räume können durch die Erweiterung und Verbesserung des Daten-, Modell- und Methodenspektrums, die Erhöhung der räumlich-zeitlichen Auflösung sowie die Festlegung neuer Zielgebiete (hier: Feldblöcke, Schläge) die Ergebnisse lokal präzisiert und somit eine Grundlage für die Prognose von Abtragsbereichen und Sedimenteintragspfaden sowie eine großmaßstäbige Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanung geschaffen werden.

Die integrative Erosionsbewertung und -modellierung fand in Sachsen-Anhalt innerhalb eines Pilotprojektes bereits praktische Umsetzung (Wurbs et al., 2007b). Grundlage hierfür bildete zunächst die Schaffung von Modellgrundlagen und eine erste flächendeckende Erosionsberechnung

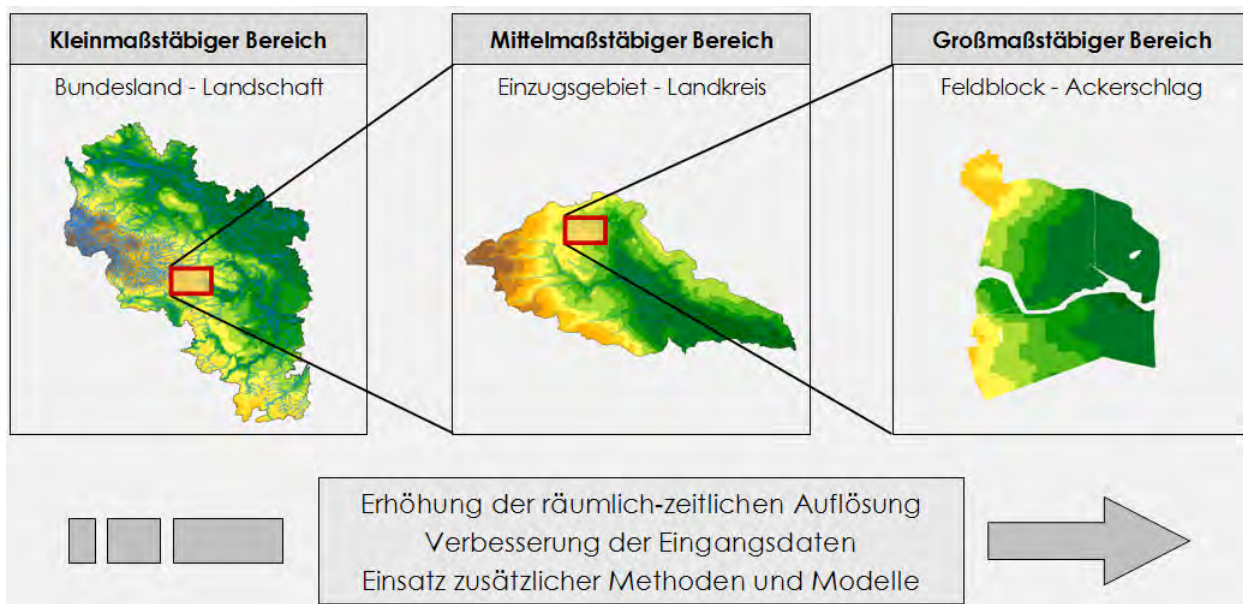


Abb. 7.1: Räumliche Bezugseinheiten des hierarchischen Ansatzes zur integrativen Erosionsbewertung und -modellierung

für Sachsen-Anhalt (vgl. Kap. 6; Steininger et al., 2005). Die Ergebnisse erfuhren in Wurbs et al. (2007c) eine weitere Präzisierung. Wesentliches Ziel der Untersuchungen war hierbei die Schaffung von Bewertungsgrundlagen, die einerseits der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie und andererseits der Ausweisung von Gebietskulissen zur flächenkonkreten Realisierung der EU-Agrarförderung dienen sollten. Die zum Einsatz gekommenen Methoden basierten auf standardisierten und modifizierten Ansätzen der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG, vgl. Kap. 6; Schwertmann et al., 1990), deren modelltechnische Umsetzung durch Anwendung des GIS-basierten Modellsystems ABAGflux 2.0 realisiert wurde.

7.2 Das Modellsystem ABAGflux 2.0

Für die Prognose großräumiger Bodenabträge und die Ausweisung potentiell erosionsgefährdeter Gebiete erwies sich der empirische Ansatz der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (Schwertmann et al., 1990), bedingt durch seinen im Vergleich zu physikalisch basierten Modellansätzen vergleichsweise geringen Daten- und Parametrisierungsaufwand, in der Vergangenheit wiederholt als geeignet (vgl. Kap. 2.3 u. 6.1). Ein wesentlicher Nachteil des Standardansatzes der ABAG besteht hingegen in den fehlenden Möglichkeiten einer prozessorientierten Betrachtung. Durch die Modifizierung einzelner ABAG-Faktoren sowie die Einbindung weiterer reliefbasierter Ansätze können diese Defizite minimiert und somit ein effizient einsetzbares Instrument geschaffen werden, um maßstabsunabhängig mittlere Bodenabträge und Eintragungspfade als Grundlage für die Simulation von Gewässer- und Erosionsschutzmaßnahmen modellieren zu können.

Der innerhalb des GIS-basierten Modellsystems ABAGflux 2.0 implementierte ABAG-Ansatz enthält eine Barrierefunktion und integriert Fließakkumulationsalgorithmen (Wurbs et al., 2007a; geoflux GbR, 2007; Volk et al., 2009b). Dabei wird der Fließakkumulationsprozess an Barrieren (u. a. natürliche Senken, Flurelemente, Straßen) gestoppt und setzt unterhalb dieser erneut an. Die Akkumulation wird an dieser Stelle auf den Wert 0 gesetzt. Durch die daraus resultierende Hangzerschneidung und Verkürzung der Hanglänge erfolgt eine Aufteilung des Hanges und somit die Betrachtung tatsächlicher Abtragsbereiche.

Darüber hinaus lassen sich über die Relieffunktion potentielle Ablagerungsbereiche ermitteln. Die Relieffunktion basiert auf dem Massenbilanzindex *MBI* (Möller, 2005; Möller et al., 2008), der

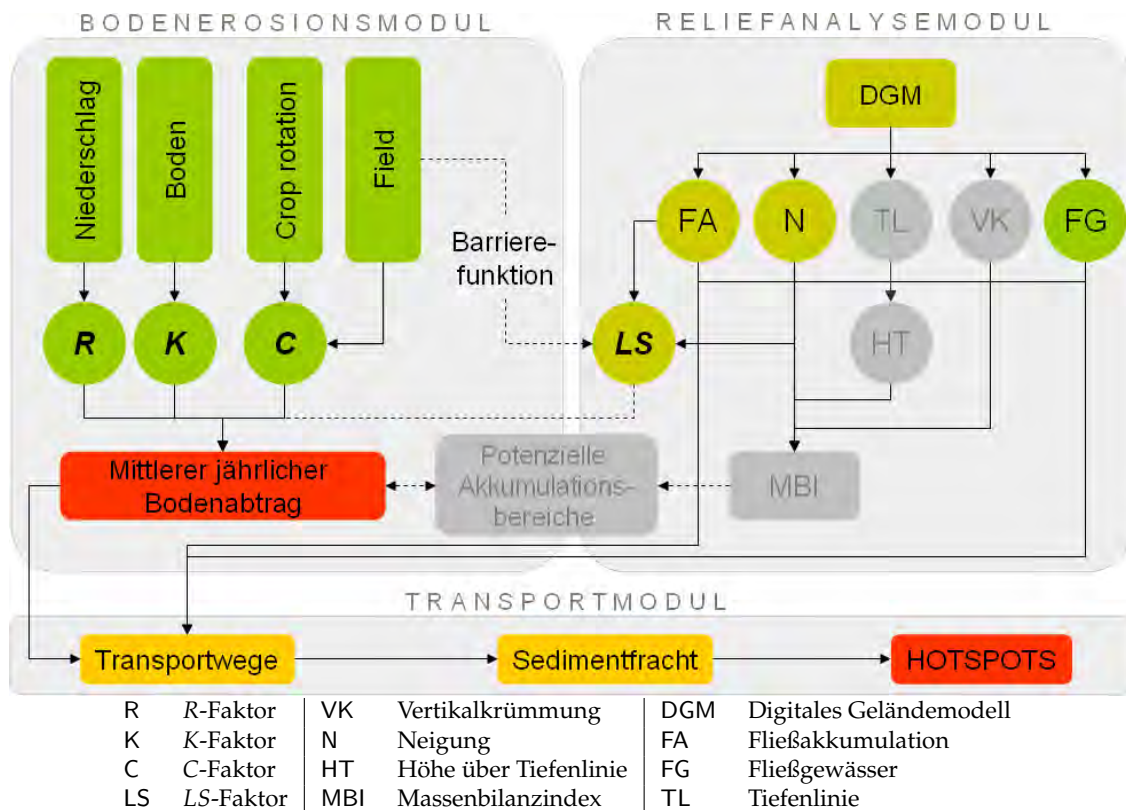


Abb. 7.2: Fließschema zur Funktionsweise des Modellsystems ABAGflux 2.0

sich aus den Attributen *Vertikalkrümmung*, *Neigung* und *Höhe über Tiefenlinie* berechnen lässt und die reliefbedingte Neigung einer Rasterzelle zu Akkumulation oder Bodenabtrag kennzeichnet.

Um zusätzlich zur Erosionsgefährdung auch Aussagen zum *off site*-Potential einer Fläche treffen zu können (vgl. Kap. 2.1.2), sind Verfahren erforderlich, welche der Ausweisung von Transportpfaden dienen. Durch die Kopplung und Übergabe der für eine Rasterzelle ermittelten Bodenabträge an ein Transportmodul können über Fließakkumulationsansätze die hangabwärts gerichteten Eintragspfade identifiziert und über ausgewiesene Gewässeranschlussflächen Übertrittsbereiche und potentielle Eintragsmengen ermittelt werden (Abb. 7.2).

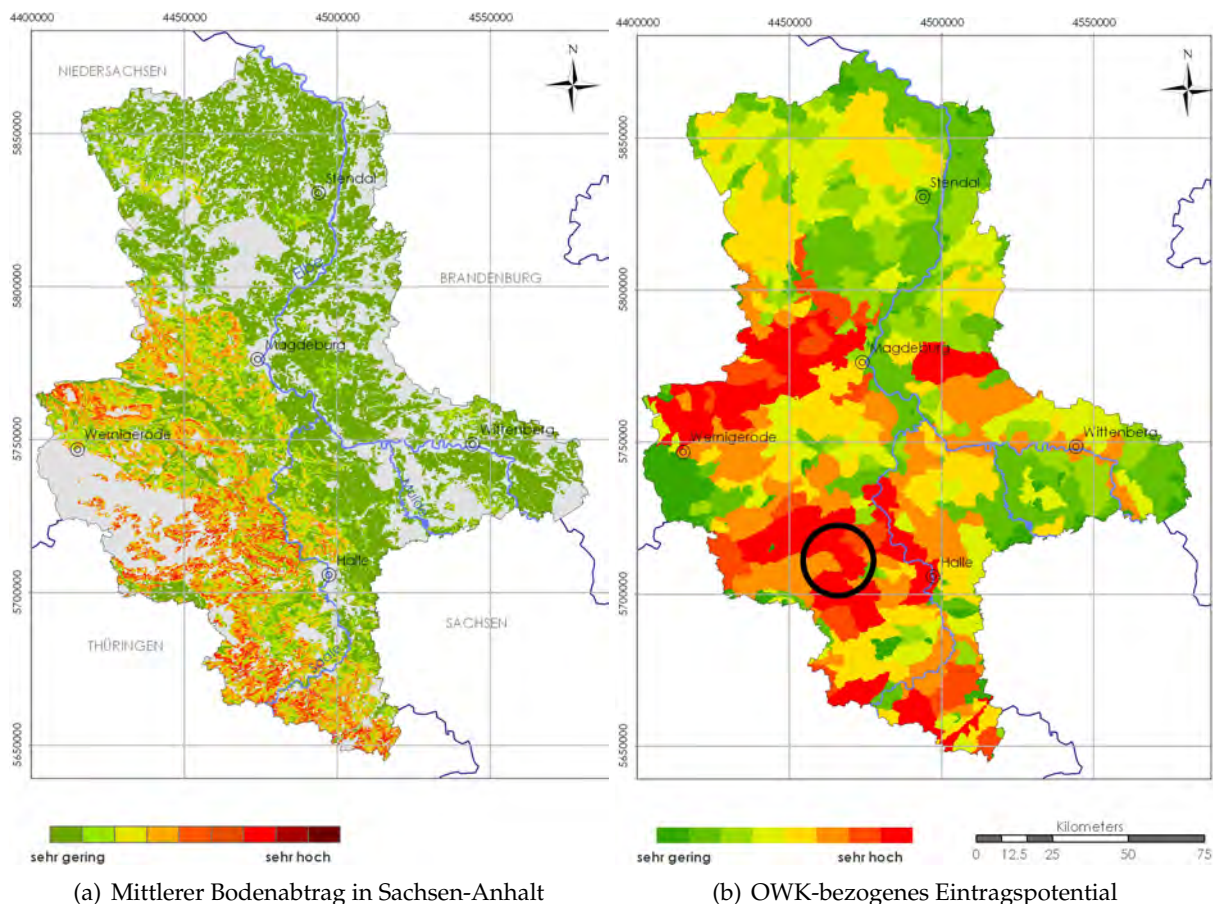
7.3 Anwendungsbeispiel für Sachsen-Anhalt

7.3.1 Erste Hierarchieebene: Landesweite Ersteinschätzung

Im Rahmen der Zustandsbestimmung der Gewässer sowie für die Maßnahmeplanungen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist die Bewertung der Oberflächenwasserkörper (OWK) hinsichtlich ihrer Belastung durch diffuse Quellen aus der Landnutzung erforderlich. Als solche gelten vornehmlich Sedimente und Nährstoffe, deren Eintrag in die Fließgewässer zu vermeiden oder zu vermindern ist.

Die Bewertung von Oberflächenwasserkörpern hinsichtlich ihres sedimentgebundenen Nährstoffeintragspotentials erfordert Modellansätze, welche auf der einen Seite die landesweite Abschätzung der Bodenerosion und des potentiellen Sedimenteintrages von den ackerbaulich genutzten Flächen in die Gewässer Sachsen-Anhaltes ermöglichen. Andererseits sollte der erforderliche Parametrisierungs- und Bearbeitungsaufwand möglichst gering sein und der Maßstabebene entsprechen. Insofern ist der Einsatz hoch auflösender, prozessorientierter Erosionsmodelle nicht zuletzt vor dem Hintergrund fehlender Validierungsgrundlagen nur bedingt möglich. Zudem wurde in Kapitel 3 bereits darauf hingewiesen, dass potentielle Schwerpunktregionen für die Bodenerosion vorwiegend im südlichen Sachsen-Anhalt, den Harzvorlandbereichen und der

74 Prognose von Eintragspfaden in Gewässer und Simulation von Erosionsschutzmaßnahmen



| Daten | Methoden | Ziele |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • digitales Geländemodell 40 × 40 m • Bodenkarte 1:50 000 (VBK 50) • CIR-Biotoptypenkartierung • Feldblockgeometrien • Gewässernetz 1:50 000 • Niederschlagsstationen (geringe Stationsdichte) | <ul style="list-style-type: none"> • Erosionsmodellierung und -bewertung mit ABAG-flux 2.0 | <ul style="list-style-type: none"> • Orientierende Analyse des Erosionsgefährdungs- und Sedimenteintragspotentials • Auswahl von Räumen mit definiertem Gefährdungspotential |

Abb. 7.3: Raumbezug und Spezifizierung der ersten Hierarchieebene

Magdeburger Börde liegen, was eine landesweite Bearbeitung unter Verwendung prozessorientierter Modelle kaum rechtfertigt. Allerdings sind die Einsatzmöglichkeiten von empirischen Ansätzen zur Kennzeichnung der Erosionsgefährdung (vgl. Kap. 2.3 u. 6.1) aufgrund der begrenzten Möglichkeiten zur Ausweisung von Transportpfaden und Übertrittsbereichen ausgesprochen limitiert.

Mit Hilfe des Modellsystems ABAGflux 2.0 wurde eine flächenkonkrete Abschätzung des erosiven Gefährdungspotentials für das Land Sachsen-Anhalt vorgenommen und folgende Parameter ermittelt:

- Ermittlung des mittleren relativen Bodenabtrages nach ABAG (rasterbezogen),
- Ausweisung von Sedimenttransportbahnen,
- Identifizierung von Gewässeranschlussflächen und Übertrittsbereichen sowie
- Modellierung des mittleren potentiellen Sedimenteintrages (rasterbezogen).

Die für die Modellierung erforderlichen Eingangsparameter entsprechen dem meso- bis makroskaligen Zielmaßstab und bilden die Grundlage für den ABAG-basierten Berechnungsansatz. Ausgehend von den rasterbasiert ermittelten mittleren Bodenabträgen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Abb. 7.3a) wurden durch die Kopplung an das ABAGflux 2.0-Transportmodul relief- und nutzungsbasierte Transportpfade ausgewiesen und über identifizierte Übertrittsberei-

che die potentiellen Sedimenteinträge bestimmt. Diese konnten für die als Zielräume fungierenden Oberflächenwasserkörper (OWK) aggregiert werden und bildeten die Bewertungsgrundlage für eine landesweite Ersteinschätzung des Erosionsgefährdungs- und Eintragspotentials in die OWK (Abb. 7.3b).

Die in der ersten Hierarchieebene gewonnenen Ergebnisse bilden die Entscheidungsgrundlage für die Auswahl von Räumen mit einem definierten Gefährdungspotential. Durch die Verbesserung der Datengrundlagen und die Erweiterung des Methodenspektrums können innerhalb dieser Räume (OWK) die Ergebnisse räumlich und zeitlich präzisiert und somit die Basis für eine flächenkonkrete Simulation, Planung und Bewertung von Gewässer- und Bodenschutzmaßnahmen geschaffen werden.

7.3.2 Zweite Hierarchieebene: Präzisierung der Ergebnisse

Im Rahmen der Ersteinschätzung wurden Gewässeranschlussflächen und potentielle Übertrittsbereiche auf Grundlage landesweit verfügbarer Daten- und Modellgrundlagen vorgenommen (Kap. 7.3.1). Die meisten der in Abbildung 7.4 aufgeführten Daten sind vorwiegend für Anwendungen im mittel- bis kleinmaßstäbigen Bereich geeignet. Die lagegenaue Erfassung von Kleinstrukturen (Gewässerrandstreifen, Verwallungen) ist hingegen nicht flächendeckend möglich.

Ebenso können relevante, aber nicht erfasste Umwidmungen der Landnutzung vorgenommen worden sein. Solch zumeist kleinräumigen Veränderungen können das Erosionsgeschehen, vor allem aber das Eintragspotential landwirtschaftlich genutzter Flächen verändern und müssen flächenkonkret innerhalb der zweiten Hierarchieebene erfasst werden.

Auf Grundlage der landesweit vorgenommenen Ersteinschätzung erfolgt deshalb in der zweiten Hierarchieebene am Beispiel des Einzugsgebietes der *Bösen Sieben* die Präzisierung der Ergebnisse durch eine Qualifizierung der Methoden und Datengrundlagen (Abb. 7.4a). Wesentliche Ziele sind die flächenkonkrete Ausweisung von (tatsächlich) gefährdeten Flächen hinsichtlich ihrer *on site*- und *off site*-Gefährdung sowie die Auswahl von Planungsräumen für die Erarbeitung, Simulation und Bewertung von Schutzmaßnahmen.

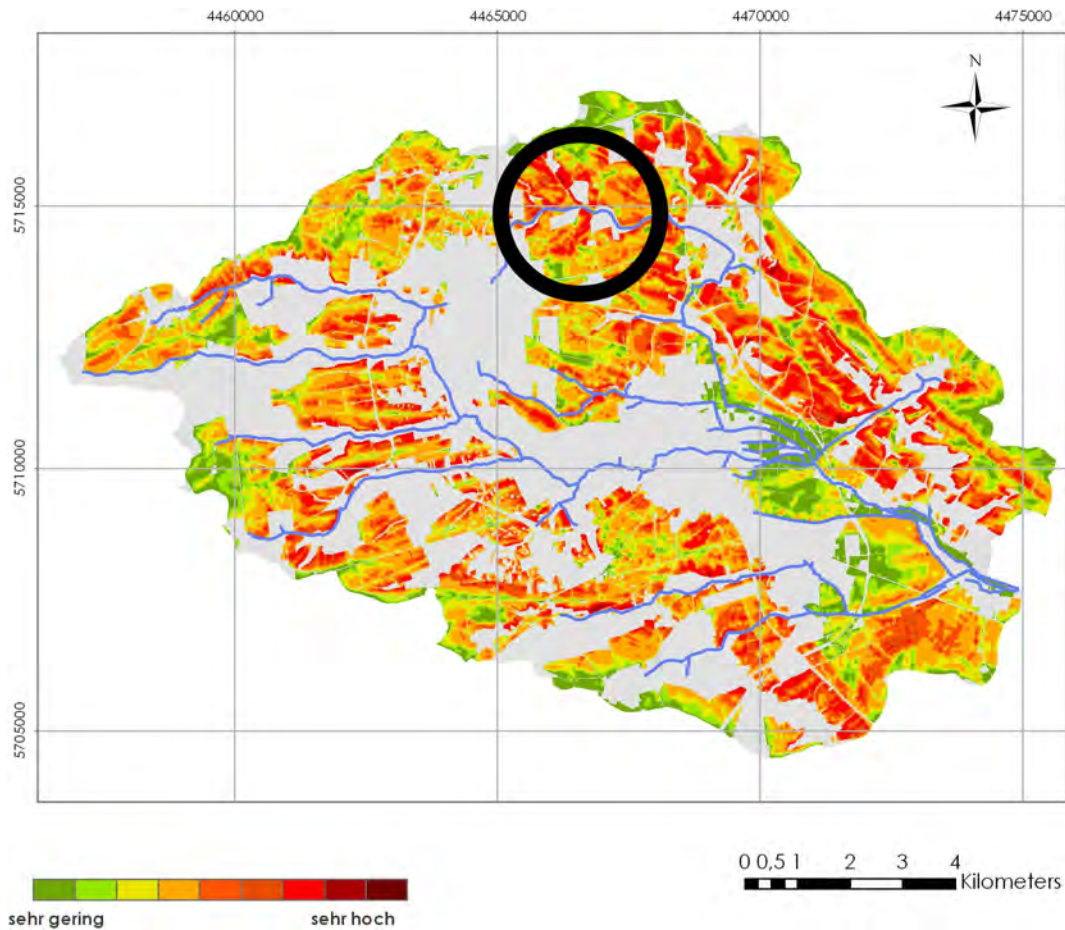
Neben den bereits in der ersten Ebene eingesetzten und durch höher auflösende Datengrundlagen qualifizierten Modellanwendungen zur Ermittlung des Bodenabtrages, des Sedimenttransportes und der Identifizierung von Hotspots (Abb. 7.4b u. c) kommen auf der mesoskaligen Einzugsgebietsebene weitere Verfahren und Methoden zur Anwendung. Mittels Luftbilddauswertung können Aussagen zum Gewässeranschluss landwirtschaftlich genutzter Flächen, der aktuellen Landnutzung sowie zur Lagegenauigkeit von Landschaftselementen (Gewässernetz, Gewässerrandstreifen) getroffen werden. Diese können zusätzlich durch Geländekartierungen fachlich unteretzt werden. Darüber hinaus dient die Geländeaufnahme der Erfassung von Erosionsformen, die ihren Ursprung nicht auf ackerbaulich genutzten Flächen besitzen. Hierzu zählt vor allem die Böschungserosion, welche insbesondere im Testgebiet *Böse Sieben* einen nicht unerheblichen Beitrag zur Sedimentfracht in den Gewässern leistet.

In Abbildung 7.5 wird dargestellt, welche Flächen im Einzugsgebiet der *Bösen Sieben* nach der vorgenommenen Luftbild- und Geländeauswertung für die weitere Maßnahmeplanung Berücksichtigung finden können. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse können somit Feldblöcke bzw. Ackerschläge als Maßnahmeräume zur Planung von Gewässer- und Bodenschutzmaßnahmen ausgewählt werden.

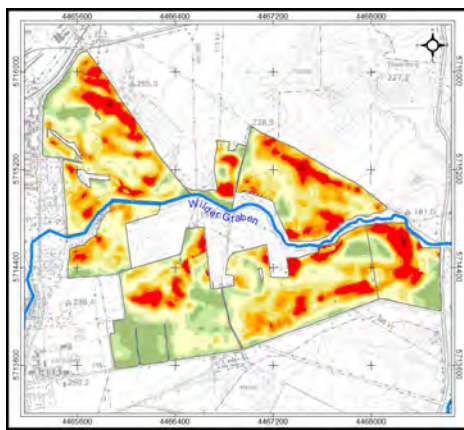
7.3.3 Dritte Hierarchieebene: Planung und Bewertung von Maßnahmen

Die dritte Hierarchieebene weist als Zielräume Feldblöcke und Ackerschläge zur großmaßstäbigen Planung und Bewertung von Maßnahmen des Boden- und Gewässerschutzes aus. Grundlage für die Auswahl der Planungsräume bildet die im Rahmen der Präzisierung landesweit vorliegenden Ergebnisse vorgenommene Ausweisung von eintragsrelevanten Flächen landwirtschaftlicher Nutzung (vgl. Kap. 7.3.2). Im Rahmen des Pilotprojektes *Planung von erosionsmindernden Maßnahmen ackerbaulich genutzter Flächen im Einzugsgebiet des Süßen Sees* (Wurbs et al., 2007c) erfolgte die

76 Prognose von Eintragspfaden in Gewässer und Simulation von Erosionsschutzmaßnahmen



(a) Mittlerer Bodenabtrag im Einzugsgebiet Böse Sieben



(b) Feldblockbezogener relativer Bodenabtrag



(c) Feldblockbezogene potentielle Transportfracht

| Daten | Methoden | Ziele |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> digitales Geländemodell 10 × 10 m u. 40 × 40 m Flächeninformationen der Bodenschätzung 1:10 000 Fruchtfolgen der Feldblöcke Aggregierte Feldblockinformationen Gewässernetz 1:10 000 Niederschlagsstationen (hohe Stationsdichte) Luftbilder | <ul style="list-style-type: none"> Erosionsmodellierung und -bewertung mit ABAG-flux 2.0 Einsatz physikalisch basierter Erosionsmodelle Luftbilddauswertung Geländekartierung | <ul style="list-style-type: none"> Präzisierung der Ergebnisse der ersten Hierarchieebene Ausweisung von <i>on site</i>- und <i>off site</i>-Gefährdungsbereichen Auswahl von Zielräumen für Maßnahmenplanung |

Abb. 7.4: Raumbezug und Spezifizierung der zweiten Hierarchieebene

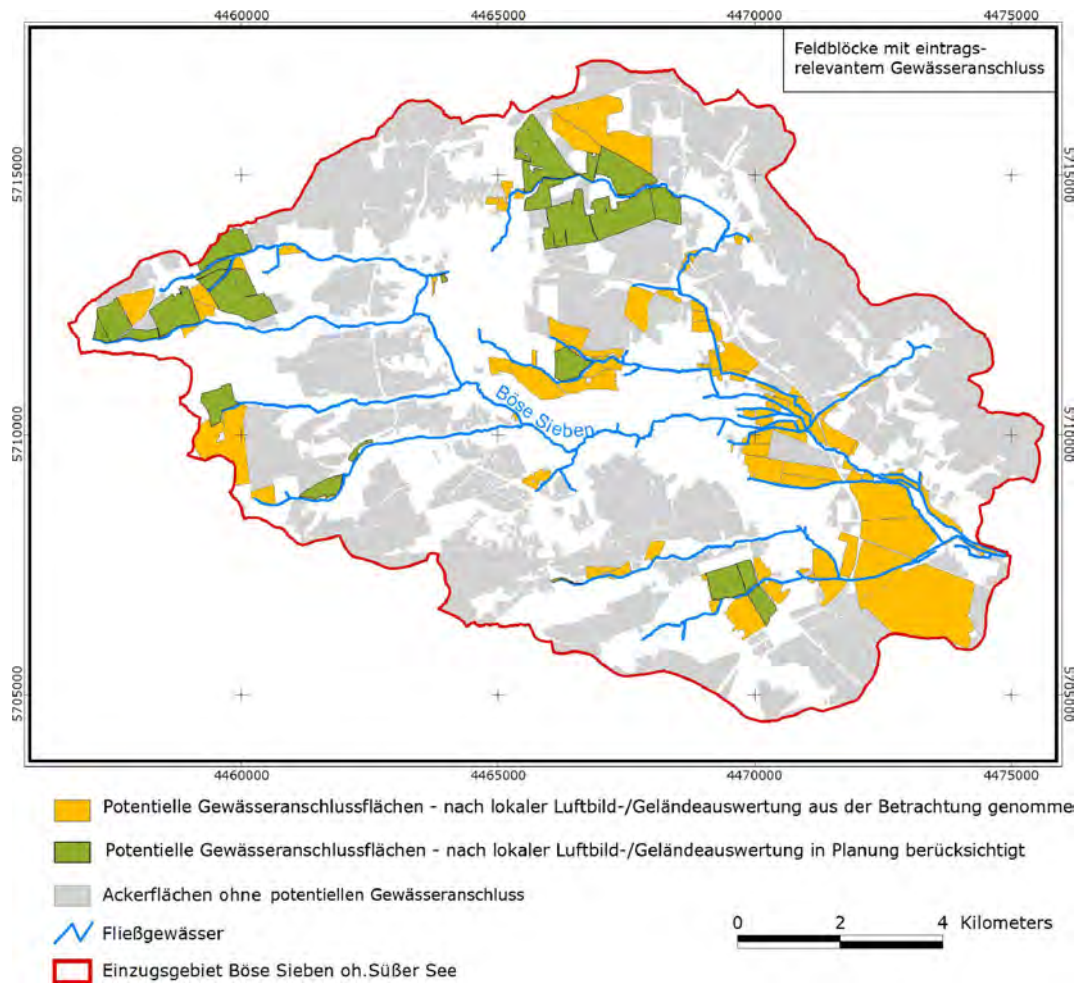
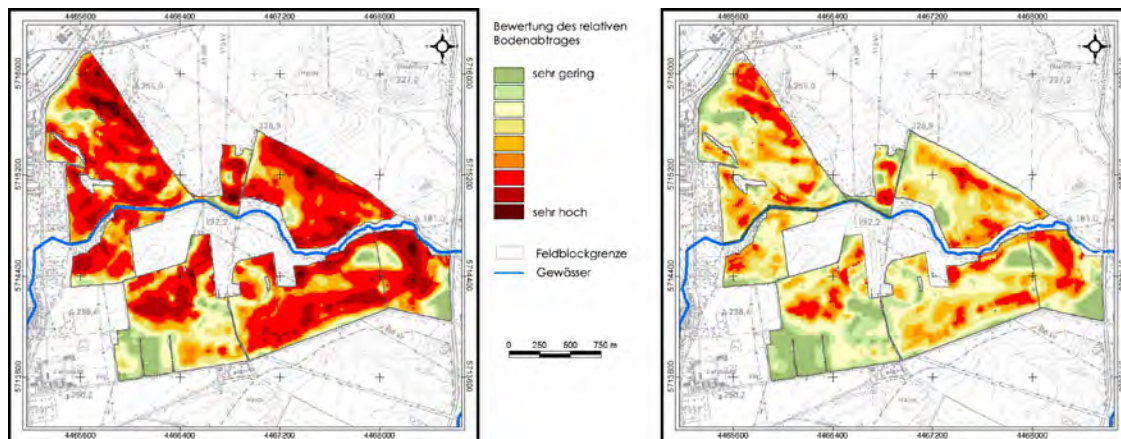


Abb. 7.5: Präzisierung der Gewässeranschlussflächen in der zweiten Hierarchieebene

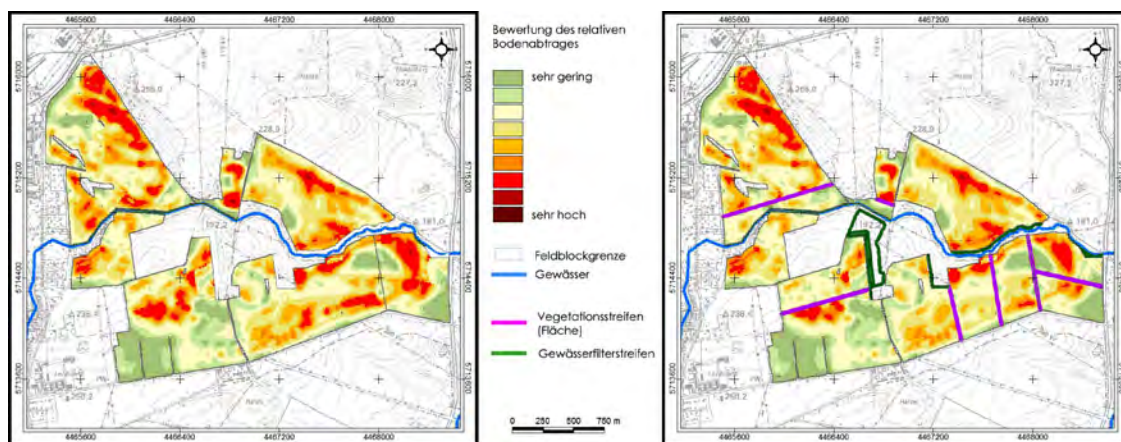
Planung, Simulation und Bewertung von Maßnahmen mit der Zielsetzung, den Feststoff- und Nährstoffeintrag in die Gewässer unter Berücksichtigung von Möglichkeiten der Förderung von Maßnahmen auf ackerbaulich genutzten Standorten sowie der ökonomischen Bilanz zu vermindern. Hierbei wurden folgende Maßnahmen festgelegt und deren Effekte aus Sicht des Boden- und Gewässerschutzes bewertet:

- Umstellung auf dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung auf bisher konventionell bewirtschafteten Flächen:** Durch den weitestgehenden Verzicht auf wendende Bearbeitung kann das dem Pflugeinsatz folgende erhöhte Erosionsrisiko auf brachen Flächen reduziert werden. Die damit verbundene Erhöhung der biologischen Stabilität führt zu einer verbesserten Wurzelentwicklung sowie stärkeren Bodenbedeckung, die einen wirksamen Schutz gegen Oberflächenverschlammung infolge des erhöhten Infiltrationsvermögens bildet. Die Veränderung der Bodenbearbeitung kann modelltechnisch durch eine Anpassung des C-Faktors vorgenommen werden. Die flächendeckende Verminderung des Bodenabtrages führt gleichermaßen zu einer Reduzierung der Sediment- und Nährstoffeinträge in die Gewässer (vgl. Abb.7.6a).
- Anlage von Gewässerfilterstreifen:** Gewässerfilterstreifen wirken als direkte Filter gegenüber Sediment- und Schadstoffeinträgen in die Gewässer. In Abhängigkeit von den Fördermöglichkeiten werden sie als extensiv genutzte, an Ackerflächen grenzende Flächen angelegt. Um eine optimale Schutzfunktion erfüllen zu können, sollten sie eine Mindestbreite zwischen der ein- bis dreifachen Bearbeitungsbreite (8 bis 24 m) aufweisen. Die Wirkung von Schutzstreifen ist ausschließlich auf *off site*-Folgen beschränkt. Dem Bodenabtrag in der

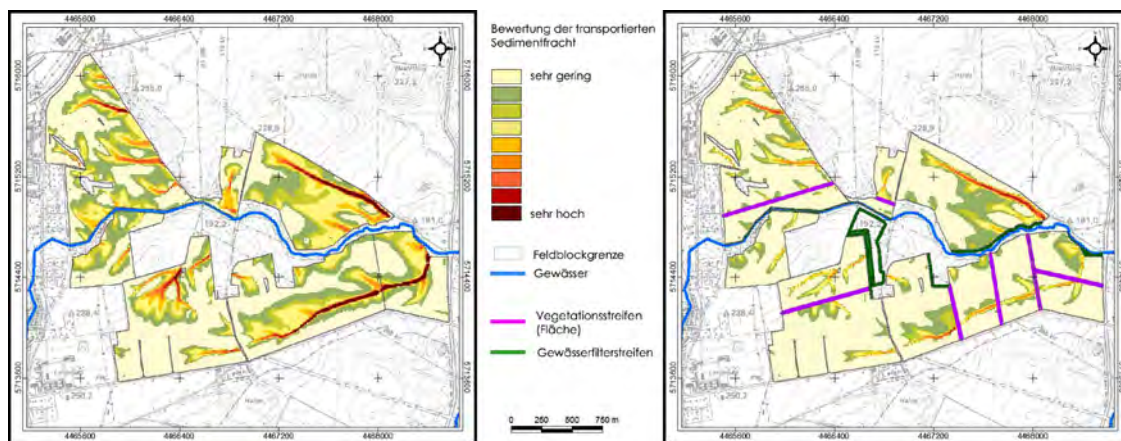
78 Prognose von Eintragspfaden in Gewässer und Simulation von Erosionsschutzmaßnahmen



(a) Reduzierung des Bodenabtrages durch den Wechsel von konventioneller Bodenbearbeitung (links) zu dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung (rechts)



(b) Reduzierung des Bodenabtrages durch konservierende Bodenbearbeitung (links) und zusätzlich durch die Anlage von Vegetations- und Gewässerfilterstreifen (rechts)



(c) Verminderung der Transportfracht und der Sedimenteinträge durch konservierende Bodenbearbeitung (links) und zusätzlich durch die Anlage von Vegetations- und Gewässerfilterstreifen (rechts)

| Daten | Methoden | Ziele |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • digitales Geländemodell 10 × 10 • Flächeninformationen der Bodenschätzung 1:10 000 • Punktinformationen der Bodenschätzung (Grablochbeschreibungen) • Daten der Agrarbetriebe zu Fruchtfolgen • Gewässernetz 1:10 000 • Niederschlagsstationen (hohe Stationsdichte) • Luftbilder, Geländeaufnahmen | <ul style="list-style-type: none"> • Erosionsmodellierung und -bewertung mit ABAGflux 2.0 • Einsatz physikalisch basierter Erosionsmodelle • Luftbilddauswertung • Geländekartierung • Maßnahmensimulation und -planung • Ökonomische Bilanzierung | <ul style="list-style-type: none"> • Präzisierung von Gefährdungsbereichen • Umsetzung und Bilanzierung von Schutzmaßnahmen • Simulation und Bewertung von Maßnahmeneffekten |

Abb. 7.6: Raumbezug und Spezifizierung der dritten Hierarchieebene

Tab. 7.1: Bilanzierung und Bewertung von Maßnahmevarianten

| Maßnahmevariante | Bodenabtrag [t/ha/Jahr] | Verlust landwirtschaftlicher Fläche [ha] |
|---|----------------------------|---|
| Konventionelle Bodenbearbeitung | 5,4 | – |
| Konservierende Bodenbearbeitung und Gewässerfilterstreifen | 2,2 | 30,4 |
| Zusätzlich Anlage von Vegetationsstreifen und Änderung der Bearbeitungsrichtung | 1,9 | 38,0 |

Fläche kann durch die Lage der Schutzstreifen am Hangfuß nur bedingt entgegengewirkt werden.

- **Anlage von Vegetationsstreifen in der Fläche:** Vegetationsstreifen in der Fläche besitzen in zweierlei Hinsicht Wirkungspotential:
 1. Bei ausreichender Breite kann der Stofftransport am Vegetationsstreifen und somit gleichermaßen der Eintrag in die Gewässer vermindert werden. Exemplarisch ist dieser Effekt in Abbildung 7.6c dargestellt. Die hangparallele Anlage mehrerer Schutzstreifen reduziert den Stofftransport einer erosionswirksamen Abflussbahn innerhalb eines Feldblockes deutlich.
 2. Zusätzlich wirken solche Flurelemente als erosionsmindernde Barrieren, deren Wirkung im Rahmen der ABAG durch eine Verminderung des LS-Faktors umgesetzt werden kann. Die Dynamik und erosive Wirkung des sich hangabwärts bewegenden Oberflächenabflusses wird durch hangparallele Vegetationsstreifen und der damit verbundenen Verkürzung der erosiven Hanglänge unterbrochen und der Bodenabtrag somit auf den oberhalb des Vegetationsstreifens liegenden Hangabschnitt beschränkt (Abb. 7.6b).
- **Änderung der Bearbeitungsrichtung:** Im Zusammenhang mit der hangparallelen Einrichtung von Vegetationsstreifen in der Fläche ist gegebenenfalls auch eine Anpassung der aktuellen Bearbeitungsrichtung erforderlich. Durch die damit verbundene Konturnutzung ist ein verstärkter Erosionsschutz vorhanden. Modelltechnisch wird die Maßnahme durch eine Reduzierung des *P*-Faktors wiedergegeben. Die Bearbeitungsrichtung kann durch die Anwendung von Texturanalysealgorithmen auf hochauflösenden Fernerkundungsdaten ermittelt werden (Gerighausen & Möller, 2004; Gerighausen & Möller, 2005).

Die Anlage von Gewässerfilterstreifen dient vorrangig der Sediment- und Stoffretention und bildet die letzte Option, Folgen der Bodenerosion zu vermindern. Nachhaltige Wirksamkeit weisen nur entsprechende Bodenschutzmaßnahmen in der Fläche auf. Bezogen auf die als Zielräume fungierenden Feldblöcke im Testgebiet *Böse Sieben* (vgl. Abb. 7.5) ließe sich der mittlere Bodenabtrag vor allem durch die Umstellung auf dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung deutlich reduzieren. Die zusätzliche Einrichtung von Hang verkürzenden Vegetationsstreifen in der Fläche hätte eine weitere Reduzierung der Bodenabträge und somit auch der potentiellen Sedimenteinträge zur Folge (Tab. 7.1). Die Einrichtung von (vor allem Gewässer-)Filterstreifen ist allerdings mit dem Verlust landwirtschaftlicher Fläche verbunden. Den damit verbundenen ökonomischen Auswirkungen für die betroffenen Landwirte ist durch finanzielle Anreize im Rahmen der EU-Agrarförderung entgegen zu wirken.