

EG-WRRL Modellprojekt

Kooperationsmodell Zusatzberatung Erosionsschutz



gefördert durch



**Niedersächsisches
Umweltministerium**

bearbeitet von

Dr. Ulla Becker (LWK Niedersachsen)
Dr. Ludwig Lühtrath (LWK Niedersachsen)
Dipl. Geogr. Annette Thiermann (LWK Niedersachsen)
Winfried Köwing (Landkreis Göttingen)
Dirk Feise (Geoinformationsdienst Göttingen)
Dr. Walter Schäfer (LBEG)

Am Projekt beteiligte Institutionen

- **Unterhaltungsverband Rhume**
Obertorstraße 52, 37434 Gieboldehausen
- **Landwirtschaftskammer Niedersachsen**
Bezirksstelle Northeim, Wallstraße 44, 37154 Northeim
- **Landvolk Niedersachsen - Kreisverband Göttingen**
Götzenbreite 10, 37124 Rosdorf
- **Eichsfelder Bauernverband e. V.**
Birkunger Straße 63, 37327 Leinefelde
- **Landkreis Göttingen**
Reinhäuser Landstraße 4, 37083 Göttingen
- **Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)**
Friedrich-Mißler-Straße 46/50, 28211 Bremen
- **Geoinformationsdienst Göttingen**
Götzenbreite 10, 37124 Rosdorf
- **Landwirtschaftsamt Leinefelde**
Lisztstraße 3, 37328 Leinefelde
- **Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)**
Naumburger Straße 98, 07743 Jena
- **Staatliches Umweltamt Sondershausen**
Am Petersenschacht 4, 99707 Sondershausen
- **Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Süd**
Alva-Myrdal-Weg 2, 37085 Göttingen
- **Amt für Landentwicklung Göttingen (GLL Northeim)**
Danziger Straße 40, 37083 Göttingen
- **Institut für Agrikulturchemie** der Georg-August-Universität Göttingen
Von-Siebold-Straße 6, 37075 Göttingen,
- **Rainer Hartmann, Gesellschaft für angewandte Biologie und Geologie mbH**
August-Spindler-Strasse 1, 37079 Göttingen
- **EcoRing**
Lange Straße 9, 37181 Hardegsen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	11
1.1 Bedeutung des Phosphors	11
1.2 Wassererosion	12
1.3 Ausgangsbedingungen in der Landwirtschaft	13
2. Monitoring Seeburger See	14
3. Ermittlung der Erosionsgefährdung	18
3.1 Methodik der Erosionsgefährdungsermittlung (nach ABAG)	18
3.1.1 Eingangsdaten	19
3.1.2 Ermittlung der natürlichen Erosionsgefährdung	19
3.1.3 Ermittlung der bewirtschaftungsabhängigen Erosionsgefährdung	24
3.1.4 Ermittlung der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit	25
3.2 Ermittlung der Fließakkumulation	27
3.3 Ergebnisse für das Einzugsgebiet der Hahle in Niedersachsen	29
3.3.1 Natürliche Erosionsgefährdung	30
3.3.2 Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung	36
3.3.3 Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit	38
3.3.4 Fließakkumulation in den Tiefenlinien	39
3.4 Ergebnisse auf Schlag- / Betriebsebene als Beratungsgrundlage	41
3.4.1 Betrieb Wilhelm	42
3.4.2 Betrieb Max	42
3.4.3 Betrieb Moritz	43
3.5 Auswertungen als Entscheidungsgrundlage für Flurneuordnungen	44
3.6 Ermittlung des Phosphorausstrags- / -eintragungspotentials	46
3.6.1 Phosphorausstragspotential	47
3.6.2 Phosphoreintragungspotential	50
3.7 Auswertungen im Untersuchungsgebiet in Thüringen	53
3.7.1 Ergebnisse Einzugsgebiet Hahle	53
3.7.2 Betrieb Thüringen	55
4. Softwaretechnische Projektinfrastruktur	57
5. Beratung der Landwirte	58
5.1 Beratungskonzept	58
5.2 Beratungsverlauf Arbeitskreise	59
5.2.1 Niedersachsen	59
5.2.2 Thüringen	64
5.3 Weiterbildung	65

5.4	Arbeitskreise Flurneuordnung	67
5.4.1	Gieboldehausen	68
5.4.2	Seeburg	69
5.5	Entwickeln eines EDV – Beratungsmodul	70
5.5.1	Betriebsflächen	70
5.5.2	Flurneuordnungen	74
5.6	Wissenschaftliche Arbeit	74
5.6.1	Aufgabenstellung	75
5.6.2	Vorläufige Ergebnisse der Masterarbeit	76
6.	Kontakte im Rahmen des Modellprojektes	78
6.1	Abstimmung mit den Partnern	78
6.2	Öffentlichkeitsarbeit	78
7.	Ökonomische Analyse	80
8.	Zusammenfassung und Ausblick	80
8.1	Förderung	81
8.2	Beratung landwirtschaftlicher Betriebsleiter	82
8.2.1	Bodenerosionsschlüssel	83
8.2.2	Flurneuordnungen	84
8.3	Gewässeruntersuchungen	85
8.4	Projekte innerhalb der Bevölkerung	85
	Literaturverzeichnis	87

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Seeburger See (*Quelle Wikipedia*)

Abb. 2 Bodenerosion Seeburg Herbst 2007

Abb. 3 Bodenerosion Seulingen Sommer 2006

Abb. 4 Seeburger See Übersicht

Abb. 5 Nomogramm zur Ableitung der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit
(*nach Mosimann & Sander, 2004*)

Abb. 6 Untersuchungsgebiet (Niedersachsen) (*Quelle: Google Earth, 2006*)

Abb. 7 Relief des Untersuchungsgebiets (Niedersachsen) und Fließgewässer (*aus ATKIS*)

Abb. 8 Natürliche Erosionsgefährdung

Abb. 9 Regenfaktor

Abb. 10 Bodenerodierbarkeitsfaktor

Abb. 11 Bodenart des Oberbodens aus der Bodenschätzung (*Quelle: LBEG*)

Abb. 12 Topographiefaktor

Abb. 13 Hangneigung in Prozent

Abb. 14 Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung unter Annahme einer Standardfruchtfolge

Abb. 15 Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit

Abb. 16 Karte der natürlichen Erosionsgefährdung mit Fließakkumulation in den
Tiefenlinien und Darstellung der Überschwemmungsgebiete

Abb. 17 Vorgehen bei der Berechnung des Phosphorausdragspotentials

Abb. 18 Vorgehen bei der Berechnung des Phosphoreintragspotentials

Abb. 19 Untersuchungsgebiet Hahle in Thüringen (*Quelle: Google Earth, 2007*)

Abb. 20 Natürliche Erosionsgefährdung für das Einzugsgebiet der Hahle in Thüringen

Abb. 21 Digitalisierte Flächen Betrieb Max

Abb. 22 Zielerreichung Fließgewässer Rhume

Abb. 23 Arbeitskreis Germershausen

Abb. 24 Fahrgassenbegrünung

Abb. 25 Arbeitskreis Gieboldehausen

Abb. 26 Erosionsschäden in Thüringen

Abb. 27 Informationsveranstaltung Phosphatdüngung

Abb. 28 Bodenansprache Gieboldehausen

Abb. 29 Bodenprofil Teistungen

Abb. 30 Bodenansprache Werxhausen

Abb. 31 aktuelle Erosionsgefährdung Gemarkung Gieboldehausen

Abb. 32 Erosionsgefährdung neues Wegenetz Gemarkung Gieboldehausen

Abb. 33 Erosionsgefährdung Flächen Betrieb Max

Abb. 34 Erosionsgefährdung Flächen der Agrargesellschaft

Abb. 35 Probenahmestellen Friesenbeek / Egelsee

Abb. 36 Probenahmestelle Drainage

Abb. 37 Einzugsgebiet Friesenbeek

Abb. 38 Böschungsabbrüche Egelsee

Abb. 39 Gespräch mit Vertretern der Stadt Duderstadt

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Datengrundlage zur Ermittlung von erosionsgefährdeten Ackerflächen auf
Schlagebene

Tab. 2 Klassen der natürlichen Erosionsgefährdung (nach *Hennings, 2000 bzw.
DIN 19708*)

Tab. 3 Klassifizierung des Erodierbarkeitsfaktors (K-Faktor) (nach *AG Bodenkunde, 1994*)

Tab. 4 Klassifizierung der Hangneigung (nach *AG Bodenkunde, 1994*)

Tab. 5 Natürliche Erosionsgefährdungsklassen (nach *DIN 19708*)

Tab. 6 Einstufung der Durchwurzelbarkeit (physiologische Gründigkeit)
(nach *AG Bodenkunde, 1994*)

Tab. 7 Gefährdungsklassen des P-Austrags (*Frede et al., 1999*)

Anlagen

- Anlage 1 Kartenmaterial zur Berechnung der potentiellen natürlichen Wassererosion
- Anlage 2 Softwaretechnische Projektinfrastruktur
- Anlage 3 Absichtserklärung
- Anlage 4 Mess- und Analysenwerte an der Messstelle Gieboldehausen
- Anlage 5 Kartenmaterial zur Berechnung der potentiellen Wassererosion und der Bodenfruchtbarkeit im Rahmen der betrieblichen Erosionsschutzberatung
- Anlage 6 Kartenmaterial zum Vergleich verschiedener C-Faktoren
- Anlage 7 Kartenmaterial zur Berechnung der Gefährdung der Bodenerosion im Rahmen von zwei geplanten Flurneuordnungen
- Anlage 8 Vorläufige Ergebnisse der Masterarbeit
- Anlage 9 Abschlussbericht der hydrochemischen Untersuchungen im Bereich des Seeburger Sees im Landkreis Göttingen und dessen Zuflüsse
- Anlage 10 Abschlussbericht zum Untersuchungsauftrag „Ökologisch-limnologische Untersuchungen am Seeburger See und ausgewählten Gewässern in seinem Einzugsgebiet“
- Anlage 11 Entwicklung einer Beratungskonzeption zur Minimierung von Bodenerosion und Stoffeinträgen in Gewässer: Ökonomische Bewertung

1. Einleitung

Ziel des Projektes war das Entwickeln von Maßnahmen zum Vorbeugen und Vermeiden von diffusen Einträgen an Phosphatfrachten in Oberflächengewässer und Nordsee aufgrund landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf Ackerflächen in Kooperation mit der Landwirtschaft und Wasserwirtschaft.

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) fordert das länderübergreifende Arbeiten in Flussgebietseinheiten. Das Pilotprojekt wurde im Einzugsgebiet der Hahle, das in den beiden Bundesländer Niedersachsen und Thüringen liegt, durchgeführt. Somit konnten Erfahrungen in einer länderübergreifenden Zusammenarbeit gemacht werden. Im Einzugsgebiet befinden sich sowohl fließende Gewässer als auch ein stehendes Gewässer, der Seeburger See. Im Rahmen des Projektes konnten Erkenntnisse über die Wechselwirkungen dieser Gewässertypen gemacht werden.



Abb. 1: Seeburger See (Quelle: Wikipedia)

1.1 Bedeutung des Phosphors

Phosphor ist ein essentieller Nährstoff und spielt in Form von Phosphat im Stoffwechsel aller Organismen eine wichtige Rolle. Wegen seiner unverzichtbaren physiologischen Rolle gehört er zu einem der wichtigsten Pflanzennährstoffe. Die in der Natur hauptsächlichlichen Phosphorvorkommen, die Phosphate, neigen zur Bildung schwer löslicher und damit schwer verfügbarer Verbindungen.

Das führt zu einer Unbeweglichkeit der Phosphate im Boden. Die an den Bodenteilchen gebundenen Phosphate werden in mineralischen Böden in der Regel überwiegend durch Wassererosion in die Oberflächengewässer ausgewaschen. Dort können sie zur Belastung von Gewässern beitragen. Für einige Algen, vor allem Blaualgen (Cyanobakterien), ist Phosphat ein limitierender Wachstumsfaktor. Durch das erhöhte Nährstoffangebot an Phosphat bei gleichzeitigem Angebot aller anderen notwendigen Nährstoffe, kann es zu einem Massenwachstum der Algen und zu einer Eutrophierung der Gewässer kommen.

Bei der Betrachtung der Belastung der Oberflächengewässer mit Phosphaten unterscheidet man die diffusen und die punktförmigen Einträge. Diffuse Einträge gelangen in die Gewässer über nicht lokalisierbare Wege, punktförmige hingegen werden z. B. von industriellen Anlagen oder Klärwerken direkt in die Flüsse geleitet. Als Hauptverursacher der diffusen Einträge gilt die Landwirtschaft.

1.2 Wassererosion

Unter Wassererosion versteht man die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser als Transportmittel. Für das Einsetzen von Erosion ist das



Abb. 2: Bodenerosion Seeburg Herbst 07

Auftreten von Niederschlägen mit entsprechender Menge oder Intensität notwendig. Der Aufschlag von Regentropfen mit hoher kinetischer Energie (Niederschlag) führt zur Zerstörung von Bodenaggregaten. Dabei losgelöste Bodenteilchen werden kleinräumig umgelagert und verdichtet. Es bildet sich eine Oberflächenverschlammung, die bei Hangneigung und andauerndem Niederschlag zu Oberflächenabfluss führt. Besonders erosionsgefährdet sind geneigte Ackerflächen mit schluffreichen Böden ohne schützende Pflanzendecke.



Abb. 3: Bodenerosion Seulingen Sommer 06

Daher zählen z. B. konventionell mit dem Pflug bestellte Ackerflächen aus schluffreichem Löss direkt nach der Saatbettbereitung bis zur Ausbildung einer schützenden Pflanzendecke als besonders erosionsgefährdet. Gebiete mit hohem P-Austragspotential liegen im südniedersächsischen Hügelland und im nördlichen Thüringen.

1.3 Ausgangsbedingungen in der Landwirtschaft

Die Hahle entspringt im Obereichsfeld in der Nähe von Worbis und durchfließt Thüringen bis Teistungen. Von da ab geht ihr Lauf durch das Untereichsfeld in Niedersachsen. In Gieboldehausen fließt sie in die Rhume. Fast das gesamte Einzugsgebiet der Hahle liegt somit im Eichsfeld.

Das Eichsfeld präsentiert sich als typische Mittelgebirgslandschaft. Das Gebiet ist im unteren Teil durch geringere Höhenunterschiede als im oberen Teil geprägt. Während in Thüringen eher Lehm- und Tonböden aus Verwitterungsgestein vorherrschen, gibt es in Niedersachsen teilweise mächtige Lössanwehungen.

Die Agrarstruktur des Eichsfeldes ist gekennzeichnet durch Realteilung. Anders als bei der im übrigen Niedersachsen vorherrschenden niedersächsischen Höferolle, wurde hier, wo seit etwa 1300 das Bistums Mainz den Ton angab, der landwirtschaftliche Besitz unter allen Familienmitgliedern aufgeteilt. Die Folge davon war eine entsprechende kleinteilige Agrarstruktur. Sie zwang viele Bauern zur Veredlung, zum Zuerwerb oder auch zur Wanderarbeit.

Während in Thüringen die DDR-Regierung durch Zusammenschluss der Bauern in landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften neue große Bewirtschaftungseinheiten schuf, präsentiert sich das westdeutsche Eichsfeld -trotz mancher Flurneuordnung- weiterhin kleinteilig. Die Flächenausstattung der Betriebe sowie ihre Größe und ihr Zuschnitt ist immer noch nicht ausreichend, um im sich ändernden Agrarmarkt mithalten zu können. Schläge von 100 ha und mehr, wie in Thüringen, sucht man hier vergeblich. Standard ist der bäuerliche Familienbetrieb.

Kleinteiligkeit, intensive Landnutzung und ungünstiger Flächenzuschnitt erhöhen die Gefahr diffuser Einträge in die Oberflächengewässer.

2. Monitoring Seeburger See

Der Seeburger See wird nach dem C-Bericht 2005 den guten ökologischen Zustand gemäß den Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie nicht erreichen. Hohe Phosphatwerte führen seit einigen Jahren zum regelmäßigen Auftreten von Blaualgen im Hochsommer. Bevor wirkungsvolle Maßnahmen ergriffen werden können, sind genaue Kenntnisse über mögliche Ursachen und deren Wirkungen erforderlich. Deshalb wurde ein spezielles Monitoring in enger Abstimmung mit dem Seenexperten des NLWKN, Herrn Dr. Poltz, formuliert. Der unmittelbare Einzugsbereich des rd. 0,89 km² großen Seeburger Sees wurde hydraulisch gruppiert und betrachtet.

Anknüpfend an Untersuchungen im direkten Seebereich, die vom Landkreis Göttingen in den Jahren 2005/2006 in Auftrag gegeben wurden, erfolgten nunmehr im Bereich des Seeburger Sees und ausgewählten Gewässern in seinem Einzugsbereich neben hydrochemischen Untersuchungen weiterhin ökologisch- limnologische Untersuchungen. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch die Analyse von Sedimentproben des Seegrundes und Nährstoffuntersuchungen einer Renaturierungsmaßnahme im Bereich des Seeangers im positionierten engen Zuflussbereich zum Seeburger See.

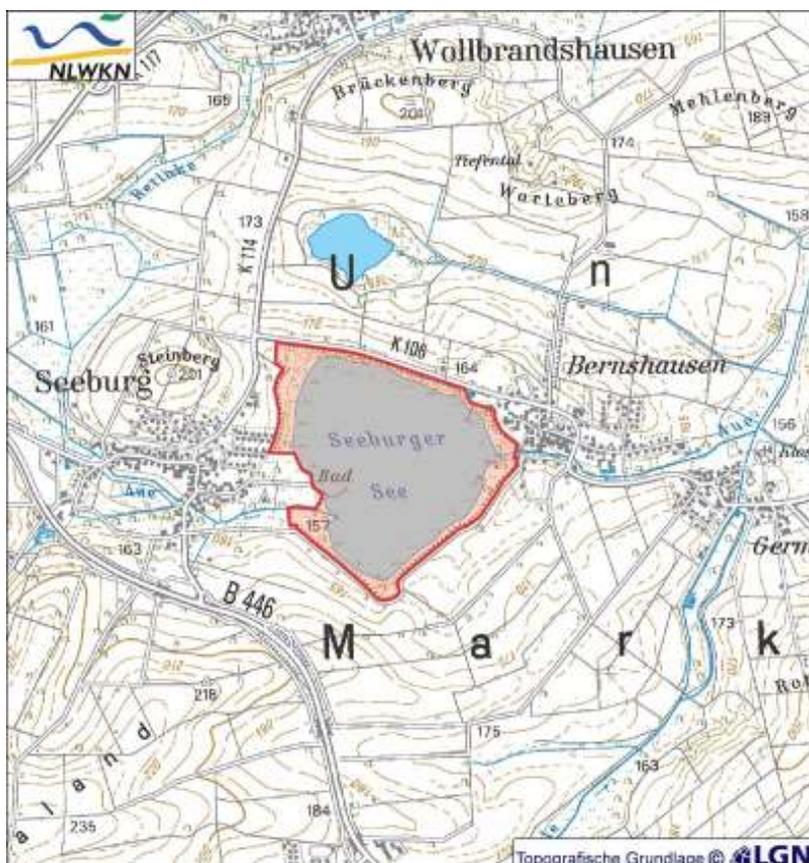


Abb. 4: Seeburger See Übersicht

Die interessierte Öffentlichkeit wurde in zwei sehr gut besuchten Veranstaltungen in Bernshausen über die vorliegenden Ergebnisse und geplanten weiteren Schritte unterrichtet. Im Rahmen der Gewässeraufsicht erfolgte mit der Samtgemeinde Radolfshausen im ersten Schritt eine Überprüfung der Ortskanalisation Seeburg insbesondere hinsichtlich Fehlanlüsse an die Oberflächenentwässerung. Direkt an Gewässer angeschlossene, meist landwirtschaftliche Grundstücke wurden überprüft und festgestellte Mängel mit den Grundstückseigentümern oder Nutzern besprochen. Die Abstellung der Mängel unter Fristsetzung wird überwacht. Einzugsgebiete direkt zum See und die dem See zufließenden Gewässern wurden schwerpunktmäßig überprüft; diese Maßnahmen müssen weiter fortgesetzt werden.

Durch das Umweltamt des Landkreises Göttingen wurde mit dem Rat der Gemeinde Seeburg und einer sich aus Bürgern gebildeten Interessengemeinschaft der Dialog zum Seeburger See aufgenommen. In gemeinsamen Ortsbesichtigungen wurden Ziele diskutiert und Vorschläge bewertet; weitere Gespräche werden folgen.

Folgende vier Untersuchungsberichte liegen nunmehr vor:

Abschlussbericht zum **Untersuchungsauftrag** „**Ökologisch-limnologische Untersuchungen**“ am Seeburger See und ausgewählten Gewässern in seinem Einzugsgebiet, erstellt durch das Büro EcoRing im Februar 2007 mit der fachlichen Bearbeitung von Dr. Eckhard Coring sowie Dr. Jürgen Bäche (Anlage 10).

Abschlussbericht der hydrochemischen Untersuchungen im Bereich des Seeburger Sees und dessen Zuflüsse, erstellt durch die Gesellschaft für angewandte Biologie und Geologie mbH Rainer Hartmann vom 10. April 2007 (Anlage 9).

Bericht zur **Sedimentuntersuchung** des Seeburger Sees, erstellt durch die Gesellschaft für angewandte Biologie und Geologie mbH Rainer Hartmann vom 18. Oktober 2006 (Anlage 9)

Bericht über **Nährstoffuntersuchungen im Zulaufbereich** des Seeburger Sees, erstellt durch die Gesellschaft für angewandte Biologie und Geologie mbH Rainer Hartmann vom 30. November 2007 (Anlage 9)

Ökologisch-limnologische Untersuchungen

Die ökologisch-limnologischen Untersuchungen (Anlage 10) wurden im Zeitraum zwischen Juni und November 2006 an zehn Litoralstandorten und zwei Tiefenprofilstandorten im Seeburger See sowie an fünf Probestellen in der Aue und am Abfluss des Luttersees durchgeführt. Neben umfangreichen abiotischen Messungen wurden dabei auch die Biokomponenten Phytoplankton, Phytobenthos, Makrozoobenthos und Makrophyten an jeweils repräsentativen Messstellen erfasst.

Unter Berücksichtigung aller durchgeführten Arbeiten können die Ergebnisse im Kern so zusammengefasst werden, dass der Seeburger See als poly- bis hypertrophes Gewässer zu klassifizieren ist. Er ist hochgradig nährstoffbelastet.

Sowohl die Artenzusammensetzung wie auch die Biomassenentwicklung des Phytoplanktons bestätigen diese Einschätzung. Als Folge der extrem hohen Primärproduktion sowie groß-flächig vorhandener organischer Schlammablagerungen sind massive Sauerstoffzehrungen im Gewässer nachweisbar. Große Teile des Seebodens sind auch im Litoralbereich zeitweise sauerstofffrei. Aufgrund der temporär vorhandenen anaeroben Bedingungen ist eine erhöhte Nährstofffreisetzung aus dem Sediment als gesichert anzunehmen.

Die geringen Sichttiefen bedingen eine Makrophytenverödung des Seeburger Sees. Aufgrund der nachgewiesenen Sauerstoffdefizite ist das Makrozoobenthos des Sees deutlich geschädigt. Sauerstoffsensible Arten fehlen nahezu vollständig. Die ehemals umfangreichen Großmuschelbestände sind fast vollständig zusammengebrochen. Aus den Ergebnissen der Übersichtskartierung und der Analyse der Schalengrößen des Muschelschills ist abzuleiten, dass der Fortpflanzungserfolg der Muscheln bereits seit mehreren Jahren eingeschränkt ist. Damit entfällt eine wichtige funktionale Ebene im trophischen Gefüge des Sees.

Das Phytoplankton wird zumindest im Spätsommer von phytotoxinbildenden Blaualgen dominiert. Die Blaualgendominanz führt zusammen mit den hohen Biomassenentwicklungen zu einer Überschreitung der Grenzwerte und Empfehlungen des Umweltbundesamtes sowie der EG-Badegewässerrichtlinie im Hinblick auf die Eignung des Sees als Badegewässer.

Aus der Verschneidung aller abiotischen und biologischen Daten ergibt sich, dass der Seeburger See derzeit dem guten ökologischen Zustand im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie nicht entspricht. Aus dem aktuellen Zustand ist ein akuter Handlungsbedarf mit dem Ziel der Sanierung des Sees abzuleiten. Dabei ist das gesamte Einzugsgebiet des Sees zu berücksichtigen. Hauptziel von Sanierungsmaßnahmen muss eine drastische Reduzierung der Nährstoffeinträge in den See sein.

Die nachgewiesene Erwärmung der Aue durch die Passage der Flachgewässer wirkt primär nur auf das Fließgewässer und führt nicht zu einer aktiven Aufheizung des Seeburger Sees. Die Temperaturen des Auezuflusses lagen zu allen Zeitpunkten deutlich unter der Wassertemperatur des Sees.

Auch ist die Schüttungsmenge der Aue im Verhältnis zum Volumen des Seeburger Sees viel zu gering, um das Temperaturregime des Sees nachhaltig zu beeinflussen. Effekte sind allenfalls kleinräumig im direkten Einmündungsbereich zu erwarten.

Sedimentuntersuchungen

Für die Sedimentuntersuchungen im Seeburger See (Anlage 9) wurden insgesamt 90 Sedimentproben entnommen und in sechs Teilbereichen des Sees zugeordnet. Phosphor konnte in allen Sedimentproben in deutlicher Konzentration nachgewiesen werden. Die höchsten Phosphorgehalte fanden sich mit Werten um 1000 mg/Kg TS im Bereich des Seetiefsten und im Einmündungsbereich der Aue. Im Bereich der Ausleitung bei Bernshausen wurden hingegen die niedrigsten Phosphorgehalte mit Werten um 440 mg/Kg TS ermittelt. Dies zeigt deutlich die Funktion des Seeburger Sees als Nährstofffalle insbesondere für partikelgebundene Nährstoffe.

Abschlussbericht der hydrochemischen Untersuchungen

Zusammenfassend ist nach den Ergebnissen der hydrochemischen Untersuchungen (Anlage 9) festzuhalten, dass über die Aue der Hauptphosphoreintrag in den See erfolgt. Alle anderen Zuläufe zur Aue bzw. direkt in den See sind von untergeordneter Bedeutung. Bewertet wurden dabei insgesamt 19 Beprobungsstellen.

Der Vergleich der Messwerte der Station "Aue-Börgemühle" für Phosphor mit dem Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen als Maß für die Sedimentfracht belegt den engen Zusammenhang zwischen Bodenerosion und Phosphorgehalten im Fließgewässer. Die bereits in Umsetzung begriffene Überprüfung der vorhandenen Ackerrandstreifen sowie geänderte Bewirtschaftungsweisen insbesondere der hängigen Ackerflächen dürften hier zu einer Reduzierung des für das Algenwachstum besonders wichtigen Nährstoffes Phosphor beitragen.

Die in den Böden im Bereich des Seeangers ermittelten Phosphorgehalte (Anlage 9) liegen, bezogen auf die heutige Grünlandnutzung, im Bereich der Gehaltsklassen C (frühere Ackerflächen) bzw. E (frühere Grünlandflächen). Alte Grünlandstandorte lassen im Vergleich zu früher landwirtschaftlich genutzten Flächen einen um rund 30 % höheren Gesamt-Phosphorgehalt erkennen. Von technischen Maßnahmen zur Reduzierung des Phosphoraustrages wird abgeraten. Maßnahmen würden wegen der Randbedingungen einen erheblichen Eingriff darstellen.

Fazit

Sämtliche nunmehr vorliegenden Daten und Ergebnisse müssen abhängig von einander zusammengeführt werden, um insgesamt ein geschlossenes Bild mit den sich daraus zu entwickelnden notwendigen Maßnahmen im gesamten Einzugsgebiet zum Seeburger See darstellen zu können. Nähere und umfassendere Angaben können den beigefügten Berichten entnommen werden.

3. Ermittlung der Erosionsgefährdung

Eine wichtige Voraussetzung zur Lenkung von Vorsorge- und Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion ist die Ausweisung von Gebieten mit Handlungsbedarf.

Hierfür werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) einerseits Kartenwerke im Planungsmaßstab 1:50.000 für Niedersachsen und andererseits Erosionsgefährdungskarten auf Schlagebene im Maßstab 1:5.000 erstellt, die auch als Grundlage für die Erosionsschutzberatung dienen.

Die Berechnung der Auswertungskarten auf Schlagebene erfolgt rasterbasiert mit einer Rasterweite von 12,5 m. Zur Berechnung der Rasterkarten (Grid) wird das Geographische Informationssystem ArcInfo verwendet.

3.1 Methodik der Erosionsgefährdungsermittlung (nach ABAG)

Die Kennzeichnung der Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser erfolgt nach dem an niedersächsische Verhältnisse angepassten Ansatz der „**Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung für Wasser**“ (ABAG). Der mit dieser Gleichung ermittelte langjährige mittlere Bodenabtrag A (in t/ha*a) setzt sich aus folgenden Faktoren zusammen:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

R = Regenfaktor

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor

S = Hangneigungsfaktor

L = Hanglängenfaktor

C = Fruchtfolgefaktor

P = Erosionsschutzfaktor

Die Faktoren R, K, S, (L) sind vom Landwirt nicht oder sehr beschränkt beeinflussbar, weshalb sie die **natürliche Erosionsgefährdung** beschreiben. Die alternativen Bezeichnungen **natürliche Erosionsdisposition**, **potentielle Erosionsgefährdung** und **standortabhängige Erosionsgefährdung** beschreiben die Anfälligkeit eines vegetationsfreien Bodens gegenüber Bodenerosion aufgrund der natürlichen Faktoren Klima/Niederschlag, Boden und Geländeform. In Anlehnung an DIN 19708 wird in diesem Bericht der Begriff *natürliche Erosionsgefährdung* verwendet.

Werden zusätzlich die nutzungsbedingten Faktoren (L), C und P berücksichtigt, ergibt sich eine **nutzungs- oder bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung**, die auch als **aktuelle Erosionsdisposition** bezeichnet werden kann. Aufgrund der Nutzungsabhängigkeit ist die bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung durch geeignete Maßnahmen beeinflussbar (BVB-Merkblatt, 2004). Zu beachten ist, dass mit Hilfe der ABAG nur ein **mittlerer langjährig zu erwartender flächenhafter Bodenabtrag** abschätzbar ist. Linienhafter Bodenabtrag kann durch die ABAG nicht beschrieben werden.

3.1.1 Eingangsdaten

Um die Erosionsgefährdungskarten im Maßstab 1:5.000 zu erstellen, werden die in Tab. 1 aufgeführten Datengrundlagen ausgewertet.

Tab. 1: Datengrundlage zur Ermittlung von erosionsgefährdeten Ackerflächen auf Schlagebene

Faktoren aus ABAG	Auswertungskarten auf Schlagebene Maßstab 1:5.000
Regenfaktor (R-Faktor)	Mittlere Jahresniederschlagssumme (aus 45 Meßstationen des DWD)
Bodenerodierbarkeitsfaktor (K-Faktor)	Digitale Bodenschätzungskarte 1:5.000: <ul style="list-style-type: none"> - Bodenart des Oberbodens - Humusgehalt des Oberbodens - Skelettanteil des Oberbodens
Hangneigungsfaktor (S-Faktor)	Kombinierter LS-Faktor = Topographiefaktor: <ul style="list-style-type: none"> - Digitales Höhenmodell im 12,5 m Raster (DGM 5) - Feldblockgrenzen
Hanglängenfaktor (L-Faktor)	
Fruchtfolgefaktor (C-Faktor)	Kartierung vor Ort / Angaben Landwirt
Erosionsschutzfaktor (P-Faktor)	Kartierung vor Ort / Angaben Landwirt
Rastergröße	12,5 m

3.1.2 Ermittlung der natürlichen Erosionsgefährdung

Die Ermittlung der natürlichen Erosionsgefährdung durch Wasser wird nach bodenkundlichen, morphologischen und klimatologischen Kriterien nach DIN 19708 bzw. nach Verknüpfungsregel 5.14 der Methodendokumentation Bodenkunde (*Hennings, 2000*) durchgeführt.

Die Berechnung des Bodenabtrags geschieht durch Multiplikation folgender Faktoren:

- **Regenfaktor R** (Niederschlag),
- **Bodenerodierbarkeitsfaktor K** (Bodendaten) und
- **Hangneigungsfaktor S bzw. Topographiefaktor LS** (Hangneigung und Fließlänge bzw. Einzugsgebietsgröße).

Diese Berechnung wird ohne Berücksichtigung der Fruchtfolgen, also unter der Annahme von Schwarzbrache, durchgeführt und beschreibt somit den maximal möglichen langjährigen mittleren Bodenabtrag durch Wasser in t/ha*a.

Die natürliche Erosionsgefährdung wird nach Tab. 2 (Hennings, 2000 bzw. DIN 19708) in sechs Klassen eingeteilt. Die Klassifizierung reicht von Stufe 0 = „keine Gefährdung“ (entspricht einem mittlerem Bodenabtrag von weniger als 1 t/ha*a) bis Stufe 5 = „sehr hohe Gefährdung“ (mehr als 30 t/ha*a im langjährigen Mittel).

Tab. 2: Klassen der natürlichen Erosionsgefährdung (nach Hennings, 2000 bzw. DIN 19708)

Bodenabtrag in t/(ha*a)	Erosionsgefährdung	
	Bezeichnung	Stufe
< 1	keine	0
1 - 5	sehr gering	1
5 - 10	gering	2
10 - 15	mittel	3
15 - 30	hoch	4
> 30	sehr hoch	5

Das Ergebnis ist eine Karte der klassifizierten natürlichen Erosionsgefährdung. Im weiteren Verlauf und bei den Ergebniskarten wird auf die Angaben in t/h*a verzichtet, es werden nur die Gefährdungsstufen ausgewiesen.

Nachfolgend werden die Eingangsfaktoren erläutert.

Regenfaktor

Der Regenfaktor (R-Faktor) beschreibt die erodierende Kraft des Niederschlages, die durch die Regenmenge, die Regendauer und die Regenintensität bestimmt wird. D.h., je größer die kinetische Energie, die Tropfengröße und Aufschlaggeschwindigkeit ist, desto stärker ist die Erosivität. Niederschläge haben nur dann eine erosive Wirkung, wenn sie eine bestimmte Regenmenge und -intensität überschreiten, denn durch Infiltration kann der Boden eine gewisse Menge Wasser aufnehmen, ohne dass Oberflächenabfluss stattfindet. Diese Grenzwerte sind nicht einheitlich, sondern hängen sehr stark vom jeweiligen Klimagebiet ab.

Um diese regionalen Unterschiede berücksichtigen zu können, wurde auf Grundlage der mittleren Jahresniederschlagssumme von 45 Meßstationen des DWD, ECHAM3-T42 bzw. ECHAM3-T108 Klimamodelldaten, Zirkulationsdaten (850 hPa-Niveau), ein DGM mit 200 m Rasterweite sowie Berechnungen zu Luv- und Lee-Lagen (unter Berücksichtigung der Horizontüberhöhung), durch die Universität Göttingen eine niedersachsenweite Regionalisierung in einer räumlichen Auflösung von 200 x 200 m mit dem Modell METEO-GIS durchgeführt.

Die Berechnung der Erosivität der Niederschläge wurde mit den von *Schwertmann (1987)* bzw. *Sauerborn (1994)* veröffentlichten Regressionsgleichungen abgeleitet.

Die Regressionsgleichung für Niedersachsen lautet: $R=0,0783 \cdot NJ-12,98$, $r=0,565$ (2)

Bodenerodierbarkeitsfaktor

Der Bodenerodierbarkeitsfaktor (K-Faktor) beschreibt die Anfälligkeit des Bodens gegenüber Bodenerosion. Böden mit hohen Schluff- und Feinstsandgehalten sowie einer geringen Wasserdurchlässigkeit sind stark erosionsanfällig. Mit steigendem Stein- und Humusgehalt, sowie höheren Anteilen an Ton und Sand (> 0,1mm) und damit einhergehender verbesserter Aggregatstabilität, sinkt die Erosionsdisposition. Daher sind humus- und tonarme, zur Verschlammung neigende schluffreiche Lößböden besonders gefährdet. Um den Bodenerodierbarkeitsfaktor nach den Verknüpfungsregeln 5.5 bis 5.11 (*Hennings, 2000*) bzw. nach *DIN 19708* zu ermitteln, werden jeweils aus dem **obersten Bodenhorizont**

- die **Bodenart**,
- der **Humusgehalt** und
- der **Skelettanteil**

ausgewertet und eine Karte der Bodenerodierbarkeit erstellt.

Um den K-Faktor als eigenständige Datengrundlage zu verwenden und um eine bessere Darstellung in Karten zu gewährleisten, wird der K-Faktor nach Tabelle 79 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (*AG Bodenkunde, 1994*) in folgende Klassen eingeteilt:

Tab. 3: Klassifizierung des Erodierbarkeitsfaktors (K-Faktor) (nach AG Bodenkunde, 1994)

K-Faktor	Bezeichnung	Klasse
0.0 - 0.1	sehr gering	1
0.1 - 0.2	gering	2
0.2 - 0.3	mittel	3
0.3 - 0.5	hoch	4
0.5 - 1.0	sehr hoch	5

Auf Schlagebene werden Daten der digitalen, nach KA4 übersetzten Bodenschätzung herangezogen. Dabei wird nicht das sonst übliche Klassenzeichen, das den Gesamtcharakter des ca. 1 m tiefen Bodenprofils beschreibt, sondern die **Profilbeschreibung des beschreibenden Grablochs** ausgewertet.

Am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) werden die Bodenschätzungsdaten in die Datenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS integriert und in den modernen bodenkundlichen Sprachgebrauch übersetzt. Die übersetzten Profilbeschreibungen der beschreibenden Grablöcher enthalten für jeden Horizont Bodenangaben wie Bodenart, Humusgehalt, Skelettanteil, Zustandsstufe etc. Derzeit liegen die Bodenschätzungsdaten für mehr als 90 % der Landesfläche digital im NIBIS vor.

Hanglänge und Hangneigung / Topographiefaktor

Mit zunehmender Hangneigung steigt auch die Erosionsanfälligkeit. Gleichzeitig wird die abtragende / erodierende Wirkung durch die sog. erosive Hanglänge, d.h. die Hangstrecke auf der das Wasser ungehindert abfließen kann, verstärkt, weil Menge und Schleppkraft des Oberflächenwassers ansteigen.

Für die landesweite Auswertung wird aus dem DGM50 im 50 m Raster der S-Faktor (Hangneigung) abgeleitet. Für den Hanglängenfaktor (L) wird eine pauschale Hanglänge von ca. 100 m unterstellt. Auf Schlagebene wird das DGM5 im 12,5 m Raster ausgewertet, die Faktoren Hanglänge und Hangneigung werden miteinander verknüpft und zum Topographiefaktor (LS-Faktor) zusammengefasst.

Es ist aber auch möglich, aus den Höhendaten eigenständige Neigungskarten zu generieren. Um die Neigungskarte (in Prozent) als eigenständige Datengrundlage zu verwenden, wird die Neigung nach folgender Tabelle (*AG Bodenkunde, 1994*) klassifiziert:

Tab. 4: Klassifizierung der Hangneigung (nach *AG Bodenkunde, 1994*)

Hangneigung in %	Kurzzeichen	Bezeichnung
0.0 - 1.0	N 0.1	nicht geneigt
1.0 - 2.0	N 0.2	nicht geneigt
2.0 - 3.5	N 1	sehr schwach geneigt
3.5 - 5.0	N 2.1	schwach geneigt
5.0 - 9.0	N 2.2	schwach geneigt
9.0 - 12.0	N 3.1	mittel geneigt
12.0 - 18.0	N 3.2	mittel geneigt
18.0 - 27.0	N 4	stark geneigt
27.0 - 36.0	N 5	sehr stark geneigt
36.0 - 58.0	N 6.1	steil
> 58.0	N 6.1	steil

Der LS-Faktor wird für die Untersuchungsgebiete auf Grundlage des digitalen Höhenmodells im 12,5m Raster (DGM5) und der niedersachsenweit vorliegenden Felddblockdaten berechnet.

Die Höhendaten werden hauptsächlich durch das Laserscanner-Verfahren gewonnen und als ASCII-Dateien mit den jeweiligen Rechts-, Hoch- und Höhendaten geliefert. Diese Daten werden soweit aufbereitet, dass ein Grid (Rasterkarte) im 12,5 m Raster erzeugt werden kann. Dieses Höhen-Grid fließt in die Erstellung des LS-Faktors ein.

Der Teilalgorithmus für die Hanglänge wird aus den Felddblockdaten, bei denen in Acker- und Grünlandnutzung unterschieden wird, abgeleitet. Diese Vorgehensweise entspricht der nach dem Erosionsschlüssel nach *Mosimann & Sanders (2004)*, d.h. der gesamte Hang wird bei der Berechnung des LS-Faktors berücksichtigt und die Felddblockgrenzen stellen die Fließgrenzen bzw. Fließhindernisse dar.

Die Berechnung des LS-Faktors unter Berücksichtigung der Felddblockgrenzen erfolgt mit der ArcGis Erweiterung LUMASS (land use management support system), das vom Geographischen Institut der Universität Kiel entwickelt wurde. Weiterführende Literatur zu LUMASS siehe *Duttmann & Herzig (2002)* und *Herzig & Duttmann (2002)*.

Die Berechnung des LS-Faktors wird gemäß RUSLE/ABAG durchgeführt und beruht auf der von *Desmet & Govers (1996)* beschriebenen Methode. Statt einer „erosiven Hanglänge“ wird die „**spezifische Einzugsgebietsgröße einer Rasterzelle**“ zur Berechnung des Hanglängenfaktors (L-Faktor) verwendet. Es kann zwischen den folgenden Algorithmen gewählt werden:

- a) nach *Quinn et al. (1991)* bei Vorherrschen von flächenhaftem Abtrag und
- b) nach *Taborton (1997)* bei vorwiegend linienhafter Erosion.

Für diese Berechnungen wird der Algorithmus nach *Quinn et al. (1991)* gewählt, der den Abfluss aus einer Rasterzelle proportional zum Gradienten der Steigung auf maximal acht tieferliegende Nachbarzellen aufteilt.

Bei Vorherrschen von linienhafter Erosion kann der Algorithmus nach *Taborton (1997)* gewählt werden, bei dem eine Rasterzelle maximal in zwei tieferliegende Rasterzellen entwässert.

Der Hangneigungsfaktor (S-Faktor) lässt sich in Abhängigkeit von der Geländecharakteristik bestimmen: Bei moderatem Relief wird die Methode nach *Zevenbergen & Thorne (1987)* gewählt und bei *rauem Relief* ist das Verfahren nach *Horn (1981)* zu bevorzugen.

Für das Projektgebiet im Einzugsgebiet der Hahle wurde der Algorithmus nach *Zevenbergen & Thorne (1987)* für moderates Relief verwendet. Zusätzlich können instabile, tauende Bodenverhältnisse berücksichtigt werden.

3.1.3 Ermittlung der bewirtschaftungsabhängigen Erosionsgefährdung

Die bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung setzt sich aus der natürlichen Erosionsgefährdung sowie den nutzungsbedingten Faktoren Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Erosionsschutzmaßnahmen zusammen. Die nutzungsbedingten Faktoren sind der Fruchtfolgefaktor (C-Faktor) und der Erosionsschutzfaktor (P-Faktor).

Die bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung wird nach Tab. 5 (nach *DIN 19708*) in sechs Klassen eingeteilt. Die Klassifizierung reicht von Stufe 0 = „keine Gefährdung“ (entspricht einem mittlerem Bodenabtrag von weniger als 0,2 t/ha*a) bis Stufe 5 = „sehr hohe Gefährdung“ (mehr als 6 t/ha*a im langjährigen Mittel).

Tab. 5: Natürliche Erosionsgefährdungsklassen (nach *DIN 19708*)

Bodenabtrag in t/(ha*a)	Erosionsgefährdung	
	Bezeichnung	Stufe
< 0,2	keine	0
0,2 - < 1,0	sehr gering	1
1,0 - < 2,0	gering	2
2,0 - < 3,0	mittel	3
3,0 – 6,0	hoch	4
>= 6,0	sehr hoch	5

Das Ergebnis ist eine Karte der klassifizierten bewirtschaftungsabhängigen Erosionsgefährdung. Im weiteren Verlauf und bei den Ergebniskarten wird auf die Angaben in t/h*a verzichtet, es werden nur die Gefährdungsstufen ausgewiesen.

Fruchtfolgefaktor

Ein sehr wichtiger Einflussfaktor ist die Bodenbedeckung (C-Faktor), die die Bodenoberfläche gegen aufprallende Regentropfen schützt. Der beste Schutz ist eine permanente Bedeckung, wie sie bei Wald oder bei Grünlandnutzung gegeben ist. Für Ackerflächen gilt, je dichter der Pflanzenbestand ist, insbesondere zu Zeiten von erhöhten Niederschlägen, desto besser ist der Schutz gegen Erosion. Bereits eine Bodenbedeckung von 30 % verringert das Erosionsrisiko erheblich. Getreide bietet durch den höheren Bedeckungsgrad einen besseren Schutz als z.B. Hackfrüchte oder Mais, durch die der Bodenabtrag sogar erhöht werden kann, bedingt durch die weiten Pflanzenabstände und die späte Saatzeit.

Auch die Bodenbearbeitung hat Einfluss auf die Erosionsgefährdung, denn Ernterückstände (Stroh, Zwischenfrüchte), die bei pflugloser Bodenbearbeitung auf dem Boden verbleiben oder gar Direktsaatverfahren schützen den Boden vor Erosion.

Der C-Faktor wird nach Angaben der Landwirte aus der jeweiligen Fruchtfolge eines Ackerschlag abgeleitet. Die Zuweisung der C-Faktoren erfolgt daraufhin nach dem Erosionsschlüssel nach *Mosimann & Sanders (2004)*.

Erosionsschutzfaktor

Die bei der Bearbeitung quer zum Hang bzw. parallel zu den Höhenlinien entstehenden Strukturen (Saatreihen, Furchen) können eine erosionsreduzierende Wirkung haben, da das Niederschlagswasser parallel zu den Höhenlinien abgeleitet wird und so weniger Energie zur Ablösung von Bodenmaterial besitzt. Extreme Niederschlagsereignisse können jedoch einen gegenteiligen Effekt bewirken, wenn es zum Durchbruch der Furchen kommt.

3.1.4 Ermittlung der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit

Um die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit zu ermitteln, wird in Anlehnung an das Toleranzgrenzenkonzept nach *Mosimann & Sanders (2004)* die bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung nach ABAG mit der Gründigkeit des Bodens kombiniert (vergl. Abb.5).

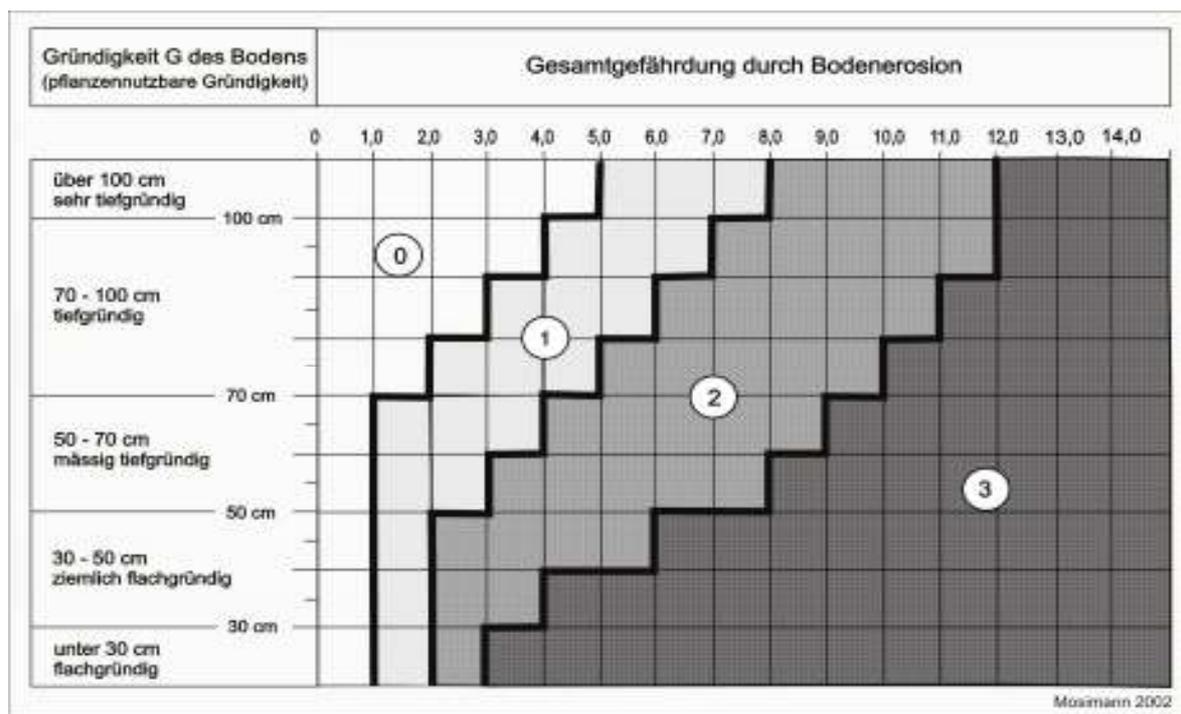


Abb. 5: Nomogramm zur Ableitung der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit (nach Mosimann & Sanders, 2004)

In Anlehnung an das Toleranzgrenzenkonzept werden somit vier Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit ermittelt:

Stufe 0 = Bodenfruchtbarkeit nicht gefährdet

Stufe 1 = Bodenfruchtbarkeit kurzfristig nicht gefährdet

Stufe 2 = Bodenfruchtbarkeit gefährdet, Schutzmaßnahmen erforderlich

Stufe 3 = Bodenfruchtbarkeit stark gefährdet, Schutzmaßnahmen sehr dringlich

Das Qualitätsziel und demnach auch Beratungsziel ist in Niedersachsen Gefährdungsstufe 1 – Bodenfruchtbarkeit ist kurzfristig nicht gefährdet.

Die Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit beschreibt den maximal zu **tolerierenden Bodenabtrag**, um die **Bodenfruchtbarkeit nicht zu gefährden**. Diese Einschätzung geschieht in Abhängigkeit von der **Gründigkeit**, d.h., je tiefgründiger ein Boden ist, desto mehr Bodenabtrag kann toleriert werden, ohne dass die Bodenfruchtbarkeit der Ackerschläge gefährdet ist.

In Niedersachsen wird das Toleranzgrenzenkonzept angewendet, da die Bodenabtragstoleranz in Abhängigkeit von der Gründigkeit differenziert betrachtet und eine schrittweise Annäherung an das Beratungsziel / Bodenqualitätsziel ermöglicht wird. (Schäfer et al. 2003).

Jedoch kann auch ein tolerierbarer Bodenabtrag, der die Bodenfruchtbarkeit nicht oder kurzfristig nicht gefährdet (onsite) für angrenzende Oberflächengewässer eine erhebliche Belastung (offsite) darstellen. Aus diesem Grund sind die Grenzwerte, die zur Ermittlung der Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit (onsite) gelten, **nicht für die Einträge in Oberflächengewässer (offsite) heranzuziehen**.

Gründigkeit

Unter Gründigkeit wird die Tiefe verstanden, bis zu der die Pflanzenwurzeln unter den gegebenen Verhältnissen tatsächlich in den Boden einzudringen vermögen (AG Bodenkunde, 1994). Die Gründigkeit wird nach AG *Bodenkunde (1994)* eingestuft von sehr flach (< 1,5 dm) bis äußerst tief (> 20 dm) (Tab. 6).

Tab. 6: Einstufung der Durchwurzelbarkeit (physiologische Gründigkeit) (nach AG Bodenkunde, 1994)

Bezeichnung	Tiefe in dm
sehr flach	< 1,5
flach	1,5 - 3
mittel	3 - 7
tief	7 - 12
sehr tief	12 - 20
äußerst tief	> 20

Die effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) wird aus der digitalen und in den modernen bodenkundlichen Sprachgebrauch übersetzten Bodenschätzung herangezogen. Die Ableitung erfolgt nach NIBIS-Verknüpfungsregel 7.1.6 (effektive Durchwurzelungstiefe; Müller, 2004).

3.2 Ermittlung der Fließakkumulation

Um neben dem nach ABAG abgeschätzten flächenhaften Bodenabtrag auch linienhafte Abträge auf Parzellenebene abzubilden - denn gerade Einträge durch konzentrierten Abfluss können eine erhebliche Belastung von Oberflächengewässern darstellen - wird das vom Geographischen Institut der Universität Kiel entwickelte Instrument LUMASS (Land Use Management Support System) eingesetzt. Mit Hilfe von LUMASS werden auf Grundlage des Höhenmodells im 12,5 m Raster (DGM5) und der Flächennutzung oberirdische Fließwege des Wassers nachgezeichnet. Mit Hilfe dieser Abflusswege ist es möglich, potenzielle Übertrittstellen in Oberflächengewässer bzw. über Verkehrswege zu identifizieren.

Durch Verschneidung der ermittelten Hauptabflusswege mit den schlaggenauen Erosionsgefährdungskarten können (direkte) Eintragswege aus erosionsgefährdeten Ackerflächen in die Oberflächengewässer ermittelt werden.

Zur Berechnung der Fließakkumulation mit LUMASS wird wie bei der Erstellung des Topographiefaktors ein Algorithmus, der auf der Methode von *Desmet & Govers (1996)* basiert, gewählt.

Wie bereits beim Topographiefaktor wird nicht mit einer „erosiven Hanglänge“, sondern mit der spezifische Einzugsgebietsgröße einer Rasterzelle gearbeitet. Es wird die Methode nach *Quinn et al. (1991)* gewählt, die bei Vorherrschen von flächenhafter Erosion zu bevorzugen ist. Dieser Algorithmus teilt den Abfluss aus einer Rasterzelle proportional zum Gradienten der Steigung auf maximal acht tiefer liegende Nachbarzellen auf. Bei einem Relief mit überwiegend linienhafter Erosion kann ein Algorithmus gewählt werden, der den Abfluss einer Rasterzelle auf nur zwei tiefer liegende Nachbarzellen aufteilt.

Für die Fließakkumulation werden **zwei Varianten** berechnet:

- a) Die erste Variante beschreibt den Abfluss ohne Berücksichtigung von Landnutzung und Fließhindernissen, d.h. der **maximal mögliche Abfluss** wird ermittelt. In diese Berechnung findet allein das Digitale Höhenmodell im 12.5 m Raster Eingang. Während extremer Regenereignisse oder bei hohen Niederschlägen bei noch gefrorenem Boden im Winter kann sich der Abfluss trotz sonst wirksamen Fließbarrieren wie z.B. Grünlandnutzung in den natürlichen Tiefenlinien fortsetzen. Solche Situationen können mit dieser Variante dargestellt werden.

- b) Für die zweite Variante wird der **minimale Abfluss** ermittelt. Hierfür werden die Feldblockgrenzen als Fließhindernisse berücksichtigt: Straßen, Wege, Gräben, Wald und Forst, Gehölze sowie die Grenze zwischen Acker- und Grünlandnutzung werden durch die Feldblöcke abgebildet. Schlaggrenzen werden in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da eine Reduzierung bzw. Unterbrechung des oberflächigen Abflusses allein durch den Nutzungswechsel oder eine Furche in der Regel nicht signifikant ist. Anschließend werden die so ermittelten Abflussbahnen auf die Ackerflächen reduziert.

Bei den hier ermittelten Abflusswegen handelt es sich um eine **qualitative Auswertung** und nicht um quantitative Berechnungen, d.h. es werden die Fließwege des Wassers nachgezeichnet und mögliche Übertrittstellen in Oberflächengewässer identifiziert. Es erfolgt **keine Mengenangabe über das abfließende Oberflächenwasser** und den damit transportierten Boden.

Um mögliche Übertrittstellen durch konzentrierten Oberflächenabfluss aus erosionsgefährdeten Ackerflächen zu identifizieren, wird die Karte der standortabhängigen Erosionsgefährdung mit der ermittelten Fließakkumulation kombiniert.

Zur Ermittlung der gefährdeten Bereiche wird die natürliche Erosionsgefährdung mit dem maximal möglichen Bodenabtrag gewählt, da die Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit den zwar den maximal zu tolerierenden Bodenabtrag (onsite) beschreibt, jedoch kann auch ein tolerierbarer Bodenabtrag, der die Bodenfruchtbarkeit nicht oder kurzfristig nicht gefährdet für angrenzende Oberflächengewässer eine erhebliche Belastung (offsite) darstellen. Aus diesem Grund sind diese Grenzwerte, nicht für die Einträge in Oberflächengewässer (offsite) heranzuziehen.

Es können zwei Möglichkeiten des Stoffeintrags ermittelt werden, einerseits dort, wo

- (hoch) **erosionsgefährdete Ackerflächen direkt bis an das Gewässer reichen**, so dass ein flächenhafter Bodenabtrag stattfinden kann oder dort, wo
- (hoch) **erosionsgefährdete Flächen über die Fließwege mit dem Gewässer verbunden** sind.

Darüber hinaus kann unterschieden werden in **direkte Einträge** in die untersuchten Fließgewässer und **indirekte Einträge über die Nebenbäche** bzw. Gräben.

3.3 Ergebnisse für das Einzugsgebiet der Hahle in Niedersachsen



Abb. 6: Untersuchungsgebiet (Niedersachsen) (Quelle: Google Earth, 2006)

Abb. 6 und Abb. 7 zeigen das Untersuchungsgebiet der Hahle auf niedersächsischer Seite. Der niedersächsische Teil des Untersuchungsgebiets umfasst ein Gebiet von mehr als 200 km². In Abb. 7 ist das Relief des Einzugsgebiets der Hahle in 2,5 facher Überhöhung sowie die Fließgewässer aus ATKIS dargestellt. Der Höhenunterschied im Untersuchungsgebiet beträgt 281 m, die tiefer liegenden Bereiche liegen bei 147 m über NN und die höher gelegenen Bereiche bis zu 428 m über NN, dies sind jedoch die mit Wald bedeckten Höhenzüge und keine landwirtschaftlich genutzten Flächen.

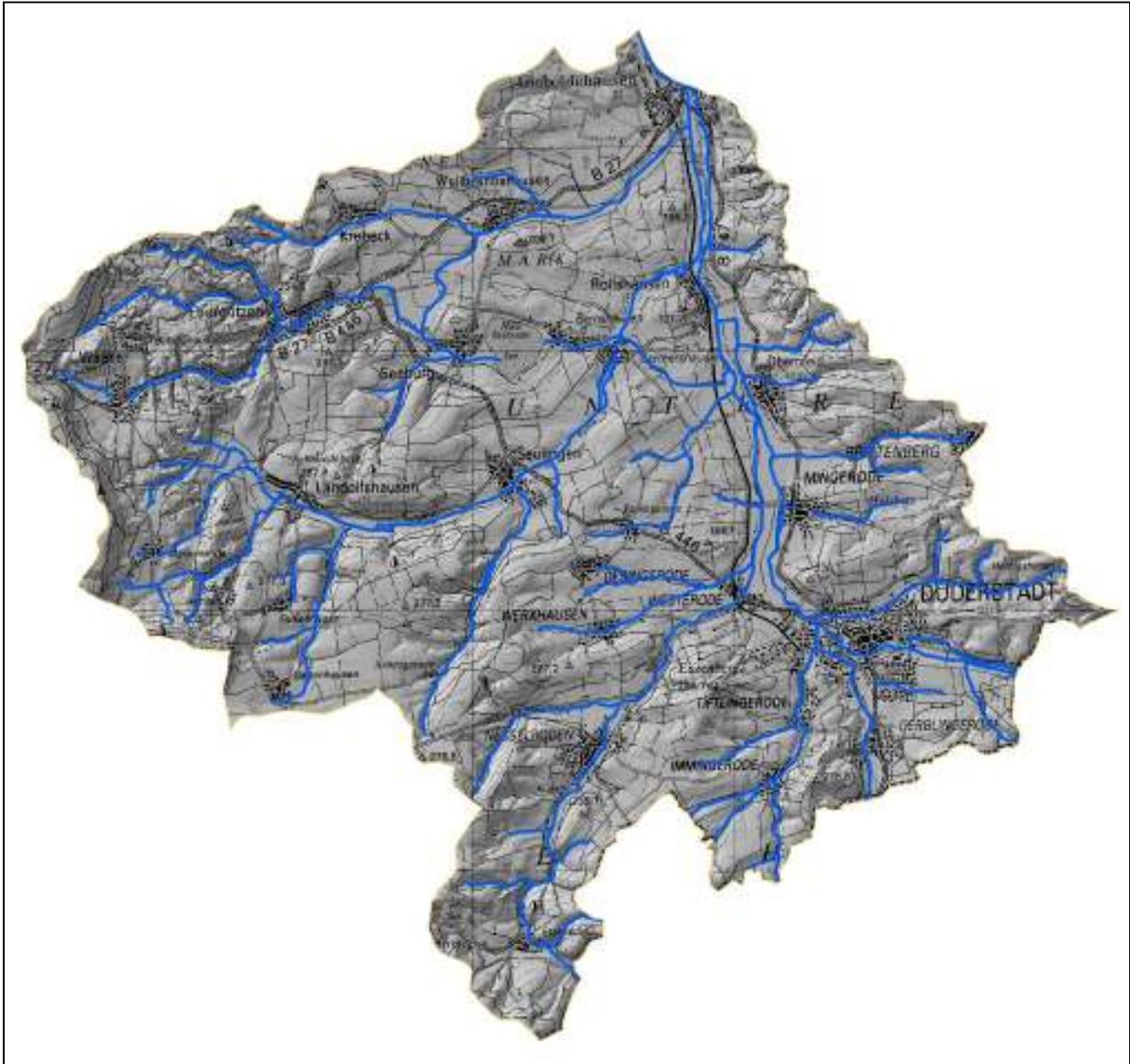


Abb. 7: Relief des Untersuchungsgebiets (Niedersachsen) und Fließgewässer (aus ATKIS)

3.3.1 Natürliche Erosionsgefährdung

Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, ergibt sich die natürliche Erosionsgefährdung aus den Faktoren:

- **Regenfaktor R** (Niederschlag),
- **Bodenerodierbarkeitsfaktor K** (Bodendaten) und
- **Hangneigungsfaktor S bzw. Topographiefaktor LS** (Hangneigung und Fließlänge bzw. Einzugsgebietsgröße).

Diese Berechnung erfolgt ohne Berücksichtigung der Fruchtfolgen, also unter der Annahme von Schwarzbrache, und beschreibt somit den maximal möglichen langjährigen mittleren Bodenabtrag durch Wasser in t/ha*a.

Abb. 8 zeigt die natürliche oder standortabhängige Erosionsgefährdung von Ackerflächen im 12,5 m Raster für das Untersuchungsgebiet. Es ist deutlich zu erkennen, dass große Bereiche im Untersuchungsgebiet mittel bis sehr hoch erosionsgefährdet sind. Dies ist einerseits auf die zu Erosion neigenden Böden und andererseits auf die in diesen Bereichen vorzufindenden Hangneigungen (vergl. Kap. 3.3.1) zurückzuführen.

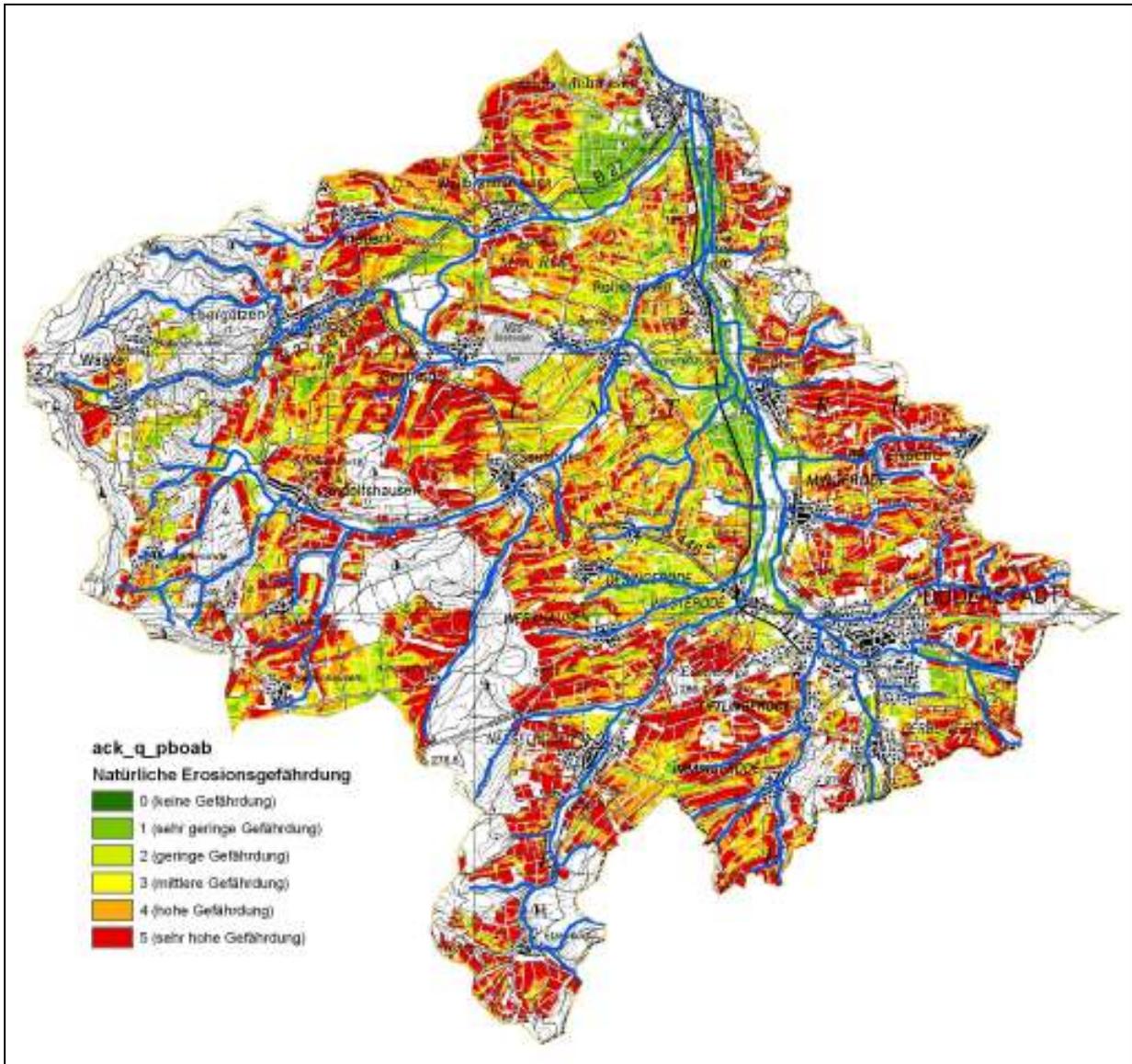


Abb. 8: Natürliche Erosionsgefährdung

Regenfaktor

Abb. 9 zeigt den Regenfaktor für das Untersuchungsgebiet. Der Faktor variiert von 38,5 in den Regenschattenbereichen bis zu 72,1 in den exponierten Bereichen des Untersuchungsgebietes, die durch die blaue Farbgebung gekennzeichnet sind.

Diese Unterschiede spiegeln die kleinräumigen regionalen Unterschiede der Exposition der Hänge im Untersuchungsgebiet sehr deutlich wieder.

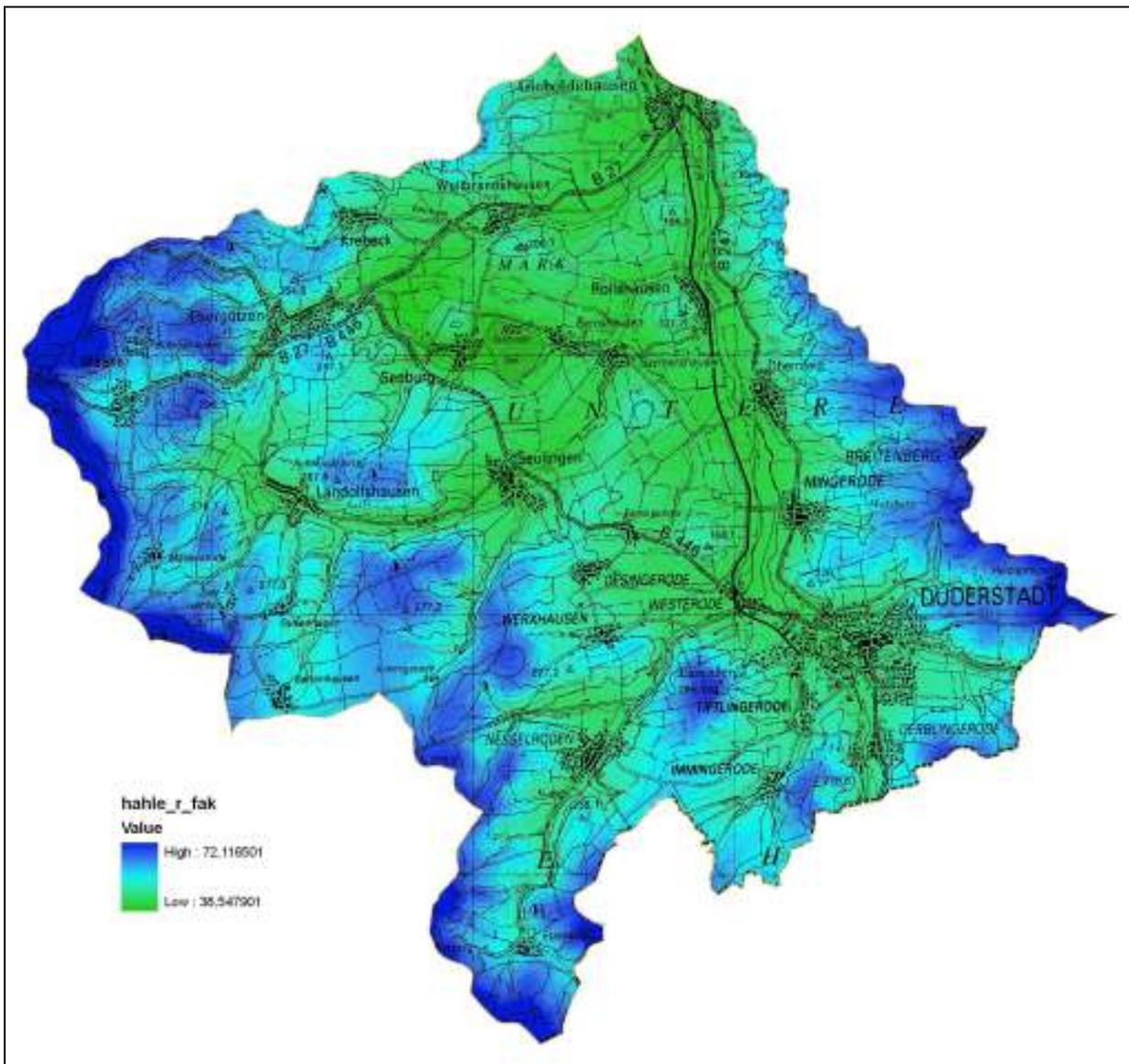


Abb. 9: Regenfaktor

Bodenerodierbarkeitsfaktor

Wie in Kap. 3.1.2 ausgeführt, beschreibt der Bodenerodierbarkeitsfaktor K die Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Bodenerosion. In Abb. 10 ist der K-Faktor für die Ackerflächen im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Insgesamt ist in dieser Karte deutlich zu erkennen, dass fast die kompletten ackerbaulich genutzten Böden im Untersuchungsgebiet als mittel bis sehr hoch erodierbar eingestuft sind.

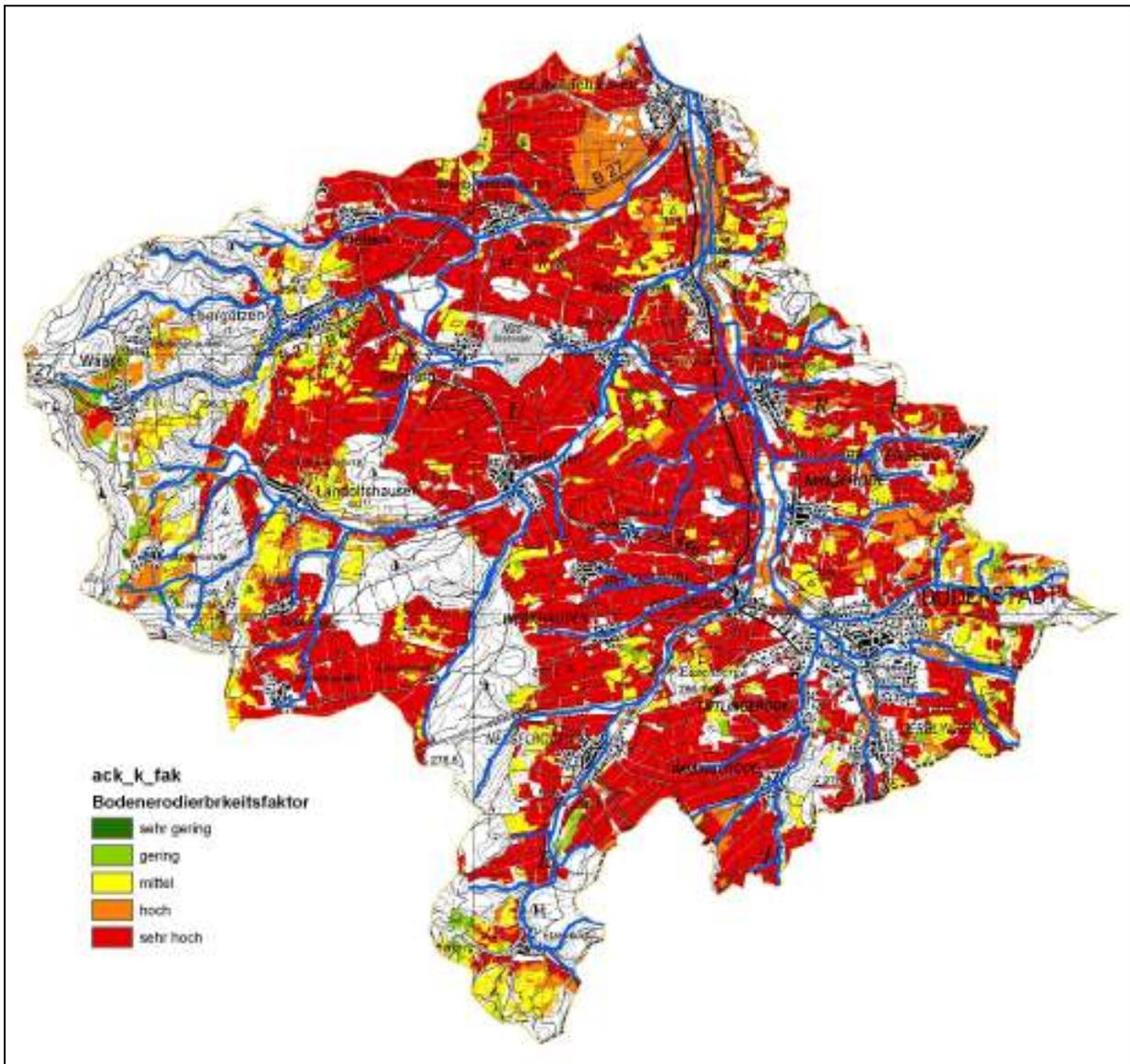


Abb. 10: Bodenerodierbarkeitsfaktor

Die extrem hoch erodierbaren Böden sind in Abb. 10 durch die rote Farbgebung gekennzeichnet und der Karte der Bodenarten (Abb. 11) ist zu entnehmen, dass es sich bei diesen Bodenarten um mittel und stark tonige Schluffe (Ut3, Ut4) sowie sandig-lehmige Schluffe (Uls) handelt, welche sehr leicht erodierbar und für Lössgebiete typisch sind.

Da die bodenspezifische Erosionsanfälligkeit im Wesentlichen von der Bodenart abhängt, ist in Abb. 11 die Bodenart des Oberbodens, die aus der Bodenschätzung stammt und in den allgemein gültigen modernen Sprachgebrauch übersetzt ist, dargestellt. Darüber hinaus finden neben der Bodenart auch der Humusgehalt des Oberbodens sowie die Steinbedeckung, ebenfalls aus der Bodenschätzung, Einfluss auf die Ermittlung des K-Faktors (vergl. Kap. 3.1.2).

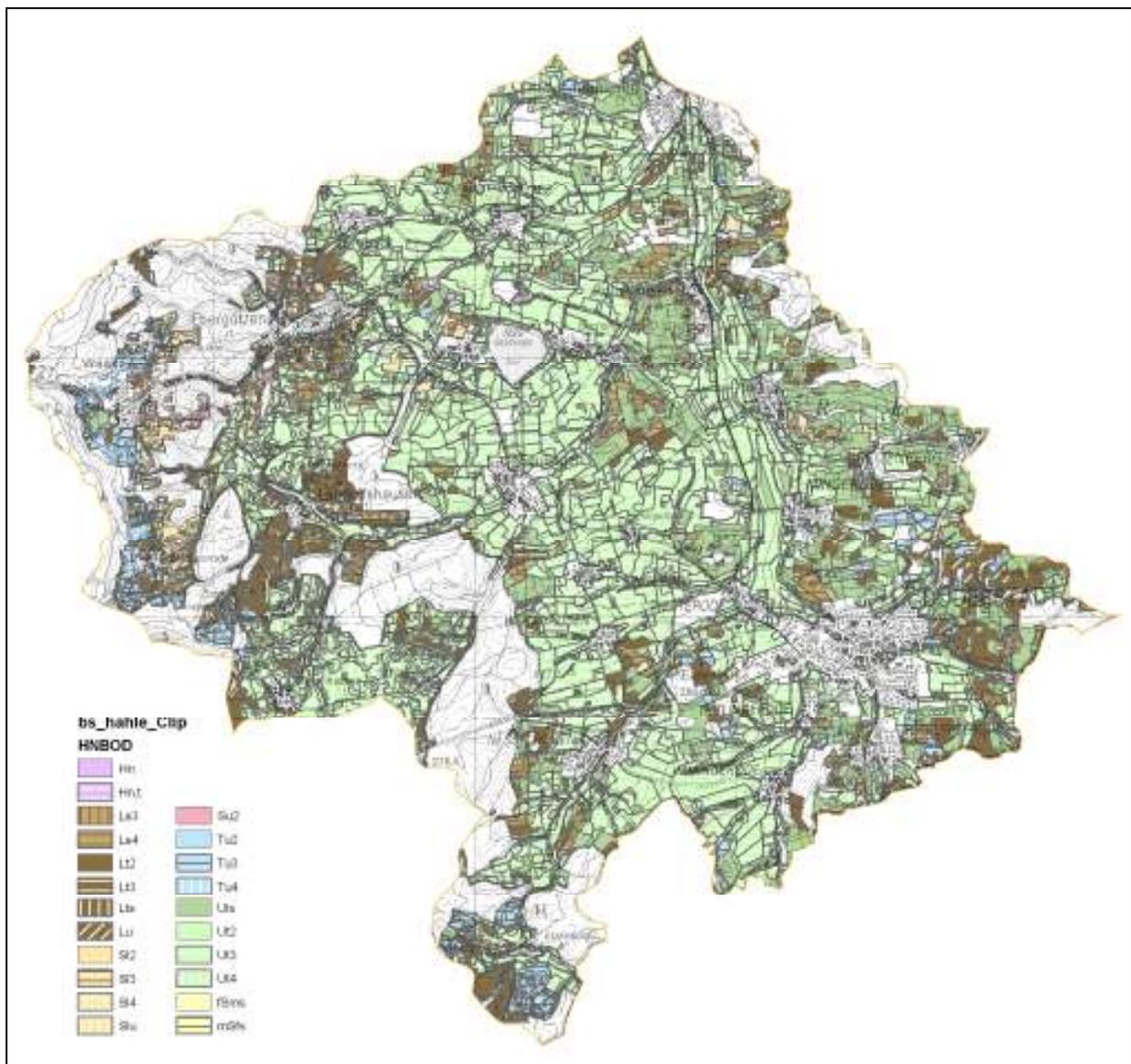


Abb. 11: Bodenart des Oberbodens aus der Bodenschätzung (Quelle: LBEG)

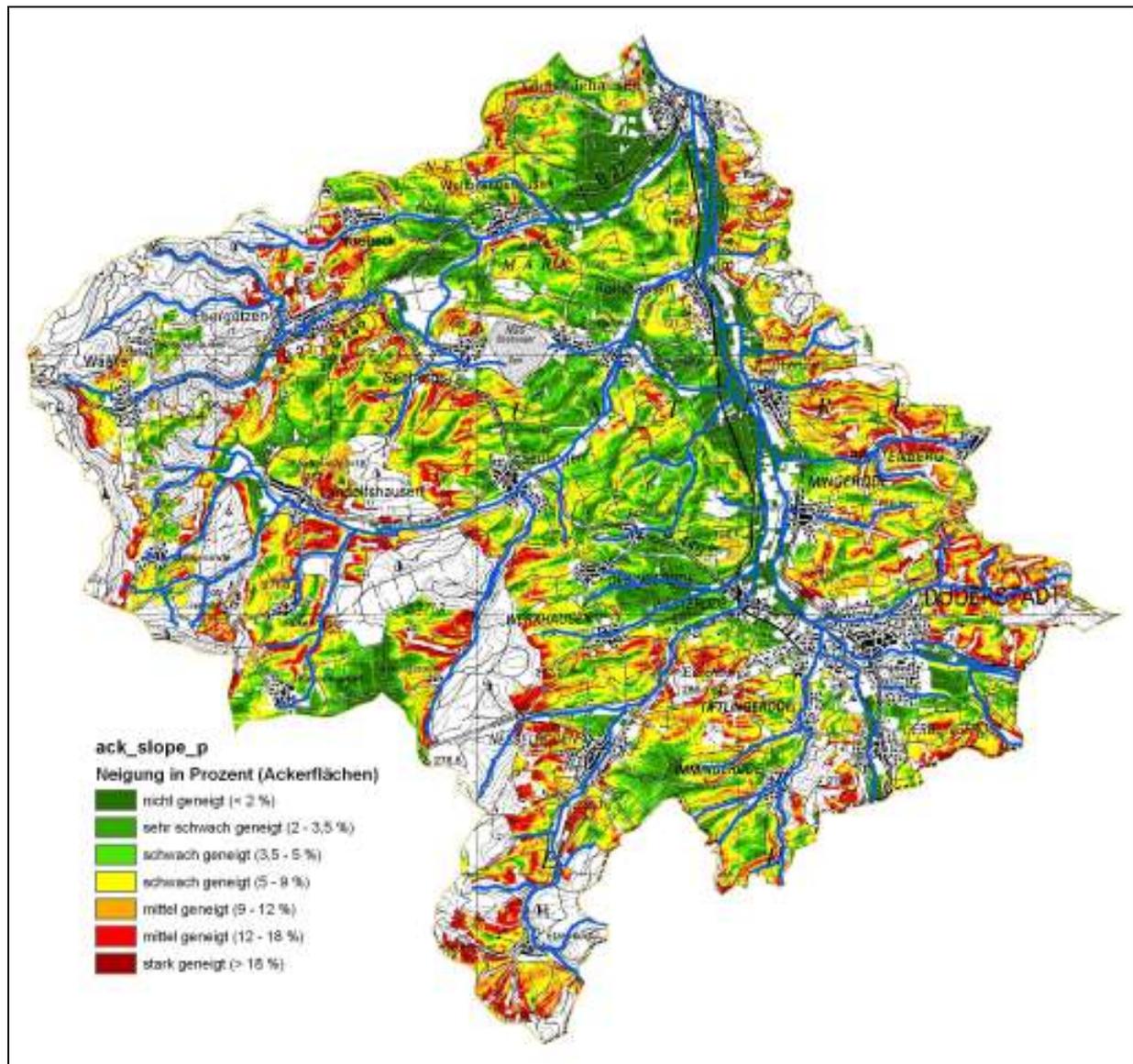


Abb. 13: Hangneigung in Prozent

3.3.2 Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung

Für die Darstellung des gesamten Einzugsgebiets wurde eine Getreide-Hackfrucht-Fruchtfolge mit 20 % Hackfruchtanteil unterstellt, da für das gesamte Gebiet die tatsächlichen Fruchtfolgen nicht schlaggenau ermittelt werden konnten. Diese gemeindespezifische Fruchtfolge für den Landkreis Göttingen ist abgeleitet aus der amtlichen Agrarstatistik von 2003. Nach dem C-Faktorenschlüssel nach *Mosimann & Sanders (2004)* ergab sich ein C-Faktor von 0,11.

Der P-Faktor wurde in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, weil dieser für die gesamten Flächen im Untersuchungsgebiet nicht zu ermitteln ist.

In Abb. 14 ist die bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung unter Annahme der Standardfruchtfolge dargestellt. Die Klassifizierung der Gefährdungsstufen erfolgt nach DIN 19708 (vergl. Kap. 3.1.3).

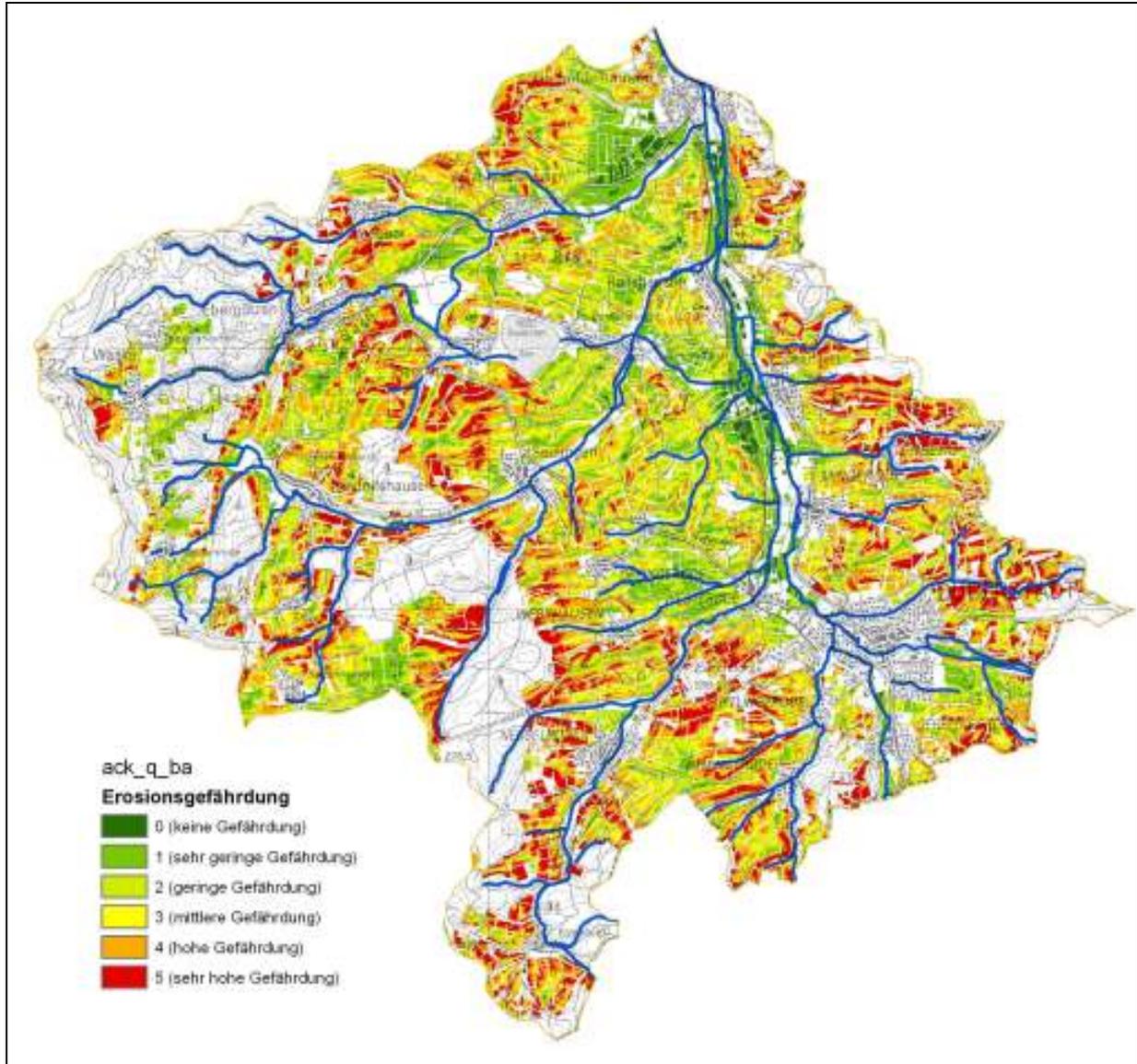


Abb. 14: Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung unter Annahme einer Standardfruchtfolge

Da die Bodenbedeckung ein zentraler Faktor bei der Ermittlung der Erosionsgefährdung darstellt, wird die Gefährdung durch die Berücksichtigung der Bodenbedeckung insgesamt geringer. In den schlagbezogenen Auswertungen der am Projekt beteiligten Betriebe wird in Kap. 3.4 sehr deutlich, wie stark die unterschiedlichen Fruchtfolgen und somit die Bodenbedeckung und auch die Bodenbearbeitung die Erosionsgefährdung beeinflussen.

3.3.3 Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit

Wird neben der Standardfruchtfolge auch die Gründigkeit der Böden, die ebenfalls aus der Bodenschätzung abgeleitet werden kann, in die Berechnung mit einbezogen, wird nach dem Toleranzgrenzenkonzept (vergl. Abb. 4) die *Gefährdungsstufe der Bodenfruchtbarkeit* ermittelt. Abb. 15 zeigt die *Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit* für das Untersuchungsgebiet.

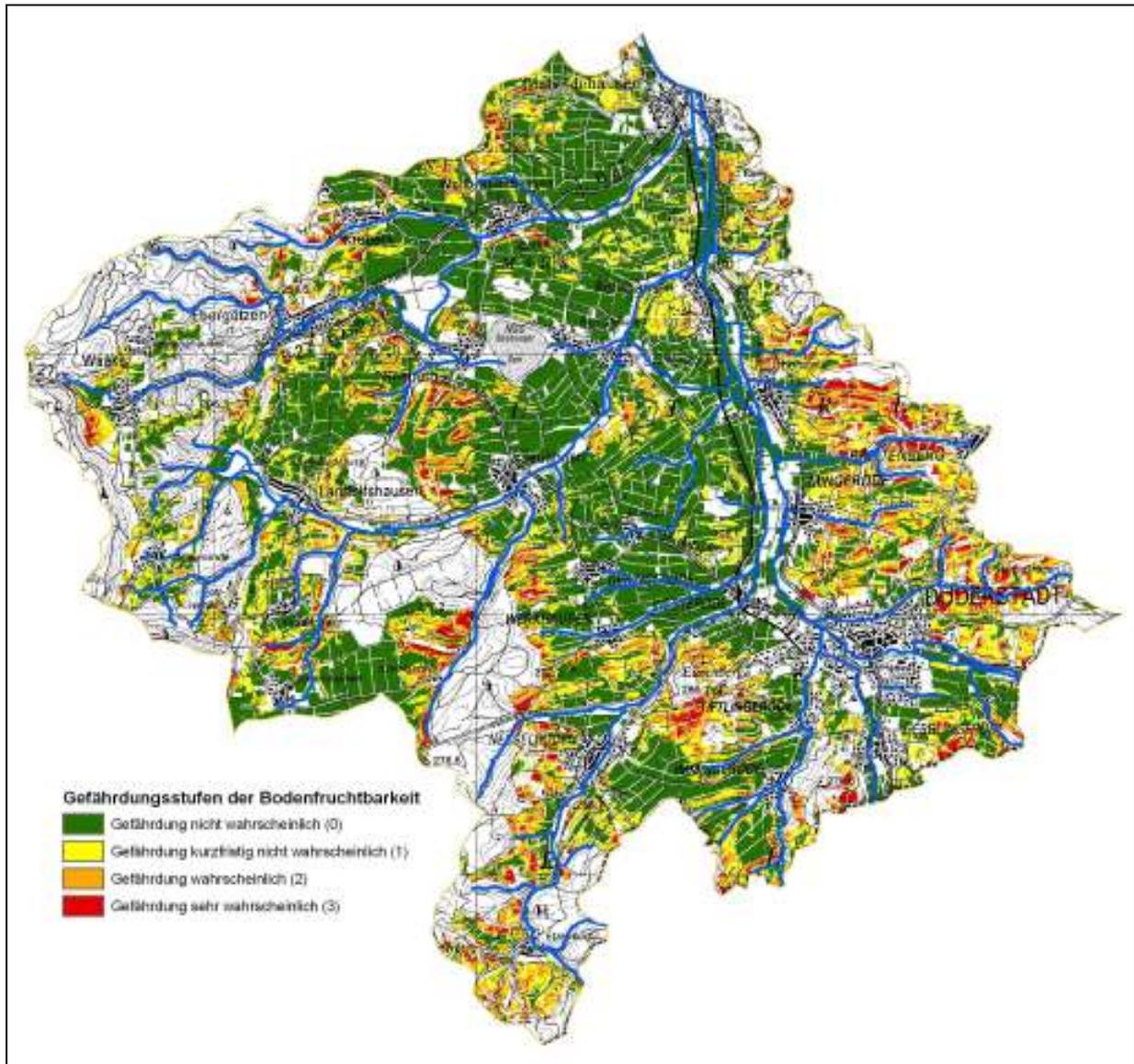


Abb. 15: Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit

In den Bereichen mit tiefgründigem Boden ergeben sich große Bereiche, in denen Gefährdungsstufe 0 (Gefährdung nicht wahrscheinlich) und Gefährdungsstufe 1 (Gefährdung kurzfristig nicht wahrscheinlich) ermittelt werden. In diesen Bereichen wäre die Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis somit erfüllt.

Diese Gefährdungskarte beschreibt den maximal zu tolerierenden Bodenabtrag, um die Bodenfruchtbarkeit (onsite) nicht zu gefährden. Um eine Gefährdung durch Bodenerosion sowie die Gefährdung von angrenzenden Oberflächengewässern zu beurteilen (offsite), sind diese Grenzwerte nicht geeignet.

3.3.4 Fließakkumulation in den Tiefenlinien

Um (direkte) Eintragswege aus erosionsgefährdeten Ackerflächen und mögliche Übertrittstellen in die Gewässer darzustellen, wird die Karte der standortabhängigen Erosionsgefährdung (Abb. 8) mit der Fließakkumulation kombiniert.

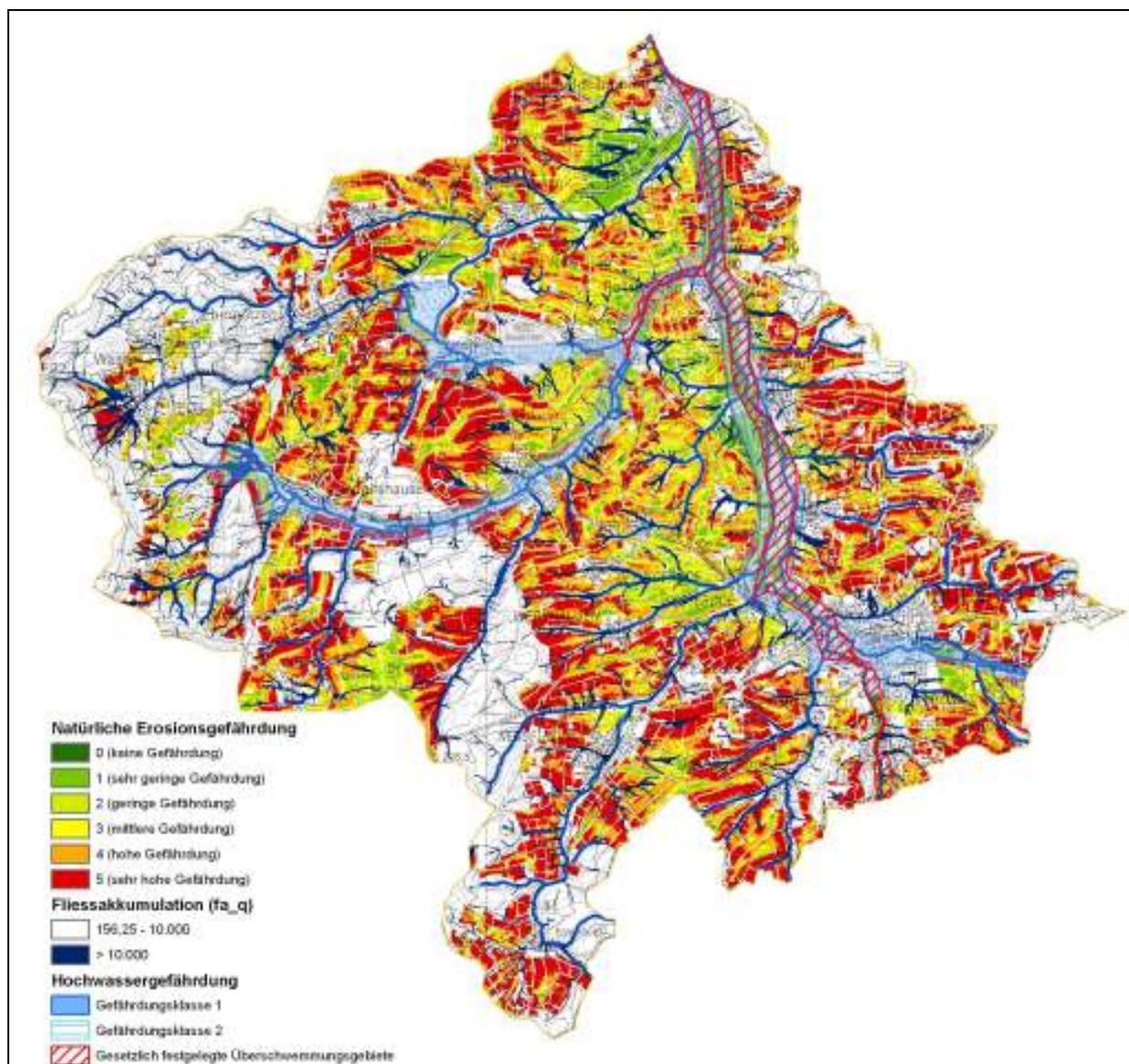


Abb. 16: Karte der natürlichen Erosionsgefährdung mit Fließakkumulation in den Tiefenlinien und Darstellung der Überschwemmungsgebiete

In dieser Karte ist die Fließakkumulation ohne Berücksichtigung von Landnutzung und Fließhindernissen dargestellt, d.h. der **maximal mögliche Abfluss** wird ermittelt. In diese Berechnung findet allein das Digitale Höhenmodell im 12.5 m Raster Eingang. Während extremer Regenereignisse oder bei hohen Niederschlägen bei noch gefrorenem Boden im Winter oder Frühjahr kann sich der Abfluss trotz sonst wirksamer Fließbarrieren wie z.B. Grünlandnutzung oder Feldwege in den natürlichen Tiefenlinien fortsetzen. Solche Situationen können mit dieser Variante dargestellt werden.

Für das komplette Untersuchungsgebiet wäre es unzweckmäßig die potenziellen Übertrittstellen in die Oberflächengewässer auszuweisen. Das ist nur sinnvoll, wenn kleinere Bereiche, evt. auch in Verbindung mit der betrieblichen Beratung, detailliert betrachtet werden.

Zusätzlich sind in dieser Übersichtskarte die potenziell überflutungsgefährdeten Gebiete (Gefährdungsstufe 1) sowie die gesetzlich festgelegten Überschwemmungsgebiete dargestellt. Die Hochwassergefährdung ist eine aus der „*Geologischen Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen im Maßstab 1:500.000*“ (LBEG, 2004) abgeleitete Auswertungskarte.

In Gebieten mit Gefährdungsstufe 1 sind flächendeckende Ablagerungen verbreitet, die sich bei Hochwasser bildeten (z.B. Aueablagerungen in Flusstälern). Versagen eventuell vorhandene Schutzmaßnahmen in diesen Gebieten, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Überflutungen zu rechnen.

Die Gebiete der Gefährdungsstufe 2 liegen in der Regel höher als jene der Gefährdungsstufe 1. In Teilbereichen finden sich aber auch hier, zum Teil kleinflächig, jüngere Hochwasserablagerungen. Eine Überflutungsgefährdung kann daher auch für die Zukunft nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Im Einzelfall ist die lokale geologische Situation zu bewerten. Im Untersuchungsgebiet der Hahle ist Gefährdungsstufe 2 nicht ausgewiesen.

3.4 Ergebnisse auf Schlag- / Betriebsebene als Beratungsgrundlage

Aus Datenschutzgründen wurden für die Auswertungen und Ergebnisse auf Betriebsebene die Namen der bewirtschaftenden Landwirte nicht verwendet. Weil Ebergötzen, der langjährige Wohnort von Wilhelm Busch, im Untersuchungsgebiet liegt, wurden für die Landwirte Namen aus seinen Erzählungen ausgesucht. Dementsprechend wurden die Betriebe bei den Auswertungen *als Betrieb Wilhelm, Betrieb Max und Betrieb Moritz* bezeichnet.

Da sich die natürliche Erosionsgefährdung aus den natürlichen, standortgegebenen Faktoren R, K und LS zusammensetzt, kann für die Beratung der Betriebe auf die Karte der natürlichen Erosionsgefährdung, die für das gesamte Untersuchungsgebiet berechnet wurde, zurückgegriffen werden (vergl. Kap. 3.1.2).

Für die schlaggenaue Betriebsauswertung wurden von der Landwirtschaftskammer für jeden Schlag die Fruchtfolgen erfragt. Aus den Angaben der Betriebsleiter zu Anbaufrüchten und Bodenbearbeitung wurden die jeweiligen C-Faktoren aus dem Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) abgeleitet. Die für jede Fruchtfolge ermittelten C-Faktoren wurden im GIS den dazugehörigen Schlaggeometrien zugeordnet und in ein 12,5 m Raster umgewandelt. Anschließend wurde die Rasterkarte der Fruchtfolgen mit der Karte der natürlichen Erosionsgefährdung verrechnet. Das Ergebnis war eine schlaggenaue bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdungskarte nach ABAG im 12,5 m Raster. Um auch hier auf die Angaben in $t/ha \cdot a$ zu verzichten, wurden 6 Gefährdungsklassen nach DIN 19708 ausgewiesen (vergl. Kap. 3.1.3).

Diese Ergebniskarten dienen als gute Beratungsgrundlage, da schlaggenau zu erkennen war, wie die Fruchtfolgen und die Bodenbearbeitung die Erosionsgefährdung auf den einzelnen Schlägen beeinflusst. Auf eine Mittelwertbildung auf Schlagebene wurde verzichtet, um im Rahmen der Beratung auch innerhalb der einzelnen Schläge gefährdete Teilbereiche zu identifizieren.

Im nächsten Schritt wurde für jeden Schlag die *Gefährdungsstufe der Bodenfruchtbarkeit* in Anlehnung an das Toleranzgrenzenkonzept von Mosimann & Sanders, 2004 (vergl. Kap.3.1.4) ermittelt. Durch Verknüpfung des Bodenabtrags mit der Gründigkeit ergaben sich vier Stufen der Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit von *Stufe 0 = Bodenfruchtbarkeit nicht gefährdet* bis *Stufe 3 = Bodenfruchtbarkeit stark gefährdet*. Beratungsziel im Sinne der guten fachlichen Praxis ist in Niedersachsen *Stufe 1 = Bodenfruchtbarkeit ist kurzfristig nicht gefährdet*.

Diese Grenzwerte gelten jedoch nur für den **onsite-Bereich** und sind nicht für die Bewertung im offsite-Bereich heranzuziehen (vergl. Kap. 3.1.4).

Die Schlag- und Fruchtfolgeübersichten sowie die Ergebniskarten zu den jeweiligen Betrieben befinden sich in der Anlage 5.

3.4.1 Betrieb Wilhelm

Aus den Angaben des Betriebes Wilhelm wurden folgende Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsverfahren ermittelt und berücksichtigt:

Fruchtfolge 1: Raps-Winterweizen-Wintergerste

(mit pflugloser Bearbeitung zu Winterweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 2: Kartoffeln-Winterweizen-Wintergerste

(mit pflugloser Bearbeitung zu Winterweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; Zwischenfruchtanbau zu Gerste)

Fruchtfolge 3: Winterweizen-Wintergerste-Futtererbse

(mit pflugloser Bearbeitung zu Winterweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 4: Kartoffeln-Winterweizen-Winterweizen-Körnermais

(mit pflugloser Bearbeitung zu Stoppelweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; ohne Zwischenfruchtanbau)

Nach C-Faktorentabelle für Niedersachsen (*Mosimann & Sanders, 2004*) ergeben sich daraus folgende Fruchtfolgefaktoren:

Fruchtfolge 1:	0,08	Fruchtfolge 2:	0,11
Fruchtfolge 3:	0,09	Fruchtfolge 4:	0,17

Für den Betrieb Wilhelm wurden die ermittelten Fruchtfolgen für den jeweils gesamten Feldblock, in dem der betreffende Schlag liegt, angenommen und dementsprechend in den Auswertungskarten dargestellt.

3.4.2 Betrieb Max

Im Betrieb Max wurden folgende Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsverfahren ermittelt und in den Auswertungen berücksichtigt:

Fruchtfolge 1: Raps-Winterweizen-Wintergerste

(mit Pflug zu Wintergerste, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 2: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen

(mit pflugloser Bearbeitung zu Rübenweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 3: Raps-Winterweizen-Winterweizen

(mit Pflug zu Winterweizen nach Weizen, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Nach C-Faktorentabelle für Niedersachsen (*Mosimann & Sanders, 2004*) ergeben sich daraus folgende Fruchtfolgefaktoren:

Fruchtfolge 1: 0,02 Fruchtfolge 2: 0,13 (bei Herbstfurche zu ZR)

Fruchtfolge 3: 0,02

Zusätzlich werden für den Betrieb Max die **Fruchtfolgefaktoren aus Thüringen**, die im Rahmen des Verstola-Projektes entwickelt wurden, berücksichtigt. Die Tabelle der C-Faktoren aus Thüringen befindet sich in der Anlage 6. Dort ist jeder Fruchtart ein C-Faktor bei einer Pflugbearbeitung, bei pflugloser Bearbeitung und ein mittlerer Wert zugeordnet. Der C-Faktor für die Fruchtfolgen wird ermittelt, in dem die Faktoren der einzelnen Früchte gemittelt werden. Der Anbau von Zwischenfrüchten wird bei der Ermittlung des C-Faktors nicht berücksichtigt.

Nach C-Faktorentabelle für Thüringen ergeben sich für den Betrieb Max folgende C-Faktoren:

Fruchtfolge 1: 0,05 Fruchtfolge 2: 0,16

Fruchtfolge 3: 0,07

3.4.3 Betrieb Moritz

Für den Betrieb Moritz werden folgende Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsverfahren berücksichtigt:

Fruchtfolge 1: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen-Wintergerste

(mit pflugloser Bearbeitung zu ZR und Rübenweizen, sonst Bearbeitung mit Pflug; Zwischenfruchtanbau zu ZR)

Fruchtfolge 2: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen

(mit pflugloser Bearbeitung zu ZR und Rübenweizen, zu Stoppelweizen Bearbeitung mit Pflug; Zwischenfruchtanbau zu ZR)

Fruchtfolge 3: Raps-Sommerhafer-Winterweizen-Wintergerste

(mit Pflug zu Wintergerste, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 4: Raps-Winterweizen-Wintergerste

(mit Pflug zu Wintergerste, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 5: Raps-Winterweizen-Winterweizen-Wintergerste

(mit Pflug zu Weizen nach Weizen und Wintergerste, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 6: Raps-Winterweizen-Winterweizen-Wintergerste

(mit Pflug zu Wintergerste, sonst pfluglose Bearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 7: Klee gras-Brache**Fruchtfolge 8: Raps-Winterweizen-Winterweizen**

(pflugloser Bearbeitung zu Weizen nach Raps, sonst Bearbeitung mit Pflug; ohne Zwischenfruchtanbau)

Nach C-Faktorentabelle für Niedersachsen (*Mosimann & Sanders, 2004*) ergeben sich daraus folgende Fruchtfolgefaktoren:

Fruchtfolge 1:	0,07	Fruchtfolge 2:	0,07
Fruchtfolge 3:	0,07	Fruchtfolge 4:	0,02
Fruchtfolge 5:	0,02	Fruchtfolge 6:	0,02
Fruchtfolge 7:	0,02	Fruchtfolge 8:	0,08

3.5 Auswertungen als Entscheidungsgrundlage für Flurneuordnungen

Im Rahmen von zwei Flurbereinigungsverfahren wurden die schlaggenauen rasterbasierten Erosionsgefährdungskarten als Entscheidungsgrundlage für die Flurneugestaltung herangezogen.

Zunächst ergab sich die Frage, wie sich die derzeitigen Cross Compliance Einstufungen der Feldblöcke durch die geplanten Wegeveränderungen ändern würden.

Da durch die Einstufung der Feldblöcke keine konkrete Aussage zur Änderung der tatsächlichen Erosionsgefährdung in diesen Bereichen getroffen werden kann, wurde die natürliche Erosionsgefährdung für die Flurbereinigungsgebiete unter Berücksichtigung der geplanten Wegeveränderungen komplett neu berechnet.

Konkret heißt das, dass die Feldblockgeometrien, die für die Berechnung des LS-Faktors herangezogen werden, entsprechend der geplanten Veränderungen neu digitalisiert wurden. Mit den neu digitalisierten Geometrien und dem Digitalen Höhenmodell (DGM 5 im 12,5 m Raster) wurde analog zu Kap. 3.1.1 ein neuer LS-Faktor berechnet.

Anschließend wurde die erstellte LS-Faktorenkarte mit der R- und K-Faktorenkarte multipliziert. Das Ergebnis war eine schlaggenaue rasterbasierte natürliche Erosionsgefährdungskarte. Dargestellt wurden die Ackerflächen.

Um die Auswirkungen der Wegeveränderungen mit dem jetzigen Gefährdungszustand vergleichen zu können, wurden jeweils Karten für den „Ist-Zustand“ und Karten unter Berücksichtigung von geplanten Veränderungen im Rahmen der Flurbereinigungsverfahren erstellt.

Die Darstellung der Cross-Compliance-Stufen auf Feldblockebene wurde nur für die Gemarkung Gieboldehausen berechnet (mit den zu dem damaligen Zeitpunkt im Entwurf vorliegenden Einstufungen), da noch keine bundesweite Einigung bzgl. der Grenzwertbildung erzielt werden konnte.

Neben den standortabhängigen Erosionsgefährdungskarten wurden auch bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdungskarten unter Berücksichtigung von in diesem Gebiet typischen Fruchtfolgen, die für die gesamten Ackerflächen im Flurbereinigungsgebiet pauschal unterstellt werden, erstellt.

Um eine bessere Übersicht über die betroffenen Bereiche zu erhalten, wurden in den Karten unter Berücksichtigung der Wegeveränderung jeweils nur die betroffenen Feldblöcke dargestellt.

Sowohl für das Flurbereinigungsgebiet Gieboldehausen als auch für das Gebiet Seeburg wurden folgende typische Fruchtfolgen berücksichtigt:

Fruchtfolge 1: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen

(konventionelle Bodenbearbeitung mit Herbstfurche zu Zuckerrüben;
ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 2: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen

(konventionelle Bodenbearbeitung mit Frühjahrsfurche zu Zuckerrüben;
ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 3: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen

(überwiegend pfluglose Bodenbearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 4: Raps-Winterweizen-Wintergerste

(überwiegend pfluglose Bodenbearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Nach C-Faktorentabelle für Niedersachsen (*Mosimann & Sanders, 2004*) ergeben sich daraus folgende Fruchtfolgefaktoren:

Fruchtfolge 1:	0,13	Fruchtfolge 2:	0,11
Fruchtfolge 3:	0,09	Fruchtfolge 4:	0,02

Die Ergebniskarten zu den jeweiligen Flurbereinigungsverfahren befinden sich in Anlage 7.

Flurbereinigungsgebiet Gieboldehausen

Das Flurbereinigungsgebiet Gieboldehausen befindet sich im nördlichen Bereich des Projektgebiets und erstreckt sich darüber hinaus, so dass die natürliche Erosionsgefährdung für die Darstellung der derzeitigen Gefährdung ebenfalls neu erstellt wurde.

Flurbereinigungsgebiet Seeburg

Das Flurbereinigungsgebiet Seeburg befindet sich komplett innerhalb des Projektgebiets und umfasst ein Gebiet von 803 ha.

3.6 Ermittlung des Phosphoraustrags- / -eintragspotentials

Unter den diffusen P-Quellen wird der Phosphoreintrag durch Erosion deutschlandweit als wichtigste diffuse Gewässerbelastung eingestuft (Behrendt et al. 1999). Durch seine starke Bindung an Partikeloberflächen wird aus Mineralböden nur wenig P durch Auswaschung in die Gewässer eingetragen. Da unter Wald und Grünland keine oder nur sehr geringe Bodenerosion stattfindet, werden im Folgenden nur die Ackerflächen betrachtet.

Die Berechnung des Phosphoraustragspotenzial aus den Ackerflächen und die Modellierung des Phosphoreintragspotenzials in die Oberflächengewässer im Einzugsgebiet der Hahle erfolgt in Anlehnung an *Fier et al. (2005)* bzw. *Fier & Schäfer (2007)*.

3.6.1 Phosphoraustragspotential

Durch das sogenannte Phosphoraustragspotential wird angegeben wie viel Phosphor im langjährigen Mittel partikelgebunden durch Wassererosion aus Ackerflächen ausgetragen werden kann und wo die „Schwerpunktgebiete“ im Einzugsgebiet der Hahle liegen. Die drei Faktoren:

- **Bodenabtrag nach ABAG,**
- **Phosphorgesamtgehalt im Boden** und ein
- **Anreicherungsfaktor**

müssen dazu berücksichtigt werden (Abb. 17).

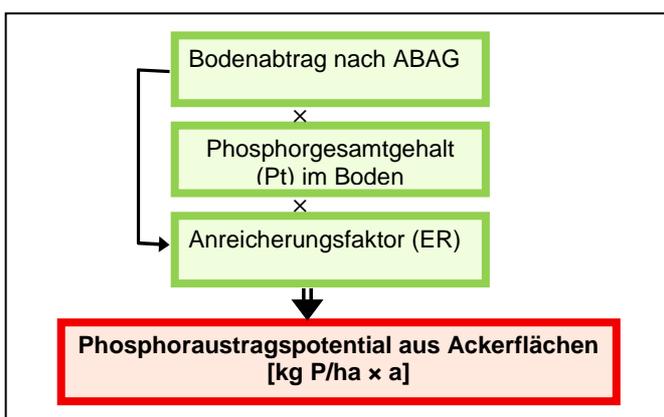


Abb. 17: Vorgehen bei der Berechnung des Phosphoraustragspotentials

Bodenabtrag nach ABAG

Für die Ermittlung des Phosphoraustragspotentials wird der bewirtschaftungsabhängige Bodenabtrag nach ABAG herangezogen. Die Karte des Bodenabtrags wird analog zu Kap. 3.1.3 unter Berücksichtigung der natürlichen Erosionsgefährdung und einem Fruchtfolgefaktor für das gesamte Einzugsgebiet der Hahle (Nds) erstellt.

Als Fruchtfolge werden vier für das Untersuchungsgebiet typische Fruchtfolgen unterstellt, woraus sich vier unterschiedliche Bodenabtragskarten und vier Karten des Phosphoraustragspotentials ergeben.

Folgende Fruchtfolgen werden für diese Berechnungen angenommen:

Fruchtfolge 1: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen (C = 0,13)

(konventionelle Bodenbearbeitung mit Herbstfurche zu Zuckerrüben;
ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 2: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen (C = 0,11)

(konventionelle Bodenbearbeitung mit Frühjahrsfurche zu Zuckerrüben;
ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 3: Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen (C = 0,09

(überwiegend pfluglose Bodenbearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Fruchtfolge 4: Raps-Winterweizen-Wintergerste (C = 0,02

(überwiegend pfluglose Bodenbearbeitung; ohne Zwischenfruchtanbau)

Der Erosionsschutzfaktor P findet keine Berücksichtigung, da keine flächendeckenden Angaben ermittelt werden konnten.

Phosphorgesamtgehalt im Oberboden

Da aus Datenschutzgründen im Rahmen dieses Projektes keine schlagbezogenen P-Gehalte zur Verfügung stehen, wird in dieser Berechnung auf die niedersachsenweit ermittelten Phosphorgesamtgehalte im Oberboden nach *Fier et al. (2005)* zurückgegriffen. Zur Abschätzung der niedersachsenweiten Phosphorgesamtgehalte im Oberboden wurden zunächst multiple Regressionen mit Hilfe von Analysedaten aus der Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen erstellt (s. Formeln 2 und 3).

$$(A) \log P_t = -1,376 + 0,34 \log P_{CAL} + 0,16 \log \text{Ton} + 0,256 \log C_{org} - 5,019 \times 10^{-02} \text{pH} - 1,363 \times 10^{-03} \text{Sand} \quad (2)$$

$$(B) \log P_t = -1,375 + 0,317 \log P_{DL} + 0,139 \log \text{Ton} + 0,255 \log C_{org} - 1,56 \times 10^{-03} \text{pH} - 4,7 \times 10^{-02} \text{Sand} \quad (3)$$

P_t Phosphorgesamtgehalt [mg/kg]

P_{DL} pflanzenverfügbares Phosphor, Doppellactat-Extraktion [mg/100g]

P_{CAL} pflanzenverfügbares Phosphor, Calcium-Acetat-Lactat-Extraktion [mg/100g]

C_{org} organischer Kohlenstoff [%]

pH pH-Wert (in CaCl_2 gemessen)

Sand Sandanteil des Feinbodens [%]

Ton Tonanteil des Feinbodens [%]

Mit Hilfe dieser Regressionen konnte der Phosphorgesamtgehalt in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften abgeschätzt werden. Dazu wurden auf Kreisebene vorliegende Bodenuntersuchungsergebnisse des pflanzenverfügbaren Phosphorgehaltes der Landwirtschaftskammer herangezogen und aus der Bodenübersichtskarte 1:50.000 von Niedersachsen Sand-, Ton- und Corg-Gehalte sowie pH-Werte abgeleitet (*Fier et al. 2005*).

Im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Göttingen, Institut für Agrikulturchemie, werden für das Einzugsgebiet der Friesenbeek die schlaggenauen P-Gehalte von den bewirtschaftenden Landwirten erhoben. Auf dieser Datengrundlage ist es dann möglich, schlaggenau den Phosphorgesamtgehalt abzuschätzen.

P-Anreicherungsfaktor

Bodenerosion ist ein selektiver Prozess, es werden vorwiegend kleine, leichte Teilchen wie Tone und organische Substanz transportiert. Nährstoffe und insbesondere Phosphor sind bevorzugt an diese Fraktion gebunden und reichern sich im Bodenabtrag an (Neufang et al. 1989). Darum ist ein P-Anreicherungsfaktor ("Enrichment Ratio" = ER) zu berücksichtigen, der sich mit Hilfe des zuvor ermittelten Bodenabtrags berechnen lässt:

Für diese Auswertungen wird der Anreicherungsfaktor nach Auerswald (1989) gewählt.

$$\mathbf{ER = 2,53 \times BA^{-0,21}} \quad \mathbf{(4)}$$

ER Anreicherungsfaktor

BA langjähriger mittlerer jährlicher Bodenabtrag [t/ha * a] (Auerswald, 1989)

Weiterführende Angaben zu der Ermittlung des Phosphorgesamtgehaltes sowie die Auswahl des Anreicherungsfaktors siehe Fier et al. (2005) und Fier & Schäfer (2007).

Die genannten drei Faktoren Bodenabtrag, P-Gehalt im Oberboden und Anreicherungsfaktor werden als Rasterkarten im 12,5 m Raster erstellt und miteinander multipliziert. Daraus ergibt sich das Phosphoraustragspotential.

Um die Ergebnisse übersichtlich in Karten darstellen zu können ist eine Klassifizierung notwendig. Frede et al. (1999) geben folgende Bereiche und Gefährdungsklassen für den P-Austrag an:

Tab. 7: Gefährdungsklassen des P-Austrags (Frede et al., 1999)

Gefährdungsklasse	P-Austrag [kg/ha × a]
sehr gering	< 2
gering	2 - 4
mittel	4 - 6
hoch	6 - 8
sehr hoch	> 8

Die vier Ergebniskarten auf Rasterebene, bei denen jeweils ein anderer typischer Fruchtfolgefaktor zugrunde gelegt ist, befinden sich in Anlage 1.

Die Bereiche mit hohem Phosphorausstragspotenzial in den Ergebniskarten, bei denen mit einem relativ hohen C-Faktor gearbeitet wird, decken sich gut mit den Bereichen, in denen eine hohe potenzielle Erosionsgefährdung ausgewiesen wird. Wenn für das gesamte Untersuchungsgebiet mit einem C-Faktor von 0,02 (Fruchtfolge 4) gerechnet wird, bewegt sich das Phosphorausstragspotential fast komplett im geringen bis sehr geringem Bereich. Nur einige wenige kleinere Bereiche weisen noch ein mittleres bis sehr hohes Phosphorausstragspotenzial auf.

Zu beachten ist jedoch, dass es sich bei diesen Auswertungen wie bei der natürlichen Erosionsgefährdung um Potentiale handelt. Des Weiteren haben nicht alle Bereiche mit hohem P-Austragspotential Anschluss an ein Gewässer. Um P-Einträge in Gewässer zu verringern, sind Maßnahmen vor allem auf Flächen mit hohem Austragspotential in Gewässernähe sinnvoll und auf Flächen, die durch linienhaften Oberflächenabfluss mit dem Gewässer verbunden sind.

3.6.2 Phosphoreintragspotential

Mit dem Phosphoreintragspotenzial wird der Anteil am Phosphorausstrag abgeschätzt, der tatsächlich in die Gewässer transportiert wird bzw. ein Einzugsgebiet verlässt. Bei dieser Auswertung ist zu berücksichtigen, dass nach *Rode & Frede (1996)* ein großer Anteil des erodierten Bodenmaterials in abflusslosen Senken und Geländevertiefungen als Kolluvium liegen bleibt.

Für jedes Einzugsgebiet wird deshalb der Anteil am Bodenabtrag abgeschätzt, der tatsächlich in ein Gewässer gelangt. Dieses Verhältnis wird Sedimenteintragsverhältnis genannt ("Sediment Delivery Ratio" = SDR). Es berechnet sich nach *Behrendt et al. (1999)* aus der mittleren Hangneigung und dem Anteil an Ackerfläche eines Einzugsgebietes.

$$SDR = 0,012 \times (SL - 0,25)^{0,3} \times A_{Acker}^{1,5} \quad (5)$$

SDR	Sedimenteintragsverhältnis [%]
SL	mittlere Hangneigung [%]
A_{Acker}	Anteil Ackerfläche [%]

Da sich Phosphor nicht nur während des Transports an das Gewässer sondern auch im Gewässer selbst weiter anreichert, ist ein erweitertes ER-Modell notwendig. Es wird ein Ansatz nach *Behrendt et al. (1999)* verwendet:

$$ER = 18 \times I_{AFS}^{-0,47} \quad (6)$$

ER Anreicherungsfaktor

I_{AFS} spezifische Schwebstofffracht [$t/km^2 \times a$]

Die spezifische Schwebstofffracht ist der Sedimenteintrag eines Einzugsgebiets geteilt durch dessen Größe. Der Sedimenteintrag ergibt sich aus der Multiplikation von Bodenabtrag und Sedimenteintragsverhältnis eines Einzugsgebietes. Mit Hilfe von Formel 6 wird pro Einzugsgebiet ein ER berechnet. Das P-Eintragspotential wird durch Multiplikation von Bodenabtrag, Phosphorgehalt, Anreicherungsfaktor und Sedimenteintragsverhältnis bestimmt und in t/a angegeben (vergl. Abb. 18).

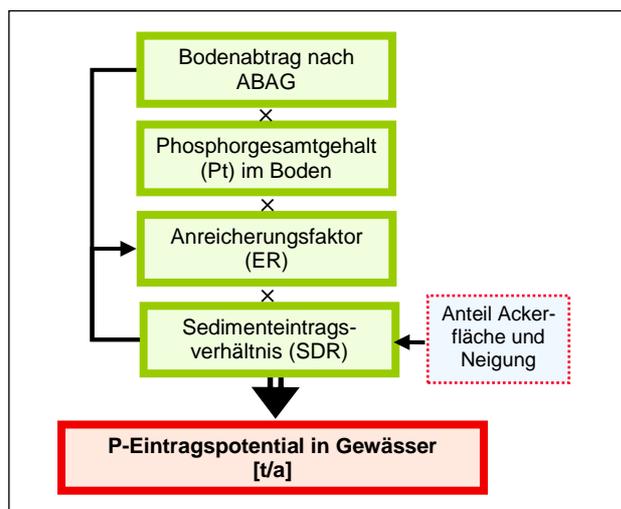


Abb. 18: Vorgehen bei der Berechnung des Phosphoreintragspotentials

Durch die Berücksichtigung des Sedimenteintragsverhältnisses unterscheidet sich das P-Eintragspotenzial stark vom P-Austragspotenzial. Es wird nicht nur berücksichtigt, was auf den Ackerflächen passiert, sondern auch versucht, das Geschehen bis an das und im Gewässer abzubilden.

Das berechnete Sedimenteintragsverhältnis, das nach Formel 5 ermittelt wird, beträgt für das Einzugsgebiet der Hahle 10,003 %, d.h., dass nach dieser Berechnung ca. 10 Prozent des Bodenabtrags die Gewässer eingetragen werden kann.

Der ER nach *Behrendt et al. (1999)* (Formel 6), der je nach ermitteltem Bodenabtrag variiert, liegt unter Annahme eines C-Faktors von 0,13 bei 4,45 und steigt bei Annahme eines C-Faktors von 0,02 auf 10,74.

Insgesamt betrachtet ergibt sich für das Einzugsgebiet der Hahle folgendes Bild:

Unter Annahme von

Fruchtfolge 1 (C-Faktor 0,13) ergibt sich ein Phosphoreintragspotenzial von **12,48 t / a**,

Fruchtfolge 2 (C-Faktor 0,11) ergibt sich ein Phosphoreintragspotenzial von **11,42 t / a**,

Fruchtfolge 3 (C-Faktor 0,09) ergibt sich ein Phosphoreintragspotenzial von **10,27 t / a**

und

Fruchtfolge 4 (C-Faktor 0,02) ergibt sich ein Phosphoreintragspotenzial von **4,63 t / a**.

Bei diesen berechneten Eintragspotenzialen handelt es sich jeweils um den P-Eintrag, der aus dem gesamten Einzugsgebiet der Hahle eingetragen werden kann. Es handelt sich bei diesen Auswertungen unter Anwendung der beschriebenen Formeln um grobe Annäherungswerte.

Um zu prüfen, ob diese Schätzwerte in etwa mit dem im Gewässer gemessenen P-Frachten größenordnungsmäßig übereinstimmen, werden Monitoringergebnisse der Messstelle Gieboldehausen ausgewertet. Die ausgewerteten Messungen (siehe Anlage 4) wurden von August 2006 bis August 2007 in 14-tägigen Abständen durchgeführt. Aus diesen Messungen ergibt sich eine Gesamt P-Fracht von 12,6 t / Jahr. Nach einer ersten groben Schätzung auf Basis von Literaturangaben (Behrendt et al, 1999) dürfte 40 - 50 % dieser Gesamt-P-Fracht auf partikuläre P-Einträge durch Erosion zurückzuführen sein.

Unter Berücksichtigung der starken jährlichen Schwankungen der Stofffrachten stimmen die an der Messstelle Gieboldehausen gemessenen P-Frachten mit den für das Einzugsgebiet berechneten Eintragspotentialen (abhängig von der jeweils unterstellten Fruchtfolge, s. o.) in ihrer Größenordnung relativ gut überein.

Eine genaue Abschätzung der partikulären P-Frachten durch Erosion ist nur durch die Auswertung von langjährigen Messreihen der P-Frachten und Abflüsse an der Messstelle Gieboldehausen möglich.

Des Weiteren können durch die 14-tägige Messung nicht alle Abfluss- und Frachtenänderungen erfasst werden, denn z.B. durch Starkregenereignisse können der Abfluss und die P-Fracht kurzfristig ansteigen.

3.7 Auswertungen im Untersuchungsgebiet in Thüringen

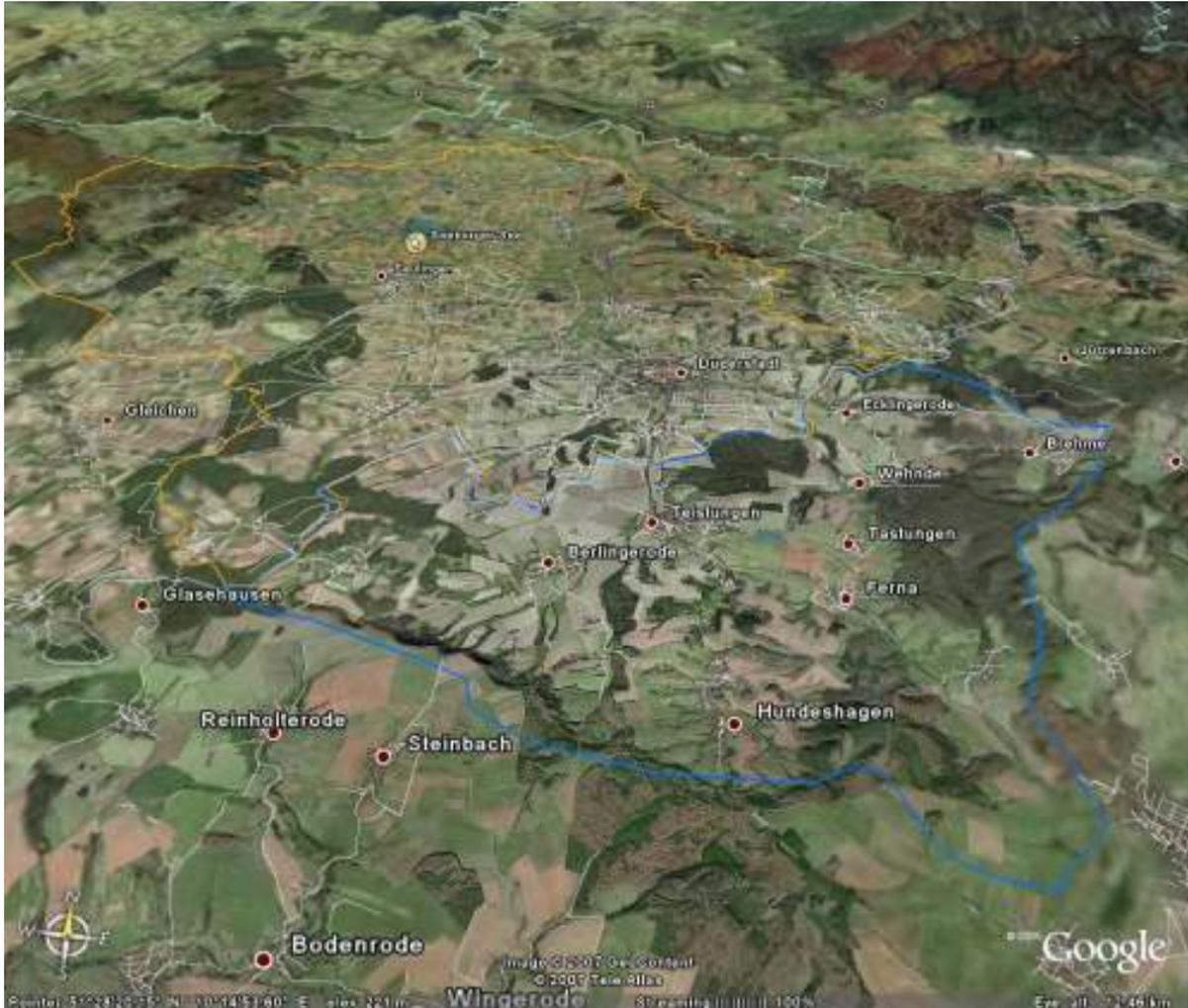


Abb. 19: Untersuchungsgebiet Hahle in Thüringen und Niedersachsen (Quelle: Google Earth, 2007)

Das Einzugsgebiet der Hahle in Thüringen schließt sich südöstlich an das Untersuchungsgebiet in Niedersachsen an. Abb. 19 zeigt beide Teilgebiete in einer Abbildung. Die Größe des Einzugsgebiets in Thüringen beläuft sich auf 90 km².

3.7.1 Ergebnisse Einzugsgebiet Hahle

Natürliche Erosionsgefährdung

Für das Untersuchungsgebiet in Thüringen wurde die Karte der natürlichen / potenziellen Erosionsgefährdung von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) und der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie in Jena (TLUG) zur Verfügung gestellt.

Es wurden im Rahmen des Projektes keine schlaggenauen Erosionsgefährdungskarten zur natürlichen Erosionsgefährdung berechnet, da die Eingangsfaktoren Regenfaktor, Bodenerodierbarkeitsfaktor sowie die Neigungsdaten der Projektgruppe im Rahmen des Projektes nicht zur Verfügung gestellt werden konnten. Abb. 20 zeigt die natürliche Erosionsgefährdung im thüringischen Untersuchungsgebiet.

Diese Gefährdungskarte wurde auf Grundlage folgender Eingangsdaten erstellt:

- **Regenfaktor R** (TLL Jena),
- **Bodenerodierbarkeitsfaktor K auf Grundlage der Bodengeologischen Karte 1:100.000** (TLL / TLUG),
- **Hangneigungsfaktor S auf Grundlage des DGM 5 im 5 m Raster** und unter
- **Annahme eines Standardhanges, $L=2$.**

Die Auswertung wurde für die gesamte Fläche zur Verfügung gestellt. Um einen besseren Überblick über die Gefährdungssituation der Ackerflächen zu erhalten, wurde die Karte mit Hilfe von Feldblockdaten auf Ackerflächen reduziert. Die Feldblockdaten können auf der Internetseite der TLL kostenfrei heruntergeladen werden.

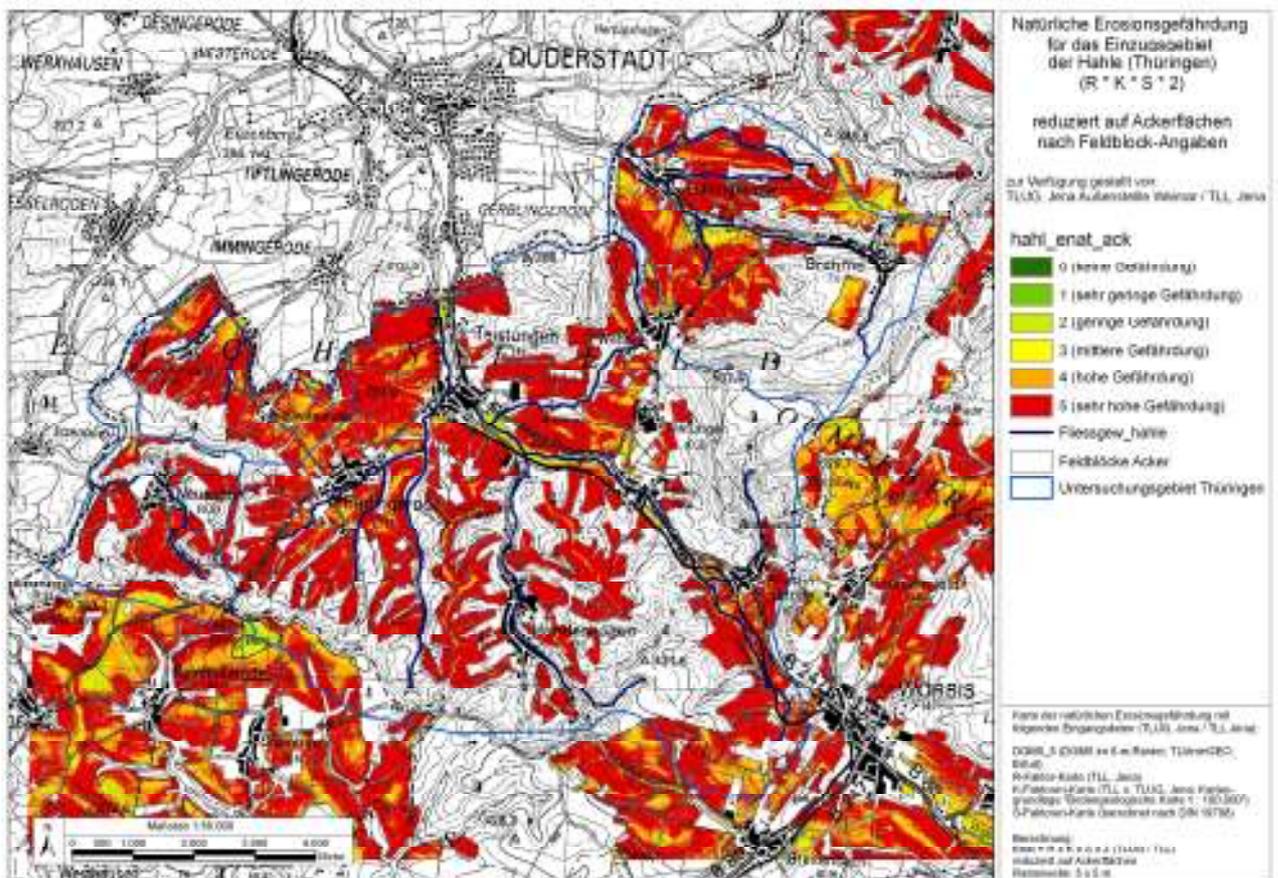


Abb. 20: Natürliche Erosionsgefährdung für das Einzugsgebiet der Hahle in Thüringen

Nach dieser Auswertung sind fast die kompletten Ackerflächen im Untersuchungsgebiet als hoch und sehr hoch erosionsgefährdet, nur sehr vereinzelte Teilbereiche werden als mittel bis gering gefährdet ausgewiesen.

Aufgrund der unterschiedlichen Eingangsdaten in Niedersachsen und Thüringen ergibt sich eine sehr schwierige Vergleichbarkeit. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse aus beiden Bundesländern jeweils getrennt und nicht zusammen in einer Karte dargestellt.

Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung und Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit

Eine bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung wurde für das gesamte Untersuchungsgebiet in Thüringen nicht erstellt, da es keine Angaben bzgl. einer Standardfruchtfolge gibt.

Die Ermittlung der *Gefährdungsstufe der Bodenfruchtbarkeit* nach *Mosimann & Sanders, 2004* in Anlehnung an die Auswertungen für den niedersächsischen Bereich ist für das Projektgebiet in Thüringen nicht durchführbar, da keine Angaben zur Gründigkeit bzw. effektiven Durchwurzelungstiefe flächendeckend und digital zur Verfügung stehen.

3.7.2 Betrieb Thüringen

Analog zu den Betriebsauswertungen in Niedersachsen (vergl. Kap. 3.4) wurden für den am Projekt beteiligten Betrieb aus Thüringen schlagspezifische Untersuchungen durchgeführt.

Für die schlaggenaue Betriebsauswertung wurden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für jeden Schlag die Fruchtfolgen erfragt. Aus den Angaben des Betriebsleiters zu Anbaufrüchten und Bodenbearbeitung wurden die jeweiligen C-Faktoren aus dem in Niedersachsen verwendeten Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von *Mosimann & Sanders, 2004* abgeleitet.

Folgende Fruchtfolgefaktoren wurden für den Betrieb in Thüringen berücksichtigt:

C 0,07, C 0,05 und C 0,02.

Da auf dem Betrieb für fast jeden Schlag unterschiedliche Fruchtfolgen erfasst wurden, werden hier nicht die gesamten Fruchtfolgen, sondern für jeden C-Faktor eine Fruchtfolge stellvertretend vorgestellt:

Insgesamt wird für die Bodenbearbeitung auf den Pflug verzichtet.

Beispiel Fruchtfolge (0,07): SG-Raps-WW-SG-Raps-WW-WW

Beispiel Fruchtfolge (0,05): WW-Erbesen-WW-WG-Raps-WW-WG

Beispiel Fruchtfolge (0,02): WG-Raps-WW-WG-Raps-WW-Roggen

Parallel wurden die C-Faktoren, die im Rahmen des Verstola-Projektes in Thüringen entwickelt wurden, angewandt. In der Anlage 5 finden sich die Ergebniskarten mit den jeweiligen C-Faktoren aus Niedersachsen, in der Anlage 6 die Ergebniskarten mit den jeweiligen C-Faktoren aus Thüringen und die Übersicht der in Thüringen benutzten C-Faktoren. Nach dem Schlüssel aus Thüringen ergibt sich abweichend von dem Schlüssel aus Niedersachsen für die kompletten Schläge ein **C-Wert von 0,04**.

4. Softwaretechnische Projektinfrastruktur

Gemeinsam mit dem Geoinformationsdienst in Göttingen wurde eine Modul Bodenerosion im Geoinformationssystem POLARIS erarbeitet, das das Digitalisieren von betroffenen Flächen ermöglicht. Nach dem Digitalisieren der gefährdeten Schläge können die aktuellen Fruchtfolgen mit den jeweiligen Formen der Bewirtschaftung und der eventuelle Anbau von Zwischenfrüchten zugeordnet werden. Dieses Modul dient als Vorbereitung zur Online-Berechnung der Gefährdung durch Bodenerosion. Die Abbildung 21 zeigt die digitalisierten Flächen des Betriebes Max.

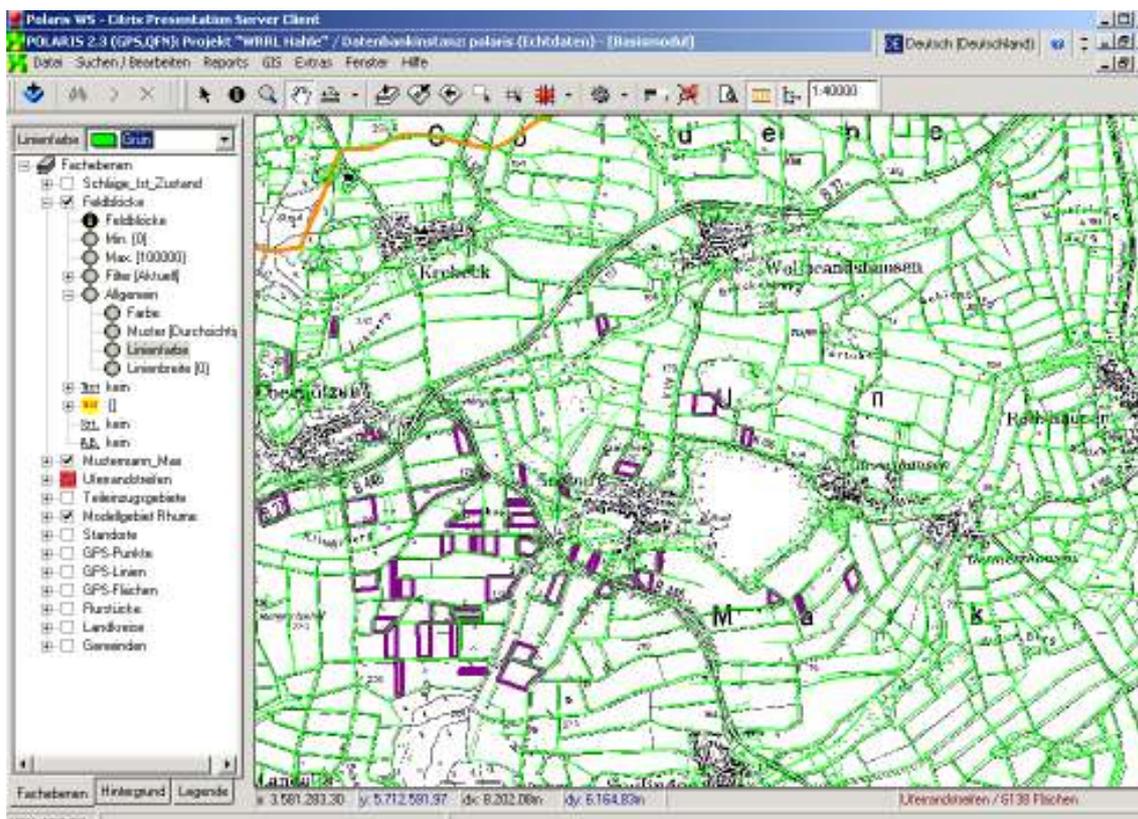


Abb. 21: Digitalisierte Flächen Betrieb Max

Die digitalisierten Flächen lagen in Niedersachsen und Thüringen. Im Rahmen des Projektes hat der Geoinformationsdienst Beiträge zur softwaretechnischen Projektinfrastruktur, webbasierten Geodiensten, system-technischen Betreuung, technischen Beratung und Konzeption geleistet. Eine detaillierte Beschreibung der jeweiligen Tätigkeiten findet sich in der Anlage 2.

5. Beratung der Landwirte

Die Strukturen in der Landwirtschaft sind in dem betrachteten Einzugsgebiet sehr unterschiedlich. Während in Niedersachsen Familienbetriebe mit eher kleineren Strukturen vorherrschen, teilweise auch viele Nebenerwerbsbetriebe, werden die Flächen in Thüringen überwiegend von Betrieben mit großen Flächeneinheiten bewirtschaftet. Die Beratung der Landwirte verlief in den beiden Bundesländern unterschiedlich und wird auch getrennt dargestellt. Teilweise gab es gemeinsame Veranstaltungen.

5.1 Beratungskonzept

Die Beratung innerhalb des Modellprojektes war als offener Prozess ausgelegt. Die interessierten Landwirte sollten umfassend mit der Problematik der Auswirkungen von Erosion auf die Oberflächengewässer vertraut gemacht werden. Gemeinsam mit den Landwirten sollte in einen Prozess eingestiegen werden, der die kritische Bewertung der bisherigen Bewirtschaftung als Ziel hatte.

Das Konzept sah vor, dass die beteiligten Landwirte, nachdem sie sich mit der Problematik auseinandergesetzt hatten, eigene Lösungsvorschläge entwickeln, um den Eintrag von Phosphat von landwirtschaftlichen Flächen in Gewässer zu verringern. Anschließend sollten die Landwirte in der Umsetzung ihrer Maßnahmen unterstützt werden. Durch diesen, durch die Projektpartner (die Landwirte) gestalteten Prozess, war von Beginn an das Ergebnis des Modellprojektes offen.

Beratung wurde als ein Begleitinstrument verstanden, das umfangreich informiert und bei Vorschlägen Unterstützung in der Umsetzung anbot. Um eine vertrauensvolle und kreative Arbeitsatmosphäre zu erhalten, wurde in Kleingruppen eingeladen. Damit wurde auch dem Bedarf einer umfangreichen Kommunikation Rechnung getragen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung des Modellprojektes wurde zunächst die Unterstützung des Berufsstandes gesucht. Dazu wurden Gespräche mit dem Eichsfelder Bauernverband e. V. in Thüringen und dem Landvolk Niedersachsen Kreisverband Göttingen geführt. Das Ergebnis war eine gemeinsame Absichtserklärung - von Vertretern des Berufsstandes und den Fachbehörden entwickelt - zur Zusammenarbeit in dem Modellprojekt, die den Aufbau eines neuen Beratungsschwerpunkts - basierend auf den Gefährdungen der natürlichen potentiellen Wassererosion - unterstützt.

Diese Erklärung wurde von Vertretern nachfolgender Institutionen unterschrieben:

- Landvolk Niedersachsen, Kreisverband Göttingen
- Eichsfelder Bauernverband e. V.,
- Landwirtschaftsamt Leinefelde – Worbis
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Mit der Absichtserklärung (siehe Anlage 3) sollte den Landwirten im Einzugsgebiet signalisiert werden, dass sowohl der Berufsstand als auch die Fachbehörden Handlungsbedarf beim Thema Gewässerschutz sehen.

5.2 Beratungsverlauf Arbeitskreise

5.2.1 Niedersachsen

In Zusammenarbeit mit dem Landvolk Niedersachsen, Kreisverband Göttingen und der Bezirksstelle Northeim der LWK Niedersachsen wurde eine Liste von potentiell interessierten Landwirten erstellt. Diese Landwirte erhielten zunächst ein Anschreiben, das sie über das Modellprojekt informierte. Die Absichtserklärung wurde beigefügt. Wenige Tage später wurde telefonisch mit den angeschriebenen Landwirten Kontakt aufgenommen, um sie ausführlicher zu informieren und das Interesse abzufragen, an dem Projekt aktiv teilzunehmen. Aufgrund dieser intensiven Vorarbeit konnten 45 Landwirte gewonnen werden, die bereit waren, sich intensiver mit der Thematik auseinander zu setzen.

Im Winterhalbjahr (Dezember 2006 – Februar 2007) wurden die Landwirte in kleinen Gruppen (5-8 Personen) jeweils zu zwei halbtägigen Veranstaltungen regional eingeladen. Thematisch waren diese Veranstaltungen darauf ausgerichtet, die Landwirte mit der Existenz der EG-WRRL und ihren Anforderungen vertraut zu machen. Insbesondere auch die Auswirkungen anzusprechen, die die Vorgaben der EG-WRRL auf die Landwirtschaft haben können. Da es insbesondere im Projekt um die Reduzierung der Phosphateinträge in Gewässer aufgrund landwirtschaftlicher Bewirtschaftung ging, wurde auf bereits bestehende und zu erwartende rechtliche Vorschriften im Rahmen von Bodenschutz / Erosionsschutz hingewiesen. Nachfolgend werden die einzelnen Themen dargestellt, die mit den Landwirten intensiv diskutiert wurden.

Bereich EG-WRRL

Die Grundzüge der EG-WRRL wurden dargestellt. Insbesondere wurde der mehrstufige Umsetzungsprozess der Richtlinie, der letztlich den guten ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer zum Ziel hat, erläutert und wieweit dieser Prozess bis jetzt schon umgesetzt wurde. Zur Verdeutlichung wurde die vorläufige Einschätzung der Gewässer im Einzugsgebiet bezüglich der Erreichung der Ziele dargestellt. Dabei wurde auch auf die aktuelle Gewässergüte (Struktur, Biologie und Chemie) der Gewässer im Einzugsgebiet der Hahle eingegangen. Erfreulich ist der hohe Sauerstoffgehalt einiger Gewässer und die Einstufung der biologischen Güte in „mäßig belastet“. Allerdings werden die Hahle und einige ihrer Zuläufe entsprechend den Anforderungen der EG-WRRL derzeit so eingestuft, dass eine Zielerreichung u. a. aufgrund von Nährstoffbelastungen unwahrscheinlich bzw. unklar ist. Diese Einstufung könnte Maßnahmenprogramme mit Auswirkung auf die Landwirtschaft zur Folge haben.

Zielerreichung Fließgewässer Rhume

Stand: 02.06.2008

Wasserkörpergruppe Hahle - 19002
Flussgebiet Weser

Bearbeitungsgebiet: 19 Rhume

Größe: 297,14 km²

Rangfolge	Wasserkörpergruppen (WKG) Nr.	Name WKG	Zielerreichung Ergebnis Gefährdungsabschätzung gemäß C-Bericht Tabelle 8	Rangfolge	Wasserkörper Nr.	Name Wasserkörper	Zielerreichung Ergebnis Gefährdungsabschätzung gemäß C-Bericht Tabelle 7	Gründe für die Abschätzung	Datengrundlage Monitoring	Ursachen / Maßnahmen ?
	19002	Hahle	33 % unwahrscheinlich 32 % unklar 35 % wahrscheinlich	1.	19033	Hahle	Unwahrscheinlich	Biologie: Saprobien! Struktur?		
				2.	19044	Brehme	Unwahrscheinlich	Biologie: Saprobien! Struktur?		
				3.	19038	Ellerbach	Unwahrscheinlich	Biologie: Saprobien!		
				4.	19060	Sandwasser (Hartmannkanal)	Unwahrscheinlich	Biologie: Saprobien! Struktur?		
				5.	19032	Obere Hahle	Unklar	Struktur?		
				6.	19043	Suhle	Unklar	Struktur?		
				7.	19035	Nathe	Wahrscheinlich			
				8.	19036	Nathe	Wahrscheinlich			
				9.	19037	Aue	Wahrscheinlich			
				10.	19034	Muse	Wahrscheinlich			

Legende

Zielerreichung WKG/WK/GWK:

!	Unwahrscheinlich
?	Unklar
	Wahrscheinlich

Abb. 22: Zielerreichung Fließgewässer Rhume

Ein wichtiger Diskussionspunkt war die Frage, welche Maßnahmen die Landwirtschaft betreffen könnten, falls die Zielvorgaben nicht im vorgesehenen Zeitrahmen erreicht werden. Mögliche Schritte könnten z. B. das Ausweisen von Gewässerrandstreifen, der Eigenentwicklung von Gewässern (Mäandrierung, Ausweisung von Retentionsräumen) und gesetzlich vorgeschriebene Reduzierung der Aufbringung von Nährstoffen in der Nähe von Gewässern sein.

Bereich Monitoring

Die zu dem Zeitpunkt bereits verfügbaren Ergebnisse über das Monitoring am Seeburger See wurden den Teilnehmern der Arbeitskreise vorgestellt und erläutert.

Auch die ersten Mess- und Analysewerte der vom NLWKN befristet eingerichteten Messstelle in Gieboldehausen konnten dargestellt werden. Die Messungen bestätigten aktuell, dass die Hahle erheblich mit Phosphor, aber auch anderen Nährstoffen belastet ist (Anlage 4).

Bereich Erosionsschutz: Gesetzliche Auflagen

Ein wichtiger vorbeugender Gewässerschutz ist das Vermeiden von diffusen Einträgen an Phosphatfrachten in Oberflächengewässern. Da die Phosphate an Bodenteilchen gebunden sind und in der Regel im Boden unbeweglich sind, gelangen Phosphate erst durch die Bodenerosion in die Oberflächengewässer. Die Gebiete mit besonders hohem P-Austragspotential liegen u. a. im südniedersächsischen Hügelland. Gemäß den Anforderungen der guten landwirtschaftlichen Praxis (§ 17 BBodSchG) sind Bodenabgänge schon jetzt durch eine angemessene Bewirtschaftung möglichst gering zu halten. Das bedeutet, dass u. a. Bodenverdichtungen zu vermeiden sind, die biologische



Abb. 23: Arbeitskreis Germershausen

Aktivität des Bodens erhalten oder gefördert werden muss und die Bodenbearbeitung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat. Den Teilnehmern der Arbeitskreise wurde die ABAG (Allgemeine Bodenabtragungsgleichung) erläutert und sie erhielten einen Umdruck mit der Darstellung der natürlichen/ potentiellen Erosionsgefährdung auf Felddblockebene für das Einzugsgebiet der Hahle im niedersächsischen Teil. Basierend auf dieser Darstellung wurde auf die möglichen gesetzlichen Veränderungen im Bereich cross compliance eingegangen. Da es noch keine endgültige Regelung gab, wurde den Landwirten der jeweils aktuelle Stand erläutert. Ackerflächen, die als potentiell gefährdet gelten (mittlere bis sehr hohe Erosionsgefährdung, Gefährdungsstufen 3 - 5), werden vermutlich Bewirtschaftungsauflagen erhalten.

Aktivität des Bodens erhalten oder gefördert werden muss und die Bodenbearbeitung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat. Den Teilnehmern der Arbeitskreise wurde die ABAG (Allgemeine Bodenabtragungsgleichung) erläutert und sie erhielten einen Umdruck mit der Darstellung der natürlichen/ potentiellen Erosionsgefährdung auf Felddblockebene für das

Da ein sehr hohes Erosionsgefährdungspotential im Einzugsgebiet der Hahle existiert, wird vermutlich jeder Landwirt mit einem Teil seiner Flächen von den neuen Regelungen betroffen sein. Die vorläufige CC-Einstufung der Erosionsgefährdung erfolgt auf Feldblockebene und kann beim Kartenserver des LBEGs abgerufen werden.

Den interessierten Landwirten wurden Informationen zur Verfügung gestellt, die erläuterten, wie der Internetzugang vom LBEG (MeMas) genutzt werden kann, um die vorläufige CC-Einstufung der Erosionsgefährdung für die eigenen Feldblöcke einsehen zu können. Diese Webseite wurde von den Landwirten auf Nachfrage aber nur wenig bis gar nicht genutzt, da das System als zu kompliziert wahrgenommen wurde.

Neben den neuen erweiterten CC-Anforderungen im Bereich Erosionsschutz wurde auch auf die bereits bestehenden Gesetze und Verordnungen zu diesem Themenkomplex hingewiesen, insbesondere den § 17 des Bodenschutzgesetzes.

Bereich Erosionsschutz: Bewirtschaftung

Beispielhaft wurde an einer Karte dargestellt, welche Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit entsprechend dem Beratungsschlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) bei einer Fruchtfolge von 33 % Hackfrucht, konventioneller Bodenbearbeitung und Einbeziehung der Gründigkeit im Einzugsgebiet der Hahle, Teilbereich Niedersachsen, auftreten. Aufgrund der sehr hohen Tiefgründigkeit der Böden, waren die Gebiete mit hoher Gefährdung wesentlich geringer als ohne die Einbeziehung der Gründigkeit.

Bei der Frage, welche ackerbaulichen Maßnahmen der Erosion in Hanglagen entgegenwirken können, wurde neben konservierender Bodenbearbeitung auch die Möglichkeit von Untersaaten im Maisanbau sowie Fahrgassenbegrünung im Getreidebau vorgestellt. Dabei wurde auf verschiedene technischen Möglichkeiten der Umsetzung eingegangen.

Die ackerbauliche Variante des kontinuierlichen Maisanbaus mit 100 % Bodenbedeckung wurde



Abb. 24: Fahrgassenbegrünung

diskutiert. Bis auf einen Landwirt, war die Haltung der Teilnehmer beim Thema Untersaaten in Mais und Fahrgassenbegrünung eher skeptisch. Häufig wird noch kein Mais angebaut, da sich mögliche Biogasanlagen meist noch in Planungsstadien befinden.

Außerdem werden Ertragsdepressionen auf Grund von Wassermangel befürchtet. Das gilt sowohl für den Anbau von Futterroggen vor Mais sowie die Einsaat von Untersaaten. Abschließend wurden die aktuellen Agrar-Umweltprogramme, den Erosions- und Oberflächengewässerschutz betreffend, für 2007 vorgestellt. Gefördert werden Mulch- oder Direktsaat- oder Mulchpflanzverfahren auf gefährdeten Ackerflächen (NAU A2). Als potentiell gefährdet gelten Ackerflächen von der mittleren bis zur sehr hohen Gefährdung (Gefährdungstufen 3 - 5, bzw. CC1 – CC2). Mit der Maßnahme A 6 wird die Anlage von mehrjährigen Blühstreifen auf Ackerflächen des Betriebes gefördert.

Fazit

Bei den ersten Informationsveranstaltungen wurde deutlich, dass die beteiligten Landwirte keine Kenntnis davon hatten, dass ab 01.01. 2009 die cross compliance - Anforderungen in Bezug auf Erosionsschutz verschärft werden. Diese neue Information belastete zunächst die Atmosphäre und erschwerte das kreative Umgehen mit der Thematik. In



Abb. 25: Arbeitskreis Gieboldehausen

einigen Arbeitskreisen wurde ausdrücklich betont, dass die Teilnehmer die Fülle an Informationen zunächst verarbeiten müssten, bevor sie in der Lage seien, weiter am Thema aktiv mitzuarbeiten.

Es zeigte sich andererseits ein hohes Interesse an Informationen über die Gewässergüte in den heimischen Gewässern. Allerdings wurde von etlichen Teilnehmern angezweifelt, ob

die Landwirtschaft in dem unterstellten Umfang an den Belastungen, insbesondere an den hochgerechneten Phosphateinträgen, in Oberflächengewässern beteiligt sei.

In allen Arbeitskreisen kam die nicht optimal gestaltete Agrarstruktur zur Sprache. Durch ungünstig geschnittene und zu kleine Flächen ist häufig eine erosionsmindernde Bewirtschaftung nicht möglich. Teilweise sind die Flächen zu schmal, um hangparallel ackern zu können. Daher wurden Vorschläge gemacht, durch freiwilligen Flächentausch oder Flurneuordnung, die Gestaltung der Flächen aus Sicht des Erosionsschutzes zu optimieren.

Nachdem die Phase der Arbeitskreise beendet war, ergaben sich auf Anregung durch die Teilnehmer zusammengefasst folgende Projektideen, die weiter verfolgt werden sollten:

- ⇒ Weiterbildung Information über Phosphatdüngung
 Informationen über Bodenverdichtungen
- ⇒ Informationen über Flurneuordnungen (3 von 5 Arbeitskreisen)
- ⇒ Forderung nach mehr Gewässeruntersuchungen (Ist es wirklich die Landwirtschaft?)

5.2.2 Thüringen

Vom Eichsfelder Bauernverband e. V. und dem Landwirtschaftsamt Leinefelde – Worbis wurden zwei Agrargesellschaften genannt, die Interesse an einer Arbeit in dem Modellprojekt hatten.

Man traf sich auf dem Gelände einer Agrargesellschaft in Teistungen zu einem Erfahrungsaustausch. Im Wesentlichen wurden dieselben Informationen, die auch Thema in den Arbeitskreisen in Niedersachsen waren, weitergegeben. Im Vordergrund stand auch hier das Vorstellen der EG-WRRL. Weiterhin wurden anhand von Kartenmaterial die



Abb. 26: Erosionsschäden in Thüringen

Gefährdungen durch Bodenerosion erläutert. Die neuen CC-Forderungen ab 2009 waren den Betriebsleitern nicht bekannt. Aufgrund der unterschiedlichen Strukturen in Thüringen hatte das Gespräch in Bezug auf konservierende Bodenbearbeitung andere Inhalte als in den Arbeitsgruppen in Niedersachsen. So wird in beiden Agrargesellschaften schon seit Jahren überwiegend pfluglos

gewirtschaftet.

Durch die inzwischen ausgebildete Bodenstruktur werden nach Aussage der Bewirtschafter günstigere Versickerungsraten erreicht, die den oberflächlichen Bodenabtrag reduzieren. Während des Informationstermins wurde vereinbart, bei der geplanten Exkursion zum Thema Bodenverdichtungen im Frühsommer, Flächen einer der Agrargesellschaft in Teistungen in Augenschein zu nehmen.

Über die Inhalte und den Verlauf der Arbeitskreise wurden alle Teilnehmer am Modellprojekt sowohl in Niedersachsen als auch Thüringen in einem Infobrief informiert.

5.3 Weiterbildung

Informationsveranstaltung Phosphordüngung / Agrarstruktur März 2007

In einer halbtägigen Veranstaltung wurde ein Seminar mit zwei Schwerpunkten angeboten: Phosphatdüngung und Agrarstruktur. Herr Prof. Dr. Römer vom Institut für Agrilkulturchemie der Georg-August-Universität Göttingen erläuterte die Notwendigkeit von



Abb. 27: Informationsveranstaltung Phosphatdüngung

Phosphaten für ein optimales Pflanzenwachstum. Allerdings machte er darauf aufmerksam, dass es ausreicht, wenn die Böden in der Versorgungsstufe C (4,5 bis 9,0 mg P bzw. 10 bis 20 mg P_2O_5) liegen. In den P-Gehaltsklassen D und E enthält der Boden unnötig viel Phosphor. Höhere Versorgungsstufen als C erhöhen auch in

mineralischen Böden das Risiko, dass Phosphor über die Dränagen ausgewaschen wird. Damit der Phosphor optimal von den Pflanzen verwertet werden kann, muss der Nährstoff pflanzenverfügbar sein.

Anschließend referierte Frau Dießel, Dezernatsleiterin vom Amt für Landentwicklung Göttingen, zu dem Thema Agrarstruktur. Sie stellte die Möglichkeiten agrarstruktureller Veränderung (freiwilliger Landtausch, Flurneuordnungen) und deren Förderung vor.

Informationsveranstaltung Bodenansprache Juni 2007

Nachdem im Winterhalbjahr innerhalb der Arbeitskreise das Interesse an einer Exkursion zum Thema Bodenansprache deutlich geworden war, erklärten sich einige Landwirte bereit, im Frühsommer auf Ihren Flächen „Löcher“ zu graben, um das Innenleben der Böden genauer zu analysieren. Insbesondere ging es um Verdichtungen des Bodens und Möglichkeiten der Wiederherstellung. Es wurden zwei Veranstaltungen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des Landvolks in Gieboldehausen wurden im Rahmen ihrer jährlichen Feldrundfahrt drei Bodenansprachen von Frau Senger, Bodenreferentin der LWK Niedersachsen, durchgeführt.

Die Böden, die aus Lössauflagen über Sand- und Tonstein entstanden sind, weisen eine unterschiedliche Mächtigkeit aus. Hieraus entwickelten sich Braunerden, Parabraunerden und Pseudogleye. Teilweise sind die Parabraunerden degradiert.

Aus dem humosen Oberboden sind am Hangfuß Kolluvien entstanden. Teilweise steht der Buntsandstein und Tonstein direkt an. Hieraus entwickelten sich Braunerden. An einem Profil wurde deutlich, welche Folge Strohabfuhr auf Böden mit einem hohen Schluffanteil haben kann. Die Bodenstruktur war sehr kompakt und enthielt wenig biogene Poren. Im Frühjahr wurde zu den Zuckerrüben gepflügt. In ca. 30 cm Tiefe war eine nicht verrottete Strohmatte zu erkennen. Der Boden war um die Strohmatte dunkel gefärbt. Es bestanden reduzierende Verhältnisse.

Bei einem weiteren Profil hatte der Landwirt eine langjährige Brache umgebrochen und zusätzlich gekalkt. Die Kalkung im Herbst hatte aber noch zu keiner wesentlichen Erhöhung des pH-Wertes geführt. Der Lössboden war - wie nach der Brache zu erwarten - sehr gut strukturiert. Die Zuckerrüben waren aufgrund von



Abb. 28: Bodenansprache Gieboldehausen

Drahtwürmern und eines zu niedrigen pH-Wertes nicht gut entwickelt und teilweise nicht aufgelaufen. Die umgebrochene Fläche wurde gemeinsam mit einer langjährig bestellten Fläche bewirtschaftet. Nach Zuckerrüben wurde auf den Pflug verzichtet.

Das dritte Profil des Tages war eine Braunerde aus Buntsandstein und Tonstein. Die Bodenstruktur war unter dem Erbsenbestand sehr gut ausgeprägt. Der Tongehalt war hier höher als auf den Lössböden.

Für die zweite Veranstaltung in den Gemarkungen von Teistungen (Thüringen) und Werxhausen (Niedersachsen) konnte Herr Professor Harrach von der Universität Gießen gewonnen werden. Bei der Rundfahrt wurden ebenfalls drei Bodenprofile besichtigt. Alle



Abb. 29: Bodenprofil Teistungen

drei Standorte wurden schon seit längerer Zeit konservierend bearbeitet. Das Bodenprofil auf der Fläche der Agrargesellschaft in Teistungen zeigte entgegen den Erwartungen Bodenverdichtungen. Am vorliegenden Beispiel konnte Herr Prof. Harrach sehr anschaulich auf Bodenverdichtungen unterhalb der Bearbeitungstiefe eingehen.

Diese Verdichtungen können nachhaltige Barrieren für die Versickerung, die Durchlüftung und die Durchwurzelung darstellen. Die Folgen der Bodenschädigungen können Mindererträge und Oberflächenabfluss von Niederschlagswasser sein.

Moderate Verdichtungen können im Laufe von Jahren u. U. durch Wurzeln und Regenwürmer allmählich perforiert werden, während starke Verdichtungen - wie im vorliegenden Fall - äußerst stabil sind. Mehrfach wurde die Frage gestellt, ob sich der Einsatz des Pfluges alle 3 - 4 Jahre negativ auf den Regenwurmbesatz auswirken würde.

Dies wurde von Herrn Prof. Harrach bejaht und er betonte eindringlich, wie wichtig die konservierende Bodenbearbeitung sei, damit die Regenwürmer ihre so wichtige Arbeit für die Bodenfruchtbarkeit machen können. Es wurde deutlich, dass der alleinige Verzicht des Pfluges nicht automatisch zu einer besseren Bodenstruktur führt, sondern dass es gilt, das Innenleben der Böden immer wieder zu beobachten.



Abb. 30: Bodenansprache Werxhausen

Im Anschluss an die Veranstaltung bot Herr Prof. Harrach an, eine probeweise Lockerung auf diesen Flächen wissenschaftlich zu begleiten. Der Betriebsleiter zeigte großes Interesse an einer solchen Maßnahme.

5.4 Arbeitskreise Flurneuordnung

Aus den Arbeitskreisen und den Informationsveranstaltungen entwickelte sich in drei Gemarkungen der Wunsch, sich stärker mit der Thematik Flurneuordnung auseinander zu setzen. Ein Argument war, Ackerschläge zu erhalten, die eine Erosion vermindemde Bewirtschaftung quer zum Hang ermöglichen. Aber auch die Anregung, im Rahmen einer Flurneuordnung Gewässerrandstreifen ausweisen zu können, stieß auf Interesse.

Zusätzlich wurden daher in drei interessierten Gemeinden Veranstaltungen - teilweise in Zusammenarbeit mit dem Amt für Landentwicklung und dem Landvolk Göttingen - angeboten. In einer Gemarkung wurde sehr schnell deutlich, dass sich keine Mehrheit innerhalb der aktiv Landwirtschaft betreibenden Personengruppe finden würde, dieses Projekt langfristig zu unterstützen.

In den Gemarkungen Seeburg und Gieboldehausen wurde das Thema allerdings intensiv weiterverfolgt. Während der Betreuung der Arbeitskreise in den beiden verbleibenden Orten entwickelte sich eine intensive Zusammenarbeit mit dem Amt für Landentwicklung in Göttingen bezüglich der Berücksichtigung der Bodenerosionsproblematik. Ein Mitarbeiter nahm an der Informationsveranstaltung Bodenansprache im Juni 2007 in den Gemarkungen von Teistungen und Werxhausen teil.

5.4.1 Gieboldehausen

Das Landvolk Gieboldehausen lud zu einer Informationsveranstaltung ein, deren Thema einerseits die Vorstellung des Pilotprojektes mit den dazu gehörenden Inhalten war und andererseits eine Diskussionsplattform eröffnete, inwieweit die Agrarstruktur in der Gemarkung ein Problem für die Umsetzung der neuen Anforderungen darstellt.

Das Thema wurde interessiert diskutiert. Die Frage, ob eine Flurneuordnung notwendig sei, wurde nicht abschließend entschieden. Es wurde aber eine Arbeitsgruppe aus dem Kreis der Teilnehmer benannt, die sich verstärkt mit der Thematik beschäftigen sollte und den Auftrag erhielt, Vorschläge für eine Neuordnung und die damit verbundenen Kosten in Zusammenarbeit mit dem Amt für Landentwicklung zu erarbeiten.

Während des Frühsommers tagte diese Gruppe mehrmals. Es wurden Vorschläge erarbeitet, dass Wege, die nicht mehr benötigt werden, aber aus Gründen des Erosionsschutzes nicht aufgehoben werden können, aufgelöst und als Gehölzstreifen ausgewiesen werden sollten. Wenn eine Auflösung des Weges möglich ist, sollten Ausgleichsmaßnahmen an Gewässerrandstreifen umgesetzt werden. Im Rahmen des Projektes wurde interessierten Landwirten aus Gieboldehausen angeboten, andere Flurneuordnungsprojekte zu besichtigen.



**Abb. 31: aktuelle Erosionsgefährdung
Gemarkung Gieboldehausen**

Auf Basis von zwei Feldrundfahrten machte die Arbeitsgruppe unter Leitung des Amtes für Landentwicklung Vorschläge für ein verändertes Wegenetz. Die Ergebnisse, insbesondere die voraussichtlichen Kosten, wurden Ende November im Rahmen einer Arbeitskreissitzung dem Bürgermeister von Gieboldehausen vorgestellt, der großes Interesse an der Einleitung eines Verfahrens bekundete.

Um keine Erhöhung der Gefährdung der Bodenerosion aufgrund der vorgeschlagenen Veränderungen im Wegenetz zu provozieren, wurden die Auswirkungen der Maßnahmen berechnet.

Dazu wurden die natürliche, potentielle Erosion, verschiedene Szenarien von Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsformen, die ortsüblich sind, und die Einstufung in die CC-Gefährdung berechnet (siehe Anlage 7).

Diese Ergebnisse wurden während der Veranstaltung anhand von Kartenmaterial vorgestellt. Es ist vereinbartes Ziel, keine Verschlechterung der Erosionsgefährdung

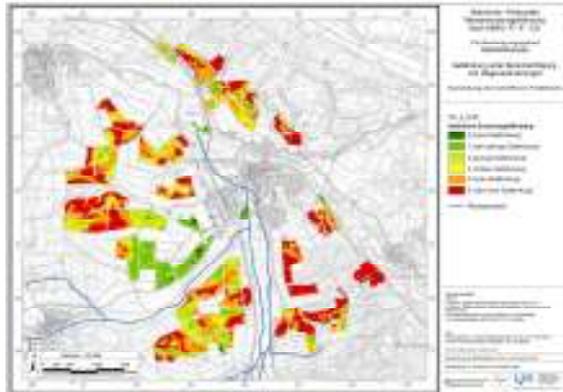


Abb.32: Erosionsgefährdung neues Wegenetz Gemarkung Gieboldehausen

durch das Herausnehmen von Wegen zu bewirken. Abschließend wurde der Fahrplan für die nächsten Wochen festgelegt. Zunächst soll Anfang Januar der Ortsrat informiert werden, anschließend werden die Landwirte des Ortes noch einmal über den geplanten Umfang und die Kosten des Verfahrens informiert.

Sollten die Landwirte mehrheitlich ein Verfahren zur Flurneuordnung unterstützen, wäre der nächste Schritt im Frühjahr die Einberufung einer Bürgerversammlung unter der Verantwortung des Amtes für Landentwicklung. Es ist in den Vorbesprechungen deutlich geworden, dass auf jeden Fall der Bodenerosionsschutz und der Gewässerschutz ein wichtiger Bestandteil der Überlegungen zur Flurneuordnung sein werden.

5.4.2 Seeburg

In Seeburg kam zunächst der Vorstand des Realverbandes zusammen, um sich der Thematik anzunehmen. Zunächst wurden wichtige Informationen über die Gefährdung der Feldmark in Bezug auf Erosion und die Belastung der Gewässer weitergegeben. Im weiteren Verlauf wurden vom Amt für Landentwicklung das Verfahren Flurbereinigung vorgestellt. Es wurde ein Arbeitskreis eingerichtet, dem auch Vertreter der politischen und kirchlichen Gemeinden angehörten, der in mehreren Sitzungen ein vorläufiges Konzept für ein verändertes Wegenetz erarbeitete. Auch in dieser Gemarkung wurde zweimal eine Feldbegehung durchgeführt. Im ersten Teil wurde überprüft, welche Wege verändert werden sollten, im zweiten wurde anhand von Kartenmaterial und in Augenscheinnahme der Bodengestaltung geprüft, ob das Herausnehmen von Wegen aufgrund von Bodenerosion sinnvoll sei.

Die Einflüsse eines veränderten Wegenetzes auf die Erosionsgefährdung wurden anhand der ABAG und der C-Faktoren entsprechend dem Beratungsschlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) berechnet.

Die Ergebnisse wurden in Arbeitskreissitzungen im November und Dezember weiter diskutiert. Es sollen im Frühjahr weitere Planungen durchgeführt werden, deren Ergebnisse abschließend in einer Bürgerversammlung vorgestellt werden sollen. Erst dann kann abschließend entschieden werden, ob es sinnvoll ist, ein Flurneuordnungsverfahren einzuleiten. Von den Arbeitskreisteilnehmern wird diese Maßnahme begrüßt, da sie neben der Veränderung in der Agrarstruktur auch die Möglichkeit bieten würde, weitere Maßnahmen zum Schutz des Seeburger Sees durchführen zu können.

5.5 Entwickeln eines EDV – Beratungsmodul

5.5.1 Betriebsflächen

(Kartendarstellung Anlage 5)

Das Konzept sah vor, mit interessierten Landwirten auf gefährdeten Flächen den langfristigen Bodenabtrag durch Bodenerosion abzuschätzen. Die Berechnungen erfolgten in Anlehnung an den Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004). Das Ziel war, die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit zu bestimmen, um auf gefährdeten Flächen verstärkt Maßnahmen ergreifen zu können.

Insgesamt konnten Flächen von drei Betrieben in Niedersachsen und einer Agrargesellschaft in Thüringen ausgewertet werden. Allerdings konnte für die Flächen in Thüringen keine Gefährdungsstufe der Bodenfruchtbarkeit ermittelt werden, da in Thüringen keine Angaben über die Gründigkeit verfügbar waren. Als Bezeichnungen für die beteiligten Betriebe in Niedersachsen wurden folgende Namen verwendet: Wilhelm, Max und Moritz.

Zunächst wurden auf dem Betrieb Wilhelm die Daten zur Fruchtfolge und Bewirtschaftung auf Feldblockebene ermittelt. Es zeigte sich aber schnell, dass diese Vorgehensweise nicht zielführend ist, so dass bei den anderen Betrieben die wesentlich genauere Datenerhebung auf Grundlage der tatsächlichen Schläge gemacht wurde.

Dazu wurden die Flächen der Betriebe im Geoinformationssystem POLARIS digitalisiert. In Gesprächen mit den Betriebsleitern wurden die verschiedenen Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsformen erfasst und dann den einzelnen Ackerflächen zugeordnet. Diese Daten wurden anschließend vom LBEG verarbeitet.

Die natürliche Erosionsgefährdung wurde entsprechend dem C-Faktor im 12,5 m Raster berechnet. Die Ergebnisse wurden auf Karten dargestellt. Für die Flächen in Niedersachsen konnten auch die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit dargestellt werden.

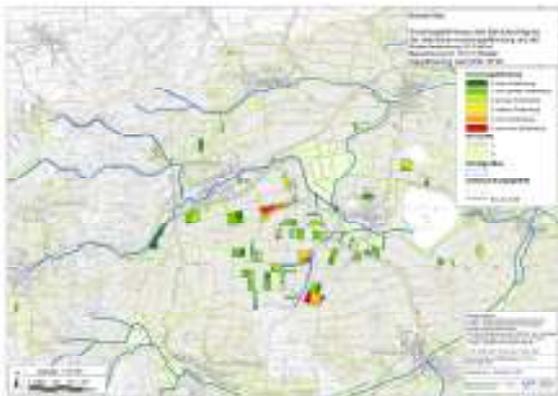
Die Ergebnisse wurden per E-Mail wieder zurückgeleitet und ein Beratungstermin mit dem betroffenen Landwirt vereinbart. In Gesprächen wurde auf die problematischen Flächen eingegangen und vor Ort eine Besichtigung durchgeführt.

Ergebnisse Niedersachsen

Die Landwirte nahmen diese Beratungsform mit hohem Interesse auf. Einerseits wurde deutlich, dass Flächen unter bestimmten Bewirtschaftungen problematisch sind, andererseits konnte aber auch gezeigt werden, welche Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsformen auf gefährdeten Flächen unproblematisch sind.

Besonders die Getreidefruchtfolgen mit 66 % Anteil konservierender Bodenbearbeitung sind eine Möglichkeit, um auf erosionsgefährdeten Flächen einen wirksamen Schutz gegen Bodenerosion zu erzielen. Anders sieht es beim Anbau von Zuckerrüben mit Herbstfurche aus.

Alle berechneten Ergebnisse wurden vor Ort mit den Betriebsleitern diskutiert. Dabei zeigte sich, dass bis auf wenige Ausnahmen die Gefährdung von den Landwirten bestätigt



**Abb. 33: Erosionsgefährdung Flächen
Betrieb Max**

werden konnte. Bemerkenswert war, dass bei der Berechnung einer Fruchtfolge mit Hafer der C-Faktor sehr hoch war und sich nicht mit den Erfahrungen des Betriebsleiters deckte (Betrieb Moritz). Die Art der bildlichen Darstellung der Ergebnisse (gefährdete Flächen = rot) führte in einem Beratungsgespräch dazu, dass der Landwirte die Erkenntnis gewann, die Bewirtschaftung auf den gefährdeten Flächen ändern zu müssen.

Die Berechnung der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit ließ in der Praxis allerdings noch einige Fragen offen. Durch die sehr hohe Gründigkeit der Böden im Einzugsgebiet der Hahle in Niedersachsen, wurde bei den Berechnungen für viele Standorte eine Einstufung der Böden im nicht gefährdeten Bereich angegeben, obwohl nach Aussage der Landwirte auf diesen Flächen bei entsprechender Witterung durchaus mit Erosion zu rechnen sei.

Daher sollte man in Regionen, die durch hohe Tiefgründigkeit der Böden gekennzeichnet sind, auf die Einbeziehung der Tiefgründigkeit verzichten. Aus diesen Gründen wurden in den Beratungsgesprächen die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit grundsätzlich nicht mit angesprochen.

Ergebnisse Thüringen

In einem Beratungs- und Informationsgespräch wurden dem Betriebsleiter des Betriebes in Thüringen die Ergebnisse der Berechnungen mitgeteilt. Zunächst wurden das Kartenmaterial und die einzelnen Gefährdungsstufen erläutert. Als Karten standen die natürliche potenzielle Wassererosion, die Wassererosionsgefährdung bei konservierender Bewirtschaftung und die Wassererosionsgefährdung bei komplett konventioneller (Einsatz von Pflug) Bewirtschaftung zur Verfügung.

Die Ergebnisse der natürlichen Erosionsgefährdung konnte der Betriebsleiter nur teilweise bestätigen. Die Einstufung der Flächen rund um Teistungen und nördlich von Berlingerode konnte er nachvollziehen. Insbesondere in den Bereichen südwestlich von Berlingerode und südlich von Neuendorf erschien ihm die Einstufung der Flächen in eine sehr hohe Gefährdungsstufe zweifelhaft. Bei einer anschließenden Besichtigung konnte der Eindruck optisch bestätigt werden. Anhand des Kartenmaterials konnte dargestellt werden, dass mit einer konventionellen Bodenbearbeitung ein Großteil der Flächen eine hohe bis sehr

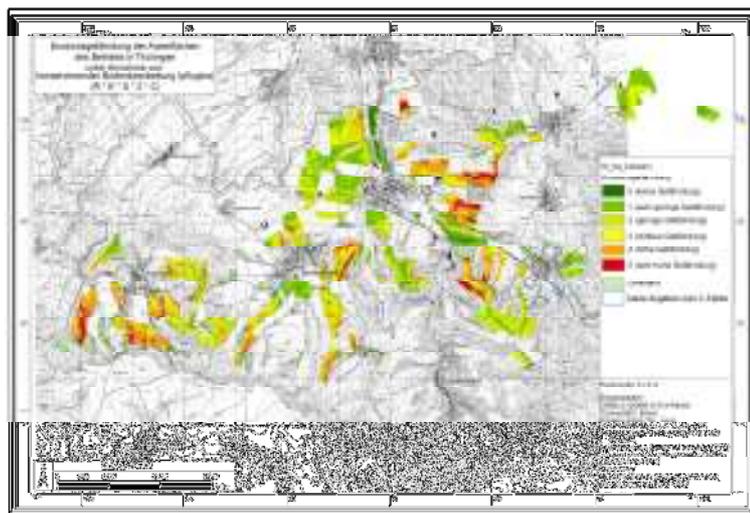


Abb. 34: Erosionsgefährdung Flächen der Agrargesellschaft

hohe Erosionsgefährdung aufweist. Obwohl der Betrieb seit mehreren Jahren konservierende Bodenbearbeitung durchführt, wurde für einzelne Flächen ein starkes Gefährdungspotential ausgewiesen. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden mit dem Betriebsleiter im Gespräch kritisch hinterfragt. Dabei wurden die einzelnen betroffenen Flächen systematisch besprochen. Abschließend kam man zu folgenden Ergebnissen: Sowohl die berechnete natürliche / potentielle Wassererosion als auch der Bodenerosionsschlüssel bilden die Realität teilweise nur ungenügend ab.

Der Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) unterscheidet bei einer Getreidefruchtfolge plus Raps keine Bewirtschaftungsformen, die zwischen konservierender und konventioneller Bewirtschaftung wechseln. Der Erosionsschutz ist aber bei durchgängig konservierender Bewirtschaftung höher. Die auf dem Betrieb angebaute Fruchtfolge konnte nicht vollständig durch den vorhandenen Bodenerosionsschlüssel abgebildet werden. Für den südlichen Teil Niedersachsens sind in den Fruchtfolgevarianten zur Berechnung des C-Faktors keine Sommergetreide und keine Ackerbohnen bzw. Erbsen speziell aufgeführt. Das heißt, dass den unterschiedlichen Bestandesentwicklungen der Sommerungen hier nicht ausreichend Rechnung getragen wurde.

In dem Gespräch bekräftigte der Betriebsleiter die Aussage, dass konservierende Bodenbearbeitung eine höhere Anforderung an den Betriebsleiter stellt. Jeder Betriebsleiter muss für seinen Betrieb ein eigenes, spezielles Konzept entwickeln.

Der Pflug ist das „einfachere Verfahren“. Häufig spielt auch der optische Eindruck der Felder nach der Bewirtschaftung eine wichtige Rolle. Auch seine Mitarbeiter argumentieren noch häufig, dass gepflügte und anschließend bestellte Felder „ordentlicher, besser“ aussehen. Wobei dieser optische Eindruck trügerisch ist. Gerade diese optimalen und feinkrümeligen Felder können bei bestimmten Niederschlagsereignissen ein großes Problem darstellen.

Für den Betriebsleiter ist ein Austausch unter Berufskollegen unabdingbar und er würde gerne an einem Arbeitskreis konservierende Bodenbearbeitung - falls er sich etablieren sollte - teilnehmen. Einen weiteren Beratungsbedarf sieht er in weitergehenden Informationen über eine angemessene Ausstattung des Maschinenparks.

Vergleiche verschiedener C-Faktoren (Niedersachsen und Thüringen)

(Kartendarstellung: Anlage 6)

Vergleicht man die C-Faktoren für gleiche Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsformen, die im Bodenerosionsschlüssel „Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) verwendet werden mit der C-Faktorentabelle, die im VERSTOLA Projekt in Thüringen angewandt wurden, ergeben sich Unterschiede. In Niedersachsen und Thüringen werden bei der Berechnung der Erosionsgefährdung verschiedene C-Faktoren für dieselben Fruchtfolgen/Bewirtschaftungsformen eingesetzt. Für die Betriebe Fritz (Thüringen) und Max (Niedersachsen) wurde die Erosionsgefährdung zusätzlich mit den C-Faktoren aus Thüringen berechnet. Die Gefährdung auf den Flächen des Betriebes in Niedersachsen erhöhte sich tendenziell. Für die Flächen in Thüringen ergab es teilweise unterschiedliche Gefährdungen, aber keine eindeutige Tendenz.

5.5.2 Flurneuordnungen

(Kartendarstellung: Anlage 7)

Innerhalb der Arbeitskreise für eine Flurneuordnung der Gemarkungen Seeburg und Gieboldehausen wurden Ortsbesichtigungen durchgeführt und Vorschläge für ein verändertes Wegenetz gemacht (siehe Kapitel 5.4). In der Gemarkung Gieboldehausen könnten nach dem Vorschlag der Arbeitsgruppe bis zu 20 km Wege aufgelöst werden. Da Wege in der Landschaft aber auch als natürliche Barrieren zu verstehen sind, besteht die Gefahr, dass durch Herausnehmen dieser Strukturen das Erosionsrisiko erhöht wird. Bei der Ortsbesichtigung in Seeburg wurde bei der Flurbegehung die Karte mit der natürlichen potentiellen Erosion in die Überlegungen mit einbezogen.

Anschließend wurden die vorgeschlagenen Veränderungen im Wegenetz in den beiden Gemarkungen mit der ABAG berechnet. Und zwar wurden für die Gemarkung Gieboldehausen die natürliche potentielle Wassererosion und die zu dem damaligen Zeitpunkt im Entwurf vorliegenden CC-Einstufungen der Erosionsgefährdung berechnet. Innerhalb der neu berechneten Strukturen gab es bei der CC-Einstufung sowohl Veränderungen im Hinblick einer Verschärfung als auch einer Abschwächung.

Die Karten von der Gemarkung Seeburg bzw. Gieboldehausen, die unterschiedliche Szenarien mit verschiedenen C-Faktoren darstellen, zeigten durch das Herausnehmen der Wege keine oder nur geringe Veränderungen der Erosionsgefährdung, so dass das vorgeschlagene veränderte Wegenetz keine zusätzlichen Probleme für die Erosionsgefährdung darstellen sollten.

5.6 Wissenschaftliche Arbeit

Durch den Kontakt mit Herrn Prof. Römer vom Institut für Agrikulturchemie der Universität Göttingen entstand die Idee, einige Bereiche des Einzugsgebiets Seeburger See im Rahmen einer Masterarbeit in Bezug auf die Erosionsgefährdung und die Phosphorgehalte in den Oberflächengewässer genauer zu untersuchen. Nachdem als Untersuchungsgebiet, in Absprache mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Göttingen, das Einzugsgebiet des Friesenbeeks und des Egelsees festgelegt wurde, konnte eine Studentin für diese Aufgabe gewonnen werden.

5.6.1 Aufgabenstellung

Ein inhaltlicher Schwerpunkt der Arbeit war die Durchführung eines Monitorings am Friesenbeek und am Egelsee (beides kleine Fließgewässer, die in die Aue münden) in den Parametern Orthophosphat und Gesamtposphor. Dazu wurden an definierten Stellen des Friesenbeeks, jeweils an einer Stelle am Egelsee und an der Aue Wasserproben gezogen. Gleichzeitig wurde auch eine Drainage mit direktem Zugang zum Seeburger See beprobt. Die Abbildungen 35 und 36 zeigen die jeweiligen Probenahmestellen.

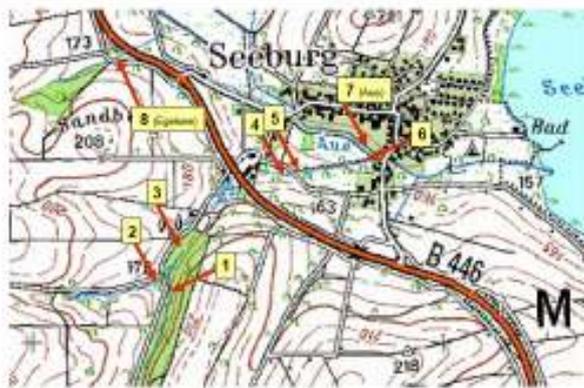


Abb. 35: Probenahmestellen Friesenbeek / Egelsee

berechnen, wurden zusätzlich auf einigen Flächen die *schlaggenauen P-Gehalte* von den *bewirtschaftenden* Landwirten erfragt. Die endgültigen Ergebnisse der Masterarbeit werden im Frühjahr 2008 vorliegen und können in diesem Bericht nicht abschließend beschrieben werden. Allerdings können erste vorläufige Ergebnisse, die sich überwiegend auf die Gewässeruntersuchungen beschränken, dargestellt werden.

Zusätzlich wurde für die Flächen im Einzugsgebiet beider Gewässer die natürliche Erosionsgefährdung berechnet. Schlaggenau wurden für das Gebiet des Friesenbeeks auf digitalisierten Flächen die aktuellen Fruchtfolgen erfasst, um die Erosionsgefährdung nach ABAG einschließlich Fruchtfolgefaktor C und die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit zu ermitteln. Um das Austrags- und Eintragspotential für Phosphor zu



Abb. 36: Probenahmestelle Drainage

5.6.2 Vorläufige Ergebnisse der Masterarbeit

Um eine Einschätzung des landwirtschaftlichen Anteils am Phosphoreintrag erhalten zu können, wurden entlang des Friesenbeeks im Zeitraum vom 07.05. bis zum 15.11.2007 Wasserproben genommen. Der Friesenbeek ist im Oberlauf zweigeteilt. Ein Zulauf entspringt in landwirtschaftlich geprägtem Gelände mit Äckern in erosionsgefährdeter Lage, der zweite Zulauf in einem schmalen Waldgebiet in einem Tal. Nach dem

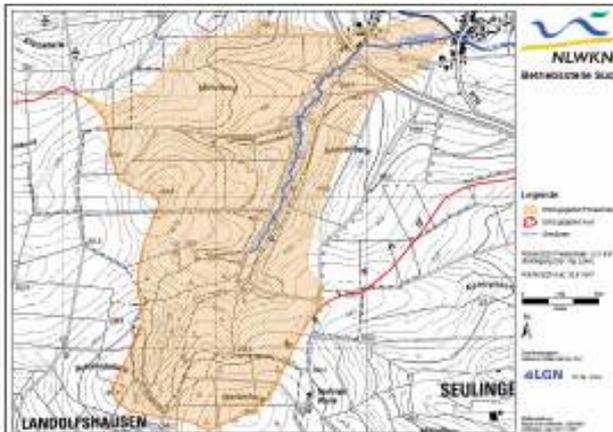


Abb. 37: Einzugsgebiet Friesenbeek

Zusammenfluss der beiden Teilstücke verschwindet der Bach nach einigen hundert Metern in einem Rohr unter dem Sportplatz, bevor das Gewässer den westlichen Rand von Seeburg durchquert. Dort grenzen einige kleine Weidelandstücke und Gärten der Einwohner des Ortes an das Gewässer, bevor es in die Aue mündet. Des Weiteren fanden

Probenahmen an einer Stelle am Egelsee statt. Auch hier handelt es sich um ein kleineres Fließgewässer, welches einem landwirtschaftlich geprägten Gebiet mit erosionsgefährdeten Äckern sowie Grünland entspringt. Wie der Friesenbeek mündet der Egelsee später in die Aue. Da im Einzugsgebiet des Seeburger Sees ein Teil der landwirtschaftlichen Flächen gedrängt ist, wurde im Rahmen der Probenahmen auch das Wasser einer größeren, im Jahre 2007 durchgängig fließenden, Drainage untersucht.

In der Anlage 8 sind die Ergebnisse der Beprobungen entsprechend der Analysevorschrift DIN EN ISO 6878 dargestellt. Im Folgenden soll kurz auf die Ergebnisse im Parameter Gesamtposphor eingegangen werden.

Es zeigt sich, dass der Zufluss aus dem kleinen Waldgebiet leicht höhere Phosphorkonzentrationen aufweist, als der Zufluss aus landwirtschaftlich geprägtem Gebiet. An der Probestelle 5 (siehe Abb. 35) wurden relativ hohe Konzentrationen an Gesamtposphor gemessen. Es handelt sich bei dieser Probestelle um eine Zuleitung von nicht eindeutiger Herkunft. Bei starken Regenereignissen wird hierüber das Wasser aus Gräben entlang von Ackerflächen abgeleitet. Während „normaler“ Witterungsverhältnisse kommt an dieser Stelle nur eine sehr geringe Wassermenge an, welche ihren Ursprung im Entwässerungsrohr der Bundesstraße, Einträgen von Privatgrundstücken sowie des nahe gelegenen Gewerbegebietes haben kann.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass im Oberlauf der Friesenbeek, auch im landwirtschaftlich geprägten Teil, höhere Konzentrationen von Gesamtphosphor gemessen wurden als an der letzten Probestelle vor Einmündung in die Aue.

Die Wasserproben aus der Drainage wiesen mit 0,11 mg/l bis 0,22 mg/l unerwartet hohe Werte auf. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass Phosphor im Boden relativ immobil ist.

Bei starken und lang anhaltenden Niederschlägen scheint die Konzentration des Gesamtphosphors dramatisch anzusteigen (Werte zwischen 0,64 mg/l – 4,18 mg/l am 29. August 2007). Interessant ist der Vergleich der Ergebnisse an den Probenahmestellen *Friesenbeek vor Mündung in die Aue (6)*, *Aue (7)* und *Egelsee (8)* vom 29. August 07. Die Konzentrationen in den beiden Zuflüssen sind wesentlich höher als in der Aue selbst. Da es an diesem Tag auf landwirtschaftlichen Flächen sehr wahrscheinlich zu Bodenerosion gekommen ist, dabei das Wasser der Aue aber augenscheinlich weniger Bodenmaterial enthielt, liegt hier der Schluss nahe, dass das Konzept der Zurückhaltung von Sedimenten durch den Seeanger diesen Effekt verursachte.

Böschungsabbrüche Egelsee

Im Bereich eines kleinen Wäldchens am Egelsees wurden massive Abbrüche an den Böschungen festgestellt (siehe Abb. 38), die einen erheblichen Eintrag an Sedimenten in das Gewässer verursachen. Es wurden Sedimentproben genommen und analysiert, deren Ergebnisse aber zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorlagen. Eine genauere Auswertung und Bewertung der Ergebnisse wird ebenfalls im Rahmen der Masterarbeit erfolgen.



Abb. 38. Böschungsabbrüche Egelsee

6. Kontakte im Rahmen des Modellprojektes

6.1 Abstimmung mit den Partnern

Während des gesamten Projektverlaufs gab es immer wieder Abstimmungsgespräche mit den Projektbeteiligten NLWKN, Landkreis Göttingen, LBEG und GID. Teilweise wurden Mitarbeiter der LWK Niedersachsen als Bodenkundeexperten oder Projektkoordinatoren in thematisch ähnlichen Projekten hinzu gebeten. Der Unterhaltungsverband Rhume als Antragsteller wurde in regelmäßigen Treffen über den Verlauf des Projektes informiert. Im September wurde im Rahmen einer Sitzung von Vorstand und Aufsichtsrat des Unterhaltungsverbandes Rhume das Kooperationsmodell Zusatzberatung Erosionsschutz vorgestellt.

Die Projektpartner in Thüringen wurden im Dezember 2007 im Landwirtschaftsamt Leinefelde über die Ergebnisse des Projektes informiert.

6.2 Öffentlichkeitsarbeit

Gebietskooperation

In den Sitzungen der Gebietskooperation Leine Rhume wurde regelmäßig über den aktuellen Stand des Projektes berichtet.

Monitoring Seeburger See

In einer Bürgerversammlung in Bernshausen wurde im Frühjahr 2007 interessierten Mitbürgern das Ergebnis des Monitorings am Seeburger See dargestellt und erläutert. Die Veranstaltung wurde federführend vom Landkreis Göttingen durchgeführt. Im Laufe der Bürgerversammlung wurden die geplanten Maßnahmen des Landkreises vorgestellt (siehe Kapitel 2, Monitoring Seeburger See). Diese Veranstaltung wurde von einer Vielzahl von Bürgern besucht.

Beratungsring

In Kooperation mit der Landberatung BR Duderstadt e. V., Gieboldehausen e. V., Südharz wurde eine Vortragsveranstaltung im November 2007 angeboten. Die Tagung stand unter dem Motto: „Erosionsschutz und Mulchsaatverfahren“.

Die Erläuterung der Entstehung von Bodenerosion durch Wasser und welche Faktoren sie beeinflussen, diente als Einstieg in den Fachvortrag „Effizienzsteigerung im Pflanzenbau durch konservierende Bodenbearbeitung und Gestaltung der Fruchtfolge“.

Als Fachredner konnte Herr Prof. Dr. Lütke Entrup von der Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, den Landwirten in einem interessanten Vortrag anhand vieler Versuche darlegen, dass durchgängig betriebene konservierende Bodenbearbeitung auch aus ökonomischer Sicht durchaus eine Alternative zum Pflug oder Pflug / Mulchverfahren im Wechsel darstellen kann. Allerdings sollte dazu über eine veränderte, weniger getreideintensive Fruchtfolge nachgedacht werden. In der sich anschließenden Diskussion wurde deutlich, dass es keine allgemeingültigen Aussagen zur konservierenden Bodenbearbeitung geben kann, sondern dass jeder Betriebsleiter ein für seinen Betrieb und seine Flächen stimmiges Konzept entwickeln müsse.

Im Anschluss an die Veranstaltung wurde nachgefragt, ob Interesse an der Bildung von Arbeitskreisen, die als Schwerpunkt den Erfahrungsaustausch beinhalten sollen, bestünde. Die überwiegende Mehrzahl der mehr als 30 Anwesenden bekundeten Interesse an der Mitarbeit in solchen Arbeitskreisen.

Stadt Duderstadt

Die größte Kommune im Einzugsgebiet der Hahle ist die Stadt Duderstadt mit ihren 16 Ortsteilen. Da im Rahmen des Projektes deutlich geworden ist, dass als Verursacher von diffusen Phosphoreinträgen auch andere als landwirtschaftliche Flächen in Betracht kommen können, war es ein Anliegen, über die Ergebnisse auch Kommunen zu



Abb. 39: Gespräch mit Vertretern der Stadt Duderstadt

informieren. Das Gespräch fand Mitte Dezember mit dem Bürgermeister und dem Leiter des Bauamtes und seinem Vertreter statt. Die Aktivitäten und Ergebnisse des Projektes wurden mit großem Interesse wahrgenommen. Es wurde seitens der Stadt Duderstadt Unterstützung für weitere Aktivitäten zugesichert. Konkret wurde vereinbart, Ende Januar 2008 den zuständigen Ausschuss über die Inhalte der EG-WRRL, den aktuellen Stand der

Gewässergüte im Einzugsgebiet der Stadt Duderstadt und die Aktivitäten des Projektes darzustellen.

Ein Pressetermin ist ebenfalls geplant. Eine Vernetzung mit dem Naturschutzgroßprojekt Grünes Band ist aus Sicht von Bürgermeister Nolte unabdingbar und wird von ihm auch in seiner Funktion als Mitglied des Stiftungsrates der „Heinz Sielmann-Stiftung“ unterstützt.

7. Ökonomische Analyse

Um abschätzen zu können, welche erosionsmindernde Maßnahmen im Rahmen der Landwirtschaft gefördert werden sollen, ist es wichtig, zunächst Einschätzungen zu haben, welche Mehrbelastungen bei welchen Maßnahmen zu erwarten sind. Eine wichtige ackerbauliche Maßnahme ist die konservierende Bodenbearbeitung. Daneben spielen für den Schutz der Gewässer das Anlegen von Gewässerrandstreifen und das Unterbrechen von Fließlängen eine wichtige Rolle.

Diese Maßnahmen wurden in dem Projekt Entwicklung einer Beratungskonzeption zur Minimierung von Bodenerosion und Stoffeinträgen in Gewässer in dem Teilbereich „Beratungskonzeption Bodenschutz“ ökonomisch analysiert. Dieses Projekt wird vom Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert. Die Ergebnisse aus diesem Projekt sind in die Abschlussüberlegungen mit eingegangen. Der Bericht ist als Anlage 11 beigefügt.

8. Zusammenfassung und Ausblick

In dem Modellprojekt ist deutlich geworden, dass die Problematik der Gewässerbelastung durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung den Betriebsleitern noch nicht hinreichend bekannt ist. Dies gilt im Besonderen für Drainagen, die Quellen für Belastungen mit Phosphor sein können, wenn die Böden hohe Phosphatversorgungsstufen aufweisen. Von den verschiedenen Maßnahmen zur Erosionsminderung und Schutz von Gewässern gab es von den Teilnehmern an folgenden Themen verstärktes Interesse:

- konservierende Bodenbewirtschaftung
- Bodenverdichtungen
- Flurneuordnungen
- Ausweisung von Gewässerrandstreifen

Die Akzeptanz, Mitauslöser der Belastungen zu sein, wurde eher akzeptiert, wenn auch „Andere“ (als Landwirte) als Mitverursacher benannt werden, die aufgefordert sind, sich ebenfalls intensiver mit der Thematik auseinander zu setzen und sich den Herausforderungen zu stellen. Damit würde es zu einer gesamtgesellschaftlichen Aufgabe. Gerade durch die Untersuchungen am Seeburger See und am Friesenbeek wurde deutlich, dass die Landwirtschaft einen Anteil an den Belastungen hat, aber nicht grundsätzlich und automatisch als Hauptverursacher verantwortlich gemacht werden kann. Diese „Entlastung“ führte dazu, dass im Projekt nach anfänglicher Skepsis eine Atmosphäre für kreatives Auseinandersetzen mit dem Thema Gewässerbelastungen entstehen konnte. Weitere gesetzliche Auflagen wurden von den Landwirten allerdings als problematisch empfunden.

Nachfolgend wird aufgrund der gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse dargestellt, welche Maßnahmen sinnvoll sind, um den begonnenen Prozess weiter positiv zu gestalten, damit die Gewässerbelastungen im Einzugsgebiet der Hahle durch Phosphate reduziert werden können.

8.1 Förderung

In diesem Bereich ist Förderung notwendig und sinnvoll. Allerdings sollte genau abgewogen werden, welche Art von Förderung angestrebt werden sollte. Eine Förderung entsprechend der Zusatzberatung Wasserschutz erscheint aufgrund des wesentlich größeren Umfangs der Flächen, der aufwendigen Bürokratie, der nicht gesicherten Finanzierung und der teilweise schwierigen Überwachung der Maßnahmen wenig zielführend.

Die derzeit existierenden Förderungen im Rahmen von NAU werden von den befragten Landwirten als problematisch empfunden. Mulchverfahren sind mittlerweile ein etabliertes Bewirtschaftungsverfahren in der Landwirtschaft. Förderungen in diesem Bereich können u. U. zu Mitnahmeeffekten führen: Landwirte werden mit oder ohne Förderung diese Bodenbewirtschaftung durchführen. Für Landwirte, die umstellen wollen, eventuell auch in Maschinen investieren müssen, ist das Niveau der Förderung gegenwärtig zu niedrig.

Da es sich auch um eine Umstellung im Verhalten und Ausprobieren von neuen Techniken handelt, erscheint die Förderung einer speziellen Beratung sinnvoller. Dies könnte unter Umständen im Rahmen des Förderprogramms Einzelbetrieblicher Managementsysteme (EU- Förderprogramm PROFIL 2007 – 2013) erfolgen.

8.2 Beratung landwirtschaftlicher Betriebsleiter

Trotz anfangs etwas zögerlichem Interesse, hat sich während des Projektverlaufs eine verstärkte Nachfrage an dem Thema Bodenerosionsschutz gezeigt. Dies wurde insbesondere an der Tagung in Zusammenarbeit mit dem Beratungsring im November 2007 deutlich. Das Interesse an erosionsmindernder Bodenbearbeitung ist gestiegen. Verstärkt wurde dieser Effekt sicher durch die Niederschlagsmengen und –intensitäten im Herbst 2007. Während des Zeitraums 2006 – 2007 konnten mehrmals gravierende Erosionsschäden im Einzugsgebiet der Hahle beobachtet werden.

Viele Betriebsleiter verwenden heute schon ein- bis zweimal in einer dreigliedrigen Fruchtfolge den Grubber, allerdings ist diese Art der Bewirtschaftung für eine dauerhafte Regenwurmpopulation problematisch. Um Erosionsschäden mit ihren negativen Folgen sowohl on-site als auch off-site zu verhindern, ist es wichtig, den Infiltrationsgrad der Böden zu erhöhen. Dies ist aber nachhaltig nur mit konservierender Bodenbearbeitung möglich.

Eine konsequente Umsetzung dieser Bewirtschaftungsform ist nach Aussagen von Landwirten aber schwierig in die Praxis umzusetzen. Insbesondere in einer Fruchtfolge Raps-Weizen-Weizen (Gerste) oder Rüben-Weizen-Weizen (Gerste) wird nach dem Blatt-Weizen der Pflug eingesetzt, um Probleme mit Fusarien und Gräser-/Fremdbesatz zu reduzieren. Häufig erscheint den Betriebsleitern der Einsatz des Mulchsaatverfahrens als zu riskant.

Damit dieses Verhaltensmuster verändert werden kann, bedarf es in erhöhtem Maß mehr Informationen zum Thema Boden- und Erosionsschutz. Häufig ist den Landwirten nicht bekannt, welche dramatischen Schäden im Unterboden bei Pflugeinsatz eintreten können, insbesondere Bodenverdichtungen.

Informationen allein reichen aber nicht aus, um Veränderungen in gewohnten Arbeitsabläufen zu erreichen. Ein wesentlicher Beitrag kann das Lernen von Anderen liefern. Betriebsleiter, die bereits langjährige Erfahrungen mit konservierender Bodenbearbeitung haben, sollten die Möglichkeit erhalten, dieses Wissen an interessierte Berufskollegen weiterzugeben. Dieser Prozess sollte von dritter Seite strukturiert und begleitet werden. Der Charakter der Beratung verändert sich somit in Richtung Prozessberatung.

Im Einzelnen sollte diese **Prozessberatung** schwerpunktmäßig folgende Punkte beinhalten:

Information: Allgemeine Veranstaltungen

- Boden und Bodenlebewesen: Was passiert im Boden, wenn der Pflug bzw. der Grubber eingesetzt wird?
- ökonomische Bewertung und Vergleich von Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsformen
- welche verschiedenen Techniken gibt es in der konservierenden Bodenbearbeitung

Beratung: Betriebsindividuelle Beratung der Landwirte

- Erkennen erosionsgefährdeter Flächen (Unterstützung durch das POLARIS online Modul)
- Verändern der Fruchtfolge (Unterstützung durch das POLARIS online Modul)
- vor Ort: Bewertung der Flächen und
- Durchführung von Bodenansprachen
- ökonomische und arbeitswirtschaftliche Betrachtung des Gesamtbetriebes
- Bewertung der technischen Ausstattung der Betriebe

Moderation: - Bildung und Betreuung von Arbeitskreisen zum Erfahrungsaustausch der Betriebsleiter

- Organisation von Exkursionen
- Durchführen von Bodenansprachen

Um die o. g. Maßnahmen in der Praxis durchführen zu können, müssen die einzelnen Instrumente praxistauglich gemacht werden. Dazu gehören der Bodenerosionsschlüssel und die Erarbeitung einer Anleitung zur Verdichtungsansprache. Das online Beratungsmodul sollte auf einigen Betrieben weiterentwickelt werden, um eine fachlich fundierte bedienerfreundliche Benutzeroberfläche in POLARIS anbieten zu können.

8.2.1 Bodenerosionsschlüssel

Die durchgeführten Berechnungen und Beratungen mit vier Betrieben führen zu folgender Einschätzung:

Bodenfruchtbarkeit

Um eine angemessene Einschätzung der Erosionsgefährdung zu erhalten, sollte auf das Einbeziehen der Tiefgründigkeit (Mächtigkeit des Oberbodens) verzichtet werden. In dem Einzugsgebiet der Hahle weisen viele Flächen eine hohe Tiefgründigkeit auf. Das kann dazu führen, dass Flächen, die bei der Berechnung der Erosionsgefährdung unter Berücksichtigung der natürlichen potentiellen Erosionsgefährdung und der Bodenbedeckung (C-Faktor) in die höchste Gefährdungsstufe 5 (sehr hohe Gefährdung) eingestuft werden, im System der Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit in Stufe 1 (Gefährdung kurzfristig nicht wahrscheinlich) eingestuft werden (siehe Betrieb Max).

Damit würde für den Betriebsleiter nur ein geringer oder gar kein Handlungsbedarf erforderlich. Die Gefährdungsstufen der Bodenfruchtbarkeit berücksichtigen somit nicht ausreichend die tatsächliche Gefährdung durch Bodenerosion und die damit verbundene Belastung der Gewässer.

C-Faktor

Die im Schlüssel „*Bodenerosion selber abschätzen*“ von (Mosimann & Sanders, 2004) angegebenen Fruchtfolgen mit den unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen sollten den Erfordernissen in der Praxis im südlichen Bereich von Niedersachsen angepasst werden. Für eine ortsübliche Fruchtfolge Raps, Weizen, Weizen (Gerste) werden nur die Varianten konventionell (C-Faktor 0,08) oder pfluglos (C-Faktor 0,02) ausgewiesen. In der Praxis sind diese Varianten aber die Ausnahmen. Häufig wird in diesen Fruchtfolgen ein- bis zweimal gepflügt. Somit kommt es entweder zu einer Über- oder Unterschätzung der potentiellen Erosionsgefährdung.

Etliche in den Betrieben angebaute Fruchtfolgen konnten nur nach Rücksprache mit einem der Autoren des Bodenerosionsschlüssels bewertet werden. Der vorliegende Erosionsschlüssel sah diese Fruchtfolgen nicht vor. Dazu gehören insbesondere die Sommergetreide (Hafer, Braugerste, Sommergerste), Leguminosen (Ackerbohnen und Erbsen) und Brache. Die Bedeutung einzelner Begriffe, z. B. Hauptkultur war nicht immer eindeutig verstehbar. Hier sollten Erläuterungen beigelegt werden.

8.2.2 Flurneuordnungen

Die Berechnungen zur Erosionsgefährdung im Rahmen von Flurneuordnungen haben sich bewährt. Da durch das Herausnehmen von Wegen immer auch die Gefahr besteht, dass sich das Erosionspotential verschärft, sollte es zum Standard von künftigen Verfahren gehören, diese Veränderungen im Wegenetz begleitend mit zu untersuchen.

8.3 Gewässeruntersuchungen

Das Monitoring im Bereich des Seeburger Sees hat eindrücklich gezeigt, dass als Quellen der Phosphoreinträge auch andere Verursacher als die landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf Ackerflächen in Betracht kommen können. Maßnahmen können nur dann erfolgreich sein, wenn zunächst die Ursachen von Problemen eindeutig bekannt sind.

Daher wäre ein weiteres Monitoring im Bereich der Hahle zu empfehlen. Insbesondere der Beitrag „Landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf Ackerflächen“ und „Eintrag durch Siedlungsgebiete“ sollten in einem Monitoring betrachtet werden.

Die Grenzwerte für Fließgewässer, die stehende Gewässer durchfließen, sollten kritisch hinterfragt werden. So wird zurzeit die Aue bei der Erreichung der Ziele der EG-WRRL so bewertet, dass die Erreichung der Vorgaben wahrscheinlich ist. Das würde bedeuten, dass an diesem Gewässer keine Maßnahmen umzusetzen sind. Gleichzeitig ist aber die Aue der größte und somit problematischste Lieferant von Phosphaten (siehe Anlage 9)

8.4 Projekte innerhalb der Bevölkerung

Um die Sensibilisierung der Bevölkerung für das Thema Gewässerbelastungen zu erreichen, sollten Veranstaltungen durchgeführt werden, die sich mit der derzeitigen Einstufung der einzelnen Gewässer in Bezug auf die Erreichung der Zielvorgaben auseinandersetzen. Hiermit könnte vielleicht ein größeres Verantwortungsgefühl im Umgang mit den Gewässern erzielt werden.

Insbesondere sollten zu den Informationsveranstaltungen Anlieger an Gewässer eingeladen werden. Sinnvoll wäre auch eine gezielte Aufklärung von Besitzern von Gartenanlagen im Bereich von Gewässern, da dieser Personengruppe nicht immer die negativen Auswirkungen ihres Handelns - z.B. Grünschnitt im Uferbereich von Gewässern zu lagern - bewusst ist.

Literaturverzeichnis

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. verbesserte und erweiterte Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter der BRD. (Hrsg.), Hannover.
- AUERSWALD, K. (1989): Predicting Nutrient Enrichment from long-term average Soil Loss. - Soil Technology, 2: 217-277.
- BEHRENDT, H.; P. HUBER; M. KORNMILCH ET AL. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Umweltbundesamt, Forschungsvorhaben Wasser, Forschungsbericht 296 25 515, UBA-Texte 75/99. Berlin. 288 S.
- BVB – BUNDESVERBAND BODEN (Hrsg.) (2004): Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion. BVB-Merkblatt, Band 1.
- DESMET, P.J. & G. GOVERS (1996): A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. In: J. Soil and Water Cons., Bd. 51, H. 5, S. 427-433.
- DIN 19708 (2005): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG.
- DUTTMANN, R. & A. HERZIG (2002): Prognose von Boden- und Gewässerbelastungen mit einem GIS-basierten Modellsystem. In: Abhandl. 53. Dt. Geographentag, Leipzig 2001.
- FIER, A., THIERMANN, A. & W. SCHÄFER (2005): Ermittlung der Erosionsgefährdung in Niedersachsen und die Anwendungsmöglichkeiten am Beispiel von Phosphorausträgen. In: NNA Berichte, 18. Jahrgang, Heft 1, Schneverdingen 2005.
- FIER, & W. SCHÄFER (2007): Abschätzung von Phosphatausträgen aus Ackerböden in Niedersachsen. In LBEG (Hrsg.): Geo Berichte 2: Diffuse Nitrat- und Phosphatbelastung – Ergebnisse der Bestandsaufnahme der EUWRRL in Niedersachsen. Hannover 2007.
- FREDE, H.-G.; S. DABBERT; N. FELDWISCH et al. (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, 2. Aufl.. ecomed verlagsgesellschaft, Landsbergen.
- HENNINGS, V. (Koordination) (2000): Methodendokumentation Bodenkunde – Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden.- Geologisches Jahrbuch, Reihe G, Heft SG 1, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- HERZIG, A. & R. DUTTMANN (2002): Entscheidungsunterstützungssysteme als Werkzeuge nachhaltiger Landnutzungsplanung. In: STROBL, J., T. BLASCHKE & G. GRIESEBNER [Hrsg.] (2002): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII - Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2002. S. 182-187.
- HORN, B.K. (1981): Hill shading and the reflectance map. In: Proc. IEEE, Vol. 69 (1), S. 14-47.

- LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (LBEG) (2004): Hochwassergefährdungskarte, abgeleitet aus der Geologischen Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen im Maßstab 1:500.000. Hannover.
- LANDESANSTALT FÜR PFLANZENBAU BADEN-WÜRTTEMBERG [Hrsg.] (2005): Der heimliche Verlust der Bodenfruchtbarkeit durch Wassererosion. Pflanzenbaulich - standortkundliche und betriebswirtschaftliche Bewertung von Bodenerosion mit Maßnahmen zu deren Vermeidung für Landwirte und Berater. In: Arbeitshilfen für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung, Nr. 1, Forchheim, 29 S.
- MOSIMANN, TH. & S. SANDERS (2004): Bodenerosion selber abschätzen. Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater in Niedersachsen. Geographisches Institut der Universität Hannover, Hannover.
- MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). – Arbeitshefte Boden 2004/2, Hannover.
- NEUFANG, L.; K. AUERSWALD; W. FLACKE (1989): Automatisierte Erosionsprognose- und Gewässerverschmutzungskarten mit Hilfe der dABAG – ein Beitrag zur standortgerechten Bodennutzung. - Bayer. Landw. Jahrbuch, 66: 771-789.
- SAUERBORN, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. In: Bonner Bodenkundliche Abhandlungen, Band 13, Bonn.
- QUINN, P., K. BEVEN, P. CHEVALLIER & O. PLANCHON [Hrsg.] (1991): The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models. In: Hydrological Processes, Vol. 5, S. 59-79.
- RODE, M; H.-G. FREDE (1996): Überprüfung des N-A-Modells AGNPS für erosionsbedingte Nährstoffeinträge in hessischen Mittelgebirgseinzugsgebieten. - Deutsche Gewässerkundl. Mittlg., 40: 244-251.
- SCHÄFER, W., SEVERIN, K., MOSIMANN, T., BRUNOTTE, J., THIERMANN, A. & BARTELT, R. (2003): Bodenerosion durch Wasser und Wind. In: Schriftenreihe Nachhaltiges Niedersachsen - Heft 23: Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen. Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung. Hrsg. vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie, Hildesheim (2003).
- SCHWERTMANN, U., W. VOGL & M. KAINZ (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Aufl., Stuttgart.
- TARBOTON, D.G. (1997): A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. In: Water Resources Research, Vol. 33 (2), S. 309-319.
- ZEVENBERGEN, L.W. & C.R. THORNE (1987): Quantitative Analysis of land surface topography. In: Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 12, S. 47-52.