

Büro für ökologische Studien

Oberfrohaer Str. 84

09117 Chemnitz

Tel.: 0371 / 850370

Fax: 0371 / 850371

E-Mail: kontakt@bfoes.de

www.bfoes.de

Endbericht zum FuE-Vorhaben

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Abteilung Natur, Landschaft, Boden

Freistaat  Sachsen

Arbeitshilfe Bodenschutzfachlicher Beitrag zur Entwicklung von Umsetzungsstrategien und Umsetzungsinstrumenten für eine umweltverträgliche Landnutzung in Natura2000-Gebieten

Auftraggeber

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Bearbeitung

Dr. Norbert Feldwisch, Dr. Christian Friedrich,
Dr. Helmut Schlumprecht

Bergisch Gladbach & Chemnitz, 06. November 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Zielsetzung.....	3
1.2	Software-Voraussetzungen.....	4
1.3	Beispielsgebiete.....	4
1.4	Aufbau der Arbeitshilfe.....	4
2	Grundlagenkarten	6
2.1	Darstellen des Schutzgebietes [Schutz]	6
2.2	Abgrenzen des gesamten oberirdischen Einzugsgebietes des Schutzgebietes [EZG _{ges}].....	6
2.3	Ermitteln der Bodennutzung im EZG _{ges} [Nutz]	7
2.4	Darstellen der Tiefenlinien [Tief]	7
3	Stoff- und Sedimenteinträge durch Bodenerosion.....	8
3.1	Wassererosion	8
3.1.1	Ableitung der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung [KS-Faktor]	10
3.1.2	Ableiten der reliefbedingten Abflusskonzentration (Einzugsgebietsgröße der Rasterzelle) [EZG _{raster}].....	13
3.1.3	Zusammenführen der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung und reliefbedingten Abflusskonzentration in einer Karte	16
3.1.4	Ermitteln des Erosionspotenzials [Erosion _{pot}].....	19
3.1.5	Ermitteln des Erosionspotenzials angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen	22
3.1.6	Bei Bedarf: Ergänzende Anwendung von EROSION 2D/3D.....	36
3.1.7	Empfindlichkeit von LRT und Arten gegenüber Stoff- und Sedimenteinträgen ...	37
3.1.8	Ableiten von Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion durch Wasser	39
3.2	Winderosion	47
3.2.1	Einfache Bewertung der Winderosionsgefährdung von Ackerflächen	47
3.2.2	Hinweise zur Verifizierung der einfachen Einstufung der Erosionsgefährdung durch Wind	53
3.2.3	Hinweise zum Schutz vor Bodenerosion durch Wind.....	54

4	Potenzielle Stoffeinträge über unterirdischen Wasserzustrom.....	56
4.1	Boden- und Klimaeinfluss – Nitratauswaschungsgefährdung	56
4.2	Hinweise zur Differenzierung der Nitratauswaschungsgefährdung	59
4.3	Ableiten von Maßnahmen zum Schutz vor Stoffeinträgen über unterirdischen Zustrom	63
5	Weitere potenzielle Beeinträchtigungsfaktoren.....	69
5.1	Potenzielle mechanische Beeinträchtigungen	69
5.2	Potenzielle Beeinträchtigungen durch Entwässerung.....	71
6	Naturschutzfachliche Anwendungshinweise zur Berücksichtigung des Erosionspotenzials ($Erosion_{pot}$) am Beispiel des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“	74
6.1	Datengrundlagen.....	74
6.2	Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung für das Einzugsgebiet des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“	74
6.3	Einzelflächenbezogenes Bewertungsschema.....	79
7	Literatur.....	84
Anhang 1	Ablaufschema zur Bewertung des $Erosion_{pot}$ und zur Ableitung von Maß- nahmen.....	86
Anhang 2	Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion durch Wasser	88
Anhang 3	Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung.....	94

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Bei der naturschutzfachlichen Arbeit in Natura2000-Gebieten (u. a. Managementplanung) sind auch die abiotischen Umweltfaktoren – und insbesondere die potenziellen stofflichen, bodenkundlichen und hydrologischen Rahmenbedingungen, die die Erhaltung oder die Entwicklung der Natura2000-Gebiete gefährden könnten – zu berücksichtigen.

Dazu zählen u. a. auch Veränderungen des Stoff- und Wasserhaushaltes von Böden z. B. durch:

- Bodenerosion und Stoffeintrag in die Oberflächengewässer,
- Zustrom von Stoffen mit dem Interflow und über das Grundwasser,
- diffuse Stoffeinträge über die Atmosphäre,
- Änderung des Grundwasserstands,
- Änderung der Überschwemmungsdynamik in Auen

Der Stoff- und Wasserhaushalt von Böden wird wiederum maßgeblich von der Flächeninanspruchnahme bzw. Landnutzung und Bodenbewirtschaftung beeinflusst, so dass Land- und Forstwirtschaft sowie Wasserwirtschaft, Siedlungswirtschaft und Bergbau Rahmenbedingungen gewährleisten müssen, um die Lebensraumtypen und Habitate eines Natura2000-Gebietes nachhaltig erhalten zu können.

Mögliche bodenbezogenen Beeinträchtigungen von NATURA2000-Gebieten und bodenschutzfachliche Erfassungs- und Bewertungsmethoden sind umfänglich im Materialband „Bodenschutzfachlicher Beitrag zur Entwicklung von Umsetzungsstrategien und Umsetzungsinstrumenten für eine umweltverträgliche Landnutzung in Natura2000-Gebieten“ zusammengestellt worden. Auf dieser fachlichen Grundlage wurde die vorliegende Arbeitshilfe erstellt, um im Rahmen der Erstellung von FFH-Managementplänen die Gefährdungen durch Stoff- und Sedimenteinträge, Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes und mechanischer Bodenbeeinträchtigungen abschätzen zu können.

Die Arbeitshilfe beschränkt sich im Sinne einer einfach nachvollziehbaren Anleitung nur auf die wesentlichen Erfassungs- und Bewertungsschritte. Vertiefte fachliche Hintergründe sind bei Bedarf dem Materialband zu entnehmen.

Die vorliegende Arbeitshilfe zielt darauf ab, einfache bodenschutzfachliche Erfassungs- und Bewertungsmethoden vorzustellen, die regelmäßig mit vertretbarem Aufwand bei der Aufstellung von FFH-Maßnahmenplänen angewendet werden können. Der Aufwand für die Erfassungs- und Bewertungsmethoden wird durch die Verwendung landesweit vorhandener Datengrundlagen begrenzt.

Dazu baut die Methodik zur Gefährdungsabschätzung auf vorhandenen Ansätzen auf. Angestrebt wird eine raum- bzw. einzugsgebietsbezogene Gefährdungsanalyse, auf deren Grundlage die Bedeutung möglicher Beeinträchtigungspfade für Natura2000-Gebiete bewertet und

im Regelfall notwendige Maßnahmen zur Erhaltung oder Wiederherstellung abgeleitet werden können.

Dieser raumbezogene Ansatz geht über die „Buffer“-Betrachtung¹ hinaus, die in FFH-MaP häufig angewendet wird. Stattdessen werden Prozessräume betrachtet, um mögliche Beeinträchtigungen zu ermitteln und notwendige Erhaltungs- bzw. Wiederherstellungsmaßnahmen abzuleiten.

In besonders komplexen Beeinträchtigungssituationen, die nicht ausreichend sicher mit einfachen Methoden bewertet werden können, müssen ggf. ergänzende Erfassungs- und Bewertungsverfahren eingesetzt werden. Dazu werden in der vorliegenden Arbeitshilfe Hinweise gegeben.

1.2 Software-Voraussetzungen

Zur Anwendung der einfachen Erfassungs- und Bewertungsverfahren genügen Standard-GIS-Produkte mit der Möglichkeit zum Verschneiden unterschiedlicher Geodaten, wie zum Beispiel das ESRI-Produkt ArcView mit dem Spatial Analyst.

Die Hinweise zur Anwendung der Arbeitshilfe basieren auf dem Einsatz von ArcView 3.3 mit dem Spatial Analyst.

1.3 Beispielsgebiete

Die vorgestellten Erfassungs- und Bewertungsmethoden wurden exemplarisch in zwei kontrastierenden Naturräumen angewendet. Entsprechende Beispiele der Erfassungs- und Bewertungsschritte werden zum besseren Verständnis in der Arbeitshilfe aufgeführt. Als Beispielgebiete dienen das FFH-Gebiet 303 „Triebelbach“ und das Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees. Für beide Testgebiete lagen zur Bewertung der Erosionsgefährdung bereits E3D-Modellierungen² vor, mit denen die Ergebnisse des einfachen Erfassungs- und Bewertungsverfahrens verglichen werden konnten.

1.4 Aufbau der Arbeitshilfe

Die Arbeitshilfe führt einfache Erfassungs- und Bewertungsmethoden inklusive fachlicher Erläuterungen insbesondere zu folgenden potenziellen Beeinträchtigungen aus:

- Stoff- und Sedimenteinträge durch Bodenerosion
- Stoffeinträge über unterirdischen Wasserzustrom

¹ Häufig werden um Schutzgüter lediglich „Buffer“ einer bestimmten Breite von einigen hundert Metern im Sinne einer Pufferzone gelegt. Nachteil dieser Vorgehensweise ist, dass sie räumlich gerichtete Stoffströme nicht berücksichtigen kann.

² Modellierungen der Bodenerosion durch Wasser mit dem Modell EROSION 3D (SCHMIDT et al. 1996).

Für jede potenzielle Beeinträchtigung wird einleitend deren naturschutzfachliche Bedeutung benannt. Anschließend werden einfache Erfassungs- und Bewertungsmethoden beschrieben. Dazu werden beispielhaft Arbeits- und Ergebniskarten gezeigt. Die entsprechenden Auswertekarten stehen auf dem beiliegenden Datenträger zur Verfügung.

Hinweise zur Bewertung landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsverfahren im Hinblick auf bewirtschaftungsbedingte Beeinträchtigungen werden in Form textlicher Erläuterungen gegeben. Abschließend werden die wesentlichen Inhalte der Erfassungs- und Bewertungsschritte tabellarisch zusammengefasst. Querverweise auf den Materialband ermöglichen es den Anwendern, sich eigenständig Hintergrundinformationen zu einzelnen Themenfeldern zu erschließen.

Weiterhin werden potenzielle Beeinträchtigungen durch mechanische Belastungen und Entwässerungen thematisiert; für diese Beeinträchtigungsfaktoren wurden jedoch auf Grund fehlender geeigneter Geodaten keine Auswertekarten erstellt.

Den Kapiteln zu einzelnen potenziellen Beeinträchtigungen wird ein Kapitel zu Grundlagencarten vorangestellt (Kap. 2).

2 Grundlagenkarten

Bei der Auswahl der verwendeten Eingangsdaten wurde das Hauptaugenmerk auf die landesweite Datenverfügbarkeit gelegt.

Die notwendigen Bodendaten können dem Bodenatlas Sachsen, Maßstabsbereich 1:100.000 bis 200.000 (LfUG 2007) entnommen werden. Für bestimmte Gebiete liegen bereits differenziertere Bodenkarten für den Maßstabsbereich 1:50.000 vor (BK50). Der aktuelle Stand kann beim LfUG abgefragt werden.

Die notwendigen Reliefinformationen werden mit dem landesweit vorliegenden korrigierten DGM20 (Köthe et al. 2005) bereitgestellt. Zur räumlichen Differenzierung der Nutzung stehen CIR Biotoptypen- und Landnutzungskartierung³, Nutzungsdaten aus dem ATKIS-DLM, der Forstgrundkarte oder aus dem InVeKoS-Feldblockkataster zur Verfügung.

Maßstabsbedingt können hydrologisch wirksame Grenzen mit geringerer Ausdehnung (Schlaggrenzen, Wege etc.) nicht mit den beschriebenen Methoden bewertet werden. In Fällen, in denen die Beeinträchtigungen maßgeblich durch solche Strukturen verursacht werden, müssen ergänzende Bewertungsverfahren angewendet werden. Zur Beurteilung dieser Fragestellung ist auf Ortskenntnisse zurückzugreifen.

Für die unterschiedlichen potenziellen Beeinträchtigungspfade werden Grundlagenkarten zum Schutzgebiet und zu dessen oberirdischem Einzugsgebiet benötigt. Des Weiteren sind eine möglichst aktuelle Nutzungskarte sowie eine Karte zu den topografischen Tiefenlinien (oberirdisches Gewässernetz und bevorzugte Abflussbahnen) bereitzuhalten.

2.1 Darstellen des Schutzgebietes [Schutz]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
NATURA2000-Gebiete	Gebiete nach FFH- und Vogelschutzrichtlinie	LfUG	Klassifikation

2.2 Abgrenzen des gesamten oberirdischen Einzugsgebietes des Schutzgebietes [EZG_{ges}]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
oberirdisches Einzugsgebiet	–	DGM 20	Funktion „watershed“ über Script ausführbar ⁴

³ Neue CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierungen werden im Jahr 2008 verfügbar sein.

⁴ Technische Angaben zu GIS-Auswerteverfahren beziehen sich grundsätzlich auf ArcView 3.3 mit dem Spatial Analyst (vgl. Kap. 1.2).

2.3 Ermitteln der Bodennutzung im EZG_{ges} [Nutz]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
Nutzung	–	CIR Biotoptypen- und Landnutzungskartierung; Nutzungsdaten aus dem ATKIS-DLM, der Forstgrundkarte oder aus dem InVeKoS-Feldblockkataster	Klassifikation; Differenzierung zwischen Acker, Grünland, Wald, Feldgehölzen und sonstige Strukturelementen sowie Siedlungs- u. Verkehrsflächen

2.4 Darstellen der Tiefenlinien [Tief]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
Tiefenlinien	–	GMK 20	–

Anmerkung: Tiefenlinien auf beiliegendem Datenträger (West- bzw. Ostteil: *tl_w7.shp* bzw. *tl_e7.shp*)

3 Stoff- und Sedimenteinträge durch Bodenerosion

Zur einfachen Erfassung und Bewertung möglicher Beeinträchtigungen von NATURA2000-Gebieten durch erosive Stoff- und Sedimenteinträge wird zwischen Wasser- und Winderosion unterschieden.

3.1 Wassererosion

Durch Wassererosion und Oberflächenabfluss können Stoffe (Nähr- und Schadstoffe, Pflanzenschutzmittel) und Sedimente in NATURA2000-Gebiete eingetragen werden. Nach SCHMIDT (2003) und LfUG (2007) sind ca. 450.000 ha (entsprechend ca. 60 % der gesamten Ackerfläche Sachsens) potenziell durch Wassererosion gefährdet. Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft schätzt die Bodenerosion als größtes Umweltproblem der Landwirtschaft ein (SMUL 2005: S. 84).

Die potenzielle Beeinträchtigung von Lebensraumtypen durch Stoff- und Sedimenteinträge hängt von der Empfindlichkeit des zu bewertenden Lebensraumtyps und standörtlichen sowie nutzungsbedingten Einflussfaktoren ab. Dabei sind auch die standörtlichen und nutzungsbedingten Gegebenheiten des Umfeldes der NATURA2000-Gebiete zu analysieren, wenn Beeinträchtigungen aus dem Umfeld zu erwarten sind.

Aus Gründen der boden- und naturschutzfachlichen Vorsorge ist generell der Eintrag von Nährstoffen, Schadstoffen, Sedimenten und Pflanzenschutzmitteln in NATURA2000-Gebiete soweit wie möglich zu reduzieren oder zu vermeiden⁵.

Gegenüber erosiven **Nährstoffeinträgen** sind viele Lebensraumtypen der NATURA2000-Gebiete auf Grund der Lebensraumansprüche der bestimmenden Pflanzengesellschaften empfindlich (vgl. Kap. 3.1.7). Die Pflanzenarten der oligo- und mesotrophen Standorte sind meist schwachwüchsig und bei besserer Nährstoffversorgung konkurrenzschwach. Bereits geringe Einträge von Nährstoffen führen daher zu einem Verschwinden der typischen Arten, weshalb die Empfindlichkeit der nährstoffarmen Lebensräume als hoch einzuschätzen ist.

Erosive **Sedimenteinträge** können Lebensraumtypen in zweierlei Form beeinträchtigen. Zum einen gehen damit partikulär gebundene Stoffeinträge einher, die zu einer Akkumulation von Nähr- und Schadstoffen und damit zu einer Beeinträchtigung der natürlichen Lebensgemeinschaften führen können. Zum anderen sind auch direkte Auswirkungen des Sediments auf die Habitateigenschaften zu beobachten. Am deutlichsten werden diese Zusammenhänge bei der Betrachtung des hyporheischen Interstitials in Oberflächengewässerkörpern; Sedimentstoffeinträge können das natürliche Poren- und Hohlraumsystem des Interstitials verstopfen, so dass benthische Lebensgemeinschaften stark beeinträchtigt werden.

⁵ Nicht ausgeschlossen ist eine landwirtschaftliche Nutzung, soweit sie den Schutzziele nicht entgegensteht. Somit ist auch der fachgerechte Einsatz von Düngung und Pflanzenschutzmitteln in FFH-Gebieten – soweit dies dem spezifischen Schutzziel der jeweiligen Fläche nicht entgegensteht – weiterhin möglich.

Zur Erfassung und Bewertung der standörtlichen Erosionsgefährdung sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- Ableiten der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung
- Ableiten der reliefbedingten Abflusskonzentration
- Zusammenführen der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung und reliefbedingten Abflusskonzentration in einer Karte
- Ermitteln des standörtlichen Erosionspotenzials
- Ermitteln des Erosionspotenzials angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen
- Bei Bedarf: Ergänzende Anwendung von EROSION 2D/3D
- Bewerten des bewirtschaftungsbedingten Erosionspotenzials
- Ableiten von Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion durch Wasser

Das nachfolgend beschriebene einfache Erfassungs- und Bewertungsverfahren wurde anhand von Luftbildern und E3D-Modellierungsergebnissen auf Plausibilität überprüft. Im Vergleich zu den beiden anderen Informationsquellen werden Bereiche hoher flächenhafter Erosionsgefährdung sowie bevorzugte Abflussbahnen mit hoher linearer Erosionsgefährdung gut identifiziert. Aus diesem Grund sind die Bewertungsergebnisse als plausibel einzustufen (vgl. Materialband, Anhangkapitel 11).

3.1.1 Ableitung der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung [KS-Faktor]

Die Einschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser erfolgt durch die Verknüpfung von

- Bodenart (K-Faktor als Kenngröße für die Erosionsanfälligkeit einer Bodenart) und
- Hangneigung (S-Faktor als Kenngröße für die Abhängigkeit der Wassererosion von der Hangneigung)

auf der Grundlage vorhandener Regelwerke (SCHWERTMANN et al. 1990, DIN 19708).

Der K-Faktor basiert auf der Auswertung der Bodenübersichtskarte Sachsen im Maßstab 1:200.000 (BÜK200) unter Berücksichtigung der Feinbodenart, des Grobbodengehaltes und des Humusgehaltes im Oberboden. Der S-Faktor wurde mit Hilfe der Hangneigung auf der Grundlage des Digitalen Geländemodells des Landesvermessungsamtes (ATKIS-DGM) im 20m-Raster ermittelt. Durch die multiplikative Verknüpfung beider Faktoren erhält man die boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung, die kurz als KS-Faktor bezeichnet wird (Tab. 3–1). Im Allgemeinen kann man bei Stufe 5 und 6 von einer erheblichen standortbezogenen Erosionsgefährdung ausgehen.

Tab. 3–1: Klassengrenzen der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung [KS-Faktor]

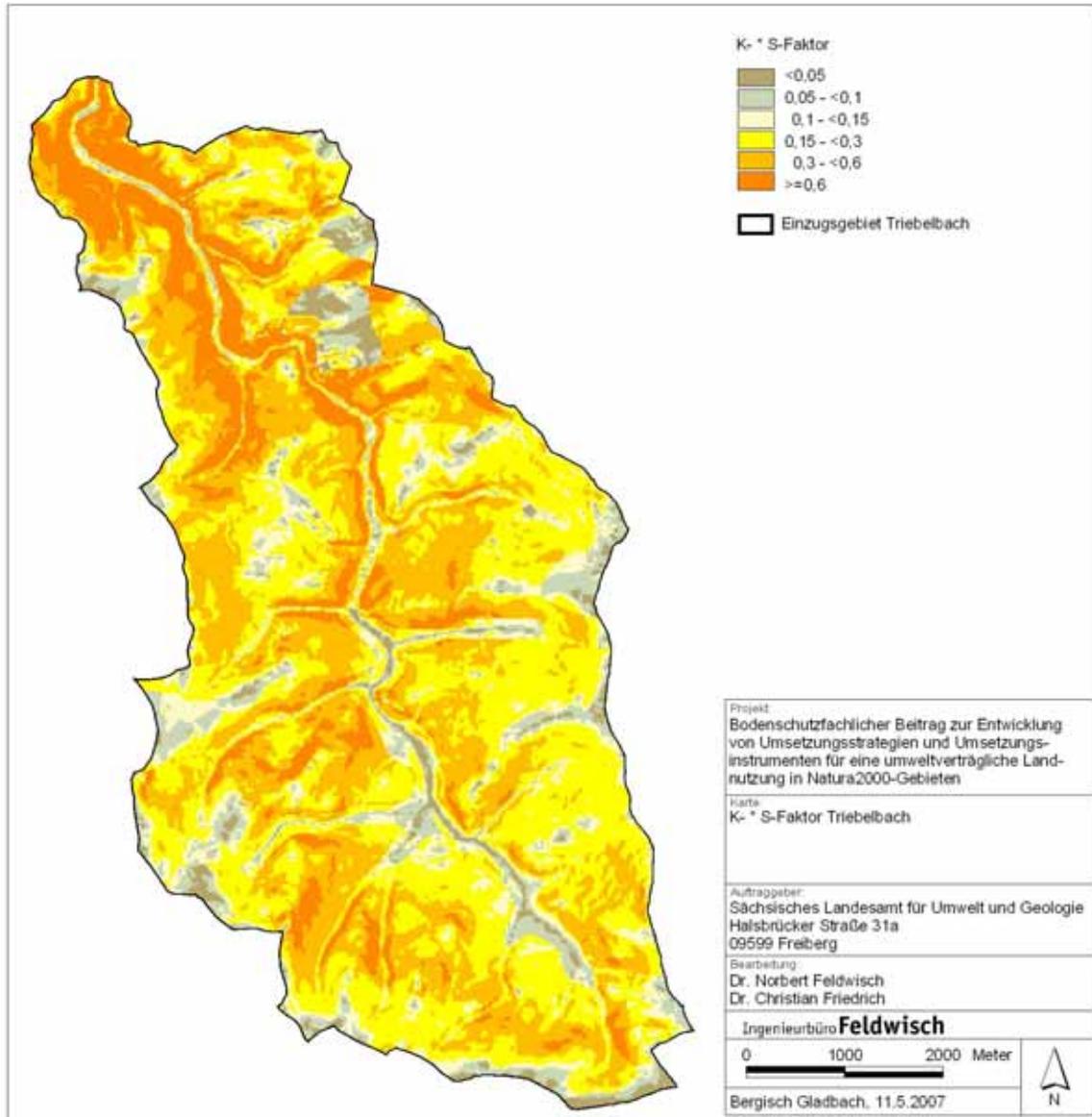
Klasse (s. GRIDCODE)	boden- u. gefällebedingte Erosionsgefährdung	K * S
1	keine bis sehr geringe	<0,05
2	geringe	0,05 - <0,1
3	mittlere	0,1 - <0,15
4	hohe	0,15 - <0,3
5	sehr hohe	0,3 – <0,6
6	extrem hohe	≥ 0,6

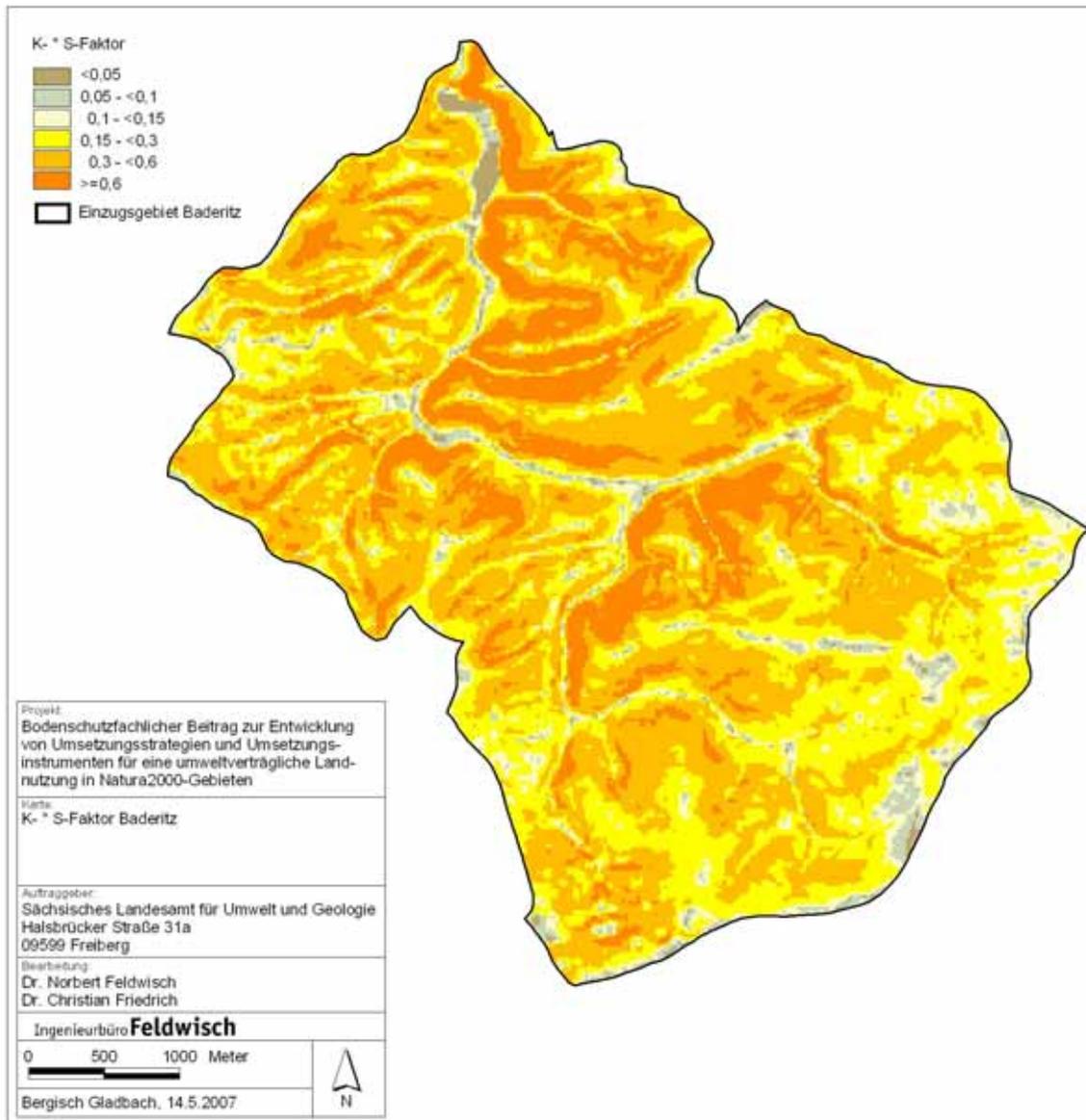
Kurzinformation zur Ermittlung der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung [KS-Faktor]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung	KS-Faktor nach ABAG	Bodenatlas Sachsen	Klassifikation in 6 Klassen (siehe Anwendungsbeispiele)

Anmerkung: Karte KS-Faktoren auf beiliegendem Datenträger.

Anwendungsbeispiele





3.1.2 Ableiten der reliefbedingten Abflusskonzentration (Einzugsgebietsgröße der Rasterzelle) [EZG_{raster}]

Die boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung wird durch die Abflusskonzentration differenziert. Oberflächenabfluss konvergiert in Hangmulden und Tiefenlinien, die auch als bevorzugte Abflussbahnen bezeichnet werden. In diesen bevorzugten Abflussbahnen liegt eine besondere standörtliche Erosionsgefährdung vor, die sich in Graben- oder Gullyerosion niederschlagen kann. Sowohl Beobachtungen im Gelände als auch Modellierungen der Erosionsgefährdungen in Einzugsgebieten Sachsens belegen diese besondere Erosionsgefährdung.

Die potenzielle Erosionsgefährdung in den bevorzugten Abflussbahnen wächst mit der Größe des Einzugsgebietes, welches in diese Bahnen oberflächlich entwässert. Aus diesem Grund wird als Bewertungskriterium die rasterbezogene Einzugsgebietsgröße der Abflussbahnen herangezogen. Die EZG_{raster}-Karte zeichnet sowohl bevorzugte Abflussbahnen ohne permanenten Abfluss als auch das Fließgewässernetz nach. Deutlich treten die Flächen hervor, auf denen reliefbedingt mit verstärktem Oberflächenabfluss gerechnet werden muss.

Tab. 3–2: Klassengrenzen der reliefbedingten Abflusskonzentration (Einzugsgebietsgröße der Rasterzelle) [EZG_{raster}]

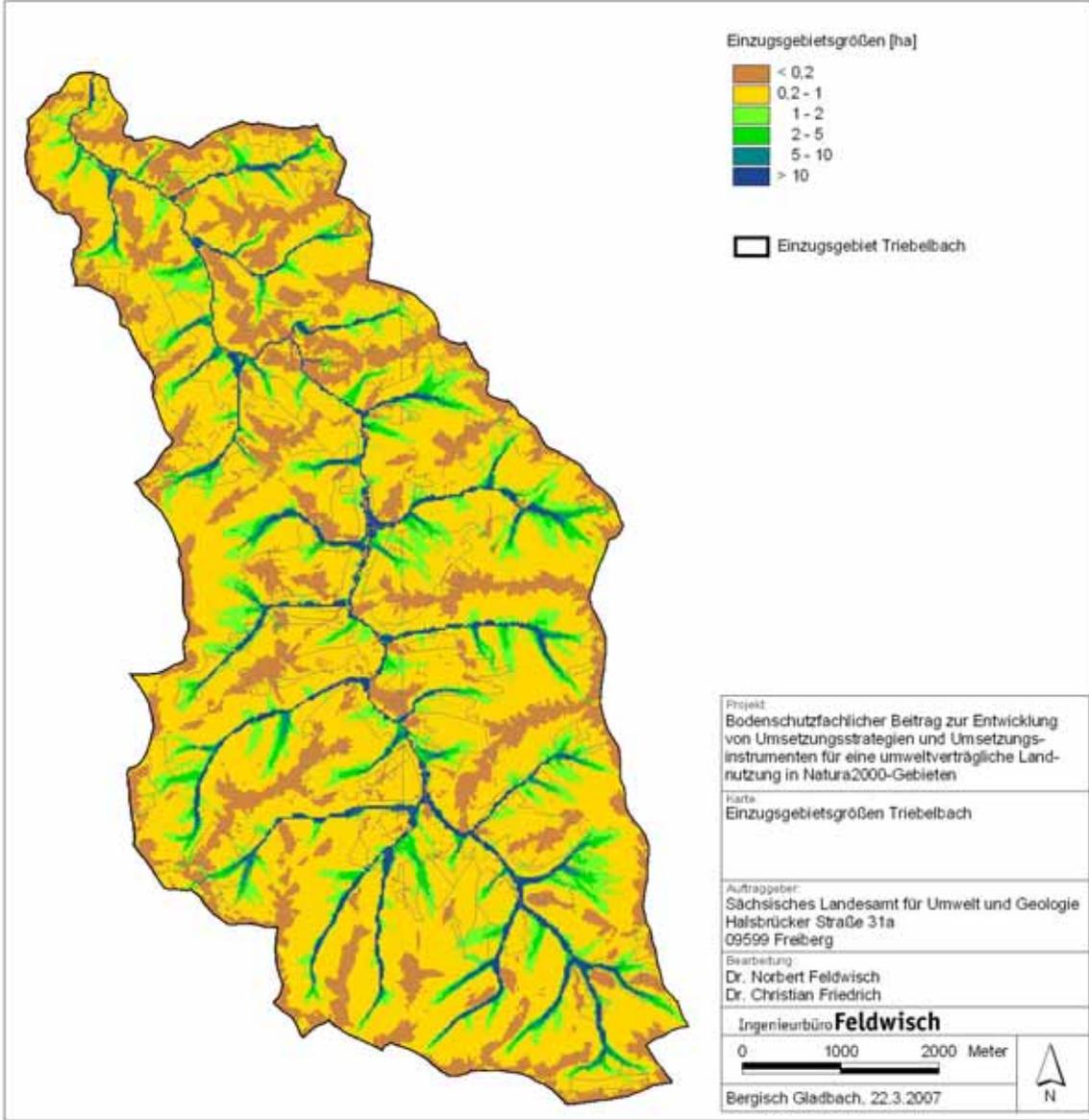
Klasse (s. GRIDCODE)	Bezeichnung	EZG _{raster} [ha]
1	keine bis sehr geringe	<0,2
2	geringe	0,2 - <1
3	mittlere	1 - <2
4	hohe	2 - <5
5	sehr hohe	5 – <10
6	extrem hohe	≥ 10

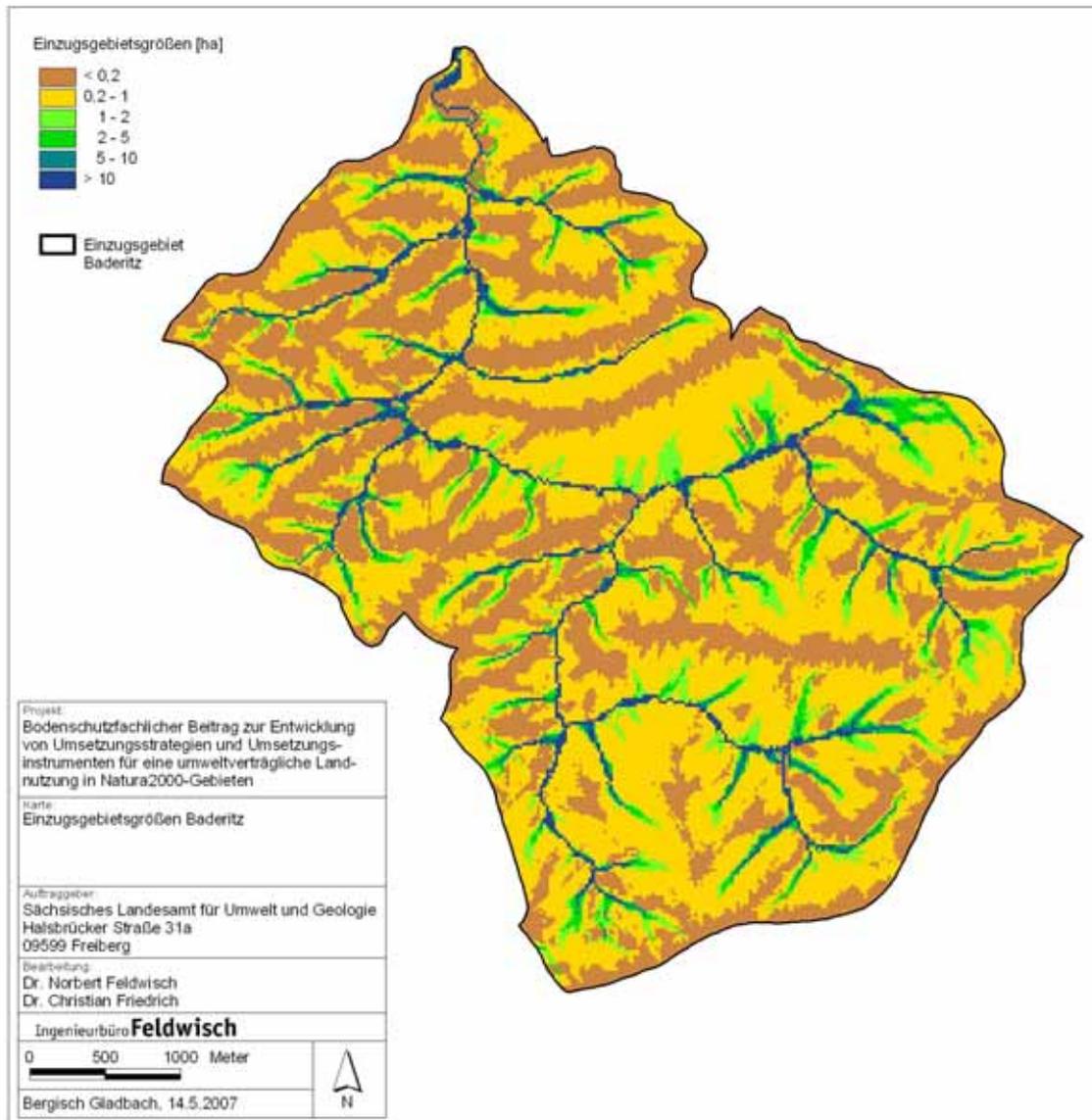
Kurzinformation zum Ermitteln der reliefbedingten Abflusskonzentration (Einzugsgebietsgröße der Rasterzelle) [EZG_{raster}]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
rasterbasierte Einzugsgebietsgröße	–	GMK20 – ezg7_re.shp	Klassifikation in 6 Klassen (siehe Anwendungsbeispiele)

Anmerkung: Karte EZG_{raster} auf beiliegendem Datenträger.

Anwendungsbeispiele





3.1.3 Zusammenführen der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung und reliefbedingten Abflusskonzentration in einer Karte

Durch die Überlagerung der KS-Faktor- und EZG_{raster}-Karten erhält man einen ersten Eindruck der standortbedingten Erosionsgefährdung. Dabei sind im Regelfall nur die Bewertungsergebnisse für Ackerflächen von Interesse, weil auf Grünland- und Waldstandorten zu meist keine bedeutende Bodenerosion stattfindet. Insofern empfiehlt sich die kartografische Überlagerung⁶ der KS-Faktor- und EZG_{raster}-Bewertung für alle Nicht-Ackerflächen mit Hilfe der Nutzungskarte nach Kap. 2.3. Der Layer „EZG_{raster}“ wird auf die Klassen 3 bis 6 (> 1 ha) beschränkt und über den Layer „KS-Faktor“ gelegt. Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Grünland und Wald werden überlagert, so dass nur noch die standörtliche Erosionsgefährdung der Ackerflächen dargestellt wird.

Mit Hilfe dieser zusammengeführten Karte lassen sich bereits kritische Bereiche hoher standörtlicher Erosionsgefährdung identifizieren. Mit einer besonderen potenziellen Erosionsgefährdung ist auf Flächen zu rechnen, die eine hohe und sehr hohe boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung (KS-Faktor) aufweisen und gleichzeitig an bevorzugte Abflussbahnen anschließen.

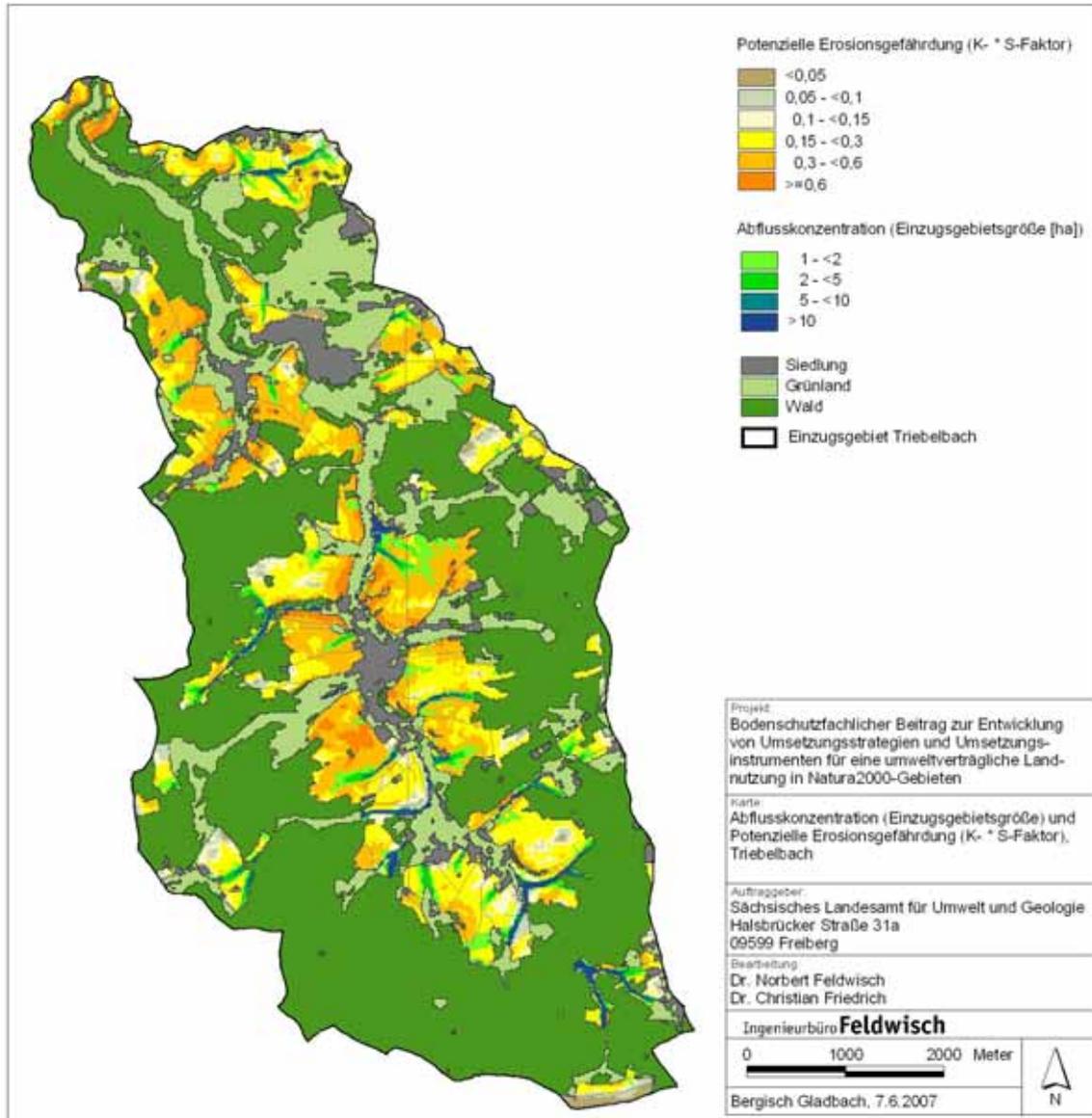
Kurzinformation zum Zusammenführen der boden- und gefällebedingten Erosionsgefährdung und reliefbedingten Abflusskonzentration in eine Karte

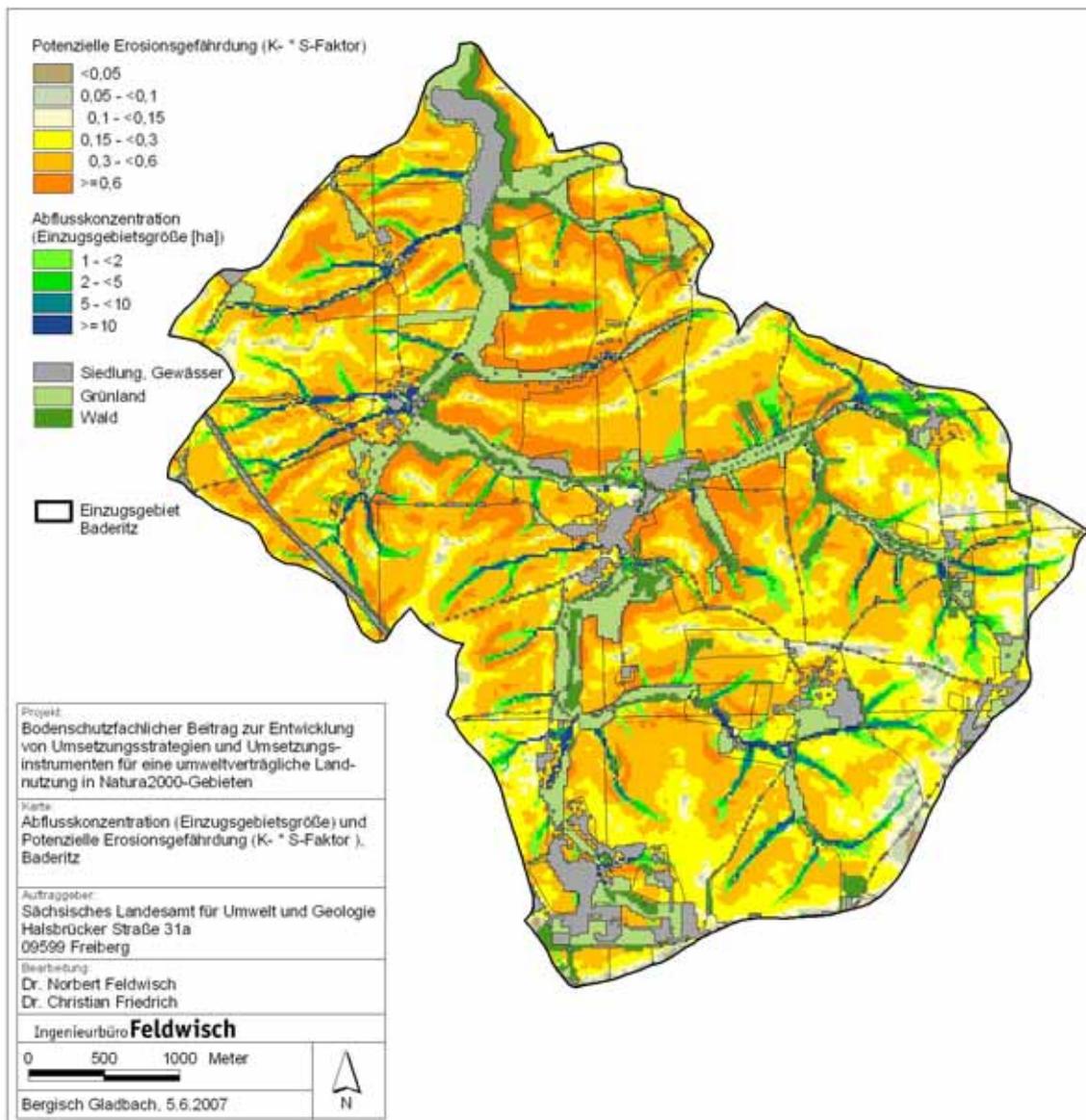
Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung; rasterbasierte Einzugsgebietsgröße; Nutzung	–	KS-Faktor-Karte EZG _{raster} -Karte Nutz-Karte	Overlay von KS-Faktor-Karte durch EZG _{raster} -Karte (beschränkt auf Klasse >3) und Siedlungs-, Grünland- und Waldflächen aus Nutz-Karte

Anmerkung: Neue CIR Biotoptypen- und Landnutzungskartierung wird 2008 verfügbar sein.

⁶ Im Sinne einer Überdeckung. Der Begriff „Überlagerung“ wird in der deutschen ArcView-Version für die „Verschneidung“ mit der Funktion „Union“ verwendet.

Anwendungsbeispiele





3.1.4 Ermitteln des Erosionspotenzials [Erosion_{pot}]

Die boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung und reliefbedingte Abflusskonzentration können zur Bewertung der potenziellen, standörtlichen Erosionsgefährdung zusammengeführt werden. Im Sinne eines einfachen Bewertungsansatzes wird hier das Prinzip der ökologischen Risikoanalyse verwendet. Dazu werden die Klassenwerte der Kriterien „KS-Faktor“ und „EZG_{raster}“ additiv miteinander verknüpft. Im Ergebnis erhält man die klassifizierte potenzielle Erosionsgefährdung, die hier kurz Erosionspotenzial (Erosion_{pot}) genannt wird.

Durch die additive Verknüpfung können für jedes Raster Klassenwerte zwischen 2 und 12 für Erosion_{pot} ermittelt werden. Das Erosionspotenzial steigt von 2 bis 12 an; dabei liegt bis zur Klasse 4 kein bzw. ein sehr geringes Erosionspotenzial vor, wohingegen ab der Klasse 8 hohe bis sehr hohe potenzielle Gefährdungen auftreten (vgl. Kap. 3.1.5).

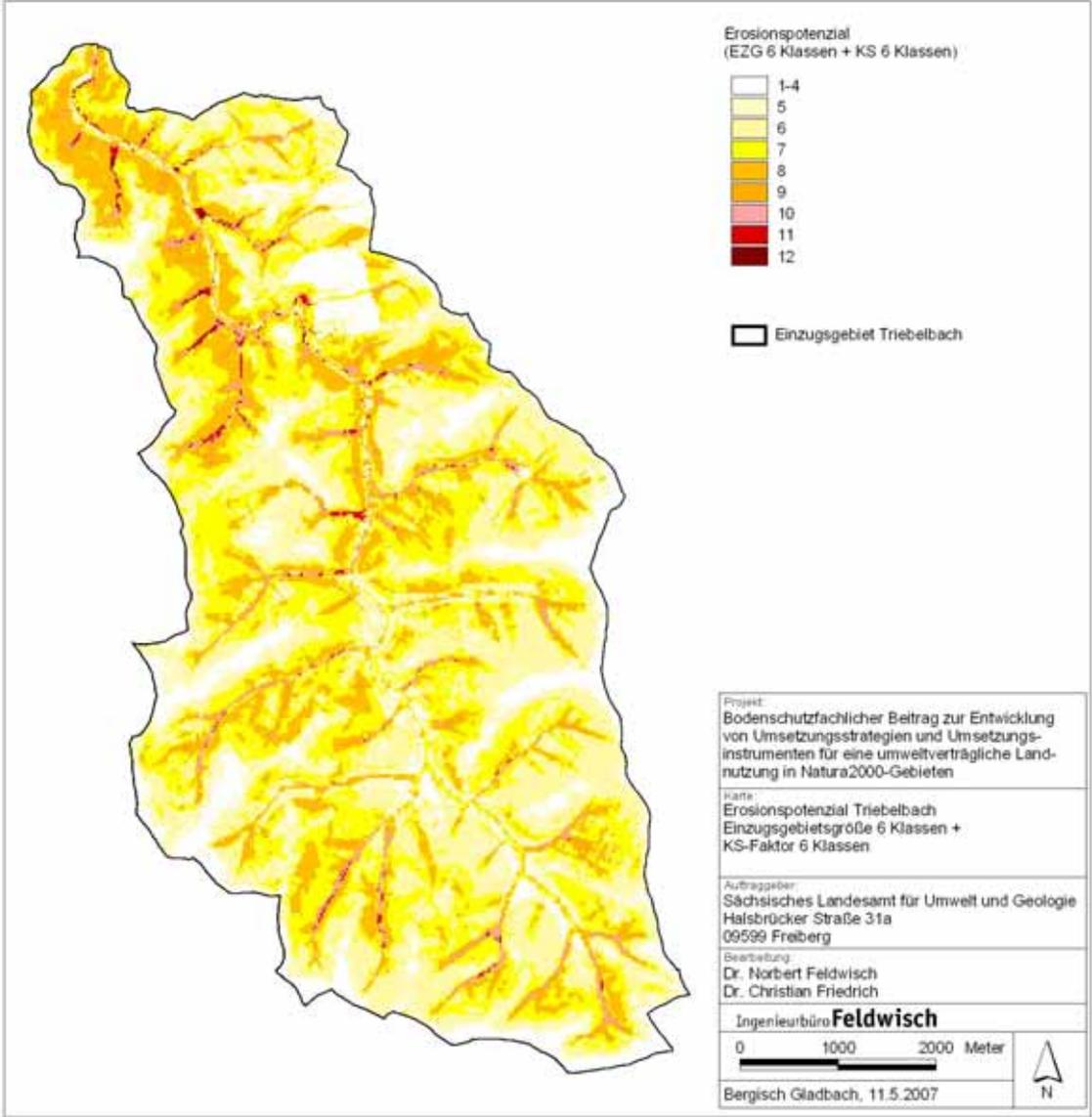
Der KS-Faktor beschreibt das boden- und gefällebedingte Bodenablösungspotenzial durch Regentropfenaufprall und flächenhaften Oberflächenabfluss. EZG_{raster} spiegelt die Transportkapazität des konvergierten Oberflächenabflusses sowie dessen Bodenablösungspotenzial durch lineare Erosionsformen wider. Insofern lassen sich mit Erosion_{pot} die Flächen identifizieren, auf denen auf Grund der Standortbedingungen potenziell mit hoher flächenhafter Bodenerosion und mit ausgeprägter Graben- bzw. Gullyerosion zu rechnen ist. Diese flächendeckende Kulisse des Erosionspotenzials kann durch die Berücksichtigung der Ackerkulisse und ergänzender Reliefauswertungen auf besonders gefährdete Bereiche eingeschränkt werden (vgl. Kap. 3.1.5).

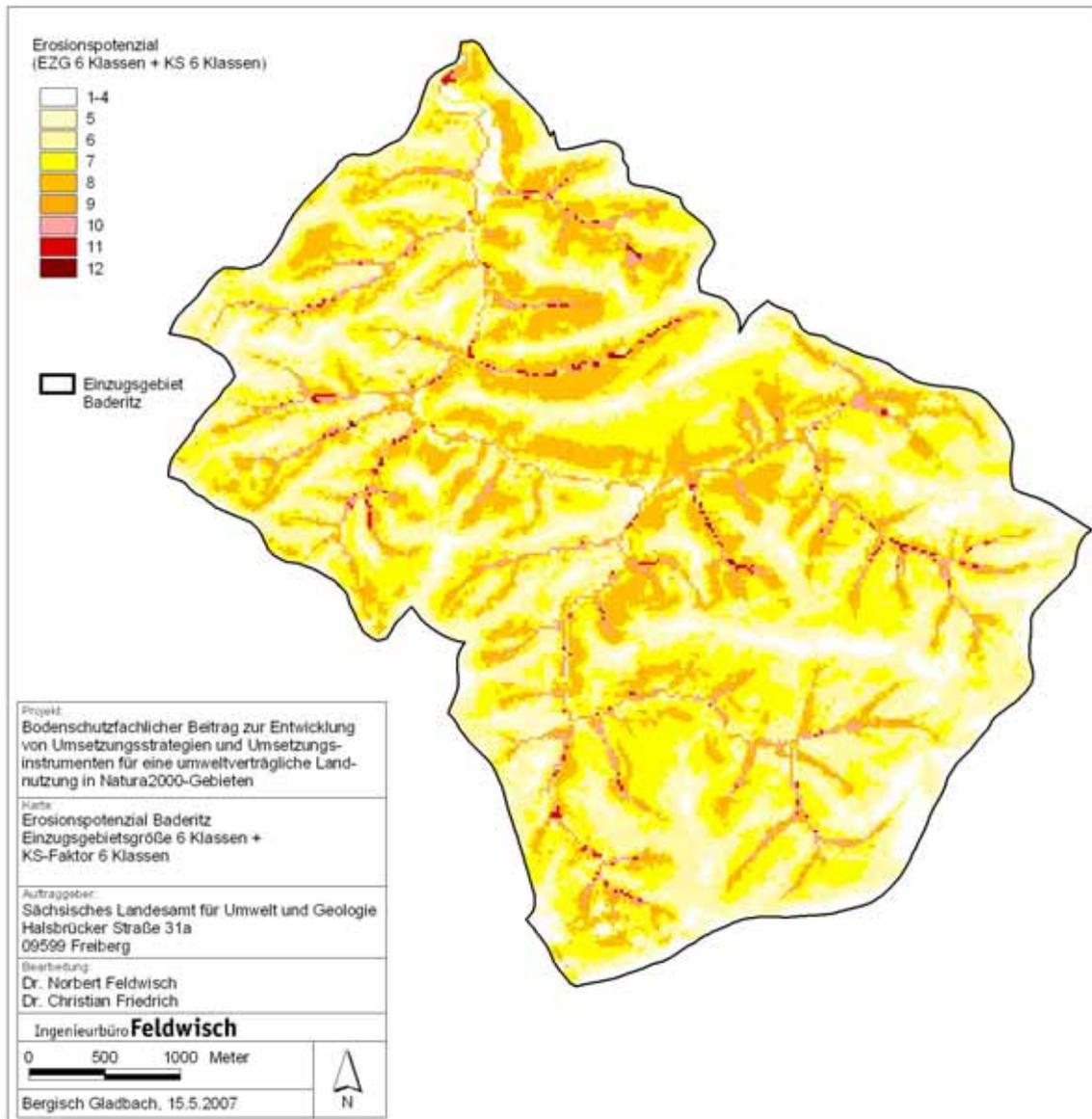
Kurzinformation zum Ermitteln des Erosionspotenzials [Erosion_{pot}]

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
boden-/reliefbedingte Erosionsgefährdung	KS-Faktor	(siehe Kap. 3.1.1)	Additive Verknüpfung der beiden Parameter
reliefbedingte Abflusskonzentration	EZG _{raster}	(siehe Kap. 3.1.2)	

Anmerkung: Karte Erosion_{pot} auf beiliegendem Datenträger.

Anwendungsbeispiele





3.1.5 Ermitteln des Erosionspotenzials angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen

Zum Schutz der NATURA2000-Gebiete vor erosiven Stoffeinträgen sind die Ackerflächen von Bedeutung, die hydrologisch über das Oberflächenrelief angeschlossen sind. Ackerflächen können entweder unmittelbar an das Schutzgut angeschlossen sein, wenn die Ackergränze direkt an die Schutzgebietsgrenze anschließt und das Relief eine oberflächige Entwässerung des Ackers in Richtung des Schutzgutes bedingt. Weiterhin können Ackerflächen auch über bevorzugte Abflussbahnen hydrologisch an das Schutzgut angeschlossen sein.⁷

Der Anschluss von Ackerflächen direkt oder indirekt über Tiefenlinien an das Schutzgut kann im GIS in zwei getrennten Arbeitsschritten ermittelt werden. Dazu sind die Grundlagenkarten zum Schutzgebiet (Kap. 2.1) und zu den Tiefenlinien (Kap. 2.4) heranzuziehen. Die direkt oder indirekt über Tiefenlinien (und Fließgewässer) an das Schutzgut angeschlossenen Ackerflächen können sich in Teilbereichen überschneiden. Für die weiteren Bewertungsschritte werden die beiden Kategorien zusammengefasst.

Weiterhin können potenzielle Fremdwasserzuflüsse zu Ackerflächen durch die Auswertung der Bodenkarte ermittelt werden. Vernässte Böden neigen zur schnellen Abflussbildung, wobei mit zunehmendem Vernässungsgrad die Abflussgefährdung ansteigt. Grenzen vernässte Böden an Ackerflächen, dann ist dies als Hinweis auf potenzielle Fremdwasserzuflüsse zu interpretieren. Durch Fremdwasserzuflüsse kann die Erosionsgefährdung auf Ackerflächen erhöht werden. Als Erosionsschutzmaßnahme ist der Fremdwasserzutritt auf die Ackerfläche zu verhindern (Vorflutregelung).

Anhand der BÜK 200 werden alle angeschlossenen Bodengesellschaften mit einem Vernässungsgrad ≥ 3 als potenziell bedeutende Abflussbildungsflächen klassifiziert. Diese Hinweise auf potenzielle Fremdwasserzuflüsse sind jedoch auf Grund der inhaltlich und räumlich geringen Auflösung der BÜK200 durch Erhebungen vor Ort zu verifizieren; eine unmittelbare Maßnahmenableitung mit Hilfe dieser Bewertung ist nicht möglich. Gleichwohl differenziert dieser Bewertungsschritt gut zwischen den verschiedenen Naturräumen Sachsens. In den Berg- und Hügelländern ist der Anteil vernässter Böden aus klimatischen und geologischen Gründen auch außerhalb von Auen und Senkenlagen relativ hoch (vgl. Beispielgebiet Triebelbachtal). Dagegen sind in den Löss- und Sandlösslandschaften (vgl. Beispielgebiet Bade-

⁷ Die Analyse der „angeschlossenen Ackerflächen“ kennzeichnet das hydrologische Anschlusspotenzial auf der Grundlage landesweit verfügbarer Geodaten. Der Analyse liegt die topografisch bedingte Abflussrichtung von Oberflächenabfluss auf Basis des DGM20 zu Grunde. In der Realität kann sich die tatsächliche Abflussrichtung davon unterscheiden, weil a) die räumliche Auflösung des DGM20 nicht detailliert genug ist (insbesondere im schwach reliefierten Regionen), b) Bewirtschaftungsspuren wie Radspuren, Pflegegassen, Pflugrandfurche und Vorgewende oder c) wasserleitende Strukturen wie Wege, Gräben etc. zu einer vom Relief bestimmten Abflussrichtung abweichenden Abflussrichtung führen können. Zu den Einflussfaktoren b) und c) liegen landesweit keine digitalen Informationen vor. Bei der Bestandserfassung und Maßnahmenplanung für NATURA2000-Schutzgüter müssen solche Information vor Ort nach Bedarf erhoben werden.

ritz) sowie in der nördlich angrenzenden Altmoränenlandschaft zumeist nur die Auen und abflusslosen Senken vernässt.

Als potenziell hoch bis sehr hoch erosionsgefährdet können im Regelfall die Ackerflächen mit einem $Erosion_{pot} \geq 8$ gelten⁸. Diese Flächen zeichnen sich durch die Kombination aus mittel bis sehr hoch klassifizierten KS-Faktor- und EZG-Werten aus, so dass ausgeprägte lineare Erosionsprozesse bis hin zum Grabenreißen oder zur Gullybildung auftreten können. Ackerflächen mit einem $Erosion_{pot}$ von 7 zeichnen sich im Regelfall durch ausgeprägte flächenhafte Erosionsprozesse und linearen Erosionsprozessen mit vorwiegend Rillen- und Rinnenbildung aus. Bei $Erosion_{pot} < 7$ kann zumeist von einer geringeren Erosionsgefährdung ausgegangen werden.

In Tab. 3–3 ist eine fünf- und dreistufige Aggregierung der $Erosion_{pot}$ -Klassen aufgeführt. Bei der Bewertung von Landschaftsausschnitten kann anhand der Wertespreizung entschieden werden, welche Art der Aggregierung für die kartografische Darstellung sinnvoll ist. Für die Anwendungsbeispiele „Triebelbach“ und „Baderitz“ wurde die dreistufige Bewertung verwendet, da die Klassen 2 bis 4 und ≥ 10 auf Grund der standörtlichen Gegebenheiten auf den angeschlossenen Ackerflächen nur selten auftreten. Die Klassen 2 bis 4 sind vorwiegend an den Rändern der angeschlossenen Ackerflächen zu finden, wohingegen die Klassen ≥ 10 in den Tiefenlinien auftreten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die getrennte Darstellung dieser Klassen verzichtet.

Anhand der Klasseneinstufung können geeignete Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minderung der Bodenerosion durch Wasser aufgezeigt werden (vgl. Kap. 3.1.7).

Tab. 3–3: Aggregierung der $Erosion_{pot}$ -Klassen

$Erosion_{pot}$ -Klassen	Bezeichnung	5 Stufen	3 Stufen
2-4	kein bis sehr gering	0	1
5-6	gering	1	
7	mittel	2	2
8-9	hoch	3	3
≥ 10	sehr hoch	4	

Neben dieser Regelfallklassifizierung können besondere Erosionsgefährdungen aus dem Zufluss von Fremdwasser entstehen, die unabhängig von der $Erosion_{pot}$ -Einstufung ausgeprägte Erosionsschäden sowohl auf den Ackerflächen selbst als auch auf unterliegenden NATURA2000-Flächen verursachen können. Die Hinweise auf potenziellen Fremdwasserzu-

⁸ Diese Einstufung resultiert aus dem Vergleich der $Erosion_{pot}$ -Klassifizierung mit den Ergebnissen der E3D-Modellierungen für das obere Triebelbacheinzugsgebiet und für das Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees. In den Vergleich wurden auch Luftbilder integriert. Der Vergleich ist im Materialband dokumentiert (vgl. Materialband, Anhangkapitel 11).

fluss in Folge von Vernässungen oberhalb von Ackerflächen sind vor Ort zu verifizieren. Dabei sind auch wasserleitende Strukturen wie Wege, Gräben etc. zu berücksichtigen.

Im Falle von Flächen mit sehr hoher boden- und gefällebedingter Erosionsgefährdung, die durch KS-Faktoren $\geq 0,6$ charakterisiert sind, die aber kein großes EZG aufweisen, sind anhand von Praxiserfahrungen potenziell ausgeprägte Erosionsprozesse zu erwarten. Zumeist sind solche Ackerflächen durch Hangneigungen über 10 % und hoher Erosionsanfälligkeit der Böden bei gleichzeitig geringer Hanglänge – und daraus resultierendem geringer EZG – charakterisiert. Um der potenziellen Erosionsgefährdung dieser Faktorkombination Ausdruck zu verleihen, werden Ackerflächen mit KS-Faktoren $\geq 0,6$ und gleichzeitig $EZG_{\text{raster}} < 2$ mit einer gesonderten Signatur gekennzeichnet. Die naturschutzfachliche Bedeutung der Erosionsgefährdung kurzer, aber steiler Ackerflächen für NATURA2000-Gebiete wird weiter unten am Beispiel des Ketzerbachtals im FFH-Gebiet „Täler südöstlich von Lommatzsch“ verdeutlicht (siehe S. 31).

Das Ergebnis der Erfassung und Bewertung potenziell erosionsgefährdeter, an das Schutzgut angeschlossener Ackerflächen ist anhand von Ortskenntnissen zu verifizieren. Beispielsweise ist die Lage und Ausdehnung der Tiefenlinien exemplarisch zu überprüfen; werden z. B. bedeutende Abflussbahnen im Tiefenlinienlayer nicht wiedergegeben, dann kann dies auf eine ungenügende räumliche Auflösung des verwendeten DGM hinweisen. Weiterhin ist zu überprüfen, ob bedeutende lineare Strukturen wie Wege, Gräben etc. vorliegen, die Oberflächenabfluss räumlich anders ableiten als die aus dem DGM ermittelte FlowDirection (Fließrichtung) (vgl. Fußnote 7). Erkenntnisse zu hydrologisch wirksamen Raumelementen sind entweder hoch aufgelösten digitalen Geländemodellen zu entnehmen oder im Rahmen der Bestandserhebung (Kartierung, Befragung) zu gewinnen. Auch der Anschluss von Ackerflächen an das Schutzgut oder die Tiefenlinien ist zu überprüfen. Die beschriebene Vorgehensweise führt bereits bei einzelnen Rastern anderer Nutzung (Grünland, Gehölze etc.) zu einer Abkopplung der Ackerflächen vom Schutzgut oder der Tiefenlinie. Diese starke Vereinfachung spiegelt nicht immer die Realität wieder. Schmale, auf eine Rasterbreite bezogene Nutzungen wie Grünland oder Gehölze bewirken nicht immer eine effektive Abschirmung des Schutzgutes. Insofern sollte die Kulisse „angeschlossene Ackerflächen“ immer auf entsprechende systematische Fehler überprüft werden, um bedeutende potenzielle Eintragspfade nicht von der weiteren Betrachtung auszuschließen. Weitere Hinweise zur Verifikation können dem Materialband entnommen werden (vgl. Materialband, Anhangkapitel 12).

Konkreter, naturschutzfachlich begründeter Handlungsbedarf ergibt sich nicht unmittelbar aus der Einschätzung der potenziellen, standörtlichen Erosionsgefährdung. Zusätzlich ist die aktuelle ackerbauliche Nutzung im Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen, um die tatsächliche Erosionsgefährdung einschätzen zu können (Kap. 3.1.8). Weiterhin ist die Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber erosionsbedingten Nährstoff- und Sedimenteinträgen zu berücksichtigen (vgl. Kap. 3.1.7). Auf dieser Grundlage lassen sich Regelfallvermutungen zu grundsätzlich geeigneten Maßnahmengruppen ableiten (Kap. 3.1.8).

Kurzinformationen zum Ermitteln des Erosion_{pot} angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen

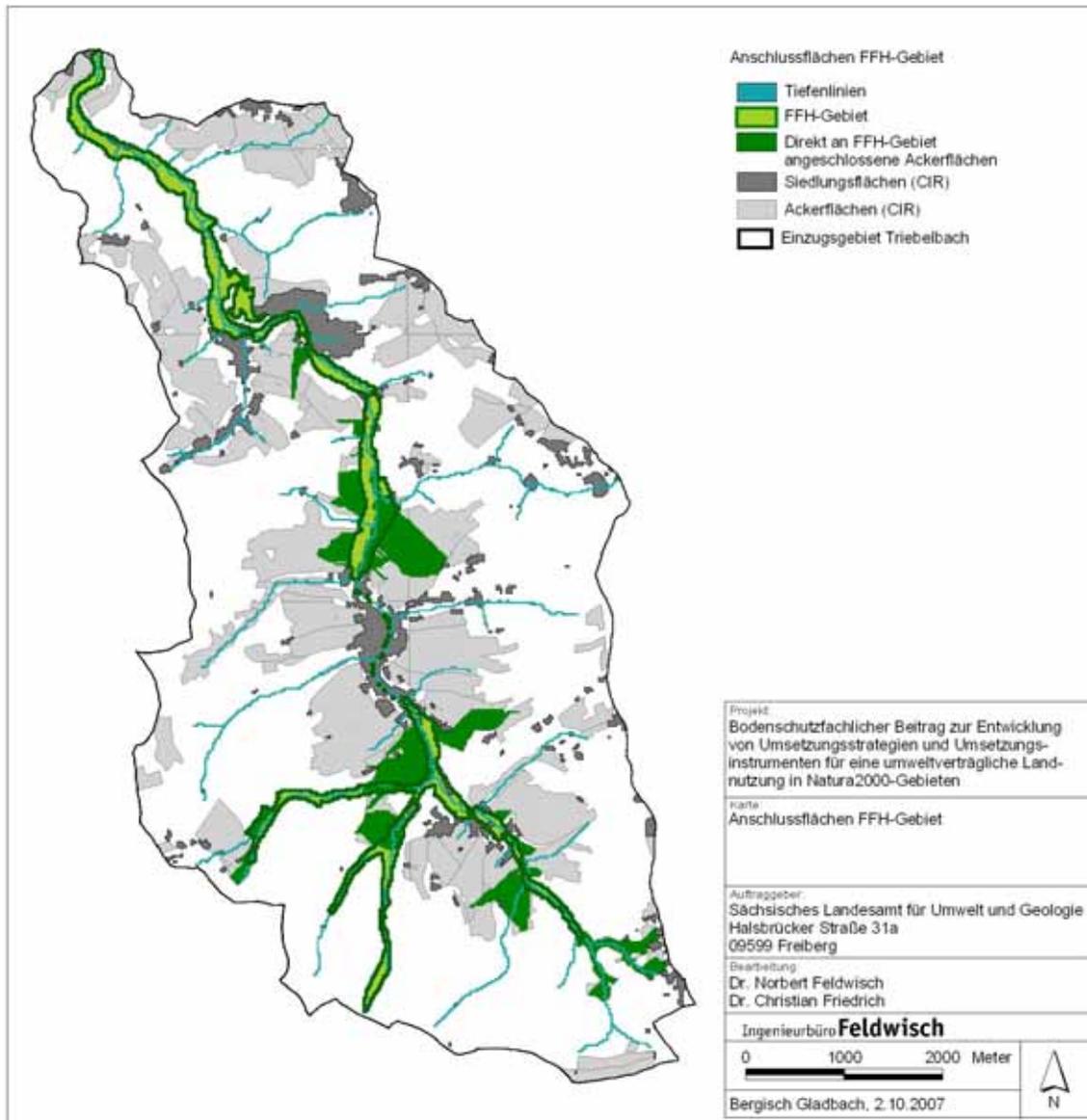
Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
a) direkt angeschlossene Ackerflächen [an_schutz]	Ackerflächen grenzen unmittelbar an das Schutzgut an	Karten „Nutz“ und „Schutz“ nach Kap. 2, DGM20	Funktion „watershed“ über Ackerkulissen-FlowDirection sowie Schutzgut als Quellraster
b) über Tiefenlinien* angeschlossene Ackerflächen [an_tief]	Ackerflächen grenzen an Tiefenlinie, die in das Schutzgut mündet	Karte „Nutz“ und „Tief“ nach Kap. 2, DGM20	Funktion „watershed“ über Ackerkulissen-FlowDirection sowie Tiefenlinie als Quellraster
c) Ermitteln angeschlossener Vernässungsflächen als Hinweise auf pot. Fremdwasserzuflüsse [epot_nass]	Vernässungsgrad	BÜK 200, Karten „Nutz“, „Tief“ und „Schutz“ nach Kap. 2, DGM20	Beschränkung der Vernässungsgrad-Kulisse auf die Klassen ≥ 3 ; Funktion „watershed“ über Vernässungsgrad-FlowDirection sowie Ackerflächen als Quellraster
d) Aggregiertes Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen** [epot_ges]	Angeschlossene Ackerflächen: Erosion _{pot} und KS-Faktor Angeschlossene Vernässungsflächen: Vernässung	BÜK 200, Karten „Nutz“, „Tief“ und „Schutz“ nach Kap. 2, DGM20, KS-Faktor, Erosion _{pot}	Angeschlossene Ackerflächen: Erosion _{pot} : 3 oder 5 Stufen [epot_aggr] KS-Faktor: $\geq 0,6$ [epot_steil] Angeschlossene Vernässungsflächen: Vernässung: \geq Klasse 3 [epot_nass]

* Die Tiefenlinien können der landesweit verfügbaren GMK 20 entnommen und beim LfUG im Shape-Format angefordert werden (vgl. Kap. 2.4). Alternativ kann der Tiefenlinien-Layer aus einem DGM eigenständig erzeugt werden. Dies bietet sich zum Beispiel an, wenn für das jeweilige Schutzgebiet inklusive seinem Einzugsgebiet höher aufgelöste digitale Reliefdaten zur Verfügung stehen.

** Ackerflächen mit KS-Faktor $\geq 0,6$ und potenzielle Fremdwasserzuflüsse von Vernässungsflächen
Anmerkung: Auswertekarten a bis d auf beiliegendem Datenträger.

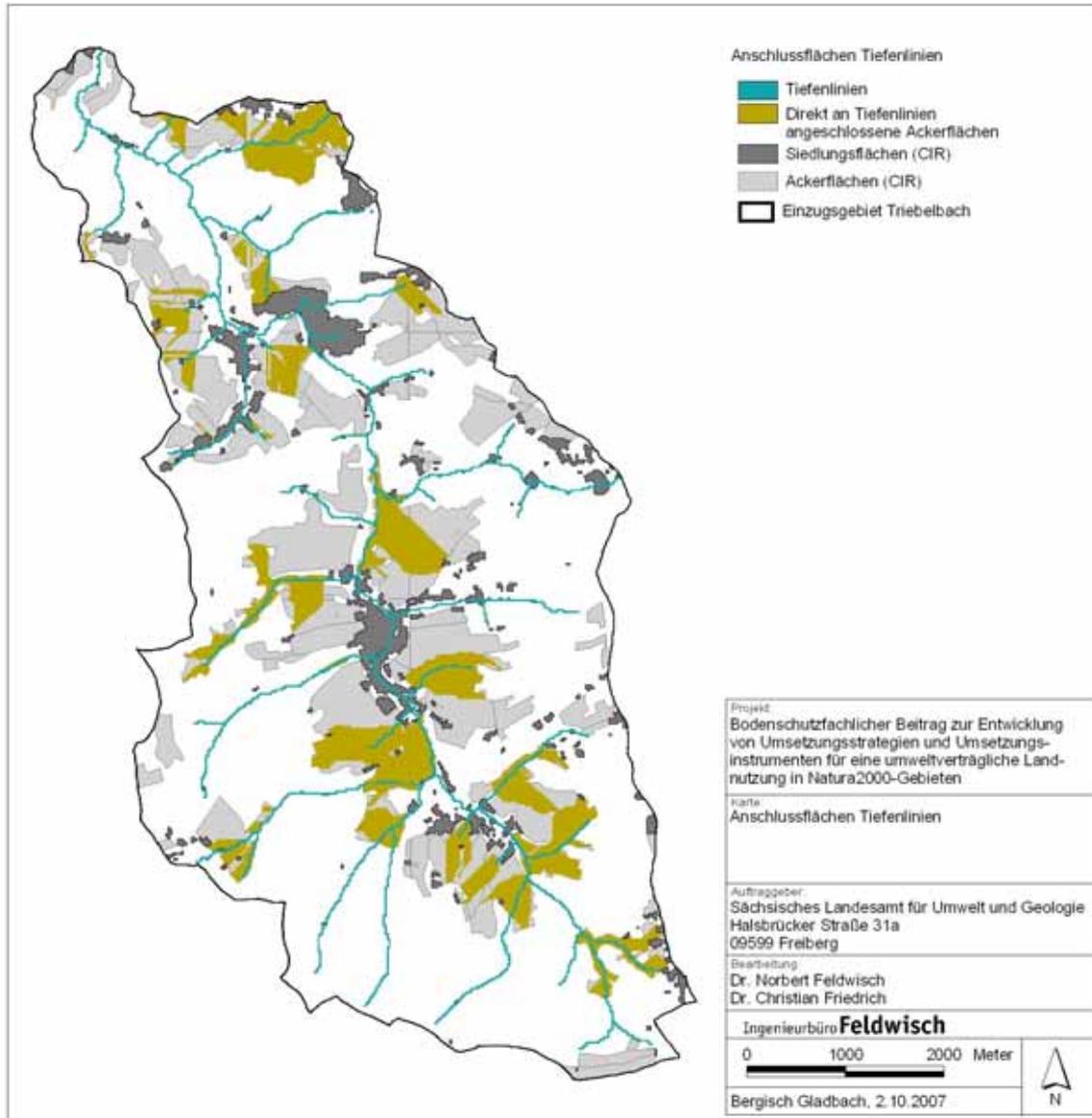
Anwendungsbeispiele (Einzelschritte a bis c nur am Beispiel Triebelbach illustriert)

a) Direkt an FFH-Gebiet angeschlossene Ackerflächen⁹ [an_schutz]

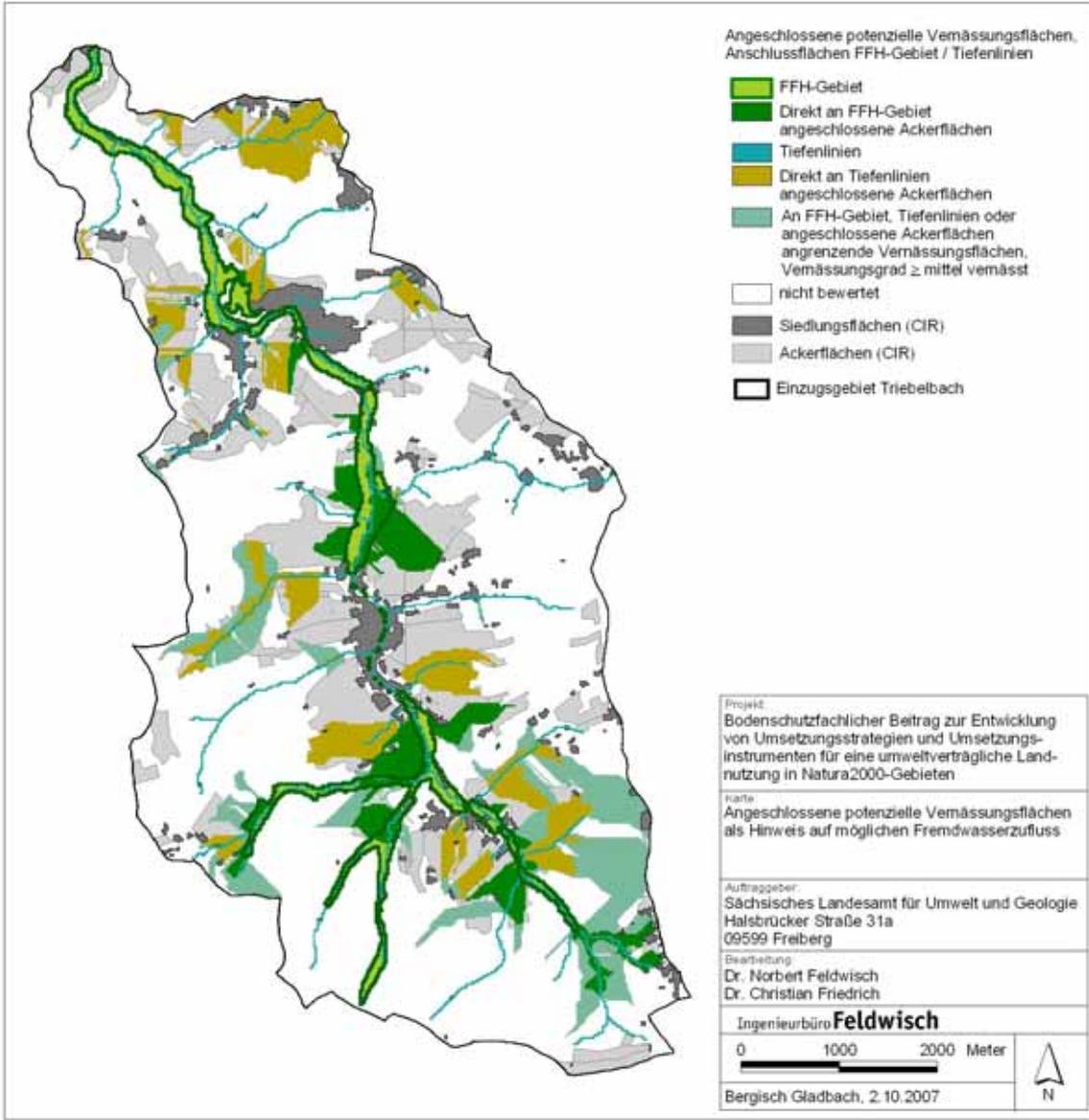


⁹ Ackerflächen nach CIR-Biotopkartierung. Abweichungen zur Realnutzung sind möglich. Ragen die CIR-Ackerflächen in das Schutzgut bzw. FFH-Gebiet hinein, dann wird der Ackerlayer über die Flächensignatur das Schutzgut gelegt.

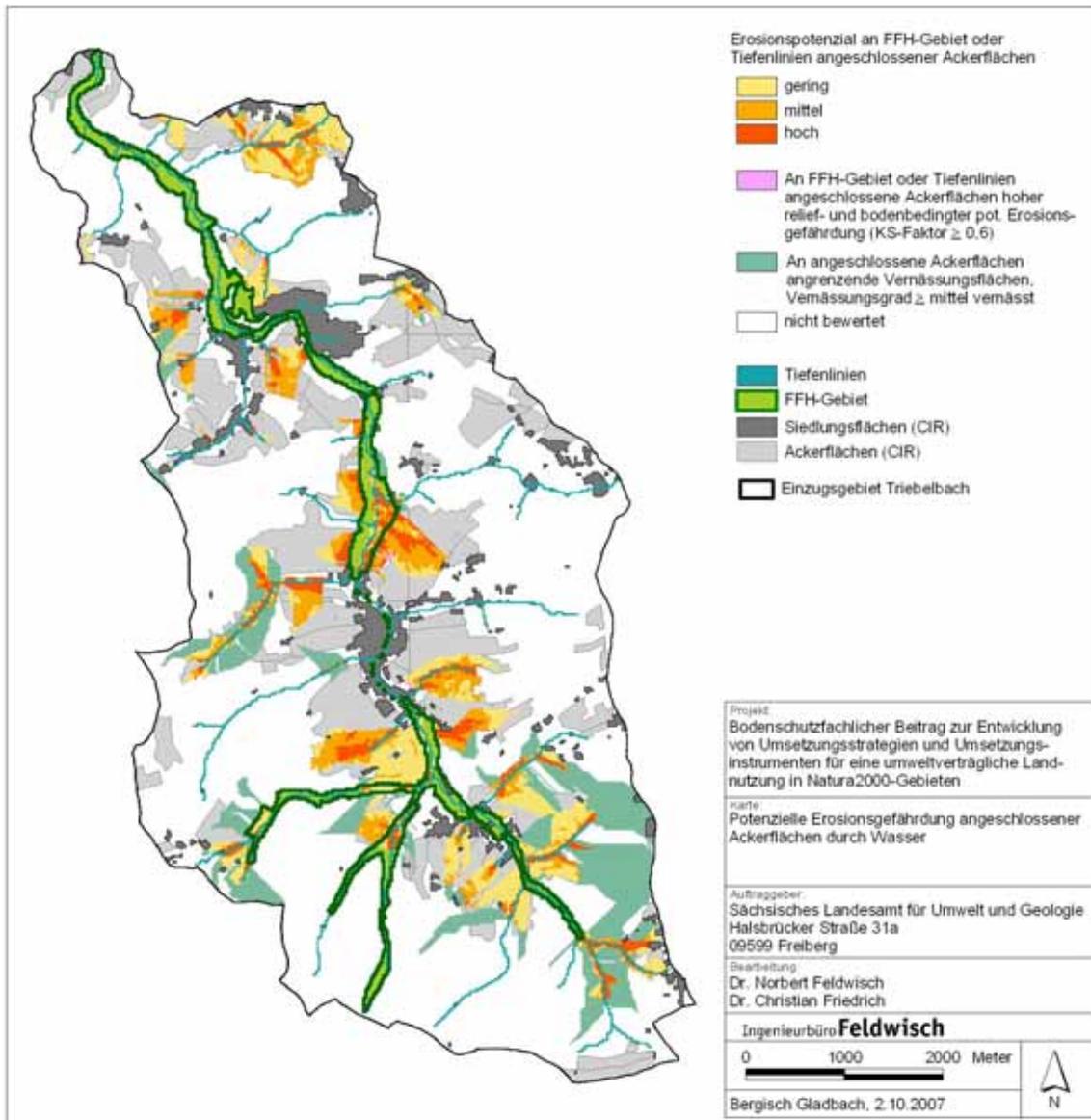
b) Über Tiefenlinien angeschlossene Ackerflächen [an_tief]

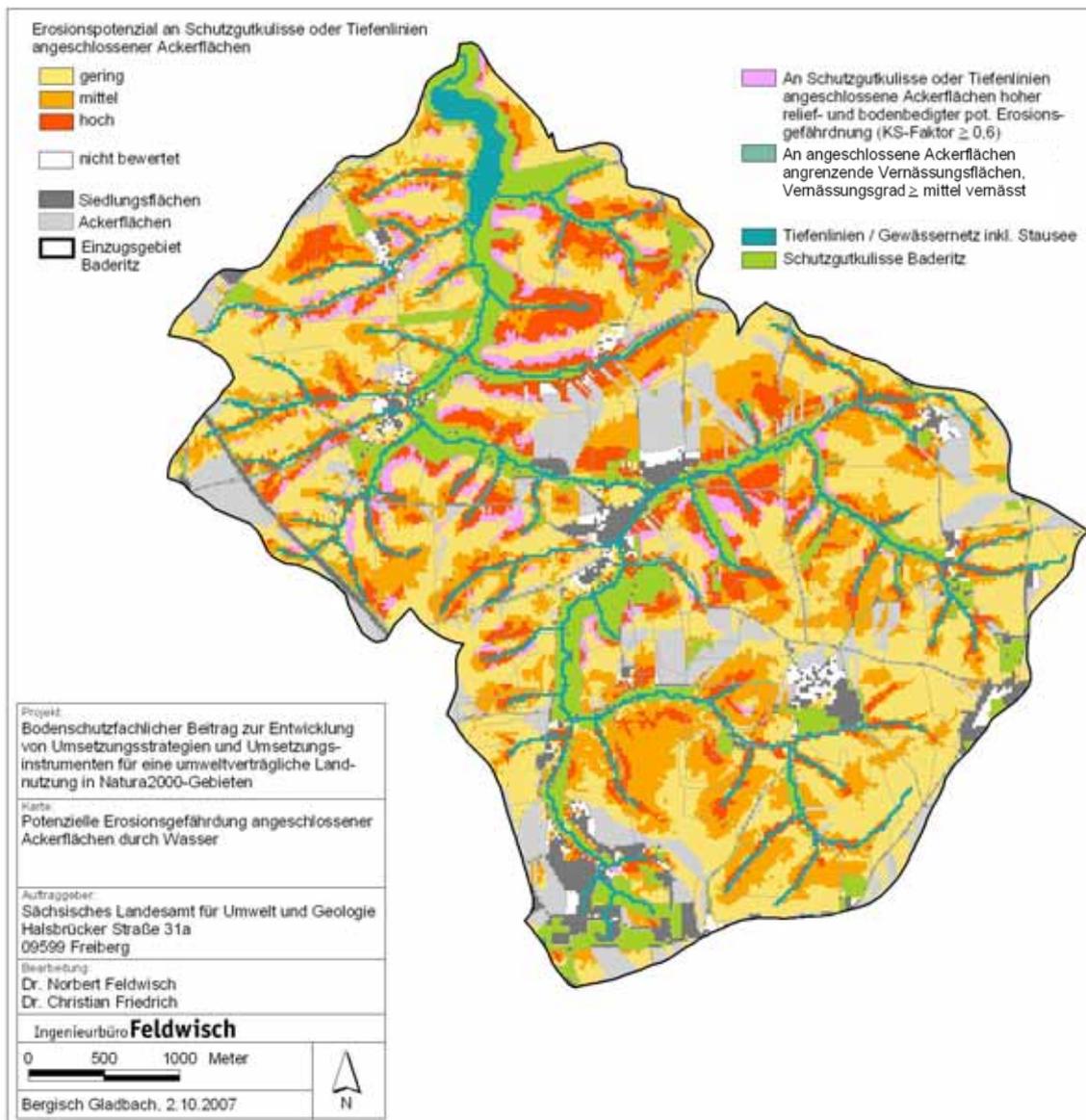


c) Ermitteln angeschlossener Vernässungsflächen als Hinweise auf pot. Fremdwasserzuflüsse [an_schutz], [an_tief], [epot_nass]



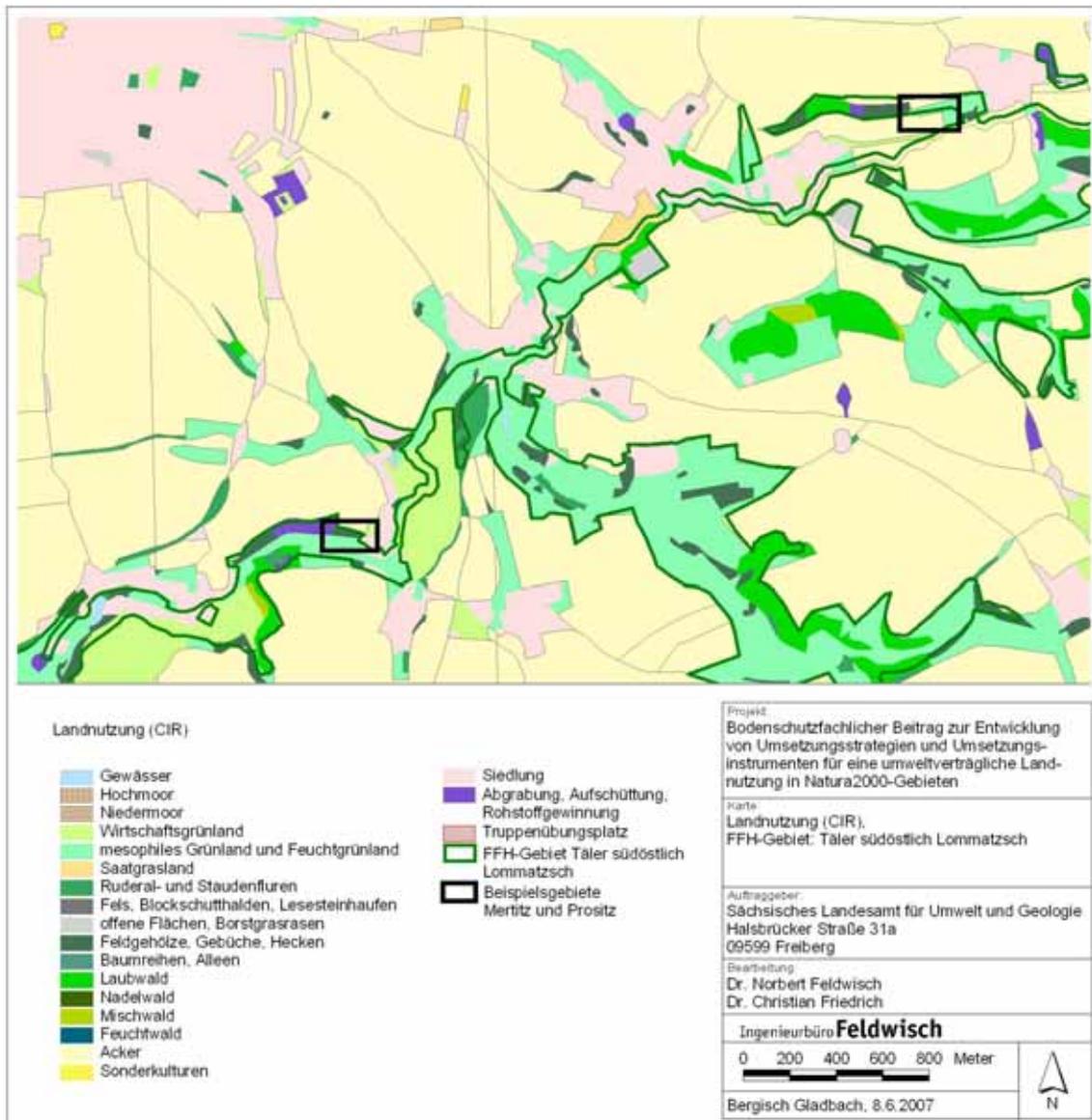
d) Aggregiertes Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung angeschlossener Ackerflächen mit KS-Faktor $\geq 0,6$ und potenzieller Fremdwasserzuflüsse von Vernässungsflächen [epot_ges]





Anwendungsbeispiel für die Bedeutung von KS-Faktor $\geq 0,6$ für die potenzielle Gefährdung von FFH-Gebieten, exemplarisch dargestellt am Ketzerbachtal / SCI „Täler südöstlich Lommatzsch“

Im Ketzerbachtal liegen in Hangbereichen LRT des Grünlandes, der Brachen sowie der Baumgruppen, Hecken und Gebüsche vor. In Teilbereichen werden Magerrasen und seltene Ausprägungen von Steppen-Trockenrasen angetroffen. Anhand von zwei kleinen Landschaftsausschnitten wird die Bewertung der potenziellen Erosionsgefährdung anhand der Parameter Erosion_{pot} und KS-Faktor dargelegt. Die Lage der beiden Beispielsstandorte ist in der nachfolgenden Nutzungskarte gekennzeichnet (schwarze Rahmen).



Westlich der Ortslage Prositz (auf der Nutzungskarte der rechte Rahmen) liegt an einer Geländestufe ein flächenhaftes Naturdenkmal (FND), das als Steppen-Trockenrasen eingestuft ist (Abb. 3–1). Dieser LRT ist sehr empfindlich gegenüber Nährstoffeinträgen. Oberhalb der Geländestufe wird Ackerbau auf lössbürtigen Böden betrieben. Zum FND hin kippt die Ackerfläche mit Hangneigungen zwischen ca. 5 bis 20 % steil ab. Der K-Faktor liegt bei 0,4. Die S-Faktoren schwanken zwischen 0,5 und 2,5. Im Resultat liegt der KS-Faktor für einen bis zu 100 m langen Ackerabschnitt oberhalb des FND in der Klasse $\geq 0,6$, so dass eine sehr hohe boden- und reliefbedingte Erosionsgefährdung bei ackerbaulicher Nutzung vorliegt. Dieser Sachverhalt hat in der Vergangenheit bereits zu der Anlage eines Grasfilterstreifens geführt (vgl. Abb. 3–2 und Abb. 3–3). Eine vergleichbare Situation liegt weiter westlich bei Mertitz vor, jedoch fehlt an dieser Stelle ein Filterstreifen (Abb. 3–4; linker Rahmen in der Nutzungskarte).

Die Ergebnisse der KS- und EZG-Klassifizierung sowie der Erosion_{pot}-Klassifizierung sind in den nachfolgenden Karten ersichtlich. Es wird deutlich, dass die oberhalb der Beispielsstandorte liegenden Ackerflächen auf Grund der geringen EZG zwar nur auf eine sehr kleine Fläche begrenztes hohes Erosion_{pot} (Prositz) bzw. kein Erosion_{pot} (Mertitz) aufweisen, aber durch sehr hohe KS-Werte $\geq 0,6$ gekennzeichnet sind.

Dieses Beispiel macht deutlich, dass neben dem Erosion_{pot} für die flächendeckende Bewertung noch der KS-Faktor für die Kennzeichnung von vergleichsweise kurzen, aber erosionsgefährdeten Ackerschlägen (KS $\geq 0,6$) notwendig ist. Die potenzielle Gefährdung der LRT an den Talflanken des Ketzerbaches durch die gekennzeichneten erosionsgefährdeten Ackerschläge mit KS $\geq 0,6$ erfordert angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Vermeidung bzw. Minderung der Bodenerosion, damit der Erhaltungszustand des sehr empfindlichen LRT gesichert werden kann.



Abb. 3–1: FND „Steppen-Trockenrasen“ an der Hangflanke des Ketzerbachtals westlich der Ortslage Prossitz (Foto: LfUG)



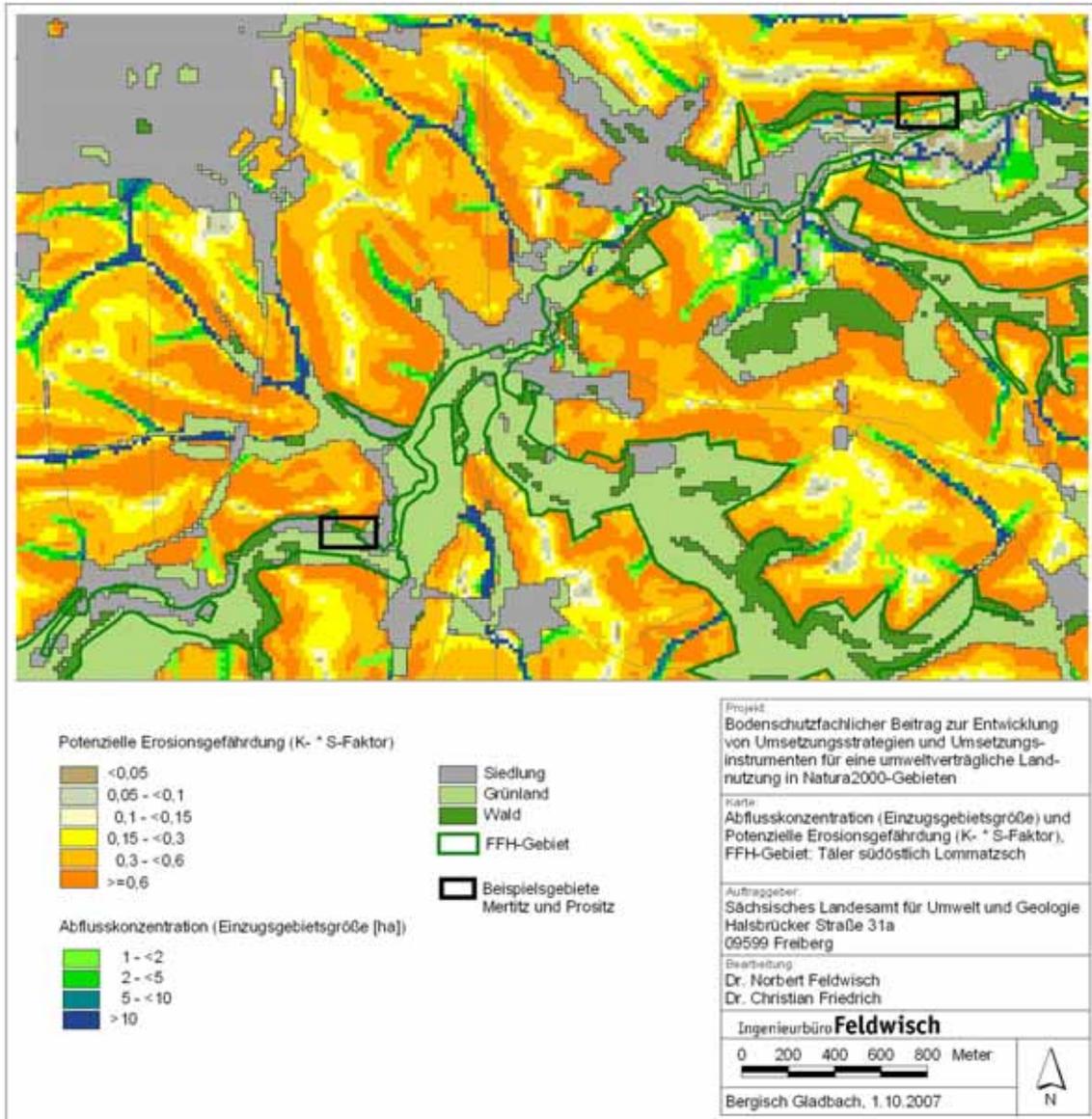
Abb. 3–2: Grasfilterstreifen oberhalb des FND „Steppen-Trockenrasen“ (Foto: LfUG)

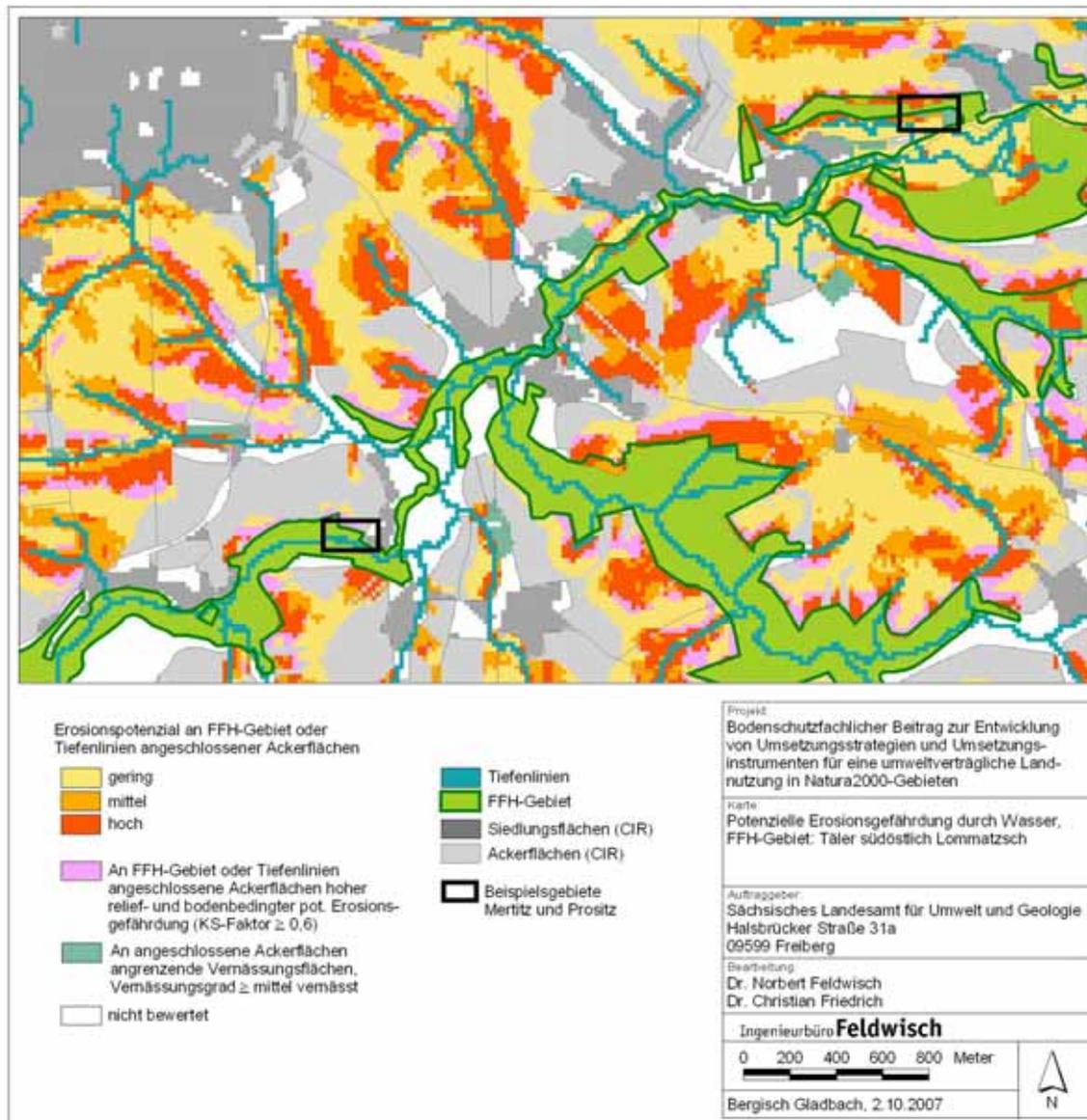


Abb. 3–3: Übergang vom Grasfilterstreifen zum FND „Steppen-Trockenrasen“ (Foto: LfUG)



Abb. 3–4: Übergang von der ackerbaulichen Nutzung zum SCI „Täler westlich Lommatzsch“ nordwestlich von Mertitz (Foto: LfUG)





3.1.6 Bei Bedarf: Ergänzende Anwendung von EROSION 2D/3D

Der Einsatz des Modells EROSION 3D (E3D) sollte aus Gründen der Aufwandsminimierung komplexen Einzelfällen vorbehalten bleiben, wenn beispielsweise sehr aufwändige oder umfangreiche Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der aktuellen Erosionsgefährdung notwendig erscheinen (vgl. SCHMIDT et al. 1996 u. 1999, SCHMIDT 2003). Im Vorfeld kann noch die Hangversion EROSION 2D (E2D) eingesetzt werden, die die Bodenerosionsprozesse für Hangabschnitte in zweidimensionaler Form modelliert. E2D/E3D beschreibt als ereignisbezogenes Modell die Erosionsprozesse zu einem konkreten Starkregenereignis, wobei die Boden- und Vegetationszustände in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Starkregens im Jahr zu parametrisieren sind.

Mit E2D/E3D können unterschiedliche Formen der Feldbestellung (Bodenbearbeitung mit oder ohne Pflug, Mulchsaat usw.) sowie variierende Feldzustände parametrisiert und in ihrer Wirkung in Bezug auf das simulierte Starkregenereignis abgeschätzt werden. Weiterhin können – nach entsprechender digitaler Aufbereitung und räumlicher Auflösung – die Wirkungen linearer Strukturen wie Feldwege, Hecken, wasserableitender Gräben etc. berechnet werden.

3.1.7 Empfindlichkeit von LRT und Arten gegenüber Stoff- und Sedimenteinträgen

Die Empfindlichkeiten der LRT und Arten gegenüber Stoff- und Sedimenteinträgen sind in den Tab. 3–4 und Tab. 3–5 zusammengefasst. Weitere textliche Erläuterungen können dem Materialband entnommen werden (Materialband Kap. 3, 9 und 10).

Tab. 3–4: Klassifizierung der Empfindlichkeit der FFH-LRT gegenüber Nährstoff- und Sedimenteinträgen

LRT-Code	LRT-Name	Empfindlichkeit
2310	Trockene Sandheiden auf Binnendünen	hoch
2330	Sandtrockenrasen auf Binnendünen	hoch
3130	Nährstoffärmere basenarme Stillgewässer	sehr hoch
3140	Oligo- bis mesotrophe, kalkhaltige Gewässer	sehr hoch
3150	Natürliche nährstoffreiche Seen und Altarme	mittel
3160	Dystrophe Stillgewässer	sehr hoch
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	hoch
3270	Flüsse mit Schlammhängen	hoch
4010	Feuchtheiden	sehr hoch
4030	Trockene Heiden	hoch
6110	Lückige, basophile oder Kalk-Pionierrasen	hoch
6130	Natürliche o. halbnatürliche Schwermetallrasen	mittel
6210	Naturnahe Kalk-Trockenrasen	sehr hoch
6230	Artenreiche Borstgrasrasen	sehr hoch
6240	Subpannonische Steppen-Trockenrasen	sehr hoch
6410	Pfeifengraswiesen	sehr hoch
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	mittel
6440	Brenndolden-Auwiesen der Stromtäler	mittel
6510	Magere Flachland-Mähwiesen	mittel
6520	Artenreiche Bergmähwiesen	mittel
7110	Lebende Hochmoore	sehr hoch
7120	Regenerierbare geschädigte Hochmoore	sehr hoch
7140	Übergangs- und Schwinggrasmoore	sehr hoch
7150	Torfmoor-Schlenken	sehr hoch
7210	Kalkreiche Sümpfe	sehr hoch

LRT-Code	LRT-Name	Empfindlichkeit
7220	Kalktuffquellen	sehr hoch
7230	Kalkreiche Niedermoore	sehr hoch
8310	Nicht touristisch erschlossene Höhlen	-
9110	Hainsimsen-Buchenwald	hoch
9130	Waldmeister-Buchenwald	gering
9160	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald	gering
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald	gering
9180	Schlucht- und Hangmischwald	gering
9190	Alte, bodensaure Eichenwälder (Sandebenen)	hoch
9410	Montane bis alpine, bodensaure Fichtenwälder	hoch
91D0	Moorwälder	sehr hoch
91E0	Erlen-/Eschenwald und Weichholzaunenwald	mittel
91F0	Eichen-Ulmen-Eschen-Auenwald	mittel
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	sehr hoch
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	hoch

**Tab. 3–5: Klassifizierung der Empfindlichkeit FFH-Arten gegenüber Nährstoff- und Sedi-
menteinträgen**

Arten	Empfindlichkeit
Farn-/Samenpflanzen Scheidenblütgras	sehr hoch
Moose Grünes Besenmoos Firnisländisches Sichelmoos	gering sehr hoch
Säugetiere Biber	gering
Amphibien Rotbauchunke Kammolch	hoch hoch
Fische und Rundmäuler Groppe Schlammpeitzger Bitterling Bachneunauge	hoch mittel-hoch mittel sehr hoch
Schmetterlinge Skabiosen-Scheckenfalter Spanische Flagge Großer Feuerfalter Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	hoch mittel mittel mittel-hoch mittel-hoch
Libellen Große Moosjungfer Grüne Keiljungfer	mittel hoch
Weichtiere Gemeine Bachmuschel Schmale Windelschnecke Bauchige Windelschnecke Flussperlmuschel	sehr hoch hoch hoch sehr hoch

3.1.8 Ableiten von Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion durch Wasser

Die Bewirtschaftung von Ackerflächen übt einen starken Einfluss auf die tatsächliche Erosionsgefährdung aus. Entscheidend ist insbesondere die Auswahl der Fruchtfolge sowie der Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren. Grundsätzlich gilt, je länger die Ackerkrume durch Pflanzenbestände vor dem direkten Aufprall von Regentropfen geschützt ist, je geringer die Bodenbearbeitungsintensität ist und je höher die Humusversorgung und Mulchbedeckung des Bodens durch Ernterückstände ist, um so geringer ist die bewirtschaftungsbedingte Erosionsgefährdung.

Zu bewerten ist demnach das gesamte Anbausystem mit seinen langjährigen Wirkungen auf das Bodengefüge und das Bodenleben. Ein gutes Bodengefüge mit regem Bodenleben bewirkt eine geringe Anfälligkeit des Bodens gegen Verschlammung und Ablösung und fördert zudem die Wasserinfiltration. Daraus resultiert eine geringere Erosionsanfälligkeit.

Einen guten Schutz vor Bodenerosion auf Ackerflächen bieten konservierende, nichtwendende Bodenbearbeitungsverfahren, die zugleich mit Mulchsaatverfahren kombiniert werden. Bei der Mulchsaat ist eine Bodenbedeckung in Höhe von 30 % und höher anzustreben, um den Boden in der Zeit der Bestandsentwicklung ausreichend vor dem Regentropfenaufrall zu schützen. Dazu muss die Bodenbearbeitung zur Bestellung möglichst flach mit geringer Intensität erfolgen. Direktsaatverfahren schützen den Boden am effektivsten vor Erosion.

Demgegenüber stehen die konventionellen Bodenbearbeitungsverfahren, die den Boden mit dem Pflug wenden und einen „reinen Tisch“ hinterlassen, das heißt keinerlei Erntereste auf der Bodenoberfläche zurücklassen. Bei solchen Verfahren wird der Boden nach der Aussaat nicht vor Verschlammung und Bodenabschwemmung geschützt.

Im Hinblick auf die Erosionsgefährdung sind insbesondere die Phasen geringer Bodenbedeckung durch Pflanzenaufwuchs kritisch, also die Zeitspanne zwischen Ernte / Grundbodenbearbeitung und Neuansaat. Fällt diese Zeitspanne zudem noch in die Monate April bis September, in der erosive Starkregen vermehrt auftreten, dann liegt eine hohe Erosionsgefährdung vor. Dieser Zusammenhang begründet auch den Unterschied zwischen spät gesäten Sommerfrüchten wie Mais und Rüben und Winterfrüchten; weil die Jugendentwicklung der Hackfrüchte in Zeiten hoher Erosivität der Niederschläge liegt, sind diese Kulturen besonders erosionsgefährdet.

Die relativen Unterschiede der Erosionsanfälligkeit einzelner Ackerfrüchte lassen sich gut mit Hilfe des C-Faktors der ABAG verdeutlichen (Abb. 3–5). Während z. B. Mais, Rüben und Kartoffeln bei konventioneller Bodenbearbeitung und Bestellung sehr hohe relative Bodenabträge aufweisen, zeichnen sich die Druschfrüchte durch deutlich geringere Werte aus. Bei allen Ackerfrüchten kann die Erosionsgefährdung nochmals sehr stark durch konservierende Bodenbearbeitungsverfahren inkl. Mulchsaat bzw. durch Direktsaat verringert werden.

Die Wirksamkeit der konservierenden Bodenbearbeitung und Mulchsaat ist sehr stark von der tatsächlichen Bodenbedeckung durch Mulch nach der Saat abhängig. Als Schwellenwert einer gut gelungenen Mulchsaat wird im Allgemeinen ein Bedeckungsgrad von minimal 30 % angesetzt (vgl. u. a. FRIELINGHAUS et al. 1997 u. 1998). Aus diesem Grund darf auch bei konservierenden Verfahren die Bodenbearbeitung zur Bestellung nicht zu intensiv und zu tiefgreifend erfolgen, um ausreichend Mulchmaterial an der Bodenoberfläche zu belassen. Andernfalls ist der Schutz vor Bodenerosion eingeschränkt oder versagt vollständig. Abb. 3–6 und Abb. 3–7 vermitteln einen Eindruck, wie eine ungenügende Schutzwirkung der Mulchauflage zu Erosionserscheinungen auf Mais- bzw. Zuckerrüben-Mulchsaatflächen führen kann.

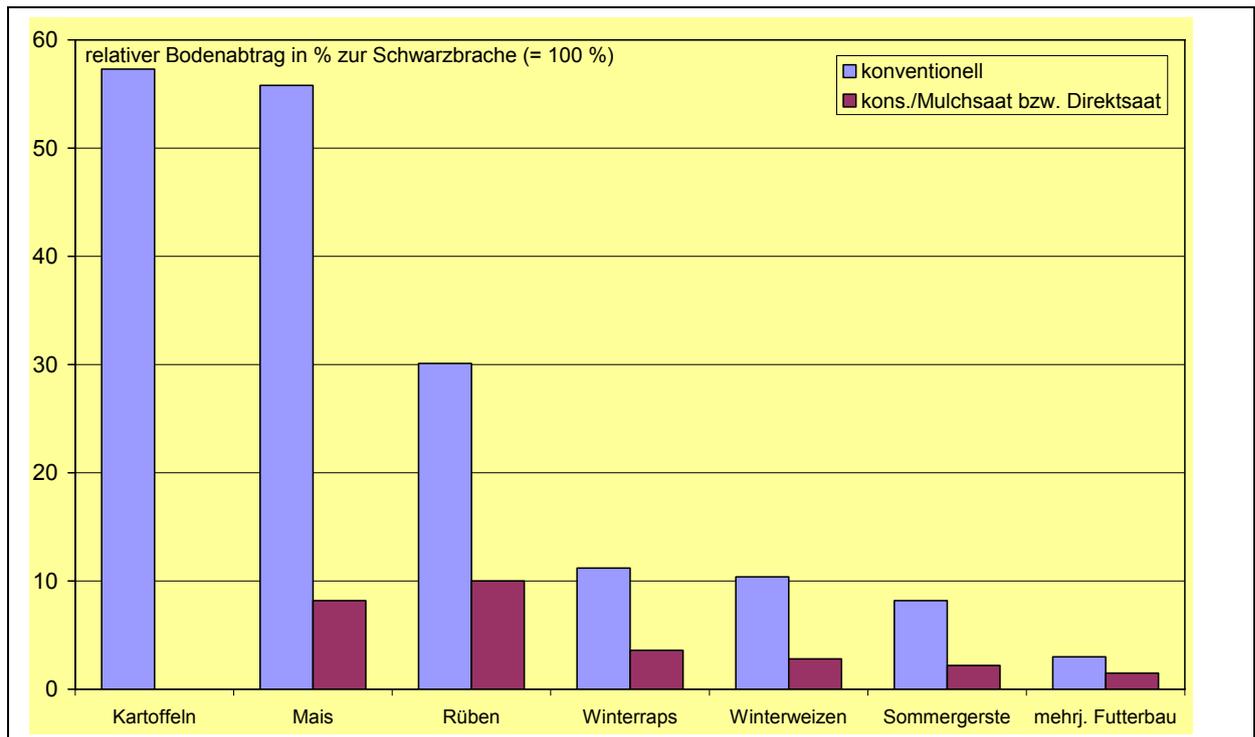


Abb. 3–5: Relative Bodenabträge einzelner Ackerfrüchte im Vergleich zur Schwarzbrache auf der Basis von C-Faktoren der ABAG für Nordrhein-Westfalen (LWK NRW 2007)

Im Zuge der einfachen Erfassung und Bewertung der standörtlichen und bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung wird zumeist keine modellgestützte Abschätzung der Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsverfahren auf die tatsächliche Erosionsgefährdung notwendig sein. Anhand vorliegender Erkenntnisse zur Auswirkung einzelner Bewirtschaftungsverfahren auf das Erosionsgeschehen, die sich auf Praxiserfahrungen und Modellierung mit E3D stützen, können Regelfallgestaltungen für notwendige Schutzmaßnahmen bei unterschiedlichen potenziellen Erosionsgefährdungen aufgestellt werden (Kap. 3.1.8). In komplexeren Fällen kann unterstützend eine Modellierung zum Beispiel mit E2D oder E3D vorgenommen werden (Kap. 3.1.6).



Abb. 3–6: Bodenerosion durch Wasser auf einer Mais-Mulchsaatfläche im Frühsommer 2007 in sächsischem Lössgefilde (Fotos: LfUG)

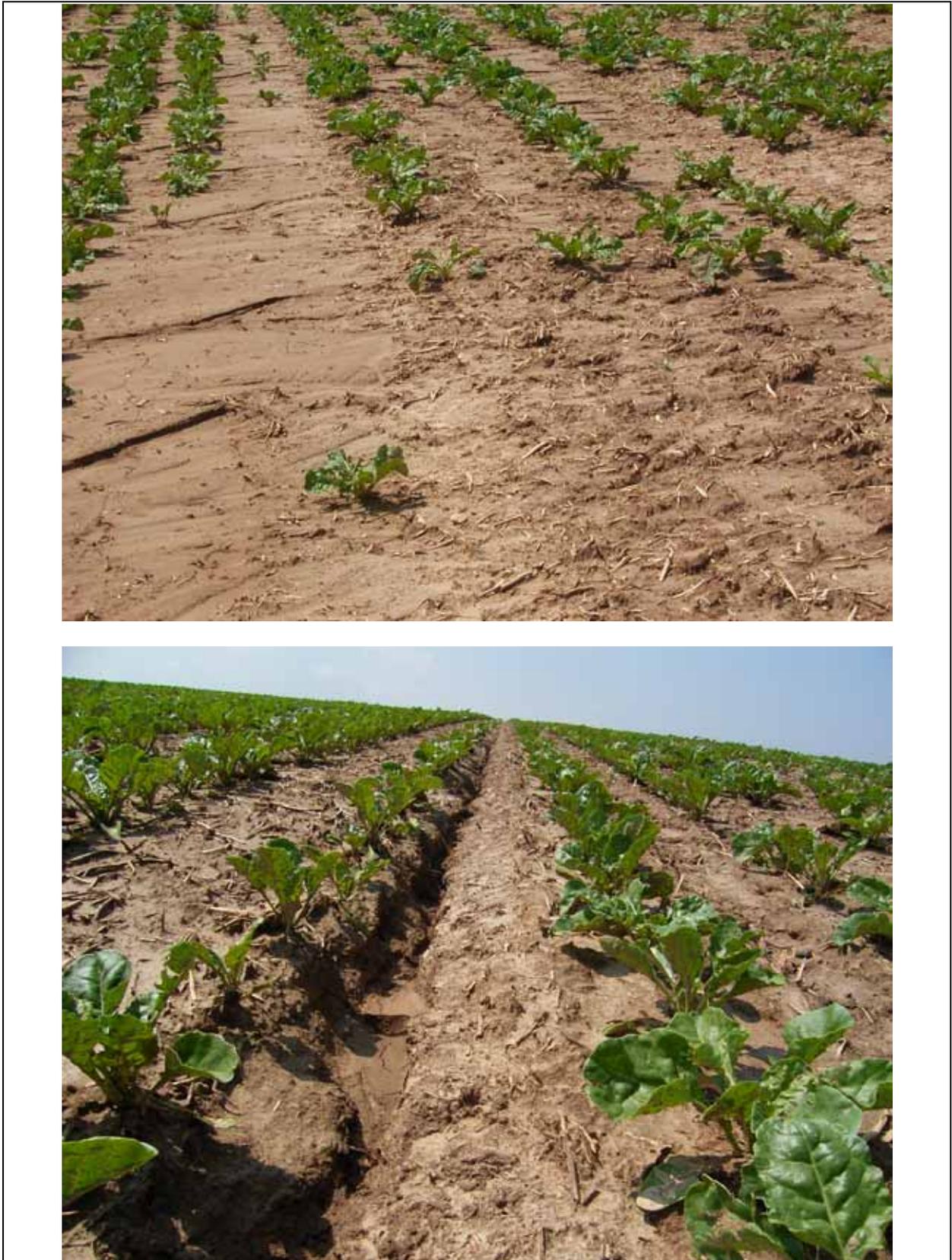


Abb. 3–7: Bodenerosion durch Wasser auf einer Zuckerrüben-Mulchsaatfläche im Frühsommer 2007 in sächsischem Lössgefilde (Fotos: LfUG)



Abb. 3–8: Gut gelungene Mais- und Zuckerrüben-Mulchsaaten (Fotos: LfL)

Für die **Erstellung von FFH-MaP** bietet sich folgende Verknüpfung des $Erosion_{pot}$ und der Empfindlichkeiten der Schutzgüter an, um angemessene Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minderung der Bodenerosion durch Wasser zu ermitteln. Für jede Einzelfläche der FFH-LRT und Habitats liegt aus der Kombination der potenziellen Erosionsgefährdung des oberirdischen bzw. hydrologischen Einzugsgebietes und der Empfindlichkeit eine flächenbezogene Klassifizierung des Gefährdungspotenzials durch erosive Nährstoff- und Sedimenteinträge vor (Tab. 3–6). Die entsprechenden Wertstufen des Gefährdungspotenzials von FFH-Schutzgütern sind in Tab. 3–7 aufgeführt.

Tab. 3–6: Klassifizierung des Gefährdungspotenzials des Schutzgutes durch erosive Nährstoff- und Sedimenteinträge

		Empfindlichkeit des Schutzgutes				
		keine	geringe	mittlere	hohe	sehr hohe
Erosion _{pot}	0: kein bis sehr geringes	kein	kein	kein	geringes	geringes
	1: geringes	kein	geringes	geringes	mittleres	mittleres
	2: mittleres	kein	geringes	mittleres	mittleres	hohes
	3: hohes	kein	mittleres	mittleres	hohes	sehr hohes
	4: sehr hohes	kein	mittleres	hohes	sehr hohes	sehr hohes

Tab. 3–7: Wertstufen des Gefährdungspotenzials des Schutzgutes nach Tab. 3–6

Gefährdungspotenzial	Wertstufe
kein	0
geringes	1
mittleres	2
hohes	3
sehr hohes	4

Anhand der Einstufung des Gefährdungspotenzials nach Tab. 3–6 bzw. Tab. 3–7 können als Regelfallgestaltungen Maßnahmengruppen zur Vermeidung und Verringerung der Erosionsgefährdung aufgestellt werden, die den Handlungsbedarf anhand des Gefährdungsausmaßes bestimmen (Tab. 3–8). Diese Regelfallgestaltungen zu angepassten Maßnahmengruppen sind mit Vor-Ort-Kenntnissen und der aktuellen Landnutzung abzugleichen, um

3.2 Winderosion

Stoff- (Nähr- und Schadstoffe, Pflanzenschutzmittel) und Sedimenteinträge in NATURA2000-Gebiete können auch durch Winderosion verursacht werden. Diese potenzielle Beeinträchtigung von Lebensraumtypen hängt von der Empfindlichkeit des zu bewertenden Lebensraumtyps und standörtlichen sowie nutzungsbedingten Einflussfaktoren ab. Wie bei der Wassererosion sind auch potenzielle Beeinträchtigungen aus dem Umfeld der NATURA2000-Gebiete zu berücksichtigen.

Das Ausmaß der Winderosion von Böden wird von den Bodeneigenschaften, der Landnutzung und den Klimaverhältnissen bestimmt. Insbesondere feinsandige Böden neigen zur Winderosion, wenn geringe Bodenfeuchten, geringe Bodenbedeckung und hohe Windgeschwindigkeiten zusammentreffen. In Sachsen tritt Winderosion im Vergleich zur Wassererosion im geringeren Umfang auf.

3.2.1 Einfache Bewertung der Winderosionsgefährdung von Ackerflächen

Eine vereinfachte Bewertung der Winderosionsgefährdung von Ackerflächen kann nach DIN 19706 mit Hilfe der Bodenart und der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit vorgenommen werden (LfUG 2007).

Diese einfache Bewertung der potenziellen Winderosionsgefährdung zeigt, dass ca. 16 % aller Ackerflächen ein mittleres bis sehr hohes Gefährdungspotenzial aufweisen. Das sind ca. 6 % der Landesfläche, wobei ein sehr hohes Gefährdungspotenzial und Ackerland nur auf 0,6% der Landesfläche auftreten. Potenziell gefährdete Böden treten vorwiegend in den nördlichen Altmoränenlandschaften auf sandigen Substraten auf (Abb. 3–10).

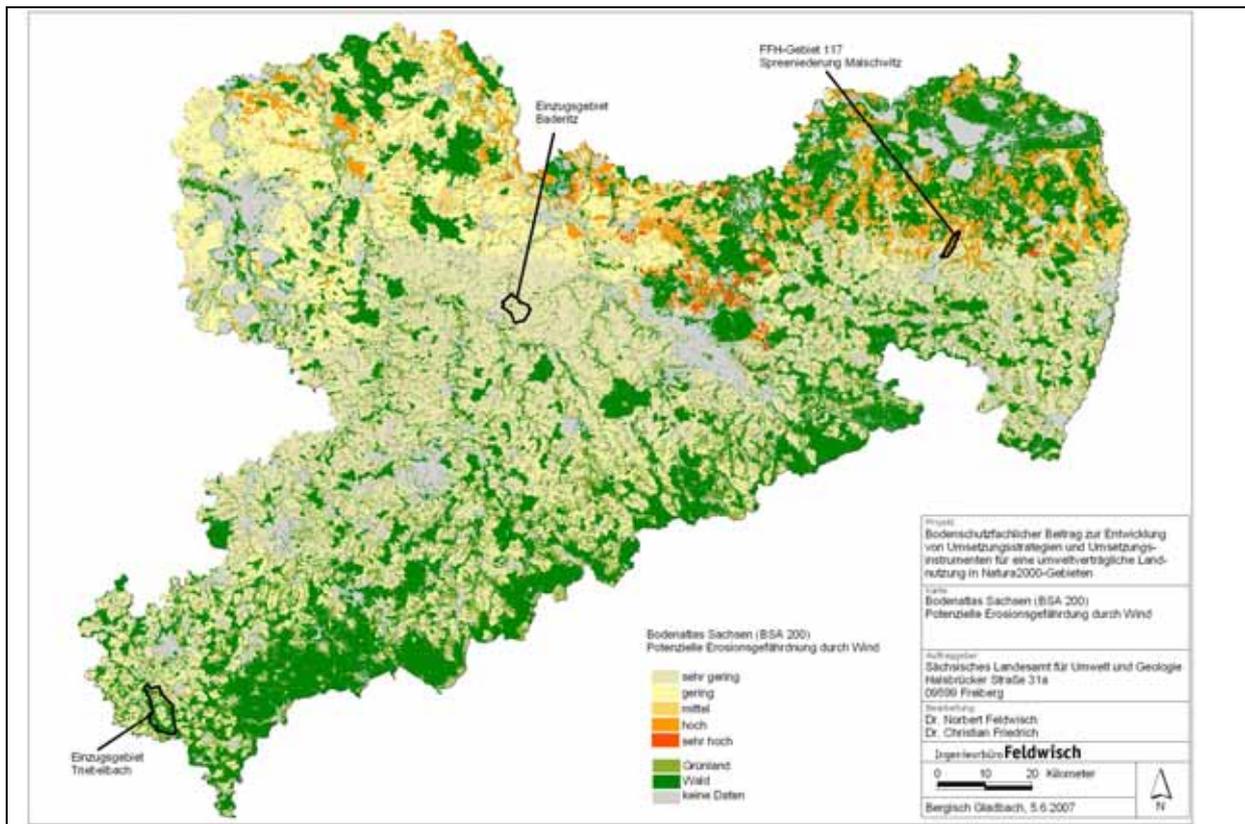


Abb. 3–10: Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind auf Ackerstandorten (LfUG 2007)

Die Bewertung nach DIN 19706 gibt nur Hinweise auf großräumige Unterschiede, weil die zu Grunde liegenden Boden- und Klimadaten nur eine geringe räumliche Auflösung aufweisen. In Gebieten mit potenziellen standörtlichen Gefährdungen sind zur Verifikation weitere Informationen heranzuziehen (siehe Hinweise weiter unten). Umgekehrt kann in Gebieten ohne potenzielle standörtliche Gefährdungen im Regelfall davon ausgegangen werden, dass keine Gefährdungen vorliegen und somit auch keine weiteren Erfassungsschritte vorgenommen werden müssen.

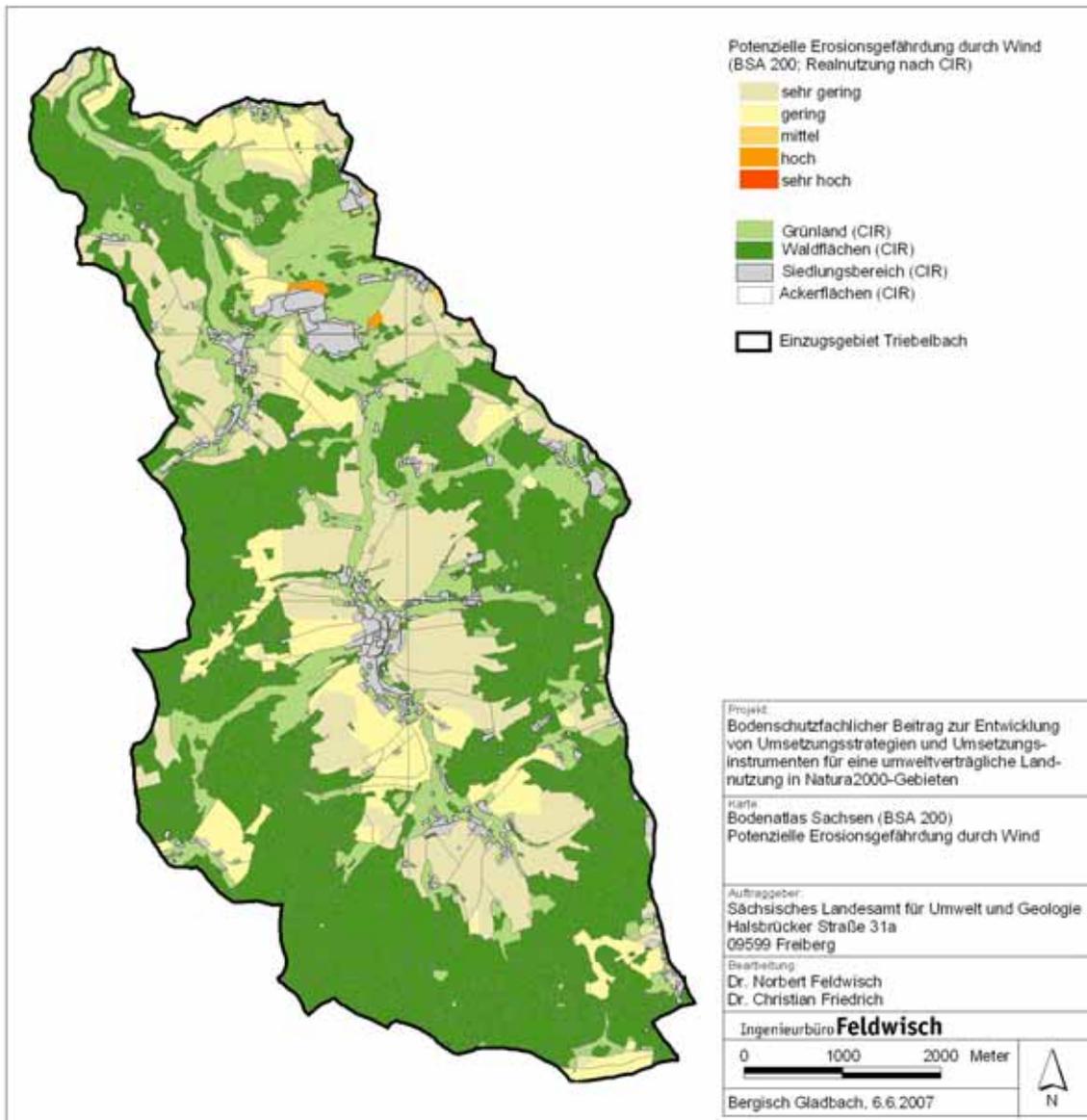
Kurzinformationen zum Ermitteln des Erosionspotenzials durch Wind

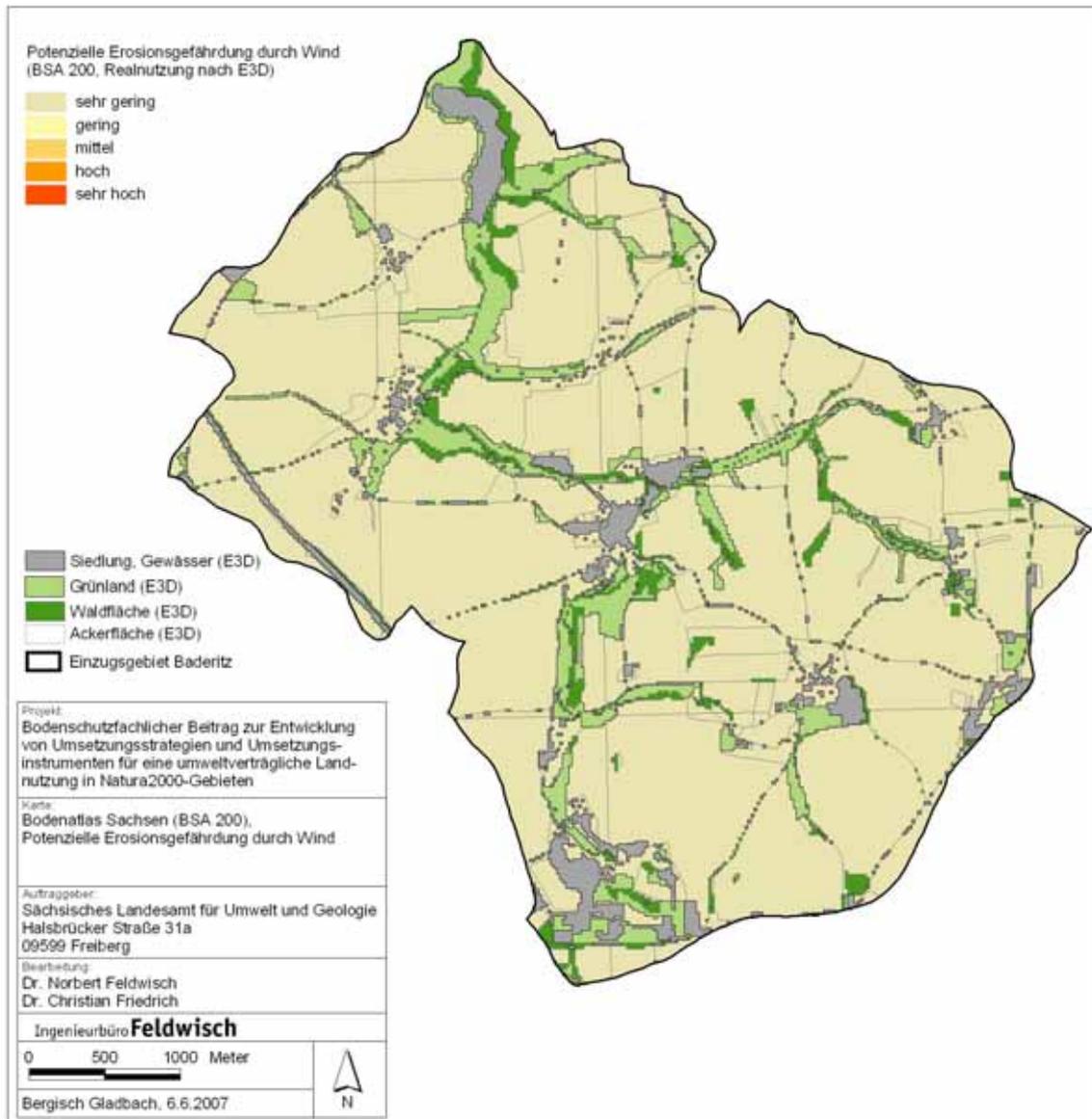
Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
potenzielle Gefährdung durch Winderosion	<ul style="list-style-type: none"> • Erodierbarkeit des Bodens durch Wind • mittlere Windgeschwindigkeit 	Bodenatlas * (LfUG 2007)	–

* Auswertung liegt landesweit vor und kann beim LfUG abgefragt werden.

Anwendungsbeispiele

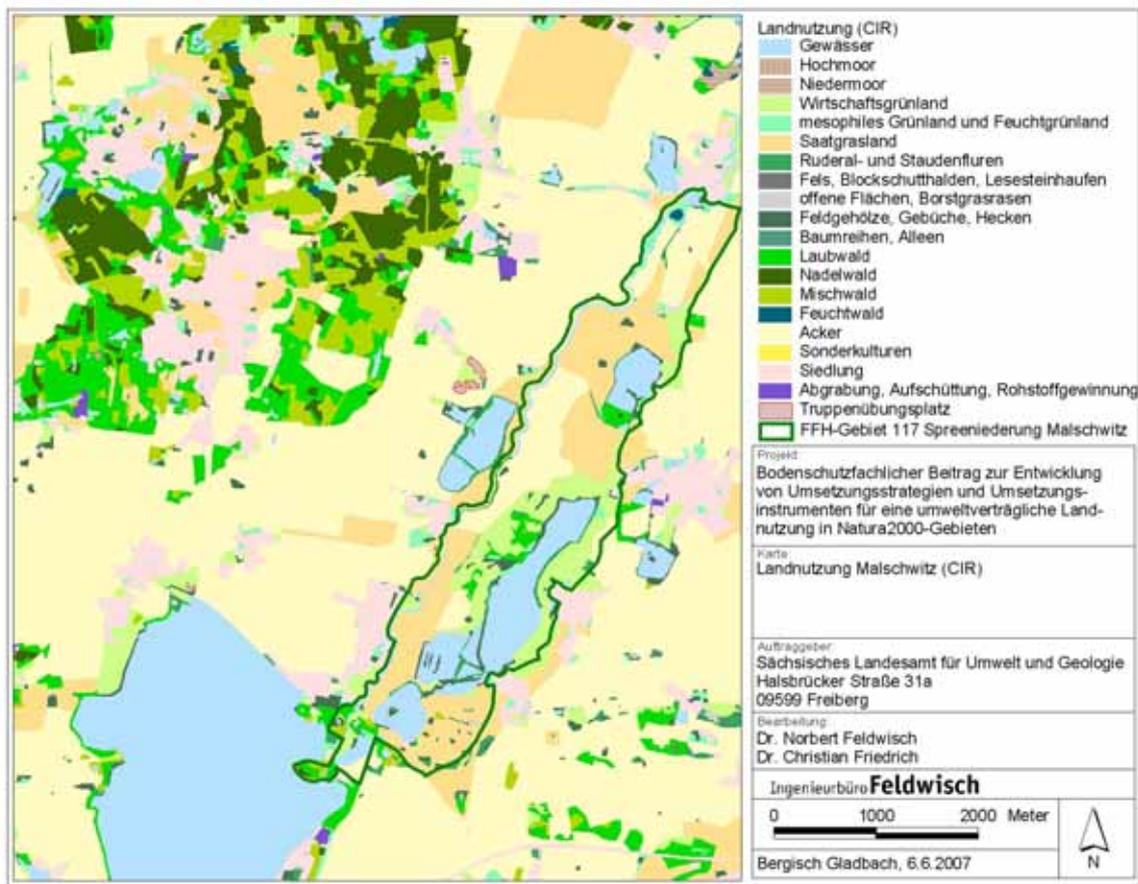
In den beiden Beispielsgebieten „Triebelbachtal“ und „Baderitz“ ist von keiner potenziellen Erosionsgefährdung durch Wind auszugehen, wie die nachfolgenden Karten belegen. Die kleinen Flächenanteile mit hoher potenzieller Gefährdung im Triebelbachtal beruhen auf den in der BÜK200 ausgewiesenen sandigen Substraten. Unabhängig vom körnungsabhängigen Gefährdungspotenzial wird die tatsächliche Gefährdung dieser Flächen unter Berücksichtigung der Nutzungsstruktur sehr gering sein.

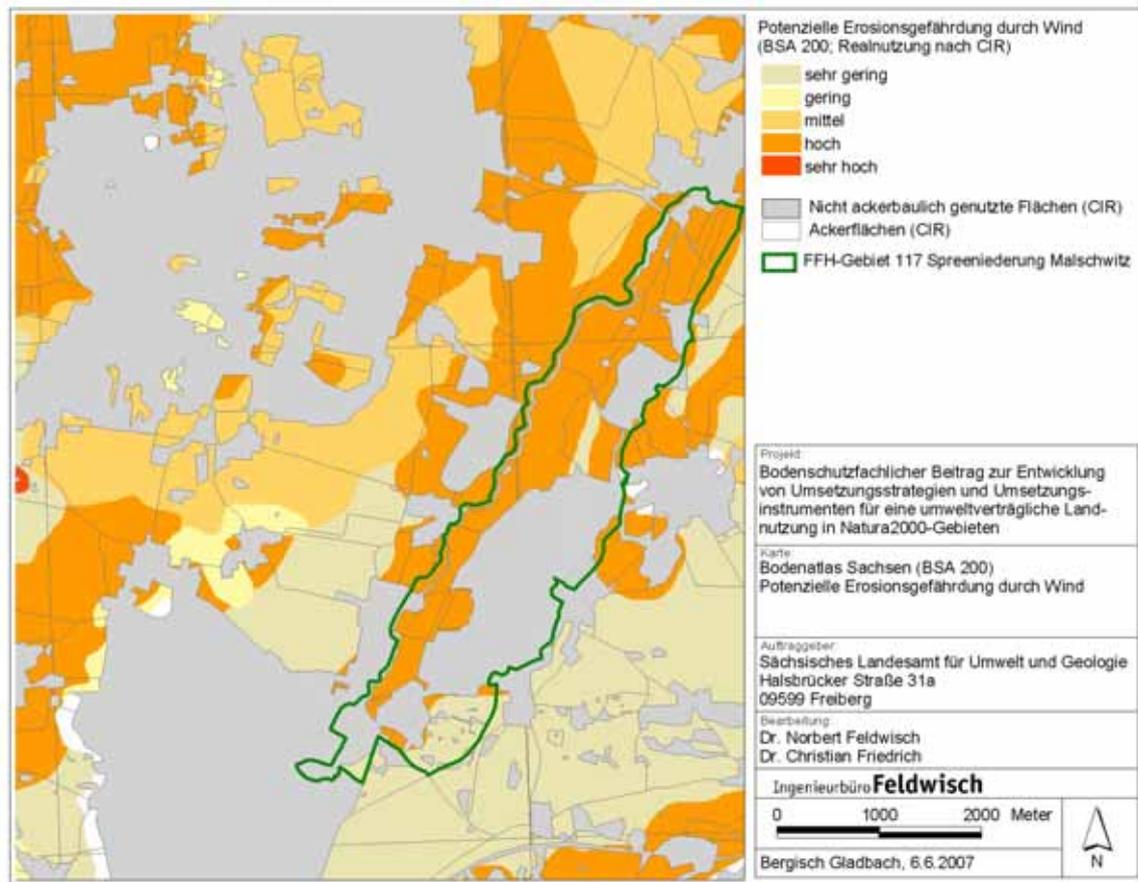




Im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Beispielsgebieten liegt das FFH-Gebiet 117 „Spreeniederung Malschwitz“ im potenziell durch Winderosion gefährdeten nördlich gelegenen Teil Sachsens (vgl. Abb. 3–10).

Die Nutzung und potenzielle Winderosionsgefährdung im Umfeld des FFH-Gebietes 117 geht aus den nachstehenden Karten hervor. Die Kombination von ausgedehnten Ackerflächen innerhalb und außerhalb des FFH-Gebietes sowie mittlerer bis hoher potenzieller Erosionsgefährdung deutet auf eine erhöhte tatsächliche Erosionsgefährdung durch Wind hin. Diese erste Einschätzung der tatsächlichen Erosionsgefährdung ist durch ergänzende Erhebungen zu verifizieren (siehe Hinweise weiter unten).





3.2.2 Hinweise zur Verifizierung der einfachen Einstufung der Erosionsgefährdung durch Wind

Die Winderosion wird durch nachstehende Faktoren beeinflusst (vgl. BREBURDA 1983, FRIELINGHAUS et al. 1997 u. 1998):

- Windgeschwindigkeit
- Windoffenheit der Landschaft
- Erodierbarkeit der Bodenart durch Wind
- Vernässungsgrad des Bodens
- Bodenbedeckung

Winderosion tritt insbesondere ab folgenden Schwellenwerten auf:

- Windgeschwindigkeit: > 5-6 m/s
- Erodierbarkeit der Bodenart: bevorzugt Feinstsand und degradierte Moorböden
- Windoffenheit: > 300 m Abstand zwischen den Windhindernissen, gemessen quer zur Hauptwindrichtung
- Bodenbedeckung: < 30 %

Auch die Bodenfeuchte beeinflusst die Erodierbarkeit der Böden durch Wind. Nur bei einer abgetrockneten Bodenoberfläche kann Winderosion einsetzen. Bei feuchten oder nassen Bodenoberflächen tragen die „Wasserbrücken“ zwischen den Einzelkörnern zu einer Stabilisierung der Bodenoberfläche bei, so dass keine Ablösung durch Wind erfolgen kann. Verstärkt wird die potenzielle Winderosionsgefährdung, wenn ehemals vernässte Standorte durch Entwässerungsmaßnahmen vom Einfluss des Grund- oder Stauwassers befreit werden, weil dann die Bodenoberfläche schneller abtrocknet und leichter durch Wind erodiert wird.

Zur Qualifizierung der einfachen Bewertung anhand der Erodierbarkeit der Böden durch Wind und der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (Abb. 3–10) können folgende Kriterien zur Beurteilung der tatsächlichen Winderosionsgefährdung herangezogen werden:

- degradierte Moorböden unter Ackernutzung
- Vernässungsgrad der Mineral- und Moorböden hoher substratbedingter Erodierbarkeit
- Ackerflächenanteil auf Böden hoher Erodierbarkeit
- Windoffenheit: Abstand zwischen Windhindernissen / Landschaftsstrukturelementen; Lage der Hindernisse zur Hauptwindrichtung¹⁰; Dichte bzw. Durchblasbarkeit und Höhe der Windhindernisse

Anhand der vorgenannten Kriterien sind potenzielle Beeinträchtigungen von NATURA2000-Gebieten zu bewerten. In Gebieten mit feinsandigen, nicht vernässten Mineralböden und degradierten Moorböden unter Ackernutzung sind Beeinträchtigungen möglich, wenn die Landschaft gleichzeitig windoffen ist, also nicht durch Landschaftsstrukturelemente ausreichend gegliedert ist.

Die Empfindlichkeit von NATURA2000-Gebieten gegenüber Stoff- und Sedimenteinträgen auf Grund von Winderosion ist anhand des Erhaltungszustandes und der Lebensraumanprüche der schutzwürdigen Arten abzuschätzen. Grenzen NATURA2000-Gebiete in Regionen mit potenzieller Winderosionsgefährdung unmittelbar an Ackerflächen und weisen gleichzeitig bereits Beeinträchtigungen auf Grund von Stoff- und Sedimenteinträgen durch Winderosion auf oder sind solche auf Grund von Nutzungswandel zu erwarten, dann sind Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen notwendig.

3.2.3 Hinweise zum Schutz vor Bodenerosion durch Wind

Als zentrale Maßnahmen gegen Winderosion sind konservierende Bodenbearbeitung und die Gewährleistung hoher Bodenbedeckungsgrade zu benennen. Die konservierende Bodenbearbeitung trägt zur Gefügestabilisierung bei, so dass die Erodibilität des Bodens durch

¹⁰ Winderosion tritt vor allem bei geringen Bodenbedeckungsgraden im Frühjahr vor der dichten Bestockung der Ackerkulturen oder nach der Ernte im (Spät-)Sommer auf. Wenn zu diesen Zeiten die Windrichtung von der Hauptwindrichtung abweicht, dann empfiehlt sich die Ausrichtung der Windschutzpflanzungen an dieser abweichenden Windrichtung.

Wind sinkt. Hohe Bodenbedeckungsgrade beruhigen das bodennahe Windfeld. Dabei sind hohe Bodenbedeckungsgrade nur zu Zeiten geringer Bodenfeuchten (Frühsommer bis Herbst) notwendig, weil nasse und feuchte Böden nicht durch Winderosion gefährdet sind. Bedeckungsgrade ab 30 % bieten im Regelfall ausreichenden Schutz vor Winderosion.

Ergänzend zu Maßnahmen der Bodenbearbeitung und Bodenbedeckung auf den Ackerflächen können auch Maßnahmen der Flurgestaltung notwendig sein. Die erosionsmindernde Wirkung von Landschaftsstrukturelementen und Wald beruht zum einen darauf, dass das Windfeld in Bodennähe beruhigt, das heißt, die Windgeschwindigkeit und damit die Transportkraft und -kapazität des Windes herabgesetzt wird. Zum anderen sedimentiert in diesen Strukturen der bodennahe Abtrag (kriechende und springende Bodenpartikel), so dass die für Winderosion charakteristische Kettenreaktion unterbrochen wird. Mit zunehmendem Abstand vom Windhindernis nimmt die Wirkung ab, so dass die Winderosion wieder einsetzen kann.

Die Lage der Landschaftsstrukturelemente zur Hauptwindrichtung (am effektivsten sind Strukturen im Rechten Winkel zur Hauptwindrichtung¹¹) sowie die Dichte bzw. „Durchblasbarkeit“ und Höhe der Landschaftsstrukturelemente bestimmen die erosionsmindernde Wirkung (BREBURDA 1983).

Durch Windschutzhecken in Abstand von rund 300 bis 400 m wird der Winderosion vorgebeugt. Heckenbegleitende Ackerrandstreifen vor allem im Lee der Hecken erfüllen gleichzeitig landschaftsökologische und landwirtschaftliche Funktionen.

Wenn Windschutzpflanzungen zur Erhaltung oder Wiederherstellung von NATURA2000-Gebieten notwendig sind, dann sollten sie vorwiegend an den Grenzen der Ackerschläge angelegt werden, um die Bewirtschaftung so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Dabei sind die reale Flureinteilung und die Bearbeitungsrichtung zu berücksichtigen.

Eine starre Ausrichtung der Windschutzpflanzungen im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung ist im Regelfall bei den gegebenen Bewirtschaftungsstrukturen nicht möglich oder würde unwirtschaftliche Schlaggeometrien verursachen. In solchen Fällen kann es notwendig sein, mit Hilfe einer Flurneuordnung die naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Belange soweit wie möglich in Einklang zu bringen. Die konkrete Flurgestaltung ist anhand der Bedingungen des Einzelfalls mit den Beteiligten abzustimmen.

¹¹ Vgl. Fußnote 10.

4 Potenzielle Stoffeinträge über unterirdischen Wasserzustrom

Stoffeinträge über unterirdischen Wasserzustrom können nur bei LRT und Habitaten in Hang- und Senkenlagen relevant werden, wenn in deren hydrologischem Einzugsgebiet bedeutende Stoffauswaschungen mit dem Sickerwasser stattfinden.

Der Stofftransport findet in Hanglagen mit geringer Bodenmächtigkeit und schlecht wasserwegsamem Untergrund lateral mit dem Zwischenabfluss statt. Der Zwischenabfluss zählt zu den schnellen Abflusskomponenten, das heißt nach Niederschlags- und Schmelzwasserereignissen, die zur Sättigung des Bodenprofils führen, bildet sich schnell Zwischenabfluss, der auch wieder schnell versiegt. In ähnlicher Weise führen Dränungen das Sickerwasser lateral schnell ab. Im Gegensatz dazu steht der Grundwasserabfluss, der nach der Sickerwasserperiode zeitverzögert und lang anhaltend das Wasser abführt und zum Basisabfluss von Oberflächengewässern beiträgt.

Die potenzielle, standortbedingte Gefährdung von NATURA2000-Gebieten durch Stoffeinträge über unterirdische Wasserzuströme wird im Wesentlichen durch Boden- und Klimaeinflüsse bestimmt und durch das Weg-Zeit-Verhalten des Abflusses differenziert. Dabei sind die Wirkungszusammenhänge grundsätzlich ähnlich, so dass eine vereinfachte Erfassung und Bewertung der potenziellen Gefährdungen durch Stoffeinträge über unterirdische Wasserzuströme mit einem einheitlichen Ansatz erfolgen kann. Dabei wird stellvertretend Nitrat als wesentlicher Auswaschungsparameter zur Bewertung herangezogen.

4.1 Boden- und Klimaeinfluss – Nitrat Auswaschungsgefährdung

Der Boden- und Klimaeinfluss kann mit Hilfe der Nitrat Auswaschungsgefährdung (NAG) nach DBG (1992) abgebildet werden (vgl. SEIFFERT & TENHOLTERN 1998). Die NAG wird mit Hilfe der Parameter „Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum“ (FK)¹² und der anhand von Klimadaten berechneten „Sickerwasserrate“ (SWR) berechnet. Im Ergebnis erhält man mittlere Austauschhäufigkeiten des Bodenwassers in Prozent der FK. Geringe Austauschhäufigkeiten unter 100 %, das heißt, das Bodenwasser wird weniger als 1-mal je Jahr ausgetauscht, stehen für geringe NAG, hohe Austauschhäufigkeiten für hohe NAG. Die NAG-Klassifizierung geht aus Tab. 4–1 hervor.

Die NAG-Klassifizierung zielt auf die Bewertung der Stofffrachten und nicht der Stoffkonzentrationen im Sickerwasser. Bei sehr geringer NAG können auf Grund fehlender Verdünnung hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auftreten. Diese potenziell erhöhten Nitratkonzentrationen können für empfindliche NATURA2000-Gebiete bedeutsam sein und werden aus diesem Grund in NAG-Karten gesondert gekennzeichnet.

Die NAG-Klassifizierung liegt als landesweite kartografische Auswertung vor, wobei die Einstufung für die Hauptnutzungen Wald, Grünland und Acker mit Hilfe nutzungsspezifischer

¹² Wasser, was gegen die Schwerkraft im durchwurzelten Boden gespeichert werden kann.

Verdunstungswerte vorgenommen wurde (LfUG 2007). Die landesweite NAG-Karte basiert auf der BÜK 200 und Klimadaten im 1.000 m Raster. Diese kleinmaßstäbigen Datengrundlagen prägen sich bei der großmaßstäbigen Darstellung der NAG für einzelne Einzugsgebiete durch und sind zum Teil an Klassensprüngen an den Rasterkanten zu erkennen (siehe Kartenbeispiele weiter unten). Auf Ebene der einzelnen NATURA2000-Gebiete sind die NAG-Einstufungen auf Grund der kleinmaßstäbigen Datengrundlage nur als Hinweise auf die Auswaschungsgefährdung zu verstehen. Nach Möglichkeit sind vor allem großmaßstäbigere Bodendaten zu verwenden.

Tab. 4–1: NAG-Klassifikation – Potenzielle Nitratauswaschungsgefährdung (LfUG 2007)

NAG-Klassenbreite SWR/FK [%]	Klasse	Bezeichnung der NAG
≤ 30	1	sehr gering (pot. erhöhte Nitratkonz.)
30 - 70	2	sehr gering
70 - 100	3	gering
100 - 150	4	mittel
150 - 250	5	hoch
> 250	6	sehr hoch

Kurzinformationen zum Ermitteln des Boden- und Klimaeinflusses auf die Nitratauswaschungsgefährdung

Kriterium	Parameter	Datenquelle	Auswerteverfahren
Nitratauswaschungsgefährdung	<ul style="list-style-type: none"> • Feldkapazität des durchwurzelten Bodens • Sickerwassermenge 	Bodenatlas * (LfUG 2007)	DBG 1992, SEIFFERT & TENHOLTERN (1998)

* Auswertung liegt landesweit vor und kann beim LfUG abgefragt werden.

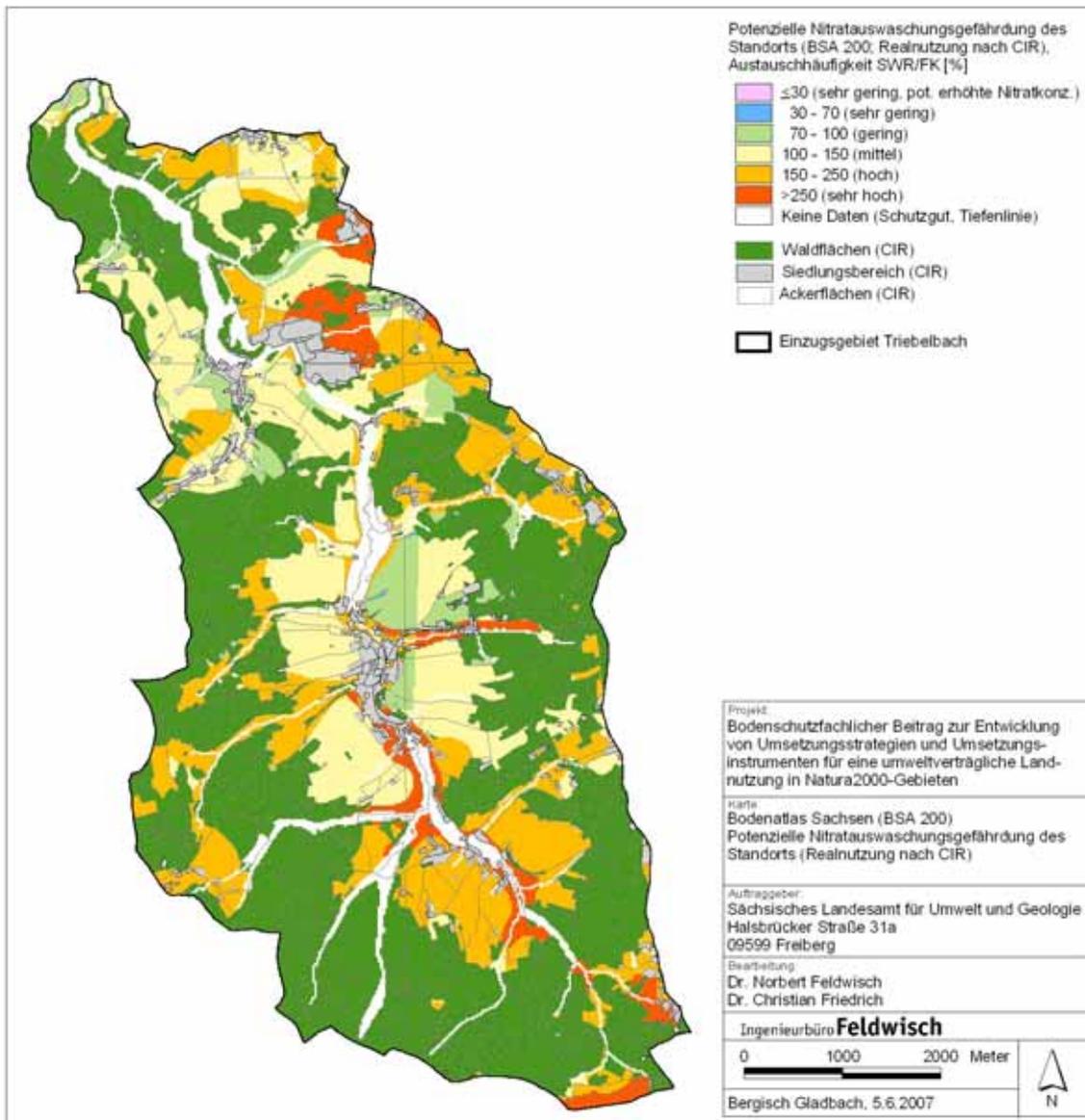
Anwendungsbeispiele

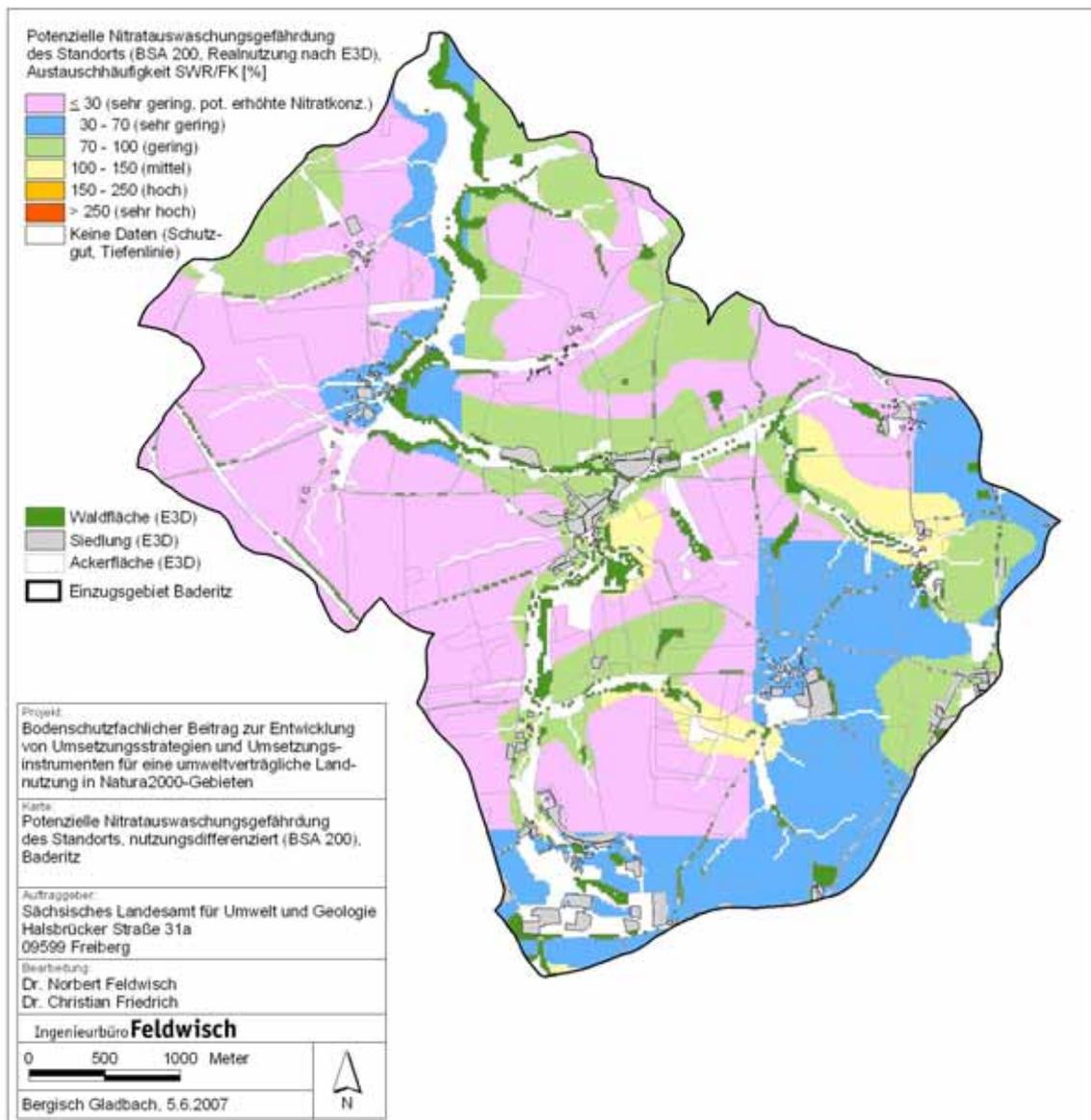
In den nachstehenden Kartenbeispielen „Triebelbachtal“ und „Baderitz“ ist jeweils nur die NAG-Einstufung für landwirtschaftlich genutzte Böden dargestellt. Für Waldböden werden keine NAG-Einstufungen wiedergegeben. Dies begründet sich darin, dass Wald im Regelfall im Vergleich zu Grünland und Acker die geringsten Nitratauswaschungen aufweist und insofern – unabhängig von der standörtlichen NAG – bereits die optimale Nutzungsform im Hinblick auf die Reduzierung oder Vermeidung von Nitratauswaschungen darstellt.

Trotz der weiter oben genannten Einschränkungen der vorliegenden NAG-Karten wird der Boden- und Klimaeinfluss unterschiedlicher Landschaftsräume gut sichtbar. Während die NAG-Einstufung für das Triebelbachtal zumeist zwischen einer mittleren bis sehr hohen Ge-

fährdung liegt, wird für das Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees überwiegend eine sehr geringe bis geringe NAG ausgewiesen. Dieser Unterschied basiert auf den deutlich mächtigeren, lössbürtigen Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität und den gleichzeitig geringeren Sickerwassermengen im Einzugsgebiet Baderitz im Vergleich zum Triebelbach, wo Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität und gleichzeitig deutlich höheren Sickerwasserraten vorkommen. Diese grundlegenden Standortunterschiede machen im Triebelbachtal höhere Anstrengungen zur Vermeidung erhöhter Nitratauswaschung notwendig als im Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees.

Aktueller Handlungsbedarf ergibt sich jedoch nur das Verschneiden von Standort- und Nutzungseinflüssen. Als wesentliche Kriterien sind dazu Nutzungsintensität und Flächenumfang landwirtschaftlich genutzter Flächen zu berücksichtigen (Kap. 4.3).





4.2 Hinweise zur Differenzierung der Nitratauswaschungsgefährdung

Weg-Zeit-Verhalten des unterirdischen Abflusses – Fließzeiten

Die potenzielle Gefährdung durch Stoffeinträge mit unterirdischem Wasserzustrom wird durch die Verweildauer des Sickerwasserabflusses im Untergrund differenziert. Je länger das Sickerwasser auf dem Weg zwischen der durchwurzelbaren Bodenzone bis zum Übertritt in Oberflächengewässer und durch Grundwasser bzw. Zwischenabfluss beeinflusste Ökosysteme verweilt, umso stärker wird die potenzielle Gefährdung reduziert, weil Verdünnungs- und Denitrifikationsprozesse zu einer Minderung der Nitratfrachten und Nitratkonzentrationen beitragen.

Die exakte Verweildauer kann nur mit aufwändigen hydrogeologischen Gutachten ermittelt werden. Zur einfachen Beurteilung kann der Abstand zum Schutzgut herangezogen werden. Je näher auswaschungsgefährdete Standorte am Schutzgut liegen, umso höher ist die potenzielle Gefährdung des Schutzgutes durch unterirdischen Stoffzustrom – vorausgesetzt die Fließrichtung ist auf das Schutzgut ausgerichtet. Die Fließrichtung des Zwischenabflusses und – eingeschränkt – auch des Grundwassers lässt sich vereinfacht anhand des Oberflächenreliefs bestimmen. Das heißt, liegen FFH-LRT oder Habitate von FFH-Arten hydrologisch unterhalb von landwirtschaftlich genutzten Standorten mit hoher Auswaschungsgefährdung, dann sind potenzielle Gefährdungen möglich.

Beispiel:

Gefährdungen durch den Zustrom von nährstoffbefruchtetem Zwischenabfluss sind beispielsweise bei FFH-LRT an Talflanken möglich, wenn oberhalb landwirtschaftliche Nutzungen auf geneigten Böden mit stauenden Schichten oder undurchlässigem Untergrund liegen. Unter diesen Bedingungen ist die Bildung von Zwischenabfluss zu erwarten, mit dem Nährstoffe dem LRT zuströmen können.

Dränungen

Dränungen beschleunigen den unterirdischen Wasserabfluss, weil das Sickerwasser direkt unterhalb der Wurzelzone lateral abgeführt wird. Aus diesem Grund ist potenziellen Stoffeinträgen von gedränten Flächen, die in NATURA2000-Gebiete entwässern, besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Bodenstandorte können sowohl durch unterirdische Dränagen als auch durch Grabensysteme entwässert werden. Potenzielle Stoffeinträge in Lebensraumtypen oder Habitate nach FFH-Richtlinie hängen vom Umfang der Dränflächen im Einzugsgebiet der Lebensraumtypen und den Stoffkonzentrationen im Dränabfluss ab.

Der Dränflächenanteil ist in unterschiedlichen Landschaftsräumen sehr verschieden. BEHRENDT et al. (1999) konnten anhand einer Auswertung der Daten von Wasser- und Bodenverbänden für die östlichen Bundesländer aufzeigen, dass der Dränflächenanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 5 und 60 % schwankt. Der Dränflächenanteil kann mit Hilfe des Vernässungsgrades von Böden abgeschätzt werden (vgl. Materialband, Kap. 4.1.1.3).

Entwässern gedränte Standorten mit hoher NAG-Einstufung mittel- oder unmittelbar in Lebensraumtypen oder Habitate nach FFH-Richtlinie, dann liegt eine hohe potenzielle Gefährdung vor. Differenzierend wirkt das nutzungsbedingte Auswaschungsrisiko (siehe *Nutzungseinfluss* und Kap. 4.3).

Nutzungseinfluss

Die Wahrscheinlichkeit des Stoffeintrags mit unterirdischem Wasserzustrom steigt an, wenn auf auswaschungsgefährdeten Böden Nutzungen mit hohen potenziellen Auswaschungsverlusten vorgenommen werden.

Der Nutzungseinfluss auf Nitratkonzentrationen des Grundwassers kann vereinfacht anhand der Hauptnutzungen abgeschätzt werden. Im Allgemeinen sind die Sickerwasserkonzentrationen und damit die potenziellen Nitrateinträge in das Grundwasser unter Ackerflächen am höchsten, unter Grünland nehmen sie eine Mittelstellung ein und unter Wald sind sie am niedrigsten.

In Ackerregionen lässt sich die potenzielle Nitratbelastung anhand der angebauten Hauptkulturen differenzieren. In Gebieten, in denen Sonderkulturen, Feld- oder Frischgemüse und Kartoffeln angebaut werden, sind Nitratbelastungen im Grundwasser regelmäßig zu erwarten. Weiterhin sind Regionen mit hohen Viehbeständen häufig durch hohe Auswaschungsverluste gekennzeichnet.

Herrschen im Einzugsgebiet von FFH-LRT oder Habitaten auswaschungsgefährdete Böden oder Nutzungen vor, dann sind Beeinträchtigungen durch den nährstoffreichen Zustrom unterirdischen Abflusses wahrscheinlich. Die potenzielle Gefährdung durch Stoffeinträge mit dem unterirdischen Wasserzustrom lässt sich anhand des Bewertungsschemas in Tab. 4–2 einstufen.

Tab. 4–2: Einfache Risikoanalyse der potenziellen Gefährdung durch Stoffeinträge mit dem unterirdischen Wasserzustrom

Nutzungsbedingte Nitrat- auswaschungsgefährdung im Umfeld des LRT	Standörtliche Nitrat- auswaschungsgefährdung nach DBG (1992)				
	1	2	3	4	5
Wald ^a 1	1	1	1	2	2
Grünland, extensiv ^b 2	1	1	2	3	3
Grünland, intensiv ^c 3	1	2	3	4	4
Ackerbau 4	2	3	4	5	5
Gartenbau, Sonderkulturen 5	3	4	5	5	5

Erläuterungen: Aktuelle Gefährdungsklassen: 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch. Ab Gefährdungsklasse 3 sind potenzielle Beeinträchtigungen nicht auszuschließen.

- ^a Auf Windwurf- und Kahlschlagflächen sowie in Immissionslagen können erhöhte Nitrat-
auswaschungsgefährdungen vorliegen.
- ^b Wiesennutzung: < 20 kg N-Flächenbilanz
Weide-/Mähweidenutzung: < 60 kg N-Flächenbilanz, Viehbesatz < 1,2 GV
- ^c Wiesennutzung: > 20 kg N-Flächenbilanz
Weide-/Mähweidenutzung: > 60 kg N-Flächenbilanz, Viehbesatz > 2 GV

(Die zu b. und c. aufgeführten Werte sind nur als Orientierungswerte anzusehen. Konkrete Einschätzungen der Nitrat-
auswaschungsgefährdung und der Verringerung der Auswaschungspotenziale können im Einzelfall anhand
des Narbenzustandes und der Bewirtschaftungsdaten vorgenommen werden. Hilfestellungen zur N-
Flächenbilanz bietet eine Broschüre der LfL (2007) zur Umsetzung der Düngeverordnung.)

Informationen zur Nährstoffeffizienz landwirtschaftlicher Nutzungen

Informationen zu Nährstoffbilanzen auf Betriebs- oder Schlagebene, zu N_{\min} -Gehalten der Böden oder zu Versorgungsstufen mit Grundnährstoffen geben Einblicke in die Nährstoffeffizienz landwirtschaftlicher Nutzungen. Im Zuge der Maßnahmenableitung empfiehlt sich die Einbindung dieser Informationen, um zielgerichtet effiziente Maßnahmen auswählen zu können. Dazu ist die Mitwirkung der Flächenbewirtschafter notwendig.

Informationen zu Stoffkonzentrationen in Gewässern

Als ergänzende Informationen zur Einschätzung der tatsächlichen Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge mit unterirdischem Wasserzustrom können Messwerte zur Konzentration in Gewässern herangezogen werden. Für Oberflächengewässer, die als Lebensraumtyp oder Habitat nach FFH-Richtlinie eingestuft sind, können Messungen der Stoffkonzentrationen im Oberflächengewässer selbst herangezogen werden.

Zur orientierenden Bewertung der chemischen Gewässergüte der Oberflächengewässer können die Zielvorgaben der LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA 1998) zu Nährstoffen in Fließgewässern herangezogen werden (Tab. 4–3); als bundesweit einheitliches Umweltqualitätsziel wird die Gewässergüteklasse II angestrebt. Je schlechter die Gewässergüteklasse ist, umso wahrscheinlicher ist eine Beeinträchtigung von FFH-LRT oder -Arten; dabei ist jedoch die Empfindlichkeit der LRT und Arten zu berücksichtigen.

Neben den Konzentrationen sind die möglichen Eintragspfade zu betrachten. Die Gewässergüte hat nur dann eine unmittelbare Aussagekraft für potenzielle Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen, wenn andere bedeutende Quellen wie Kläranlagenabläufe etc. ausgeschlossen oder mit ihrem prozentualen Anteil abgeschätzt werden können.

Tab. 4–3: Gewässergüteklassen für Nährstoffe und Sauerstoff (LAWA 1998)

Parameter	Einheit	I	I – II	II	II – III	III	III – IV	IV
Gesamt-N	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 12	≤ 24	> 24
Nitrat-N	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20
Nitrit-N	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Ammonium-N	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	> 2,4
Gesamt-P	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	> 1,2
Ortho-Phosphat-P	mg/l	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Sauerstoffgehalt	mg/l	> 8	> 8	> 6	> 5	> 4	> 2	≤ 2

4.3 Ableiten von Maßnahmen zum Schutz vor Stoffeinträgen über unterirdischen Zustrom

In Fällen mit potenzieller Gefährdung durch Stoffeinträge mit dem unterirdischen Wasserzustrom ist mit den Flächennutzern nach geeigneten Maßnahmen zur Reduzierung der Auswaschungsverluste zu suchen. Wirksame und angemessene Maßnahmen können in Anlehnung an die Beratungspraxis in Trinkwasserschutzgebieten abgeleitet werden.

Die naturschutzfachlich notwendige Maßnahmenintensität kann anhand der Empfindlichkeit des betrachteten Lebensraumtyps differenziert werden. Der Grundwasserpfad ist bei von Natur aus nährstoffarmen, grundwasserabhängigen Lebensraumtypen besonders bedeutend (LRT 3130: nährstoffärmere, basenarme Stillgewässer; LRT 3140: oligo-/mesotrophe, kalkhaltige Gewässer). Zur Wiederherstellung und Erhaltung dieser Lebensraumtypen ist ein höheres Schutzniveau notwendig als bei Lebensraumtypen, die von Natur aus eutroph sind (z. B. natürlich nährstoffreiche Seen und Altarme, LRT-Nr. 3150).

Rückschlüsse auf mögliche Maßnahmen zur Minderung der Auswaschungsverluste von Ackerflächen ergeben sich bereits bei der Betrachtung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte im Herbst, die jährlich von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Nitratbericht veröffentlicht werden¹³. So deuten mittlere $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalte einzelner Ackerkulturen auf unterschiedliche Auswaschungspotenziale hin. Abb. 4–1 gibt die mittleren $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalte nach den Vorfrüchten Mais, Ölfrüchten, Wintergetreide, Sommergetreide und Ackerfutter für die Jahre 2000 bis 2005 wieder. Im Durchschnitt dieser 6 Jahre übertrifft der Maisanbau mit 107 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalt um mehr als das Doppelte den Mittelwert für Futterbau mit 49 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalt; die anderen Kulturen liegen zwischen diesen beiden Kulturgruppen mit abnehmenden Gehalten in der Reihenfolge Ölfrüchte, Wintergetreide und Sommergetreide. Durch den Anbau von Ackerkulturen mit im Regelfall geringeren $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalten kann das Auswaschungspotenzial verringert werden.

¹³ Die im Folgenden wiedergegebenen $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte Herbst gelten für die Bodentiefe 0 – 60 cm. Die Tiefe 60 – 90 cm wird in Sachsen nicht standardmäßig beprobt.

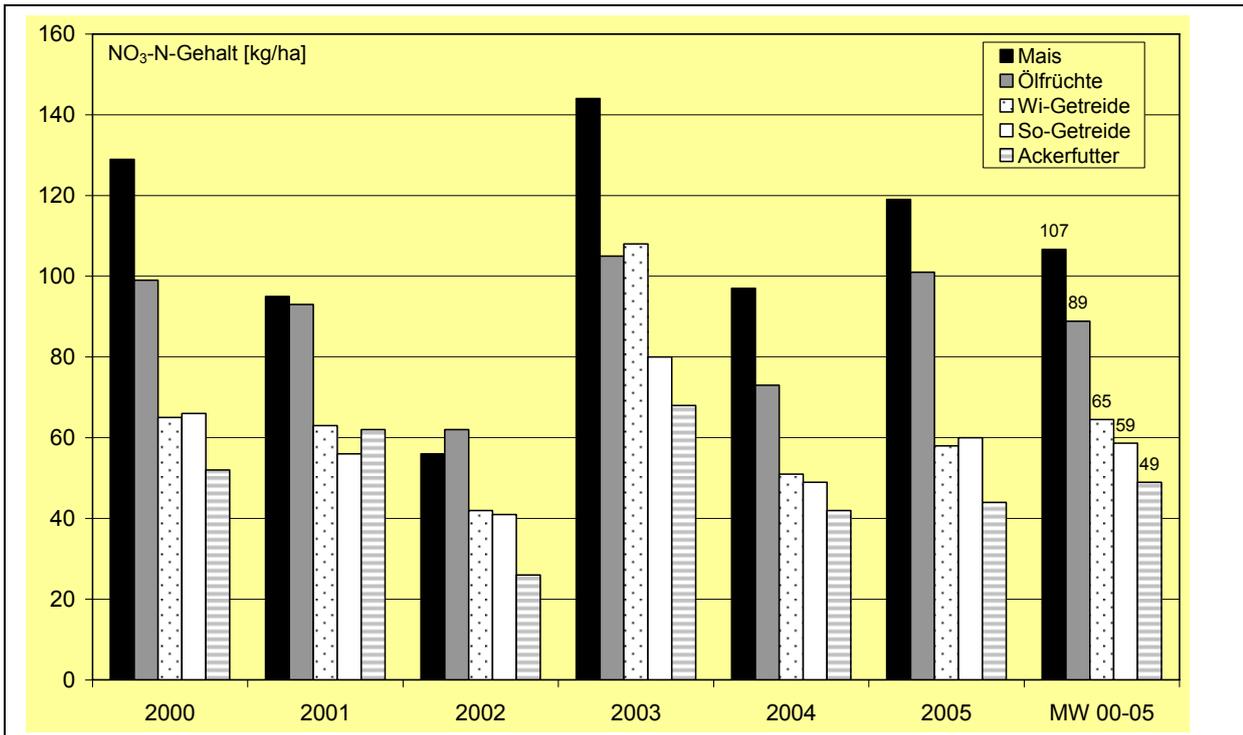


Abb. 4–1: Mittlere NO₃-N-Gehalte Herbst 2000 – 2005 nach verschiedenen Hauptfrüchten (Sächsische Nitratberichte; LfL 2002 bis 2006)

Gleichwohl sind Witterungs- und Anbauunterschiede zu berücksichtigen. Der Witterungseinfluss wird durch die schwankenden Jahresmittelwerte der einzelnen Kulturgruppen deutlich (Abb. 4–1). Gleichzeitig bestimmen das Anbauverfahren und die Bestandsführung die Höhe der NO₃-N-Herbstgehalte. Abb. 4–2 zeigt anhand der Werte für das Jahr 2005, wie stark die NO₃-N-Herbstgehalte einzelner Anbaufrüchte schwanken; dargestellt sind die Mittelwerte und Vertrauensbereiche (Mittelwert +/- Standardabweichung). Deutlich wird, dass auch Kulturen wie Mais, Körnerleguminosen, Ölfrüchte oder Kartoffeln, die im Durchschnitt NO₃-N-Herbstgehalte zwischen ca. 100 bis 120 kg/ha aufweisen, unter praktischen Anbaubedingungen wesentlich niedrigere Werte erreichen und somit prinzipiell auch gewässerschonend angebaut werden können. Umgekehrt können im Regelfall eher unproblematischere Kulturfrüchte wie Wintergetreide auch vergleichsweise hohe NO₃-N-Herbstgehalte aufweisen, wenn z. B. beim Qualitätsweizenanbau in Folge der späten Ährengabe die Ausnutzung des mineralischen Dünge-Stickstoffs absinkt.

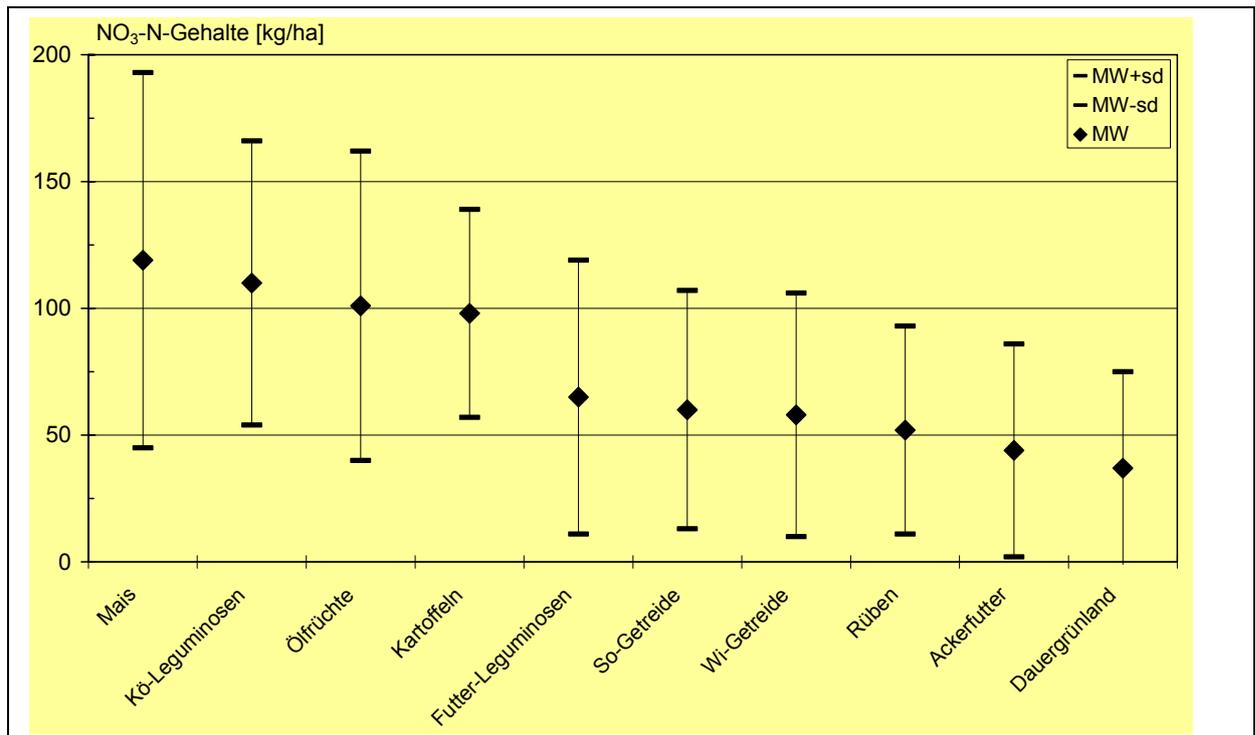


Abb. 4-2: Hauptfruchteinfluss auf die NO₃-N-Gehalte im Herbst 2005 mit jeweiliger Standardabweichung (sd) (Sächsischer Nitratbericht 2005; LfL 2006, Tab. 7)

Die NO₃-N-Herbstgehalte lassen sich auch durch Begr0nung deutlich absenken. Abb. 4-3 zeigt den Begr0nungseinfluss anhand der sächsischen Werte im Herbst 2005. Im Vergleich zur Schwarzbrache, die im Mittel 95 kg NO₃-N je ha aufwies, reduzieren alle Neuansaatn mit Ausnahme des Wintergetreides den NO₃-N-Gehalt um mehr als 50 % auf Werte zwischen 35 und 47 kg/ha. Die Wintergetreide sind im Durchschnitt nicht so effektiv, weil in dieser Gruppe der vergleichsweise spät gesäte Winterweizen eingeschlossen ist; auf Grund der geringen Biomassebildung vor Winter legt der Winterweizen nur wenig mineralischen Bodennickstoff fest. Mit der Begr0nung bietet sich eine effektive M0glichkeit zur Reduzierung der NO₃-N-Herbstgehalte und folglich der Auswaschungsverluste 0ber Winter. Werden empfindliche NATURA2000-Gebiete durch unterirdischen, nährstoffreichen Wasserzufluss beeinträchtigt, dann ist im Wassereinzugsgebiet dieses Schutzgutes eine m0glichst effektive Herbstbegr0nung anzustreben.

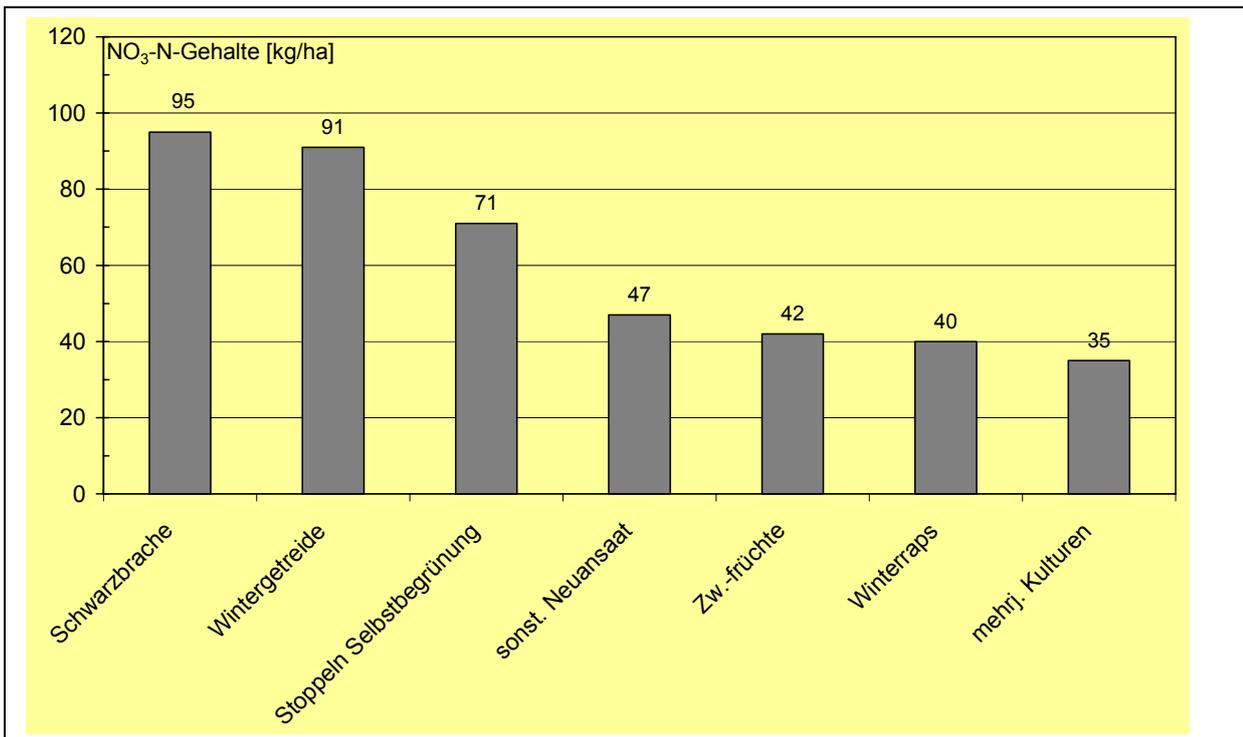


Abb. 4–3: Begrünungseinfluss zum Probennahmezeitpunkt auf die mittleren NO₃-N-Gehalte im Herbst 2005 (Sächsischer Nitratbericht 2005; LfL 2006, Tab. 13)

Auch die Art und Intensität der Bodenbearbeitung entscheidet über die Höhe der NO₃-N-Herbstgehalte. Wird nach der Ernte auf jedwede Bodenbearbeitung verzichtet, dann sind deutlich reduzierte Restgehalte im Herbst zu erwarten (Abb. 4–4). Anhand sächsischer Daten aus den Jahren 1998 bis 2005 liegen die NO₃-N-Herbstgehalte ohne Bodenbearbeitung mit 48 kg/ha rund 20 bis 30 kg/ha unterhalb der Bearbeitungsvarianten. Die Bearbeitungsvarianten folgen in der Reihenfolge „flache Bodenbearbeitung“, „Mulchsaat“, „wendende Bodenbearbeitung“ und „Tiefgrubbern“; die Reihenfolge spiegelt die Intensität der Bodenbearbeitung wider, je geringer die Intensität, umso niedriger sind die NO₃-N-Herbstgehalte. Dieser Zusammenhang wird auch anhand eines Praxisversuches aus Hessen deutlich (Abb. 4–5). Nach der Ernte und ohne jede Bodenbearbeitung betrug der Nmin-Gehalt in 0 – 90 cm Tiefe rund 20 kg/ha. Einmaliges Grubbern regte die Mineralisation nur geringfügig an und führte zu keiner nennenswerten Steigerung des Nmin-Gehaltes. Durch zwei- oder dreimaliges Grubbern stieg der Nmin-Gehalt auf rund 55 bzw. 120 kg/ha an. Aus diesem Grund sollte in auswaschungsgefährdeten Gebieten eine möglichst geringe Bodenbearbeitungsintensität angestrebt werden, um Auswaschungsverluste soweit wie möglich zu reduzieren.

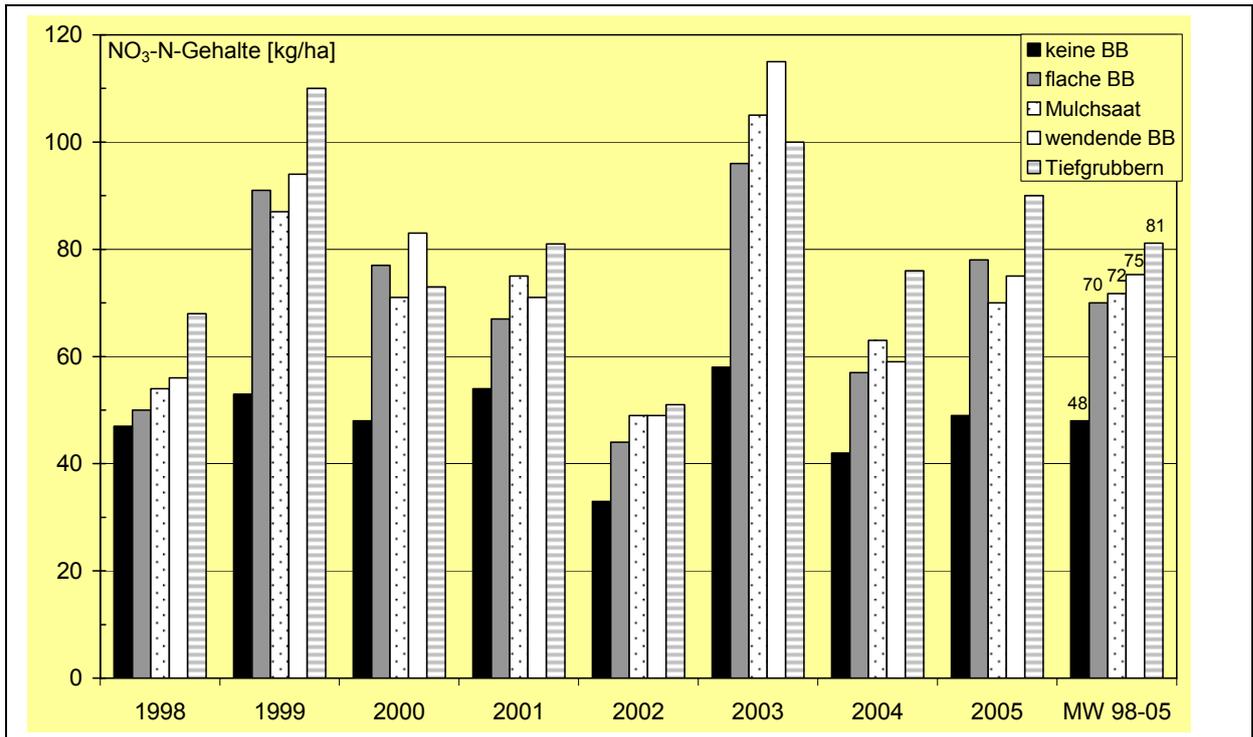


Abb. 4-4: Bodenbearbeitungseinfluss auf die NO₃-N-Gehalte im Herbst 1998 – 2005 (Sächsische Nitratberichte; LfL 2002 bis 2006)

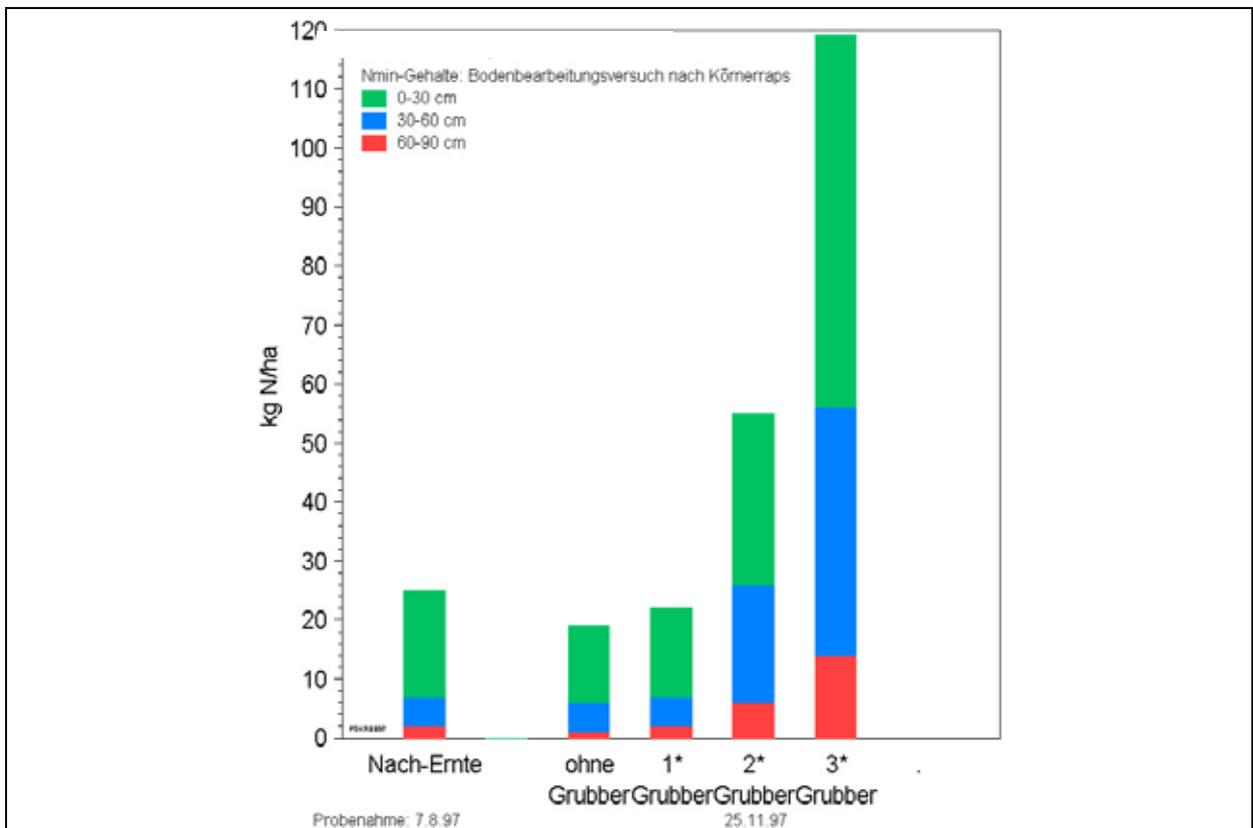


Abb. 4-5: Einfluss der Bearbeitungshäufigkeit nach der Ernte auf den Nmin-Gehalt (PETER et al. 2005)

Neben den vorgenannten einzelnen Maßnahmen der Fruchtfolge, Begrünung und Bodenbearbeitung entscheidet auch die Auswahl des gesamten Anbausystems über die potenziellen Auswaschungsverluste. Abb. 4–6 zeigt die Jahresmittelwerte der Anbausysteme konventionell, ökologisch und nach UL-Programm¹⁴. Es wird deutlich, dass die ökologischen Anbausysteme im Mittel durch die niedrigsten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalte gekennzeichnet sind, wohingegen die konventionellen Anbausysteme die höchsten Werte aufweisen; durchschnittlich liegen die Werte des ökologischen Anbaus um 20 bis 60 kg/ha unter den Werten des konventionellen Anbaus. Die beiden Varianten des UL-Programms liegen zwischen den beiden Extremen, wobei die Flächen der UL-Z1-Förderung respektive der WSG-Flächen im Regelfall niedrigere $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalte aufweisen als die Flächen der UL-Grundförderung. Die aufgeführten Unterschiede zeigen Möglichkeiten auf, wie in Gebieten mit hoher Auswaschungsgefährdung die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Herbstgehalte durch die Auswahl des Anbausystems verringert werden können.

Hinweise auf mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung können dem Anhang 3 entnommen werden.

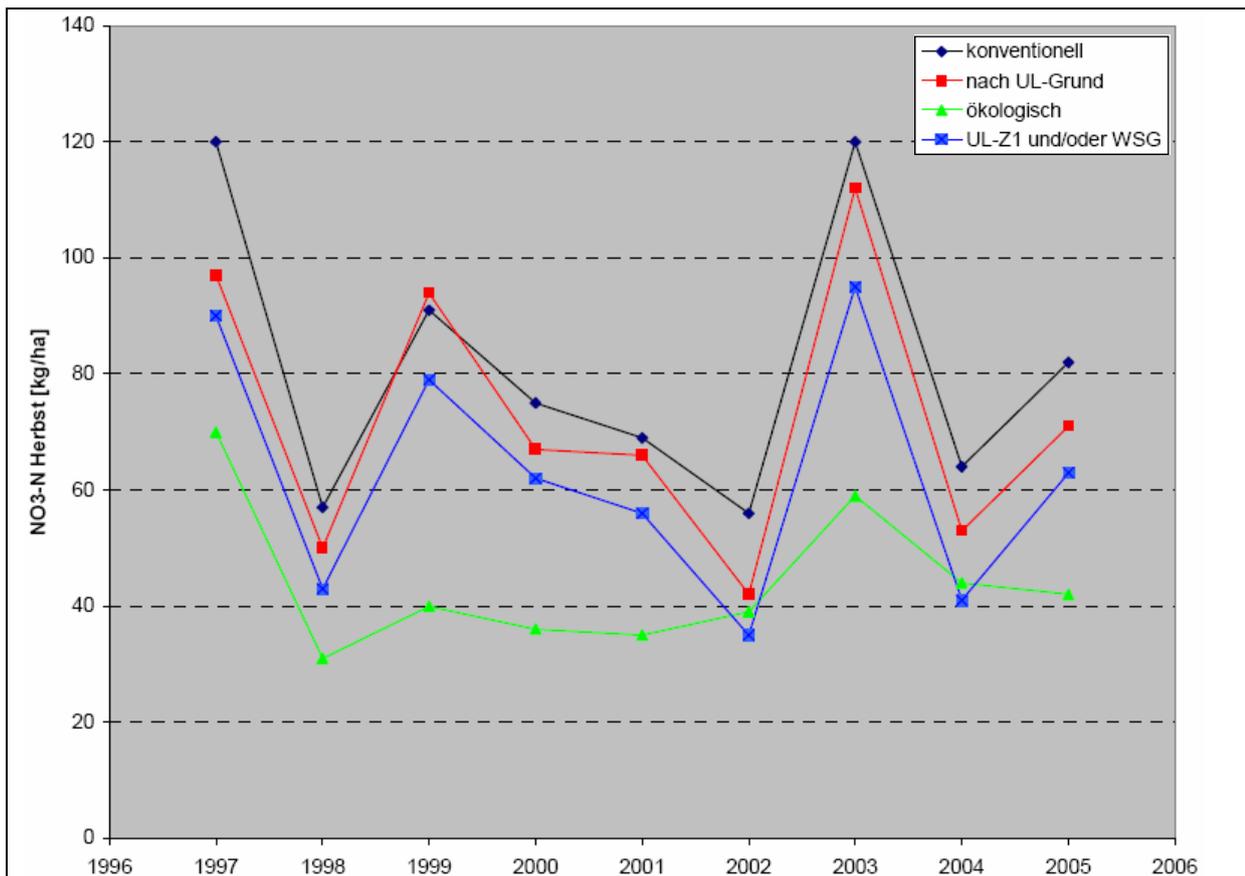


Abb. 4–6: $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte Herbst 1998 – 2005 von Dauertestflächen mit Hauptfrucht Getreide nach Bewirtschaftungsprogramm (Sächsischer Nitratbericht 2005, Abb. 21; LfL 2006)

¹⁴ Programm „Umweltgerechte Landwirtschaft“.

5 Weitere potenzielle Beeinträchtigungsfaktoren

In den beiden folgenden Unterkapiteln werden die potenziellen Beeinträchtigungen durch mechanische Lasteinträge und Entwässerung zusammenfassend dargelegt. Für diese beiden potenziellen Beeinträchtigungen stehen auf der Grundlage sachsenweit vorhandener Geodaten keine GIS-gestützten Erfassungs- und Bewertungsverfahren zur Verfügung, so dass auf kartografische Beispiele verzichtet werden muss. Stattdessen sind nachfolgend Beschreibungen der wesentlichen Zusammenhänge aufgeführt. Hinweise zur bodenschutzfachlichen Bewertung mechanischer Beeinträchtigungen sowie Informationen zur Empfindlichkeit einzelner FFH-LRT und FFH-Arten sind dem Materialband zu entnehmen (Materialband: naturschutzfachliche Informationen in Kap. 3, 9 und 10; bodenschutzfachliche Informationen in Kap. 4.3).

5.1 Potenzielle mechanische Beeinträchtigungen

Die Empfindlichkeit gegenüber **mechanischen Beeinträchtigungen**¹⁵ ergibt sich vor allem aus dem Vernässungsgrad des Lebensraumtyps und der Bodenart. Feuchte oder nasse Lebensräume sind generell stärker von Bodenverdichtung betroffen als trockene. Schluffreiche Böden sind verdichtungsempfindlicher als Tonböden. Mit steigendem Steingehalt nimmt die Verdichtungsempfindlichkeit ab, so dass Rohböden oder geringmächtige Verwitterungsböden über Festgesteinszersatz im Regelfall gegenüber mechanischen Belastungen weniger empfindlich sind, als steinarmer Böden. Besonders druckempfindlich sind alle stark humushaltigen Böden wie Moorböden. Entsprechende landesweit verfügbare Grundlageninformationen zum Vernässungsgrad und zur Bodengesellschaft nebst Leitbodenformen mit Bodenart und Humusgehalt sind dem Bodenatlas Sachsen (LfUG 2007) zu entnehmen. Lebensraumtypen, deren Vegetation lediglich auf zu starke oder zu ausdauernde mechanische Belastungen reagiert, wurde eine mittlere Empfindlichkeit zugeordnet.

Tab. 5–1 fasst die naturschutzfachliche Einschätzung der generellen Empfindlichkeiten einzelner Lebensraumtypen gegenüber mechanischen Belastungen zusammen.

¹⁵ Mechanische Beeinträchtigungen umfassen Bodenverdichtungen (Erhöhen der Dichtlagerung insbesondere durch Reduzierung des Grobporenvolumens) und Scherungen und Knetungen (Plastische Verformungen des Bodens, die die Porenkontinuität, nicht jedoch das Porenvolumen reduzieren.).

Tab. 5–1: Übersicht der Empfindlichkeiten einzelner LRT gegenüber mechanischen Belastungen

LRT-Code	LRT-Name	potenzielle Beeinträchtigungen durch mechanische Belastung der Böden ^a
2310	Trockene Sandheiden auf Binnendünen	mittel
2330	Sandtrockenrasen auf Binnendünen	gering
3130	Nährstoffärmere basenarme Stillgewässer	mittel ^b
3140	Oligo- bis mesotrophe, kalkhaltige Gewässer	mittel
3150	Natürliche nährstoffreiche Seen und Altarme	mittel ^b
3160	Dystrophe Stillgewässer	sehr hoch ^b
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	mittel ^b
3270	Flüsse mit Schlammhängen	gering
4010	Feuchtheiden	hoch
4030	Trockene Heiden	mittel
6110	Lückige, basophile oder Kalk-Pioniergrasrasen	gering
6130	Natürliche o. halbnatürliche Schwermetallrasen	mittel
6210	Naturnahe Kalk-Trockenrasen	mittel
6230	Artenreiche Borstgrasrasen	gering ^c
6240	Subpannonische Steppen-Trockenrasen	gering
6410	Pfeifengraswiesen	hoch
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	hoch
6440	Brenndolden-Auwiesen der Stromtäler	hoch
6510	Magere Flachland-Mähwiesen	mittel
6520	Artenreiche Bergmähwiesen	mittel
7110	Lebende Hochmoore	sehr hoch
7120	Regenerierbare geschädigte Hochmoore	sehr hoch
7140	Übergangs- und Schwinggrasmoore	sehr hoch
7150	Torfmoor-Schlenken	sehr hoch
7210	Kalkreiche Sümpfe	sehr hoch
7220	Kalktuffquellen	sehr hoch
7230	Kalkreiche Niedermoore	sehr hoch
8310	Nicht touristisch erschlossene Höhlen	hoch
9110	Hainsimsen-Buchenwald	gering
9130	Waldmeister-Buchenwald	gering
9160	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald	hoch
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald	hoch
9180	Schlucht- und Hangmischwald	hoch
9190	Alte, bodensaure Eichenwälder (Sandebenen)	gering
9410	Montane bis alpine, bodensaure Fichtenwälder	mittel
91D0	Moorwälder	sehr hoch
91E0	Erlen-/Eschenwald und Weichholzauewald	sehr hoch
91F0	Eichen-Ulmen-Eschen-Auenwald	sehr hoch
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	gering
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	gering

Anmerkungen:

- Mechanische Beeinträchtigungen umfassen Bodenverdichtungen, Scherungen und Knetungen, die Beeinträchtigungen des Bodengefüges und der Grünlandnarben hervorrufen können.
- Die genannten LRT umfassen auch entsprechende Uferbereiche bzw. benötigen für einen guten Erhaltungszustand ökologisch intakte Ufer.
- Für feuchte Ausprägungen der LRT ist die Empfindlichkeit gegenüber mechanischer Bodenbelastung je nach Feuchtegrad als hoch bis sehr hoch einzuschätzen. Entscheidend ist die Bodenfeuchte zum Bearbeitungszeitpunkt.

Die Empfindlichkeit der FFH-Tierarten gegenüber mechanischen Belastungen des Bodens ergibt sich indirekt aus der Empfindlichkeit der jeweiligen Habitats bzw. Lebensraumtypen. Beispielsweise sind der Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*) und der Helle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea teleius*) indirekt gegen mechanische Belastungen empfindlich, weil die Wirtsameisenart (*Myrmica rubra*) auf mechanische Bodenbelastungen sehr empfindlich reagiert; in verdichteten Grünlandnarben tritt diese Art nicht auf. Weiterhin können die Ameisenbläulinge im Larvalstadium direkt durch Befahrungen geschädigt werden. Die Wirtsameise baut ihre Nester unmittelbar an der Bodenoberfläche in der Grünlandnarbe. Die Nester – und damit auch die Larven der Ameisenbläulinge – werden durch Überfahrten geschädigt bzw. zerstört. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, Habitats der Wiesenknopf-Ameisenbläuling nur sehr extensiv zu bewirtschaften. Im Bereich flächiger Grünlandbereiche mit Vorkommen des Dunklen bzw. Hellen Wiesenknopf-Ameisenbläulings sind Walzen und Schleppen im zeitigen Frühjahr vor Vegetationsbeginn (bis Mitte bis Ende März) tolerabel, jedoch sollte bei sehr kleinflächigen Grünlandbereichen bzw. Randstreifen und Säumen auf Walzen und Schleppen gänzlich verzichtet werden.

Mechanische Beeinträchtigungen feuchter Habitats, die mit Bodengefügeschäden einhergehen, führen generell auch zu Beeinträchtigungen der FFH-Arten. Beispielsweise reagiert der Abbiss-Scheckenfalter (*Euphydryas aurinia*) empfindlich auf Störungen seines Habitats (Grünland feuchter Standorte) durch übermäßige mechanische Lasteinträge. Insofern sollten zur Habitatpflege nur bodenschonende Traktoren und Geräte verwendet werden, um Fahrspurbildung etc. zu vermeiden.

5.2 Potenzielle Beeinträchtigungen durch Entwässerung

Im Materialband sind für alle FFH-LRT potenzielle Beeinträchtigungen durch Veränderungen des Wasserhaushalts in Kap. 3 tabellarisch aufgeführt und im Anhangkapitel 9 ausführlich textlich beschrieben. Tab. 5–2 stellt diese naturschutzfachliche Einschätzung der generellen Empfindlichkeiten einzelner Lebensraumtypen gegenüber Veränderungen des Wasserhaushalts nur für die FFH-LRT dar, die eine geringe bis sehr hohe potenzielle Beeinträchtigung aufweisen.

Durch Entwässerungsmaßnahmen besonders gefährdet sind demnach alle Standgewässertypen (3130 bis 3160) und Fließgewässertypen (3260 und 3270) sowie meist nährstoffarme Offenland-LRT, die auf einen hohen bis sehr hohen Vernässungsgrad angewiesen sind (4010, 6410, 6440), daneben auch alle Moortypen (7110 bis 7230, auch 91D0). Weiter sind die Fließgewässer begleitenden Auwaldtypen (91E0 und 91F0) von Entwässerung potenziell sehr stark beeinträchtigt.

Tab. 5–2: Übersicht der Empfindlichkeiten einzelner FFH-LRT gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes
 Hinweis: Kategorie „Keine“ nicht aufgelistet

LRT-Code	LRT-Name	Beeinträchtigungen durch Veränderung des Wasserhaushaltes
3130	Nährstoffärmere basenarme Stillgewässer	sehr hoch
3140	Oligo- bis mesotrophe, kalkhaltige Gewässer	sehr hoch
3150	Natürliche nährstoffreiche Seen und Altarme	sehr hoch
3160	Dystrophe Stillgewässer	sehr hoch
3260	Fließgewässer mit Unterwasservegetation	sehr hoch
3270	Flüsse mit Schlammhängen	sehr hoch
4010	Feuchtheiden	sehr hoch
6230	Artenreiche Borstgrasrasen	mittel
6410	Pfeifengraswiesen	sehr hoch
6430	Feuchte Hochstaudenfluren	hoch
6440	Brenndolden-Auwiesen der Stromtäler	sehr hoch
6510	Magere Flachland-Mähwiesen	mittel
6520	Artenreiche Bergmähwiesen	mittel
7110	Lebende Hochmoore	sehr hoch
7120	Regenerierbare geschädigte Hochmoore	sehr hoch
7140	Übergangs- und Schwinggrasmoore	sehr hoch
7150	Torfmoor-Schlenken	sehr hoch
7210	Kalkreiche Sümpfe	sehr hoch
7220	Kalktuffquellen	sehr hoch
7230	Kalkreiche Niedermoore	sehr hoch
9110	Hainsimsen-Buchenwald	mittel
9130	Waldmeister-Buchenwald	mittel
9160	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald	hoch
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald	hoch
9180	Schlucht- und Hangmischwald	gering
9190	Alte, bodensaure Eichenwälder (Sandebenen)	gering
9410	Montane bis alpine, bodensaure Fichtenwälder	hoch
91D0	Moorwälder	sehr hoch
91E0	Erlen-/Eschenwald und Weichholzaunenwald	sehr hoch
91F0	Eichen-Ulmen-Eschen-Auenwald	sehr hoch
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	gering
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	gering

Die Mehrzahl der FFH-Arten Sachsens ist durch Entwässerung sehr stark potenziell beeinträchtigt (Tab. 5–3). Eine sehr hohe potenzielle Beeinträchtigung ist nicht nur bei aquatischen Artengruppen wie Amphibien, Fische, Libellen oder Muscheln der FFH-Richtlinie gegeben, sondern auch bei FFH-Pflanzen und FFH-Moosen der Feucht- und Nassstandorte.

Da die Futterpflanzen der FFH-Schmetterlinge Sachsens (bzw. die symbiontischen Ameisen bei den Ameisenbläulingen) ebenfalls gegenüber Entwässerung sehr empfindlich sind, ergibt sich auch auf diesem indirekten Weg eine sehr hohe potenzielle Beeinträchtigung für die Schmetterlinge. Die beiden Windelschnecken kommen nur in Feuchtgebieten vor und sind daher ebenfalls hochgradig sensibel gegenüber Entwässerung.

Tab. 5–3: Übersicht der Empfindlichkeiten einzelner FFH-Arten gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes

Arten	potenzielle Beeinträchtigungen durch Veränderung des Wasserhaushaltes
Farn-/Samenpflanzen Scheidenblütgras	sehr hoch
Moose Grünes Besenmoos Firnisländisches Sichelmoos	mittel sehr hoch
Säugetiere Biber	sehr hoch
Amphibien Rotbauchunke Kammolch	sehr hoch sehr hoch
Fische und Rundmäuler	
Groppe Schlammpeitzger Bitterling Bachneunauge	sehr hoch sehr hoch sehr hoch sehr hoch
Schmetterlinge Skabiosen-Schneckenfalter Spanische Flagge Großer Feuerfalter Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	hoch mittel-hoch sehr hoch sehr hoch sehr hoch
Libellen Große Moosjungfer Grüne Keiljungfer	sehr hoch sehr hoch
Weichtiere Gemeine Bachmuschel Schmale Windelschnecke Bauchige Windelschnecke Flussperlmuschel	sehr hoch sehr hoch sehr hoch sehr hoch

6 Naturschutzfachliche Anwendungshinweise zur Berücksichtigung des Erosionspotenzials ($Erosion_{pot}$) am Beispiel des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“

Die in Kap. 3.1 ausgeführten bodenschutzfachlichen Erfassungs- und Bewertungsschritte zu potenziellen Beeinträchtigungen von NATUAR2000-Gebieten durch Bodenerosion werden im Folgenden naturschutzfachlich am Beispiel des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“ angewendet.

6.1 Datengrundlagen

Zur Auswertung notwendige Daten:

- aggregiertes Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen (Ackerflächen mit KS-Faktor $\geq 0,6$ und potenzielle Fremdwasserzuflüsse von Vernässungsflächen) (vgl. Kap. 3.1.5)
- Klassifizierung der Empfindlichkeit der FFH Schutzgüter gegenüber Nährstoff- und Sediimenteinträgen (vgl. Kap. 3.1.7)
- Entscheidungskaskade der anzuwendenden Maßnahmen je nach Gefährdungspotenzial (vgl. Kap. 3.1.8)
- TK-Kartenblätter
- Einzugsgebietsgrenzen

6.2 Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung für das Einzugsgebiet des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“

Zunächst sollte das $Erosion_{pot}$ angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen (Ackerflächen mit KS-Faktor $\geq 0,6$ und potenzielle Fremdwasserzuflüsse von Vernässungsflächen) dargestellt und verbal interpretiert werden. Die Darstellung der FFH-Schutzgüter erlaubt einen Überblick und lokalisiert eventuell bereits in diesem Maßstab Handlungsschwerpunkte.

Beispielauswertung Managementplan „Triebelbachtal“

Das $Erosion_{pot}$ wurde nicht nur für die Flächen ermittelt, die sich direkt im FFH-Gebiet befinden, sondern für das gesamte hydrologische Einzugsgebiet, in dem das FFH-Gebiet liegt, um mögliche Einträge von außerhalb mit zu berücksichtigen. Diese Vorgehensweise geht also deutlich über die ansonsten in FFH-MaP verwendete Buffer-Betrachtung hinaus und zielt auf Wirkungsräume ab. Die Ergebnisse der o. g. Auswertungsschritte zeigt folgende Karte (vgl. Kap. 3.1.5).

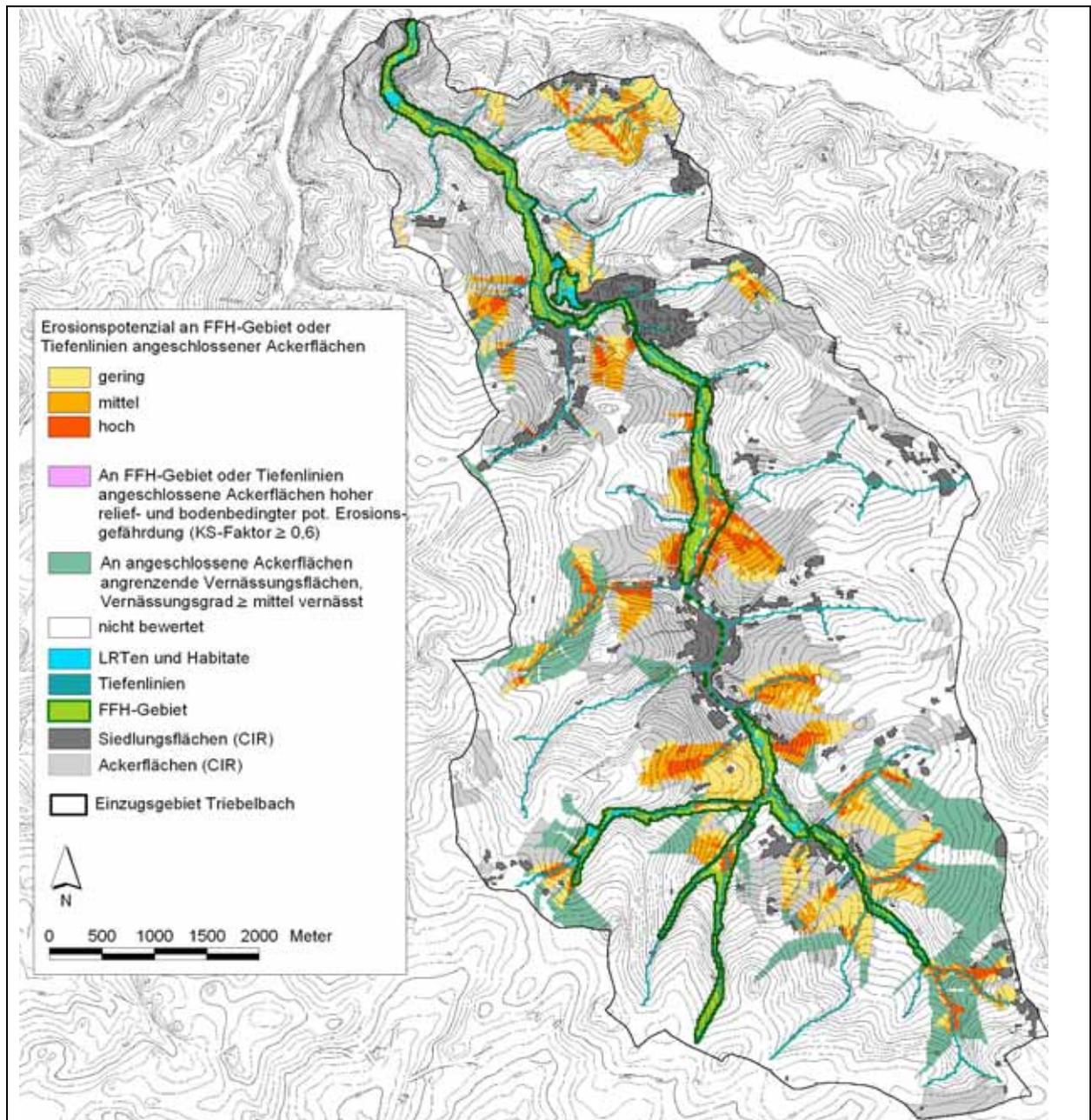


Abb. 6–1: Potenzielle Erosionsgefährdung der angeschlossenen Ackerflächen im FFH-Gebiet „Triebelbachtal“ (vgl. Kap. 3.1.5)

Interpretation Triebelbachtal:

Bereits in der Übersichtskarte Abb. 6–1 lassen sich mehr oder weniger gefährdete Gebietsabschnitte ausmachen. So können auf den ersten Blick Teilbereiche erkannt werden, die in besonderem Maße durch benachbarte, erosionsgefährdete Gebiete beeinträchtigt werden können.

Im Triebelbachtal ist zum Beispiel der südöstliche Zufluss in weiten Teilen von stark erosionsgefährdeten Ackerflächen umgeben. Das indiziert mögliche erosive Nährstoff- und Sedi-
menteinträge in diesem Gewässerabschnitt, der die weiter stromabwärts liegenden Schutz-
güter (hier Habitats der FFH-Art Flussperlmuschel) negativ beeinflussen kann. In anderen
Teilbereichen wie z. B. im Bereich des südwestlichen Zuflusses, der größtenteils unter Wald
liegt, sind Beeinträchtigungen durch erosive Stoff- und Sedimenteinträge nicht zu erwarten.

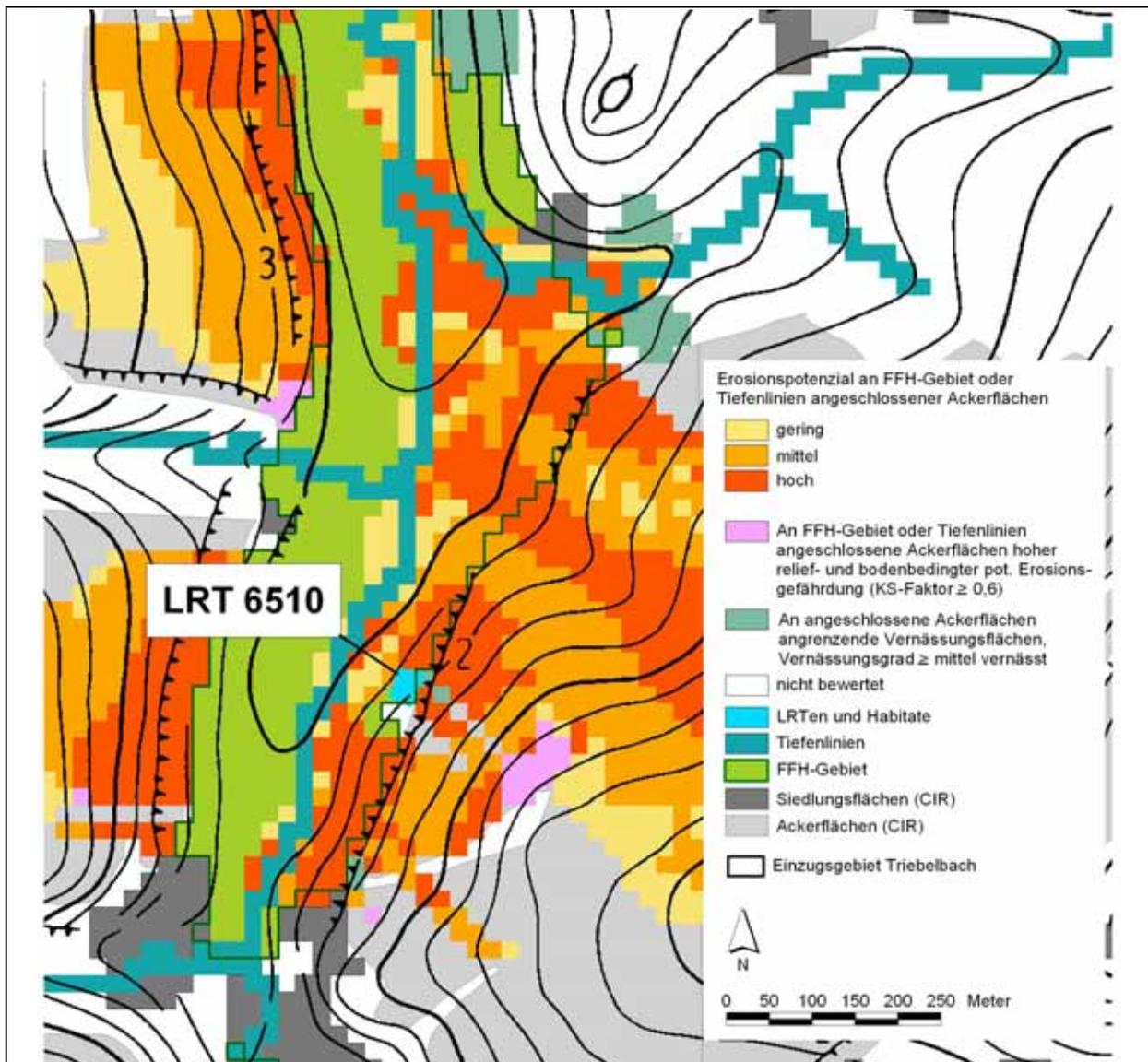


Abb. 6–2: Räumlicher Bezug zwischen einer LRT 6510-Fläche und einem erosionsgefährdeten Hang

Für eine genauere Analyse kann die Gefährdungssituation auch für die einzelnen LRTen oder Habitats durchgeführt und im Einzelnen betrachtet werden. Die Abb. 6–2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus der oben stehenden Abb. 6–1. Es ist deutlich ersichtlich, dass die Mähwiese (LRT 6510), die an der Grenze des FFH-Gebiets liegt, direkt unterhalb einer Hangkante gelegen ist. Die direkt hangoberhalb anschließende, in Gefällrichtung ca. 180 m

lange Ackerfläche ist durch mittlere und hohe Erosions_{pot}-Klassen bzw. die Sonderklasse $KS \geq 0,6$ gekennzeichnet. Für die betrachtete Einzelfläche des LRT 6510 ist daher von einer Beeinträchtigung durch erosive Stoff- und Sedimenteinträge – in diesem Falle von außerhalb des FFH-Gebietes – auszugehen. Durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen ist der standörtlichen Erosionsgefährdung zu begegnen, um die aufgezeigten potenziellen Beeinträchtigungen zu vermeiden.

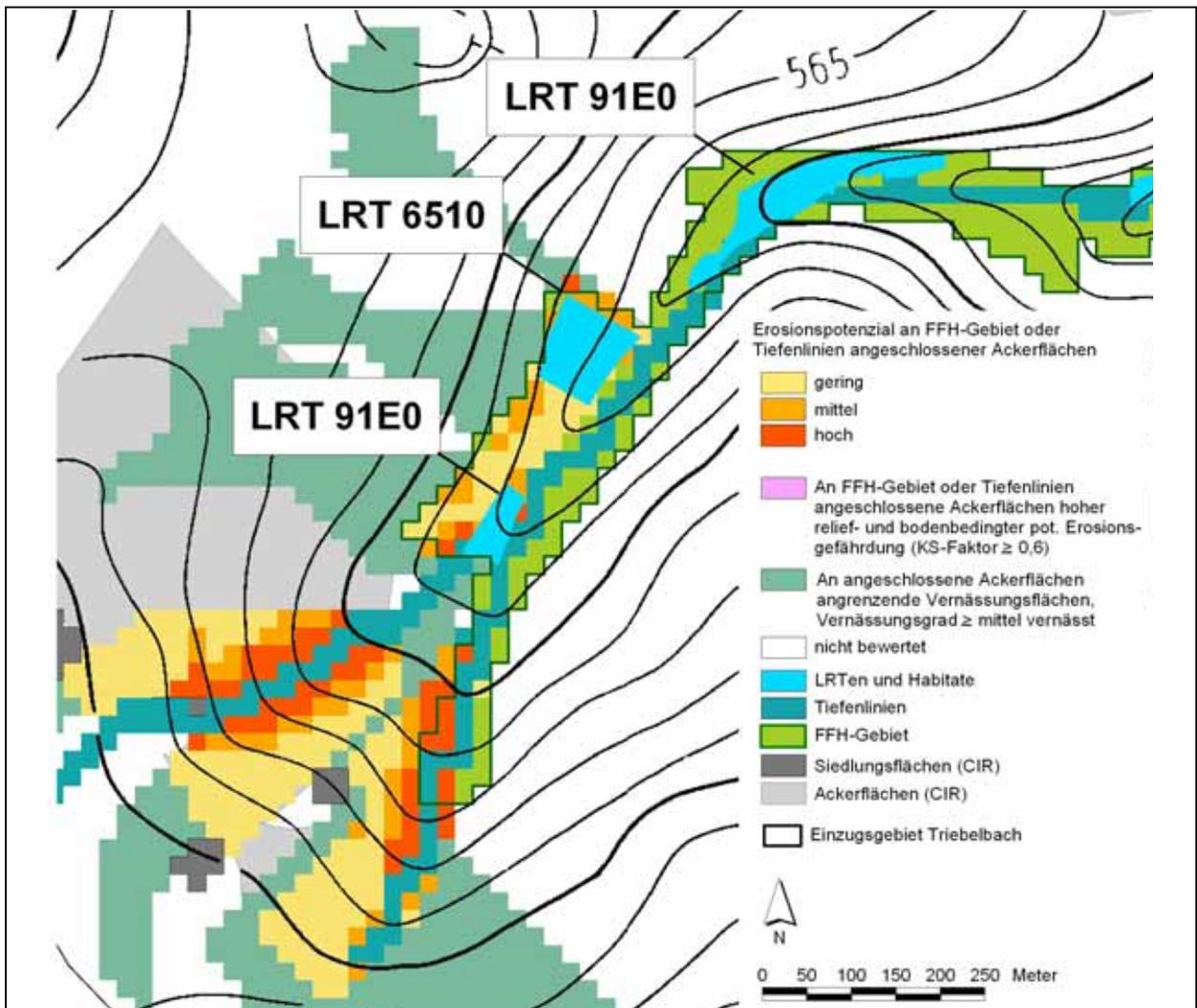


Abb. 6–3: Räumlicher Bezug verschiedener LRT zu einem hydrologisch angeschlossenen Acker mit mittlerem und hohem Erosion_{pot}

Ein weiteres Beispiel zeigt Abb. 6–3, die den südwestlichen Rand des FFH-Gebietes vergrößert. Im betrachteten Ausschnitt liegen verschiedene LRT-Flächen entlang eines Zuflusses. Stromaufwärts grenzt eine Ackerfläche direkt an die Tiefenlinie. Das Erosion_{pot} ist im Umfeld der vorgeprägten Abflussbahnen mittel bis hoch eingestuft, so dass erosive Stoff- und Sedimenteinträge in den Zufluss dann zu erwarten sind, wenn der standörtlichen Erosionsgefährdung nicht durch angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen begegnet wird. Der südliche Auwald (LRT 91E0) ist daher potenziell durch Stoff- und Sedimenteinträge aus der oberhalb

liegenden Ackerfläche gefährdet. Dies gilt auch noch für den weiter stromabwärts liegenden Auwald (LRT 91E0). Im Gegensatz dazu ist die Mähwiese (LRT 6510) in weiten Teilen nicht durch die potenziellen erosiven Einträge in die Tiefenlinie gefährdet, weil ein Großteil des LRT außerhalb der eigentlichen Tiefenlinie liegt. Diese Einschätzung beruht auf der Interpretation der Isohyphen; anhand von Vor-Ort-Kenntnissen ist diese Einschätzung zu verifizieren.

Ergebnis:

- Ein übergeordneter Bezug von FFH-LRT und Habitaten von FFH-Arten zu hydrologisch angeschlossenen Flächen mit unterschiedlichem Erosion_{pot} ist möglich.
- Eine verbale Interpretation der Erosionsgefährdungskarte und eine Beschreibung der Erosionsgefährdung in Bezug auf die FFH-Schutzgüter sind möglich.
- Räumliche Schwerpunkte der potenziellen Erosionsgefährdung in Bezug auf FFH-LRT und Habitate von FFH-Arten können identifiziert werden.

Vorschlag zur Darstellung der Ergebnisse in der Managementplanung:

Grundsätzliche Standortgegebenheiten wie Geologie und Bodenarten, Klimaverhältnisse, Nutzungsartenverteilung oder Hydrologie sollten durch spezielle, die Erosionsgefährdung betreffende Aussagen ergänzt werden (z. B. Häufigkeit und Ausmaß von Starkregen- und Hochwasserereignissen, Ackerflächenanteil des Naturraumes, Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet, vorherrschende Anbauverfahren auf Ackerflächen, ...). Dies dient zur Darstellung der Grundlagen der Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung.

Die bodenschutzfachliche Bewertung erfolgt, wie in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt, in mehreren Schritten, wobei der abschließende Schritt d) „Aggregiertes Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung von Ackerflächen mit KS-Faktor $\geq 0,6$ und potenzieller Fremdwasserzuflüsse von Vernässungsflächen“ (Tabelle in Kap. 3.1.5) der Ausgangspunkt für die planerische Behandlung des Bodenschutzes im MaP ist.

Die Ergebnisse der Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung (Erosion_{pot}) sollten im MaP zum einen für das gesamte FFH-Gebiet in Kap. 2.1.2 (Natürliche Grundlagen) und tabellarisch je nach FFH-Schutzgut einzelflächenbezogen im Kap. 4.1 bzw. 4.2 dargestellt werden. Dem „aggregierten Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen“ ((Punkt d) der abschließenden Tabelle in Kap. 3.1.5) sollte hierbei besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, da hier die direkt angeschlossenen Ackerflächen, die über Tiefenlinien angeschlossenen Ackerflächen sowie die angeschlossenen Vernässungsflächen als Hinweise auf potenzielle Fremdwasserzuflüsse aggregiert sind.

Zusätzlich sollte eine Übersichtskarte die potenzielle standörtliche Erosionsgefährdung des gesamten Einzugsgebietes sowie alle erfassten FFH-Schutzgüter (FFH-LRT und -Habitate) darstellen (vgl. Abb. 6–1).

6.3 Einzelflächenbezogenes Bewertungsschema

Potenzielle Erosionsgefährdung [$Erosion_{pot}$]

Die Auswertung des Erosionspotenzials der an FFH-Schutzgüter angrenzenden Flächen erfolgt durch die Interpretation der vorliegenden Raster- bzw. Vektordaten (aggregiertes Erosionspotenzial angeschlossener Ackerflächen unter Berücksichtigung zusätzlicher Gefährdungen, an FFH-Gebiet oder Tiefenlinien angeschlossene Ackerflächen hoher relief- und bodenbedingter potenzieller Erosionsgefährdung). Hier werden die für das Schutzgut relevanten Flächen interpretiert. Dies sind nur die hangoberhalb liegenden Bereiche um das Schutzgut. Ein Vergleich mit der TK10 ist an dieser Stelle erforderlich. Entsprechend des Ablaufschemas im Anhang 1 ist die $Erosion_{pot}$ -Einstufung der oberhalb von FFH-LRT oder FFH-Habitaten liegenden angeschlossenen Ackerflächen zu betrachten; die Gefährdungsstufen orientieren sich an der prägenden $Erosion_{pot}$ -Einstufung. Die $Erosion_{pot}$ -Einstufung richtet sich nach Tab. 3–3, S. 23.

Pro LRT oder Habitat ist dann bei den Geodaten zu den FFH-Schutzgütern (FFH-LRT und Habitate) eine neue Spalte in der Attributtabelle einzufügen und die $Erosion_{pot}$ -Einstufung der hydrologisch **hangoberhalb** liegenden Ackerflächen per Hand einzutragen. Diese Bewertung stellt dann ein flächenbezogenes Maß für die potenziellen Beeinträchtigungen durch erosive Vorgänge dar, so dass auch Auswertungen für die einzelnen Schutzgüter möglich sind. Auf diese Weise wird der bodenschutzfachliche Bewertungsablauf zum $Erosion_{pot}$ auf jede einzelne Fläche der FFH-LRT oder -Habitate angewendet.

Im Ergebnis kann für alle einzelnen Flächen der FFH-Lebensraumtypen und alle Habitat-Flächen damit eine Abschätzung der Erosionsgefährdung erarbeitet werden und in der Attributtabelle der Bestandlayer zu FFH-Lebensraumtypen und -Habitaten dokumentiert werden. Dies geschieht durch eine neu einzuführende Spalte „Ero_pot“ und stellt einen Erweiterungsvorschlag zu den derzeit vorgegebenen Spalten / Feldern der Attributtabelle dar.

Betroffen von diesem Erweiterungsvorschlag sind alle Attributtabelle der Geodaten zu FFH-Schutzgütern (FFH-Lebensraumtypen und Habitate von FFH-Arten), unterteilt nach Punkt-, Linien- und Flächenobjekten.

Empfindlichkeiten gegen erosive Stoff- und Sedimenteinträge

Nach der Einzelflächen bezogenen Darstellung der potenziellen Erosionsgefährdung der Böden im Umfeld der FFH-LRT und Habitate erfolgt im nächsten Schritt die Darstellung der Empfindlichkeiten der FFH-LRT und Habitate (vgl. Kap. 3.1.7). Die Empfindlichkeiten der

FFH-Schutzgüter sollten im MaP im Kap. 4.1 bzw. 4.2 dargestellt werden. Entsprechende Auszüge aus obigen Tabellen sollten hier aufgelistet und diskutiert werden. Dabei ist eine Differenzierung nach FFH-LRT und -Arten nötig, da in bestimmten Fällen die Empfindlichkeiten von FFH-Arten höher sein können als die des FFH-LRT. Im Ergebnis werden Empfindlichkeiten der FFH-Schutzgüter auf Typ-Ebene im MaP dargestellt sowie Empfindlichkeiten nach FFH-LRT und -Habitaten/Arten differenziert. Auf dieser Grundlage können die sensibelsten Schutzgüter ermittelt werden.

Weiterhin ist eine typbezogene Ergänzung der Attributtabeln „Bestand an LRT und Habitaten/Arten“ um diese Empfindlichkeiten möglich. Für jede Einzelfläche der FFH-LRT und -Habitats liegt dann eine typbezogene Klassifizierung der Empfindlichkeiten gegenüber Erosionsgefährdung vor. Das heißt, es wird ein Erweiterungsvorschlag zu den derzeit vorgegebenen Spalten / Feldern der Attributtabeln in dem Sinne empfohlen, indem in der Attributtabelle der LRT und Habitats eine neu einzuführenden Spalte „ErosionEmp“ die Empfindlichkeiten dokumentiert.

Beispielauswertung Managementplan „Triebelbachtal“

Die im FFH-Gebiet „Triebelbachtal“ vorkommenden LRT weisen überwiegend eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber Sediment- oder Nährstoffeinträgen auf. Ausnahmen stellen die LRT 6210 (Naturnahe Kalk-Trockenrasen, sehr hohe Empfindlichkeit) und 3260 (Fließgewässer mit Unterwasservegetation, hohe Empfindlichkeit) dar (Tab. 6–1).

Tab. 6–1: Empfindlichkeiten der FFH-LRT im Gebiet „Triebelbachtal“ gegenüber Nährstoff- und Sedimenteinträgen

Empfindlichkeit	Daten	LRT					Gesamtergebnis
		3260	6210	6430	6510	91E0	
mittel	Anzahl			7	15	2	24
	Fläche (m²)			23696	72641	16611	112948
hoch	Anzahl	3					3
	Fläche (m²)	14038					14038
sehr hoch	Anzahl		2				2
	Fläche (m²)		2899				2899
Gesamt: Anzahl		3	2	7	15	2	29
Gesamt: Fläche (m²)		14038	2899	23696	72641	16611	129885

Von den im FFH-Gebiet Triebelbachtal nachgewiesenen FFH-Arten sind die Empfindlichkeiten gegenüber Nährstoff- und Sedimenteinträgen höher als bei den Lebensraumtypen einzustufen (Tab. 6–2). Insbesondere die Flussperlmuschel ist extrem empfindlich gegenüber Gewässerbelastung, Versandung und Verschlammung, wie sich aus einer Vielzahl von ökologischen Studien in Mitteleuropa ergeben hat.

Tab. 6–2: Empfindlichkeiten der FFH-Arten im Gebiet „Triebelbachtal“ gegenüber Nährstoff- und Sedimenteinträgen

Empfindlichkeit	Daten	FFH-Art				
		Bach-neunauge	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	Flussperlmuschel	Groppe	Gesamtergebnis
hoch	Anzahl				1	1
	Fläche (m ²)				2566	2566
mittel-hoch	Anzahl		4			4
	Fläche (m ²)		33687			33687
sehr hoch	Anzahl	2		2		4
	Fläche (m ²)	20777		6599		27376
Gesamt: Anzahl		2	4	2	1	9
Gesamt: Fläche (m²)		20777	33687	6599	2566	63629

Auf der Basis solcher Auswertungen kann begründet dargestellt werden, dass ggf. für die FFH-Arten wesentlich umfangreichere Schutzmaßnahmen erforderlich sein können als für die LRT.

Im FFH-Gebiet Triebelbachtal kann ein Habitat der Flussperlmuschel als Beispiel angeführt werden. Das Habitat (vgl. Abb. 6–4) dieser FFH-Art deckt sich größtenteils mit dem LRT 3260 (naturnahe Fließgewässer), der eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Sedimenteinträgen aufweist als die hier betrachtete Art.

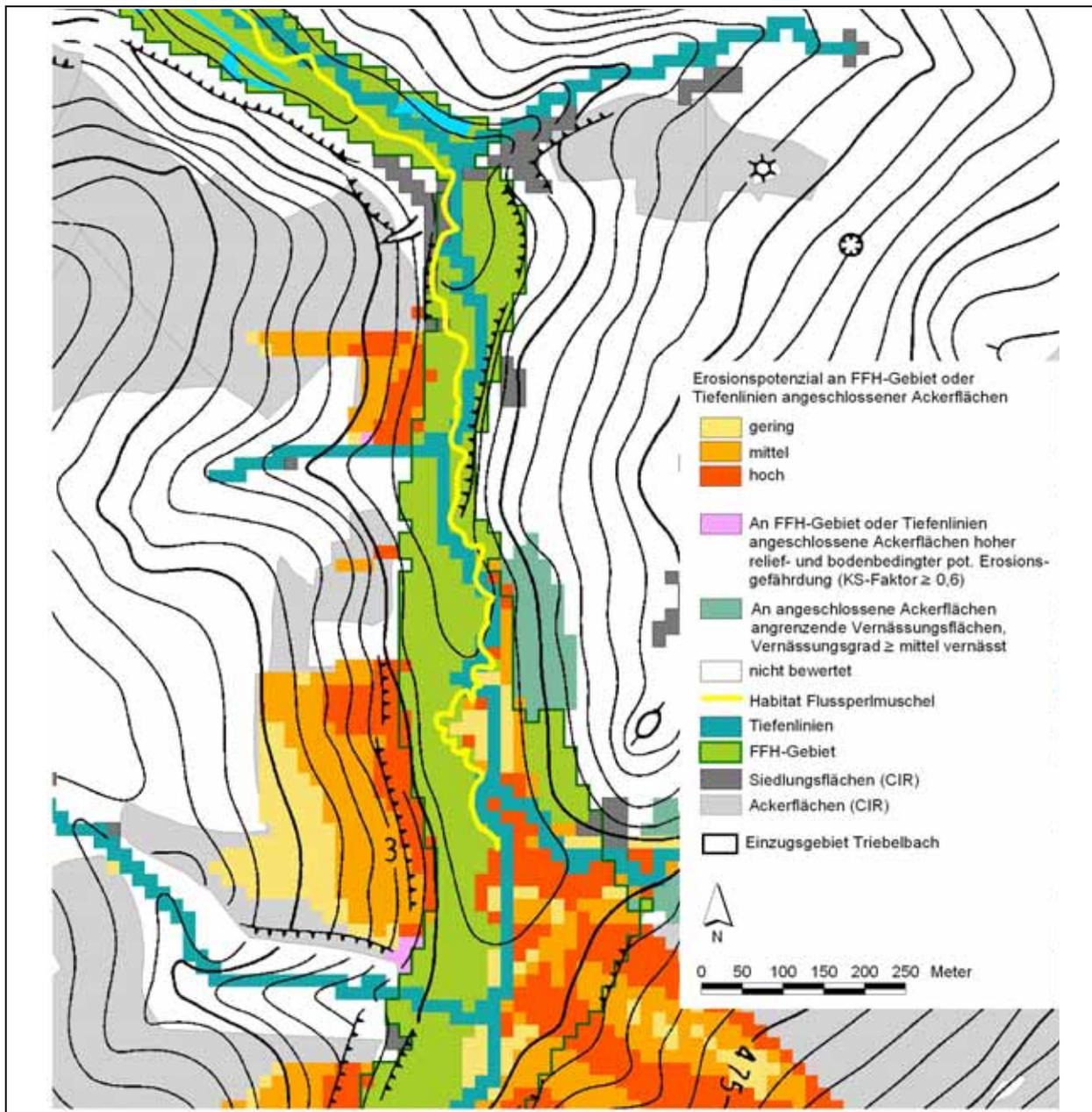


Abb. 6–4: Habitat der Flussperlmuschel und Erosionsgefährdung der hydrologisch angeschlossenen Ackerflächen

Im MaP des Gebietes sind für dieses Habitat ebenso wie für den betreffenden LRT unterschiedliche Erhaltungs- bzw. Entwicklungsmaßnahmen genannt. Speziell zur Unterbindung der Nährstoffeinträge werden die Folgenden vorgeschlagen:

- „keine Erneuerung der Meliorationsrohre (betreffend LRT 3260)“
- „Verzicht von Düngemitteln auf angrenzenden Flächen innerhalb des FFH-Gebietes, Beibehaltung der NAK- bzw. KULAP-Bewirtschaftung außerhalb der FFH-Gebietsgrenzen und Extensivierung der Äcker, die über Gräben und Dränrohre *unmittelbar* mit dem Habitat verbunden sind (betreffend Habitat der Flussperlmuschel)“.

Anhand der oben stehenden Karte muss festgestellt werden, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen keinen ausreichenden Schutz für die Flussperlmuschel darstellen. Am südlichen Rand des Habitats ist an den hangaufwärts liegenden Flächen ein hohes Erosionspotenzial zu verzeichnen. Es kann daher nicht davon ausgegangen werden, dass ausschließlich direkte Nährstoffeinträge über Gräben und Dränagen das Habitat beeinträchtigen, wie dies im MaP angenommen wird.

Vielmehr sollten für die potenziell erosionsgefährdeten Ackerflächen hangaufwärts auch bodenschutzfachliche Maßnahmen ergriffen werden, wie sie im Anhang 2 beschrieben werden. Im konkreten Fall wären die Maßnahmen Nr. 1 (konservierende Bodenbearbeitung), Nr. 3 (Zwischenfruchtanbau), Nr. 4 (Fruchtfolgeänderung) oder Nr. 6 (Reduktion der wirksamen Hanglänge) vorzuschlagen, insbesondere für die drei Bereiche hohen Erosionspotenzials, die im Südosten und im Westen außerhalb des FFH-Gebiets liegen. Die Maßnahmenauswahl kann anhand der Regelfallgestaltung nach Kap. 3.1.8 vorgenommen werden (vgl. auch Ablaufschema im Anhang 1).

Maßnahmen-Codierung

Bestehende Maßnahmen-Codes der vorgegebenen Maßnahmen-Codeliste im Bereich Offenland, die als Überbegriffe verwendet werden könnten und die in die entsprechenden Felder der Maßnahmentabellen eingetragen werden können, sind in der folgenden Zusammenstellung aufgelistet.

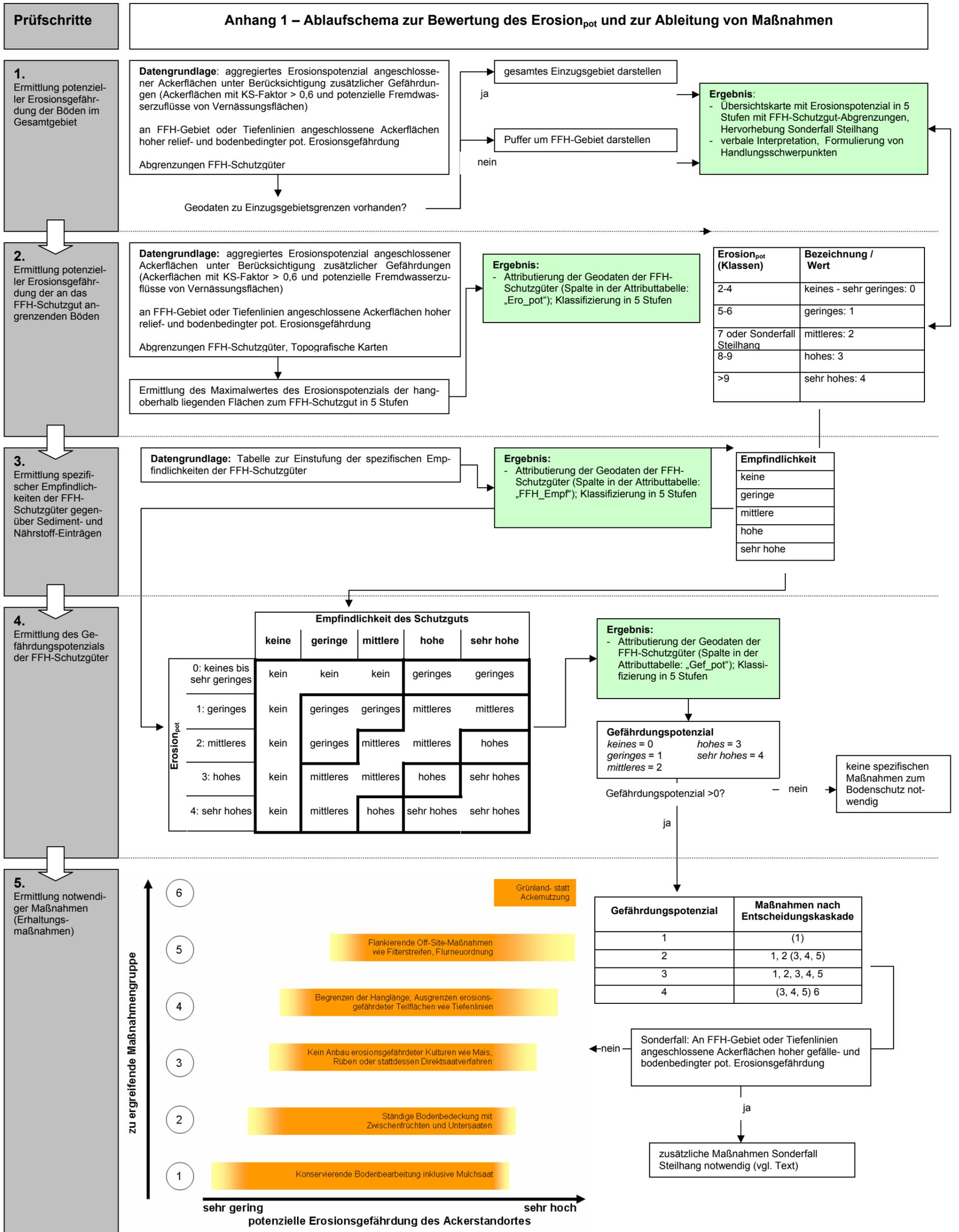
- 1.3. Naturverträglicher Ackerbau
 - 1.3.1. Extensivierung auf Teilflächen/ Ackerrandstreifen
 - 1.3.2. Änderung der Bearbeitungsrichtung des Bodens
 - 1.3.4. Verzögerung des Umbruchs nach der Ernte
 - 1.3.5. Zulassen der natürlichen Begrünung von abgeernteten Äckern
 - 1.3.6. Anlage von mehrjährigen Kulturen
 - 1.6. Auswahl / Beschränkung der Bearbeitungstechniken
 - 1.6.2. Kein Einsatz von schweren Maschinen
 - 1.6.3. Kein Walzen / Kein Schleppen
 - 1.6.4. Kein Tiefpflügen
 - 1.8. Nutzungsänderung
 - 1.8.1. Umwandlung von Acker in Grünland
 - 1.8.2. Umwandlung von Acker in Wald
 - 1.8.3. Umwandlung von Weide in Wiese
 - 1.10. Schaffung/ Erhalt von Strukturen
 - 1.10.7. Ausweisung von Pufferflächen
 - 4.4.7. Minimierung des Sedimenteintrages
 - 4.8. Extensivierung von Gewässerrandstreifen / Anlage von Pufferzonen
 - 12.3. Schaffung von Strukturen
 - 12.3.3. Pflanzung von Gehölzen/ Gebüsch
 - 12.3.4. Anlage von Hecken/ Knicks
 - 12.3.5. Aufforstung
 - 12.3.6. Anlage von Pufferstreifen/ -flächen
- (Codes und Maßnahmen nach Maßnahmenliste zu sächsischen MaP, Stand 2006)

Diese Überpunkte der Maßnahmen müssen für den Einzelfall spezifiziert und erläutert werden, hierzu dient die Zusammenstellung von 14 möglichen Maßnahmenbündeln im Anhang 2.

7 Literatur

- Breburda, J. (1983): Bodenerosion – Bodenerhaltung. Frankfurt: DLG-Verlag.
- BVB (Hrsg.) (2004): Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion. BVB-Merkblatt 1. Bundesverband Boden e.V., St. Augustin.
- DBG (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. Arbeitsgruppe Bodenutzung in Wasserschutz- und -schongebieten. Oldenburg.
- Feldwisch, N., D. Meyer-Marquart (2002): Mulchsaat bald Pflicht? DLG-Mitteilungen 7/2002, 57-59.
- Frielinghaus et al. (Autorenkollektiv) (1997): Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. ZALF-Berichte Nr. 27, Müncheberg.
- Frielinghaus et al. (Autorenkollektiv) (1998): Bodenerosion. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern. Hrsg. vom Geologischen Landesamt, Schwerin.
- Köthe, R., Bock, K., Vogel, E. (2005): Expertise zum Forschungsvorhaben "Landnutzung und Hochwasserschutz", Teilvorhaben "Digitale Reliefanalyse Sachsen": Korrektur des ATKIS-DGM, Berechnung morphometrischer Reliefparameter, Erstellung einer Digitalen Geomorphographischen Karte (GMK20 Sachsen), Untersuchungen zur Erosion und zur Auenbödenverbreitung, erstellt im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG), Bearbeitungsstand: 11/2005. 56 S.; Göttingen (sci-Lands GmbH).
- LfL (2002): Nitratbericht 2000 unter Berücksichtigung der Untersuchungen ab 1990. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 1/2002.
- LfL (2003): Nitratbericht 2002. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 10/2003.
- LfL (2004): Nitratbericht 2003. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 6/2004.
- LfL (2005): Nitratbericht 2004. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 10/2005.
- LfL (2006): Nitratbericht 2005. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 12/2006.
- LfL (2007): Umsetzung der Düngeverordnung – Hinweise und Richtwerte für die Praxis. Im Druck.
- LfUG (2007): Bodenatlas des Freistaates Sachsen. Teil 4: Auswertungskarten zum Bodenschutz. Dresden.
- LWK NRW (2007): Bodenerosion durch Wasser – Ursachen, Bedeutung und Umgang in der landwirtschaftlichen Praxis von NRW. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Eigenverlag, Münster.

- Osterburg, B., T. Runge (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. FAL-Sonderheft 307. Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig.
- Peter, M., N. Feldwisch, U. Schultheiß, M. Reschke, H. Döhler, P. Jäger (2005): Landbewirtschaftung und Gewässerschutz. AID-Heft 1494/2005. Agrarinformationsdienst, Bonn.
- Schmidt, J., M. v. Werner, A. Michael, W. Schmidt (1996): EROSION 2D / 3D. Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser: Hrsg.: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie Dresden-Pillnitz und Freiberg. ISBN 3-00-001453-5.
- Schmidt, J., M. v. Werner, Michael, A., W. Schmidt (1999): Planung und Bemessung von Erosionsschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Wasser & Boden, 51/12, 19-24.
- Schmidt, W. (2003): Nachhaltiger Bodenschutz in der landwirtschaftlichen Praxis. In: SMUL (Hrsg.): Bodenschutz und Nachhaltigkeit. Tagungsband zu den 5. Sächsischen Bodenschutztagen am 26. und 27. Juni 2003 in Dresden. S. 114-120.
- Schwertmann, U., Vogel, W. & Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Auflage. Stuttgart.
- Seiffert, S., Tenholtern, R. (1998): Anwendungsbeispiel für das Fachkonzept der DBG zur Beurteilung des standörtlichen Nitratverlagerungsrisikos in Sachsen. Wasser und Boden, Band 50/9, 41-46.
- SMUL – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2005): Agrarbericht 2004. Dresden, April 2005.



Anhang 2 Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion durch Wasser

Allgemeine fachliche Hinweise

Aus fachlicher Sicht sollte bei der Formulierung von Maßnahmen folgende Entscheidungskaskade auf der Grundlage der Ursachenklärung eingehalten werden (BVB 2004). Folgende Maßnahmengruppen sind hierbei in der genannten Reihenfolge hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu prüfen und umzusetzen (nach BVB 2004):

a) *„Wurde die Bodenerosion ausschließlich durch Fremdwasserzufluss, Hangwasseraustritt oder defekte Entwässerungseinrichtungen verursacht, dann sind diese Ursachen abzustellen. Für Maßnahmen auf der Erosionsfläche besteht bei diesen Schadensursachen kein Handlungsbedarf.“*

b) *Liegen andere bzw. weitere Ursachen vor, die in der Erosionsfläche bzw. in ihrer Bewirtschaftung begründet sind, dann sind Maßnahmen auf der Erosionsfläche notwendig. Zuerst sind Maßnahmen auszuwählen, die der Flächennutzer (i. d. R. Landwirt) selbst im Rahmen seiner Bewirtschaftung durchführen kann. Diese Vorgehensweise gewährleistet zum einen, dass Handlungsspielraum verbleibt und die direkte Verantwortlichkeit des Flächennutzers auch in eigenes Handeln umgesetzt wird. Zu dieser Maßnahmengruppe gehören konservierende Bodenbearbeitungsverfahren, Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Mulchsaatenverfahren, Fruchtfolgemaßnahme bis hin zum Anbauverbot kritischer Früchte und Maßnahmen bei Bodenschadverdichtungen als Ursache der Bodenerosion. Zum anderen stellt diese Vorgehensweise sicher, dass zumeist teure und aufwändige Maßnahmen der Flurordnung erst in zweiter Linie zum Tragen kommen und insofern die Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen gewahrt bleibt.“*

c) *Sind die vorgenannten Maßnahmen nicht hinreichend wirksam, dann sind Maßnahmen zur Untergliederung der Flächen-/Schlagstrukturen vorzusehen. Im ersten Schritt sind wiederum die Möglichkeiten, die der Flächennutzer selbst hat, zu prüfen. So bieten sich schlaginterne (Dauer-)Stillelegungsstreifen quer zum Gefälle an, um die erosive „Schlaglänge“ zu reduzieren. Ist diese Maßnahme alleine nicht ausreichend, dann sind Untergliederungen des Hanges mit Hecken, Grünland etc. erforderlich, die ggf. durch die Anlage von Fanggräben zum schadlosen Abführen von Oberflächenabfluss ergänzt werden können.“*

d) *Liegen bevorzugte Abflussbahnen wie Hangmulden vor, dann ist ein besonderes Augenmerk auf eine erosionsmindernde Bewirtschaftung des Einzugsgebietes der Tiefenlinie zu legen (siehe vorstehender Aufzählungspunkt). Erst dann ist zu prüfen, ob durch eine Änderung der Bearbeitungsrichtung die Bodenerosion gemindert werden kann. Ist Konturbearbeitung möglich, dann stellt sie eine sinnvolle Maßnahme dar. In der Regel wird jedoch eine strikte Konturbearbeitung nicht und stattdessen nur eine Querbearbeitung möglich sein. Von Letzterer ist jedoch in den meisten Fällen abzuraten, weil sie zum verstärkten Zusammen-*

fließen des Oberflächenabflusses in Hangmulden beiträgt und daher eher schadenssteigernd wirkt.

Als wirksamste Maßnahme bietet es sich an, so genannte grüne "Vorflutrinnen" anzulegen, also die Nutzungswandlung von Acker in Grünland oder die Anlage von Gehölzstrukturen in bevorzugte Abflussbahnen zu lenken.

Ist keine der vorstehenden Maßnahmengruppen allein oder in Kombination ausreichend wirksam, dann muss die vollständige Umstellung auf eine erosionsvermeidende Nutzung wie Grünland oder auf Gehölzstrukturen erwogen werden. Dieser gravierende Eingriff sollte im Sinne einer schutzgutübergreifenden Optimierung in Abstimmung mit den Belangen des Boden- und Gewässer sowie des Arten- und Biotopschutzes erfolgen.

Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich sind auf die gesamte Fruchtfolge abzustellen und nicht ausschließlich auf die Fruchtart, bei der die Maßnahmen auslösende Bodenerosion aufgetreten ist“.

Maßnahmenbündel

Um zu einer einheitlichen Beurteilung von Erosionserscheinungen und Erosionsschäden zu kommen, wurde aus BVB (2004) eine Reihe von Anhaltspunkten übernommen. Sie stellen für den MaP-Planer eine Hilfe dar, Erosionserscheinungen und Erosionsschäden zu erkennen.

A1) grundsätzlich geeignete Maßnahmen

1 Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren inklusive Mulchsaatverfahren

Mögliche Maßnahmen:

- keine wendende Bodenbearbeitung (Pflugverzicht)
- Reduzieren der Bearbeitungsintensität nach Art, Tiefe und Häufigkeit des mechanischen Eingriffs
- Belassen von Pflanzenreststoffen der Vor- und/oder Zwischenfrüchte (Mulch) nahe oder auf der Bodenoberfläche, um ausreichend Mulchmaterial auf der Bodenoberfläche für die nachfolgende Hauptfruchtbestellung im Mulchsaatverfahren zu belassen. Eine Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes und der Düngung kann notwendig sein.
- Unterschieden wird die Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung. Bei gutem Bodengefüge und guten Saatbedingungen sollte die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung angestrebt werden, da mehr Mulchmaterial auf der Oberfläche verbleibt.

Zielsetzung:

- Aufbau und Sicherung eines stabilen, tragfähigen Bodengefüges sowie eines funktionstüchtigen Porensystems durch längere Bodenruhe.
- Steigern der Bodenbedeckung durch Belassen von Mulchmaterial nahe oder auf der Bodenoberfläche zum Schutz der Bodenoberfläche vor dem Regentropfenaufprall. Angestrebt wird eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung von mindestens 30 % durch Mulch oder Pflanzenbestand.
- Steigern der biologischen Aktivität des Bodens durch Schattengare und Bereitstellen von organischem Material.
- Bodenerosion wird im Vergleich zu Pflugverfahren sehr deutlich reduziert.

2 Direktsaatverfahren

- Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung, das heißt keine Grundbodenbearbeitung, keine Stoppelbearbeitung und auch keine Saatbettbereitung.

- Bestellung erfolgt mit Zinkensäscharen oder Scheibenscharen
- Eine Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes, der Düngung und ggf. des Saatzeitpunktes ist notwendig.

Zielsetzung:

- vgl. Nr. 1
- Bodenerosion wird im Vergleich zu Pflugverfahren im Regelfall (nahezu vollständig) vermieden.

3 Zwischenfruchtanbau

- Anbau von Zwischenfrüchten als Herbstansaat, Untersaat oder Blanksaat

Zielsetzung:

- Steigern der Bodenbedeckung auch in Zeitspannen zwischen aufeinander folgenden Hauptfrüchten
- Steigern der biologischen Aktivität des Bodens durch Schattengare, Durchwurzelung und Bereitstellen von organischem Material
- Bereitstellen von Mulchmaterial für nachfolgende Mulchsaatverfahren (siehe Nr. 1)

4 Fruchtfolgeänderungen

- Die Hauptfrüchte unterscheiden sich in ihrer Erosionsgefährdung. Entscheidend sind insbesondere die Dauer und die Dichte der Bodenbedeckung durch den Pflanzenbestand. Je länger und dichter der Boden durch den Pflanzenbestand bedeckt wird, umso geringer ist die Erosionsgefährdung durch die angebauten Hauptfrüchte. Wichtig ist weiterhin, wann die Zeitspannen mit geringer Bodenbedeckung innerhalb einer Fruchtfolge auftreten. Bei Ackerfrüchten, die erst spät den Boden dicht bedecken wie zum Beispiel Zuckerrüben, Mais, (Spät-)Kartoffeln oder Tabak, ist die Erosionsgefährdung hoch.
- Die Erosionsgefährdung der Fruchtfolge kann durch Änderungen der angebauten Hauptfrüchte oder den zusätzlichen Anbau von Zwischenfrüchten (siehe Nr. 3) deutlich gesenkt werden.
- Die Fruchtfolge ist der standörtlichen Erosionsgefährdung anzupassen. Je nach standörtlicher Erosionsgefährdung ist auf den Anbau von erosionsgefährdeten Ackerfrüchten zu verzichten. Die Erosionsgefährdung der bedeutendsten Ackerfrüchte ist näherungsweise in folgende Reihenfolge mit abnehmender Gefährdung zu bringen: Hopfen > Feldgemüse > Hackfrüchte / Mais ohne Schutzmaßnahmen > Hackfrüchte / Mais mit Schutzmaßnahmen > Sommergetreide / Winterraps > Wintergetreide > Feldfutter

Zielsetzung:

- Steigern der Dauer und Dichte der Bodenbedeckung, insbesondere in Zeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen (Mai bis September).

5 Nutzungswandel

- Bei sehr starker standörtlicher Erosionsgefährdung kann der Erosionsgefahr zumeist auch nicht mit den besten ackerbaulichen Erosionsschutzmaßnahmen entgegengewirkt werden.
- Bei solchen Gefahrenlagen ist ein Nutzungswandel von Acker zu Grünland oder anderen Dauervegetationsformen zu überdenken.

Zielsetzung:

- Effektiver Schutz vor Bodenerosion auch auf sehr stark gefährdeten Standorten

A2) bei spezifischen Ursachen geeignete Maßnahmen

6 Hanglänge

Beschreibung der Ursachen:

- Das Ausmaß der Bodenerosion nimmt mit zunehmender erosionswirksamer Hanglänge zu, so dass eine Reduzierung der erosionswirksamen Hanglänge notwendig sein kann.

Geeignete Maßnahmen:

- Gliederung des Hangs durch Streifenanbau
- Gliederung des Hangs mit Hecken, Feldgehölzen, Hochrainen, Grünland etc.

- Anpassen der Schlaggröße, -ausrichtung, Wegeföhrung, Landschaftsstrukturelemente an die Erosionsgeföhrdung des Hanges
- Anlegen von Fanggröben mit einem Anschluss an die Vorflut oder mit speziellen Versickerungsbereichen

7 Hangmulden

Beschreibung der Ursache:

- In Hangmulden fließt der Oberflächenabfluss bevorzugt zusammen und kann dort massive lineare Bodenerosion verursachen. Je nach Geföhrdung der Hangmulde sind unterschiedliche Maßnahmen entsprechend der nachstehenden Ausführungen zu ergreifen.

Geeignete Maßnahmen:

- Zur Vermeidung linearer Erosionsformen sind stark geföhrdete Hangmulden dauerhaft zu begrönnen. In Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen kann das durch Anlegen von mehrjährigen Ackerkulturen, schnell wachsenden Gehölzen (Energieholzplantagen), Grünland, Landschaftsstrukturelementen, Wald bzw. Etablierung potenziell natürlicher Vegetation geschehen.
- In weniger stark geföhrdeten Hangmulden sind besonders bodenschonende Bewirtschaftungsverfahren zu realisieren, die
 - eine möglichst dauernde Bodenbedeckung und eine möglichst intensive Durchwurzelung gewährleisten sowie
 - Beeintröchtigungen des Bodengefüges vermeiden.
 - Bei Ackernutzung sind ggf. langjährige Stilllegungsmaßnahmen gezielt in stark geföhrdete Hangmulden zu legen, um ausreichende Bodenbedeckung (auch über Winter), hohe bodenbiologische Aktivitäten und letztlich hohe Infiltrationsraten zu gewährleisten.
- Ergänzend sind die Einzugsgebiete der Hangmulden konservierend zu bearbeiten und Mulchsaatenverfahren anzuwenden, um die Abflussbildung und den Bodenabtrag zu vermindern (vgl. Nr. 1 bis 4).

8 Fremdwasserzutritt

Beschreibung der Ursache:

- Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann durch den Zutritt von Fremdwasser aus oberliegenden Flächen ausgelöst werden. Fremdwasser kann von Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sowie von Baustellen zufließen, wenn der Niederschlagswasserabfluss von diesen Flächen nicht ordnungsgemäß gefasst und abgeföhrt wird. Aber auch aus Wäldern oder Grünland kann Fremdwasser auf Ackerflächen übertreten, wenn die Wald- bzw. Grünlandböden zur schnellen Abflussbildung neigen. Eine schnelle Abflussbildung unter Wald und Grünland ist insbesondere dann möglich, wenn die Böden sehr gering mächtig sind, also nicht viel Niederschlagswasser speichern können, wenn Hang- oder Staunässe vorliegt oder wenn oberflächennahe Verdichtungen - zum Beispiel durch Viehtritt auf Weiden - eine schnelle Versickerung des Niederschlages verhindern.

Geeignete Maßnahmen:

- Ordnungsgemäße Fassung und Abföhrung von Niederschlagswasserabfluss von Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sowie von Baustellen.
- Unterhalb von Flächen mit schneller Abflussbildung können Fanggröben mit einem Anschluss an die Vorflut oder mit speziellen Versickerungsbereichen angelegt werden.
- Wirken Bodenverdichtungen abflussauslösend, dann sind (Tief-)Lockerungsmaßnahmen zu prüfen.

9 Hangwasseraustritt

Beschreibung der Ursache

- Unterhalb von Hangwasseraustritten kann wiederkehrend Bodenerosion ausgelöst werden, ohne dass auf den anderen Hangflächen Bodenerosion auftreten muss.

Geeignete Maßnahmen:

- Bei entsprechenden Schäden können Nutzungsumstellungen im Bereich des Hangwasseraustritts und des unterliegenden Abflussbereichs von Acker zu Grünland oder anderen Dauervegetationsformen notwendig sein.
- Auch das Anlegen einer Fangdränage bzw. deren Instandsetzung kann Abhilfe schaffen, wenn nicht der Schutz der natürlichen Bodenfunktion im Wasserhaushalt vorrangig ist

10 Sehr hohe Abflussbereitschaft / Defekte Dränagen:

Beschreibung der Ursache

- Auf vernässten Böden (undurchlässiger Untergrund oder stauende Bodenschichten auf Grund der natürlichen Bodenentwicklung) und auf technogen übermäßig verdichteten Böden (zum Beispiel Pflugsohlenverdichtungen) tritt bei großen Niederschlagshöhen und Niederschlagsintensitäten häufig sehr schnell Oberflächenabfluss auf, weil das freie Speichervermögen der Böden für Niederschlagswasser begrenzt ist. Dadurch kann Bodenerosion ausgelöst werden.
- Für die vernässten und technogen übermäßig verdichteten Böden bieten sich unterschiedliche geeignete Maßnahmen an, die im Folgenden getrennt beschrieben werden.

Geeignete Maßnahmen:

Stau- oder hangnasse Böden

Bei starker Staunässe sind folgende Maßnahmen in Betracht zu ziehen:

- Auf bisher nicht gedränten Ackerflächen ist eine Nutzungsumstellung zu Dauervegetationsformen zu prüfen.
- Auf bereits entwässerten Flächen mit funktionsuntüchtigen Dränen / Gräben ist zu überprüfen, ob eine Wiedervernässung bodenschutzfachlich und landschaftsplanerisch sinnvoll ist. Wenn ja und ackerbauliche Nutzung weiterhin erwünscht, dann wird die Entwässerung wiederhergestellt, wenn nein, dann keine Wiederherstellung der Entwässerung.
(Hinweis: Die vorgenannte Abwägung darf nicht in dem Sinne missverstanden werden, dass grund- oder staunasse Böden grundsätzlich entwässert werden sollten, um der Erosion vorzubeugen.)

Übermäßig verdichtete Böden

- Bei vorliegenden Gefügeschäden ist zu prüfen, ob eine Melioration des Standortes durchgeführt werden muss.
- Tiefenlockerung schadverdichteter Böden mit anschließender bodenschonender Bewirtschaftung (nach der Lockerung mindestens 1-jähriger Anbau tiefwurzelnder Pflanzen als Dauerbegrünung, Aufwuchs mulchen zur Anregung der biologischen Aktivität im Boden, insbesondere zur Stimulierung der Regenwurmaktivität)

11 Hochwassererosion:

Beschreibung der Ursache

- Bei Hochwasserereignissen treten die Fließgewässer aus ihren Gewässerbetten und überschwemmen weite Auenbereiche. Im Stromstrich, also dort wo der Hochwasserabfluss in der Aue hohe Abflussgeschwindigkeiten aufweist, kann erhebliche Bodenerosion auftreten, insbesondere wenn der Boden nicht durch eine dichte Vegetationsschicht geschützt ist. Auf Ackerflächen kann davon der gesamte humose Oberboden (Ap-Horizont) betroffen sein.

Geeignete Maßnahmen:

- Bei derartigen Gefahrenlagen kann im Bereich des Stromstriches des ausgeferten Hochwassers eine Nutzungsumstellung von Acker zu Grünland oder anderen Dauervegetationsformen notwendig sein.

12 Reduzierte mechanische Beanspruchung

Beschreibung

- Die Infiltration von Niederschlagswasser und die Speicherung des Wassers im Boden werden entscheidend durch das Bodengefüge bestimmt. Aus diesem Grund sollten jegliche übermäßige Beeinträchtigung des Bodengefüges durch Befahrungen vermieden werden.

Maßnahmen:

- Konsequenter Bodengefügeschutz: Keine Befahrung bei zu hohen Bodenfeuchten; Reduzieren der Gesamtmassen der Ackerfahrzeuge, Radlasten und Kontaktflächendrücke z. B. durch Einsatz leichterer Erntemaschinen(-geräte) und/oder nicht volles Ausschöpfen der Bunkerkapazitäten insbesondere zu Zeiten hoher Bodenfeuchten; Verringern der Überfahrfrequenzen; Reduzieren der dynamischen Effekte des Befahrens; Reduzieren des Reifeninnendrucks; Reduzieren der Viehbesatzdichte auf Grünland

13 Anpassen der Düngung und Ausgleich der Humusbilanz

Beschreibung

- Die Düngung kann sowohl stabilisierend als auch destabilisierend auf das Bodengefüge einwirken. Kalkungsmaßnahmen bewirken in der Regel eine Stabilisierung des Bodengefüges. Eine übermäßige Versorgung mit Kalium und Natrium destabilisieren das Bodengefüge.
- Der Humusgehalt trägt entscheidend zur Gefügestabilisierung bei. Bei einer standortgerechten Humusversorgung wird der Aufbau und Erhalt stabiler Bodenaggregate durch die Förderung der biologischen Aktivität unterstützt. Dadurch wird die Verschlammungsneigung herabgesetzt sowie die Wasserleitfähigkeit und Wasserspeicherefähigkeit verbessert, so dass ein Beitrag zur Verzögerung der Abflussbildung und zur Minderung der Bodenerosion geliefert wird.

Maßnahmen:

- Ausreichende Kalkung orientiert an den Ziel-pH-Werten der landwirtschaftlichen Beratungsstellen
- Reduzierung der K- und Na-Düngung insbesondere bei verschlammungsgefährdeten Schluffböden und feinsandreichen Böden, wenn die Versorgungsstufen d und E vorliegen.
- Ausgleich der Humusbilanz durch Ausbringen organischer Dünger oder Komposte, Anbau von Zwischenfrüchten oder Belassen von Ernteresten auf dem Feld

14 Weitere ackerbauliche Maßnahmen:

Beschreibung

- Weitere nachfolgend genannte ackerbauliche Maßnahmen können einen Beitrag zum Schutz vor Bodenerosion liefern.

Geeignete Maßnahmen:

- Ausrichten der Bearbeitungsrichtung: Die Erosionsgefährdung nimmt in folgender Reihenfolge ab: Bearbeitung in Falllinie > quer zur Falllinie > höhenlinienparallele Bearbeitung
- Breitsaat: Breitsaatverfahren anstatt Reihensaat, insbesondere bei Mais; reihenunabhängige Erntetechnik ist notwendig
- Änderungen der Erntetermine: Vorverlegung der Erntetermine von normalerweise spät im Herbst geernteten Ackerfrüchten wie Mais und Zuckerrüben, so dass Neuansaat einer Folgekultur oder einer Winterzwischenfrucht ermöglicht wird und die mit der Ernte verbundenen hohen mechanischen Bodenbelastungen nicht in Zeiten hoher (Unter-)Bodenfeuchten anfallen
- Fröhsaaten von Winterungen zur Etablierung eines relativ dichten Bestandes vor Winter. Diese Maßnahme ist in vielen Fällen notwendig, da geringe Bodenbedeckungsgrade und geringe Durchwurzelung des Bodens durch spärlich entwickelte Winterungen keinen hinreichenden Bodenschutzeffekt bewirken. Den phytosanitären Nachteilen der Fröhsaat kann mit einer ausreichend weit gestellten Fruchtfolge entgegengewirkt werden.

Anhang 3 Maßnahmen zur Reduzierung der N-Auswaschung

Die nachstehende tabellarische Maßnahmenauswahl und die Einschätzung der Wirksamkeit zur Reduzierung der N-Auswaschung folgen dem FAL-Sonderheft 307 „Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie“ (OSTERBURG & RUNGE 2007). Detaillierte Informationen zur Maßnahmeausgestaltung und zu den Randbedingungen wie Boden- und Klimaeinflüsse auf die Maßnahmenwirksamkeit sind der genannten Veröffentlichung zu entnehmen.

Generell ist die Regelfallbewertung anhand der konkreten Bedingungen des Einzelfalles zu bewerten: Im Einzelfall kann die Wirksamkeit von der aufgeführten generellen Einstufung abweichen. Auch sind weitere, lokal angepasste Maßnahmen möglich.

Maßnahmen	Wirksamkeit	
	Acker	Grünland
1. Zwischenfruchtanbau		
Zwischenfrucht mit frühem Umbruch	++	0
Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	+++	0
Winterrüben als Zwischenfrucht vor Wintergetreide	++	0
Winterharte Zwischenfrucht mit spätem Umbruch	+++	0
Untersaaten	++	0
2. Fruchtfolgen		
1-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	+++	0
2-jährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	+++	0
Mehrjährige Brache mit leguminosenfreier Begrünung und Herbstumbruchverzicht	+++	0
Fruchtfolge „jährlicher Wechsel Sommerung-Winterung“ (4-Jährig)	++	0
Frühernte Mais mit Zwischenfrucht und nachfolgender Sommerung	++	0
Zwischenfrucht nach Raps und nachfolgender Sommerung	++	0
Zwischenfrucht nach Kartoffeln und nachfolgender Sommerung	+++	0
Zwischenfrucht nach Feldgemüse und nachfolgende Nicht-Gemüse-Sommerung	+++	0
Anbau von Extensivkulturen mit geringer N-Düngung wie Winterbraugerste, Öllein etc.	++	0
3. Aussaatverfahren		
Mais-Engsaaten mit Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Ernte, falls Sommerung folgt	+++	0

Maßnahmen	Wirksamkeit	
	Acker	Grünland
4. Bodenbearbeitung		
Mulchsaat zu Sommerungen	+++	0
Direktsaat	++	0
reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps	+++	0
Verzicht auf Bodenbearbeitung bis Mitte November nach Getreideernte vor Sommerung	++	0
Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung	+++	0
5. Grünland		
Grünlandextensivierung mit mittlerem jährlichen Viehbesatz unter 1,4 RGV/ha Hauptfruchtfläche	0	+++
Extensive Weidewirtschaft mit Weidebesatzdichten > 2 GV/ha und Verzicht auf Beweidung nach 15.10.	0	+++
Umbruchlose Grünlanderneuerung	0	+++
6. Düngemanagement		
Düngeplanung (zur Einsparung von N-Mineraldünger)	+++	+++
Frühjahrs-Nmin-Analyse zur Unterstützung der Düngeplanung	+++	0
Pflanzenanalysen wie Nitratecheck oder N-Schnelltest zur Unterstützung der vegetationsbegleitenden Düngeplanung	+++	+
Wirtschaftsdünger-Analysen zur Unterstützung der Düngeplanung	+++	++
7. N-Mineraldüngung		
Reduzierte N-Mineraldüngung um 10 bis 20 % (Acker) inkl. Verzicht auf Spätgabe bei Getreide	++	0
Zeitpunkt der N-Mineraldüngung auf Acker (keine N-Düngung im Spätsommer/herbst, wo dies nach DüV zulässig wäre; keine N-Gabe zur Strohrotte)	++	0
Einsatz stabilisierter N-Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln	+++	0
Einsatz des CULTAN-Verfahrens	+++	0
N-Düngung mit Exaktstreuern	+++	++
Reihendüngung bei Kartoffeln	+++	0
Teilflächenspezifische Düngung	+++	0
8. Wirtschaftsdünger		
Wirtschaftsdüngermanagement im betrieb (Stall, Lagerung)	0	0
Einsatz von Grundwasser schonenden Ausbringungstechniken für Gülle und Gärsubstrate	+++	++
Einsatz von Grundwasser schonenden Ausbringungstechniken für Festmist	+++	+++
Keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach der Ernte	+++	++
Verlängerung der Sperrfristen für Wirtschaftsdünger	++	+
Wirtschaftsdüngerexport	++	+
N-reduzierte Fütterung bei Schweinen	++	++
N-reduzierte Fütterung bei Geflügel	++	++

Maßnahmen	Wirksamkeit	
	Acker	Grünland
9. Landnutzungsänderung		
Umwandlung von Acker in Grünland bzw. mehrjährige Feldgrasbewirtschaftung (> 4 Jahre)	+++	0
Schaffung von Ufer-(Randstreifen)	+	+
10. Betriebs-/Produktionssystem		
Ökologischer Landbau	+++	++

Projektbeirat

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Ref. 44 Bodenschutz, Dr. Arnd Bräunig (Projektleitung)

Ref. 41 Landschaftsökologie, Dr. Rolf Tenholtern

Ref. 42 Flächennaturschutz, Dr. Raimund Warnke-Grüttner

Ref. 33 Oberirdische Gewässer, Flussgebietsmanagement, Holm Friese

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,

Ref. 42 Bodenkultur, Henning Stahl

Ref. 64 Grünland, Feldfutterbau, Dr. Gerhard Riehl

Staatsbetrieb Sachsenforst

Ref. 24 Naturschutz im Wald / Natura2000, Sebastian Krüger

Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Ref. 33 Pflanzliche Erzeugnisse, landwirtschaftlicher Ressourcenschutz, Dr. Ulrich Henk

Ref. 42 Bodenschutz, Geologie, Dr. Stefan Seiffert

Ansprechpartner

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Abteilung Natur, Landschaft, Boden

Postfach 80 01 32, D-01101 Dresden

Bodenschutz:

Dr. Arnd Bräunig, Tel.: 03731/294228, Email: Arnd.Braeunig@smul.sachsen.de

Naturschutz:

Friedemann Klenke, Tel.: 03731/294123, Email: Friedemann.Klenke@smul.sachsen.de

Andreas Ihl, Tel.: 03731/294121, Email: Andreas.Ihl@smul.sachsen.de