

**Von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der  
Technischen Universität Freiberg  
genehmigte**

## **DISSERTATION**

# **Modellgestützte Bewertung und Optimierung landschaftsbezogener Planungen unter besonderer Berücksichtigung des Erosionsschutzes**

Zur Erlangung des Doktorgrades

doctor ingenieur

Dr. Ing.

vorgelegt von

**Dipl. Ing. (FH) Landschaftsarchitektin Annekatri Schob-Adam, geb. Leucht**

**geboren am 22.04.1975 in Rodewisch**

1. Gutachter: Prof. Dr. Jürgen Schmidt,  
Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Fachbereich Boden- und Gewässerschutz
2. Gutachter: Prof. Dr. Markus Reinke,  
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf  
Institut für Landschaftsarchitektur

**Tag der Verleihung: 25.01.2013**

## ***Vorwort***

Die vorliegende Arbeit entstand im Nachgang mehrerer Forschungsvorhaben aus dem Zeitraum 2002 bis 2010. Die Ergebnisse des ersten Fallbeispiels beruhen auf den Teilergebnissen des, durch die DBU finanzierten Projektes „Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler in einer agrarischen Hohertragslandschaft – die Lommatzcher Pflege als Modellfall einer in ihrem Erhalt bedrohten historischen Kulturlandschaft“ (Projektlaufzeit 2008 – 2010).

Das zweite Fallbeispiel basiert auf den Untersuchungen des Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Untersuchung der Erosionspotentiale in ausgewählten Wassereinzugsgebieten sächsischer Flussperlmuschelgewässer“ (2006) und wurde im Rahmen des Interreg III-Projektes „Flussperlmuschel Dreiländereck“ vom Projektträger Anglerverband Südsachsen e.V./ SN-01-I1-3-C0203-EEV finanziert.

Im Rahmen eines zweiteiligen Verbundprojektes „Ableitung standortbezogener Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele zur Minimierung der Bodenerosion für ausgewählte kleine Einzugsgebiete innerhalb des Mittelsächsischen Lösshügellandes mit Unterstützung des Erosionsmodells EROSION 3D“ (2002 – 2003, 2003 – 2005), finanziert durch das damalige Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (SLfUG - heute SLfULG) entstand die Datenbasis für das 3. Fallbeispiel.

Von April 2009 bis Mai 2010 wurde das Promotionsvorhaben durch den Europäischen Sozialfond über die Sächsische Aufbaubank als „Vorhaben zur Vereinbarkeit von Familie und wissenschaftlicher Karriere“ gefördert (Antragsnummer. 080938824).

## ***Danksagung***

Mein erster und ganz besonderer Dank für die wertvollen Hinweise und konstruktiven Anregungen sowie insbesondere für seine Beharrlichkeit und Geduld gilt Herrn Prof. Dr. Jürgen Schmidt.

Herrn Prof. Markus Reinke danke ich herzlich für seine Bereitschaft zur Übernahme des Zweitgutachtens.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern des Bodenkundlichen Labors der TU Bergakademie Freiberg Monika Hahnewald und Bernt Hahnewald für die Unterstützung der experimentellen Laborarbeiten. Bedanken möchte ich mich auch bei allen anderen Kollegen meiner ehemaligen Arbeitsgruppe Boden- und Gewässerschutz der TU Bergakademie Freiberg für die Unterstützung und das in mich gesetzte Vertrauen.

Frau Dr. Kerstin Hartsch und Herrn Dietmar Fränzel danke ich herzlich für die moralische und praktische Unterstützung der „Fertigstellungsarbeiten“ in den letzten zwei Jahren.

Ganz besonders danke meiner Familie, insbesondere meinem Mann Michael, für seine jahrelange Geduld, Unterstützung und Motivation sowie den Großeltern für die regelmäßige zuverlässige Kinderbetreuung.

***Modellgestützte Bewertung und Optimierung landschaftsbezogener Planungen  
unter besonderer Berücksichtigung des Erosionsschutzes am Beispiel Sachsens***

„A nation that destroys its soils destroys itself“ Roosevelt

# INHALTSVERZEICHNIS

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

## TABELLENVERZEICHNIS

## ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Einleitung .....   | 1  |
| 1.1   | <i>Motivation</i> .....  | 1  |
| 1.2   | <i>Ziel</i> .....  | 3  |
| 1.3   | <i>Vorgehensweise</i> .....  | 4  |
| 2     | Stand des Wissens .....  | 5  |
| 2.1   | <i>Bodenerosion</i> .....  | 5  |
| 2.1.1 | Nutzungsbedingte Erosion .....   | 6  |
| 2.1.2 | Erosionsschäden .....  | 8  |
| 2.1.3 | Erosionsschutz .....   | 9  |
| 2.2   | <i>Umweltziele, Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele des Erosionsschutzes</i> ..... | 13 |
| 2.2.1 | Allgemeine Grundlagen .....  | 13 |
| 2.2.2 | Situation des Erosionsschutzes .....   | 15 |
| 2.3   | <i>Rechtliche Grundlagen des Erosionsschutzes</i> .....                                      | 19 |
| 2.3.1 | Weltweit .....   | 19 |
| 2.3.2 | Europäische Union (EU) .....   | 21 |
| 2.3.3 | Bundesebene .....  | 22 |
| 2.3.4 | Länderebene am Beispiel des Freistaates Sachsen .....  | 26 |
| 2.4   | <i>Landschaftsbezogene Planungen - Umsetzungsinstrumente des Erosionsschutzes?</i> .....     | 28 |
| 2.4.1 | Einordnung der Landschaftsplanung im Planungssystem .....                                    | 28 |
| 2.4.2 | Planungsrecht und räumliche Planungssysteme .....  | 28 |
| 2.4.3 | Raumordnung .....  | 28 |
| 2.4.4 | Landschaftsplanung .....   | 29 |
| 2.4.5 | Weitere Planungsinstrumente .....  | 31 |
| 2.4.6 | Landwirtschaftliche Fachplanungen .....  | 32 |
| 2.5   | <i>Bisherige planerische Ansätze zur Erosionsminderung</i> .....                             | 33 |
| 2.5.1 | Kriterien zur Ackerschlaggestaltung .....  | 33 |
| 2.5.2 | Sächsischer Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren .....              | 33 |
| 2.5.3 | Aktuelle sächsische, deutsche und europäische Förderprogramme .....                          | 33 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 2.5.4 | Standards zum Erosionsschutz unter Cross Compliance ab dem 01. Juli 2010 .....                                 | 35  |
| 3     | Methodik .....   | 36  |
| 3.1   | <i>Vorgehensweise</i> .....  | 36  |
| 3.1.1 | Fallbeispiel 1 – Erosionsbedingte Gefährdung archäologischer Denkmalflächen .....                              | 38  |
| 3.1.2 | Fallbeispiel 2 - Arten- und Gewässerschutz am Beispiel der Flussperlmuschel .....                              | 39  |
| 3.1.3 | Fallbeispiel 3 – Optimierung landschaftsgliedernder Strukturen .....   | 40  |
| 3.2   | <i>Erosionsmodellierung</i> .....  | 42  |
| 3.2.1 | Stand der Wissenschaft .....   | 42  |
| 3.2.2 | Auswahlkriterien der Modellanwendung .....   | 43  |
| 3.2.3 | EROSION 3D .....   | 45  |
| 3.3   | <i>Daten- und Informationsgrundlagen</i> .....   | 49  |
| 3.3.1 | Landnutzungsparameter .....  | 49  |
| 3.3.2 | Bodendaten .....   | 50  |
| 3.3.3 | Ableitung des Landnutzungs- und Bodendatensatzes .....   | 51  |
| 3.3.4 | Geländehöhen/ Geländemodell .....  | 51  |
| 3.3.5 | Niederschlagsdaten .....   | 52  |
| 3.4   | <i>Experimentelle Parameterbestimmung</i> .....  | 55  |
| 3.4.1 | Feldarbeiten .....   | 55  |
| 3.4.2 | Laborarbeiten .....  | 55  |
| 4     | Ergebnisse .....   | 56  |
| 4.1   | <i>Fallbeispiel 1 – Schutz archäologischer Denkmalflächen</i> .....  | 56  |
| 4.1.1 | Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....   | 57  |
| 4.1.2 | Erosionsgefährdung des Gesamtgebietes - Übersichtsmodellierung .....   | 62  |
| 4.1.3 | Erosionsgefährdung der Hotspotflächen .....  | 67  |
| 4.2   | <i>Fallbeispiel 2 – Artenschutzschwerpunkt Flussperlmuschel</i> .....  | 92  |
| 4.2.1 | Beschreibung der Untersuchungsgebiete .....  | 93  |
| 4.2.2 | Gefährdungsursachen .....  | 97  |
| 4.2.3 | Ergebnisse .....   | 99  |
| 4.2.4 | Lokalisierung und Quantifizierung von Eintragungspfaden und Übertrittspunkten .....                            | 108 |
| 4.3   | <i>Fallbeispiel 3 – Optimierung landschaftsgliedernder Strukturen im Einzugsgebiet Stausee Baderitz</i><br>113 |     |
| 4.3.1 | Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....   | 113 |
| 4.3.2 | Vorgehensweise .....   | 116 |
| 4.3.3 | Ergebnisse der Modellierungsszenarien .....  | 125 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5     | Diskussion und Schlussfolgerungen .....   | 136 |
| 5.1   | <i>Fallbeispiel 1</i> .....   | 136 |
| 5.1.1 | Übersichtsmodellierung .....  | 136 |
| 5.1.2 | Hot-Spot-Szenarien .....  | 136 |
| 5.1.3 | Schlussfolgerungen.....   | 138 |
| 5.2   | <i>Fallbeispiel 2</i> .....   | 139 |
| 5.2.1 | Modellierungsergebnisse .....   | 139 |
| 5.2.2 | Fehlerdiskussion .....  | 141 |
| 5.2.3 | Vergleich der Modellierungsergebnisse mit vorliegenden Untersuchungen .....     | 143 |
| 5.2.4 | Nicht berücksichtigte Gefährdungsfaktoren .....                                 | 144 |
| 5.2.5 | Schlussfolgerungen Fallbeispiel 2.....  | 144 |
| 5.3   | <i>Fallbeispiel 3</i> .....   | 146 |
| 5.3.1 | Berücksichtigung des Erosionsschutzes in den vorliegenden Umweltplanungen ..... | 146 |
| 5.3.2 | Erosionsmodellierung.....   | 146 |
| 5.3.3 | Schlussfolgerung Fallbeispiel 3.....  | 150 |
| 5.4   | <i>Synopse der Fallbeispiele</i> .....  | 153 |
| 5.4.1 | Diskussion der Methodik.....  | 153 |
| 5.4.2 | Eignung des Modells für die Umweltplanung.....                                  | 155 |
| 5.4.3 | Einsatzmöglichkeiten auf der Basis gesetzlicher Grundlagen .....                | 156 |
| 5.4.4 | Fazit .....   | 159 |
| 6     | Zusammenfassung .....   | 161 |
| 7     | Abstract.....   | 163 |
| 8     | Literaturverzeichnis .....  | 164 |
|       | Erklärung gemäß Anlage 4 – Eidesstattliche Versicherung .....                   | 177 |

## ANHANG

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| A 1 | Parametrisierung Fallbeispiel 2.....                                 | 180 |
| A 2 | Parametrisierung Fallbeispiel 3.....                                 | 182 |
| A 3 | Kartographische Darstellung der Modellergebnisse Fallbeispiel 1..... | 187 |

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Wassererosion – Faktorenanalyse (nach FRIELINGHAUS 1998, verändert) .....  | 7  |
| Abbildung 2: Hierarchie von Leitbild, Leitlinie, Umweltqualitätsziel und -standard (SLfUG 2003, nach FEIGE et al. 1997 und FÜRST et al. 1992).....  | 14 |
| Abbildung 3: Umsetzungsinstrumente des Bodenschutzes.....   | 32 |
| Abbildung 4: Lage der Fallbeispiele im Freistaat Sachsen (Datengrundlage: GeoSN) .....  | 37 |
| Abbildung 5: Archäologische Fundstätte Liebersee – Kappung der Funde durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung in ca. 30 cm Tiefe (Pflughorizont) (Foto: Ueberfuhr 2009) .....  | 39 |
| Abbildung 6: Flussperlmuscheln im Fließgewässerkiesbett –optimale Lebensbedingungen (links), durch Sedimenteintrag und Eutrophierung beeinträchtigter Lebensraum (rechts) (Fotos: Lange, 2010).....                     | 40 |
| Abbildung 7: Großflächige Ackerschläge und Erosionserscheinungen (Fotos: Schob 2007) .....  | 40 |
| Abbildung 8: Niederschlagssubregionen Sachsen mit Lage der Fallbeispiele (MICHAEL ET AL. 1996, verändert) .....   | 53 |
| Abbildung 9: Höhenmodell und Fließgewässer des Gesamtuntersuchungsraumes (Datengrundlage: DGM, GeoSN).....  | 58 |
| Abbildung 10: Bodenarten des Gesamtuntersuchungsraumes (Datengrundlage: Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG).....   | 59 |
| Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Landnutzung (Datengrundlage: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) des SLfULG, 2008 aktualisiert) .....  | 60 |
| Abbildung 12: Landnutzung des Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: BTLNK, SLfULG 2008).....   | 61 |
| Abbildung 13: Denkmalflächen kategorisiert nach Siedlungs- und Nichtsiedlungsflächen (Datengrundlage: BTLNK, SLfULG 2008 und archäologische Denkmalflächen des Landesamtes für Archäologie (LfA)).....                  | 61 |
| Abbildung 14: Legende Übersichtsmodellierung Erosion/ Deposition [t/ha] .....   | 63 |
| Abbildung 15: Worst-Case im Gesamtuntersuchungsraum (Datengrundlage: TK, GeoSN).....  | 64 |
| Abbildung 16: Vorgehensweise zur Gefährdungsklassifizierung der Denkmalflächen (Datengrundlage: GeoSN) .....  | 65 |
| Abbildung 17: Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmalflächen nach Maximalwerten gemäß Abb. 16 (Datengrundlage: TK, GeoSN).....   | 66 |
| Abbildung 18: Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmalflächen nach Mittelwerten (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....   | 66 |
| Abbildung 19: Potentielle Erosionsgefährdung – Kriterium Maximalwert – Szenarienvergleich Worst Case - Best Case .....  | 67 |
| Abbildung 20: Für Erosionsmodellierung ausgewählte Hotspot-Flächen (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 68 |
| Abbildung 21: Real-Case-Szenario für das Landnutzungsszenario Regionaltypische Fruchtverteilung (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....   | 79 |
| Abbildung 22: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ (links) und Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ (rechts) für das Landnutzungsszenario Regionaltypische Fruchtverteilung (Datengrundlage: TK, GeoSN) ..... | 82 |
| Abbildung 23: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ – Real-Case-Szenario – Hotspot Pulsitz (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 84 |
| Abbildung 24: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ – Real-Case-Szenario – Hotspot Schwochau (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 25: Hotspot Zscheilitz, Szenario 3 – Konventionelle Bodenbearbeitung mit Brachestreifen<br>(Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 88  |
| Abbildung 26: Lage der Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach (Datengrundlage: TK,<br>GeoSN; Fließgewässer, SLfULG) .....  | 93  |
| Abbildung 27: Bodenartenverteilung (BKkonz) und Beprobungspunkte der Untersuchungsgebiete<br>(Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .....   | 95  |
| Abbildung 28: Landnutzung in den Untersuchungsgebieten: dunkelgrün – Wald, hellgrün – Grünland,<br>rot – Bebauung (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) ....   | 96  |
| Abbildung 29: Landwirtschaftliche Nutzung 2006 in den Untersuchungsgebieten (Datengrundlage:<br>TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .....   | 97  |
| Abbildung 30: Aggregierte Probenpunkte der Landwirtschaftsflächen in den Untersuchungsgebieten<br>Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) (Datengrundlage: TK, GeoSN;<br>Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .....               | 100 |
| Abbildung 31: Nettoerosion [t/ha] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet<br>Triebelbach .....   | 103 |
| Abbildung 32: Sedimentmengen [t] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet<br>Triebelbach .....  | 104 |
| Abbildung 33: Erosionssituation im UG Triebelbach - Szenarien Mai 2006 (links) und SBK, gepflügt<br>(rechts) (Datengrundlage:TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .....  | 104 |
| Abbildung 34: Nettoerosion [t/ha] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet<br>Raunerbach .....  | 106 |
| Abbildung 35: Ausgetragene Sedimentmenge [t] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien<br>Raunerbach .....   | 106 |
| Abbildung 36: Erosionssituation im UG Raunerbach – Szenario Mai 2006 (links) und Szenario SBK,<br>gepflügt (rechts) (Datengrundlage:TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .   | 107 |
| Abbildung 37: Lage und Quantifizierung der potentiellen Eintragungspunkte um UG Triebelbach<br>(Datengrundlage: GeoSN; SLfULG) .....  | 108 |
| Abbildung 38: Lage und Quantifizierung der potentiellen Eintragungspunkte um UG Raunerbach<br>(Datengrundlage: GeoSN; SLfULG) .....   | 109 |
| Abbildung 39: Beispiel für Lage von möglichen Eintragungspfaden im UG Raunerbach (Datengrundlage:<br>GeoSN; SLfULG) .....   | 110 |
| Abbildung 40: P-Austrag [kg/ha] Ackerfläche in den UG Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) –<br>Szenario Landnutzung 2006 & 10-jähriges NS-Ereignis (Datengrundlage: TK, GeoSN;<br>Fließgewässernetz, SLfULG) .....          | 112 |
| Abbildung 41: Absoluter P-Austrag [kg] UG Triebelbach - Szenario Landnutzung Mai 2006 .....   | 112 |
| Abbildung 42: Absoluter P-Austrag [kg] UG Raunerbach 1 - Szenario Landnutzung Mai 2006 .....  | 112 |
| Abbildung 43: Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee (Datengrundlage: SLfUG 2002) und<br>Mündungsbereich der Jahna in den Baderitzer Stausee mit deutlich sichtbaren<br>Depositionsflächen – Situation 2002 (Foto F. Franzke) ..... | 114 |
| Abbildung 44: Bodenartenverteilung nach RBS im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee<br>(Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG) .....   | 116 |
| Abbildung 45: Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee (Datengrundlage:<br>SEIDEL 2003, überarbeitet) .....   | 116 |
| Abbildung 46: Maßnahmen der AVP Obere Freiburger Mulde-Ost LK Döbeln(Datengrundlage:TK,<br>GeoSN) .....   | 119 |
| Abbildung 47: Ablaufschema zur Ermittlung von Erosionsschutzbereichen (Datengrundlage: TK,<br>GeoSN; Orthofotos 2002, SLfULG) .....   | 123 |



|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 48: „Idealplanung“ als Synthese der Fachplanungen Natur-, Gewässer- und Erosionsschutz (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 125 |
| Abbildung 49: Legende Erosion/Deposition Fallbeispiel 3.....  | 125 |
| Abbildung 50: Szenario Worst Case Baderitzer Stausee (Datengrundlage: TK, GeoSN).....   | 126 |
| Abbildung 51: Szenario Landnutzung 2002 (Datengrundlage: TK, GeoSN).....  | 127 |
| Abbildung 52: Szenario „Landnutzung 2002 kombiniert mit historischen Grünlandbereichen von 1930“ (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 128 |
| Abbildung 53: Szenario „Planungsvorgaben Erosionsschutzmaßnahmen der AVP Baderitz“ (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....  | 129 |
| Abbildung 54: Szenario „Flächendeckende Konservierende Bewirtschaftung der Ackerflächen“ mit Markierung der besonders erosionsgefährdeten Areale (rote Ellipsen) und Ausschnitten dieser Bereiche (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....                                   | 130 |
| Abbildung 55: Ausschnitte aus dem Szenario „Flächendeckende Konservierende Bewirtschaftung der Ackerflächen“ – Gefährdung geschützter und wertvoller Biotope durch Stoffeintrag in Tiefenlinien trotz konservierender Feldbewirtschaftung (Datengrundlage: TK, GeoSN) | 131 |
| Abbildung 56: Grünlandpufferflächen – Links: Grenzwert-Szenario 3 t/ha, Rechts: Grenzwert-Szenario 20 t/ha (Datengrundlage: GeoSN; SLFULG).....   | 132 |
| Abbildung 57: Prüfung der erosionsmindernden Wirkung verschiedener Grünlandbreiten mittels EROSION 3D .....   | 132 |
| Abbildung 58: Szenario „Idealplanung des Naturschutzes, Gewässerschutzes und Bodenschutzes“ (Datengrundlage: TK, GeoSN) .....   | 134 |
| Abbildung 59: Nettoerosion[t/ha] und Flächenbedarf „Umwandlung Acker in Grünland“[%] für alle Landnutzungsszenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee.....   | 135 |
| Abbildung 60: Untersuchungsgebiete Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) mit Darstellung der Habitatflächen der Flussperlmuschel (Datengrundlage: TK, GeoSN; Habitate Flussperlmuschel, SLFULG).....  | 140 |
| Abbildung 61: Vergleich der Erosionsgefährdungen (Ausschnitt Triebelbachgebiet), EROSION 3D (links), ABAG erweitert (rechts) (Datengrundlage: links – eigene Modellierung, rechts – FELDWISCH ET AL., 2008, Orthofoto, SLFULG 2002) .....                             | 143 |
| Abbildung 62: Vergleich von Modellierungsergebnis und Vor-Ort-Situation im Mai 2005 (Datengrundlage: TK, GeoSN; Fotos: Schob) .....   | 148 |
| Abbildung 63: Schutzwirkungsgrad und Flächenbedarf „Umwandlung Acker in Grünland“ für Landnutzungsszenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee.....   | 150 |

## TABELLENVERZEICHNIS

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 1: Charakterisierung landwirtschaftlicher Bodenbearbeitungsformen (nach LÜTKE ENTRUP 2007).....   | 9   |
| Tabelle 2: Tolerierbarer Bodenabtrag - Grenzwerte der Fachliteratur.....  | 17  |
| Tabelle 3: Bodenschutzrelevante Landschaftsfunktionen nach GRUEHN & KENNEWEG (1998) .....   | 28  |
| Tabelle 4: Planarten der Landschaftsplanung ab Bundeslandebene, hierarchische Strukturen und Eigenschaften.....   | 30  |
| Tabelle 5: Auszug aus der Antragstellung in Bereich S „Stoffeintragsminimierende Bewirtschaftung“ 2010 (Bewilligung 2011, Datengrundlage: SMUL, SID).....   | 34  |
| Tabelle 6: Eingangsparameter EROSION 3D (VON WERNER 2004, verändert).....   | 47  |
| Tabelle 7: Ergebnisparameter EROSION 3D (VON WERNER 2004) .....   | 48  |
| Tabelle 8: Landnutzungsdatengrundlagen der Fallbeispiele.....   | 50  |
| Tabelle 9: Datengrundlage Bodenartenverteilung der Fallbeispiele .....  | 50  |
| Tabelle 10: Bodenparameter der Fallbeispiele .....  | 51  |
| Tabelle 11: Eingangsdaten der Geländemodelle.....   | 52  |
| Tabelle 12: Niederschlagsdaten der Fallbeispiele .....  | 53  |
| Tabelle 13: Kennwerte der verwendeten Niederschläge (MICHAEL ET AL. 1996 verändert).....  | 54  |
| Tabelle 14: Experimentelle Parameterbestimmung der Fallbeispiele .....  | 55  |
| Tabelle 15: Eingangsparameter der Szenarien Übersichtsmodellierung .....  | 62  |
| Tabelle 16: Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmale.....  | 64  |
| Tabelle 17: Einordnung der realen Bewirtschaftungsformen nach Szenarien (Quelle: PKS Sachsen)..   | 72  |
| Tabelle 18: Regionaltypische Fruchtfolge der Hotspotflächen .....   | 75  |
| Tabelle 19: Modellierte Szenarien der Hotspotflächen .....  | 77  |
| Tabelle 20: Maximale Abtrags- und Auftragswerte [mm] sowie Durchschnittswerte [mm] des Hotspots Piskowitz.....  | 79  |
| Tabelle 21: Niederschlagsanzahl bzw. Anzahl der Referenzjahre für 25 cm Bodenabtrag (min. Denkmaltiefe) .....   | 80  |
| Tabelle 22: Befundtiefen der Bohrstocksondagen, Abtragswerte der jeweiligen Rasterzelle und daraus resultierender Niederschlagsanzahl bis zu Befundschädigung durch Pflug für Pflugtiefen von 20 und 25 cm bzw. Bodenabtrag bis Befundtiefe ..... | 81  |
| Tabelle 23: Gefährdungsabstufung der ausgewählten Hotspot-Flächen.....  | 88  |
| Tabelle 24: Erosionsgefährdung der regionaltypischen Feldfrüchte .....  | 89  |
| Tabelle 25: Gefährdung der archäologischen Fundstellen, bezogen auf modellierte Abtragswerte der entsprechenden Rasterzelle .....   | 89  |
| Tabelle 26: Gefährdung der archäologischen Fundstellen, bezogen auf Durchschnittsabtragswerte der Modellierung.....   | 90  |
| Tabelle 27: Durchschnittliche Abnahme des Bodenabtrags [%] Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ im Vergleich zu Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ für Maximal- und Durchschnittswerte .....  | 90  |
| Tabelle 28: Anzahl der zusätzlichen 50-jährigen Niederschläge bei Verringerung der Bearbeitungstiefe des Pfluges um 5 cm für Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ bezogen auf Durchschnittsabtragswerte .....                                | 91  |
| Tabelle 29: Landnutzungsverteilung [%] Acker, Wald, Grünland in den Untersuchungsgebieten .....   | 96  |
| Tabelle 30: Vergleich der experimentell ermittelten Feinbodenarten mit den Angaben der BKKonz .   | 99  |
| Tabelle 31: Aggregation der P2O5-Gehalte nach Ackerflächen der Teileinzugsgebiete.....  | 101 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 32: Stoffeintrag-Gefährdungsstufen für den Lebensraum der Flussperlmuschel .....   | 109 |
| Tabelle 33: Planungen im Untersuchungsgebiet – Maßnahmen mit Auswirkungen auf den Erosionsschutz .....   | 120 |
| Tabelle 34: E3D-Ergebnisse der Landschaftsszenarien „Idealplanung Erosionsschutz“ im UG Baderitzer Stausee .....                                     | 131 |
| Tabelle 35: Parametrisierung Szenario Saatbettkombination der Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach.....                                   | 141 |
| Tabelle 36: Derzeit gültige Fördermöglichkeiten zur Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen (nach GEYER 2011, ohne Anspruch auf Vollständigkeit) ..... | 158 |

## ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

|                    |  |
|--------------------|--|
| A                  | Direktabfluss  |
| ABAG               | Allgemeine Bodenabtragungsgleichung  |
| AFB                | Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag   |
| AG Boden           | Arbeitsgemeinschaft der Geologischen Landesämter Deutschlands                  |
| ATKIS              | Amtliches Topographisch- Kartographisches Informationssystem                   |
| BfN                | Bundesamt für Naturschutz  |
| Bk <sub>konz</sub> | Konzeptbodenkarte 1: 50.000  |
| BMELV              | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz          |
| BNatSchG           | Bundesnaturschutzgesetz  |
| BTLNK              | Biotoptypen- und Landnutzungskartierung  |
| BÜK                | Bodenübersichtskarte   |
| CC                 | Cross-Compliance   |
| CIR                | Coloured Infrared Karte  |
| C <sub>org</sub>   | Organischer Kohlenstoffgehalt  |
| DIN                | Deutsches Institut für Normung   |
| DOP                | Digitales Orthofoto  |
| DGM                | Digitales Geländemodell  |
| DPKS               | Digitaler Parameterkatalog Sachsen (Quelle hierfür ist der PKS)                |
| DWD                | Deutscher Wetterdienst   |
| DVWK               | Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall                 |
| EU WRRL            | Europäische Wasserrahmenrichtlinie   |
| EZG                | Einzugsgebiet  |
| FFH                | Fauna-Flora-Habitat  |
| FKS                | Forstliche Standortkartierung  |
| GAK                | Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes |
| GAP                | Gemeinsame Agrarpolitik  |
| GfP                | Gute fachliche Praxis  |

|             |   |
|-------------|---|
| GIS         | Geoinformationssystem   |
| GL          | Grünland  |
| ID          | Identifikator zur Zuordnung von Daten, z. B. zu GIS-Geometrien                |
| InVeKoS     | Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem                                  |
| Jh.         | Jahrhundert   |
| KA4 / KA5   | Bodenkundliche Kartieranleitung 4. bzw. 5. Auflage                            |
| $K_r$ -Wert | Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit, bzw. Endinfiltrationsrate              |
| LBP         | Landschaftspflegerischer Begleitplan  |
| Ld          | Lagerungsdichte   |
| LfUNG       | Landesamt für Umwelt, Natur und Geologie Brandenburg                          |
| LN          | Landnutzung   |
| LVermA      | Landesvermessungsamt  |
| LVerMGeo    | Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt                    |
| M %         | Masse %   |
| MW          | Mittelwert  |
| NABU        | Naturschutzbund Deutschland e. V.   |
| NR          | Nachwachsende Rohstoffe   |
| NSG         | Naturschutzgebiet   |
| nFK         | nutzbare Feldkapazität  |
| NS          | Niederschlagsereignis bzw. Starkregenereignis                                 |
| OBA         | Objektarten der ATKIS-Datenbank   |
| P           | Niederschlag  |
| PKS         | Parameterkatalog Sachsen  |
| PNV         | Potentiell natürliche Vegetation  |
| RL          | Richtlinie  |
| SCS         | Soil Conservation Service   |
| SLfL        | Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft                                   |
| SLfUG       | Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie                                 |
| SLfULG      | Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie                 |
| SLTV        | Landestalsperrenverwaltung Sachsen  |
| SMUL        | Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft                   |
| SPA         | Special Protection Area (Vogelschutz-Gebiet)                                  |
| TIN         | Triangulated Irregular Network  |
| UG          | Untersuchungsgebiet   |
| UVP         | Umweltverträglichkeitsprüfung   |
| V %         | Volumen %   |
| VDLUFA      | Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten |

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| VO  | Verordnung            |
| WHG | Wasserhaushaltsgesetz |
| WG  | Wintergerste          |
| WSG | Wasserschutzgebiet    |
| WW  | Winterweizen          |

### **MODELLBEZEICHNUNGEN**

|         |   |
|---------|---|
| AGNPS   | AGricultural Non-Point Source pollution model                     |
| ANSWERS | Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response System       |
| CATFLOW | Catchment Flow  |
| CREAMS  | Chemical Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems  |
| dUSLE   | Differentiated USLE   |
| EPIC    | Erosion Productivity Impact Calculator                            |
| EUROSEM | EUROpean Soil Erosion Model                                       |
| LISEM   | Limburg Soil Erosion Model  |
| KINEROS | KINematic EROsion Simulation                                      |
| MUSLE87 | Modified USLE 1987  |
| OPUS    | Advanced simulation model for nonpoint source pollution transport |
| RUSLE   | Revised USLE  |
| SHE     | Systeme Hydrologique Europeen                                     |
| SWAT    | Soil and Water Assessment Tool                                    |
| USLE    | Universal Soil Equation   |
| WEPP    | Water Erosion Prediction Project                                  |

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Böden zählen neben Wasser, Luft und Sonnenlicht zu den Grundlagen unseres Lebens. Sie nehmen eine Schlüsselstellung im Naturhaushalt ein und stellen die Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen dar (SLfUG 2008). Die Funktionen des Bodens werden in natürliche Funktionen, Archiv- und Nutzungsfunktion untergliedert.

Die *natürlichen Bodenfunktionen* umfassen nach dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) die Lebensraumfunktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen unter Einschluss der Bodenorganismen, den Boden als Bestandteil des Naturhaushaltes mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen und den Boden als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers.

Als *Archivfunktion des Bodens* werden die natur- und kulturgeschichtlichen Nachweise bezeichnet, die durch den Boden konserviert werden. Dazu zählen zum einen anthropogen bedingte Bodenveränderungen, die Rückschlüsse auf historische Lebensformen zulassen, aber auch natürlich bedingte Bodenveränderungen, anhand derer Erkenntnisse über klimatische und weitere die Bodenentwicklung beeinflussende Prozesse gewonnen werden können.

Indem sich der Mensch der *Nutzungsfunktion des Bodens* bedient und damit gewollt oder ungewollt auf den Boden einwirkt, ergeben sich zwangsläufig Zielkonflikte. Auf der einen Seite steht die Erhaltung des Bodens als nicht reproduzierbare Ressource, auf der anderen Seite das Bedürfnis des Menschen den Boden als „...*Rohstofflagerstätte, Fläche für Siedlung und Erholung, Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung...*“ zu nutzen.

Dieser Antagonismus ist schon im §2 des BBodSchG zu erkennen und stellt den Vollzug des BBodSchG vor große Herausforderungen. In der derzeitigen rechtlichen Situation soll demnach abgewogen werden, welcher Bodenfunktion der Vorrang gegeben werden soll oder wie die verschiedenen Bedürfnisse gegeneinander abgestimmt werden.

Durch nutzungsbedingten Abtrag und die Verlagerung von Boden durch Wasser und Wind werden alle Bodenfunktionen nachhaltig beeinträchtigt. Weltweit sind nach LEE (2006) 17 Millionen Quadratkilometer Boden erosionsgefährdet, das entspricht ca. 15% der nutzbaren Ackerfläche. In Europa sind laut OLDEMANN (1991) ca. 1,6 Mio. km<sup>2</sup> Ackerfläche von Erosions- und Verdichtungsprozessen betroffen, die jährliche Bodenerosionsrate beträgt durchschnittlich 17 Tonnen pro Hektar.

Auch in Sachsen stellt Bodenerosion ein erhebliches Problem dar. Über 60% der landwirtschaftlich genutzten Flächen sind durch Wassererosion (SCHMIDT 1994, SÄCHSISCHER AGR ARBERICHT 1995) gefährdet. Bisher konzentrieren sich die Bemühungen zur Erosionsminderung auf Ackerflächen

vor allem auf die Umstellung von konventioneller auf konservierende Bodenbewirtschaftung. Die erosionsmindernde Wirkung der konservierenden (=pfluglosen) Bodenbearbeitung wurde und wird umfassend untersucht und ist international als effektive Maßnahme zur Erosionsminderung anerkannt (TEBRÜGGE & EICHHORN 1992, BRUNOTTE 1993, SOMMER 1994, SOMMER 1999, SOMMER & KLOEPFER 1999, KTBL 1998, FRIELINGHAUS ET AL. 2001). Seit mehr als 10 Jahren unterstützt u.a. die Sächsische Landesregierung die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung durch gezielte Fördermaßnahmen im Rahmen des Programms „Umweltgerechte Landwirtschaft“. Die Aktivitäten des Landes werden unterstützt durch intensive Beratung der Landwirte durch die Landwirtschaftsämter und das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Dadurch konnte im vergangenen Jahrzehnt ein Anstieg der konservierenden Bodenbewirtschaftung in Sachsen auf über 34 % der Fläche verzeichnet werden (SMUL 2008). Diese Tendenz ist allerdings durch eine Schwerpunktänderung in der Förderpolitik seit 2007 rückläufig. Seit 2008 werden ausschließlich Flächen gefördert, die dieses Bewirtschaftungsverfahren dauerhaft einsetzen. Der SÄCHSISCHE AGRARBERICHT 2008 (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2009) beziffert den Anteil der 2008 dauerhaft konservierend bewirtschafteten Ackerflächen mit ca. 85.000 ha, das entspricht noch einem Anteil von ca. 12 % der sächsischen Felder. Beobachtungen und Erfahrungswerte sowie wissenschaftliche Untersuchungen zeigen außerdem, dass konservierende Bodenbearbeitung auf Ackerflächen allein oftmals keinen ausreichenden Schutz vor Bodenabtrag und -eintrag bieten kann (MOSIMANN 2008, VON WERNER 1999, AG BODEN- UND GEWÄSSERSCHUTZ 1998). Bebaute Gebiete, Straßen und Wege, Gewässer und Biotope sind immer wieder von Schäden durch Bodenabtrag von landwirtschaftlich genutzten Flächen und den damit verbundenen Sedimenteintrag betroffen. Diese Problematik tritt vor allem dann in den Vordergrund, wenn die Auswirkungen extremer Starkniederschläge betrachtet werden oder potentielle Gefährdungen prognostiziert werden sollen.

Sind Schäden gemäß § 8 BBodSchV auf oder auch außerhalb der Ackerfläche bereits entstanden oder zu erwarten, ist zu prüfen, ob die Bewirtschaftung im Sinne der „Guten fachlichen Praxis“ nach § 17 BBodSchG erfolgte. Im Rahmen des weiteren Vollzugs ist dann zu prüfen, ob erosionsmindernde Bewirtschaftungsmaßnahmen oder Maßnahmen der Flurgestaltung und Landschaftspflege notwendig sind. Die Umsetzung kann bisher jedoch nur empfohlen und nicht angeordnet werden.

Um erosionsmindernde Maßnahmen, zu denen u.a. Ackerschlaggestaltung, Anlage von Hecken und Feldrainen, Umwandlung von Acker in Grünland zählen, sinnvoll und standortgerecht einsetzen zu können, stehen neben dem BBodSchG weitere rechtliche und planerische Instrumente zur Verfügung. Voraussetzung für den Einsatz dieser Instrumente ist die Aufstellung von Leitbildern und Umweltqualitätszielen des Bodenschutzes ebenso wie die Abstimmung solcher Vorhaben mit den Belangen des Naturschutzes (Biotopvernetzung) und des Gewässerschutzes (Gewässerrandstreifen). Erst dann kann über den zweckmäßigen Einsatz dieser Planungsinstrumente entschieden werden.

## 1.2 Ziel

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht durch Wasser verursachte Erosion, ihre Auswirkung auf die Umwelt und die Berücksichtigung dieses Aspektes in Raum- und Landschaftsplanungen. Landschaftsbezogene Planungen sollen unter besonderer Berücksichtigung des Erosionsschutzes bewertet und optimiert werden.

Dazu werden am Beispiel mehrerer Untersuchungsgebiete aus überwiegend agrarisch geprägten Landschaften Sachsens sowohl die derzeitige Stellung als auch die tatsächlichen Anforderungen des Erosionsschutzes geprüft. Anhand von drei Fallbeispielen mit verschiedenen planerischen Themenschwerpunkten wird die Thematik untersucht.

Modellgestützte Ziele dieser Arbeit sind:

- Die Prüfung, inwieweit mit Hilfe eines Erosionsmodellierungsprogrammes auf die unterschiedlichen planungsspezifischen inhaltlichen Anforderungen der Fallbeispiele eingegangen werden kann.
- Die Erarbeitung von Vorschlägen zu fallspezifischen Bewertungskriterien.
- Die Ableitung einer methodischen Herangehensweise zur nachhaltigen Beachtung der Belange des Erosionsschutzes in Raum- und Landschaftsplanungen in intensiv agrarisch genutzten Gebieten.

Unter Berücksichtigung der genannten Schwerpunkte sollen dazu Landnutzungsszenarien entwickelt werden. Diese Szenarien werden anschließend auf ihre Eignung bewertet. Es wird angestrebt, dass die Herangehensweise zur Erarbeitung der Landnutzungsszenarien sowohl bisherige Planungsprozesse präzisiert und vereinfacht als auch die Belange des Erosionsschutzes auf der Planungsebene besser integriert. Dazu werden zweckentsprechende Maßnahmenkombinationen entwickelt und deren Auswirkungen hinsichtlich der gesetzten Ziele abgeschätzt. Die verschiedenen Szenarien ermöglichen eine vergleichende Gegenüberstellung und Bewertung.

Fallbeispiel 1- der Themenkomplex Archäologie geht auf die Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und damit auf den kulturgeschichtlichen Aspekt ein. Archäologische Bodendenkmäler dokumentieren die Natur- und Kulturgeschichte der vergangenen Jahrtausende. Sie sind jedoch durch intensive Landwirtschaft und damit verbundene Bodenverdichtung, bewirtschaftungsbedingte Bodenverlagerung und Bodenerosion zunehmend gefährdet. Ziel ist die Ableitung von Bewertungskriterien zur Denkmalsgefährdung durch Erosion und die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen.

Fallbeispiel 2 - anhand der besonders gefährdeten Spezies der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) wird der Schwerpunkt Artenschutz aufgegriffen. Die Flussperlmuscheln sind durch Sedi- ment- und Stoffeinträge in Fließgewässer extrem in ihrem Bestand gefährdet. Es wird geprüft, ob mit Hilfe der Erosionssimulation Stoffeintragspfade aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und erosi-



onsbedingte Sedimentübertrittspunkte in Gewässer nachvollziehbar ermittelt werden können. Weiterhin werden Maßnahmenvorschläge erarbeitet, die zur Minimierung der Gewässereutrophierung beitragen sollen.

Fallbeispiel 3 untersucht im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee den aktuellen Stand der Landschaftsplanung und den möglichen Einsatz von Erosionsmodellierungen auf dieser Planungsebene. Es wird die Frage untersucht, inwieweit Erosionsschutz in diesen Planungsverfahren bisher berücksichtigt ist, ob ein Erosionsmodellierungsprogramm ein hilfreiches Instrument der Landschaftsplanung sein kann und ob Synergieeffekte zu anderen Fachplanungsbereichen auftreten und zukünftig genutzt werden können.

### **1.3 Vorgehensweise**

Kapitel 2 dokumentiert den aktuellen Stand der Forschung in der Raum- und Landschaftsplanung, der Erosionsmodellierung sowie des Erosionsschutzes im Kontext der Raumplanungen. Außerdem werden die begrifflichen und rechtlichen Grundlagen sowie ein Überblick über die Anwendung von Modellierungen in Planungsverfahren gegeben.

Kapitel 3 erläutert den methodischen Ansatz der Arbeit, beschreibt das ausgewählte Modellierungsprogramm und geht auf die digitale und experimentelle Datenbasis der Fallbeispiele ein.

Kapitel 4 beinhaltet die Ergebnisse der drei untersuchten Fallbeispiele. Anhand des Schwerpunktes Bodenerosion werden verschiedene planerische Schwerpunkte analysiert, Landschaftsszenarien geprüft und mögliche Planungsvarianten ermittelt. Das erste Fallbeispiel untersucht den Aspekt der Archivfunktion des Bodens für Natur- und Kulturgeschichte. Das zweite Fallbeispiel beschäftigt sich mit der Thematik aus dem artenschutzrechtlichen Blickwinkel der streng geschützten Spezies „Flussperlmuschel“. Im dritten Fallbeispiel wird unter dem Aspekt der landschaftsplanerischen Optimierung ein Einzugsgebiet im Mittelsächsischen Lößhügelland geprüft. Mit Hilfe eine Abfolge mehrerer Landschaftsszenarien wird „Optimalszenario“ entwickelt, welches unter Berücksichtigung der vorrangigen landwirtschaftlichen Nutzung den Aspekt Erosionsschutz optimiert.

Im Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Fallbeispiele diskutiert und zusammengeführt. Die daraus resultierenden Schlussfolgerungen werden im Kapitel 6 formuliert.

Die Kapitel 7 und 8 fassen abschließend den Inhalt dieser Arbeit in deutscher und englischer Sprache zusammen.

## 2 Stand des Wissens

### 2.1 Bodenerosion

Unter Bodenerosion versteht man einerseits den natürlicherweise stattfindenden Abtrag des Bodens durch Wind oder Wasser (BREBURDA & RICHTER 1998, WILD 1995). Andererseits wird der Begriff heute vor allem im Zusammenhang mit menschlichen Eingriffen in den Boden verwendet. FRIELINGHAUS (1998) definiert Bodenerosion als „(...) durch Eingriffe des Menschen ermöglicht (...) und durch erosive Niederschläge oder erosive Winde ausgelöste (...) Prozesse der Ablösung, des Transportes und der Ablagerung/Akkumulation von Bodenpartikeln (...)“ und auch BASTIAN & SCHREIBER (1999) beschreiben den Prozess der Bodenerosion als menschlich bestimmt.

Bodenerosion wird weiterhin unterschieden in Wasser- und Winderosion. Während Winderosion in überwiegend sandigen Regionen vorkommt, ist Wassererosion vor allem in lößdominierten Gegenden ein Problem. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Wassererosion, so dass nachfolgend weiterführend darauf eingegangen wird.

Der Prozess der Bodenerosion gliedert sich bei Einwirkung von Wasser in den Prozess der Ablösung und den Prozess des Transportes der Bodenpartikel (vgl. AUERSWALD 1998, WILD 1995). Der Ablösungsprozess beginnt bei einem Starkniederschlag durch die schnelle Befeuchtung des Bodens. Für das Einsetzen von Erosion ist das Auftreten von Niederschlägen mit entsprechender Menge oder Intensität notwendig. Richtwert für die Erosivität eines Regen ist eine Mindestmenge von  $7,5 \text{ l/m}^2$  bzw. eine minimale Intensität von  $5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$  (SLfULG 2009, LfUNG 2002). Durch den Niederschlag wird Luft im Boden eingeschlossen und durch das infiltrierende Wasser zusammengepresst. Dieser Druck befördert das Reißen von Bodenaggregaten und die Entstehung von Mikrobodenaggregaten. Diese Mikroaggregate sind zwischen 0,2 und 1 mm groß und durch ihre geringe Größe besser transportierbar und dispergierbar als in der ursprünglichen Aggregatgröße. In der Folge werden diese Mikroaggregate durch das Aufprallen von Regentropfen (Splash-Effekt) weiter zerkleinert. Das so entstandene gelöste Feinbodenmaterial ist dem abfließenden Wasser ausgesetzt und wird mit dem Oberflächenabfluss transportiert. Da die zu Beginn vorhandene Transportkapazität des Wassers nicht ausreichend für das gesamte gelöste Material ist, lagert sich ein Teil auf der Bodenoberfläche wieder ab, wird in Bodenporen eingeschwemmt und führt zu deren Verstopfung. Damit wird das Infiltrationsvermögen des Bodens herabgesetzt, der Oberflächenabfluss steigt an und die Fließgeschwindigkeit des Wassers und die damit verbundene Transportkapazität nehmen zu. Dadurch werden weitere Bodenpartikel gelöst und abtransportiert.

Der Transportprozess setzt sich aus zwei Vorgängen zusammen. Ein Aspekt ist der Spritztransport, der durch die Spritzwirkung der Regentropfen entsteht. Der andere Prozess ist der Transport der Bodenpartikel mit dem Oberflächenabfluss. Die Wirkungskraft des Abflusses wird bestimmt von der Wassermenge und dem Gefälle des Geländes.

Während im oftmals stark geneigten Ober- und Mittelhangbereichen die Transportkapazität des Wassers in der Lage ist, auch größere Teilchen, kleinere Steine und Bodenaggregate zu transportieren, nimmt diese Eigenschaft mit sinkendem Gefälle und damit einhergehender Verringerung der Fließgeschwindigkeit im Hangfußbereich ab. Es kommt zur Akkumulation des gelösten Materials, indem sich zuerst die größeren und schweren Teilchen absetzen und anschließend sortiert nach abnehmendem Gewicht die kleineren, leichteren Partikel.

Im Bund-Länder-Papier des BMVEL (2001) werden folgende Schwellen- bzw. Orientierungswerte für den Eintritt von Bodenerosion genannt:

- Niederschlag  $> 7,5 \text{ mm/m}^2$  oder  $> 5 \text{ mm/h}$
- Anfälligkeit Bodenart sL, IS oder S
- Hanglängen  $> 50 \text{ m}$
- Hangneigung  $> 4 \%$
- Bodenbedeckung  $< 30 \%$

In der Fachliteratur (bspw. BREBURDA & RICHTER 1998, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2009) wird zwischen linearer und flächenhafter Erosion unterschieden. Bei der flächenhaften Erosionsform wird das Bodenmaterial annähernd gleichmäßig abgelöst und transportiert. Diese Erosionsform ist innerhalb kurzfristiger Beobachtungszeiträume in der Landschaft kaum nachweisbar, so entspricht ein flächenhafter Bodenabtrag von  $10 \text{ t/ha}$  etwa einer Abtragshöhe von  $0,7 - 1 \text{ mm}$ .

Lineare Erosionsformen werden differenziert in Rillen-, Rinnen- und Grabenerosion (auch Gullyerosion) sowie die Sonderform Tunnelerosion. Rillenerosion mit maximalen Abtragstiefen bis  $10 \text{ cm}$  stellt eine Übergangsform von flächenhafter Erosion zu linearer Erosion dar. Sie wird häufig im Rahmen von Erosionsmodellierung und Bemessungen von Erosionsschutzmaßnahmen gemeinsam mit flächenhafter Erosion betrachtet. Rinnenerosion (auch bezeichnet als ephemeral gully erosion) tritt hauptsächlich durch reliefbedingt verstärkte Abflusskonzentration auf. Es kommt dabei zu Bodenabträgen bis ca.  $30 \text{ cm}$  Tiefe, das entspricht in etwa der landwirtschaftlichen Bearbeitungstiefe. Diese Schäden können demzufolge im Rahmen landwirtschaftlicher Bearbeitung beseitigt werden und gelten deshalb als vorübergehend. Sind die Auswirkungen nicht ohne größeren Aufwand zu beseitigen, ist die Erosionsform als Grabenerosion zu bezeichnen. Die erodierten Gräben können mehrere Meter breit und tief sein.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff „Erosion“ für Erosionsprozesse, die niederschlagsbedingt auf landwirtschaftlich genutzten, also anthropogen beeinflussten Flächen stattfinden, verwendet.

### **2.1.1 Nutzungsbedingte Erosion**

Die im Kapitel 2.1 beschriebenen Prozesse werden von *gebietsunabhängigen*, *gebietsabhängigen allgemeinen* und *gebietsabhängigen speziellen* Belastungs- und Wirkungsfaktoren ausgelöst, gelenkt und

beeinflusst (LESER 1988, FRIELINGHAUS 1988, EISELE 2008). Die *gebietsabhängigen speziellen* Faktoren werden weiter untergliedert in invariable und variable prozessbeeinflussende Faktoren. Die variablen Faktoren sind in einem besonders hohen Maße abhängig von der Landnutzung (FRIELINGHAUS 1998). Der landwirtschaftlichen Landnutzung muss dabei durch die alternierenden Bewirtschaftungs- und Vegetationsbedingungen eine besondere Bedeutung beigemessen werden. Im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte hat landwirtschaftsbedingte Erosion massiv zugenommen. Als Ursachen für die Zunahme landwirtschaftsbedingter Erosion gelten vor allem die hohe Intensivierung der Bodenbewirtschaftung und die Vergrößerung einheitlich bewirtschafteter Ackerflächen in Kombination mit fehlenden landschaftsgliedernden Strukturen. Außerdem werden der verstärkte Anbau von erosionsanfälligen Reihenkulturen wie Mais und Zuckerrüben, die Abnahme des mehrjährigen Ackerfuteranbaus sowie die Zunahme der Bearbeitungstiefe und die damit verbundene Verminderung der Tragfähigkeit des Bodens als Gründe benannt. Felder unterliegen durch die Intensivierung der Pflanzenproduktion einem erhöhten Bewirtschaftungs- und Befahrungsaufwand. Infolge dessen kommt es zu Bodenverdichtungen, in deren Folge die Infiltrationskapazität des Bodens sinkt und der Oberflächenabfluss steigt (vgl. dazu FRIELINGHAUS 1998, LfUNL 2002).

Abbildung 1 stellt die im vorhergehenden Absatz beschriebene Faktorenkonstellation schematisch für die Wassererosion unter mitteleuropäischen Bedingungen dar.

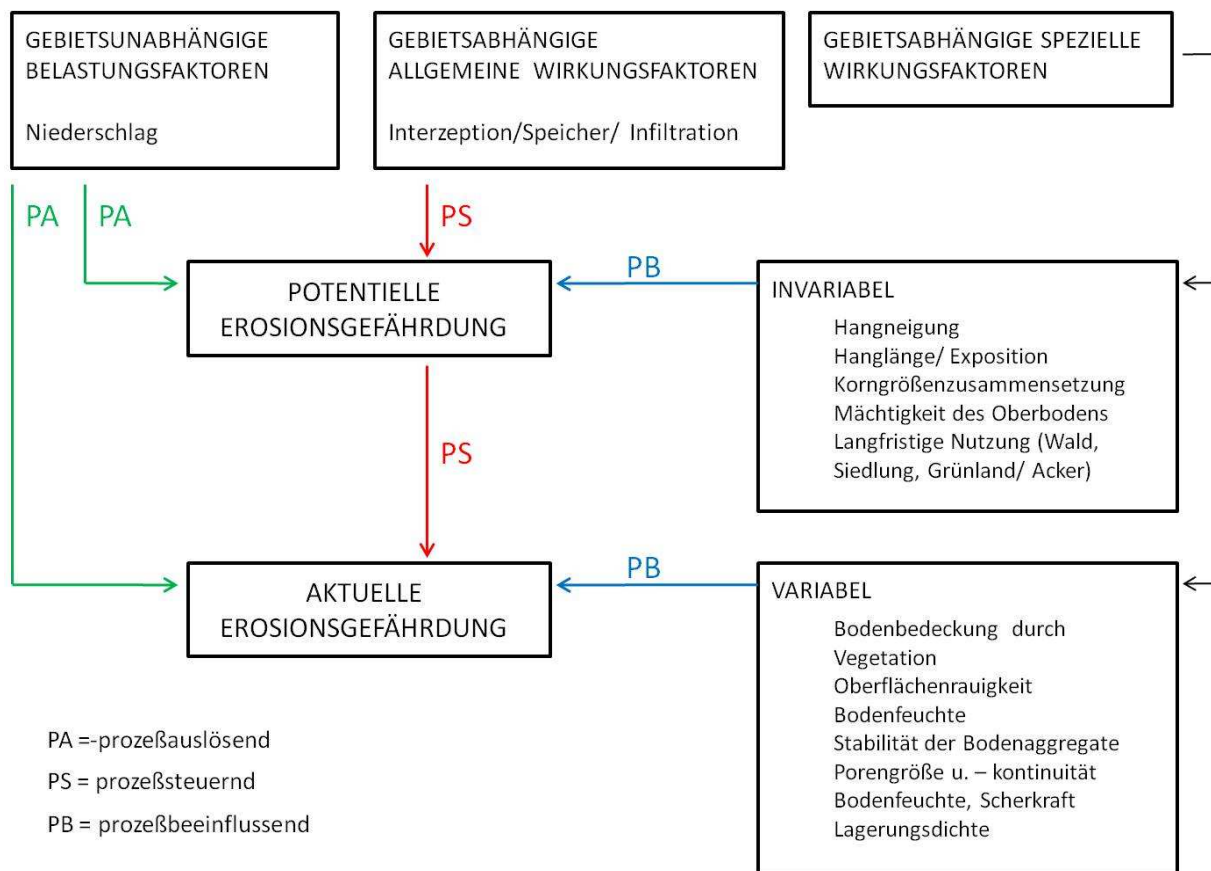


Abbildung 1: Wassererosion – Faktorenanalyse (nach FRIELINGHAUS 1998, verändert)

### 2.1.2 Erosionsschäden

Die Folgen der Bodenerosion sind weltweit erheblich und verursachen große wirtschaftliche und ökologische Schäden. Alle Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG werden durch Bodenerosion beeinträchtigt. WILD (1993) führt als Auswirkungen auf

- (1) den Verlust von Boden als Lebensgrundlage von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, Grünland und Bäumen,
- (2) den Sedimenteintrag in Fließgewässer, Stauseen und Talsperren,
- (3) die Veränderungen von Flussläufen durch Bodenablagerungen im Flussverlauf sowie
- (4) Wasser- sowie Luftverschmutzung.

Resultat der in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Erosionsprozesse auf Ackerflächen sind Schäden auf (On-site) und außerhalb der Ackerflächen auf angrenzenden Landnutzungen (Off-site).

**On-site-Schäden** oder alternativ flächeninterne Schäden entstehen erosionsbedingt auf Flächen, auf denen Bodenverlagerungsprozesse stattfinden (LfUNG 2002). Nach EISELE (2008), RICHTER (1998) und LfUNG (2002) werden als On-site Schäden bezeichnet:

- Bodenabtrag im Hangbereich und damit verbundene Verkürzung des Bodenprofils,
- Sedimentablagerung am Hangfuß,
- Verringerung der Bodenfruchtbarkeit durch Nährstoff- und Humusverlust,
- der Verlust an durchwurzelbarem Feinboden und Beeinträchtigung der daraus resultierenden Bodenfunktionen durch Abnahme der Wasserkapazität des Bodens, Abnahme der Nährstoffbindungsfähigkeit,
- die erschwerte Bewirtschaftung (z.B. durch Erosionsrinnen) und der damit erhöhte Bearbeitungsaufwand zur Wiederherstellung einer homogenen Ackeroberfläche,
- der Verlust von Dünger und Pflanzenschutzmitteln,
- die Verletzung, Entwurzelung, Überdeckung von Kulturpflanzen und der daraus resultierenden Minderung der Erntemengen ,
- Unproduktiv abfließendes Niederschlagswasser.

Zu **Off-site-Schäden** (flächenexterne Schäden) zählen nach EISELE (2008), RICHTER (1998) und LfUNG (2002)

- Akkumulationsbereiche im Hangfußbereich,
- Verschlammung von Wegen, Kanalisationen, Vorflutern (Fließgewässer, Gräben, etc.), bebauten Arealen,
- Eutrophierung von Gewässern und anderen Biotopen durch Sediment-, Pflanzenschutzmittel- und Nährstoffeinträge,
- Verlandung stehender und langsam fließender Gewässer durch Sedimentation,

- Eintrag von Schadstoffen, Pflanzenschutzmittel (PSM) und Sediment in den Vorfluter und daraus resultierenden Beeinträchtigungen von Flora und Fauna,
- Erhöhte Gefahr von Überschwemmungen, da Boden seine Funktion als Wasserspeicher nicht mehr erfüllt.

### 2.1.3 Erosionsschutz

Bodenerosion auf Ackerflächen kann durch zwei verschiedene Formen von Schutzmaßnahmen verhindert oder begrenzt werden. Unterschieden werden Maßnahmen auf der Ursprungsfläche der Erosion als On-Site-Maßnahmen und Maßnahmen außerhalb der Entstehungsflächen als Off-Site-Maßnahmen.

#### 2.1.3.1 On-site Schutzmaßnahmen – Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen

##### **Bodenbearbeitung**

Direkt auf der Ackerfläche kann Bodenerosion durch Wasser vor allem durch geeignete pflanzenbauliche Produktionssysteme verringert werden. Unterschieden werden die drei Grundtypen „Konventionelle Bodenbearbeitung“, „Konservierende Bodenbearbeitung“ und Direktsaat (vgl. dazu LÜTKE ENTRUP 2007).

**Tabelle 1: Charakterisierung landwirtschaftlicher Bodenbearbeitungsformen (nach LÜTKE ENTRUP 2007)**

| Bewirtschaftung | Gerät                                  | Bearbeitungstiefe | Bodenbearbeitung                      | Erosionsminderung |
|-----------------|--|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Konventionell   | Pflug (P)                              | 20 – 30 cm        | Wendend                               | -                 |
| Konservierend   | Grubber<br>Scheibenegge                | 10 – 20 cm        | Nichtwendend                          | X                 |
| Direktsaat (D)  | Scheiben-, Zinken-<br>Direktsämaschine | 1-3 cm            | Ganzflächig<br>Band- bzw. Scharbreite | XX                |

Während die „konventionelle“ Bodenbearbeitung die Erosionsanfälligkeit der Böden durch Zerstörung von Bodenaggregaten intensiviert und damit nicht erosionsmindernd wirkt, werden die verschiedenen Formen der „konservierenden Bodenbearbeitung“ als bodenschonend eingestuft.

Unter „Konservierender Bodenbearbeitung“ versteht man pfluglose bzw. nicht wendende Bodenbearbeitung, Minimalbodenbearbeitung und den Verzicht auf Pflugeinsatz. Zur Umsetzung dieser Bewirtschaftungstechnik werden alternative Landmaschinen wie Zinkenrotor, Grubber oder Sämaschinen verwendet. Voraussetzung für eine Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist deren dauerhafte und konsequente Ausführung. Als positive Effekte dieser Bewirtschaftungsform werden beispielweise in SLfL (2004) die Anreicherung von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche und der obersten Bodenschicht sowie die Zunahme der Lagerungsdichte des Bodens und die Erhöhung der biologischen Aktivität genannt. Nachfolgend kommt es zu einer Humusakkumulation, zu erhöhter Aggregatstabilität und der Ausbildung eines ungestörten Makroporensystems. Indem die Bodenoberfläche vor dem Aufprall der

Regentropfen weitestgehend geschützt ist, Oberflächenverschlammungen vermieden werden und das Infiltrationsvermögen des Bodens durch vertikale Makroporen verbessert ist, wird ein deutlich wirksamer Erosionsschutz gewährleistet.

Die konsequenteste On-site-Maßnahme ist die Anwendung der Direktsaat. Sie wird definiert als „*Bestellung ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte*“ (SCHMIDT ET AL. 2001). Das Saatgut wird über Säschlitze im Boden abgelegt und danach wieder mit Boden bedeckt. Für dieses Verfahren sind eigens dafür vorgesehene Maschinen notwendig. Es wird eine dauerhafte Bodenbedeckung und eine minimale Beeinträchtigung des Bodengefüges gewährleistet.

### ***Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau***

Die Effektivität der konservierenden Bodenbewirtschaftung kann durch die Minimierung der Zeiträume ohne Bodenbedeckung durch den Einsatz von *Strohmulch*, *Untersaaten* und den *Anbau von Zwischenfrüchten* weiter erhöht werden (SLfULG 2008). Durch den Anbau von geeigneten Zwischenfrüchten, wie bspw. Senf, Kleesorten, Luzerne, Ölrettich oder Phacelia wird die Bodenbedeckung im Winterhalbjahr gewährleistet und Brachezeiten werden vermieden. Untersaaten mit Gras- und Kleesorten werden vor allem eingesetzt, um zusätzliche Arbeitsgänge zu vermeiden oder wenn die Ackerfläche nach der Ernte vorübergehend stillgelegt werden soll.

Ein weiteres Instrument zur Verminderung der Erosionsanfälligkeit ist die Änderung der Fruchtfolgen mit dem Ziel die Befahrungs- und Bearbeitungshäufigkeit zu reduzieren und natürlich gegebene Standorteigenschaften auszunutzen (FRIELINGHAUS 2002). Gleichzeitig werden dadurch infiltrationshemmende Bodenverdichtungen vermieden (SLfULG 2008).

### ***Änderung der Bearbeitungsrichtung und Hanglängenverkürzung***

Eine zusätzliche Verbesserung der Erosionssituation kann durch Verkürzen der Hanglängen, durch hangparallel wechselnden streifenförmigen Anbau erosionsanfälliger und weniger anfälliger Feldfrüchte oder auch der Anpassung der Bearbeitungsrichtung, z.B. durch höhenlinienparallele Bewirtschaftung erzielt werden. Ziel einer verkürzten Hanglänge ist hauptsächlich die Verringerung der Erosionswirksamkeit des Abflusses. Indem Ackerschlänge unter Berücksichtigung einer Hanglängenverkleinerung untergliedert werden, kann Erosion durch abgestimmten Feldfruchtanbau (Abfolge z.B. erosionsanfälligerer Frucht wie Mais im Oberhangbereich, danach erosionsmindernde Frucht wie Wintergetreide im Unterhangbereich) oder durch die Anlage abflussbremsender Strukturen (Wege, Hecken, Ackerraine) verringert werden.

### ***Weitere Maßnahmen***

In der Literatur (BRAND-SASSEN 2004, AUERSWALD 2002, LWK 2007) werden weitere mögliche Maßnahmen, wie bspw. die Lockerung von Fahrspuren, die Verwendung von Niederdruckreifen, das Begrünen des Vorgewendes und Flächendränung beschrieben.

### **2.1.3.2 Off-site-Maßnahmen**

Die Maßnahmenauswahl außerhalb der landwirtschaftlichen Produktionsfläche ist vielfältig und wird oftmals neben dem Erosionsschutz gleichzeitig weiteren ökologische Anforderungen gerecht. Eine Auswahl möglicher Off-site-Schutzmaßnahmen wird nachfolgend näher erläutert.

#### ***Umwandlung von Ackerflächen in Grünland***

Die dauerhafte Umwandlung von Ackerflächen in Grünland hat nach AUERSWALD (2002) den höchsten erosionsmindernden Effekt. Dem steht entgegen, dass eine Umwandlung von Acker in Grünland zumeist nur für maximal 5 Jahre vorgenommen wird, um das Nutzungsrecht als Ackerland nicht zu verlieren. Eine Umnutzung von Acker in Grünland verringert den ökonomischen Wert der Fläche in mehrfacher Hinsicht. Auf der Fläche wird kein bzw. nur noch ein marginaler landwirtschaftlicher Ertrag und damit kein Einkommen erwirtschaftet, außerdem verringert sich der Verkaufs- und Pachtwert dieser Fläche. Aus diesem Grund kann die dauerhafte Umwandlung in Grünland zumeist nur im Rahmen eines Flächenkaufes oder -tausches durchgeführt werden (vgl. OSTERBURG & RUNGE 2007). Auch eine Nutzungsänderung in Wald würde eine deutliche Reduzierung des Erosionsrisikos bewirken, aber ebenfalls mit einem erheblichen Wertverlust der Fläche in ökonomischer Sicht einhergehen.

#### ***Grassed waterways***

Grassed waterways existieren in Form von Grünland oder Gehölzstreifen und werden in besonders erosionsgefährdeten Tiefenlinien von Ackerflächen angelegt. Zur Wirkung von begrünten Abflussbahnen (Grassed waterways) werden in der Literatur Werte zum Rückhalt des Bodensedimentes zwischen 80 und 95 % sowie der Abflussminderung zwischen 70 und 90 % angegeben (FIENER & AUERSWALD 2003; FIENER & AUERSWALD 2005; EVRARD ET AL. 2007).

#### ***Gewässerrandstreifen***

Gewässerrandstreifen dienen laut Wasserhaushaltsgesetz (WHG) „(...) der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer, der Wasserspeicherung, der Sicherung des Wasserausflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen. (...)“ Sie sind Puffer- bzw. Abstandsfläche zum angrenzenden Oberflächengewässer. Die Bemessung ist durch das WHG geregelt (Außenbereich 5m), kann jedoch durch Landesgesetzgebung der Bundesländer abweichend geregelt werden (siehe dazu Quelle). Gewässerrandstreifen sind in der Regel als Brach- oder Grünlandstreifen ausgeprägt. Eine erosionsmindernde Wirkung von Gewässerrandstreifen tritt jedoch nur bei ausreichender Breite, ausreichender Infiltrationskapazität und der Bedingung, dass flächenhafte Erosion stattfindet, ein (OSTERBURG & RUNGE 2007).

#### ***Anlage von Landschaftsstrukturen***



Landschaftsstrukturen in Ackerlandschaften wie Hecken, Feldgehölze, dauerbegrünte Ackerrandstreifen, Hochraine aber auch Wegestrukturen bieten effiziente Möglichkeiten, Ackerflächen zu untergliedern und zu verkleinern und damit Hanglängen zu reduzieren (VOSS 2009). Damit diese Elemente jedoch erosionsmindernd wirksam werden können, müssen sie an die jeweiligen Reliefbedingungen angepasst sein und Mindestbreiten aufweisen. MÜLLER (2002) gibt beispielweise Breiten zwischen 6 und 12 m an und differenziert zusätzlich zwischen der Rückhaltewirkung von Ackerrandstreifen und Grasfilterstreifen. Demnach nimmt die Retentionsleistung von Ackerrandstreifen zu Grasfilterstreifen sowie mit zunehmender Breite auf einen Wirkungsgrad von 95% zu.

### ***Nutzung von Ackerflächen als Kurzumtriebsplantagen (KUP)***

Auf Kurzumtriebsplantagen werden zumeist schnellwachsende Baumarten wie Pappeln (*Populus sp.*) oder Weiden (*Salix sp.*) als landwirtschaftliche Dauerkulturen kultiviert (DBU 2010). Angebaut werden sie in Form von Hochleistungsklonen (DBU 2010). Gebräuchlich ist auch die Verwendung von Robinien (*Robinia pseudoacacia*). Die wirtschaftlichen Erträge stehen bei der Anlage von KUP im Vordergrund. Nach DBU (2010) betragen die Umtriebszeiten für Weiden als Minirotation drei bis fünf Jahre (Nutzung als Hackschnitzel), für Pappelhybriden als Midi-Rotation vier bis sechs, max. 10 Jahre als (Nutzung in Zellstoff- und Spanplattenindustrie) und für vegetativ nicht vermehrbare Baumarten (z.B. Winterlinde, Eberesche, Bergahorn) 10 bis 20 Jahre (Maxirotation). Die Pflanzen werden zurückgeschnitten und treiben nach jeder Ernte aus den Wurzelstöcken neu aus. Nach 15 bis 30 Jahren erfolgt ein Umbruch der Plantage. Die dauerhafte Bedeckung und die Durchwurzelung des Bodens bewirken über diesen Zeitraum einen stark erosionsmindernden Effekt.

### ***Rückhaltemulden und Fanggräben***

Rückhaltemulden und Fanggräben für Sedimente und Wasser zählen zu den bautechnischen, infrastrukturellen Möglichkeiten der Abfluss- und Sedimentrückhaltung und –verzögerung. Sie bedürfen regelmäßiger Wartung und verursachen damit fortlaufende Unterhaltungskosten. Um diese Maßnahmen umzusetzen, werden zumeist landwirtschaftlich genutzte Flächen dauerhaft aus der produktiven Nutzung entzogen, oftmals wird Flächentausch oder –kauf notwendig (SCHMIDT ET AL. 2007).

## **2.2 Umweltziele, Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele des Erosionsschutzes**

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Ableitung standortbezogener und planungsspezifischer Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele zur Minderung der Bodenerosion. Dazu folgen nachstehend einige Definitionen.

### **2.2.1 Allgemeine Grundlagen**

#### **2.2.1.1 Leitbilder und Leitlinien**

Um Umweltqualitäts- und -handlungsziele benennen zu können bedarf es im Vorfeld konkreter Vorstellungen - sogenannter Leitbilder - vom angestrebten Zustand und den gewünschten Entwicklungen, die in einem bestimmten Raum innerhalb einer bestimmten Zeitperiode erreicht werden sollen (WIEGLEB ET AL. 1999). Leitlinien umfassen nach UBA (2012) (...) *die Gesamtheit von Einzelschritten, die ein angestrebtes Ziel erläutern (...) und (...) spiegeln (...) die allgemein akzeptierten Standards wider.*

#### **2.2.1.2 Umweltqualitätsziele**

In der Literatur existieren für Umweltqualitätsziele (UQZ) verschiedene Definitionen (vgl. UBA 2000, FÜRST et al. 1992). So schreiben beispielsweise FÜRST ET AL. 1992: *„Umweltqualitätsziele geben bestimmte sachlich, räumlich und ggf. zeitlich definierte Qualitäten von Ressourcen, Potenzialen oder Funktionen an, die in konkreten Situationen erhalten oder entwickelt werden sollen“.*

Das UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2000) definiert den Begriff folgendermaßen: *„Umweltqualitätsziele charakterisieren einen angestrebten Zustand der Umwelt. Sie verbinden einen naturwissenschaftlichen Kenntnisstand mit gesellschaftlichen Wertungen über Schutzgüter und Schutzniveaus. Umweltqualitätsziele werden objekt- oder medienbezogen für Mensch und/oder Umwelt bestimmt und sind an der Regenerationsrate wichtiger Ressourcen oder an der ökologischen Tragfähigkeit, am Schutz der menschlichen Gesundheit und an den Bedürfnissen heutiger und zukünftiger Generationen orientiert. UQZ können durch Umweltqualitätsstandards konkretisiert werden.“*

Als Schwachpunkt und damit Umsetzungshemmnis wird in SLfUG (2003) die mangelnde sachliche und sprachliche Klarheit bei der Formulierung der UQZ beschrieben. Um Umweltqualitätsziele in Raumordnungsplänen umsetzen zu können, sollten diese so formuliert sein, dass sie mit anderen Zielen nicht im Konflikt stehen und kein Raum für Ermessensentscheidungen gelassen wird (SLfUG 2003).

UQZ lassen sich in ein hierarchisch gegliedertes System mit Leitbildern, Leitlinien und Umweltqualitätsstandards einordnen (siehe Abbildung 2). Nach SLfUG (2003) konkretisieren sie die Leitbilder als übergeordnete Ziele der Umweltpolitik, die die Basis für die Ableitung von Leitlinien bilden.

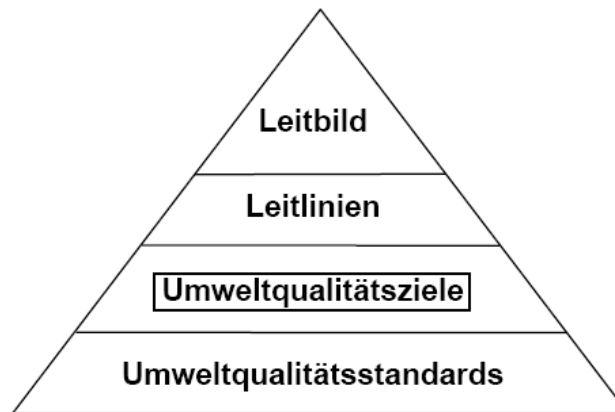


Abbildung 2: Hierarchie von Leitbild, Leitlinie, Umweltqualitätsziel und -standard (SLfUG 2003, nach FEIGE et al. 1997 und FÜRST et al. 1992)

In SLfUG (2001) wird für den Erosionsschutz in Sachsen das Umweltqualitätsziel „Schutz des Bodens vor Erosion“ benannt.

### **2.2.1.3 Umweltqualitätsstandards**

Umweltstandards (UQS) definieren einen zu erreichenden oder einzuhaltenden Wert für ein politisch oder fachlich vorgegebenes Umweltqualitätsziel. Oftmals steuern sie ein höheres Schutzniveau als die gesetzlichen Grundlagen an. Umweltstandards werden in der Literatur (KNAUER 1991, FÜRST et al. 1992) in vier Gruppen gegliedert:

Der *Wissenschaftlich-fachliche Umweltstandard* wird ermittelt durch Fachwissenschaftler, Expertengremien, Verbände und hat die Bedeutung eines Diskussions-, Orientierungs- oder Richtwertes.

Der *Politisch programmatische Umweltstandard* wird durch politische Festlegungen oder politische Programme fixiert und gilt als Programmwert.

Der *Quasi-gesetzliche Umweltstandard* ist als Festlegung in verbindlichen Ausschüssen (VDI-Ausschuss) oder Normen (DIN-Normen) geregelt und dementsprechend ein Quasi-Grenzwert.

Der *Gesetzliche Umweltstandard* ist als Gesetz, Verordnung oder technische Anleitung festgelegt und gilt als verbindlicher Grenzwert.

### **2.2.1.4 Umweltindikatoren**

Nach WIGGERING & MÜLLER (2004) dienen Umweltindikatoren als Prüfinstrumente der Umsetzung von Umweltqualitätszielen auf Basis einer intersubjektiven Situationsanalyse und sind Kenngrößen zur Abbildung eines bestimmten Sachverhaltes (Indikantum). In SLfUG (2001) werden Umweltindikatoren als Messgrößen oder Organismen mit Zeigerfunktion, die eine Bewertung des Umweltzustandes bezüglich einer oder mehrerer Wirkungen zulassen, definiert.

## **2.2.2 Situation des Erosionsschutzes**

### **2.2.2.1 Umwelthandlungsziele des Erosionsschutzes**

Laut UBA (2000) sind Umwelthandlungsziele (UHZ) „(...) *schutzgut- oder medienbezogen und (...) eng mit UQZ verbunden*.(...). UHZ beschreiben den gewünschten Zustand der Umwelt in einer für die Umweltbeobachtung geeigneten Größenordnung, z.B. als Konzentrationsangabe. Ein Umwelthandlungsziel beschreibt die insgesamt erforderliche Belastungsminderung oder –änderung (z.B. Emissionsmenge) als Differenz zwischen einer gegenwärtigen Belastung und einer höchstzulässigen Belastung (Konzentration im Umweltmedium). Das Umwelthandlungsziel gibt an, welche Verringerung der Einwirkungen auf die Umwelt insgesamt erforderlich ist, um ein Umweltqualitätsziel zu erreichen. Umwelthandlungsziele sollten quantifizierbar und prüfbar sein.

In BRUNOTTE (2003) werden beispielweisen zur Bodenerosionsvermeidung die Handlungsstrategien (1) Verbesserung der Bodenstruktur, (2) Veränderung der Fahrzeugparameter (z.B. Verringerung des Reifendrucks zur Erhöhung der Auflagefläche → Verringerung der Bodenverdichtung) und (3) Änderung der Bewirtschaftungsverfahren angegeben. Das SLfUG (2001) benennt 7 Ziele zur Erosionsminderung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen:

- Erhaltung und Wiederherstellung der Bodenfunktionen,
- konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat (nach Strohdüngung bzw. Zwischenfruchtanbau) möglichst zu allen Fruchtarten bzw. im gesamten Fruchtfolgeverlauf,
- Erhalt eines weitgehend verdichtungsfreien Unterbodens und Vermeidung von infiltrationshemmenden Bodenverdichtungen, insbesondere in Fahrspuren, durch angepassten Technikeinsatz,
- Sicherung einer guten Humusversorgung auf der Ackerfläche,
- Aufgabe der ackerbaulichen Nutzung in besonders erosionsgefährdeten steilen Hanglagen (mit Umwandlung von Ackerflächen in Grünland),
- erosionsmindernde Flurneugestaltung in Kombination mit ackerbaulichem Erosionsschutz (konservierende Bodenbearbeitung, Mulchsaat): Unterteilung ausgedehnter geneigter Ackerschläge mit großen Hanglängen durch querlaufende Wege, Gebüschstreifen mit seitlich ableitenden Gräben zur schadlosen Abführung von Oberflächenwasser auf den verbleibenden Ackerflächen,
- standortgerechte Bestockung der Forstflächen und nachhaltige Bewirtschaftung von möglichst artenreichen, strukturierten Wäldern ohne Kahlschläge.

### **2.2.2.2 Mögliche Umweltstandards des Erosionsschutzes**

Laut SLfUG (2001) liegen für das Kriterium Bodenabtrag keine anerkannt verbindlichen Umweltstandards vor. Es werden jedoch verschiedene Ansätze diskutiert. Zum einen werden anhand des Begriffes der „Guten fachlichen Praxis“ der Landwirtschaft klare Bewirtschaftungsanforderungen definiert. Diese beinhalten jedoch keine konkreten Aussagen zur Bodenerosion. Mit dem „Tolerierbaren Boden-

abtrag“ wird ein konkreter Umweltqualitätsstandard der Bodenerosion seit längerer Zeit kontrovers diskutiert. Der aktuelle Stand wird nachfolgend dargestellt.

### **Gute fachliche Praxis**

In § 17 Absatz 2 BBodSchG und § 5 BNatSchG werden rechtsverbindlich Grundsätze der guten fachlichen Praxis formuliert und damit ein gesetzlicher Umweltstandard definiert.

Grundsätze der guten fachlichen Praxis sind insbesondere, dass (...)

- 1. die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat,*
- 2. die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird,*
- 3. Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, so weit wie möglich vermieden werden,*
- 4. Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung, möglichst vermieden werden,*
- 5. die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, insbesondere Hecken, Feldgehölze, Feldraine und Ackerterrassen, die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden,*
- 6. die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten oder gefördert wird und*
- 7. der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird. (...).*

Der Begriff „Guten fachliche Praxis“ (GfP) wird für ein breites begriffliches Spektrum genutzt. Es reicht von den bereits aufgeführten rechtlich festgelegten, sanktionierbaren Standards bis hin zu Empfehlungen zur Praxis in der Landwirtschaft (NITSCH & OSTERBURG 2004).

Der Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen – in dieser Arbeit Schutz vor Erosionsschäden – unterliegt in Deutschland diesem zweistufigen Ablauf. Vorsorgemaßnahmen sollten getroffen werden, wenn ein Schadenseintritt nicht zu erwarten, jedoch möglich ist (§ 17 BBodSchG) oder ein Schadenseintritt zu befürchten ist (§8 BBodSchV). Maßnahmen zur Gefahrenabwehr müssen ergriffen werden, wenn ein Schadenseintritt als wahrscheinlich angenommen werden muss (§5 und §8 BBodSchV). Die Regeln der GfP gelten sowohl für Vorsorgemaßnahmen als auch für den Fall der Gefahrenabwehr.

### **Tolerierbarer Bodenabtrag**

In Folge der immer wiederkehrenden Schäden durch Erosion auf den Ackerflächen und den angrenzenden Flächen gibt es andauernde kontroverse Diskussionen über das Maß des „Tolerierbaren Bo-

denabtrags“. Dieser Begriff kann in die wissenschaftlich-fachliche Kategorie der Umweltstandards eingeordnet werden.

Die Fachliteratur diskutiert unterschiedliche Richtwerte des tolerierbaren Bodenabtrags. BASTIAN & SCHREIBER 1999 beschreiben in Anlehnung an MOSIMANN 1993 die Ansätze „*Ökosystemorientierter Ansatz*“, „*Gleichwertiger Schutz für alle Böden mit vorübergehender Toleranz von Bodenverlusten*“ und „*minimale Erhaltung der Ackerfähigkeit der Böden*“.

Der Ökosystemorientierte Ansatz setzt die Erhaltung des Bodens als Maßstab an. Hier dient die Bodenbildungsrate als Grenzwert und wird durch den Ansatz „*Bodenabtrag < Bodenbildung*“ mit dem Wert  $\leq 1 \text{ t/ha/a}$  definiert (vgl. dazu TROEH & THOMPSON 1993). Während dieser Ansatz eine ackerbauliche Nutzung nahezu unmöglich machen würde (AG BOSCH & PARTNER 2000), differenzieren die beiden weiteren Varianten „*Gleichwertiger Schutz für alle Böden mit vorübergehender Toleranz von Bodenverlusten*“ und „*minimale Erhaltung der Ackerfähigkeit der Böden*“ die Gefährdung nach der pflanzennutzbaren Gründigkeit der Böden. Beide geben als Richtwert den maximal tolerierbaren Abtrag von  $8 \text{ t/ha*a}$  an und berücksichtigen damit vor allem den Erhalt der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion. In FZK (1999) wird ebenfalls  $8 \text{ t/ha*a}$  als Grenzwert für tiefgründige Böden vorgeschlagen, für flachgründige Böden sollte der Grenzwert *entsprechend* niedriger liegen. AG BOSCH & PARTNER (2000) favorisieren nach Abwägen verschiedener diskutierter Richtwerte in einer Studie zur Situation der Sächsischen Ackerflächen den pragmatisch gewählten Wert von  $3 \text{ t/ha*a}$ . Auf politischer Ebene bezeichnete die Enquete-Kommission des DEUTSCHEN BUNDESTAGES (1997) den „(...) *chronischen, bewirtschaftungsbedingten* (...)“ Abtrag von mehr als  $20 \text{ t/ha*a}$  als Richtwert für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr. Dieser Wert wurde bisher jedoch nicht verbindlich festgesetzt.

**Tabelle 2: Tolerierbarer Bodenabtrag - Grenzwerte der Fachliteratur**

| Grenzwert [t/ha*a] | Ansatz  | Quelle                                    |
|--------------------|---|---|
| Kein Bodenabtrag   | Ökosystemorientierter Ansatz  |   |
| 1                  | Ökosystemorientierter Ansatz  | BASTIAN & SCHREIBER 1999                  |
| 3                  | pragmatisch gewählter Wert  | AG BOSCH & PARTNER (2000)                 |
| 8                  | - Gleichwertiger Schutz für alle Böden mit vorübergehender Toleranz von Bodenverlusten<br>- minimale Erhaltung der Ackerfähigkeit der Böden | BASTIAN & SCHREIBER (1999),<br>FZK (1999) |
| 20                 | Überschreitung des Grenzwertes - Einleitung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr  | DEUTSCHER BUNDESTAG (1997)                |

Im BBodSchV § 8 Absatz 1 spricht man von einer „(...) schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser (...), wenn durch Oberflächenabfluss **erhebliche** Mengen Bodenmaterials aus einer Erosionsfläche geschwemmt wurden (...)“. Diese Umschreibung lässt einen großen Bewertungsspielraum des Schadens zu und erschwert die Möglichkeit verbindliche Schutzmaßnahmen

durchzusetzen. Wie den vorangegangenen Ausführungen zu entnehmen ist, gibt es fortwährende Diskussion über einen Richtwert zum tolerierbaren Bodenabtrag. Verbindliche rechtliche Vorgaben existieren bis heute jedoch nicht.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass alle aufgeführten Grenzwerte bezogen auf ein Jahr angegeben werden und damit die teilweise extremen Bodenabträge eines einzelnen Starkniederschlagsereignisses in diesen Debatten bisher keine Berücksichtigung finden.

Ersatz bzw. derzeitiges Hilfsmittel sind die sogenannten Richt- oder Hinweiswerte. Diese Werte dienen den Bodenschutzverwaltungen dazu, im Rahmen des Bodenschutzgesetzes bei übermäßiger Erosion überhaupt aktiv werden zu können und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergreifen zu können. Zugrunde gelegt wird dann die Annahme, dass der Landwirt mögliche Maßnahmen zur Erosionsvermeidung auf der betreffenden Ackerfläche nicht ausreichend durchgeführt hat. Diese Werte sind als „Negativwerte“ aufzufassen und bedingen die Schlussfolgerung, dass Schutzmaßnahmen zur Bodenabtragsreduzierung nicht umfassend getroffen wurden. Richtwerte dürfen in der Interpretation Grenzwerten nicht gleichgestellt und als ausschöpfbarer Rahmen betrachtet werden, sondern stellen vielmehr das Initial für ein aktives Handeln dar.

### ***2.2.2.3 Umweltindikatoren des Erosionsschutzes***

In SLfUG (2001) werden für den sächsischen Erosionsschutz folgende Indikatoren benannt:

- Abtragsraten [ $t/(ha \cdot a)$ ]
- Flächenumfang der konservierend und in Mulchsaat bestellten Ackerflächen [ha]
- Bedeckungsgrad von Ackerflächen durch Mulchauflagen bzw. durch Pflanzenbestand [%]
- Zeitdauer der Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren auf einer Ackerfläche [a]
- Vorliegen von Erosionsformen (Abtragsformen, Überdeckungen) als Hinweis für die Erosionsgefährdung
- Volumen der in Talsperren abgelagerten Sedimente [ $m^3/a$ ]

## 2.3 Rechtliche Grundlagen des Erosionsschutzes

Die vielfältigen Gesetzgebungen, Verordnungen und Vorschriften berücksichtigen die Belange des Erosionsschutzes auf unterschiedliche Art und Weise. Die nachfolgenden Aufzählungen stellen einen Überblick dar und geben Aufschluss über die derzeitige rechtliche Situation, sind jedoch keinesfalls eine komplette Auflistung aller in Frage kommenden Rechtsvorschriften.

### 2.3.1 Weltweit

Alle nachfolgend aufgeführten internationalen Absichtserklärungen und Handlungsanweisungen beinhalten direkte und indirekte Aussagen zur Bodenerosion. Sie sind jedoch bis heute weder national noch international verbindlich. Trotz der Verabschiedung der „Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“ durch das Bundesministerium für Umwelt im Jahr 2007 in Anlehnung an die „Biodiversitätskonvention“ von 1992 sind Auswirkungen auf das deutsche Bodenschutzrecht bisher nicht erkennbar (vgl. BRANDT-SASSEN 2004).

#### 2.3.1.1 Welt-Boden-Charta

Die, 1981 von der FAO-Konferenz angenommene, Welt-Boden-Charta wird von LEE (2006) als bedeutendstes Dokument des Bodenschutzes bezeichnet. Sie beinhaltet 13 Thesen, in denen Regierungen, internationale Organisationen und Landnutzer zur Schaffung einer nachhaltigen Bodennutzung und zum Erhalt des Bodens als Ressource für kommende Generationen aufgefordert werden. Von den 13 Thesen positionieren sich These 3 und 4 direkt zur Problematik Bodenerosion: *„(3.) Bodendegradation als Folge von Bodenerosion durch Wasser und Wind (...) bedeutet einen teilweisen oder totalen Verlust von Bodenproduktivität, sowohl quantitativ als auch qualitativ. (...) (4.) Bodenerosion wirkt sich auf Land- und Forstwirtschaft durch sinkende Erträge und veränderten Wasserhaushalt direkt aus, aber auch andere Sektoren der Volkswirtschaft und der Umwelt als Ganzes, einschließlich Industrie und Handel, werden oft genauso ernsthaft betroffen, z.B. durch Hochwasser oder die Verschlammung von Flüssen, Stauseen und Häfen (WBGU, 1993).*

Es wird an Regierungen appelliert, Landnutzungsprogramme zu erstellen, in denen die Erhaltung und Verbesserung des Bodens hinsichtlich seiner Produktivitätsfunktion bestmöglich berücksichtigt wird (These 5). Für die Umsetzung dieser Belange wird die Bereitstellung von entsprechenden Förderungen angeregt (These 6) sowie die Einführung geeigneter praktischer Hilfestellungen gefordert (These 7).

#### 2.3.1.2 Agenda 21

Die 1992 auf dem Weltgipfel in Rio de Janeiro verabschiedete Agenda 21 beinhaltet als Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert die Einigung von 172 Staaten auf das Nachhaltigkeitsgebot. Sie stellt u.a. die Basis für die Definierung von internationalen und nationalen Umweltzielen, -indikatoren und den daraus resultierenden Maßnahmen dar (WIGGERING & MÜLLER 2004). Als Umsetzungs-



instrument u.a. auch für die Umsetzung eines nachhaltigen Bodenschutzes wird eine „integrierte Raum-, Flächennutzungs- und Bodenbewirtschaftungsplanung“ favorisiert.

### **2.3.1.3 Konvention über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity)**

Die Konvention über die biologische Vielfalt - auch bekannt als Biodiversitätskonvention – wurde ebenfalls 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet. Sie formuliert die drei gleichgestellten Ziele des (1) *Schutzes der biologischen Vielfalt*, der (2) *Nachhaltigen Nutzung ihrer Bestandteile* und (3) *der Zugangsregelung und des gerechten Ausgleiches von Vorteilen, welche aus der Nutzung genetischer Ressourcen entstehen*. Die Umsetzung der genannten Ziele obliegt den Vertragsparteien. Diese sind verpflichtet, jedoch nicht gezwungen, das Vertragswerk auf nationaler Ebene zu integrieren. Deutschland hat dieses Abkommen 1993 ratifiziert (Gesetz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt vom 30.08.1993, BGBl. II, Nr. 32, S. 1741 ff) und am 07.November 2007 eine „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“ beschlossen (s. Kapitel 2.3.3.1).

Die Umsetzung dieser Nationalen Strategie (NBS) ist keine Aufgabe für den Bund allein, sondern muss alle gesellschaftlichen Akteure einbeziehen. Deshalb hat das BMU im Dezember 2007 einen mehrjährigen, dialogorientierten Umsetzungsprozess gestartet. Bausteine dieses Prozesses sind große Nationale Foren (1 x jährlich) und Regionale Foren zur biologischen Vielfalt (bis Sommer 2008, abgeschlossene Reihe), verschiedene akteursbezogene Dialogforen (ab Sommer 2008 fortlaufend) sowie NBS-Länderforen (ab Ende 2010). Es sind alle staatlichen und nicht-staatlichen Akteure eingeladen, sich am Umsetzungsprozess zu beteiligen.

Die Konvention spricht die Schutzgüter nicht direkt an, stärkt jedoch die Belange des Bodenschutzes durch

## **2.3.2 Europäische Union (EU)**

### **2.3.2.1 Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)**

Mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde ein Ordnungsrahmen für den Schutz von Gewässern einschließlich des Grundwassers geschaffen. Erreicht werden soll dies u.a. durch die Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen. Die konkreten Umweltziele nach Art. 4 WRRL werden gegliedert nach Grundwasser und Oberflächengewässer. Für Oberflächengewässer gelten europaweit die Umweltziele:

- Verschlechterungsverbot für den Zustand von Oberflächenwasserkörpern
- Schutz, Verbesserung und Sanierung von Oberflächenwasserkörpern mit dem Ziel, bis 2015 einen guten Zustand für Oberflächenwasserkörper zu erreichen

Dazu ist es notwendig, dass die Oberflächengewässer nachhaltig vor Sedimenteinträgen durch Erosion geschützt werden. Schwebstoff- und partikuläre Stoffeinträge (Phosphor, Schwermetall) können so verringert werden.

### **2.3.2.2 Europäisches Landschaftsübereinkommen**

Das Europäische Landschaftsübereinkommen, aufgelegt am 20.10.2000 und in Kraft getreten am 1. März 2004, setzt sich mit der Förderung, dem Schutz, der Pflege und der Gestaltung der europäischen Landschaften auseinander. Laut Europarat (<http://conventions.coe.int/Treaty/Commun/ChercheSig.asp?NT=176&CM=&DF=&CL=GER>) geht es bei dem Übereinkommen darum, (...) *die öffentlichen Behörden aufzufordern, in ihrer Politik und ihren Maßnahmen auf örtlicher, regionaler, nationaler und internationaler Ebene europaweit dem Landschaftsschutz, der Landschaftspflege und der Landschaftsplanung Beachtung zu schenken.* (...)

Es wird vorgesehen, dass (...) alle Maßnahmen der jeweiligen Landschaft angepasst werden. Die Besonderheiten einer jeden Landschaft erfordern verschiedene Vorgangsweisen, vom strikten Naturschutz über Landschaftsschutz, Landschaftspflege und bessere Landschaftsgestaltung bis hin zur Schaffung von Landschaften.

Das Landschaftsübereinkommen schafft bspw. entsprechende Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft indem künftig auch andere deutsche Gesetze außer dem BBodSchG die Bodenfunktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte stärker berücksichtigen müssten. Von den 47 Staaten des Europarates hat jedoch Deutschland neben 9 weiteren europäischen Staaten dieses Übereinkommen nicht unterschrieben und ratifiziert.

### **2.3.2.3 Cross Compliance - Verordnung (EG) Nr. 73/2009**

Diese Verordnung vom 19. Januar 2009 für „ (...) Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe (...)“ legt u.a. Regeln für Direktzahlungen fest. Sie beschreibt im Anhang III für die Erhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands Schwerpunkte mit verbindlichen und fakultativen Umweltstandards. Zum Schwerpunkt Bodenerosion werden die verbindlichen Umweltstandards „Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung“ und „Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung entsprechend den standortspezifischen Bedingungen“ sowie der fakultative Standard „Keine Beseitigung von Terrassen“ formuliert. Dazu zählt ein Pflugverbot für 40 % der Ackerfläche je Bewirtschafter im Winterhalbjahr (nach Ernte der Vorfrucht und vor dem 15. Februar des Folgejahres).

Seit dem 01. Juli 2010 gibt es die zwei Erosionsgefährdungsklassen CC Wasser 1 (Erosionsgefährdung) und CC Wasser 2 (hohe Erosionsgefährdung). Die Bestimmung der Gefährdungskategorie erfolgt nach der Methodik der deutschen Variante ABAG der USLE (siehe Kapitel 3.2.1). Es gilt seit diesem Zeitpunkt zusätzlich für Flächen der Kategorie CC Wasser 2, dass Pflügen im Zeitraum 16. Februar bis 30. November nur unmittelbar vor einer Aussaat erlaubt und bei Hackfrüchten mit einem Reihenabstand > 45 cm Pflügen untersagt ist.

Die Regelungen dieser Verordnung greifen, sobald die Direktzahlungen durch einen Bewirtschafter in Anspruch genommen werden.

### **2.3.3 Bundesebene**

Die bundesdeutschen Gesetzgebungen mit Bodenschutzrelevanz können nach LfUNG 2002 in drei Kategorien untergliedert werden. Unterschieden werden Gesetze mit unmittelbaren und mittelbaren bodenschützenden Inhalten sowie Gesetze, die den Bodenschutz durch Planungsnormen berücksichtigen. Als Basis der nachfolgend aufgeführten Gesetzgebungen kann Artikel 20 a des Grundgesetzes (GG) angesehen werden, in dem formuliert wird, dass der Staat „ ... *auch in Verantwortung auf die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...*“ schützen soll. Damit wird hier das Prinzip der Vorsorge formuliert. Das Bundesbodenschutzgesetz kann als Konkretisierung dieses Artikels betrachtet werden (JESSEN-HESSE, 2002).

### **2.3.3.1 Direkt bodenschützende Gesetzgebungen**

#### **Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)**

Grundlegendes Ziel des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) ist die Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen. In §7 des BBodSchG ist die Verpflichtung verankert, gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden Vorsorge zu treffen. Das BBodSchG legt im § 4 die Pflicht zur Gefahrenabwehr und zur Beseitigung fest. Für den Aspekt der Bodenerosion findet § 7 BBodSchG Anwendung, der Grundstückseigentümer bzw. Flächennutzer zur Vorsorge verpflichtet. Diese Verpflichtung ist erfüllt, wenn die Durchführung einer guten fachlichen Praxis (§17 Abs. 1 und Abs. 2 BBodSchG) und die Anforderungen zur Gefahrenabwehr nach §17 Abs. 3 BBodSchG gewährleistet sind (siehe auch Kap. 0, S. 15).

Durch das Inkrafttreten des BBodSchG ist der Schutz der Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 BBodSchG in Planungs- und Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen. Die Novellierung des BNatSchG 2002 berücksichtigt diese Tatsache, indem § 2 BNatSchG durch die Grundsätze des Schutzes von Bodenfunktionen erweitert wurde. Das Bundesbodenschutzgesetz gibt den ordnungsrechtlichen Rahmen vor. Es enthält und benennt jedoch **keine** planerischen oder vorhabenbezogenen Instrumente, die bodenschützende Ziele und Maßnahmen definieren könnten (vgl. JESSEL 2008). So kann die Vollzugsbehörde erst dann Anordnungen treffen, wenn eine schädliche Bodenveränderung (z. B. Erosionsschäden) bereits eingetreten ist (BRANDT-SASSEN 2004). Bis dahin steht nur das behördliche Instrument der Beratung zur Verfügung.

#### **Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung**

Die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) konkretisiert Formulierungen des BBodSchG. So werden bspw. im sechsten Teil der BBodSchV „Ergänzende Vorschriften für die Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser“ durch § 8 formuliert. Dieser Paragraph trifft in Absatz (1) Aussagen über das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf einer Fläche durch Bodenabtrag und in Absatz (2) Aussagen über das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf einer Fläche durch Bodeneintrag. Absatz (3) schreibt die Prüfung des Sachverhaltes vor und Absatz (4) beschreibt den Ansatz zur Schadenbeurteilung. Das weitere Vorgehen und die Abfolge der daraus resultierenden Handlungsvorschriften ist Inhalt der Absätze (5) und (6). Prüf- und Maßnahmenwerte mit Bezug zur Bodenerosion werden nicht definiert.

#### **Bundesnaturschutzgesetz**

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wurde 2009 grundlegend überarbeitet und ist in der aktuellen Fassung am 01.03.2010 in Kraft getreten. Zentrales Ziel des Gesetzes ist nach § 1 BNatSchG der dauerhafte Schutz von Natur und Landschaft „(...) auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage

*für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich (...).* Dazu werden folgende Kriterien in §1 (1) benannt:

- die biologische Vielfalt,
- die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie
- die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft

Bezüglich des Schutzgutes Boden legt §1 (3) Satz 2 BNatSchG fest, dass „ (...) zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts (...) insbesondere Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können (...). §1 (4) Satz 1 BNatSchG bestimmt, dass (...) zur dauerhaften Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und Landschaft insbesondere (...) historisch gewachsene Kulturlandschaften, auch mit ihren (...) Bodendenkmälern, vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu bewahren sind. Die 2010 aktualisierte Fassung des BNatSchG beinhaltet in § 14 die Aussagen, (...) die sich aus den, für die Landwirtschaft geltenden, Vorschriften des § 17 Abs. 2 des Bundesbodenschutzgesetzes ergeben. Insbesondere sind die nachfolgenden Grundsätze der guten fachlichen Praxis zu beachten:

1. Bei der landwirtschaftlichen Nutzung muss die Bewirtschaftung standortangepasst erfolgen und die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen gewährleistet werden.
2. Vermeidbare Beeinträchtigungen von vorhandenen Biotopen sind zu unterlassen.
3. Die zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen Landschaftselemente sind zu erhalten und nach Möglichkeit zu vermehren.
4. Die Tierhaltung hat in einem ausgewogenen Verhältnis zum Pflanzenbau zu stehen; schädliche Umweltauswirkungen sind zu vermeiden.
5. Auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungskernbereichen, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten ist ein Grünlandumbruch zu unterlassen.
6. Die natürliche Ausstattung der Nutzfläche (Boden, Wasser, Flora, Fauna) darf nicht über das zur Erzielung eines nachhaltigen Ertrags erforderliche Maß hinaus beeinträchtigt werden. (...)

Die Aufgaben und Inhalte der Landschaftsplanung werden in den §§ 8 bis 12 BNatSchG geregelt. § 9 Absatz (3) Satz 4 e) legt fest, dass die Pläne Angaben über die Erfordernisse und Maßnahmen „(...) zum Schutz, zur Qualitätsverbesserung und zur Regeneration von Böden (...)“ enthalten sollen.

Das BNatSchG stellt durch die Festlegungen zur Landschaftsplanung, Eingriffsregelung sowie zur Schutzgebietsausweisung ein wichtiges Instrument zum nachhaltigen Schutz von Böden dar. Betont wird in mehreren Publikationen die herausragende Bedeutung der Landschaftsplanung für den Bodenschutz (SOMMER ET AL. 1997, MUTIUS 1992). Das BNatSchG bildet die Basis für Aufstellungen der Landschaftsprogramme auf Bundeslandebene, der Landschaftsrahmenprogramme für Teile eines

Bundeslandes und für die Landschaftspläne auf kommunaler Ebene. JESSEN-HESSE (2002) bezeichnet das Naturschutzrecht als „Leitmaterie“ des nichtstofflichen Bodenschutzes.

### ***Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung***

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) beruht auf europarechtlichen Vorgaben. Die wichtigste deutsche Rechtsgrundlage ist das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Die UVP stellt ein Element des Vorsorgeprinzips dar, welches durch § 20a GG verfassungsrechtlich gestärkt wurde (siehe S. 22, Kap. 2.3.3). § 2 UVPG sagt aus, dass die Belange des Schutzgutes Boden zu berücksichtigen sind. Das Gesetz regelt für bauliche Vorhaben die Vorgehensweise zur Ermittlung der jeweiligen Umweltverträglichkeit. Für alle Schutzgüter einschließlich dem Schutzgut Boden erfolgt im Rahmen des, in Anlage 1 zum Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), Prüfungsverfahrens eine Bewertung des Vorhabens hinsichtlich seiner Auswirkungen. Die Belange des Erosionsschutzes werden bei Bedarf und in Abstimmung mit den beteiligten Behörden im Rahmen der Prüfung der geplanten Auswirkungen des Vorhabens auf das Schutzgut Boden betrachtet.

### ***Weitere relevante Gesetze***

Zu den weiteren direkt bodenschützenden Gesetzgebungen zählen das Bundesberggesetz (BBergG), Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), das Düngemittelgesetz mit Düngeverordnung und die Düngemittelverordnung sowie das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz mit Klärschlammverordnung.

#### ***2.3.3.2 Mittelbar bodenschützende Gesetzgebungen***

Zu den mittelbar bodenschützenden Gesetzen zählen das Bundeswaldgesetz, das Flurbereinigungsgesetz und das Wasserhaushaltsgesetz. Hier wird der Schutz des Bodens im Kontext des eigentlichen Schwerpunktes berücksichtigt.

#### ***2.3.3.3 Gesetzliche planerische Grundlagen zum Bodenschutz***

##### ***Raumordnungsgesetz***

Für den Erosionsschutz haben folgende Absätze des Raumordnungsgesetzes (ROG) §2 Absatz 2 Bedeutung:

*Nr. 3 (...) Die Freiräume sind in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Böden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt (...) zu sichern oder in ihrer Funktion wiederherzustellen. (...)*

*Nr. 8 (...) Die Naturgüter, insbesondere Wasser und Boden sind sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen; Grundwasservorkommen sind zu schützen. Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes sind auszugleichen. (...)*

Das Raumordnungsgesetz bildet damit die Basis des Boden- und damit des Erosionsschutzes in der Landes- und Regionalplanung sowie den Rahmen für die Kommunalplanung. Geht es jedoch um die

konkrete Flächennutzung greift das ROG nicht mehr, sondern es kommt die Bauleitplanung im Rahmen des Baugesetzbuchs zum Tragen.

### ***Baugesetzbuch***

Auch das Baugesetzbuch (BauGB) berücksichtigt in §1 Absatz 6 die Belange des Bodenschutzes. Da im Rahmen dieser Arbeit jedoch ausschließlich landwirtschaftliche Flächen untersucht werden, wird auf diesen Bereich der Planung nicht näher eingegangen wird, findet dieser Aspekt hier nur eine kurze Erwähnung.

#### ***2.3.3.4. Bodenschützende Programme***

##### ***Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt***

Die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (BMU 2007) formuliert Umweltqualitätsziele und – handlungsziele für einen Zeitraum von 2007 bis 2050. Sie gilt als gesamtgesellschaftliches Programm und enthält konkrete Visionen. Sie ist nicht rechtsverbindlich.

Die Strategie nennt als Qualitätsziel den Schutz der Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG. Um dies zu erreichen, werden mehrere Handlungsziele genannt. Unter anderem soll die Bodenerosion bis 2020 kontinuierlich verringert werden und Schad- und Stoffeinträge in Böden beständig reduziert werden. Als weiteres Handlungsziel soll die Gute fachlichen Praxis (GfP) nach § 17 BBodSchG und § 5 BNatSchG überprüft, konkretisiert und effizient umgesetzt werden.

#### ***2.3.4 Länderebene am Beispiel des Freistaates Sachsen***

##### ***2.3.4.1 Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (SächsABG)***

Im SächsABG werden die Anforderungen des BBodSchG für Sachsen konkretisiert. So heißt es in § 7 Absatz (1): (...) Ziel des Bodenschutzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, Boden und Altlasten zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden. (...)

Das SächsABG legt im § 7 Absatz (2) fest, dass der Freistaat Sachsen, die Landkreise und Gemeinden und sonstige juristische Personen des öffentlichen Rechts bei Planungen, Baumaßnahmen und sonstigen Vorhaben die Ziele und Grundsätze des Bodenschutzes zu berücksichtigen haben. Des Weiteren ermöglicht das SächsABG im § 9 die (...) Ausweisung von Bodenplanungsgebiete zum Schutz oder zur Sanierung des Bodens oder (...) zur Vorsorge gegen erhebliche Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes durch Rechtsverordnung für Gebiete festlegen, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind. (...)

#### **2.3.4.2 Sächsisches Naturschutzgesetz (SächsNatSchG)**

Im § 4 SächsNatSchG werden die rechtlichen Grundlagen für die Erstellung des Landschaftsprogramms, des Landschaftsrahmenplans, des Landschaftsplanes sowie des Grünordnungsplans gelegt. Im § 1c Absatz 3 SächsNatSchG werden weitere Grundsätze der „Guten fachlichen Praxis“ festgelegt.

- (...) 1. *Bei der landwirtschaftlichen Nutzung muss die Bewirtschaftung standortangepasst erfolgen und die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen gewährleistet werden.*
2. *Die zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen Landschaftsstrukturelemente sind zu erhalten und nach Möglichkeit zu vermehren.*
3. *Bei der Tierhaltung sind schädliche Umweltauswirkungen zu vermeiden.*
4. *Auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten ist ein Umbruch von Dauergrünland zu unterlassen.*
5. *Die natürliche Ausstattung der Nutzfläche wie Boden, Wasser, Flora, Fauna darf nicht über das zur Erzielung eines nachhaltigen Ertrages erforderliche Maß hinaus beeinträchtigt werden. (...)*

#### **2.3.4.3 Landesplanungsgesetz (SächsLPIG)**

Das Gesetz zur Raumordnung und Landesplanung des Freistaates Sachsen (SächsLPIG) beinhaltet die Grundlagen der Sächsischen Raumplanung und damit ebenfalls ein Instrument zur Berücksichtigung des Bodenschutzes.

#### **2.3.4.4 Sächsisches Wassergesetz (SächsWG)**

Im SächsWG (Fassung der Bekanntmachung vom 18. Oktober 2004) werden Regelungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen wassergefährdeten Stoffen in unmittelbarer Gewässernähe getroffen. Laut §50 III S.1 Nr. 2 können bis auf eine Nähe von 5 m bis zum geschützten Bereich des Gewässers Dünger und PSM angewandt werden. Als geschützte Bereiche gelten im Innenbereich (Ortschaften) 5 m und im Außenbereich (außerhalb von Ortschaften) 10 m als Gewässerrand für den geschützten Bereich.

#### **2.3.4.5 Weitere anzuwendende bodenschutzrechtlich relevante Rechtsvorschriften**

Neben den genannten Gesetzen werden in SLFUG (2008) 33 weitere Rechtsvorschriften genannt, die unmittelbar oder mittelbar den Bezug zur Thematik Bodenschutz aufweisen und im Freistaat Sachsen anzuwenden sind. So werden bspw. neben dem BBodSchG und der BBodSchV, das BauGB, die BauNVO, das BImSchG und das BNatSchG genannt.



## 2.4 Landschaftsbezogene Planungen - Umsetzungsinstrumente des Erosionsschutzes?

### 2.4.1 Einordnung der Landschaftsplanung im Planungssystem

Um Natur und Landschaft analysieren und bewerten zu können, wurden verschiedene Ansätze entwickelt. Zum einen ist die schutzgutbezogene Gliederung gebräuchlich. Diese nutzt die abiotischen Komponenten Boden, Wasser, Luft und Klima ebenso wie die biotischen Faktoren der Flora und Fauna und die Schutzgüter Erholung und Landschaftsbild. Zum anderen existieren Ansätze (u.a. MARKS ET AL. 1992, MANNSFELD 1999), die schutzgutübergreifend Landschaftspotentiale oder Landschaftsfunktionen betrachten. GRUEN & KENNEWEG (1998) definieren bspw. 13 landschaftsbezogene Funktionen mit Zielen und Grundsätzen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Von diesen 13 Landschaftsfunktionen weisen fünf Landschaftsfunktionen einen Bezug zum Bodenschutz auf (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3: Bodenschutzrelevante Landschaftsfunktionen nach GRUEHN & KENNEWEG (1998)**

| Landschaftsfunktion                    | Bodenschutzrelevanz |
|--|---------------------|
| Lebensraumfunktion für Flora und Fauna | X                   |
| Erosionswiderstandsfunktion            | X                   |
| Biotische Ertragsfunktion              | X                   |
| Grundwasserschutzfunktion              | X                   |
| Abflussregulationsfunktion             | X                   |

### 2.4.2 Planungsrecht und räumliche Planungssysteme

Im Planungsrecht wird grundsätzlich zwischen Gesamtplanungen und Fachplanungen unterschieden. Die Gesamtplanung beinhaltet die integralen Planungen der Raumordnungsplanung auf Landes- und Regionalebene und mit der Bauleitplanung die Kommunalebene. Diese Ebenen unterliegen nach § 1 Abs. 3 ROG einer geordneten Hierarchie, die im Sinne des Gegenstromprinzips einer kontinuierlichen Kommunikation unterliegen.

### 2.4.3 Raumordnung

Raumplanungen stellen Ziele und Grundsätze textlich und bildlich durch Karten dar. Übergeordnete Grundlage dieser Planungen ist das Raumordnungsgesetz (ROG) der Bundesrepublik Deutschland. Es definiert Aufgaben und die Leitvorstellung der Raumordnung, legt Raumordnungsgrundsätze fest und enthält Vorgaben für die Landes- und Regionalplanungsgesetzgebungen der Länder (SIEKER ET AL. 2007). Die Anforderungen des ROG werden in Sachsen durch das Gesetz zur Raumordnung und Lan-

desplanung (SächsLPIG) umgesetzt. Das allen folgenden Planungen übergeordnete Instrument ist in Sachsen der Landesentwicklungsplan (LEP). Er erfüllt verschiedene Funktionen, z.B. durch die Formulierung von Leitvorstellungen, Zielen und Grundsätzen (Programmierungsfunktion) oder eine Koordinationsfunktion, indem raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen der Wasserwirtschaft, der Agrarplanung und des Naturschutzes abgestimmt werden. Der LEP definiert Grundsätze wesentlicher raumbedeutsamer Entwicklungsziele auf Grundlage aller raumbezogener Fachplanung. Im LEP können nach §7 Abs. 4 ROG Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete festgelegt werden. Im sächsischen LEP wird Erosionsschutz im Zusammenhang mit den „Zielen und Grundsätzen der Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche“ erwähnt. Im Rahmen der Regionalplanung wird die Thematik Erosionsschutz bspw. in 4 Regionalplänen Sachsens als Maßnahme „Standortgerechte Landnutzung auf erosionsgefährdeten Flächen“ formuliert.

### **2.4.4 Landschaftsplanung**

Unter Landschaftsplanung versteht man nach AUHAGEN ET AL. (2002) die Fachplanung des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Es ist das zentrale Instrument zur Verwirklichung der Ziele des Bundesnaturschutzgesetzes (BfN 2007). Die Landschaftsplanung analysiert und bewertet die Faktoren des Naturhaushaltes, das Landschaftsbild und den Erholungswert sowie vorhandene und absehbare Raumnutzungen. Zu den Faktoren des Naturhaushaltes zählt neben Wasser, Luft, Lärm, Klima, Flora, Fauna und Biotopen auch der Boden. Durch die Landschaftspläne werden schutzgutübergreifende Lösungen erarbeitet, die einerseits in die Raum- und Bauleitplanung integriert, aber auch durch andere Instrumente, bspw. forstliche oder landwirtschaftliche Fachplanungen, berücksichtigt und umgesetzt werden. Die Ziele der Regionalpläne werden auf lokaler Ebene durch den Landschaftsplan konkretisiert. Die Landschaftsplanung wird durch die nachfolgend aufgelisteten Planungsinstrumente (Tabelle 4) umgesetzt. Diese unterliegen in Sachsen der, ebenfalls in dieser Tabelle dargestellten, Hierarchie.

**Tabelle 4: Planarten der Landschaftsplanung ab Bundeslandebene, hierarchische Strukturen und Eigenschaften**

| Planart                     | Landschaftsprogramm   | Landschaftsrahmenplan   | Landschaftsplan  | Grünordnungsplan   |
|-----------------------------|---|---|--|--|
| Gesetzliche Grundlage       | § 5 SächsNatSchG<br>§ 3 Abs. 1 LPIG   | § 5 SächsNatSchG,<br>§ 4 Abs. 2 LPIG  | § 6 Abs. 1<br>SächsNatSchG   | § 6 Abs. 2<br>SächsNatSchG   |
| Aufstellung                 | Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Fachbeitrag)   | Regionaler Planungsverband in Abstimmung mit den Fachbehörden   | Gemeinde   | Gemeinde   |
| Verpflichtung               | Fachbeiträge im Rahmen der Aufstellung des Landschaftsentwicklungsplans (LEP)<br>§5 SächsNatSchG,<br>§ 3 Abs. 1 LPIG  | Fachbeitrag im Rahmen der Regionalpläne, Verpflichtung der Regionalen Planungsverbände Regionalpläne aufzustellen | § 6 Abs. 1<br>SächsNatSchG   | § 6 Abs. 1<br>SächsNatSchG   |
| Genehmigung                 | LEP von Staatsregierung als Rechtsverordnung beschlossen<br>§ 7 Abs. 1 LPIG   | Per Satzungsbeschluss der Verbandsversammlung<br>§ 7 Abs. 2 LPIG  | Landesdirektionen über die Flächennutzungspläne (FNP)<br>§ 6 Abs. 1 BauGB  | Bestandteil des Bebauungsplanes per Satzungsbeschluss durch die Gemeinde<br>§10 Abs. 1 BauGB                                 |
| Verbindlichkeit             | Behördenverbindlich nach §5 Abs. 2 SächsNatSchG sind alle im LEP enthaltenen Inhalte  | Behördenverbindlich nach §5 Abs. 2 SächsNatSchG sind alle im Regionalplan enthaltenen Inhalte                     | Als Einzelplanung keine Verbindlichkeit<br>Rechtsverbindlich bei Übernahme der Inhalte in den FNP<br>§ 6 Abs. 5, § 7 BauGB | Als Einzelplanung keine Verbindlichkeit<br>Rechtsverbindlich bei Übernahme der Inhalte in den Bebauungsplan §§8,10, 12 BauGB |
| Aussagen zum Erosionsschutz | (...)Bei der Nutzung des Bodens ist die Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit des Bodens zu berücksichtigen. Nutzungsbedingte Bodenverdichtung, Bodenerosion sowie Überlastung der Regelungsfunktion des Bodens im Nährstoffhaushalt sind durch landschaftsgestalterische Maßnahmen, standortgerechte Bodennutzung, wie Veränderung der Schlaggestaltung, Anlage erosionshemmender Strukturen, schonende Bodenbearbeitung und Bestellung sowie | Maßnahme „Standortgerechte Landnutzung auf erosionsgefährdeten Flächen“   | Variieren in Abhängigkeit der jeweiligen Gemeinde  | Variieren in Abhängigkeit der jeweiligen Gemeinde  |

| Planart | Landschaftsprogramm  | Landschaftsrahmenplan | Landschaftsplan | Grünordnungsplan |
|---------|--|-----------------------|-----------------|------------------|
|         | Verringerung von Schadstoffeinträgen bei der Aufbringung von Dünger und anderen Materialien, zu vermeiden. |                       |                 |                  |

## 2.4.5 Weitere Planungsinstrumente

### 2.4.5.1 Eingriffsregelung

Ziel der Eingriffsregelung ist es, einer Verschlechterung des Gesamtzustandes von Natur und Landschaft entgegenzuwirken, welche durch Bauvorhaben aller Art verursacht werden kann (JESSEL & TOBIAS 2002). Dabei ist zunächst zu prüfen, ob die durch die geplanten Eingriffe ausgelösten Beeinträchtigungen vermeidbar sind. In diesem Fall sind die entsprechenden Eingriffe zu unterlassen oder zu verringern. Für unvermeidbare Beeinträchtigungen sollen Ausgleichsmaßnahmen gefunden werden, die funktional und räumlich in einem engen Zusammenhang mit den beeinträchtigten Bestandteilen und Funktionen des Naturhaushaltes stehen. Kann dieser enge Zusammenhang nicht gewährleistet werden, sind Ersatzmaßnahmen zu erarbeiten.

OSTERBURG ET AL. (2009) beschreiben, dass die landwirtschaftliche Nutzung alleine im Rahmen der guten fachlichen Praxis in keinem Bundesland als Eingriff gewertet wird. Im Umkehrschluss könnte jedoch ein Grünlandumbruch auf Ackerstandorten als Eingriff gewertet werden. Solange auf die gute fachliche landwirtschaftliche Praxis verwiesen wird, ohne eine weitere Konkretisierung des geplanten Eingriffes vorzunehmen, bestehen hier lt. OSTERBURG ET AL. (2009) Unklarheiten und große Ermessensspielräume. Es ist also fraglich, wie diese Regeln überhaupt vollzogen werden sollten (siehe hierzu auch PLACHTER ET AL., 2005).

### 2.4.5.2 Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Vorhabens auf Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere und Pflanzen und die biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie die jeweiligen Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern (§ 2 Abs. 1 S. 2 UVPG). Zweck der UVP ist es gemäß § 1 UVPG sicherzustellen, dass die Auswirkungen von öffentlichen und privaten Vorhaben auf die Umwelt nach einheitlichen Grundsätzen frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden und das Ergebnis der UVP so früh wie möglich bei allen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit von Vorhaben Berücksichtigung finden. Die sogenannte Strategische Umweltprüfung (SUP) stellt ein ergänzendes Instrument der UVP dar.

Die in Abbildung 3 dargestellten Instrumente dienen neben der Durchsetzung der naturschutzfachlichen Interessen u.a. auch der Umsetzung des Bodenschutzes und damit auch den Zielen des Erosionsschutzes.

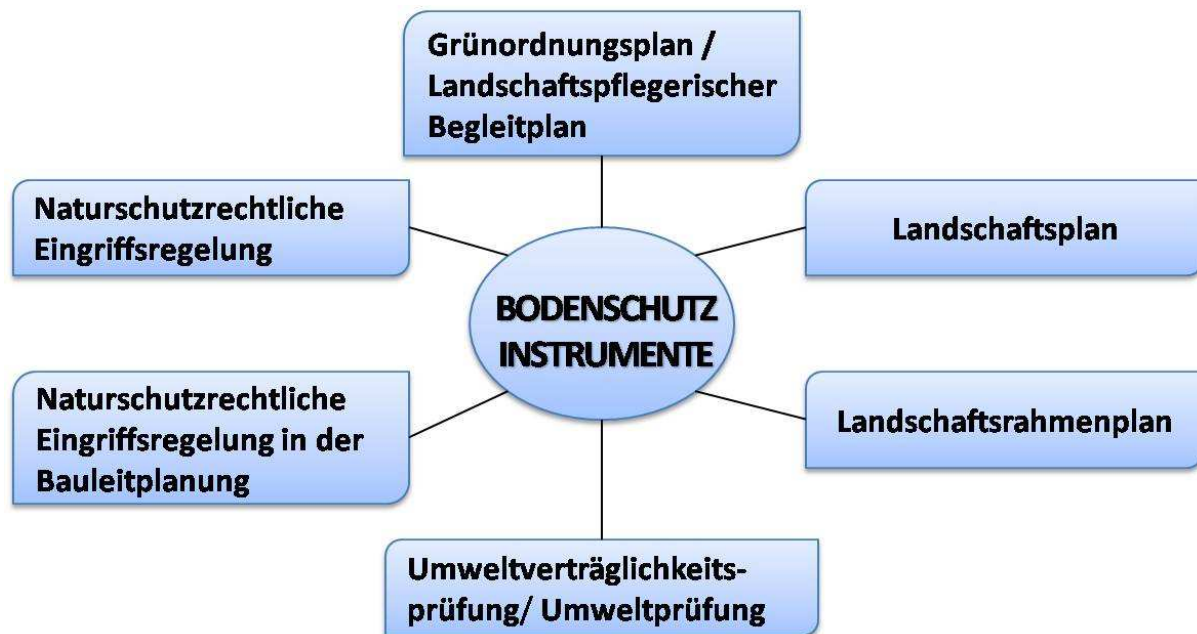


Abbildung 3: Umsetzungsinstrumente des Bodenschutzes

#### 2.4.6 Landwirtschaftliche Fachplanungen

Bis 1994 wurde die Agrarstrukturelle Vorplanung (AVP) als landwirtschaftliche Fachplanung durchgeführt, im Anschluss daran wurde dann bis 2004 die Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung (AEP) durchgeführt. Seit 2004 werden nun für ländliche Regionen integrierte ländliche Entwicklungskonzepte (ILEK) als Weiterentwicklung der AEP erstellt. Diese Planungsformen gelten als landwirtschaftliche Fachplanungen mit Querschnittscharakter und als Vorplanung gemäß § 1 Abs. 2 GAK-Gesetz. Dieses Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) regelt mit Rahmenplänen über einen Zeitraum von 4 bis 5 Jahren die Gestaltung der Landwirtschaft. Zum Erosionsschutz werden folgende Aussagen getroffen: „(...) Im Rahmen der Förderung soll verstärkt dazu beigetragen werden, [...]den Erosionsschutz zu sichern [...]“. Zuwendungsfähig sind u.a. einzelbetriebliche Managementsysteme zur „[...] Erfassung bzw. Bewertung der Risiken durch Erosion und Bodenverdichtungen“. Außerdem wird über einen Zeitraum von 10 Jahren die Stilllegung von Ackerflächen gefördert, wenn dies der „Erosionsbekämpfung“ dient und investive Maßnahmen, wie z.B. Schutzpflanzungen zum Erosionsschutz unterstützt.

## **2.5 Bisherige planerische Ansätze zur Erosionsminderung**

### **2.5.1 Kriterien zur Ackerschlaggestaltung**

Im Rahmen eines durch das SLfUG initiierten Forschungsprojektes werden in FELDWISCH ET AL. (2002) Arbeitsschritte zur Ableitung von regionalen Umwelthandlungszielen für eine umweltverträgliche Landwirtschaft, insbesondere für die Gestaltung von Ackerschlägen, beschrieben.

Aus dem Bearbeitungsablauf wurden Maßnahmenkategorien formuliert. Zu diesen Kategorien zählen u.a. Bearbeitungsmaßnahmen, wie bspw. konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat.

FELDWISCH & BALLA (2007) beschreiben drei methodische Varianten zur Bewertung von Bodenfunktionen:

- Priorisierung einzelner Bodenfunktionen,  
Maximalwertprinzip,  
Mittelwertprinzip.

### **2.5.2 Sächsischer Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren**

Der Freistaat Sachsen hat 2001 einen Leitfaden unter o.g. Bezeichnung erarbeitet. 2008 wurde dieser aktualisiert. Im Grundlagenteil werden rechtliche und fachliche Grundlagen des Bodenschutzes sowie Umsetzungsinstrumente der Bodenschutzbelange erläutert. Der zweite Abschnitt befasst sich mit der Berücksichtigung der Bodenschutzbelange in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Es wird nach Raum- und Fachplanungen sowie Genehmigungsverfahren unterschieden.

Die Belange des Erosionsschutzes können demnach bspw. im Rahmen von Landschaftsplänen, der Naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, von UVPs oder auch im Rahmen von Wege- und Gewässerplänen von Flurbereinigungsverfahren berücksichtigt werden.

### **2.5.3 Aktuelle sächsische, deutsche und europäische Förderprogramme**

Aktuelle sächsische Förderprogramme, die erosionsmindernde Schutzmaßnahmen beinhalten, sind die Richtlinie (RL) „Natürliches Erbe“ (NE/ 2007) und die RL zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands und des präventiven Hochwasserschutzes (GH/2007). Die Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) des Bundes und der Länder dient neben einer Reihe von anderen Aufgaben auch dem Hochwasserschutz und damit auch dem Erosionsschutz. Die Förderung erfolgt zu 60 % aus Bundesmitteln und zu 40 % aus Landesmitteln.

Seit 2007 gibt es zur Finanzierung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union zwei Fonds. Während der Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und für die die Programme zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes

genutzt wird, dient der Europäische Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL), den landwirtschaftlichen Direktzahlungen und den verbleibenden Marktordnungsausgaben.

Der derzeitige Stand der sächsischen Zuwendungsempfänger von EU-Fördergeldern gemäß der RL AuW/ 2007 wird in Tabelle 5 dargestellt. Der geförderte Flächenanteil an der sächsischen Gesamtackerfläche beträgt ca. 30 %, der Flächenteil der geförderten Anlage von Grünstreifen auf Ackerland macht gerade einmal 0,1% aus. Daran ist der noch erhebliche Bedarf an Abstimmung und Werbung um Akzeptanz zu erkennen. Auch die Inanspruchnahme der Fördermittel für nur 30 % der sächsischen Ackerflächen lässt den damit nur geringen Spielraum für ökologische Forderungen erkennen.

**Tabelle 5: Auszug aus der Antragstellung in Bereich S „Stoffeintragsminimierende Bewirtschaftung“ 2010 (Bewilligung 2011, Datengrundlage: SMUL, SID)**

| Maßnahmen   | Richtlinie AuW/2007, „Stoffeintragsminimierende Bewirtschaftung“ |             |
|---|--|-------------|
|   | Zuwendungsempfänger  | Fläche (ha) |
| S1 Ansaat von Zwischenfrüchten                              | 314  | 24.360      |
| S2 Ansaat von Untersaaten                                   | 10   | 275         |
| S3 dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung / Direktsaat   | 588  | 208.710     |
| a) bei der Herbstbestellung                                 | 576  | 152.915     |
| b) bei der Frühjahrsbestellung                              | 443  | 55.795      |
| S5 Anlage von Grünstreifen auf dem Ackerland                | 147  | 663         |
| S6 Boden schonende Produktionsverfahren des Ackerfutterbaus | 194  | 9.579       |
| Insgesamt   | 846  | 224.685     |

Für den Zeitraum 2012 bis 2015 gibt es fünf Förderschwerpunkte der Europäischen Union, von denen drei Schwerpunkte erosionsmindernde Maßnahmen beinhalten. Diese Maßnahmen konzentrieren sich auf die Förderungen

- extensiver Produktionsverfahren im Ackerbau oder bei Dauerkulturen,
- extensiver Grünlandnutzung,
- mehrjähriger Stilllegung.

#### **2.5.4 Standards zum Erosionsschutz unter Cross Compliance ab dem 01. Juli 2010**

Die Zahlung von Fördermitteln ist bereits heute an die Einhaltung von Umweltvereinbarungen geknüpft. Diese werden schrittweise als obligatorische Standards (Cross-Compliance-Vorschriften) eingeführt, z.B. war die Einteilung bezüglich der Erosionsgefährdung bis 2010 durch die Landesregierungen vorzunehmen.

Seit dem 01. Juli 2010 gelten EU-weit im Rahmen der Cross-Compliance-Maßnahmen Standards zum Erosionsschutz. Erosionsgefährdete Ackerflächen müssen bestimmt und ausgewiesen werden. Auf diesen dann Maßnahmen zur Erosionsminderung ergriffen werden müssen. Wenn erosionsgefährdete Flächen nicht in eine anderweitige Agrarumweltmaßnahme zur Durchsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen einbezogen sind, gelten dann folgende Auflagen:

Flächen der Wassererosionsgefährdungsklasse *CCWasser1* dürfen wie bisher im Winter nicht gepflügt werden, es sei denn die Bewirtschaftung erfolgt quer zum Hang.

Auf Flächen mit Wassererosionsgefährdungsklasse *CCWasser2* ist zusätzlich das Pflügen vom 16. Februar bis 30. November nur direkt vor einer Aussaat erlaubt; bei Hackfrüchten mit einem Reihenabstand von mindestens 45 cm ist Pflügen untersagt.



## 3 Methodik

### 3.1 Vorgehensweise

Diese Arbeit betrachtet drei Fallbeispiele, anhand derer die Berücksichtigung des Phänomens wasserbedingter Bodenerosion bei der Umsetzung landschaftsbezogener Untersuchungen und Planungen exemplarisch diskutiert werden soll. Dieser Aspekt wird, wie Bodenschutzbelange im Allgemeinen, im Rahmen landschaftsbezogener Planungen bisher oftmals vernachlässigt (FELDWISCH ET AL. 2003), ist jedoch insbesondere in agrarisch genutzten Landschaften von wesentlichen Einfluss. Die Auswirkungen der Bodenerosion verändern zum einen die Ackerflächen direkt durch Bodenab- und -auftrag, beeinflussen aber auch angrenzende Biotope und damit einhergehend Habitate von Tier- und Pflanzenarten durch Sediment- und Nährstoffeintrag und können außerdem erhebliche Schäden in Siedlungsbereichen hervorrufen.

Während die Auswirkungen der Erosion auf die Produktionsfunktion des Bodens und mögliche Erhaltungsmaßnahmen bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen waren, wurden die erosionsbedingten Auswirkungen auf biotische und abiotische Schutzgüter sowie die Umsetzung dieser Aspekte in landschaftsbezogenen Planungen bisher wenig untersucht.

*Fallbeispiel 1* bezieht sich auf die Gefährdung archäologischer Denkmalflächen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Wassererosion und setzt sich mit den Auswirkungen von Landbewirtschaftung und Landschaftsstrukturen auseinander.

*Fallbeispiel 2* untersucht am Beispiel von Flussperlmuschellebensräumen den Einfluss von Bodenerosion auf aquatische Lebensräume und betrachtet mögliche Beeinträchtigungen der Habitatfunktionen durch erosionsbedingte Sediment- und Phosphoreinträge.

*Fallbeispiel 3* prüft schließlich die Umsetzungsmöglichkeiten, den Erosionsschutz und damit einhergehende synergetische Auswirkungen auf weitere Schutzanforderungen durch die Planung landschaftsgliedernder Strukturen in einem landwirtschaftlich geprägten Gebiet zu optimieren.

Allen ausgewählten Untersuchungsgebieten sind die intensive landwirtschaftliche Nutzung und eine hohe Erosionsgefährdung gemeinsam. Aus diesem Grund wird für die drei Bearbeitungsschwerpunkte die Wassererosionsgefährdung im Kontext zur landwirtschaftlichen Nutzung als zentrales Bewertungskriterium herangezogen. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe der räumlichen Verteilung der Bodenab- oder -aufträge sowie der Kennwerte Nettoerosion/ Deposition [t/ha] und der abgetragenen Sedimentmenge [t]. Die Werte werden mit Hilfe eines physikalisch- und ereignisbasierten Erosionsmodells quantifiziert.

Die Anwendung eines solchen Modells wurde herangezogen, da

- Erosionsereignisse im Rahmen einer messtechnischen Erfassung nur sehr eingeschränkt abzubilden sind und
- variierbare Eingangsgrößen eines Simulationsmodells vergleichbare und reproduzierbare Aussagen liefern

Anhand von Landschaftsszenarien werden die drei Schwerpunkte untersucht, modellgestützt bewertet und Optimierungsmöglichkeiten entwickelt. Die Anwendung Landschaftsszenarien bieten die Möglichkeit, die Auswirkungen von Entwicklungsalternativen zu beurteilen und die Vergleichbarkeit zu gewährleisten (HAAREN & HORLITZ 2002, MÜSSNER ET AL. 2002 in RÜTER 2008). Außerdem besteht die Möglichkeit mit „Extremszenarien“ maximale Schädwirkungen abzuschätzen und damit eine potentielle Gefährdung des jeweiligen Gebietes zu ermitteln. Nach RÜTER (2008) hat sich dazu der Einsatz von Simulationsmodellen als geeignetes Instrument bewährt.

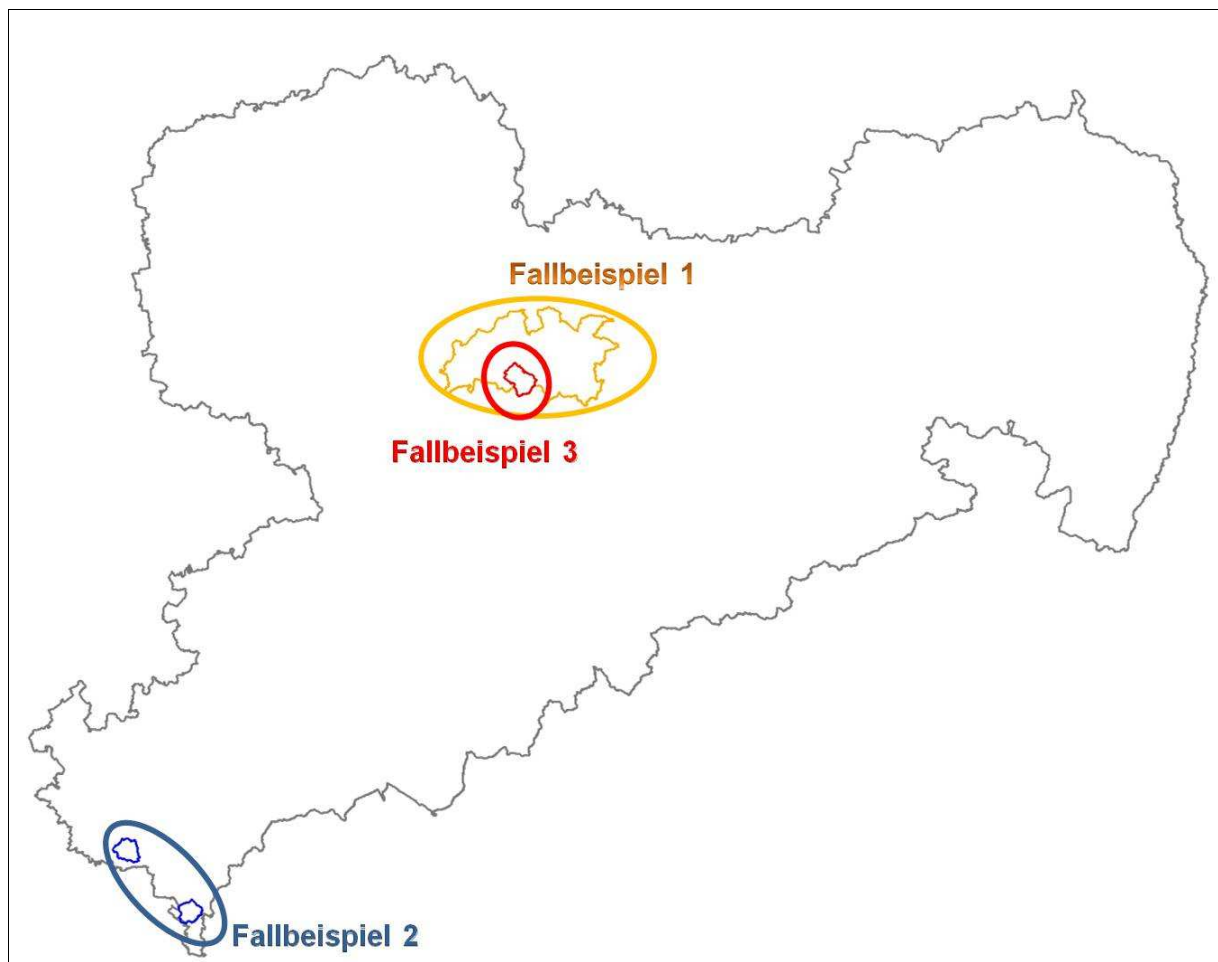


Abbildung 4: Lage der Fallbeispiele im Freistaat Sachsen (Datengrundlage: GeoSN)

### ***3.1.1 Fallbeispiel 1 – Erosionsbedingte Gefährdung archäologischer Denkmalflächen***

Die 10.000 – 15.000 Jahre alten Böden Mitteleuropas bergen wertvolle Informationen sowohl über die Natur- wie auch die Kulturgeschichte. Diese Informationen erlauben neben Schlussfolgerungen auf bodenbildende Prozesse auch Rückschlüsse auf menschliche Aktivitäten in der Vergangenheit. Hierzu zählen Zeugnisse spezieller Bewirtschaftungsformen ebenso wie in Böden konservierte archäologisch bedeutsame Siedlungs- und Kulturreste (LEHLE ET AL. 1995). Die Einordnung der archäologischen Bodendenkmäler unter den Begriff der Archivfunktion des Bodens wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Nach JESSEN-HESSE (2002) obliegen diese Flächen als Bodendenkmal dem Denkmalschutzgesetz, da die Schutzwürdigkeit nicht durch bodenkundliche sondern archäologische Kriterien bestimmt wird. Auch der BVB (2001) äußert sich kritisch zu Bodendenkmälern als kulturgeschichtliches Bodenarchiv und sieht die Verantwortlichkeit vorrangig beim Denkmalschutz. Daneben wird in BVB (2001) weiterhin angeführt, dass durch archäologische Grabungen zwangsläufig Bodenprofile zerstört werden. LEHLE ET AL. (1995), DINKELBERG (1998), SCHMIDT & HEINZE (1998) und BORG ET AL. (1998) wiederum zählen die in Böden konservierten archäologisch relevanten Siedlungs- und Kulturreste zu den Parametern der Archivfunktion.

Der Schwerpunkt dieses Fallbeispiels liegt auf der Untersuchung der Gefährdung archäologischer Kulturdenkmäler durch erosive Prozesse auf Ackerflächen. Ziel dieser Untersuchung ist es, für den Agrarraum des Mittelsächsischen Lösshügellandes Möglichkeiten zum Erhalt archäologischer Denkmalflächen auf (bzw. unter) landwirtschaftlich genutzten Flächen aufzuzeigen. Eine Ausgrabung und Erforschung der, in dieser Region bekannten, Denkmalflächen und die damit verbundene Zerstörung der anstehenden Böden ist schon aus Kapazitätsgründen äußerst unwahrscheinlich. Vielmehr stellt die intensive und zum Teil auch sehr tief in die Böden eingreifende Landbewirtschaftung eine enorme Bedrohung dieser Flächen dar. Abbildung 5 zeigt am Beispiel einer Ausgrabungsstätte in Liebersee (Lkr. Torgau-Oschatz) die unmittelbaren zerstörenden Auswirkungen einer ca. 30 cm tiefen Bodenbewirtschaftung, die Fundstücke sind bis in diese Tiefe zerstört, alle tieferliegenden Tongefäße noch gut erhalten.

Ziel dieses Fallbeispiels ist die Entwicklung einer übertragbaren Vorgehensweise zur Ermittlung der erosionsbedingten Denkmalgefährdung auf mittlerer Maßstabsebene und darauf aufbauend die Ableitung von konkreten Maßnahmen für Einzelflächen auf großmaßstäbiger Ebene.

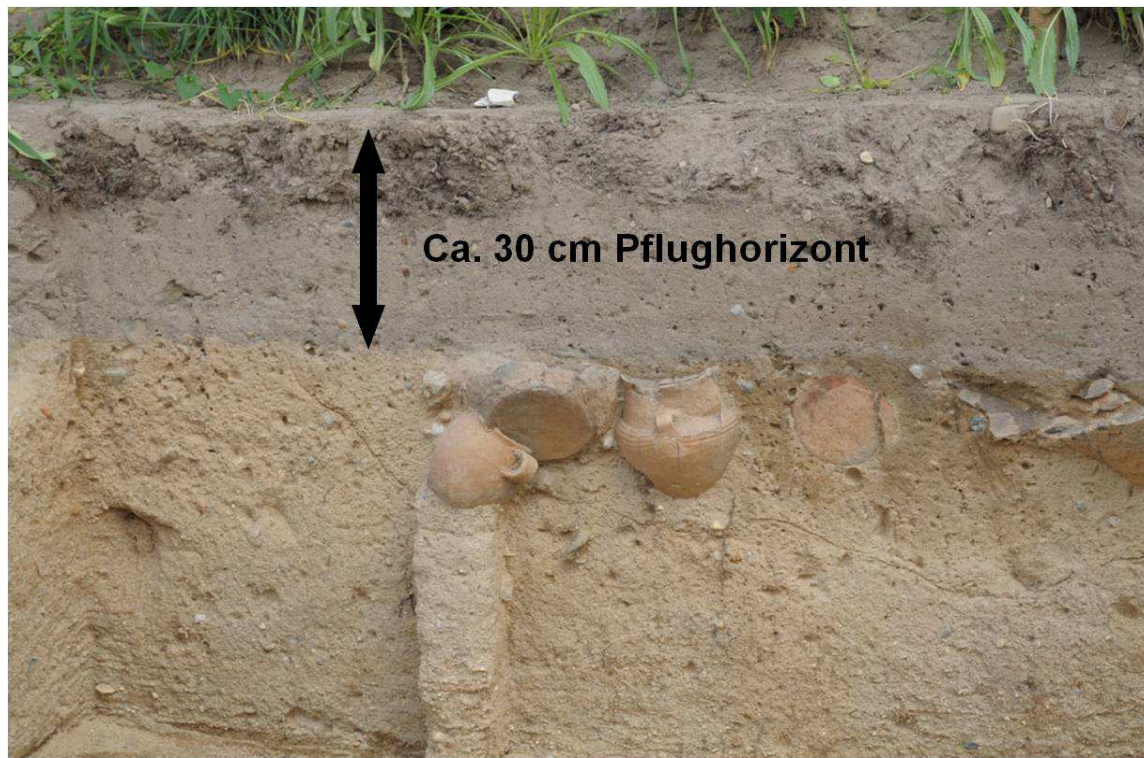


Abbildung 5: Archäologische Fundstätte Liebersee – Kappung der Funde durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung in ca. 30 cm Tiefe (Pflughorizont) (Foto: Ueberfuhr 2009)

### 3.1.2 Fallbeispiel 2 - Arten- und Gewässerschutz am Beispiel der Flussperlmuschel

Dieses Fallbeispiel widmet sich den direkten und indirekten Auswirkungen landwirtschaftlicher Nutzungen auf den Lebensraum der besonders geschützten Tierart Flussperlmuschel.

Für die stark gefährdete Spezies Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) stellen erosionsbedingte Einträge von Feinsedimenten und daran gebundenen Nährstoffen eine grundlegende Bedrohung ihres Lebensraumes dar. Vor allem die Jungtiere der Flussperlmuschel sind auf saubere, kalkarme und sauerstoffreiche Gewässer angewiesen und benötigen ein Flussbett aus kiesig bis steinigem Material (LfULG 2008). In Abbildung 6 werden links optimale Lebensbedingungen für Flussperlmuscheln in einem sauberen, klaren Fließgewässerkiesbett dargestellt. In Abbildung 6 rechts ist ein durch Sedi-  
menteintrag und Eutrophierung beeinträchtigter Lebensraum zu sehen.

Schwerpunkte dieses Fallbeispiels sind die Ermittlung der Sedimenteintragspunkte in die Fließgewässer, die Auswirkungen der Erosion auf die Habitate der Flussperlmuschel und die Darstellung möglicher Schutzmaßnahmen.



Abbildung 6: Flussperlmuscheln im Fließgewässerkiesbett –optimale Lebensbedingungen (links), durch Sedi- menteintrag und Eutrophierung beeinträchtigtter Lebensraum (rechts) (Fotos: Lange, 2010)

### 3.1.3 Fallbeispiel 3 – Optimierung landschaftsgliedernder Strukturen

Im Fokus von Fallbeispiel 3 stehen landschaftsgliedernde Maßnahmen zur Minderung der Erosion und ihrer Auswirkungen auf benachbarte Umweltkompartimente.

Das Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee liegt wie das erste Fallbeispiel im intensiv landwirtschaftlich genutzten Mittelsächsischen Lößhügelland. Die Ackerflächen des Untersuchungsgebietes nehmen etwa dreiviertel der Gesamtfläche in Anspruch. Besonders auffällig sind die enormen Acker- schlaggrößen, auf denen nur noch vereinzelt landschaftsgliedernde Strukturen, wie Hecke, Wege oder Feldgehölze zu finden sind. Wie in Abbildung 7 zu erkennen, kommt es im Zusammenhang mit Nie- derschlägen immer wieder zu massiven Erosionsschäden auf Ackerflächen (siehe), die sich dann auch in angrenzenden Siedlungen und Biotopen auswirken.



Abbildung 7: Großflächige Ackerschläge und Erosionserscheinungen (Fotos: Schob 2007)

Ziel ist es zunächst, bestehende landschaftsbezogene Planungen hinsichtlich des in ihnen verankerten Erosionsschutzes zu prüfen und zu bewerten. In einem zweiten Schritt wird dann eine Landschaftsplanungsvariante erarbeitet, die unter Annahme geeigneter Bodenbewirtschaftungsmethoden und Landschaftsstrukturen eine möglichst weitgehende Erosionsschutzwirkung entfaltet. Dabei sollen die Anforderungen des Bodenschutzes optimal gewährleistet und gleichzeitig mit den Ansprüchen der landwirtschaftlichen Nutzer so abgeglichen werden, dass ein angemessener Interessenausgleich ermöglicht wird.

## 3.2 Erosionsmodellierung

### 3.2.1 *Stand der Wissenschaft*

Derzeit steht eine Vielzahl von Erosionsmodellen zur Verfügung. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen empirischen und physikalisch basierten Modellansätzen (vgl. BERNSDORF/ FANDER 1998). Die prozessorientierten physikalischen Modelle können weiter in deterministisch-analytischen und deterministisch-numerischen Ansätze untergliedert werden.

Sehr weit verbreitet ist die Universal Soil Loss Equation (USLE) von WISHMEYER/ SMITH 1965. Ursprünglich für den mittleren Westen Amerikas entwickelt, gibt dieser Ansatz den mittleren jährlichen Bodenabtrag [t/ha\*a] an.

Die Gleichung lautet:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

*A* – mittlerer jährlicher Bodenabtrag [t/ha\*a]

*R* – mittlere Erosivität der Niederschläge [-]

*K* – Bodenerodierbarkeitsfaktor [-]

*L* – Hanglängenfaktor (Length) [-]

*S* – Hangneigungsfaktor (Steepness) [-]

*C* – Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor [-]

*P* – Erosionsschutzfaktor (Maßnahmen) [-]

Die USLE bildet die Grundlage für zahlreiche modifizierte Berechnungsansätze, u.a. die „Allgemeine Bodenabtragungsgleichung“ (ABAG) nach SCHWERTMANN et al. 1987, die Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) nach HENSEL/ BORK 1987, BORK 1988, HENSEL 1991, die Revised Universal Loss Equation (RUSLE) von Renard et al. (1991) oder das Agricultural Non-Point Source pollution model (AGNPS) nach YOUNG ET AL. 1987.

Diese empirischen Modellansätze ermöglichen nur eine Bestimmung des Bodenabtrags. Die Ablagerung des Bodenmaterials kann hingegen jedoch nicht quantifiziert werden (vgl. SCHMIDT 1998). Eine Prognose von Schäden im Off-Site-Bereich ist demnach mit den empirischen Modellierungswerkzeugen nicht möglich.

Die Entwicklung physikalisch basierter Wassererosionsmodelle begann in den 1980er Jahren mit den Modellen CREAMS (KNISEL, 1980), ANSWERS von BEASLY/ HUGGINS (1981), OPUS (Smith 1988) und WEPP von LANE/ NEARING (1989). In den 90er Jahren setzte sich die wissenschaftliche

Entwicklung durch weitere Modelle, wie u.a. EUROSEM (CHISCI & MORGAN, 1988), KINEROS (Woolhiser et al. 1990) und EROSION 2D/ 3D nach SCHMIDT (1991) fort. Weiterführende Übersichten über die genannten und weitere Modelle findet man u.a. in DEINLEIN (1997), SCHMIDT (1998), MICHAEL (2000), SCHOB ET AL. (2006) und SEIDEL (2008). Allen physikalisch basierten Modellen gemeinsam ist die Beschreibung der physikalischen Prozesse Loslösung, Transport und Deposition für Bodenpartikel. Während empirische Modelle den durchschnittlichen jährlichen Bodenabtrag angeben, beschreiben die physikalischen Modelle stets individuelle Einzelniederschlagsereignisse. Weitere charakterisierende Eigenschaften sind *räumliche* und *zeitliche* Auflösungsparameter der Modelle.

Das *räumliche* Auflösungsvermögen von Modellen wird von MOORE ET AL. (1991) in ungegliederte und gegliederte Varianten unterschieden. Die ungegliederten Modelle, z. B. USLE und RUSLE, nutzen für die Untersuchungsflächen charakteristische Mittelwerte der räumlich variablen Parameter. Gegliederte Modelle lassen sich weiter in rasterbasierte, TIN-basierte sowie Hydrotop-basierte Modelle unterscheiden (siehe SEIDEL, 2008).

Rasterbasierten Modelle, wie bspw. AGNPS, ANSWERS, LISEM, MIKE SHE und EROSION 3D liegen quadratische Flächen in gleicher Größe zu Grunde. Da die zur Modellierung benötigten Digitalen Geländemodelle (DGM) weltweit meist in Form von Rastern verbreitet sind, ist die rasterbasierte Modellstruktur aufgrund der einfachen Kompatibilität von großem Vorteil. Außerdem bietet die Verwendung des Raster-Formates die Möglichkeit softwareunabhängig zu arbeiten und laut MOORE ET AL. (1991) Satellitendaten zur Bestimmung der Eingangsparameter (insbesondere Vegetationsdaten) zu nutzen.

TIN-basierte Modelle (bspw. dUSLE) gliedern die Untersuchungsflächen auf Basis eines unregelmäßigen Dreiecknetzes, Hydrotop-basierte Modelle aggregieren Bereiche, die aufgrund ihrer Gebietseigenschaften, wie bspw. Topographie, Böden, Geologie, Niederschlag und Landnutzung homogene Abflussprozesse aufweisen.

Die *zeitliche* Diskretisierung unterscheidet zwischen Modellen, die langfristige Niederschlagsmittelwerte nutzen und Modellen, die ereignisbezogen Einzelniederschläge verwenden (siehe SEIDEL, 2008). Erosion ist vor allem ein Phänomen, das durch einzelne Starkniederschlagsereignisse ausgelöst wird. Aus diesem Grund werden ereignisbezogene Modelle wie LISEM, EROSION 3D, KINEROS oder EUROSEM häufiger verwendet.

#### **3.2.2 Auswahlkriterien der Modellanwendung**

Aus den Fragestellungen dieser Arbeit lassen sich folgende Modellanforderungen ableiten:

Das Modell muss auf meso- und makroskaliger Ebene einsetzbar sein, da die zu untersuchenden Flächen zum Teil größer als 360 km<sup>2</sup> aber auch kleiner als 1 km<sup>2</sup> sind. Das Modell sollte rasterbasiert arbeiten, um sowohl die, für die kleinen Untersuchungsgebiet (50 – 200 ha) angestrebte hohe räumliche Auflösung als auch das Datenmanagement der umfangreichen Datenbasis der mesoskaligen Unter-



suchungen zu gewährleisten. Das Modell muss zwingend GIS-integriert sein, da die technische Umsetzung von verschiedenen Landnutzungsszenarien zur Prüfung planerischer Maßnahmen in den meisten Fällen über GIS-Programme stattfindet.

Weiterhin sollte mit Hilfe des Modells neben der Darstellung und Quantifizierung der Erosionsbereiche auch die räumliche Verteilung der Depositionsflächen möglich sein. Wie auch in der Arbeit von SEIDEL (2008) werden hydrologisch unbeobachtete Gebiete betrachtet, so dass für die Modellierungsergebnisse keine Kalibrierungsdaten zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund kommen empirische Modelle für diese Arbeit nicht in Frage. Physikalisch begründete Modelle bieten durch die zugrunde liegenden physikalisch definierten Modellparameter Vorteile durch die bessere Übertragbarkeit, eine höhere räumliche und zeitliche Auflösung sowie präzisere Prognoseergebnisse (SCHMIDT, 1998). Demnach kommen für die Fragestellungen dieser Arbeit ausschließlich physikalisch basierte, ereignisbezogene Einzugsgebietsmodelle mit hoher räumlicher Auflösung (Raster) in Frage. Somit stehen für die Bearbeitung der Fragestellung LISEM, MIKE SHE und EROSION 3D zur Auswahl.

Wie bereits in SEIDEL (2008) beschrieben, zeigt der Vergleich der Modelle EROSION 3D und LISEM durch JETTEN ET AL. (1999), dass die von EROSION 3D berechneten Abflüsse deutlich besser mit gemessenen Werten übereinstimmen ( $R^2 > 0.97$ ) als die von LISEM berechneten Werte ( $R^2 < 0.69$ ). Des Weiteren benötigt LISEM eine Vielzahl an Eingangsdatensätzen, die aufwendig zu erstellen sind, außerdem existieren nach FELDWISCH (1999) keine flächenhaft vorliegenden Eingangsdaten, so dass die Parametrisierung mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Ist eine Modellierung verschiedener Bodenbewirtschaftungsszenarien geplant, müssen entsprechende Parameter vor Ort als Felddaten ermittelt werden. Auch bei der Anwendung des MIKE SHE-Modells sind laut YAN & Zhan. (2001) in vielen Fällen die Eingangsdaten nicht vorhanden, so dass nach FELDWISCH (1999) mit einer aufwendigen Parametrisierung zu rechnen ist. Hier sind Datenerhebungen vor Ort Voraussetzung, um die Teilprozesse Makroporeninfiltration und Bodenerosion darstellen zu können. Im Gegensatz dazu steht für das Modell EROSION 3D in Sachsen ein umfangreicher Eingangsdatensatz in Form eines Parameterkatalogs zur Verfügung. Die Daten des Parameterkataloges wurden in den 2005 entwickelten Datenbankprozessor (DProc) integriert.

Damit steht ein PC-gestütztes, interaktives Software-Werkzeug zur Verfügung, das über Datenbankabfragen aus den verfügbaren Geo-Basisdaten (digitale Relief-, Boden- und Landnutzungsdaten) flächendeckende Eingabewerte für die spezifischen Boden- und Landnutzungsparameter des Prognosemodells EROSION 3D generiert (LFL/ GEOGNOSTICS 2005).

Damit stellt sich das Programm EROSION 3D aufgrund der vorliegenden, umfassend validierten Parameter des Erosionsmessprogrammes Sachsen, der zahlreichen Studien und Forschungsergebnisse (z. B. SEIDEL 2009, SCHINDEWOLF et al. 2009, SCHILDE 2008, SCHOB et al. 2006, HEBEL 2003, SCHMIDT et al. 2000, JETTEN et al. 1999, SCHMIDT et al. 1999, KLIK et al. 1998) sowie der Anwendungsfähigkeit sowohl im meso- als auch im makroskaligen Bereich als ein geeignetes Instrument dar.

### **3.2.3 EROSION 3D**

#### **3.2.3.1 Modellbeschreibung und -aufbau**

Das Erosionsprognosemodell EROSION 3D besteht aus den beiden Hauptkomponenten Preprocessing und Processing. Das Preprocessing beinhaltet eine digitale Reliefanalyse. Aus dem zugrundeliegenden Digitalen Geländemodell (DGM) werden im Zuge des Preprocessing laut VON WERNER (2004)

- geomorphologische Kenngrößen wie Neigung und Exposition abgeleitet,
- abflusslose Hohlformen identifiziert und aufgefüllt,
- die flächenhafte Abflussverteilung berechnet,
- Einzugsgebietsflächen und Fließwege ermittelt,
- die Lage der Wasserscheide und der Einzugsgebietsauslass festgelegt.

Der Processing-Teil ist in zwei Teilmodule, das Infiltrationsmodell und das Erosionsmodell gegliedert. Die hydrologische Komponente des Modells zur Berechnung des Oberflächenabflusses geht auf den Ansatz von GREEN & AMPT (1911) zurück. Dieser Ansatz beruht auf den vereinfachten Annahmen, dass die Befeuchtungsfront kolbenförmig in den Untergrund vordringt und der Porenraum vollständig mit Wasser gesättigt ist. Deswegen ist dieser Teil des Modells starr und kann Veränderungen der Bodenstruktur nicht abbilden (VON WERNER 1995). Die Prozesse Loslösung, Transport und Ablagerung werden hingegen durch den Impulsstromansatz beschrieben. Die Beschreibung dieser Prozesse sowie die relevanten Gleichungen sind mehrfach veröffentlicht worden und können aus der Literatur entnommen werden (vgl. SCHMIDT 1991, SCHMIDT 1996, VON WERNER 2004, SEIDEL 2008). Das anfangs zweidimensionale, auf Hangprofile anwendbare Simulationsmodell EROSION 2D von SCHMIDT (1991) wurde durch VON WERNER (1995) in die dreidimensionale Einzugsgebietsversion EROSION 3D weiterentwickelt. In den letzten Jahren wurde EROSION 3D kontinuierlich weiterentwickelt und verfügt mittlerweile über einen Mehr-Schichten-Infiltrationsansatz, ein Schneemodul, berücksichtigt den Einfluss des Windes und den Skelettgehalt des Oberbodens und kann langfristige Modellierungssequenzen berechnen.

#### **3.2.3.2 Anwendungsbereiche**

Das Modell EROSION 3D zeichnet sich dadurch aus, dass mit Hilfe weniger, leicht bestimmbarer Eingabeparameter Erosionsprognosen sowohl für große Einzugsgebiete als auch für großmaßstäbige hochaufgelöste Flächen erstellt werden können. Es ermöglicht die Identifikation von erosions- oder depositionsgefährdeten Standorten sowie deren räumliche Ausdehnung, kann Auswirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bodenbearbeitungsmethoden und Nutzungsänderungen prüfen und prognostizieren und ist in der Lage, Eintragspfade von Sedimenten sowie partikelgebundenen Schadstoffen in Oberflächengewässer abzubilden und zu quantifizieren (SEIDEL 2008, VON WERNER 2004). Auf dieser Basis ermöglicht das Modell die Prüfung unterschiedlicher Landnutzungsszenarien.

Diese können neben der derzeitigen Hauptnutzung oder der Rekonstruktion von Schadereignissen auch landnutzungsspezifische Änderungen, wie bspw. die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland oder landschaftstrukturierende Maßnahmen, wie Heckenpflanzungen beinhalten. Es besteht weiterhin die Möglichkeit das zugrunde liegende digitale Geländemodell zu modifizieren und dadurch die Wirksamkeit von z. B. Gräben, Terrassierungen oder Böschungsabflachungen darzustellen. Daraus ergeben sich vielfältige Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen administrativer Aufgaben, beispielsweise der Einsatz des Modells für

- die Grundlagenermittlung und die Erarbeitung von Beratungsempfehlungen im Rahmen der landwirtschaftlichen Fachberatung zur Umsetzung von §17 BBodSchG – Grundsätze der guten fachlichen Praxis,
- die Planung von landwirtschaftlichen Ackerflächenverteilungen, Flurneuordnungs-, und Hochwasserschutzmaßnahmen (LwAnpG, FlurbG, WHG, EU-WRRL)
- der gewässerökologischen Sanierungs- und Renaturierungsplanung (EU-WRRL)
- Ermittlung und Anordnung von bodenschutzrechtlichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (BBodSchG)
- Auswahl vorrangiger Vermeidungs- und Erhaltungsmaßnahmen für naturschutzrelevante Schutzgebiete, wie Flora-Fauna-Habitat (FFH) -Gebiete, Naturschutzgebiete (NSG), etc. (EU-FFH-RL, BNatSchG)

#### **3.2.3.3 Eingabe- und Ausgabeparameter**

In die Modellierung gehen Angaben zum Relief, zu Niederschlagsdauer und –intensität und zu bodenarten- und landnutzungsabhängige Parametern ein. Die Höhe der Datenauflösung richtet sich nach der zugrundeliegenden Rasterweite des DGM. Alle weiteren Eingangsdaten müssen dann in der Rasterweite des zugrunde liegenden DGMS aufbereitet werden. Da EROSION 3D über eine GIS-Schnittstelle (Ausgabe der Dateien im ASCII-Format) verfügt, erfolgt diese Bearbeitung mit GIS-Programmen wie bspw. ArcView, ArcINFO, GRASS o. ä..

Tabelle 6 stellt alle notwendigen Eingangsparameter sowie die Abhängigkeiten der Bodenparameter von Bodenart, Landnutzung und Feldfrucht, Bewirtschaftung und Zeitpunkt zur Erstellung des Boden- und Landnutzungsdatensatzes dar. Eine ausführliche Beschreibung der Bodenparameter findet man in SEIDEL (2008), VON WERNER (2004) und MICHAEL ET AL. (1996). Die Erstellung des Reliefdatensatzes ist in VON WERNER & SCHMIDT (1996) beschrieben.

Tabelle 6: Eingangsparameter EROSION 3D (VON WERNER 2004, verändert)

| PARAMETER                               | EINHEIT               |                     |                            |                 |           |
|---|-----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|-----------|
| Relief                                  |                       |                     |                            |                 |           |
| x, y, z                                 | M                     |                     |                            |                 |           |
| Niederschlag                            |                       |                     |                            |                 |           |
| Niederschlagsdauer                      | [min]                 |                     |                            |                 |           |
| Niederschlagsintensität                 | [mm/min]              |                     |                            |                 |           |
| Anzahl der Niederschlagsstationen       | [-]                   |                     |                            |                 |           |
| Bodenparameter                          |                       | In Abhängigkeit von |                            |                 |           |
|   |                       | Bodenart            | Landnutzung/<br>Feldfrucht | Bewirtschaftung | Zeitpunkt |
| Korngrößenverteilung des Ausgangsbodens | [%]                   | X                   |                            |                 |           |
| Anfangswassergehalt                     | [Vol.-%]              | X                   |                            | X               |           |
| Gehalt an org. C                        | [%]                   | X                   |                            |                 |           |
| Lagerungsdichte                         | [kg/m <sup>3</sup> ]  | X                   | X                          | X               | X         |
| Erosionswiderstände                     | [N/m <sup>2</sup> ]   | X                   | X                          | X               | X         |
| Rauigkeit                               | [s/m <sup>1/3</sup> ] |                     | X                          | X               | X         |
| Bedeckungsgrad                          | [%]                   |                     | X                          | X               | X         |
| Skinfaktor                              | [-]                   | X                   | X                          | X               | X         |

Wurden die in Tabelle 6 aufgeführten Parameter früher manuell durch Parametrisierungstabellen zugewiesen und unterlagen der Subjektivität des jeweiligen Bearbeiters, besteht mittlerweile durch den 2005 von der Firma GEOGNOSTICS entwickelten EROSION 3D-Datenbankprozessor (DProc) die Möglichkeit, die Bodenparameter systematisiert und automatisiert zuzuweisen. Dadurch wird die Nachvollziehbarkeit der Parametrisierung für Nachnutzer erhöht und der Bearbeitungsaufwand verringert. Tabelle 7 beinhaltet eine Aufstellung der EROSION 3D-Ausgabeparameter, gegliedert nach rasterelementbezogenen, gerinnebezogenen und einzugsgebietsbezogenen Angaben.

**Tabelle 7: Ergebnisparameter EROSION 3D (VON WERNER 2004)**

| Ergebnisparameter   | Einheit   |
|---|---|
| Einzelzellenbezogene Parameter (beliebige Flächeneinheit)<br>Erosion, Deposition (Sedimentbilanz)<br>Abflussvolumen   | [kg/m <sup>2</sup> ]<br>[m <sup>3</sup> ]   |
| Gerinnebezogene Parameter (beliebige Zelle im Vorfluternetz)<br>Spezifisches Abflussvolumen aus dem Einzugsgebiet des Vorfluternetzes<br>Spezifischer Sedimentzufluss in das Vorfluternetz<br>Nettoerosion im Einzugsgebiet des Vorfluternetzes<br>Ton- bzw. Schluffanteil des eingetragenen Sediments  | [m <sup>3</sup> /m]<br>[kg/m]<br>[t/ha]<br>[Gew.-%]   |
| Einzugsgebietsbezogene Parameter (beliebige Zelle im EZG)<br>Zufluss aus dem jeweiligen Einzugsgebiet<br>Sedimentzufluss aus dem jeweiligen Einzugsgebiet<br>Sedimentkonzentration<br>Ton- bzw. Schluffanteil des transportierten Sediments<br>Gesamtaustrag aus dem Zelleinzugsgebiet, differenziert nach 9 Kornfraktionen<br>Gesamtaustrag aus dem Zelleinzugsgebiet, Summe aller Kornfraktionen<br>Relative Gesamterosion innerhalb des jeweiligen Zelleinzugsgebietes<br>Relative Gesamtdeposition innerhalb des jeweiligen Zelleinzugsgebietes<br>Relative Nettoerosion innerhalb des jeweiligen Zelleinzugsgebietes | [m <sup>3</sup> /m]<br>[kg/m]<br>[kg/m <sup>3</sup> ]<br>[Gew.-%]<br>[kg/m]<br>[kg/m]<br>[t/ha]<br>[t/ha]<br>[t/ha] |

### 3.3 Daten- und Informationsgrundlagen

Die vorgesehenen Modellierungsarbeiten mit Hilfe des Modells EROSION 3D erfordern die in Kapitel 0, Tabelle 6 beschriebenen Eingangsparameter. Diese müssen in Form eines Rasters vorliegen und jedes Rasterelement eindeutig beschreiben.

Dazu ist der Aufbau einer Geodatenbasis mit Hilfe von Geoinformationssoftware für alle Fallbeispiele erforderlich. Benötigt werden digitale Landnutzungsdaten, Daten zu Bodenarten sowie digitale Höhenmodelle. Nach der Datenerfassung werden die, dann im Vektorformat vorliegenden kombinierten Landnutzungs- und Bodenartendaten entsprechend dem Rasterformat des verwendeten digitalen Höhenmodells in einen Rasterdatensatz konvertiert.

#### 3.3.1 *Landnutzungsparameter*

Die Landnutzungsdaten schließen sowohl die räumliche als auch die inhaltliche Erfassung von Informationen über Ackerflächen und deren Bewirtschaftung, über Biotope der Untersuchungsgebiete sowie weitere Landnutzungen wie bebaute Flächen, Straßen und Wege ein. Für die räumliche Erfassung wurden in dieser Arbeit die Vektordaten folgender Landnutzungsdatensätze genutzt:

- Daten der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) Sachsen (Stand 1992/93, aktualisiert 2008)
- Digitale Landschaftsmodelle des Amtlichen Topographisch-Karthographischen Informationssystems (ATKIS-DLM)
- Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) zur Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Parzellen (siehe auch Tabelle 8).

Außerdem wurde mit Hilfe von Orthofotos die Datenqualität geprüft, teilweise korrigiert und durch Kleinstrukturen ergänzt. Um die gewünschte Datenqualität zu erreichen, wurden zusätzlich kleinräumige Strukturen wie Ackerränder und Feldgehölze mittels ArcView (Versionen 3.2, 8 und 9) digital erfasst und dem Datenbestand hinzugefügt. Die inhaltlichen Landnutzungsinformationen standen in Form eindeutiger Objektschlüssel der BTLNK, des ATKIS-DLM und teilweise durch die InVeKoS-Daten zu angebauten Feldfrüchten zur Verfügung. Weiterhin wurden eigene Kartierungen zur Erfassung von Landschaftsstrukturen, Feldfrüchten und zur Art der Landbewirtschaftung durchgeführt und der Datenbestand dadurch ergänzt und vervollständigt. Tabelle 8 stellt die, in dieser Arbeit verwendeten Landnutzungsdaten sowie weitere zusätzlich vorgenommenen Bearbeitungsschritte gegliedert nach Fallbeispielen dar.

**Tabelle 8: Landnutzungsdatengrundlagen der Fallbeispiele**

| Fallbeispiel | Datengrundlage  | Weitere Bearbeitung, Ergänzungen   |
|--------------|---|--|
| 1            | BTLNK (Stand: 2008),<br>INVEKOS-Daten (Stand<br>2008) | <i>Gesamtgebiet Übersichtsmodellierung:</i> Zusammenführung der<br>betreffenden BTLNK-Blätter einschl. Landnutzungsgruppierung und -<br>generalisierung<br><i>Hotspotflächen:</i> Präzisierung der Landnutzungsgrenzen mit Hilfe<br>von Orthofotos |
| 2            | ATKIS-DLM, INVEKOS-<br>Daten (Stand 2005)             | Digitalisierung von Straßen, Wegen sowie Ackerschlaggrenzen  |
| 3            | BTLNK (1992/ 93)                                      | Datenkorrektur und –ergänzung durch Digitalisierung von Klein-<br>strukturen (Ackerränder, Wege, Hecken)   |

### 3.3.2 Bodendaten

#### 3.3.2.1 Räumliche Bodenarteninformationen

Die Angaben zur räumlichen Verteilung der Bodenarten basieren je nach Verfügbarkeit auf den Konzeptbodenkarten (BKkonz) im Maßstab 1 :25.000, den Bodenkarten BK 50 Sachsens (1: 50.000) und/ oder den Daten der Reichsbodenschätzung (RBS) aus dem Zeitraum 1934 – 1953 (BRÄUNIG 2004) im Maßstab 1: 10.000 (Tabelle 9). Ergänzt wurden die Fallbeispiele 1 und 2 durch bodenkundliche Erfassungen im Feld. Diese wurden in Ergänzung zu den genannten Bodenkarten digitalisiert und regionalisiert.

**Tabelle 9: Datengrundlage Bodenartenverteilung der Fallbeispiele**

| Fallbeispiel | Datengrundlage  | Weitere Bearbeitung   |
|--------------|---|---|
| 1            | Gesamtgebiet: BKkonz<br>Hotspotflächen: RBS                   | /<br>Ergänzung/ Präzisierung der Bodenarten durch Feinbodenan-<br>sprache im Gelände durch R. Voigt (2009/2010) → Regionalisie-<br>rung und Kombination dieser Ergebnisse mit der RBS |
| 2            | BKkonz (Daten nur im<br>Bereich der Waldflächen<br>vorhanden) | Bodenproben mit Korngrößenbestimmung für Ackerflächen<br>(eigene Erhebungen 2006)   |
| 3            | RBS   | /   |

#### 3.3.2.2 Bodenparameter

Die Zuweisung der Bodenparameter basiert hauptsächlich auf den Daten des Parameterkataloges (MICHAEL ET AL. 1996). Wurden für die Fallbeispiele 2 und 3 die Daten noch manuell in einem Bodenparameterdatensatz zusammengestellt, konnte für Fallbeispiel 1 der EROSION 3D-Datenbankprozessor (DProc) genutzt werden.

**Tabelle 10: Bodenparameter der Fallbeispiele**

| Fallbeispiel | Datengrundlage   | Weitere Bearbeitung  |
|--------------|--|--|
| 1            | Gesamtgebiet/ Hotspot-<br>flächen:<br>Datenbankprozessor | /  |
| 2            | Parameterkatalog (MI-<br>CHAEL ET AL. 1996)              | Experimentelle Bestimmung von Korngrößenverteilung und organi-<br>schem Kohlenstoffgehalt der Ackerflächen (eigene Erhebungen<br>2006) |
| 3            | Parameterkatalog (MI-<br>CHAEL ET AL. 1996)              | Experimentelle Bestimmung von Korngrößenverteilung und organi-<br>schem Kohlenstoffgehalt der Ackerflächen (eigene Erhebungen<br>2004) |

Wie in Tabelle 10 zu erkennen, wurden die Bodenparameter durch experimentelle Untersuchungen für die Fallbeispiele 2 und 3 ergänzt (siehe auch Kapitel 3.4.2).

### **3.3.3 Ableitung des Landnutzungs- und Bodendatensatzes**

Um einen vollständigen Parameter-Datensatz zu erzeugen müssen in einem ersten Schritt die Daten der Landnutzung und der Bodenartenverteilung verschnitten und vom Vektorformat in das Rasterformat konvertiert werden. Anschließend erfolgt die Verknüpfung der erzeugten Rasterdaten mit der Bodenparametermatrix.

In Abhängigkeit von Landnutzung und Bodenart werden die spezifischen Bodeneigenschaften Korngrößenverteilung, Anfangswassergehalt, Gehalt an organischem Kohlenstoff, Lagerungsdichte, Erosionswiderstand, Rauigkeit, Bedeckungsgrad und Skinfaktor zu einer Matrix zusammengefasst und der jeweiligen Rasterzelle zugeordnet. Die Parameterermittlung erfolgte zum Teil experimentell für Korngrößenverteilung, Kohlenstoffgehalt und Lagerungsdichte, alle weiteren Eingangsgrößen stammen aus Daten des Erosionsmessprogramms Sachsens. Diese sind Grundlage des Parameterkataloges Sachsens (MICHAEL ET AL. 1996) im Handbuch EROSION 2D/ 3D (Hrsg. LfL & LfUG 1997).

### **3.3.4 Geländehöhen/ Geländemodell**

Mit den Geländehöhen bzw. dem Digitalen Geländemodell (DGM) wird die Geomorphographie der untersuchten Gebiete beschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit wurden ausschließlich DGM-Daten des Landesvermessungsamtes genutzt (siehe Tabelle 11). Allerdings wurden diese nur für das Fallbeispiel 3 in der ursprünglichen Form verwendet. Die Version des Landesvermessungsamtes weist nach KÖTHER et al. (2005) verschiedene systematische Fehler auf. Dazu gehören beispielweise nicht bereinigte anthropogene Reliefformen, Höhenversätze an den Rändern unterschiedlicher Bearbeitungsgebiete und Kachelstrukturen an Orthobildrändern sowie Rillen und Grate. Aus diesem Grund wurden für die Fallbeispiele 1 und 2 die überarbeiteten, korrigierten Daten des DGM 20 von KÖTHER et al. (2005) genutzt.



Die für Fallbeispiel 1 getesteten Daten von Laserscan-Befliegungen in einer wesentlich höheren Auflösung von 2x2m erwiesen sich nicht als geeignet für die vorgesehene Verwendung, da niedrige Pflanzenbestände nicht eindeutig von Bodenpunkten unterschieden werden können (vgl. dazu SCHMIDT, 2003). Dadurch entstehen bspw. zwischen zwei Ackerflächen Höhenversätze, die einen erheblichen Einfluss auf die Erosionsmodellierung haben (SCHOB 2010).

**Tabelle 11: Eingangsdaten der Geländemodelle**

| Fallbeispiel | Datengrundlage  | Weitere Bearbeitung  |
|--------------|---|--|
| 1            | <i>Gesamtgebiet:</i> DGM 20 (fehlerbereinigte Version des ATKIS-Digitalen Geländemodells 20 (ATKIS-DGM 20) (KÖTHE ET AL. 2005)<br><i>Hotspotflächen:</i> DGM 20 (KÖTHE ET AL. 2005) | Reklassifizierung des DGM 20 vom 20m-Raster auf 10m (B-Spline-Verfahren) |
| 2            | DGM 20 (KÖTHE ET AL. 2005)  | Interpolation des DGM 20 vom 20m-Raster auf 10m                          |
| 3            | ATKIS-DGM 25  | Interpolation des DGM 20 vom 20m-Raster auf 10m                          |

### 3.3.5 Niederschlagsdaten

Wegen der Nutzung eines physikalisch basierten Modells sind hochaufgelöste ereignisbezogene Niederschlagsdaten von entscheidender Bedeutung für die Modellanwendung. Alle Modellierungsszenarien sind ereignisbezogen und werden durch einen spezifischen Niederschlag definiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurde von der Verwendung tatsächlicher Niederschlagsdaten abgesehen. Genutzt werden die, vom DWD 1994 für Sachsen regionalisierten statistischen Niederschlagsereignisse (DWD-Gutachten Reg.-Nr. 322-93). Wie in Abbildung 8 dargestellt, gliedert dieses Gutachten Sachsen in 8 Subregionen.

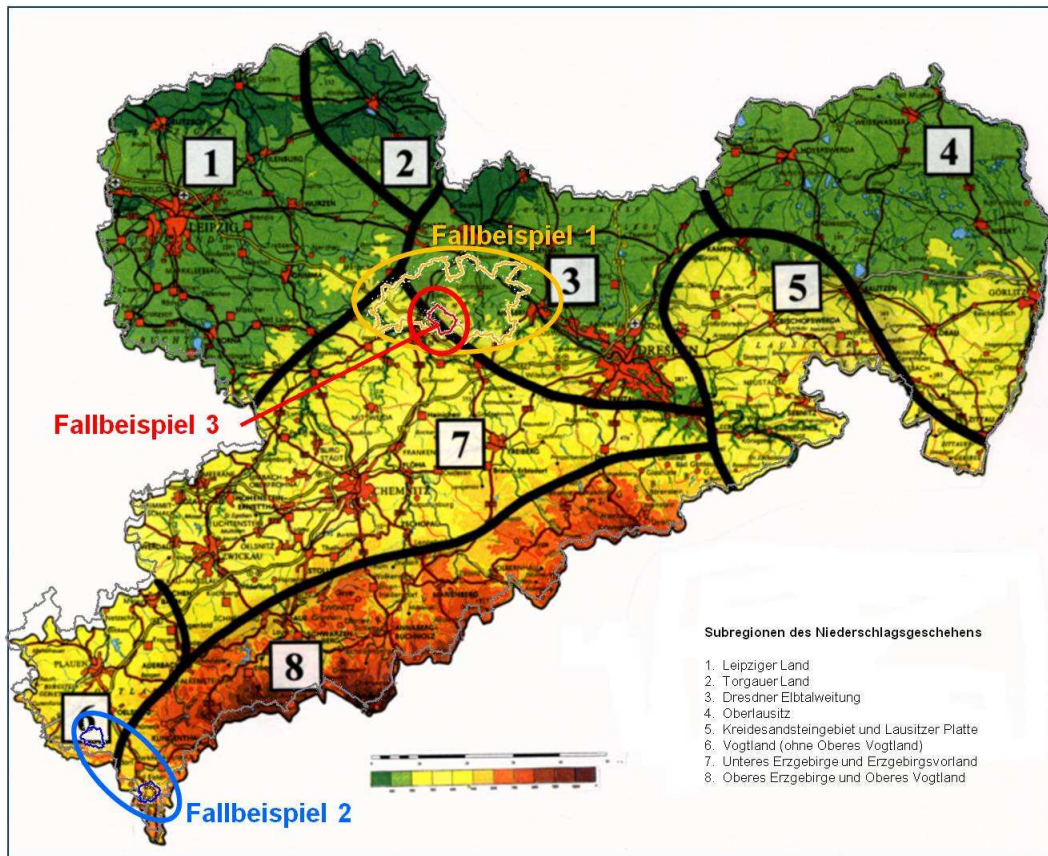


Abbildung 8: Niederschlags-subregionen Sachsen mit Lage der Fallbeispiele (MICHAEL ET AL. 1996, verändert)

Für alle Subregionen wurden Starkniederschläge eines spezifischen Referenzjahres im Sommerhalbjahr Mai – September ermittelt. Außerdem wurden Extremniederschläge mit Wiederkehrwahrscheinlichkeiten von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für jede Subregion definiert. Die Niederschlagsintensitäten [mm/min] liegen in 10 Minuten-Intervallen vor. Jedem Niederschlagsereignis ist entsprechend der Eintrittswahrscheinlichkeit ein statistisch ermitteltes Datum zugeordnet. Die Niederschlagsdaten stehen im Parameterkatalog Sachsen (PKS) digital zur Verfügung.

Tabelle 12: Niederschlagsdaten der Fallbeispiele

| Fallbeispiel | Subregion  | Niederschläge  |
|--------------|--|--|
| 1            | Subregion Dresdner Elbtalgebiet (Flächenanteil 70 %), Subregion Unteres Erzgebirge und Erzgebirgsvorland (Flächenanteil 30%)<br>→ Zuordnung: Dresdner Elbtalgebiet | <i>Übersichtsmodellierung:</i> 10jähriger Starkniederschlag im Mai<br><i>Hotspotflächen:</i> 50jähriger Starkniederschlag im Juni, Referenzjahr mit 29 Starkniederschlägen |
| 2            | <i>Triebelbach:</i> Subregion 6 – Vogtland<br><i>Rauner Bach:</i> Subregion 8 – Oberes Erzgebirge/ Oberes Vogtland.  | Starkniederschläge mit 2-, 5- und 10-jährigem Wiederkehrintervall  |
| 3            | Subregion Dresdner Elbtalgebiet (Flächenanteil 60 %), Subregion Unteres Erzgebirge und Erzgebirgsvorland (Flächenanteil 40 %), → Zuordnung: Dresdner Elbtalgebiet  | 10jähriger Starkniederschlag im Mai  |

Die Kennwerte der in den Szenarienrechnungen verwendeten Extremniederschläge sind in Tabelle 13 zusammengestellt, der jeweilige Niederschlagsverlauf befindet sich in Diagrammform im Anhang A1.

**Tabelle 13: Kennwerte der verwendeten Niederschläge (MICHAEL ET AL. 1996 verändert)**

| Fallbeispiel                     | Wiederkehrzeit [a] | Max. NS-Intensität [mm/ min] | NS-Dauer [min] | NS-Summe [mm] |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|----------------|---------------|
| 1 Gesamtgebiet<br>Hotspotflächen | 10                 | 1,65                         | 40             | 27,7          |
|                                  | 50                 | 2,17                         | 130            | 38,0          |
| 2 Triebelbach                    | 2                  | 1,13                         | 70             | 23,0          |
|                                  | 5                  | 1,37                         | 100            | 29,1          |
|                                  | 10                 | 1,55                         | 170            | 30,6          |
| Raunerbach                       | 2                  | 1,23                         | 50             | 20,3          |
|                                  | 5                  | 1,59                         | 330            | 33,4          |
|                                  | 10                 | 1,87                         | 200            | 40,7          |
| 3 Baderitzer Stausee             | 10                 | 1,65                         | 40             | 27,7          |

Der Datensatz des Referenzjahres für Fallbeispiel 1 besteht aus 29 Starkniederschläge, die zwischen 20 min und 220 min andauern und Maximalintensitäten von 0,104 mm/min bis 0,75 mm/min aufweisen (siehe Anhang A1). Vier Niederschläge finden im Mai, sieben im Juni, dreizehn im Juli, vier im August und ein Niederschlag im September statt.

### 3.4 Experimentelle Parameterbestimmung

#### 3.4.1 Feldarbeiten

Für die Untersuchungsflächen der Fallbeispiele 2 und 3 wurden an ausgewählten Standorten entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN, 1994) gestörte Bodenproben zur Bestimmung der Bodenart, des Kohlenstoffgehaltes und des pflanzenverfügbaren Phosphates sowie Stechzylinderproben zur Bestimmung der Lagerungsdichte entnommen.

#### 3.4.2 Laborarbeiten

Für die Fallbeispiele 2 und 3 wurden die Korngrößenverteilungen, die Lagerungsdichten und der organische Kohlenstoffgehalt analysiert (Tabelle 14). Zusätzlich wurde für die Untersuchungsflächen des Fallbeispiels 2 der Gehalt des pflanzenverfügbaren Phosphors ermittelt.

**Tabelle 14: Experimentelle Parameterbestimmung der Fallbeispiele**

| Fallbeispiel | Korngrößenverteilung | Lagerungsdichte | Organischer Kohlenstoffgehalt | Pflanzenverfügbares Phosphat |
|--------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1            | X <sup>1</sup>       | -               | -                             | -                            |
| 2            | X                    | X               | X                             | X                            |
| 3            | X                    | -               | X                             | -                            |

<sup>1</sup> Bodenartbestimmung per Fingerprobe im Gelände durch R. Vogt 2008/2009

Die *Lagerungsdichte* wurde durch Stechzylinderproben entsprechend DIN 19683-12 bestimmt. Die Bestimmung des *organischen Kohlenstoffgehalt* ( $C_{org}$ -Gehalt in M.-%) erfolgte mit Hilfe der Apparaturen „SC-mat 5500 Ströhlein“ und „multi EA 2000 Analytik Jena“.

Die Ermittlung der *Korngrößenverteilung* des Feinbodens wurde in Anlehnung an DIN 19683 ohne chemische Probenvorbehandlung mit der Sieb- und Schlämmanalyse durchgeführt. Alternativ zur Probenvorbehandlung mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wurden die Proben zur mechanischen Vorbehandlung in einem Ultraschallbad dispergiert. Die mechanische Behandlung der Bodenproben durch Ultraschallschwingungen hat das Ziel, die Bodenaggregate nur soweit zu zerstören, wie es auch durch den Aufprall von Regentropfen bzw. die Strömungswirkung des Oberflächenabflusses geschehen würde. Kleinstaggregate, die überwiegend aus verkitteten Tonpartikeln bestehen, bleiben somit erhalten. Im Vergleich zur chemischen Behandlung resultiert aus dieser Vorgehensweise ein höherer Schluff- und ein niedrigerer Tongehalt (MICHAEL 2000). Für das Fallbeispiel 2 wurde der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphat im Labor der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft mittels eines Calcium-Acetat-Lactat-Auszugs gemäß VDLUFA (1991) bestimmt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Fallbeispiel 1 – Schutz archäologischer Denkmalflächen

Der Zustand und der Erhalt archäologischer Denkmalflächen speziell im ländlichen Raum wurden bereits in den Altbundesländern in den 90ziger Jahren als problematisch eingestuft (vgl. BIEL 1995, BEHRENDTS 1997, ENGELHARDT 1997). Schlussfolgernd muss diese Sichtweise auch auf die besonders intensiv genutzten Agrarregionen der neuen Bundesländer übertragen werden. Verstärkend wirkten in diesen Regionen die Prozesse der „Zwangskollektivierung“ in den 1960er und der Industrialisierung der Landwirtschaft in den 1970er Jahre. Die Kollektivierung beinhaltete die Umwandlung und die Zusammenlegung von privaten Landwirtschaftsflächen in Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften (LPG). Die durchschnittliche Betriebsgröße betrug daraufhin in den 1961 bereits 304 ha (ECKART 1998) und vergrößerte sich in den 1970er Jahren durch die zunehmende Industrialisierung der Landwirtschaft nochmals erheblich. Zu Beginn der 1980er Jahre lag die durchschnittliche Betriebsgröße dann bei 500 ha (ECKART 1998). Zu diesen Agrarregionen zählt auch der Untersuchungsraum - das außerordentlich fruchtbare Mittelsächsische Lößhügelland.

Die Region gilt zugleich als eine der bedeutendsten Altsiedellandschaften Sachsens. Die ältesten Nachweise der Besiedlung dieser Region werden der Linienbandkeramik zugeordnet und stammen aus dem Frühneolithikum (5500 – 4500 v. Chr.). Weitere Funde aus dem Mittelsächsischen Lösshügelland stammen aus der Zeit der Kugelamphorenkultur ca. 3000 v. Chr., der Schnurkeramik (ca. 2800 v. Chr.) und der Glockenbecherkultur (2600 v. Chr.) (vgl. dazu STROBEL et al. 2009). Auch Funde aus der Früh- bis Spätbronzezeit, der Eisenzeit und späterer Epochen sind dokumentiert. Das Untersuchungsgebiet verfügt demnach über eine lange, mehrere Jahrtausende zurückreichende Besiedlungsgeschichte.

Die intensive Landbewirtschaftung einerseits und der archäologische Denkmalbestand andererseits bedingen zwangsläufig Konflikte. Tieferes Pflügen mit Hilfe von Dampfpflügen ab den 1890er Jahren führte zur Entdeckung neuer Funde und zur umfangreichen Erweiterung des archäologischen Archives, gleichzeitig entstanden jedoch auch verheerende Zerstörungen, insbesondere auf archäologischen Gräberfeldern (ENDE ET AL. 2010). Im Zuge der Industrialisierung der Landwirtschaft in den 1970er Jahren kam es lt. ENDE ET AL. (2010) durch drastische Flurbereinigungsmaßnahmen zu weiteren Zerstörungen archäologischer Denkmäler. Allerdings wurden die konkreten Auswirkungen der Landwirtschaft auf die archäologischen Denkmalflächen bisher kaum untersucht (ebds.). Im Rahmen eines DBU-finanzierten Verbundprojektes wurde nun unter Beteiligung der Verfasserin von 2008 bis 2010 das Thema „Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler in einer agrarischen Hohertragslandschaft – die Lommatzcher Pflege“ bearbeitet. Projektpartner waren das Sächsische Landesamt für Archäologie, der Ökohof Auterwitz, das H & G Fachbüro für Hydrogeologie, Geologie und Umweltstudien Dresden sowie die TU Bergakademie Freiberg/Fachgebiet Boden- und Gewässerschutz. Ziel

des Projektes war die Entwicklung von Schutzstrategien für archäologische Kulturdenkmäler auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen. Die Ergebnisse des Fachbeitrags Erosionsmodellierung von SCHOB (2010) bilden die Basis des folgenden Fallbeispiels.

### ***4.1.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes***

#### ***4.1.1.1 Geographische Lage***

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Nordwesten des Freistaates Sachsen. Es umfasst Teile der Fließgewässer-Einzugsgebiete Döllnitz, Jahna, Ketznerbach, Käbschützbach, Keppritzbach, Mulde und Elbe. Die maximale Nord-Süd-Ausdehnung beträgt 18,4 km, die maximale Ost-West-Ausdehnung 33,5 km und die Flächengröße 361 km<sup>2</sup>. Im Nordosten wird das Gebiet überwiegend durch die Elbe begrenzt. Nur im Bereich der weinbaulich genutzten Goldkuppe dehnt es sich unwesentlich über die Elbe hinaus. Südwestlich liegt die Grenze auf Höhe der Stadt Döbeln, südöstlich im Bereich der Ortschaft Katzenberg. Im Westen verläuft die Grenze durch die Orte Strocken, Kloster Buch und Wendishain und liegt etwa 2 km von der Stadt Mügeln entfernt. Im Norden verläuft die Grenze wenige Kilometer südlich der Stadt Riesa. Markante nördliche Grenzpunkte sind die Ortschaften Stauchitz im Nordwesten, die innerhalb liegende Ortschaft Mehlteuer in Norden und das rechtselbisch gelegene Diesbar-Seußnitz. Die Abgrenzung orientiert sich im Wesentlichen an hydrologischen Einzugsgebieten (siehe Abbildung 9).

#### ***4.1.1.2 Naturräumliche Gliederung***

Die Naturraumkartierung Sachsen (HAASE & MANNSFELD 2002) beschreibt Naturraumeinheiten und fasst damit geologische Merkmale, ökologische Potentiale und Landschaftsstrukturen zu Makrogeochoren zusammen. Das Gesamtuntersuchungsgebiet befindet sich zum größten Teil im Bereich der Makrogeochore Mittelsächsisches Lößhügelland, berührt im Norden das Nordsächsische Platten- und Hügelland, im Westen das Mulde-Lößhügelland und im Osten die Dresdner Elbtalweitung. Zwischen Mittelsächsischem Lößhügelland und Nordsächsischem Platten- und Hügelland trennt eine Reliefstufe von 30 – 50 m Höhe, die sogenannte Lößbrandstufe, die beiden Landschaften.

Im Zentrum des Untersuchungsgebietes liegt die Lommatzcher Pflege, deren Name schon auf die besonders prädestinierten ackerbaulichen Eigenschaften der Region hinweist.

#### ***4.1.1.3 Relief***

In Abbildung 9 ist erkennbar, dass das Untersuchungsgebiet von flachwelligen Hochflächen bestimmt wird, die von Fluss- und Bachtäler der Fließgewässer durchzogen werden. Im Norden und Nordosten liegt das Gebiet auf einer Höhe zwischen 89 – 120m ü.NN (grüne Färbung) und erhebt sich dann nach Süden bis auf 250 – 305 m ü. NN (grau - weiße Färbung). Während im Norden ein eher gering bewegtes Relief vorherrscht, wird der Süden durch ein stärker ausgeprägtes Relief bestimmt.

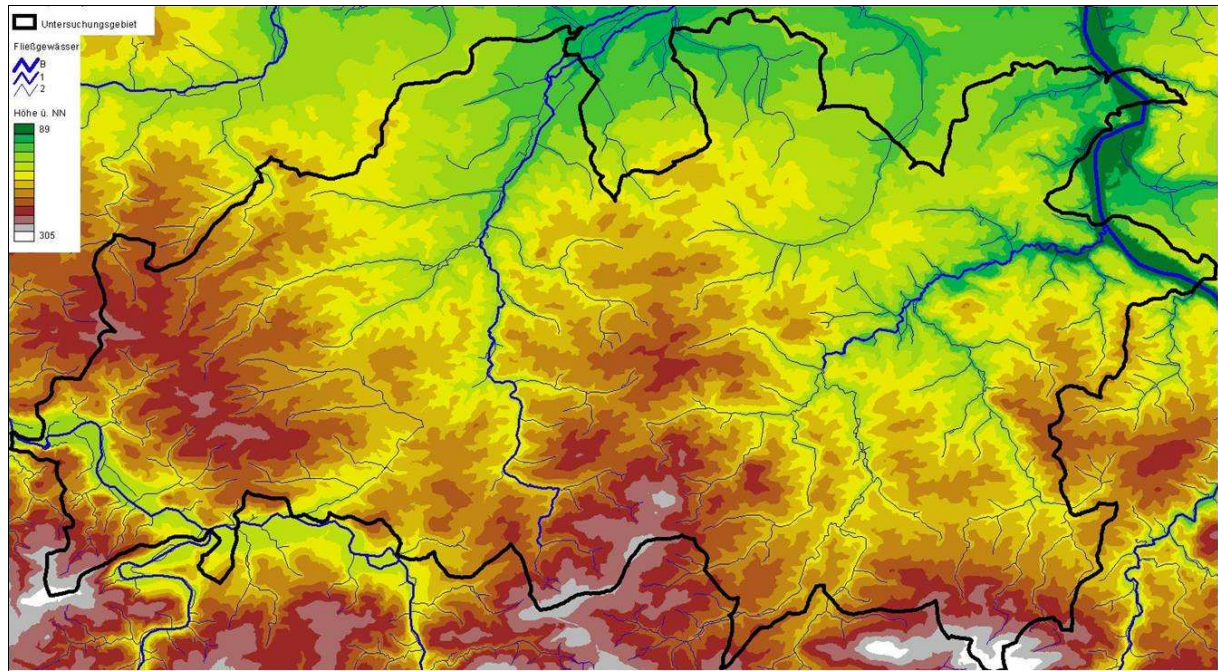


Abbildung 9: Höhenmodell und Fließgewässer des Gesamtuntersuchungsraumes (Datengrundlage: DGM, GeoSN)

Die Mehrzahl der Fließgewässer des Untersuchungsraumes befindet sich im hydrologischen Einzugsgebiet der Elbe. Dieses hierarchisch bedeutendste Fließgewässer befindet sich am nordöstlichen Rand des Untersuchungsgebietes. Der südwestliche Bereich des Untersuchungsgebietes wird dem Einzugsgebiet der Freiburger Mulde zugeordnet, die bei Dessau in die Elbe mündet und damit ebenfalls dem Einzugsgebiet der Elbe zu zurechnen ist.

#### 4.1.1.4 Geologie

Der geologische Untergrund besteht nach BROMME ET AL. (2010) aus Schmelzwasser- und Moräneablagerungen der Elster- und Saaleiszeiten sowie anstehenden Festgestein. Er ist jedoch überwiegend von Löss bedeckt. Nur vereinzelt treten um Zschaitz und Ostrau oberflächlich vulkanische Gesteine wie Porphyrite, Rochlitzer Porphyr und Tuffe des Rotliegenden auf. Im Bereich Ostrau-Münchhof existiert als Einzelvorkommen ein bis zu 22 m mächtiger Aufschluss von Plattendolomit und Letten des Oberen Zechsteins (vergleiche dazu Geologische Karten des LfULG 1 : 25.000). Der heute landschaftsprägende Löss wurde zum Ende der Weichsel-Eiszeit (vor 15.000 – 20.000 Jahren) durch kalte, trockene Fallwinde aus Norden angeweht. Die Winde nahmen feinkörniges Material aus den Bereichen vor dem Gletscher auf, transportierten es nach Süden und lagerten es in den Kältesteppen des Mittelgebirgsvorlandes großflächig wieder ab (BROMME ET AL. 2010). Das Gebiet wird nach HEILMANN & SYMMANGK 2007 in die Bodenregionen der Löss- und Sandlößlandschaften eingeordnet. Die äolisch bedingten Lößdecken können Mächtigkeiten von 10 bis 20 m aufweisen.

#### 4.1.1.5 Böden

Häufigste Bodenform im Untersuchungsgebiet ist Parabraunerde in verschiedenen Ausprägungen. Durch Stau- und Hangwasserbeeinflussung finden sich in Hangfußbereichen häufig Pseudogleye. In Auenbereichen der Fließgewässer sind vor allem alluviale Aulehme zu finden. Im mittleren und südlichen Teil des Untersuchungsgebietes ist der Anteil von Kolluvien deutlich höher als im nördlichen Bereich. Dies deutet auf eine hohe Erosionsdisposition dieser Bereiche hin.

Eine besondere Bodenform im Bereich der Lommatzcher Pflege ist das Parabraunerde-TschernoSEM. Dieser Schwarzerde-ähnliche Boden verfügt über einen mächtigen humosen A-Horizont und ist außergewöhnlich fruchtbar. Zum Teil beträgt die Lößauflage in diesem Gebiet über 10 m.

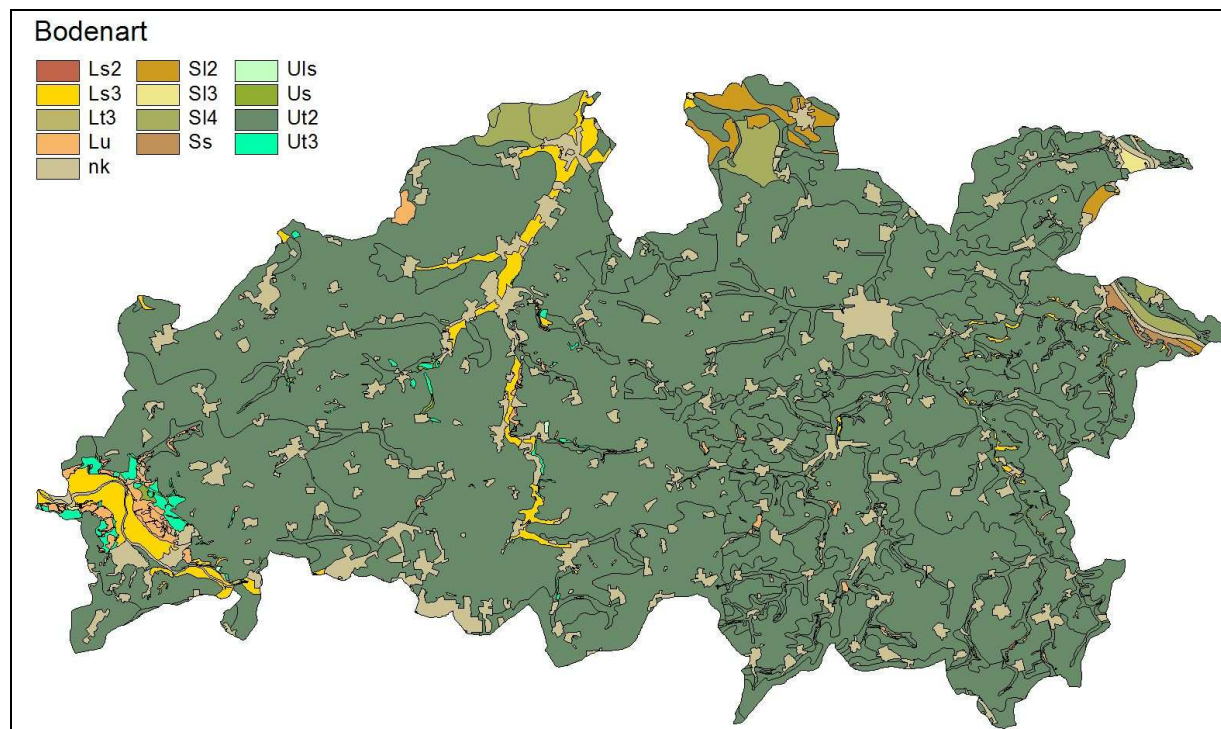


Abbildung 10: Bodenarten des Gesamtuntersuchungsraumes (Datengrundlage: Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG)

Abbildung 10 stellt die Bodenarten des Untersuchungsgebietes dar. Zu erkennen ist, dass die lößbestimmte Bodenartenuntergruppe „Schwachtoniger Schluff“ (Ut2) die Untersuchungsfläche dominiert.

#### 4.1.1.6 Klimatische Verhältnisse

Die klimatischen Verhältnisse werden nach MANNFELD & RICHTER (1995) in die Klimastufe der „Unteren Lagen im Hügel- und Tiefland“ eingeordnet. Sie werden als mäßig trocken und schwach kontinental beschrieben und durch jährliche Niederschlagsmengen von 550 – 720 mm charakterisiert. Die Durchschnittstemperaturen betragen 7,5 bis 8,5°C. Die Niederschlagssummen nehmen deutlich von Norden nach Süden zu, die Temperaturen dagegen nehmen südwärts gerichtet ab, zusätzlich beeinflussen reliefbedingte Differenzierungen die klimatischen Ausprägungen (vgl. dazu BROMME ET. AL. 2010, S.7).



Aktuelle Untersuchungen des LfULG (2009) zur Klimadiagnose und Klimaprojektionen haben ergeben, dass die Niederschläge während der letzten 100 Jahre für die vegetationsbedeutsamen Monate April bis Juni deutlich rückläufig, die Jahresmitteltemperatur hingegen in den letzten 50 Jahren um 1,5°C gestiegen ist. Weiterhin wurden die Zunahme von Trockenperioden und das verstärkte Auftreten von Starkniederschlägen mit gleichzeitiger Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr beobachtet. Zukünftig prognostiziert das LfULG (2009) eine Erwärmungstendenz für alle Jahreszeiten, Niederschlagsrückgang vor allem in Regionen mit bereits niedrigen Niederschlägen und die Abnahme von Kälteepisoden im Winterhalbjahr. Hinsichtlich der Häufigkeit von Extremereignisse ist zu erwarten, dass nicht nur die Ertrags- und Ausfallrisiken der Landwirtschaft steigen werden sondern laut MICHAEL et al. (2005) insbesondere auch die Bodenerosion und die damit verbundenen Schäden zunehmen werden .

#### 4.1.1.7 Landnutzung

Wie Abbildung 11 zeigt, wird ca. 75 % der gesamten Fläche ackerbaulich genutzt. Grünlandflächen stellen mit ca. 11 % die zweithäufigste Landnutzung dar, nehmen damit einen vergleichsweise kleinen Anteil ein. Sie befinden sich meist in Tallagen und oder in Gewässernähe. Der Waldanteil wird mit 4 % quantifiziert und Landschaftsstrukturen wie Hecken und Gehölzstreifen mit einem marginalen Anteil von 0,1 %. Die räumliche Verteilung der Nutzungsformen ist in Abbildung 12 dargestellt.

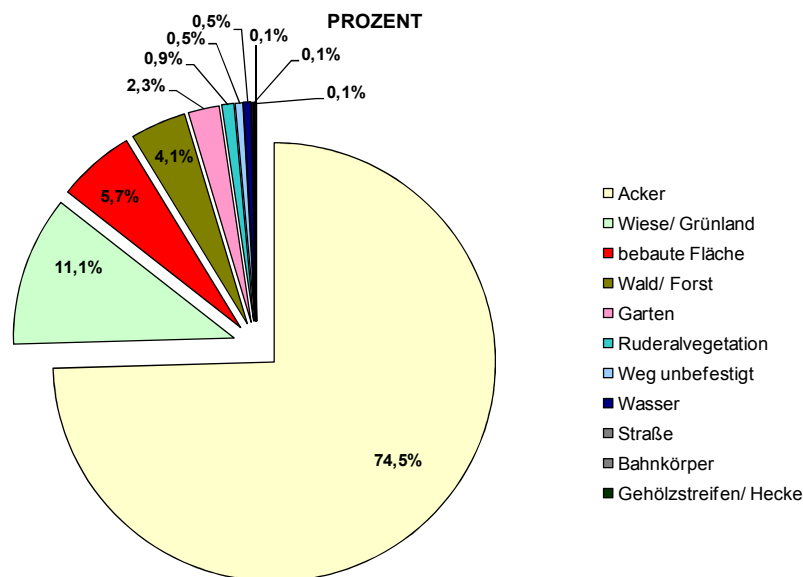


Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Landnutzung (Datengrundlage: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) des SLfULG, 2008 aktualisiert)

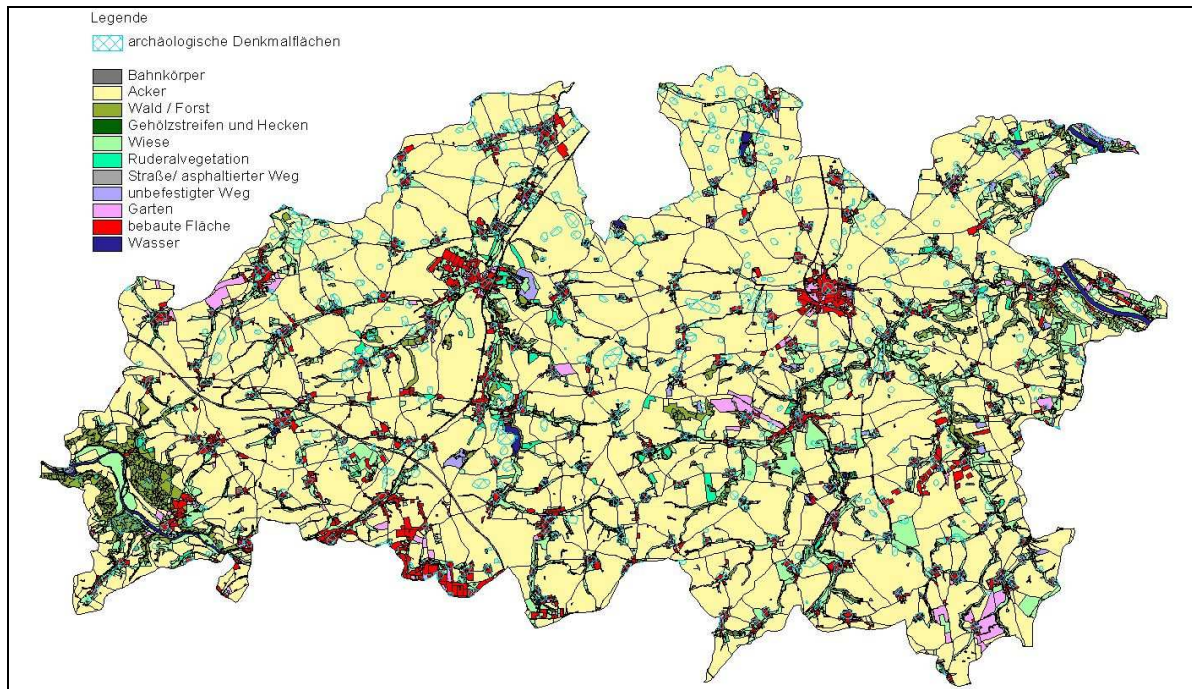


Abbildung 12: Landnutzung des Untersuchungsgebietes (Datengrundlage: BTLNK, SLfULG 2008)

#### 4.1.1.8 Archäologische Denkmalflächen

Im Untersuchungsgebiet befinden sich 693 archäologische Denkmalflächen, das entspricht einem Flächenanteil von ca. 6%. Davon befinden sich 222 Flächen im Bereich von Ortskernen und 471 Flächen auf Ackerflächen. Die für diese Untersuchung relevanten Denkmalflächen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen haben einen Flächenanteil von 3,5% (vgl. dazu Abbildung 13).

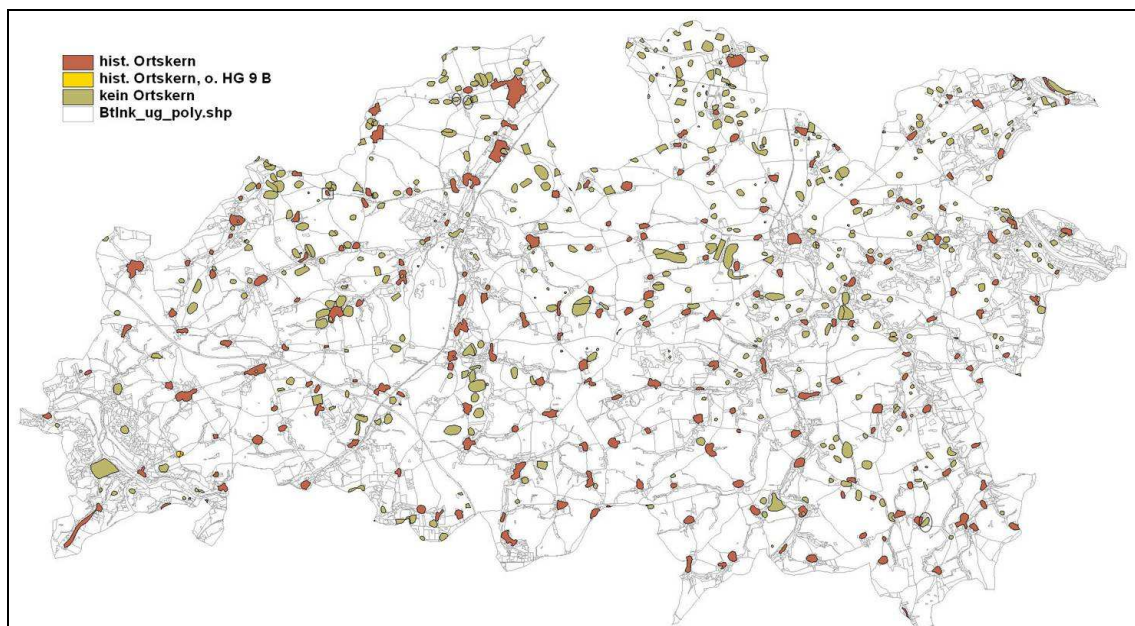


Abbildung 13: Denkmalflächen kategorisiert nach Siedlungs- und Nichtsiedlungsflächen (Datengrundlage: BTLNK, SLfULG 2008 und archäologische Denkmalflächen des Landesamtes für Archäologie (LfA))

### 4.1.2 Erosionsgefährdung des Gesamtgebietes - Übersichtsmodellierung

Als erste Arbeitsetappe wurde auf mesoskaliger Ebene eine Übersichtskarte zur Erosionsgefährdung durch Wasser für das Gesamtuntersuchungsgebiet erarbeitet. Diese dient dazu, archäologische Denkmalflächen zu identifizieren, die in signifikantem Maße durch Erosion gefährdet sind.

Auf Basis der digitalen Biotypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK, Stand 2008) wurde eine Landnutzungskarte erarbeitet. Dazu erfolgte eine Zusammenführung der einzelnen Blätter, wobei Landnutzungsarten gruppiert und generalisiert wurden. Für die Übersichtsmodellierung im 20 m-Raster wurden alle Ackerflächen mit der gleichen Bewirtschaftungsform und Feldfrucht attribuiert, um eine einheitliche Bewertung der Gefährdung der archäologischen Denkmalflächen zu ermöglichen.

#### 4.1.2.1 Modellierungsszenarien

Anhand folgender zweier Modellierungsszenarien wurde die Erosionsdisposition des Gesamtgebietes untersucht:

Worst Case - Alle Ackerflächen werden mit dem Pflug bewirtschaftet und befinden sich im Monat Mai im Zustand der Saatbettbereitung, d.h. die Flächen sind unbedeckt. Im Ergebnis dieses Szenarios wird unabhängig von schlagspezifischen Bewirtschaftungs- und Nutzungsformen die potentielle Erosionsgefährdung für das Gesamtgebiet ermittelt.

Konservierende Feldbewirtschaftung – Alle Ackerflächen werden pfluglos (konservierend) und mit Mulchsaat bewirtschaftet. Sie weisen zum Zeitpunkt der Saatbettbereitung im Mai einen Mulchbedeckungsgrad von 15 % auf und haben, im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung, durch die alternative Bodenbearbeitung mittels Grubber günstigere bodenphysikalische Eingangsparameter (siehe Tabelle 15). Dieses Szenario wurde gewählt, um besonders gefährdete Ackerflächen zu identifizieren, auf denen trotz konservierender Bodenbearbeitung noch erhebliche Erosionsbeträge auftreten.

**Tabelle 15: Eingangsparameter der Szenarien Übersichtsmodellierung**

| Bodenparameter                             | Worst Case | Konservierende Feldbewirtschaftung |
|--|------------|------------------------------------|
| Lagerungsdichte [kg/m <sup>2</sup> ]       | 1320       | 1400                               |
| Erosionswiderstand [kg*s*m <sup>2</sup> ]  | 0,00021    | 0,0024                             |
| Bedeckungsgrad [%]                         | 0          | 15                                 |
| Oberflächenrauigkeit [s*m <sup>1/3</sup> ] | 0,015      | 0,024                              |
| Anfangswassergehalt [%]                    | 31         | 30                                 |

Für beide Szenarien wurden ein 10-jähriges Starkniederschlagsereignis im Mai und ein mittlerer Anfangswassergehalt angenommen.

#### 4.1.2.2 Modellierungsergebnisse

Die nachfolgenden Erosionskarten stellen die Werte für Erosion und Deposition entsprechend der Legende in Abbildung 14 dar. Abtragsflächen sind durch rote bis hellgelbe Farben gekennzeichnet, Depositionsbereiche durch hellgrüne bis blaue Farben. Die Ergebnisse werden bezogen auf das gewählte Extremniederschlagsereignis in Tonnen pro Hektar angegeben. Die logarithmisch gegliederte Legende unterscheidet 9 Abstufungen.

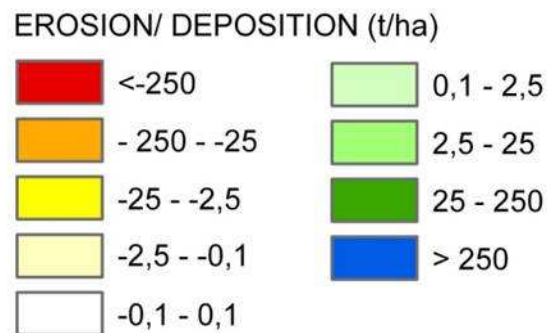


Abbildung 14: Legende Übersichtsmodellierung Erosion/ Deposition [t/ha]

Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse des **Worst Case-Szenarios** für den Gesamtuntersuchungsraum. Erwartungsgemäß zeigt sich für nicht geneigte, sehr schwach bis schwach geneigte Löß-Flächen, die sich überwiegend auf den Plateau- und Oberhangbereichen des gesamten Gebiet befinden, eine überwiegend mittlere Gefährdung mit Abtragswerten zwischen 2,5 bis 25 t/ha auf den Ackerflächen. Flächen stärkerer Hangneigung sind durch deutlich höhere Abträge von 25 bis 250 t/ha gekennzeichnet. Vereinzelt sind linienhafte Extremwerte > 250 t/ha zu erkennen.

Ziel der Übersichtsmodellierung ist eine erste Analyse und Einstufung der Gefährdungssituation der einzelnen Denkmalflächen. Um deren Gefährdung ermitteln zu können, wurden Gefährdungskategorien abgeleitet.

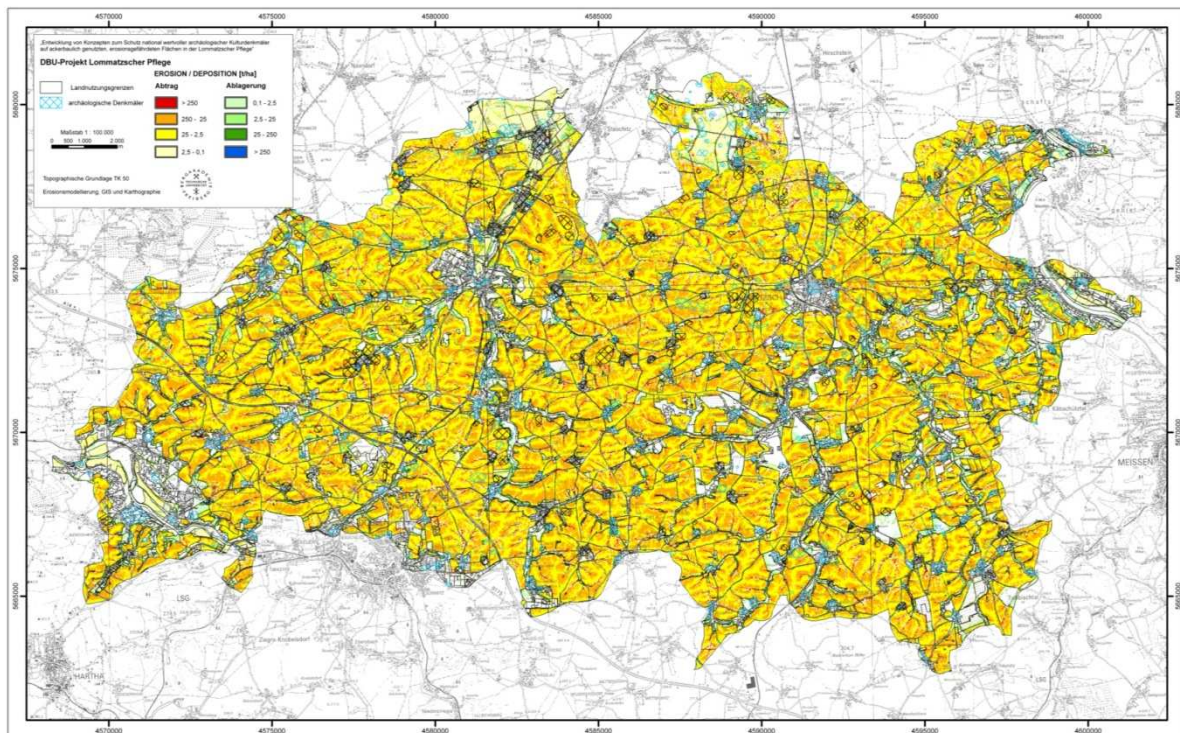


Abbildung 15: Worst-Case im Gesamtuntersuchungsraum (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.1.2.3 Ableitung von Gefährdungskategorien

Es erfolgte eine Untergliederung der Denkmalflächen in die Gefährdungskategorien hoch, mittel und gering erosionsgefährdet sowie Deposition (Tabelle 16). Dieses Vorgehen erfordert die Anwendung von Schwellenwerten. Diese gewählten Kategorien basieren auf Vorschlägen zum tolerierbaren Bodenabtrag des DEUTSCHEN BUNDESTAG (1997) mit  $20 \text{ t/ha} \cdot \text{a}$  und von AG BOSCH & PARTNER (2000) mit  $3 \text{ t/ha} \cdot \text{a}$ . Da die vorliegende Studie auf der Auswertung von Einzelereignissen basiert, werden die genannten Abtragswerte zur Abgrenzung der Gefährdungskategorien nicht auf den Zeitraum eines Jahres, sondern auf ein Einzelregenereignis mit 10-jährigem Wiederkehrintervall bezogen. Erfahrungsgemäß entspricht der mittlere jährliche Bodenabtrag größenordnungsmäßig annähernd dem Abtrag des 10jährigen Einzelereignisses, sodass die Anwendung der genannten Schwellenwerte auf die ermittelten Abtragswerte gerechtfertigt ist.

Tabelle 16: Gefährdungsklassifizierung der archaischen Denkmale

| GEFÄHRDUNGSKATEGORIE | ABTRAGSWERT [t/ha] | ABTRAGSWERT [mm/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Hoch                 | > 20               | > 1,5mm                          |
| Mittel               | 3 – 20             | 0,2 – 1,5 mm                     |
| Gering               | 0 – 3              | 0 – 0,2 mm                       |
| Deposition           |                    |                                  |

Wird die mittlere Lagerungsdichte für Schluffböden (nach HARDTGE 1978) als Berechnungsgrundlage angenommen, resultieren daraus die in Tabelle 16 dargestellten Abtragswerte in Millimetern (siehe dazu Seite 76, Kapitel 0. Formel 1).

Die Gefährungskategorien wurden jeweils für die Maximal- und Mittelwerte der Erosionsbeträge der Denkmalflächen klassifiziert. Die Klassifizierung nach dem Maximalwert orientiert sich in der Einstufung an dem höchsten Abtragswert einer einzelnen Rasterzelle der jeweiligen Denkmalfläche. Die Einstufung nach Mittelwerten richtet sich nach dem durchschnittlichen Abtragswert der gesamten Denkmalfläche.

Verwendet wurde dafür das Modul „Zonal Statistic“ des Spatial Analyst in ArcGis 9.3. Diese Methodik ermöglicht eine Analyse definierter Flächenausschnitte eines Rasters. Nachfolgend stellt

Abbildung 16 den Ablauf der Verfahrensweise zur Gefährdungsermittlung dar.

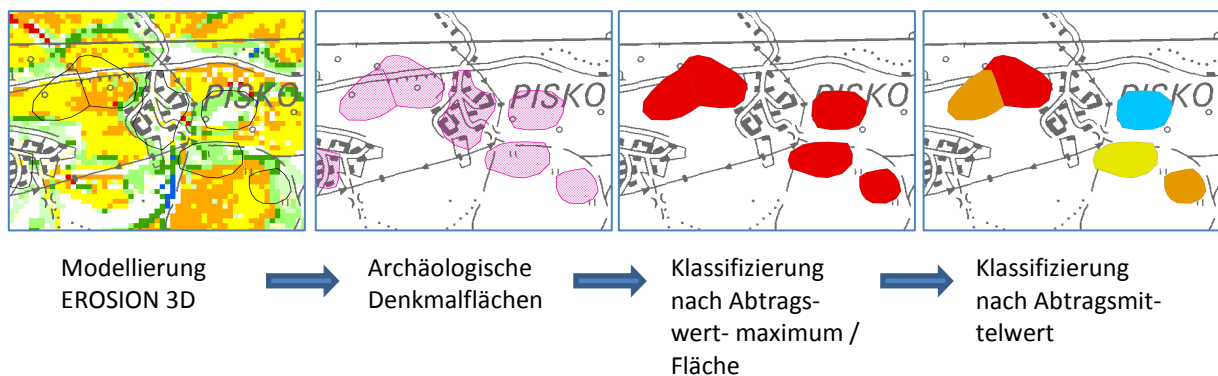


Abbildung 16: Vorgehensweise zur Gefährdungsklassifizierung der Denkmalflächen (Datengrundlage: GeoSN)

Diese Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmale wurde für die Modellierungsszenarien „Worst Case“ und „Konservierende Feldbewirtschaftung“ verwendet. Für das Szenario „Worst Case“ zeigt sich folgende Situation:

Wird, wie in Abbildung 17 dargestellt, das Bewertungskriterium Maximalwert der Erosion pro Denkmalfläche gewählt, erweisen sich ca. 80 % aller Denkmalflächen als hoch gefährdet. Betrachtet man die Gefährdung unter Berücksichtigung des mittleren Abtragswertes (siehe Abbildung 18), sind 50 % aller Denkmalflächen in diese Kategorie einzustufen.

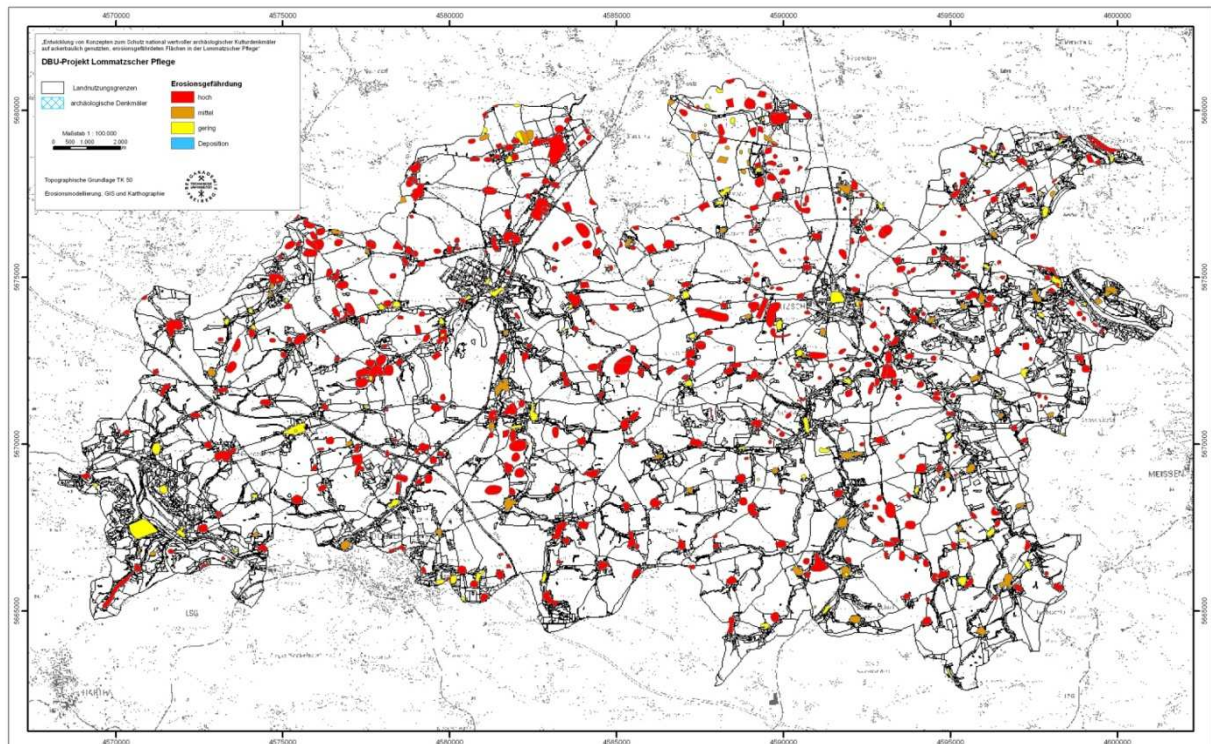


Abbildung 17: Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmalflächen nach Maximalwerten gemäß Abb. 16 (Datengrundlage: TK, GeoSN)

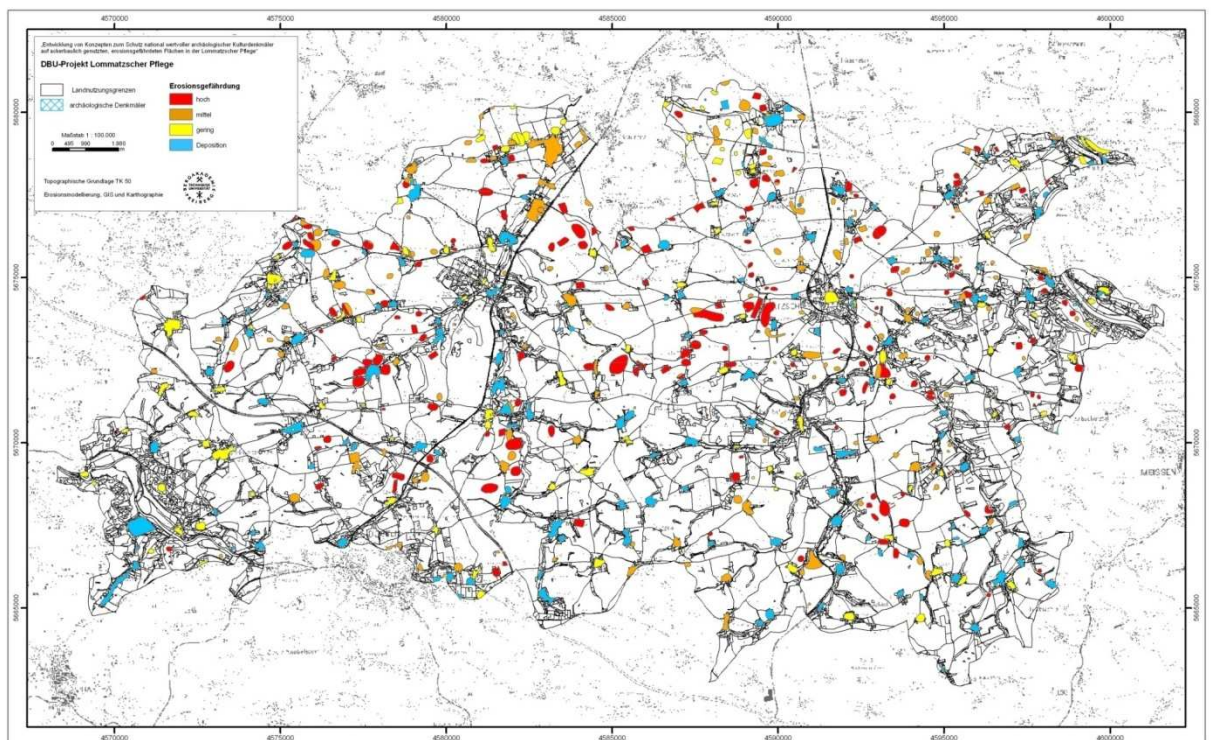


Abbildung 18: Gefährdungsklassifizierung der archäologischen Denkmalflächen nach Mittelwerten (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Vergleicht man die Ergebnisse der Szenarien Worst Case und Konservierende Bodenbearbeitung miteinander (siehe Abbildung 19), so ist erkennbar, dass eine Anwendung der konservierenden Bodenbe-

arbeitung einen signifikanten Rückgang der Erosionsgefährdung der Denkmalflächengefährdung leisten könnte.

Werden die Maximalwerte der Erosionsgefährdung zugrunde gelegt, so ist in der Kategorie „Hohe Gefährdung“ ein Rückgang der gefährdeten Bodendenkmäler von 80% auf 13 % zu verzeichnen. Als „Gering gefährdet“ gelten im Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ dann etwa die Hälfte der archäologischen Denkmalflächen, während in diese Kategorie im Szenario „Worst Case“ nur etwa 11% eingestuft werden.

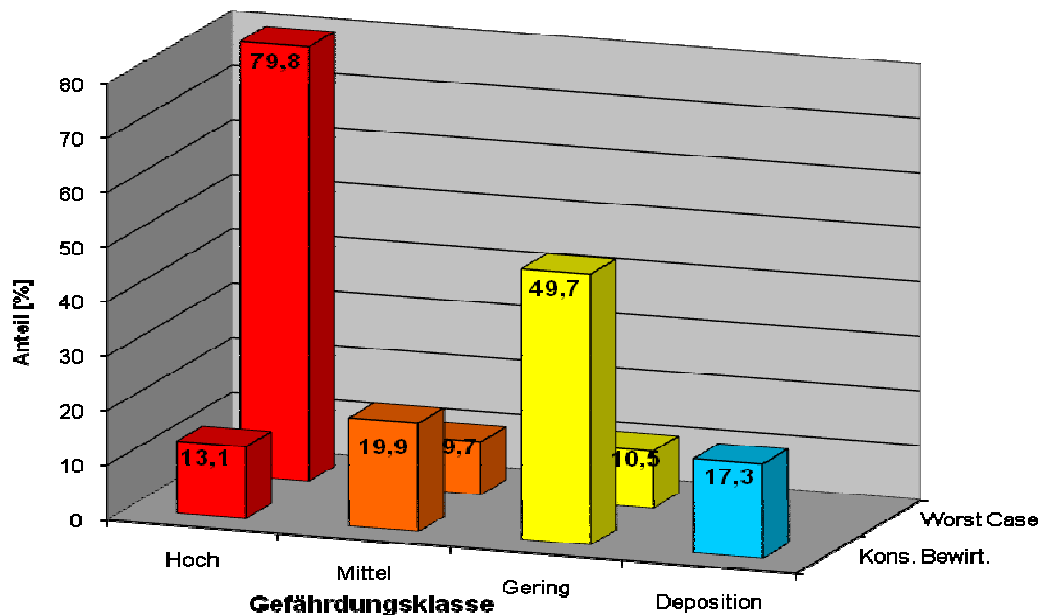


Abbildung 19: Potentielle Erosionsgefährdung – Kriterium Maximalwert – Szenarienvergleich Worst Case - Best Case

#### 4.1.3 Erosionsgefährdung der Hotspotflächen

Basierend auf den Ergebnissen der Übersichtmodellierungen wurden mehrere archäologische Denkmalflächen für weiterführende Untersuchungen als Hotspotflächen ausgewählt. Um die Situation dieser Einzelflächen in möglichst genau prüfen zu können, ist eine deutlich höhere Genauigkeit der Modellparameter für diese Denkmalflächen notwendig. Dies gilt insbesondere für die bereits in Kapitel 3.3.1 (S. 49) beschriebenen Eingangsdaten der Landnutzung, die hinsichtlich der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsform und der Feldfrüchte in höchstmöglicher Genauigkeit erfasst wurden. Nachdem einer Prüfung der verfügbaren Daten hinsichtlich der möglichen räumlichen Auflösung wurde für eine Rasterweite von 10m gewählt.

Ziel dieser Arbeitsetappe ist es, anhand der Modellierungsergebnisse den jeweiligen Bewirtschaftern Möglichkeiten zu kleinräumigen detaillierten Bewirtschaftungsanpassungen aufzuzeigen und Vorschläge für Maßnahmen zu erarbeiten, die dem dauerhaften Schutz der Denkmalflächen gerecht werden.



#### 4.1.3.1 Auswahlkriterien für großmaßstäbige Hotspotuntersuchungen

Auswahlkriterien für die Hotspotflächen waren

- die ermittelte Erosionsgefährdungsklasse,
- die grundsätzliche Bereitschaft der Flächenbewirtschafter Maßnahmen des Erosionsschutzes gegebenenfalls umzusetzen und
- hinreichende Beprobungsergebnisse der projektbegleitenden Bodenkartierung.

Außerdem wurden die Flächen mit den Ergebnissen des Forschungsprojektes „Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen - Fachgerechte Ableitung und räumliche Abgrenzung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen“ (WURBS ET AL. 2009) verglichen und die darin ermittelten abflusswirksamen Tiefenlinien in die Bewertung einbezogen. Resultierend aus diesem Vorgehen wurden die fünf Hotspot-Untersuchungsflächen Leippen, Piskowitz, Pulsitz, Schwochau und Zscheilitz ausgewählt (Abbildung 20).

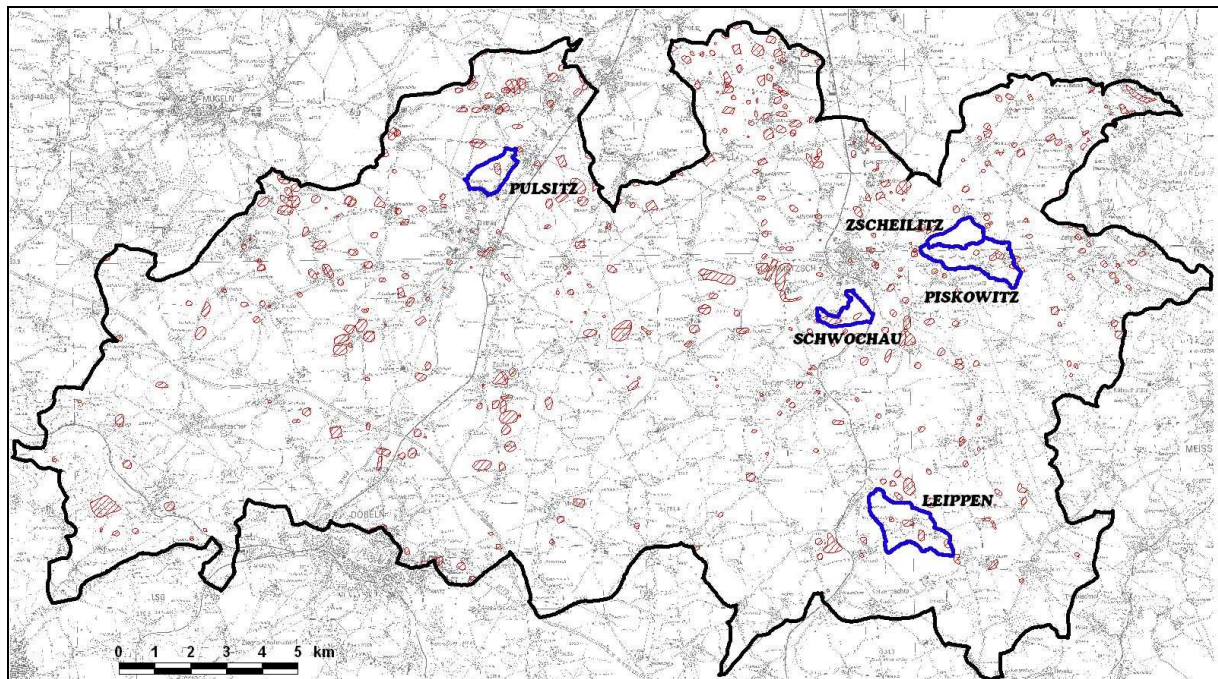


Abbildung 20: Für Erosionsmodellierung ausgewählte Hotspot-Flächen (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.1.3.2 Beschreibungen der Hotspot-Flächen

Nachfolgend werden die Hotspot-Flächen beschrieben. Die dazugehörigen Karten befinden sich im Anhang A3, dem Kartenteil der Arbeit.

##### **Charakteristik des Hotspots Piskowitz**

Die Untersuchungsfläche Piskowitz liegt östlich der Stadt Lommatzsch im Nordosten des Gesamtuntersuchungsgebiets und umfasst die Ortschaften Piskowitz und Prosisitz. Das Gebiet hat eine Flächen-größe von 207 ha und die Geländehöhen variieren zwischen 104 m und 188 m ü. NN. Die zu untersu-

chende Denkmalfläche (Nr. 60400-D-02) befindet sich zwischen den beiden Ortschaften auf einer Ackerfläche.

##### *Landwirtschaft*

Die Ackerfläche, auf der sich die archäologische Denkmalfläche befindet, wird durch den Bewirtschafter pfluglos und mit Mulchsaat bewirtschaftet. Die durchschnittliche Bearbeitungstiefe des Grubbers liegt zwischen 20 und 25 cm (Mitteilung Herr Ende/Ökohof Auterwitz vom 17.12.2010). Es wird von einer regionaltypischen Fruchtverteilung ausgegangen.

##### *Bodenverhältnisse*

Im Untersuchungsgebiet überwiegen laut Reichsbodenschätzung Sachsen (RBS) die Bodenarten Ut2 und Ut3. Außerdem gibt es Vorkommen von Lehmschluffen und sandigen Lehmen. Im Bereich der Denkmalfläche wurde im Rahmen des Projektes eine kleinräumige Verteilung der Bodenarten Ut2 und Ut3 kartiert.

##### ***Charakteristik des Hotspots Leippen***

Die Untersuchungsfläche Leippen liegt im Südosten des Gesamtuntersuchungsgebietes nahe dem Ort Ziegenhain und hat eine Gesamtfläche von 223 ha. Das Gelände erhebt sich von 165 m auf 222 m ü. NN. Innerhalb der Gebietes befinden sich die Ortschaften Leippen, Schänitz, Lösten und Lindigt. Zwischen Lösten und Leippen liegt der Untersuchungsfokus auf der Denkmalfläche 61330-D-02.

##### *Landwirtschaft*

Es wird von dem Anbau regionaltypischer Kulturen ausgegangen und eine ebensolche Fruchtfolge angenommen. Im Bereich der Denkmalfläche wird der Acker überwiegend pfluglos in Mulchsaat bewirtschaftet. Nach dem Anbau von Mais kommt es allerdings zum Pflugeinsatz. Die Bearbeitungstiefe liegt dann bei ca. 30 cm. Zusätzlich wird alle 5 Jahre durch den Landwirt eine Tiefenlockerung 70 cm mit einem Bodenmeißel durchgeführt.

##### *Bodenverhältnisse*

Laut Reichsbodenschätzung Sachsen dominiert im Gebiet die Bodenart Ut3. Die Kartierungen im Bereich der Denkmalfläche ergaben einen Wechsel der Bodenarten Ut2 und Ut3. Die kartierten Bodenarten wurden in die Datengrundlage eingearbeitet.

### ***Charakteristik des Hotspots Pulsitz***

Der Hotspot Pulsitz befindet sich im Nordwesten des Gesamtgebietes, nördlich der Ortschaft Ostrau. Begrenzt wird die Fläche im Süden durch den Ort Pulsitz und im Nordosten durch den Ort Jahna. Die Flächengröße liegt bei ca. 96 ha. Das Gelände steigt von 130 m im Südosten auf 161 m in der Mitte der Fläche an und fällt nach Nordwesten wieder ab. Die untersuchte archäologische Denkmalfläche 28830-D-02 liegt auf einem Feld des Betriebs „Reichardt-Matthes Gbr“ und befindet sich im Zentrum des Hotspots.

#### *Landwirtschaft*

Ein großer Teil der Ackerflächen wird ökologisch bewirtschaftet. Da diese Bewirtschaftungsform einen Herbizideinsatz ausschließt, ist konservierende Bodenbearbeitung angesichts des dann zwingend erforderlichen Einsatzes von Totalherbiziden nicht möglich. Es wird daher konventionelle Bewirtschaftung mit Pflugeinsatz angenommen. Die ökologische Bewirtschaftung bedingt auch eine veränderte Fruchtfolge, für die allerdings keine konkreten Daten vorlagen. Deshalb wurde auch für diesen Standort die regionaltypische Fruchtverteilung ergänzt durch Erbsenanbau angenommen.

Dieser Hotspot wurde für eine genauere Untersuchung ausgewählt, um anhand der derzeitigen Situation einen Planungsvorschlag für eine mögliche Heckenpflanzung zu erarbeiten.

#### *Bodenverhältnisse*

Dominierende Bodenart auf der Hotspotfläche ist gemäß RBS Ut3, ergänzt durch ein kleinräumiges Vorkommen der Bodenart Ut2 im Nordwesten und der Bodenart Sl2 im Südosten. Die Kartierungsergebnisse im Bereich des Denkmals bestätigten diese Angaben.

### ***Charakteristik des Hotspots Schwochau***

Der Hotspot Schwochau befindet sich südlich der Stadt Lommatzsch und ist ca. 73 ha groß. Im Westen begrenzt die Ortschaft Schwochau die Untersuchungsfläche und östlich schließt sich die stillgelegte Bahnlinie Riesa-Nossen an. Das Relief des Untersuchungsbereiches erhebt sich von 126 m auf 174 m über NN im Zentrum der Untersuchungsfläche. Gegenstand der Untersuchung ist die Denkmalfläche 59990-D-05, die sich im Oberhangbereich einer Ackerfläche der AGRAR AG Ostrau befindet

#### *Landwirtschaft*

Im Rahmen des Vorprojektes 2005/2006 wurde weitestgehend pfluglose Bewirtschaftung vereinbart. Außerdem wurde 2005 vom Landwirt die Bereitschaft erklärt, auf den Anbau von Gemüse zu verzichten. Die aktuellen Erhebungen 2008/ 2009 bestätigen die Angaben des Vorprojektes. Die Ackerflächen werden weiterhin „überwiegend“ pfluglos bewirtschaftet, es kommt jedoch auch hier beim Frucht-

wechsel von Mais zu Wintergetreide zum Pflugeinsatz. Damit wird die Fläche für die Erosionsmodellierung als konventionell bearbeitet eingestuft.

### *Bodenverhältnisse*

Dominierende Bodenart im Bereich der Denkmalfläche ist Ut3. Dieser Befund wird sowohl durch die Reichsbodenschätzung (RBS) als auch durch die Bohrstocksondagen im Rahmen des Projektes bestätigt.

### ***Charakteristik des Hotspots Zscheilitz Süd***

Der Hotspot Zscheilitz befindet sich im Nordosten des Gesamtgebietes und schließt sich direkt nördlich an den Hotspot Piskowitz an. Die Ortschaft Zscheilitz begrenzt das Untersuchungsgebiet im Norden. Von Nordosten nach Süden steigt der Hotspot von 126 m auf 171 m ü. NN an. Die untersuchte Denkmalfläche 60430-D-03 befindet sich auf dem östlichen Ackerschlag.

### *Landwirtschaft*

Wie bereits im Bereich des angrenzenden Hotspots Piskowitz wird die Ackerfläche, auf der sich die archäologische Denkmalfläche befindet, durch den Bewirtschafter pfluglos und mit Mulchsaat bewirtschaftet. Die durchschnittliche Bearbeitungstiefe des Grubbers liegt hier ebenfalls zwischen 20 und 25 cm (Mitteilung Herr Ende/Ökohof Auterwitz vom 17.12.2010) und es wird eine regionaltypische Fruchtverteilung angenommen. Von besonderem Interesse ist die Wirkung einer bereits umgesetzten Bodenschutzmaßnahme auf diesem Ackerschlag. Der Landwirtschaftsbetrieb hat bereits 2005 einen Ackerbrachestreifen von 3000 m<sup>2</sup> im Oberhangbereich der betreffenden Ackerfläche angelegt. Dieser wurde aus der Bewirtschaftung ausgegliedert und hat den Status einer temporären Stilllegungsfläche. Geprüft werden soll die Wirkung des Brachestreifens auf den Bodenabtrag. Dazu werden die Bodenabträge mit und ohne Brachestreifen simuliert.

### *Bodenverhältnisse*

Dominierend ist die Bodenart Ut3, die jedoch in steileren Hangbereichen von den Bodenarten Ut2 und Lu unterbrochen wird. Im flacheren Auenbereich überwiegen Substrate mit einem höheren Tongehalt. Die Bodenarten werden hier mit Tu3 und Tu4 angegeben. Im Nordwesten findet man außerdem ein kleineres Vorkommen der Bodenart Sl4.

#### ***4.1.3.3 Datenbasis***

Wie bereits in Kapitel 3.3.1 (S. 49) beschrieben, bilden die BTLNK-Daten von 2008 die Datenbasis der Erosionsmodellierung. Diese Daten wurden durch Angaben zur Schlagverteilung und den angebauten Feldfrüchten ergänzt. Dazu konnten die Bewirtschaftungsangaben der InVekos-Datenbank aus dem Jahr 2008 genutzt werden. Weitere Informationen über angebaute Feldfrüchten standen nicht zur

Verfügung, so dass für die Modellierungen eine regionaltypische Standardfruchtfolge über mehrere Jahre angenommen wurde. Durch Befragungen der Landwirte wurden weitere Angaben zur Bewirtschaftungsform erfasst. Da die Aussagen nicht uneingeschränkt für die Parameterauswahl übertragen werden können, musste zuerst eine Einordnung und Bewertung der jeweiligen Bewirtschaftungsform für eine realistische Auswahl der Bodenparameter vorgenommen werden (siehe Tabelle 17). Auf Basis dieser Bewertung wurden dann die entsprechenden Simulationsparameter gewählt.

**Tabelle 17: Einordnung der realen Bewirtschaftungsformen nach Szenarien (Quelle: PKS Sachsen)**

| BEWIRTSCHAFTUNGSFORMEN   | EINORDNUNG<br>EROSION 3D   | PARAMETERWAHL<br>(Datengrundlage PKS Sachsen)  |
|--|--|--|
| Konventionelle Bewirtschaftung durch Pflug   | Konventionelle Bewirtschaftung   | Konventionelle Bewirtschaftung durch Pflug   |
| Teilweise konservierende Bewirtschaftung mit Pflugeinsatz                              |  | Wassergehalt, Bodenzustand normal<br>Entwicklungszustand: durchschnittlicher Feldbestand   |
| Ökologische Bewirtschaftung mit Pflugeinsatz   |  | Berücksichtigung eines erhöhten Bedeckungsgrades durch pauschal 5% höheren Bedeckungsgrad  |
| Konservierende Bewirtschaftung ohne Pflugeinsatz                                       | Konservierende Bewirtschaftung<br>=<br>Gute fachliche Praxis nach §17 BBodSchG | Konservierende Bewirtschaftung: Grubber<br>Wassergehalt, Bodenzustand normal<br>Entwicklungszustand: Feldbestand durchschnittlich<br>Berücksichtigung eines höheren Bedeckungsgrades durch zusätzliche Mulchbedeckung durch eine Erhöhung von 15 % |
| Landschaftsstrukturierende Maßnahme + Konventionelle Bewirtschaftung durch Pflug       | Maßnahmeszenario   | Entsprechend Parameterwahl Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“   |
| Landschaftsstrukturierende Maßnahme + Konservierende Bewirtschaftung ohne Pflugeinsatz | Maßnahmeszenario   | Entsprechend Parameterwahl Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“   |

#### **4.1.3.4 Modellierungsszenarien**

Für eine Einordnung der Denkmalflächengefährdung wurden vier Landnutzungsszenarien zur Bewertung herangezogen.

Das **1. Szenario** bildet die **konventionelle Bewirtschaftungsform** ab. Unter konventioneller Bewirtschaftung wird die Feldbestellung mit Pflugeinsatz verstanden. Auch die von den meisten Landwirtschaftspartnern der Hotspot-Flächen angewandte Mischform von konservierender und konventioneller Bewirtschaftung wird diesem Szenario zugeordnet. Von einer Mischform wird immer dann gesprochen, wenn zwischen dem Fruchtwechsel von Mais zu Winterweizen der Pflug, sonst jedoch ein nichtwendendes Gerät z.B. Grubber eingesetzt wird. Der Pflugeinsatz wird begründet mit der hohen Wahrscheinlichkeit einer Fusarieninfektion bei einer unzureichenden Einarbeitung der Maisstoppeln in den Boden durch den Grubber. Dadurch wird jedoch die Entwicklung eines stabilen Bodengefüges regelmäßig gestört. Es kann in diesem Fall nicht von einer „Konservierenden Bodenbewirtschaftung“, die den Parametern des PKS Sachsens entspricht, ausgegangen werden.

Das **2. Szenario** geht von der Annahme aus, dass **alle Ackerflächen dauerhaft konservierend bewirtschaftet** werden. Für diese Bewirtschaftungsform wird unter Berücksichtigung der vorherrschenden Bodeneigenschaften des Mittelsächsischen Lößhügellandes angenommen, dass sie den Anforderungen der „Guten fachlichen Praxis“ nach §17 BBodSchG entspricht.

Im **Szenario 3** werden für die Hotspotflächen Pulsitz, Schwochau und Zscheilitz Süd anhand der Modellierungsergebnisse für Konventionelle und Konservierende Bewirtschaftung **Maßnahmenvorschläge** entwickelt bzw. **vorhandene Maßnahmen geprüft**. Diese Szenarien beinhalten erosionsmindernde Landschaftsstrukturen wie Wegeführungen, Hecken, Grünlandstreifen und Feldgehölze mit dem Ziel, Erosionsbeträge zu verringern. Grundsatz der Maßnahmenentwicklung ist es, den Entzug von Ackerfläche so gering wie möglich zu halten und bestehende Landschaftsstrukturen in die Maßnahmenvorschläge zu integrieren.

Die Szenarien basieren auf der Annahme einer regionaltypischen dreijährigen Fruchtfolge. Die Standardfruchtfolge besteht im Jahr 1 aus Winterweizen oder Wintergerste, im Jahr 2 aus Raps und im Jahr 3 aus Körnermais oder Zuckerrüben. Um einen Wechsel aller Fruchtarten auf den Ackerflächen zu berücksichtigen, wurden diese Angaben auf 5 Jahre verteilt und in nachstehender Abfolge (

Tabelle 18) modelliert. Auf jedem Ackerschlag wurde dieser Fruchtwechsel über 5 Jahre vollzogen, um möglichst realitätsnahe Konditionen abzubilden. Eine Ausnahme stellt der Hotspot Piskowitz dar. Für diesen wurde nach Angaben des Bewirtschafters Wintergerste aus der Fruchtfolge ausgegliedert, da kein Anbau dieser Feldfrucht stattfindet.

**Tabelle 18: Regionaltypische Fruchtfolge der Hotspotflächen**

| Idealtypische Fruchtfolge der Region |              |
|--------------------------------------|--------------|
| Jahr 1                               | Winterweizen |
| Jahr 2                               | Körnermais   |
| Jahr 3                               | Zuckerrüben  |
| Jahr 4                               | Wintergerste |
| Jahr 5                               | Raps         |

**Szenario 4** untersucht anhand einer Langfristsimulation über einen Zeitraum von 50 Jahren die erosiven Veränderung der Hotspot-Flächen. Es werden ausschließlich die Niederschläge des Referenzjahres berücksichtigt, um die Mindest-Erosionsauswirkungen darzustellen. Extremniederschlagsereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten bleiben unberücksichtigt. Es wird ein Fruchtartenwechsel auf Basis der regionaltypischen Fruchtfolgen der Hotspotflächen angenommen.

#### **4.1.3.5 Bewertungsmethodik**

Die Bewertung der Denkmalflächen nach der Gefährdung durch Wassererosion beruht auf dem Parameter Nettoerosion. Dieser beschreibt die Bilanz von Erosion und Deposition in Kilogramm pro Quadratmeter [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] pro Ackerschlag.

Um eine Bewertung der archäologischen Denkmalfläche zu ermöglichen, wurde in einem ersten Schritt die kleinste definierte Einheit, d.h. die Ackerfläche, auf der sich die archäologische Denkmalfläche befindet.

Die Ergebnisse der Szenarien werden dann für die regionaltypischen Feldfrüchte verglichen. Eine Quantifizierung der Nettoerosion erfolgt über das Modul „Zonal Statistic“ des Spatial Analyst in ArcGis 9.3. Daraus resultieren Werte zum Maximalbetrag der Erosion auf der Ackerfläche, dem höchsten Depositionswert und dem durchschnittlichen Abtragswert der Ackerfläche. Diese Werte werden entsprechend Formel 1 von Kilogramm pro Quadratmeter [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] in Millimeter-Werte [mm] des Ab- bzw. Auftrages umgerechnet.

Die Lagerungsdichte wird in HARDTGE (1978) für Schluffböden von  $1190 \text{ kg}/\text{m}^3$  für stark aufgelockerte Böden bis  $1530 \text{ kg}/\text{m}^3$  für extrem verdichtete Böden angegeben. Für die Berechnung des Bodenab- oder -auftrags in Millimetern wurde in dieser Arbeit aufgrund der Dominanz der Schluffböden im Untersuchungsraum der Mittelwert von  $1360 \text{ kg}/\text{m}^3$  eingesetzt.



$$\text{Formel 1} \quad \frac{\text{Erosion/Deposition für Rasterzelle [kg/m}^2\text{]}}{\text{Lagerungsdichte [kg/m}^3\text{]} * 1000} = \text{Bodenabtrag/Bodenauftrag [mm]}$$

Anschließend wurde dann in zwei weiteren Schritten mit Formel 2 und

Formel 3 die Anzahl der 50jährigen Niederschlagsereignisse bzw. der Referenzjahre ermittelt, die stattfinden müssen bis

a) der Bodenabtrag der Fundtiefe des archäologischen Denkmals entspricht (Formel 2) bzw.

$$\text{Formel 2} \quad \frac{\text{Fundtiefe [cm]}}{\text{Bodenabtrag/Bodenauftrag [mm]} * 10} = \text{Anzahl der 50jährigen Niederschlagsereignisse/ Referenzjahre bis zum Bodenabtrag in Denkmalfundtiefe [-]}$$

b) der Ap-Horizont soweit erodiert ist, dass das archäologische Denkmal durch den Pflug angeschnitten wird (Formel 3).

$$\text{Formel 3} \quad \frac{\text{Fundtiefe [cm]} - \text{Pflugtiefe [cm]}}{\text{Bodenabtrag/Bodenauftrag [mm]} * 10} = \text{Anzahl der 50jährigen Niederschlagsereignisse/ Referenzjahre bis zum ersten Anschnitt des archäologischen Denkmals durch den Pflug [-]}$$

Es wird ermittelt, wie hoch die Anzahl der stattfindenden 50-jährigen Niederschläge stattfinden, wenn

- der jeweilige Maximalabtragswert der Ackerfläche,
- der durchschnittlichen Abtragswert der Ackerfläche,
- die Fundtiefen der archäologischen Befunde der Bohrstocksondagen

zugrunde gelegt werden. Diese Angaben wurden mit der entsprechenden Bearbeitungstiefe kombiniert.

### 4.1.3.6 Ergebnisse

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die berechneten Szenarien aller Hotspot-Flächen. Die kartografischen Darstellungen der Modellierungsergebnisse sind im Anhang A 2 zu finden.

**Tabelle 19: Modellierte Szenarien der Hotspotflächen**

| Hotspot           | Szenarien  | Niederschlag |           | Feldfrucht |    |      |    |      |
|-------------------|--|--------------|-----------|------------|----|------|----|------|
|                   |  | 50 NS        | Ref. jahr | WW         | WG | Raps | Rü | Mais |
| <b>Piskowitz</b>  | <b>Real-Szenario:</b><br>Konventionelle Bewirtschaftung      | X            |           | X          |    | X    | X  | X    |
|                   |  |              | X         |            |    |      |    | X    |
|                   | Konservierende Bewirtschaftung                               | X            |           | X          |    | X    | X  | X    |
|                   | 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung  |              | X         | X          |    | X    | X  | X    |
| <b>Leippen</b>    | <b>Real-Szenario</b><br>Konventionelle Bewirtschaftung       | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   |  |              | X         |            |    |      |    | X    |
|                   | Konservierende Bewirtschaftung                               | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung  |              | X         | X          | X  | X    | X  | X    |
| <b>Pulsitz</b>    | <b>Real-Szenario:</b><br>Konventionelle Bewirtschaftung      | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   |  |              | X         |            |    |      |    | X    |
|                   | Konservierende Bewirtschaftung                               | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | Maßnahme +<br>Konventionelle Bewirtschaftung                 | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | Erosionsschutzmaßnahmen +<br>Konservierende Bewirtschaftung  | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung  |              | X         | X          | X  | X    | X  | X    |
| <b>Schwochau</b>  | <b>Real-Szenario:</b><br>Konventionelle Bewirtschaftung      | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   |  |              | X         |            |    |      |    | X    |
|                   | Konservierende Bewirtschaftung“                              | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | Erosionsschutzmaßnahmen +<br>Konventionelle Bewirtschaftung  | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | Erosionsschutzmaßnahmen +<br>Konservierende Bewirtschaftung“ | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung  |              | X         | X          | X  | X    | X  | X    |
| <b>Zscheilitz</b> | Konventionelle Bewirtschaftung                               | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   |  |              | X         |            |    |      |    | X    |
|                   | Konservierende Bewirtschaftung                               | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|                   | Erosionsschutzmaßnahmen +                                    | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |

| Hotspot | Szenarien   | Niederschlag |           | Feldfrucht |    |      |    |      |
|---------|---|--------------|-----------|------------|----|------|----|------|
|         |   | 50 NS        | Ref. jahr | WW         | WG | Raps | Rü | Mais |
|         | Konventionelle Bewirtschaftung  |              |           |            |    |      |    |      |
|         | <b>Real-Szenario:</b><br>Erosionsschutzmaßnahme +<br>Konservierende Bewirtschaftung | X            |           | X          | X  | X    | X  | X    |
|         | 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung                         |              | X         | X          | X  | X    | X  | X    |
|         | 50 Jahre Langfristsimulation Konservierende Bewirtschaftung                         |              | X         | X          | X  | X    | X  | X    |

Anhand des Hotspots Piskowitz werden die Ergebnisse nachfolgend ausführlich erläutert.

### **Hotspot Piskowitz**

Das Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ bildet die derzeitige Bewirtschaftungsform ab. Ein Szenario mit landschaftsstrukturierenden Schutzmaßnahmen wurde für Piskowitz nicht begutachtet.

#### *Auswertung der Modellierungsergebnisse*

Abbildung 21 zeigt für das Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ das Simulationsergebnis bei Annahme einer regionaltypischen Fruchtverteilung. Die Erosions- und Depositionsbeträge variieren vor allem in Abhängigkeit von den jeweiligen Feldfrüchten. Während Raps-Ackerflächen mit einem hohen Bedeckungsgrad im Juni niedrige Abtragsbeträgen aufweisen, sind vor allem Mais-Flächen wegen ihres niedrigen Bedeckungsgrad von 12% deutlich erosionsgefährdet. Um die Mischform Konservierend/ Konventionelle Bewirtschaftung des Boden zu berücksichtigen, wurde eine zusätzliche Mulchbedeckung von 5% angenommen. Trotz dieser günstigeren Eingangsannahmen wird anhand Abbildung 21 deutlich, dass die derzeitige Bewirtschaftungsform kombiniert mit der Feldfrucht Mais eine substantielle Gefährdung der Denkmalfläche darstellt. Auch die anderen Ackerschläge zeigen bei konventioneller Bewirtschaftung insbesondere in Tiefenlinien nicht tolerierbare Bodenverluste.

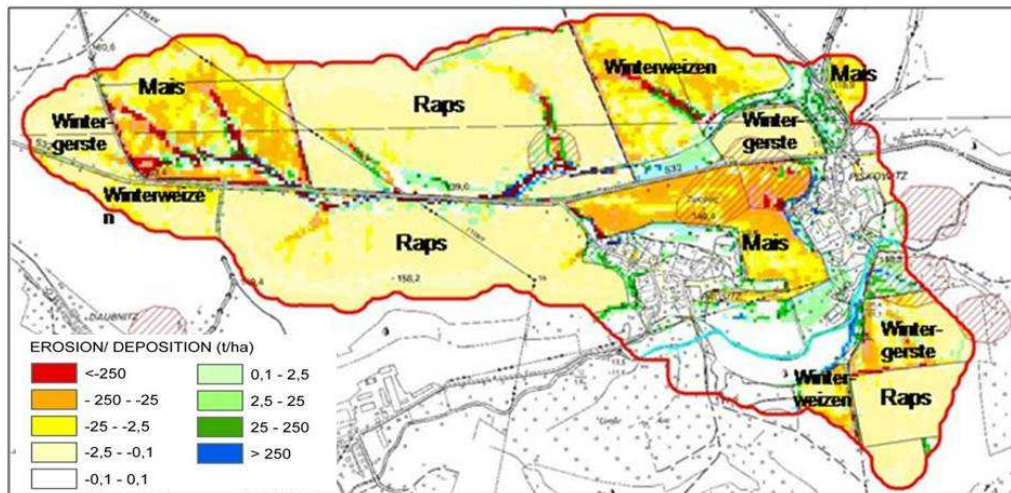


Abbildung 21: Real-Case-Szenario für das Landnutzungsszenario Regionaltypische Fruchtverteilung (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Die in Tabelle 20 dargestellten Werte beziehen sich unmittelbar auf die Denkmalfläche bzw. die entsprechende Ackerfläche und bilden die Simulationsergebnisse für die Feldfrüchte Winterweizen, Raps, Mais und Rüben ab.

Tabelle 20: Maximale Abtrags- und Auftragswerte [mm] sowie Durchschnittswerte [mm] des Hotspots Piskowitz

| Szenarien   | Feldfrucht            | max. Abtrag [mm] | max. Auftrag [mm] | Durchschnitt [mm] |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| „Konventionelle Bewirtschaftung“                            | WW                    | -125,6           | 2,29              | -0,84             |
|   | Raps                  | -13,9            | 0,66              | -0,17             |
|   | Mais                  | -328,3           | 3,95              | -1,97             |
|   | Rüben                 | -324,1           | 3,64              | -1,80             |
| „Konservierende Bewirtschaftung“                            | WW                    | -6,8             | 0,01              | -0,01             |
|   | Raps                  | -12,7            | 0,03              | -0,02             |
|   | Mais                  | -22,9            | 0,01              | -0,04             |
|   | Rüben                 | -18,8            | 0,08              | -0,04             |
| Referenzjahr + Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“    | Mais                  | -376,9           | 6,26              | -0,97             |
| 50 Jahre Langfristsimulation Konventionelle Bewirtschaftung | WW, Raps, Mais, Rüben |                  |                   |                   |

Im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ liegen die maximalen Abtragswerte für die regionaltypischen Fruchtarten zwischen 14 mm und 328 mm, die maximalen Depositionsraten zwischen 0,7 mm und 4 mm. Das heißt, wird Mais auf der Ackerfläche des archäologischen Denkmals angebaut, können Abträge > 30 cm auftreten. Die durchschnittlichen Abtragswerte für den gesamten Acker betragen 0,2 mm bis 2 mm. Die Ergebnisse für Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ liegen für alle Feldfrüchte deutlich unter den Werten des 1. Szenarios. Sie bewegen sich für die maximalen Erosionsbeträge zwischen 7 mm und 23 mm, für die maximalen Depositionsbeträge zwischen 0,01 und 0,08 mm und für die durchschnittlichen Abtragswerte zwischen 0,01 und 0,04 mm.

Die erosionsgefährdeste Feldkultur ist in beiden Szenarien Mais, gefolgt von Rüben, Winterweizen und Raps. Um die Dimension der Abtragsmengen zu verdeutlichen, zeigt Tabelle 21 die Anzahl der Niederschlagsereignisse bzw. die Anzahl der Referenzjahre bis durch den Bodenabtrag die geringste Fundtiefe des Denkmals von 25 cm erreicht. Ist der Maximalwert das Bewertungskriterium, so ist beim Anbau von Mais und Rüben die Abtragstiefe von 25 cm bereits nach einem 50jährigen Niederschlagsereignis und beim Anbau von Winterweizen nach 2 Extremniederschlägen erreicht. Wird der Durchschnittswert als Kriterium betrachtet, so erhöht sich die Anzahl der Extremniederschläge auf drei- bis vierstellige Beträge. Damit wassererosionsbedingt ein durchschnittlicher Abtrag von 25 cm Boden stattfindet, muss beim Anbau von Mais 127mal ein Extremniederschlag vorkommen und beim Rübenanbau 139 Mal. Der Winterweizenanbau bedingt 297 und der Rapsanbau 1512 50-jährige Extremniederschläge.

**Tabelle 21: Niederschlagsanzahl bzw. Anzahl der Referenzjahre für 25 cm Bodenabtrag (min. Denkmaltiefe)**

| Szenarien                                       | Feldfrucht | Anzahl 50jähriger Niederschläge<br>Abtragstiefe 25 cm |                   |
|---|------------|---|-------------------|
|   |            | Maximalwert   | Durchschnittswert |
|   |            |   |                   |
| „Konventionelle Bewirtschaftung“                | WW         | 2   | 297               |
|   | Raps       | 18  | 1.512             |
|   | Mais       | 1   | 127               |
|   | Rüben      | 1   | 139               |
| „Konservierende Bewirtschaftung“                | WW         | 37  | 21.633            |
|   | Raps       | 20  | 13.586            |
|   | Mais       | 11  | 5.573             |
|   | Rüben      | 13  | 6.767             |
|   |            | Anzahl der Referenzjahre<br>Abtragstiefe 25 cm        |                   |
|   |            | Maximalwert   | Durchschnittswert |
| Referenzjahr + „Konventionelle Bewirtschaftung“ | Mais       | 1   | 257               |

Die Bohrstocksondagen ergaben an 10 Punkten innerhalb der ausgewiesenen Denkmalfäche archäologische Befunde, deren Anfangstiefen bei 25 – 50 cm liegen. Von diesen 10 Punkten liegen 2 Punkte in allen drei geprüften Landnutzungsszenarien in Depositionsbereichen. Ein weiterer Punkt befindet sich sowohl für Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ und das Referenzjahr kombiniert mit Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ im Depositionsbereich. Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der modellierten Abtragswerte in Millimeter und die Anzahl der Niederschläge und Referenzjahre bis zum Erreichen der Fundtiefe und bis zum Denkmalanschnitt durch Pflugbewirtschaftung für 20 und 25 cm Tiefe.

Tabelle 22: Befundtiefen der Bohrstocksondagen, Abtragungswerte der jeweiligen Rasterzelle und daraus resultierender Niederschlagsanzahl bis zu Befundschädigung durch Pflug für Pflugtiefen von 20 und 25 cm bzw. Bodenabtrag bis Befundtiefe

| ARCHÄOLOGISCHER BEFUND |                   | SZENARIO „KONVENTIONELLE BEWIRTSCHAFTUNG“ - FELDFRUCHT MAIS |                                      |   |     | SZENARIO „KONSERVIERENDE BEWIRTSCHAFTUNG“ - FELDFRUCHT MAIS |  |   |        | REFERENZJAHR und SZENARIO „KONVENTIONELLE BEWIRTSCHAFTUNG“ FELDFRUCHT MAIS |                              |   |       |
|------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|---|-----|---|--|---|--------|--|------------------------------|---|-------|
| Fundpunkt              | Fundtiefe<br>[cm] | Bodenabtragungswert (modelliert)/<br>Rasterzelle [mm]       | Anzahl der 50-jährigen Niederschläge |   |     | Bodenabtragungswert (modelliert)/<br>Rasterzelle [mm]       | Anzahl der 50-jährigen Niederschläge bis |   |        | Bodenabtragungswert (modelliert)/<br>Rasterzelle [mm]                      | Anzahl der Referenzjahre bis |   |       |
|                        |                   |   | Bodenabtrag bis Fundtiefe            | Anschnitt des Denkmals bei Pflugtiefe von |     |   | Bodenabtrag bis Fundtiefe                | Anschnitt des Denkmals bei Pflugtiefe von |        |  | Bodenabtrag bis Fundtiefe    | Anschnitt des Denkmals bei Pflugtiefe von |       |
|                        |                   |   | 20 cm                                | 25 cm                                     |     | 20 cm   | 25 cm                                    |   | 20 cm  | 25 cm  |                              | 20 cm                                     | 25 cm |
| b21                    | 27                | -1,43   | 188                                  | 49  | 14  | -0,03   | 10.657                                   | 2.763                                     | 789    | -0,38  | 702                          | 182                                       | 52    |
| b23                    | 50                | -1,08   | 465                                  | 279                                       | 232 | -0,02   | 20.260                                   | 12.156                                    | 10.130 | -0,44  | 1.145                        | 687                                       | 572   |
| b24                    | 25                | -2,64   | 95                                   | 19  | 0   | -0,05   | 4.762                                    | 952                                       | 0      | -0,88  | 285                          | 57  | 0     |
| b26                    | 25                | -0,57   | 440                                  | 88  | 0   | Auftragsbereich   | -  | -   | -      | Auftragsbereich  | -                            | -   | -     |
| b32                    | 25                | -2,04   | 122                                  | 24  | 0   | -0,04   | 6.472                                    | 1.294                                     | 0      | -0,53  | 474                          | 95  | 0     |
| b35                    | 25                | -2,51   | 100                                  | 20  | 0   | -0,06   | 4.437                                    | 887                                       | 0      | -0,93  | 270                          | 54  | 0     |
| b36                    | 35                | Auftragsbereich   | -                                    | -   | -   | Auftragsbereich   | -  | -   | -      | Auftragsbereich  | -                            | -   | -     |
| ab                     | 31                | Auftragsbereich   | -                                    | -   | -   | Auftragsbereich   | -  | -   | -      | Auftragsbereich  | -                            | -   | -     |
| b46                    | 31                | -1,74   | 178                                  | 63  | 34  | -0,04   | 8.157                                    | 2.895                                     | 1.579  | -0,58  | 532                          | 189                                       | 103   |
| b74                    | 25                | -0,54   | 464                                  | 93  | 0   | -0,01   | 23.048                                   | 4.610                                     | 0      | -0,11  | 2.297                        | 459                                       | 0     |

Die Abtragswerte für die Rasterzellen, auf denen sich die Punkte der Bohrstocksondagen befinden, liegen im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ zwischen 0,5 und 2,6 mm.

Da sich 5 von 10 Funden in einer Tiefe von 25 cm befinden, bedingt eine Pflug-/ Bearbeitungstiefe von 25 cm eine akute Gefährdung der archäologischen Funde für alle Szenarien. Für den Fall des Extremniederschlages bedingen die maximalen Abtragswerte von über 30 cm ebenfalls eine außerordentliche Gefährdung dieser Denkmalfläche.

Wird die Pflugtiefe im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ auf 20 cm reduziert, resultiert daraus eine Abwendung der akuten Gefährdung. Die Denkmalfunde wären dann „erstmalig“ nach 14 Extremniederschlägen von einer Schädigung durch den Pflug betroffen. Wird die Fläche dauerhaft konservierend bewirtschaftet (Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“), betragen die Erosionsraten nur noch 0,01 bis 0,06 mm. Liegt in diesem Fall die Bewirtschaftungstiefe bei 20 cm, kommt es erstmalig am Punkt 35 nach 887 Extremniederschlägen zu einer Schädigung des archäologischen Fundes.

Betrachtet man die Auswirkungen eines Referenzjahres Mais kombiniert mit konventioneller Bewirtschaftung (Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“), tritt erstmalig eine Denkmalsschädigung nach ca. 54 Referenzjahren auf.

### **Hotspot Leippen**

Die Ackerfläche „Leippen“ wird vom Bewirtschafter nicht konsequent konservierend sondern unterbrochen von Pflügen bestellt. Aus diesem Grund wird die Bewirtschaftungsform als konventionell eingeordnet. Landschaftsstrukturierende Erosionsschutzmaßnahmen wurden nicht geprüft, da durch den Landbewirtschafter diese Form des Erosionsschutzes abgelehnt wurde.

### *Auswertung der Modellierungsergebnisse*

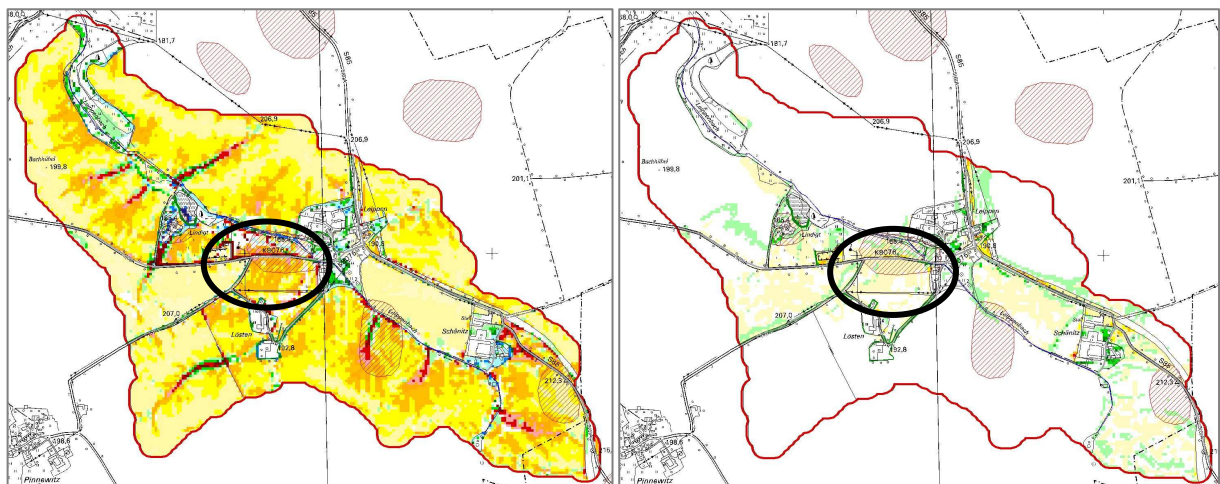


Abbildung 22: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ (links) und Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ (rechts) für das Landnutzungsszenario Regionaltypische Fruchtverteilung (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Der Szenarienvergleich von Konventioneller und Konservierenden Bewirtschaftung in Abbildung 23 zeigt eine deutliche Verringerung der Abtragsmengen im Fall der pfluglosen Bewirtschaftung. Für den Ackerschlag der Denkmalfläche wurden folgende Ergebnisse modelliert:

Der Anbau von Rüben führt im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ zum punktuell höchsten Abtrag von ca. 6 cm, gefolgt vom Maisanbau mit ca. 3 cm, Winterweizen mit 2,5 cm, Wintergerste mit 1,8 cm und Raps mit 1,8 cm. Im Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ sind alle Maximalabtragswerte kleiner als 1 mm. Auch die Depositionswerte verringern sich von Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ zu Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ deutlich. Der Höchstwert wurde im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ mit 5,7 cm Bodenauftrag für Maisanbau ermittelt, im Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ beträgt der maximale Depositionswert nur noch 1 mm. Für das Referenzjahr in Verbindung mit dem Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ und Maisanbau beträgt der maximale Abtragswert 3 mm und der maximale Auftragswert 1 mm.

Betrachtet man die durchschnittlichen Abtragswerte der Ackerfläche, ergeben sich für die Szenarien folgende Ergebnisse. Im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ wurde für Rübenanbau ein durchschnittlicher Abtrag von rd. 1,8 mm berechnet, für Maisanbau rd. 1 mm, gefolgt von Winterweizen (0,8 mm), Wintergerste (rd. 0,5 mm) und Raps (0,1 mm). Das Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ ergab für Rüben- und Maisanbau eine durchschnittliche Abtragsmenge von 0,02 mm, für Winterweizen, Wintergerste und Raps liegen die modellierten Durchschnittsabträge zwischen 0,002 und 0,005 mm.

Auf dieser Untersuchungsfläche konnten an 3 Punkten durch Bohrstocksondagen archäologische Funde mit Anfangstiefen von 30 bis 40 cm nachgewiesen werden. Wie bereits in Kapitel 4.2.2 unter dem Stichwort Landwirtschaft beschrieben, wird die Bearbeitungstiefe der Ackerfläche mit 30 cm angegeben. Demnach sind die Denkmalfunde in 30 cm Tiefe bereits jetzt durch den Pflugeinsatz unmittelbar gefährdet. Kombiniert man die Fundtiefen mit den Abtragswerten der jeweiligen Rasterzelle und nimmt eine flachere Bodenbearbeitung von 25 cm an, würde eine Gefährdung der ersten Fundstelle erst nach 46 fünfzigjährigen Extremniederschlägen auftreten. Weiter deutlich verringern würde sich das Risiko im Falle von Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“, die Anzahl der Niederschläge würde sich dann auf 193 erhöhen.

### ***Hotspot Pulsitz***

Die Ackerflächen im Bereich des archäologischen Denkmals sowie die angrenzenden Flächen werden ökologisch bewirtschaftet. Diese Bewirtschaftungsform verbietet jeglichen Einsatz von künstlichen Pflanzenschutzmitteln (PSM) und ist deshalb auf wendende Bodenbearbeitung durch den Pflug angewiesen.



### Auswertung der Modellierungsergebnisse

Das Modellierungsergebnis des Szenarios „Konventionelle Bewirtschaftung“ (Mais auf Denkmalfläche) zeigt in Abbildung 23 auf dem Acker zwei Bereiche (schwarz Ellipsen), die extrem hohe Abtragswerte aufweisen. Der westliche Bereich verläuft entlang der Ackerschlaggrenze. Die linienhafte Erosion wechselt im nördlichen Bereich auf den Ackerschlag der Denkmalfläche. Der zweite Bereich verstärkter Erosion befindet sich direkt auf der Ackerfläche direkt im Bereich der Denkmalfläche. Für diese Bereiche wurde ein landschaftsstrukturierendes Maßnahmenkonzept entwickelt.

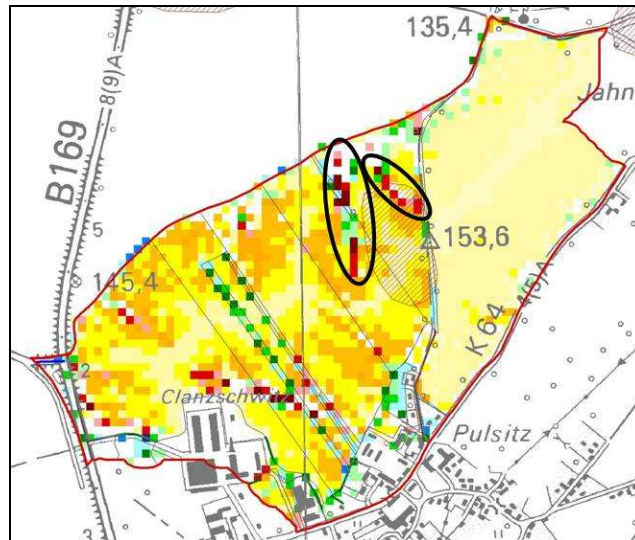


Abbildung 23: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ – Real-Case-Szenario – Hotspot Pulsitz (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Zunächst wurde der nordwestlich angrenzende Grünlandstreifen auf ca. 30 m verbreitert. Etwa mittig auf der Denkmalfläche wurde eine Entstehungsfläche flächenhafter Erosion identifiziert, die sich nach Nordwesten als lineare Erosionsform fortsetzt. Um die linienhafte Erosion zu verhindern, wurde im Szenario „Erosionsschutzmaßnahmen“ im Entstehungsbereich eine Grünlandfläche geplant, die an einen schon bestehenden Weg anschließt.

Die Modellierung des Extremniederschlages für die regionaltypischen Fruchtarten ergab erwartungsgemäß für das Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“, dass der Anbau von Rüben und Mais mit Maximalabtragswerten von 49 und 37 cm Boden als besonders erosionsfördernd einzustufen ist. Winterweizen, Wintergerste und Raps sind dagegen mit Maximalabtragswerten zwischen 1,8 und 0,4 cm wesentlich weniger erosionsgefährdet. Die Durchschnittsabtragswerte des Szenarios „Konventionelle Bewirtschaftung“ liegen für Rüben und Mais bei 3 mm und sinken für Winterweizen, Wintergerste und Raps auf Werte unter 1 mm (0,5 – 0,1 mm). Das Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ ergab für alle Modellierungsvarianten einen signifikanten Rückgang der Abtragswerte. Der maximale Erosionsbetrag sinkt für Rüben auf 1 mm und für Mais auf 0,1 mm, für Winterweizen, Wintergerste und Raps liegen die Abtrags- und Auftragsraten bei 0. Im Referenzjahr beträgt der maximale Abtrag 0,01 mm.

Vergleicht man die Werte der Szenarien „Konventionelle“ und „Konservierende Bewirtschaftung“ mit den Modellierungsergebnissen des Szenarios „Erosionsschutzmaßnahmen“, ist erkennbar, dass die geplanten Schutzmaßnahmen kombiniert mit konventionelle Bewirtschaftung eine Verbesserung der Erosionssituation für alle Simulationsvarianten bewirken. Die maximalen Abtragswerte verringern sich um 20 % bei Rübenanbau bis 58 % beim Anbau von Wintergerste.

Im Maßnahmeszenario „Konservierende Bewirtschaftung“ stellt sich die Situation anders dar. Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass die durch konservierende Bodenbearbeitung bereits deutlich reduzierten Abtragsbeträge durch die vorgeschlagenen Landschaftsstrukturen nur für Maisanbau um 47 % verringert werden. Für Winterweizen- und Rübenanbau konnten keine Verringerung der Abtragsbeträge ermittelt werden, sondern es sind gering erhöhte Abträge zu verzeichnen. Als mögliche Ursache kommt hier die Verstärkung der Erosionswirkung des Abflusses nach der Retention der erodierten Bodenpartikel in den Schutzhecken in Frage. Die abgetragenen Bodenbestandteile akkumulieren in den Schutzstreifen, das abfließende Wasser infiltriert jedoch nur unvollständig und kann nach Passage des Schutzstreifens wieder verstärkt Boden abtragen.

### *Bohrstocksondagen*

Auf der archäologischen Denkmalfläche wurden an 4 Punkten Befunde nachgewiesen. Die Fundtiefen lagen zwischen 40 und 52 cm und befinden sich damit unter dem Ap-Horizont. Im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ mit Feldfrucht Mais wurde für drei von vier Punkten Bodenabtrag ermittelt, am vierten Punkt findet Bodenauftrag statt. Der höchste Abtragswert von 0,6 mm wurde für die Fundstelle mit der Anfangstiefe von 40 cm ermittelt. Berechnet man darauf basierend den ersten Anschnitt des Denkmals bei einer Pflugtiefe von 25 cm, resultieren daraus 261 50jährige Extremniederschläge. Bei Reduzierung auf eine Tiefe von 20 cm resultieren 349 Niederschläge und bis der Fund sich an der Bodenoberfläche befindet, müssen 697 50jährige Niederschläge stattfinden.

Das Szenario der Schutzmaßnahmen wurde in diesem Fall nicht berücksichtigt, da sich die geplanten Maßnahmen nicht im Bereich der Bohrstocksondagen befinden.

### ***Hotspot Schwochau***

#### *Auswertung der Modellierungsergebnisse*

Der Hotspot Schwochau ergibt für Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ ein ähnliches Bild wie für die zuvor beschriebenen Hotspot-Flächen. Für den 50jährigen Niederschlag im Juni tritt der höchste punktuelle Abtrag von 24 cm bei Rübenanbau auf, der niedrigste Abtrag bei Rapsanbau mit 2,5 cm. Die durchschnittlichen Abtragswerte liegen für Rüben, Mais und Winterweizen zwischen 1,6 bis 0,9 mm, Wintergerste und Raps weisen deutlich geringere Durchschnittswerte unter 0,5 mm auf. Alle maximalen Abtragswerte des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ liegen unter 0,5 mm.

Die konzipierten Maßnahmen des Szenarios „Erosionsschutzmaßnahmen“ konzentrieren sich auf den Oberhangbereich der Denkmalfläche. Auf dem Plateau der Ackerfläche findet nur geringfügig Erosion statt. Im Oberhangbereich treten dann deutlich höhere Abtragswerte auf. Aus diesem Grund wurden zwei hangparallele Grünlandstreifen im Oberhangbereich vorgesehen. Die Modellierungsergebnisse dieses Szenarios bestätigen die erosionsmindernde Wirkung der Maßnahmen. Allerdings sind die beiden Grünlandstreifen mit Abtragsminderungen von ca. 2% in der Gesamtbilanz des Ackers nur gering erosionsmindernd.

Werden die maximalen Abtragswerte des Szenarios „Konventionelle Bewirtschaftung“ angenommen, ist bei Rübenanbau ein einziger 50jähriger Niederschlag, zwei Niederschläge dieser Stärke bei Mais- und Winterweizenanbau, 4 Niederschläge im Falle von Wintergerstenanbau und beim Anbau von Raps 12 Niederschlagsereignisse ausreichend, um punktuell 30 cm Oberboden abzutragen,.

Im Falle des Durchschnittswertes erhöhen sich die Beträge auf Werte von 194 Niederschlägen für Rüben bis zu 1654 Niederschläge für Rapsanbau.

Für das Szenario „Erosionsschutzmaßnahmen“ ergeben die Simulationen keine oder nur geringfügige Verbesserungen. Die durchschnittlichen Abtragsraten liegen nur unwesentlich unter denen der Szenarien „Konventionelle“ und „Konservierende Bewirtschaftung“. Damit erfüllen die geplanten Grünlandstreifen nur unzureichend die erwartete erosionshemmende Funktion.

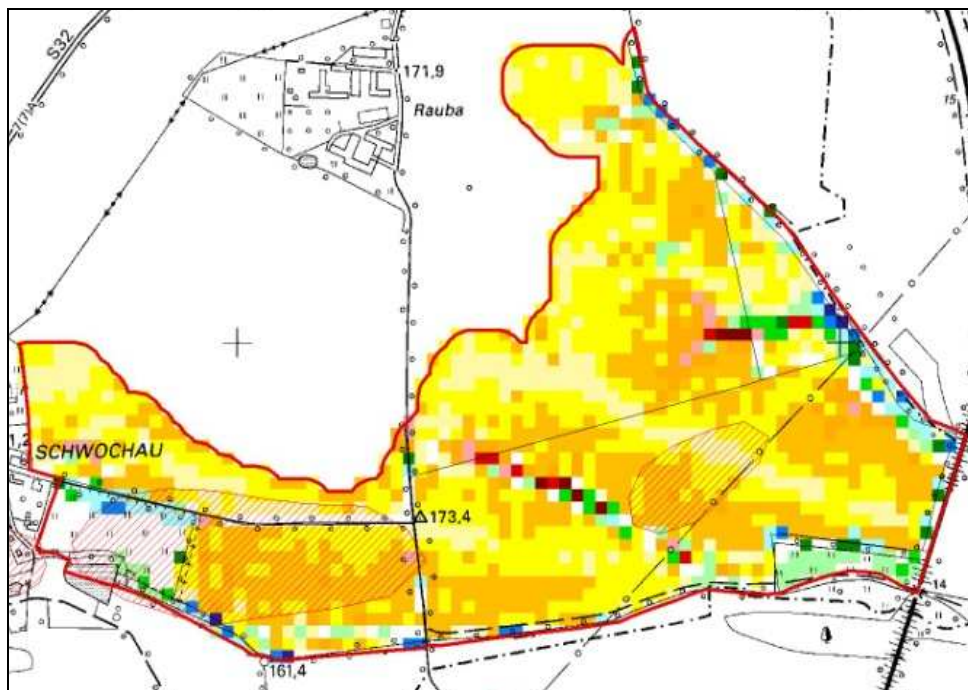


Abbildung 24: Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ – Real-Case-Szenario – Hotspot Schwochau (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Die Bohrstocksondagen ergaben für den Hotspot Schwochau keine signifikanten archäologischen Befunde. Nur an einem Punkt wurde in 35 cm Tiefe ein möglicher Befund festgestellt.

### ***Hotspot Zscheilitz Süd***

Die Untersuchungsfläche Zscheilitz wird derzeit konservierend bewirtschaftet. Es wird davon ausgegangen, dass die pfluglose Bewirtschaftung dauerhaft angewandt wird. Zusätzlich wurde vom Landbewirtschafter bereits ein Brachstreifen zum Schutz des archäologischen Denkmals angelegt. Damit entspricht die aktuelle Bewirtschaftung dem Szenario „Erosionsschutzmaßnahmen“. Zum Vergleich wurden die Verhältnisse am Hotspot Zscheilitz ohne Erosionsschutzmaßnahmen mit den Annahmen der Szenarien „Konventionelle“ und „Konservierende Bewirtschaftung“ modelliert.

### *Auswertung der Modellierungsergebnisse*

Für die derzeitige Situation – Konservierende Feldbewirtschaftung mit Erosionsschutzmaßnahme - liegen die maximalen Abtragswerte zwischen 4 mm (Rüben) und 0,1 mm (Raps). Im Falle einer konventionellen Bewirtschaftung würden diese Erosionsbeträge deutlich auf 11 cm (Raps) bis zu 220 cm (Rüben) ansteigen. Die durchschnittliche Abtragsrate wurde für die aktuelle Bewirtschaftung für Raps und Mais mit 0,03 mm ermittelt und liegt für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Raps bei 0 mm. Im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ sind die Werte höher und liegen für Rüben bei einem durchschnittlichen Abtrag von 13 mm, für Mais bei 8 mm und für Winterweizen bei 3 mm. Diese im Vergleich zu den vier anderen Hotspot-Flächen deutlich höheren Abtragswerte resultieren aus den Reliefbedingungen des Ackerschlags. Wie in Abbildung 25 zu erkennen ist, wird die Ackerfläche von einer Tiefenlinie durchzogen, in die aus dem südlichen Ackerbereich eine weitere kleinere Tiefenlinie mündet. In diesen Tiefenlinien treten aufgrund der Abflusskumulation deutlich höhere Erosionsbeträge auf als auf den Hangflächen und beeinflussen damit die Gesamtbilanz der Ackerfläche erheblich. Die archäologische Denkmalfläche liegt jedoch nicht im Bereich dieser Tiefenlinien, sondern auf der Plateaufläche und im Oberhangbereich des Ackers. Sie ist nur in geringem Maße von Erosion betroffen.

Durch die Bohrstocksondagen im Untersuchungsgebiet wurde an einem Punkt ein archäologischer Befund unter dem Ap-Horizont in einer Anfangstiefe von 35 cm erfasst. Da laut Modellierungsergebnis die derzeitige dauerhaft konservierende Bewirtschaftung kein Abtrag am Fundort verursacht, ist nicht von einer Gefährdung des archäologischen Denkmals durch Wassererosion auszugehen. Würde jedoch ein Wechsel von konservierender zu konventioneller Bewirtschaftung stattfinden, ist bei einer Pflugtiefe von 30 cm von einem Anschnitt des Denkmalfundes nach 77 fünfzigjährigen Extremniederschlägen und bei einer Pflugtiefe von 25 cm nach 154 Niederschlägen auszugehen.

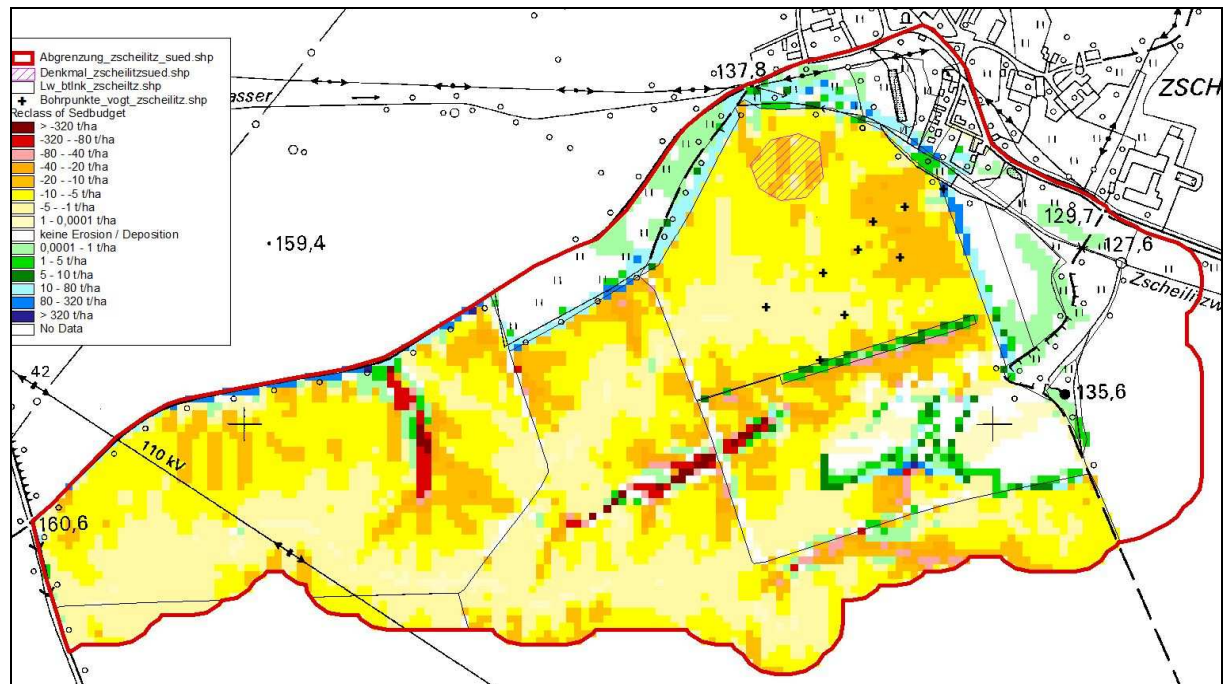


Abbildung 25: Hotspot Zscheilitz, Szenario 3 – Konventionelle Bodenbearbeitung mit Brachestreifen (Daten-grundlage: TK, GeoSN)

#### 4.1.3.7 Vergleichende Auswertung der Modellierungsergebnisse

In Tabelle 23 wird die Abfolge der Hotspot-Flächen bezogen auf die modellierten Abtragswerte dargestellt. Der Hotspot Zscheilitz ist demnach sowohl wegen der höchsten Maximalerosionswerte als auch wegen der höchsten durchschnittlichen Erosionsbeträge die gefährdetste Fläche. Es folgen die Hotspots Pulsitz und Piskowitz, für die die beiden Kriterien Maximal- und Durchschnittswert in der Einstufung übereinstimmen. Die beiden Hotspotflächen Schwochau und Leippen differieren in der Einstufung jeweils um eine Stufe. Während Leippen die niedrigsten Maximalwerte aufweist, wurden für den Hotspot Schwochau die geringsten Durchschnittsabträge ermittelt.

Tabelle 23: Gefährdungsabstufung der ausgewählten Hotspot-Flächen

| Gefährdungsabstufung * | Maximalabtragswert | Durchschnittsabtragswert |
|------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1                      | Zscheilitz         | Zscheilitz               |
| 2                      | Pulsitz            | Pulsitz                  |
| 3                      | Piskowitz          | Piskowitz                |
| 4                      | Schwochau          | Leippen                  |
| 5                      | Leippen            | Schwochau                |

\* 1 - höchster Wert, 5 - niedrigster Wert

Als erosionsanfälligste Feldfrucht wurde die Rübe, gefolgt von Mais ermittelt. Nur für Piskowitz wurde ein höheres Risiko für Mais als für Rüben festgestellt. Für alle Hotspot-Flächen wurde Raps als die am wenigsten erosionsanfällige Feldfrucht ermittelt (vergl. dazu Tabelle 24).

Tabelle 24: Erosionsgefährdung der regionaltypischen Feldfrüchte

| Feldfrüchte  | Leippen | Piskowitz | Pulsitz | Schwochau | Zscheilitz |
|--------------|---------|-----------|---------|-----------|------------|
| Mais         | 2       | 1         | 2       | 2         | 2          |
| Rüben        | 1       | 2         | 1       | 1         | 1          |
| Winterweizen | 3       | 3         | 3       | 3         | 3          |
| Wintergerste | 4       | /         | 4       | 4         | 4          |
| Raps         | 5       | 4         | 5       | 5         | 5          |

1 – höchste Abtragsrate, 5 – niedrigste Abtragsrate

Berücksichtigt man die Ergebnisse der Bohrstocksondagen um die Gefährdung der Hotspotflächen zu ermitteln, können durch die Kombination der modellierten Abtragswerte der jeweiligen Rasterzelle mit der Bewirtschaftungstiefe Aussagen zur Anzahl der 50jährigen Extremniederschläge getroffen werden, die zu einem erosiven Anschnitt der Bodenfunde führen würde (Tabelle 25). Erkennbar ist, dass die Denkmalfunde der Hotspots Leippen, Piskowitz und Schwochau in 25 – 30 cm Tiefe bei anhaltender Bewirtschaftung mit Tiefen von 25 bis 30 cm durch weitere Extremniederschläge akut gefährdet sind. Für Pulsitz wurden bei 40 cm Fundtiefe 261 und für Zscheilitz bei 35 cm Fundtiefe 154 fünfzigjährige Extremniederschläge bis zum ersten Anschnitt des Denkmalfundes berechnet.

Tabelle 25: Gefährdung der archäologischen Fundstellen, bezogen auf modellierte Abtragswerte der entsprechenden Rasterzelle

| Hotspot          | Min. Anfangstiefe [cm] der archäologischen Befunde | Abtragsrate [mm]/ Rasterzelle der Fundstelle <sup>(4)</sup> | Max. Bewirtschaftungstiefe [cm] | Anzahl der 50jährigen NS bis zum Denkmalan-schnitt |
|------------------|--|---|---------------------------------|--|
| <b>Leippen</b>   | 30   | 0,6; 1,08 <sup>(2)</sup>                                    | 30                              | <b>0</b>   |
| <b>Piskowitz</b> | 25   | 0,54 – 2,64 <sup>(3)</sup>                                  | 25                              | <b>0</b>   |
| Pulsitz          | 40   | 0,57  | 25 <sup>(1)</sup>               | 261  |
| <b>Schwochau</b> | 30   | 0,18  | 30 <sup>(1)</sup>               | <b>0</b>   |
| Zscheilitz       | 35   | 0,65  | 25 <sup>(1)</sup>               | 154  |

<sup>(1)</sup> Annahme aufgrund der vorliegenden Informationen zur Bewirtschaftungsweise

<sup>(2)</sup> Hotspot Leippen: 2 Befunde in 30 cm Tiefe

<sup>(3)</sup> Hotspot Piskowitz: 5 Befunde in 25 cm Tiefe

<sup>(4)</sup> Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“: 50jähr. NS, konventionelle Bewirtschaftung, Maisanbau

Ein ähnliches Ergebnis zeigt Tabelle 26. Statt der Rasterzelle des Fundortes wurde hier der Durchschnittsabtragswert des 50jährigen Niederschlagsereignisses auf der Ackerfläche als Bewertungskriterium gewählt. Durch die geringe Tiefe der archäologischen Befunde in Leippen, Piskowitz und Schwochau besteht auch für diesen Fall eine unverändert akute Gefährdung der Denkmäler.

Die durchschnittliche Abtragsrate der erosionsanfälligsten Feldfrucht zeigt für alle Hotspotflächen außer Pulsitz eine unmittelbare Gefährdung der Denkmäler. Für die Flächen Pulsitz und Zscheilitz ist

der durchschnittliche Abtrag höher als der Einzelwert der Rasterzelle. Dadurch verringert sich die Anzahl der Extremniederschläge auf 45 NS für Pulsitz bzw. 8 NS für Zscheilitz.

**Tabelle 26: Gefährdung der archäologischen Fundstellen, bezogen auf Durchschnittsabtragswerte der Modellierung**

| Hotspot    | Minimale Tiefe [cm] der archäologischen Befunde | Durchschnittliche Abtragsrate [mm]/ für 50jähr. NS | Max. Bewirtschaftungstiefe [cm] | Anzahl der 50jährigen NS bis zum Denkmalanschnitt |
|------------|---|--|---------------------------------|---|
| Leippen    | 30  | Rüben 1,8  | 30                              | 0   |
| Piskowitz  | 25  | Mais 2,0   | 25                              | 0   |
| Pulsitz    | 40  | Rüben 3,3  | 25 <sup>(1)</sup>               | 45  |
| Schwochau  | 30  | Rüben 1,6  | 30 <sup>(1)</sup>               | 0   |
| Zscheilitz | 35  | Rüben 13,3   | 25 <sup>(1)</sup>               | 8   |

<sup>(1)</sup> Annahme aufgrund der vorliegenden Informationen zur Bewirtschaftungsweise

**Tabelle 27: Durchschnittliche Abnahme des Bodenabtrags [%] Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ im Vergleich zu Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ für Maximal- und Durchschnittswerte**

| Hotspot    | Abtragsverringerung* [%] |                     |
|------------|--------------------------|---------------------|
|            | Abtragsmaximum           | Abtragsdurchschnitt |
| Leippen    | 5,3                      | 1,6                 |
| Piskowitz  | 27,4                     | 4,2                 |
| Pulsitz    | ohne Maßnahme            | 0,1                 |
|            | mit Maßnahme             | 0,2                 |
| Schwochau  | ohne Maßnahme            | 0,3                 |
|            | mit Maßnahme             | 0,3                 |
| Zscheilitz | ohne Maßnahme            | 0,21                |
|            | mit Maßnahme             | 0,18                |

\*(Durchschnittswert aus 5 regionaltypischen Feldfrüchten Mais, Rüben, Winterweizen, Wintergerste und Raps)

Auf Basis der modellierten Abtragswerte der Fundrasterzelle und der daraus abgeleiteten Niederschlagsanzahl (siehe Tabelle 27) wurde für Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ geprüft, um welchen Betrag sich die Anzahl der Niederschlagsereignisse bei einer Verringerung der Bewirtschaftungstiefe um 5 cm erhöht, bis es zum ersten Anschnitt des Denkmals kommen würde.

Aus dem Mittelwert der tatsächlichen Fundstellen und den jeweilig ermittelten Ab- oder Aufträgen resultieren die Ergebnisse in Tabelle 28.

**Tabelle 28: Anzahl der zusätzlichen 50-jährigen Niederschläge bei Verringerung der Bearbeitungstiefe des Pfluges um 5 cm für Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ bezogen auf Durchschnittsabtragswerte**

| Hotspot    | Bearbeitungstiefe | Anzahl der zusätzlichen 50jährigen Niederschläge bei Verringerung der Bearbeitungstiefe um 5 cm für Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ |
|------------|-------------------|---|
| Leippen    |                   | 61  |
| Piskowitz  |                   | 44  |
| Pulsitz    |                   | 138   |
| Schwochau  |                   | 275   |
| Zscheilitz |                   | 77  |

Für den Fall, dass die Pflugtiefe um 5 cm verringert werden würde, steigt die Anzahl der fünfzigjährigen Niederschläge für den Hotspot Piskowitz, mit 44 Ereignissen am geringsten und mit 275 zusätzlichen Niederschlägen für den Hotspot Schwochau am stärksten.



## 4.2 Fallbeispiel 2 – Artenschutzschwerpunkt Flussperlmuschel

Die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) zählt laut der Roten Liste Sachsen (SLfUG, 2006) zu den vom Aussterben bedrohten Arten und wird in die Gefährdungskategorie 1 eingestuft. Auch in der "Roten Liste gefährdeter Tierarten Deutschlands" (BINOT ET AL., 1998) sowie in der Naturschutzverordnung der Tschechischen Republik und in der regionalen Liste Bayerns ist die Flussperlmuschel unter der höchsten Gefährdungsstufe aufgeführt. Das „Invertebrate Red Data Book“ der International Union for the Conservation of Nature (IUCN) ordnet die Spezies weltweit unter der zweithöchsten Gefährdungsstufe „vulnerable“ ein. In der Flora-Fauna-Habitat (FFH) -Richtlinie der Europäischen Union (92/43/EWG) wird die Flussperlmuschel im Anhang II und im Anhang V aufgeführt. Sie ist damit eine Tierart von gemeinschaftlichem Interesse (FFH-Art 1029), für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen.

Das Vorkommen der Flussperlmuscheln ist nach SLfUG (2008) geknüpft an unbelastete, sommerkühle und strukturreiche Gewässer hoher Gewässergüte. Das Wasser sollte klar, sauerstoffreich, kalk-, nährstoff- und eisenarm und die Gewässersohle kiesig bis steinig ausgeprägt sein. Durch den geringen Stoffwechsel der Muschel sollte der Sauerstoffgehalt des Wassers hoch sein. Im Fortpflanzungszyklus der Flussperlmuschel werden die Larven als Glochidien in das Fließgewässer abgegeben und setzen in diesem Stadium sich in den Kiemen eines Wirtsfisches fest. Für die Flussperlmuschel sind das in Europa die Jungtiere der Bachforelle, die noch keine Immunreaktionen auf das Festsetzen entwickelt haben. Nach einer Winterperiode haben sich aus den Glochidien Jungmuscheln entwickelt. Diese fallen aus den Kiemen des Wirtsfisches im Juni ab und verbringen die nächsten fünf Jahre im Bachsubstrat. Diese fünf Jahre gelten als das empfindlichste aber auch als das am geringsten erforschte Lebensstadium der Flussperlmuscheln. Die Überlebensrate der Muschel in diesem Zeitraum beträgt etwa 5 % (vgl. dazu STRACK 2002). Jede Form der Beeinträchtigung, wie z.B. Abwassereinleitungen oder diffuse Stoffeinträgen aus Siedlungen, Landwirtschaft und Verkehr in den Flussperlmuschellebensraum sowie die Verringerung der Wasserqualität durch Herabsetzen des pH-Wertes stellt eine grundsätzliche Gefährdung dieser Spezies dar. Aus diesem Grund sind die Lokalisierung und Quantifizierung möglicher Stoffeintragspfade in die Lebensräume der Flussperlmuschel wesentliche Schritte zur Ableitung geeigneter Schutzmaßnahmen und zur Erarbeitung eines nachhaltigen Schutzkonzeptes. Dazu fehlen laut FUCHS ET AL. (2004) für kleine bis mittlere Flusseinzugsgebiete bisher geeignete Instrumente, die die einzelnen Emissionspfade in Gewässer darstellen und die Maßnahmenplanung zur Belastungsminderung unterstützen. Eingebunden in das INTERREG III-Projekt „Flussperlmuschel Dreiländereck“ (Projekträger Anglerverband Südsachsen e.V./ SN-01-I1-3-C0203-EEV) kommt in der vorliegenden Arbeit das Erosionsmodell EROSION 3D zur Anwendung (siehe auch SCHOB 2006b)

um durch Bodenerosion bedingte, diffuse Stoffeinträge in den Lebensraum der Flussperlmuschel zu untersuchen.

Neben der Quantifizierung und Lokalisierung der Einträge besteht ein weiterer Schwerpunkt der Aufgabenstellung darin, geeignete Maßnahmen zur Minimierung der diffusen Stoffeinträge unter Nutzung des Modells EROSION 3D zu planen und zu überprüfen.

### 4.2.1 Beschreibung der Untersuchungsgebiete

#### 4.2.1.1 Geographische Lage

Die Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach befinden sich im südwestlichsten Teil Sachsens im Dreiländereck Sachsen/ Bayern/ Tschechien. Administrativ werden sie, wie in Abbildung 26 zu erkennen, dem Vogtlandkreis im Regierungsbezirk Chemnitz zugeordnet. Die Flächen liegen im Elstergebirge und gehören zum Einzugsgebiet der Weißen Elster. Das gesamte Einzugsgebiet des Triebelbachs entwässert ca. 40 km<sup>2</sup> und mündet bei Pirk in die Weiße Elster. Der Raunerbach hat eine Einzugsgebietsgröße von ca. 45 km<sup>2</sup>. Seine Mündung in die Weiße Elster befindet sich nahe der Ortschaft Mühlhausen/ Bad Elster. Sowohl die hier vorgestellte Untersuchungsfläche des Triebelbachs als auch die des Raunerbachs befinden sich im Oberlauf beider Fließgewässer. Die Fläche des Untersuchungsgebietes Triebelbach beträgt 15 km<sup>2</sup> und die des Untersuchungsgebietes Raunerbach 13 km<sup>2</sup>.

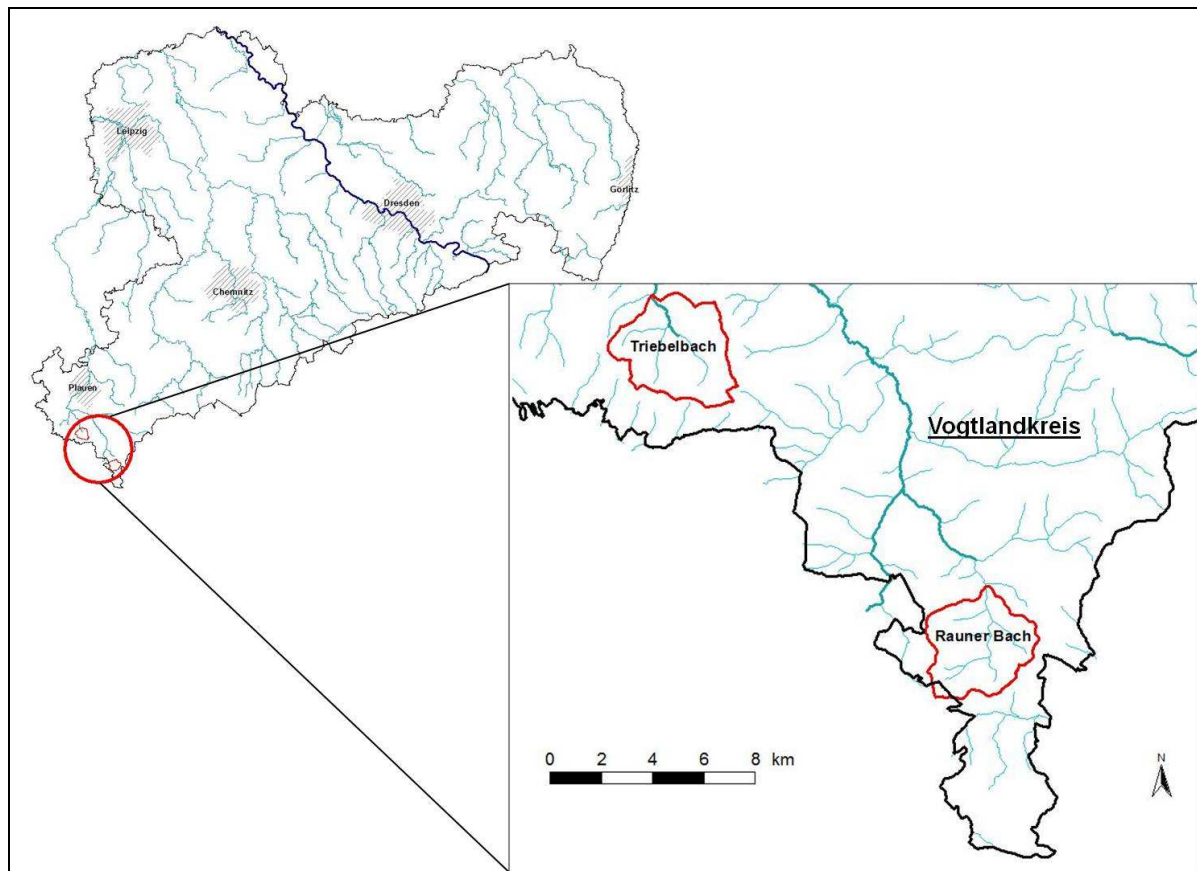


Abbildung 26: Lage der Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach (Datengrundlage: TK, GeoSN; Fließgewässer, SLfULG)

### **4.2.1.2 *Naturräumliche Gliederung und Relief***

Das Untersuchungsgebiet des Triebelbachs ist Teil des Nördlichen Elstergebirges und das Untersuchungsgebiet des Rauner Baches Teil des Südlichen Elstergebirges. Beide Untersuchungsgebiete werden dem Oberen Vogtland zugeordnet. Das Triebelbach-Gebiet weist Höhen von 460 bis 630 m ü. NN auf und ist durch die Sohlentäler des Triebelbachs, des Oelsbachs und des Kugelangerbachs und die sich daran anschließenden Flachrücken geprägt. Im Untersuchungsgebiet Raunerbach entwässern Oberbrambacher Bach, Kleedorfer und Wiesenbach, Lohwiesenbach, Grünbach sowie Rauner Wasser in den Raunerbach. Die Fließgewässer gliedern die Flächen in stark zertalte Hochflächen und tief eingeschnittene Täler mit Höhen von 490 m ü. NN bis 715 m ü. NN.

### **4.2.1.3 *Geologie***

Beide Untersuchungsgebiete sind Bestandteile des Elstergebirges und befinden sich auf einem altkristallinen paläozoischen Gesteinssockel. Dieser setzt sich zusammen aus tonschieferähnlichen Phylliten und Quarzphylliten. Die Substrate bilden die Ausgangsbasis für überwiegend ärmere Böden (BASTIAN 2007). Das Untersuchungsgebiet Raunerbach quert die Muskovit- und Zweiglimmerschiefer der Oberbrambacher und Rohrbacher Folge sowie verschiedene Phyllite der Rauner bis Klingenthaler Serie. Das Untersuchungsgebiet des Triebelbaches wird dominiert von ordovizischen Phycodenschiefer mit sporadischen Vorkommen von Metabasiten. Die südöstlichen Quellbäche schneiden die Phyllitverbreitungsgebiete (SCHADE 2004).

### **4.2.1.4 *Böden***

Das Untersuchungsgebiet Triebelbach wird der Bodenlandschaft „Elstergebirge“ und das Gebiet Raunerbach der Bodenlandschaft des „Östlichen Fichtelgebirges“ zugeordnet. In beiden Untersuchungsgebieten sind die Auenbereiche als Gleye lehmig-sandiger Flussablagerungen über sandig-kiesigen Terrassenschüttungen oder auch quartären Deckschichten aus Felsgestein ausgeprägt. In Hangbereichen findet man überwiegend Podsol- und Pseudogleybraunerden oder Braunerde-Podsogleye.

Laut Bodenkonzeptkarte (BKkonz) des SLFULG sind in beiden Gebieten auf den Waldflächen sandig-lehmiger Schluff bis schluffiger Lehm die dominierenden Bodenarten. Für die Ackerflächen lagen keine Datengrundlagen mit der benötigten Genauigkeit vor. Aus diesem Grund wurden auf den ackerbaulich genutzten Standorten der Untersuchungsgebiete 25 Bodenproben zur Ermittlung der Korngrößenzusammensetzung, des Gehaltes an organischem Kohlenstoff und des Phosphorgehaltes durchgeführt. Im Untersuchungsgebiet Triebelbach wurden 14 Proben und im Untersuchungsgebiet Raunerbach 11 Proben genommen, Die Aufnahme im Gelände erfolgte nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN (1994). Die Lage der Probenpunkte sowie die Angaben der Konzeptbodenkarte zu den Bodenarten sind in Abbildung 27 dargestellt.

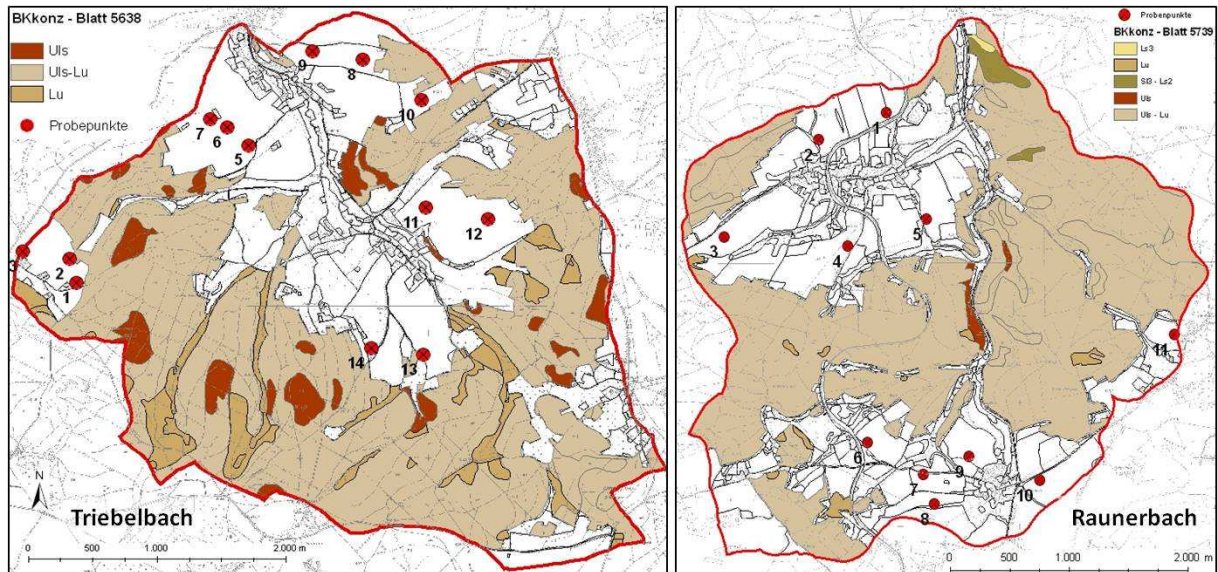


Abbildung 27: Bodenartenverteilung (BKkonz) und Beprobungspunkte der Untersuchungsgebiete (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG)

#### 4.2.1.5 Klimatische Verhältnisse

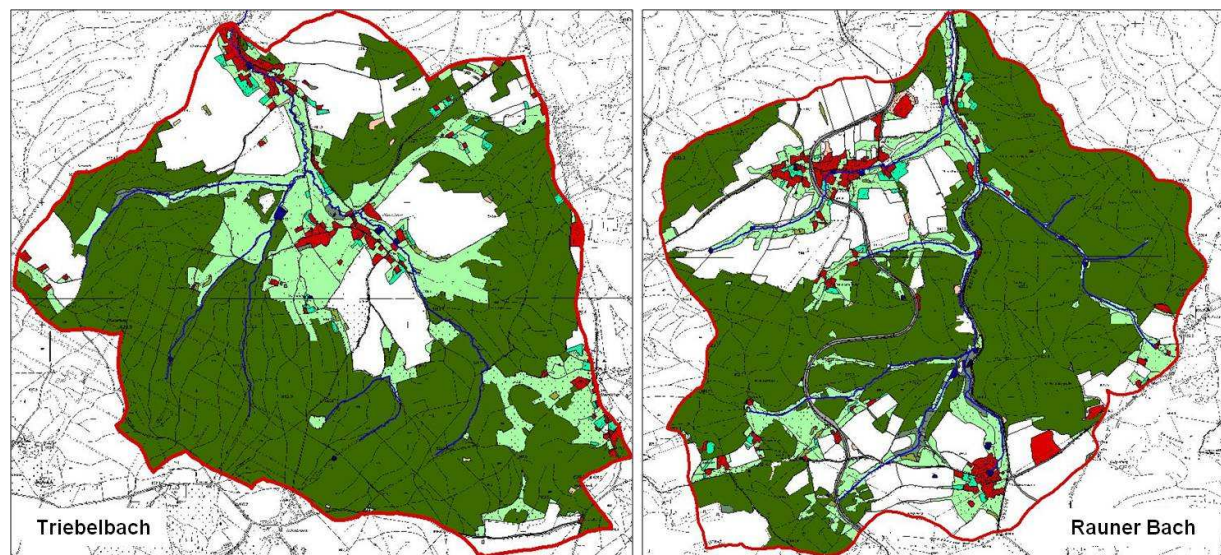
Ordnet man die Untersuchungsgebiete in die, in Anlehnung an die naturräumliche Gliederung Sachsens gebildeten, Subregionen des DWD-Gutachten (Reg. Nr. 322-93) ein, so liegt das Raunerbachgebiet in der Subregion Vogtland und das Triebelbach-Gebiet in der Subregion Oberes Erzgebirge/ Oberes Vogtland. Die Jahresniederschlagssummen liegen zwischen 700 und 800 mm. Die Umschließung der Untersuchungsgebiete an drei Seiten durch den Thüringer und Frankenwald im Westen, das Fichtelgebirge im Süden und das Erzgebirge im Osten bedingt großräumige Leebereiche (Regenschatten). Nach Süden nimmt der Luveffekt mit ansteigenden Jahresniederschlagssummen zu.

#### 4.2.1.6 Landnutzung und Landwirtschaft

Basis der Landnutzungsdaten sind die Daten der CIR-Biototypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK). Aus der prozentualen Verteilung von Acker, Wald und Grünland der Untersuchungsgebiete, dargestellt in Tabelle 29, wird ersichtlich, dass die landwirtschaftliche Nutzung in den Untersuchungsgebieten nur eine untergeordnete Rolle einnimmt und über die Hälfte der Untersuchungsflächen mit Wald bedeckt ist.

**Tabelle 29: Landnutzungsverteilung [%] Acker, Wald, Grünland in den Untersuchungsgebieten**

| Untersuchungsgebiete | Flächengröße [ha] | Flächenanteile [%] |      |          |
|----------------------|-------------------|--------------------|------|----------|
|                      |                   | Acker              | Wald | Grünland |
| Triebelbach          | 1465              | 21                 | 59   | 16       |
| Raunerbach           | 1310              | 24                 | 53   | 14       |



*Abbildung 28: Landnutzung in den Untersuchungsgebieten: dunkelgrün – Wald, hellgrün – Grünland, rot – Bebauung (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkzeptkarte Sachsen, SLfULG)*

Die landwirtschaftlichen Angaben wurden im Untersuchungsgebiet Triebelbach durch eine Kartierung der angebaute Feldfrüchte (Stand 2006) und eine Befragung der Bewirtschafter weiter differenziert. Erfasst wurden Informationen zu Fruchtfolgen sowie den angewandten Bewirtschaftungsmethoden, differenziert nach konventioneller und konservierender Feldbestellung. Im Triebelbach-Gebiet wurden diese Informationen für mehr als 90 % der Ackerflächen bereitgestellt, da diese Ackerflächen von einem einzigen Agrarbetrieb bewirtschaftet werden. Demnach wird Zusätzlich stellte dieser Betrieb Angaben über Phosphorgehalte der Ackerflächen zur Verfügung.

Im Gebiet des Raunerbachs stellt sich die Situation anders dar. Das Untersuchungsgebiet wird von vielen Einzelbetrieben kleinräumig bewirtschaftet, so dass in diesem Fall eine Befragung der Landwir-

te nicht möglich war. Die Feldfrüchte wurden im August 2006 kartiert. Zur Bewirtschaftungsform wurde basierend auf den Kartierungsergebnissen in den Modellierungsläufen die Annahme getroffen, dass die Flächen nicht durchgängig konservierend bewirtschaftet und demnach als konventionell bewirtschaftet parametrisiert wurden. Informationen der Landbewirtschafter standen für die Untersuchung nicht zur Verfügung. Angaben zu Phosphorgehalten der Ackerflächen im Gebiet Raunerbach lagen ebenfalls nicht vor.

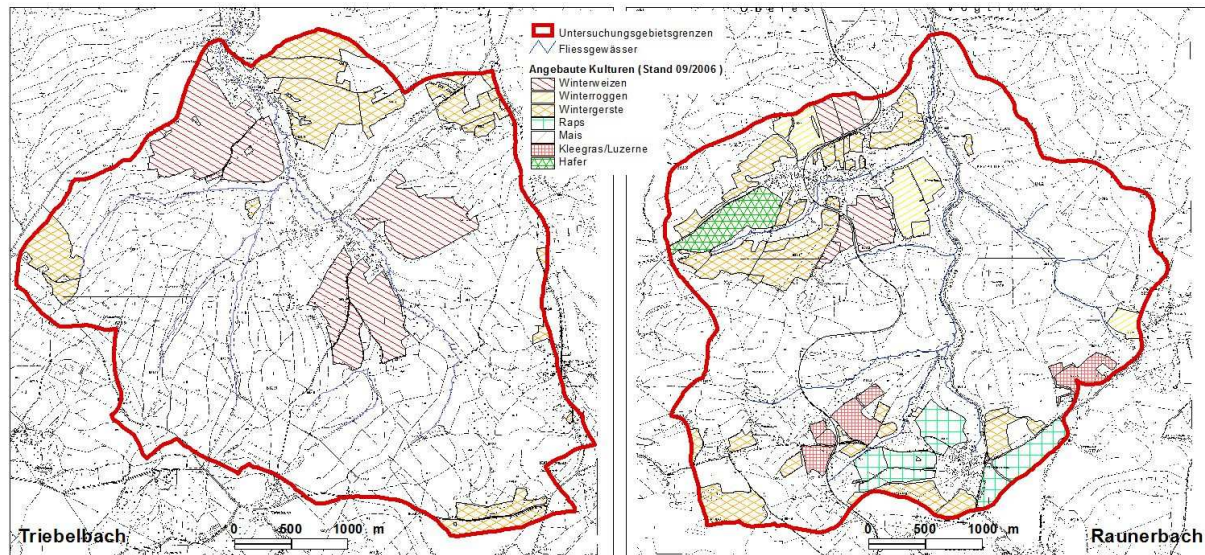


Abbildung 29: Landwirtschaftliche Nutzung 2006 in den Untersuchungsgebieten (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzepkarte Sachsen, SLfULG)

#### 4.2.1.7 Bestehende Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet Raunerbach liegt vollständig im Landschaftsschutzgebiet „Oberes Vogtland“ und im Naturpark „Erzgebirge/ Vogtland“. Entlang des Fließgewässers befindet der südliche Teil des FFH-Gebietes „Raunerbach - und Haarbachtal“, das abgesehen von geringfügigen Abweichungen ebenfalls als Naturschutzgebiet ausgewiesen wurde. Im Südosten des UG liegt der westliche Teil des FFH-Gebietes „Bergwiesen um Rohrbach und Hennebachtal“.

Das Untersuchungsgebiet Triebelbach umfasst den südlichen Teil des FFH-Gebietes „Triebelbachtal“. Die Abgrenzung des FFH-Gebietes erfolgt entlang der Fließgewässer. Das Untersuchungsgebiet Triebelbach befindet sich ebenfalls im Naturpark „Erzgebirge/ Vogtland“ und umfasst das Flächennaturdenkmal „Triebelbach und seine Mühlgräben“.

#### 4.2.2 Gefährdungsursachen

Die Flussperlmuschel gilt als eine stenöke Muschelart, d.h. sie ist besonders an ganz spezielle Umweltbedingungen gebunden. In ihrer mindestens 60 Millionen Jahre dauernden Entwicklung hat sich die Flussperlmuschel perfekt an das Leben in nahrungsarmen, kühlen Gewässern angepasst. Aus diesem Grund reagieren die Individuen der Flussperlmuschel besonders empfindlich auf Veränderungen ihres Lebensraumes und sind von den Eingriffen des Menschen in die Ökosysteme am stärksten be-

troffen. Der gravierende Rückgang der Muschelbestände ist aufgrund des hohen Bekanntheitsgrades und dem früheren massenhaften Vorkommen relativ gut erforscht. Als Hauptursachen für die Abnahme des Artenbestandes gelten die *Gewässerverschmutzung* und *-eutrophierung*, der *Eintrag von Feinsedimenten* sowie die *Gewässerversauerung*.

Während unter *Gewässerverschmutzung* der anthropogen bedingte Eintrag organischer Substanz (z.B.: Fäkalabwässer, Abwässer aus der Papiererzeugung, Schlachthaus- und Molkereiabwässer) in das Fließgewässer zu verstehen ist, gilt der Nährstoffeintrag von z.B. Nitrat, Ammonium, Phosphat als *Eutrophierung*. Besonders empfindlich reagieren die im Bachgrund vergrabenen Jungmuscheln auf eine Verschlechterung der Wasserqualität. Es ist zu vermuten, dass die erhöhte Nährstoffkonzentration im Wasser höhere Konzentrationen an organischem Material im Sedimentlückenraum (Interstitial) des Bachbettes verursacht. Der dadurch bedingte mikrobielle Abbau dieser Substanzen führt zu einer Verringerung der Sauerstoffkonzentration und die Jungmuscheln ersticken.

Ein weiterer wesentlicher Grund für den Rückgang der Flussperlmuschel ist der *Eintrag von Feinsedimenten* in Gewässer. Dies belegt ein Projekt an der Lutter (Lüneburger Heide, Deutschland). Trotz der guten Wasserqualität des Fließgewässers fand bis vor wenigen Jahren keine Reproduktion der Flussperlmuschel mehr statt. Nachdem jedoch die Feinsedimenteinträge ins Gewässer reduziert wurden, nimmt der Flussperlmuschelbestand heute wieder zu. Auch in diesem Fall sind insbesondere die im Bachgrund lebenden Jungmuscheln von hohen Feinsedimentkonzentrationen am stärksten betroffen. Die Verschlammung der Gewässersohle führt zu einer unzureichenden Durchströmung des Interstitials, der Sauergehalt der Bereiche sinkt und die Tiere ersticken (SCHMIDT & PARTNER GBR, 2007).

Außerdem gilt die *Gewässerversauerung* als weiterer Grund für den Artenrückgang. Die wird durch die zwei anthropogen bedingten Faktoren „Saurer Regen“ und „Anbau von Fichtenmonokulturen“ bedingt. Sie führen zum Absinken des pH-Wertes im Boden und den Fließgewässer. Es wird vermutet, dass das Absinken des pH-Wertes sowohl die Lösung von lebensraumbeeinträchtigenden Metallionen (u. A. Aluminiumionen) aus dem Boden und die damit einhergehende Vergiftung der Muschelbestände als auch das Herauslösen von Kalzium aus der Nahrung der Jungmuscheln bewirkt. Damit werden die Habitatanforderungen gestört, da die Muscheln für den Schalenaufbau große Kalziummengen benötigen. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieser Aspekt jedoch nicht weiter verfolgt.

Die erstgenannten Aspekte *Gewässerverschmutzung* und *-eutrophierung* und *Feinsedimenteintrag* gehen einher mit Stoffeinträgen in die Fließgewässer. Diese Stoffeinträge können nur zum Teil exakt lokalisierbaren punktuellen Einleitungen zugeordnet werden. Ein unterschiedlich großer Anteil wird dagegen durch diffuse Stoffeinträge hervorgerufen. Zu den diffusen Eintragsquellen zählen u.a. flächenhafte Bodenabträge und der damit verbundene Transport von Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Um den Schutz der Flussperlmuscheln effektiv zu verbessern, ist die Kenntnis der Eintragspfade unabdingbar. Da sich diese Pfade der unmittelbaren Beobachtung weitgehend entziehen, soll der Versuch unternommen werden, die Eintragspfade über Simulationsrechnungen zu ermitteln. Demzufolge soll

mit Hilfe dieser Arbeit der erosionsbedingte Eintrag von Feinsedimenten und der damit einhergehende diffuse Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmittel abgeschätzt und Maßnahmen abgeleitet werden.

### 4.2.3 Ergebnisse

#### 4.2.3.1 Laboranalysen

##### **Korngrößenverteilung**

Die experimentell ermittelten Feinbodenarten der landwirtschaftlichen Flächen stimmen größtenteils mit den vorliegenden Daten der BKkonz für die Waldflächen der Untersuchungsgebiete überein, Abweichungen der experimentell ermittelten Feinbodenarten von den Angaben der BKkonz sind nur geringfügig (siehe Tabelle 30).

**Tabelle 30: Vergleich der experimentell ermittelten Feinbodenarten mit den Angaben der BKkonz**

| Untersuchungsgebiet | Feinbodenarten BKkonz             | Feinbodenarten Laboranalyse |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Triebelbach         | Uls – Lu, Uls, Lu                 | 11 x Uls, 1 x Slu, 1 x Us   |
| Raunerbach          | Uls – Lu, Uls, Lu, Sl3 – Ls2, Ls3 | 7 x Slu, 5 x Su4            |

Die Ergebnisse der Körnungsanalysen wurden mit den topographischen Gegebenheiten und der Landnutzung abgeglichen. Punkte, die auf einer Ackerfläche liegen bzw. einer Raumeinheit angehören, wurden grundsätzlich zusammengefasst, d.h. dass die Werte mehrere Probenpunkte zu einem Durchschnittswert zusammengefasst wurden, da die experimentell ermittelten Bodenarten dieser Punkte übereinstimmen. Differenzen liegen ausschließlich in der Körnungsverteilung. Vereinfachend wurden deshalb die durchschnittlichen Sand-, Schluff- und Tongehalte ermittelt und für als Eingangsparameter verwendet. Es erfolgte eine Aggregation der Probenpunkte nach Ackerflächen unter bodenkundlichen Aspekten. Zusammengefasst wurden die Punkte, die auf einer oder benachbarten Ackerschlägen liegen bzw. den Ackerflächen, für die keine Körnungsanalysen vorliegen, wurden die nächstliegenden Ergebnisse zugeordnet.

Im Gebiet Triebelbach wurden die Probenpunkte 1 – 3, 5 -7, 8 – 10, 11 & 12 sowie 13 & 14 zusammengefasst und die Mittelwerte gebildet. Die durchschnittlichen Körnungen gehen danach als Ackerflächen 1 bis 5 (siehe Abbildung 30 links) in die Modellierungsszenarien ein. Die durchschnittlichen Körnungszusammensetzungen entsprechen in diesem Untersuchungsgebiet auf allen Ackerflächen der Feinbodenart Uls. Im Untersuchungsgebiet Raunerbach wurden die Ergebnisse der Probenpunkte 1 – 5 zur Ackerfläche 1 und die Ergebnisse der Probenpunkte 6 – 11 zur Ackerfläche 2 zusammengefasst (siehe Abbildung 30 rechts). Die durchschnittlichen Körnungszusammensetzungen entsprechen in diesem Untersuchungsgebiet auf beiden Ackerflächen der Feinbodenart Slu.



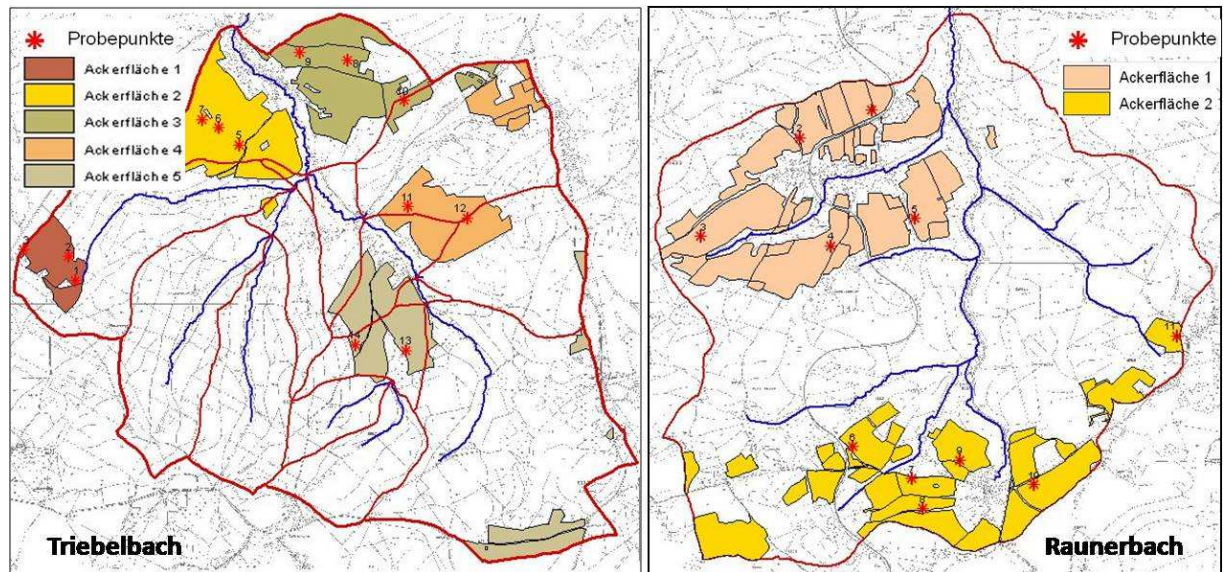


Abbildung 30: Aggregierte Probenpunkte der Landwirtschaftsflächen in den Untersuchungsgebieten Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkzeptkarte Sachsen, SLfULG)

### **Kohlenstoffgehalt**

Die Analyse des organischen Kohlenstoffgehaltes ergab für das Untersuchungsgebiet Triebelbach mit 2,81 % bis 3,74 % deutlich höhere Werte als der im Regelfall für die Bodenart Uls im Parameterkatalog angegebene Wert von 1,5 %.

Im Untersuchungsgebiet Raunerbach liegen die  $C_{org}$ -Werte zwischen 1,81 und 1,96 % und damit deutlich näher am Wert des Parameterkataloges für die Bodenart Slu von 1,2 %.

### **Phosphorgehalt**

Die Analytik zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates ( $P_2O_5$ ) wurde im Labor der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Neusörnewitz/ Coswig durchgeführt.

Im Gebiet Triebelbach liegen die analysierten  $P_2O_5$ -Werte zwischen 5 und 27 mg/ 100 g. Der Durchschnittswert für das Gesamtgebiet liegt bei 13 mg/ 100g. Im Gebiet Raunerbach bewegen sich die analysierten Werte zwischen 6 und 21 mg/ 100 g, der Durchschnittswert beträgt 10 mg/ 100 g.

Für die Interpretation der Ergebnisse muss zwingend berücksichtigt werden, dass die ermittelten Phosphatwerte Momentaufnahmen der Landnutzung 2006 zum Zeitpunkt Ende August sind. Die Beträge schwanken in Abhängigkeit von Jahreszeit und Bewirtschaftung.

Zur weiteren Bearbeitung wurden die Ergebnisse der Beprobung nach den Teileinzugsgebieten gruppiert und der jeweilige Mittelwert berechnet. Die Cluster wurden in Abhängigkeit vom Teileinzugsgebiet und den betrachteten Ackerflächen gebildet. Wenn ein Probenahmeort auf einer Ackerfläche lag, die gleichzeitig Bestandteil mehrerer Teileinzugsgebiete ist, wurde der Analysewert für alle Teileinzugsgebiete berücksichtigt, da man davon ausgehen kann, dass der jeweilige Ackerschlag annä-

hernd gleich bewirtschaftet wurde. Für die jeweiligen Untersuchungsgebiete wurden die Werte, wie in Tabelle 31 dargestellt, zusammengefasst.

**Tabelle 31: Aggregation der P2O5-Gehalte nach Ackerflächen der Teileinzugsgebiete**

| Teileinzugsgebiet               | Probenpunkte  | Mittelwert P2O5 [mg/100g] |
|---------------------------------|---------------|---------------------------|
| Untersuchungsgebiet Raunerbach  |               |                           |
| 1                               | 2, 4, 3       | 14                        |
| 2                               | 1, 2, 5       | 13,3                      |
| 5                               | 11            | 6                         |
| 6                               | 5             | 15                        |
| 7                               | 4, 5          | 14                        |
| 9                               | 6             | 7                         |
| 11                              | 9, 10         | 7                         |
| 12                              | 6, 7, 8, 9    | 7,25                      |
| Untersuchungsgebiet Triebelbach |               |                           |
| 1                               | 5, 6, 7, 8, 9 | 15,6                      |
| 2                               | 11, 12        | 10,5                      |
| 3                               | 3, 2, 1       | 11                        |
| 6                               | 12            | 12                        |
| 8                               | 14, 12        | 11,5                      |
| 13                              | 14, 13        | 15,5                      |

Die durchschnittlichen P-Werte der Ackerflächen liegen mit Werten  $> 10,5$  mg/ 100g Boden lt. Tabelle des LfULG „Grenzwerte [mg/100g Boden] der Versorgungsstufen für Makronährstoffe und pH-Stufen des Bodens, Angaben für die Nutzungsart Ackerland“ (Stand 07/ 2012) für beide Untersuchungsgebiete mehrheitlich in der Versorgungsstufe E und sind damit als „Sehr hoch“ zu bewerten. Lediglich im Gebiet Raunerbach weisen einige Ackerflächen mit P-Gehalten von 6 und 7 mg/100g Boden die Versorgungsstufe C „Anzustreben“ auf.

#### 4.2.3.2 Modellierungsszenarien

Nach der Erstellung des Basisdatensatzes aus Landnutzungs-, Boden- und Reliefdaten für die Untersuchungsgebiete wurden für die Untersuchungsgebiete folgende Szenarien simuliert:

*Szenario Saatbettkombination, gepflügt auf allen Ackerflächen* - Um Aussagen zur maximalen, fruchtartenunabhängigen Erosionsgefährdung (Worst Case) der Untersuchungsgebiete treffen zu können, wurde in diesem Modellierungsszenario auf allen Ackerflächen der Zustand „Saatbettbereitung, gepflügt“ angenommen. Nach intensiver Bodenbearbeitung ist das lockere, feinkrümelige Bodengefüge sehr instabil. Niederschläge zum Zeitpunkt des Saatbettzustandes können zu einer Oberflächenverschlämmung und damit zu einem Verlust an Wasseraufnahmefähigkeit führen. Das oberflächlich ab-

fließende Regenwasser führt zu verstärkter Erosion und Nährstoffaustrag. Bei diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass die Ackerflächen keine Bodenbedeckung aufweisen, die Rauigkeit und der Erosionswiderstand sehr gering sind.

*Szenario Landnutzung Mai 2006* - Diese Szenarien basieren auf der Landnutzung im Jahr 2006. Dazu wurden die Ergebnisse der Landnutzungskartierung zu angebauten Feldfrüchten, den Bewirtschaftungsformen konventionell und konservierend sowie die Angaben der Bewirtschafter genutzt (eigene Erhebung). Informationen über dauerhafte Landnutzungen wie Wald, Grünland, Bebauung und weitere Infrastrukturen stammen aus den Daten des Digitalen Landschaftsmodells (DLM), der CIR-Biotypen- und Landnutzungskartierung sowie aus Orthofotos.

*Triebelbach:* Wie bereits in Kapitel 0 erläutert, wird der größte Teil der Ackerflächen des Triebelbach-Gebietes von einem Landwirtschaftsbetrieb bewirtschaftet. Der Betrieb beteiligte sich am Förderprogramm der Umweltgerechten Landwirtschaft und hat sich in diesem Rahmen zu konservierender Flächenbewirtschaftung verpflichtet. 2006 dominiert auf den Ackerflächen des Untersuchungsgebietes Wintergetreide, das bereits im Frühjahr einen hohen Flächenbedeckungsgrad aufweist und damit die Erosion bremst.

*Raunerbach:* Die Eigenkartierungen im Untersuchungsgebiet Raunerbach ergaben im Vergleich zum Untersuchungsgebiet Triebelbach ein heterogenes Bild. Wie auf Seite 97 in Abbildung 29 zu erkennen, wurde eine breitere Varianz der angebauten Feldfrüchte (Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Raps, Mais, Klee gras/ Luzerne und Hafer) festgestellt und aufgrund fehlender Informationsgrundlagen für die Ackerflächen hauptsächlich konventionelle Flächenbewirtschaftung angenommen.

Für beide Szenarien und beide Untersuchungsgebiete wurde das Verhalten während eines 2jährigen, 5jährigen und 10jährigen Extremniederschlagsereignisses modelliert. Da sich die Untersuchungsgebiete in verschiedenen Niederschlagssubregionen befinden (Triebelbach - Niederschlagssubregion 6, Raunerbach – Niederschlagssubregion 8), wurde für das Untersuchungsgebiet Raunerbach beide Niederschlagsregionen untersucht. Dadurch ist ein direkter Vergleich der Modellierungsergebnisse gewährleistet werden.

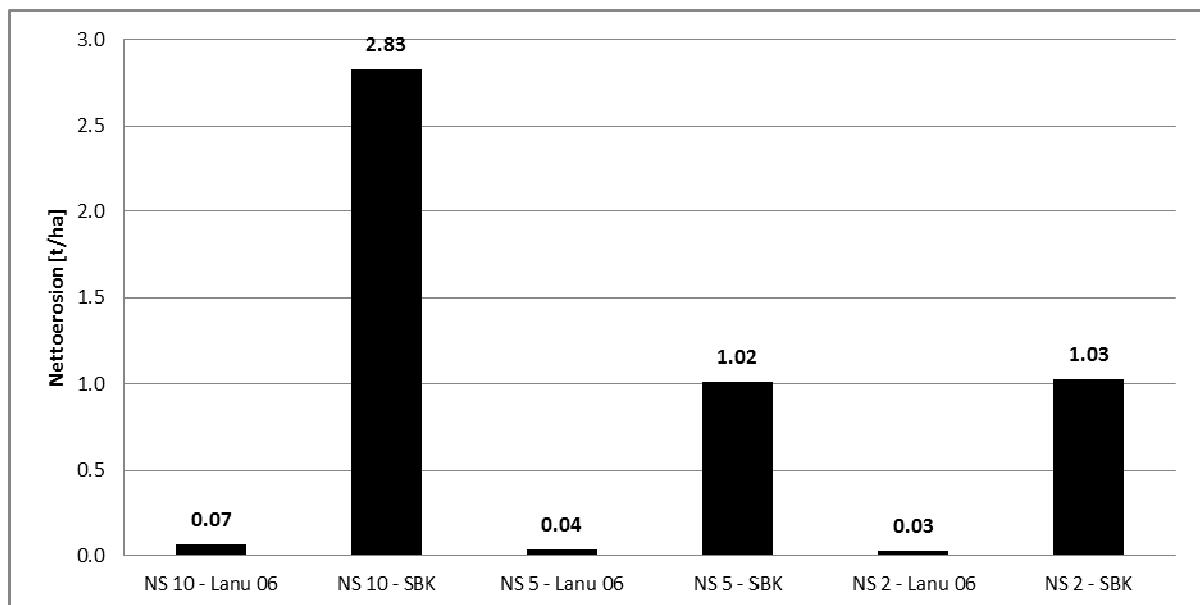
### **4.2.3.3 Modellierungsergebnisse**

Für beide Untersuchungsgebiete wurde übereinstimmend festgestellt, dass die Modellierungsergebnisse des Szenarios „Landnutzung 2006“ deutlich unter den Werten des Szenarios „Potentielle Erosionsgefährdung/ Saatbettbereitung“ liegen. Allerdings sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Landbewirtschaftung der Untersuchungsgebiete auch deutliche Unterschiede im Erosionsverhalten zu erkennen. Daraus können erste Ansatzpunkte für Bewirtschaftungsempfehlungen abgeleitet werden. Auf die

Lokalisierung und Quantifizierung von erosionsbedingten Eintragspfaden und Übertrittspunkten wird im nachfolgenden Kapitel 4.2.4 gesondert eingegangen.

### ***Triebelbach***

Im Untersuchungsgebiet Triebelbach betragen der Nettoerosionswert für das Szenario Mai und Landnutzung 2006 0,07 t/ha für das 10-jährige, 0,04 t/ha für das 5-jährige und 0,03 t/ha für das 2-jährige Niederschlagsereignis (siehe dazu Abbildung 31). Diese sehr niedrigen Nettoerosionswerte können vor allem auf die 2006 praktizierte Kombination von konservierender Bewirtschaftung der Ackerflächen und den fast flächendeckenden Anbau von Wintergetreide zurückgeführt werden. Dadurch wird eine fast durchgängige 100%ige Oberflächenbedeckung sowie weitere günstige Eingangsparametern wie bspw. ein hoher Erosionswiderstand gewährleistet (siehe Parametertabelle Triebelbach im Anhang).



*Szenarien (x-Achse)*

|                        |  |
|------------------------|--|
| <i>NS 10 - Lanu 06</i> | <i>10jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006</i>    |
| <i>NS 5 - Lanu 06</i>  | <i>5jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006</i>     |
| <i>NS 2 - Lanu 06</i>  | <i>2jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006</i>     |
| <i>NS 10 - SBK</i>     | <i>10jähriger Niederschlag und Saatbettkombination</i> |
| <i>NS 5 - SBK</i>      | <i>5jähriger Niederschlag und Saatbettkombination</i>  |
| <i>NS 2 - SBK</i>      | <i>2jähriger Niederschlag und Saatbettkombination</i>  |

*Abbildung 31: Nettoerosion [t/ha] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet Triebelbach*

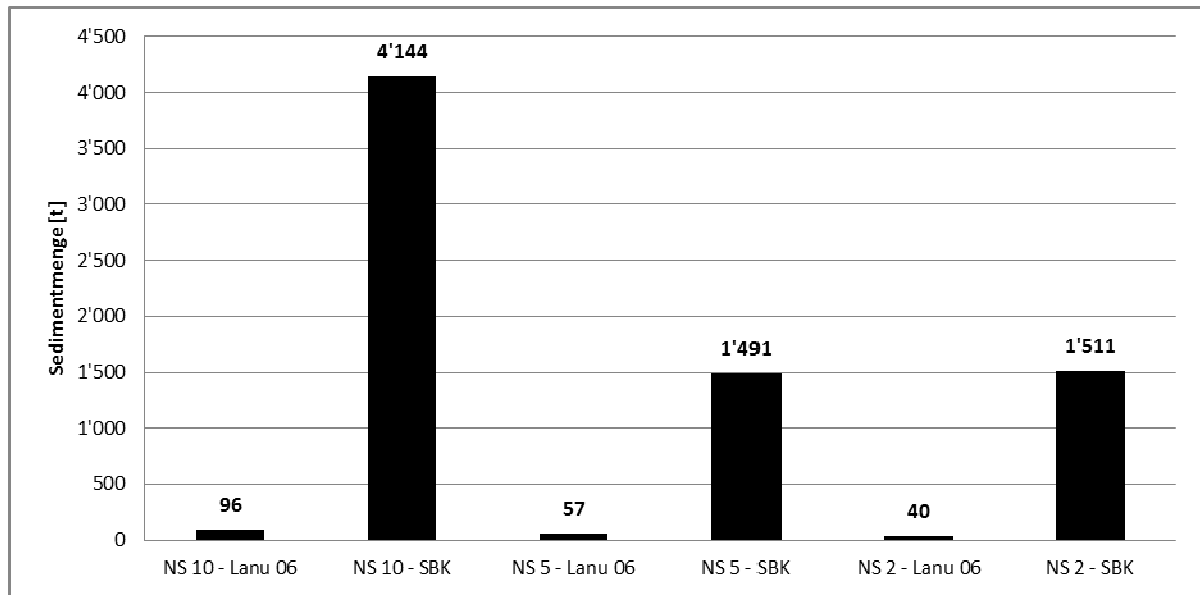


Abbildung 32: Sedimentmengen [t] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet Triebelbach

Die Annahme des Szenarios Saatbettbereitung liefert ein deutlich verändertes Verhalten. Die Nettoerosionswerte für diese Situation liegen bei ca. 2,8 t/ha für das 10-jährige, 1,0 t/ha für das 5-jährige und 1 t/ha für das 2-jährige Niederschlagsereignis. Dadurch werden die Auswirkungen einer veränderten Bewirtschaftung verdeutlicht. Auch hinsichtlich der in den Vorfluter eingetragenen Sedimente ist der Unterschied der geprüften Landschaftsszenarien erkennbar. Während die Sedimentmengen der Szenarien Landnutzung 2006 bei Werten zwischen 96 Tonnen für das 10jährige Niederschlagsereignis und 40 Tonnen für den 2jährigen Niederschlag unter 100 t liegen, steigen sie für das Szenario Saatbettbereitung mit Werten zwischen 4.144 Tonnen und 1.491 Tonnen ebenfalls um mehr als das Zehnfache (vgl. dazu Abbildung 32).

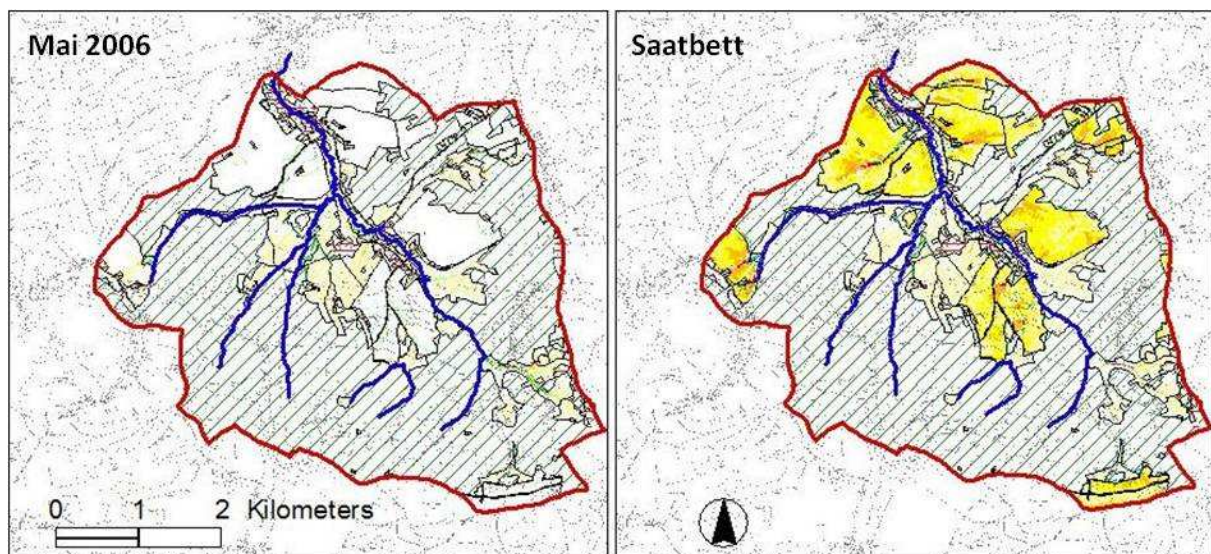


Abbildung 33: Erosionssituation im UG Triebelbach - Szenarien Mai 2006 (links) und SBK, gepflügt (rechts) (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkzeptkarte Sachsen, SLfULG)

Betrachtet man die räumliche Verteilung der Erosions- und Depositionsflächen in Abbildung 33, so ist im Szenario „Mai 2006“ zu erkennen, dass Ackerflächen kaum von Erosion betroffen sind. Einziger deutlich sichtbarer Eintragungspfad in das Fließgewässer „Kugelerbach“ ist die westlich gelegene Ackerfläche. In diesem Szenario weisen jedoch mehrere Grünlandflächen Erosionsentstehungsflächen auf, die teilweise durchgängig bis zum Fließgewässer „Triebel“ zu verfolgen sind.

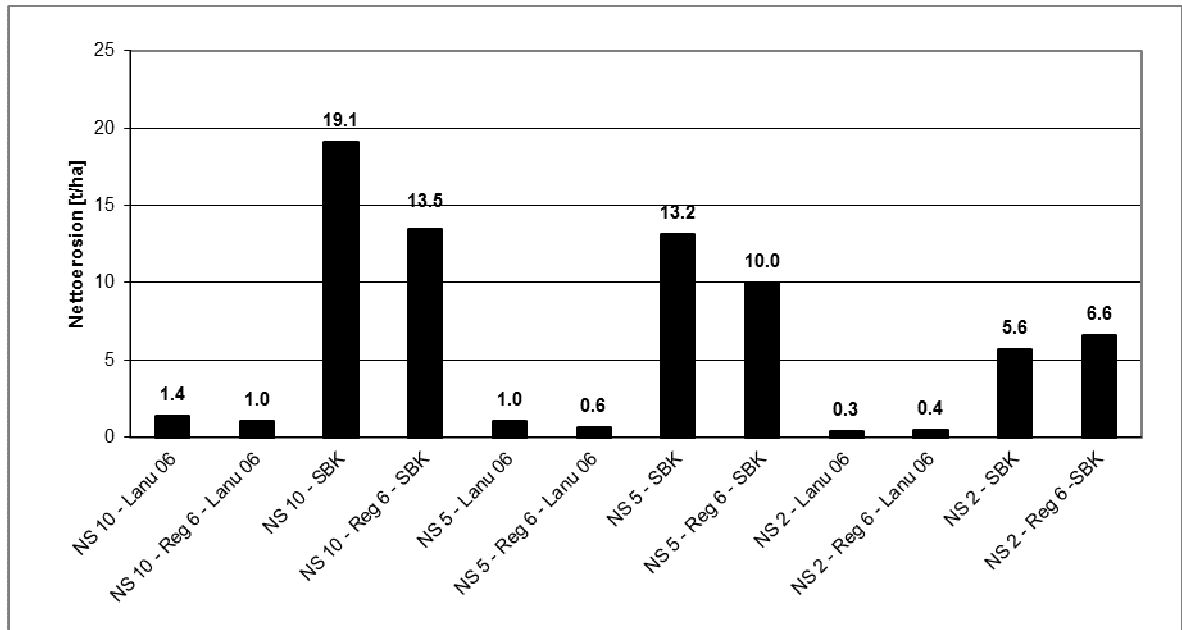
Das Szenario Saatbettkombination (Abbildung 33 rechts) zeigt im Gegensatz zur Situation Mai 2006 große Bereiche stark erosionsgefährdeter Ackerflächen. Durch die Modellierung ist klar zu erkennen, dass unter ungünstigen Bewirtschaftungsbedingungen linienförmige Stoffeintragungspfade in die Fließgewässer entstehen. Allerdings wird häufig der direkte Eintrag des erodierten Materials in das Fließgewässer durch Gebäude oder Grünland in den Uferbereichen verhindert. Dadurch wird zwar der unmittelbare Eintritt des Sedimentes in Fließgewässer verhindert, es können jedoch neue, anthropogen bestimmte, Transportwege auftreten, die durch die Modellierung jedoch nicht dargestellt werden können. Dazu zählen bspw. kleinere Entwässerungsgräben entlang von Wegen oder Fließwege entlang baubedingter Erhöhungen (z.B. Bordsteine), die durch das hier verwendete Geländemodell nicht dargestellt werden.

Für das UG Triebelbach wurde demnach festgestellt, dass die derzeitige flächendeckende konservierende Bewirtschaftung in Kombination mit dem Anbau von Wintergetreide einen äußerst effektiven Erosionsschutz bietet. Optimiert werden kann dies noch durch den Anbau von Zwischenfrüchten, durch den eine durchgängige Bedeckung der Ackerflächen gewährleistet werden kann. Eine weiterführende Untersuchung sollte im Bereich der gefährdeten Grünlandflächen erfolgen (vergleiche dazu Abbildung 33, links). Gegebenenfalls sollte hier der Einsatz von baulichen Maßnahmen wie beispielsweise Sedimentationsbecken geprüft werden.

### ***Raunerbach***

Für das Untersuchungsgebiet Raunerbach wurde die Erosionssituation für die in Kapitel 0 beschriebenen Landnutzungsszenarien geprüft (siehe Abbildung 34). NS-Subregion „Oberes Vogtland Die Niederschlagsintensitäten und -summen der 5- und 10jährigen Regenereignisse im Gebiet Raunerbach (“) liegen deutlich über denen des Untersuchungsgebietes Triebelbach (NS-Subregion „Vogtland“). Die Nettoerosion und Sedimentmenge liegen daher für die NS-Ereignisse mit 5- und 10jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit zwischen 30 – 60% höher als für das Untersuchungsgebiet Triebelbach.

Auch im Untersuchungsgebiet Raunerbach liegen die Modellierungsergebnisse für Nettoerosion und die ausgetragene Sedimentmenge des Szenarios „Landnutzung Mai 2006“ deutlich unter den Werten des Szenarios „Saatbettkombination“. Während die Erosionswerte für die Landnutzung Mai 2006 zwischen 0,34 und 1,38 t/ha (Abbildung 34) betragen, erreichen sie im Falle des Szenarios „Saatbettkombination“ Werte zwischen 5,6 – 19,1 t/ha. Die ausgetragenen Sedimentmengen verhalten sich entsprechend (Abbildung 35).



Szenarien (x-Achse)

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| NS 10 Lanu 06           | 10jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006    |
| NS 10 – Reg 6 - Lanu 06 | 10jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006    |
| NS 10 SBK               | 10jähriger Niederschlag und Saatbettkombination |
| NS 10 – Reg 6 - SBK     | 10jähriger Niederschlag und Saatbettkombination |
| NS 5 Lanu 06            | 5jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006     |
| NS 2 Lanu 06            | 2jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006     |
| NS 5 SBK                | 5jähriger Niederschlag und Saatbettkombination  |
| NS 2 SBK                | 2jähriger Niederschlag und Saatbettkombination  |
| NS 5 – Reg 6 - Lanu 06  | 5jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006     |
| NS 2 – Reg 6 - Lanu 06  | 2jähriger Niederschlag und Landnutzung 2006     |
| NS 5 – Reg 6 - SBK      | 5jähriger Niederschlag und Saatbettkombination  |
| NS 2 – Reg 6 - SBK      | 2jähriger Niederschlag und Saatbettkombination  |

Abbildung 34: Nettoerosion [t/ha] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien im Gebiet Raunerbach

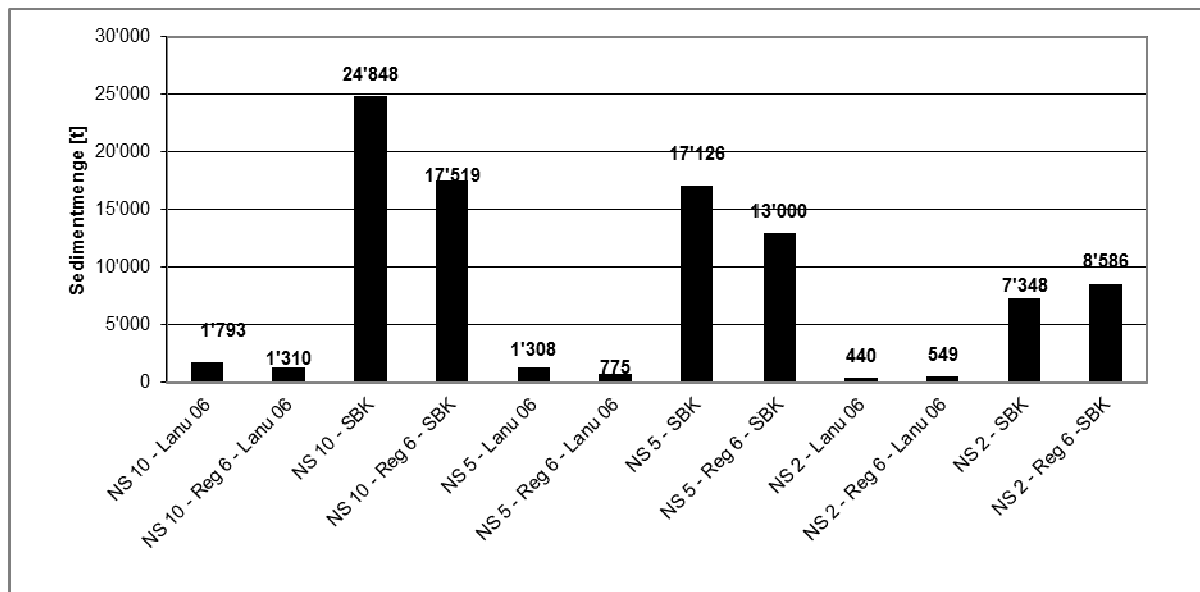


Abbildung 35: Ausgetragene Sedimentmenge [t] der Niederschlags- und Landnutzungsszenarien Raunerbach

Für das Szenario Mai 2006 im UG Raunerbach wurde aufgrund nicht vorhandener Bewirtschaftungsdaten angenommen, dass die Felder konventionell bewirtschaftet und zu den angebauten Feldfrüchten nicht nur Wintergetreide sondern auch die erosionsanfälligen Kulturen Raps, Mais und Hafer zählen. Besonders die beiden letztgenannten Früchte weisen zum Modellierungszeitpunkt Mai fast keine bzw. noch keine vollständige Bodenbedeckung auf. Wie in Abbildung 36 klar erkennbar ist, weisen die entsprechenden Ackerflächen flächenhaft überdurchschnittlich hohe Erosionsbeträge (orange-rote Färbung) auf.

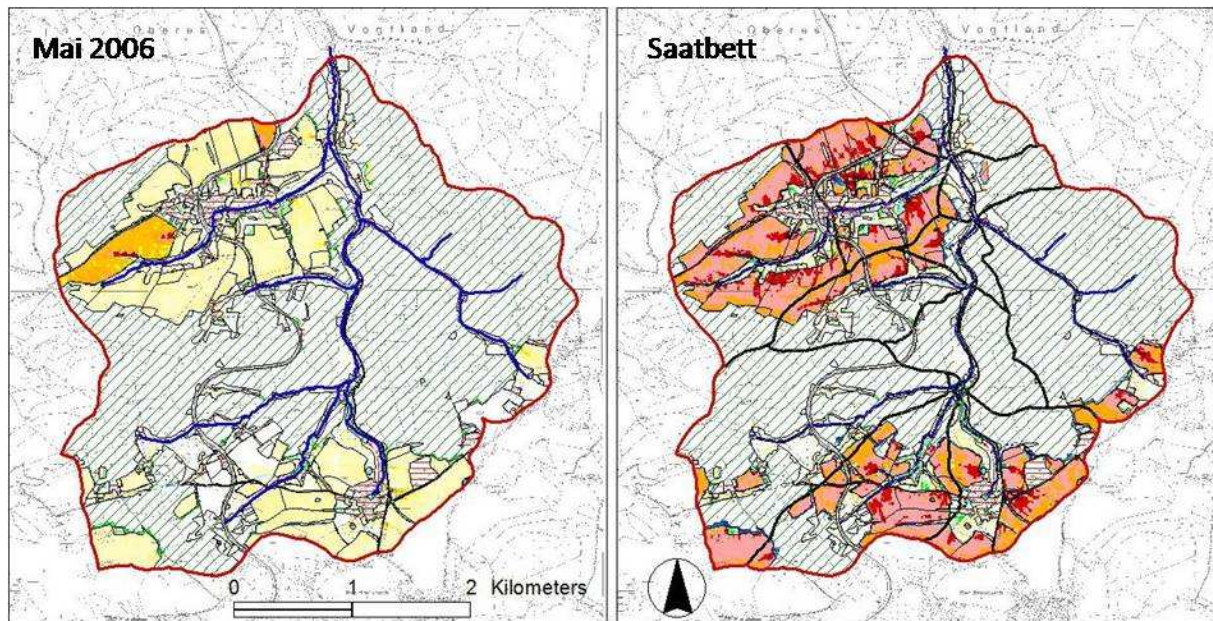


Abbildung 36: Erosionssituation im UG Raunerbach – Szenario Mai 2006 (links) und Szenario SBK, gepflügt (rechts) (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkzeptkarte Sachsen, SLfULG)

Das Szenario „Saatbettkombination, gepflügt“ in Abbildung 36 rechts bildet keine signifikanten Flächenunterschiede ab. Vielmehr stellt sich die Situation so dar, dass flächenhaft auf allen Ackerflächen hohe bis sehr hohe Abtragswerte auftreten. Das Gebiet weist demzufolge eine sehr hohe potentielle Erosionsgefährdung auf. Um die damit einhergehenden Abträge und die daraus resultierenden Stoffeinträge in die Flussperlmuschelgewässer zu vermeiden, sollten die Ackerflächen ausschließlich konservierend bzw. durch Direktsaat bewirtschaftet und durch den Verzicht auf den Anbau erosionsfördernder Feldfrüchte wie bspw. Mais zusätzlich geschützt werden. Weitere erosionsmindernde Maßnahmen wie bspw. der Anbau von Zwischenfrüchten oder die Schaffung von Pufferflächen zwischen Acker und Fließgewässern in Form von Stilllegungsflächen oder Flächenumwandlung von Acker in Grünland in diesen gefährdeten Bereichen sind unbedingt empfehlenswert.



## 4.2.4 Lokalisierung und Quantifizierung von Eintragspfaden und Übertrittspunkten

### 4.2.4.1 Eintragspfade in Oberflächengewässer

Im Falle des Untersuchungsschwerpunktes „Schutz des Lebensraumes der Flussperlmuschel“ sind die potentiellen, landwirtschaftlich bedingten Eintragspfade von Sedimenten und Nährstoffen in die Fließgewässer von besonderem Interesse. Durch eine Bestimmung der Eintragspfade von erosiven Sediment- und Stoffeinträgen in die Fließgewässer und damit in die Lebensräume der Flussperlmuschel können unmittelbar wirkende Schutzmaßnahmen abgeleitet werden.

Zur Bestimmung der Eintrittspunkte wurden in einem weiteren Bearbeitungsschritt für beide Untersuchungsgebiete auf Grundlage der Modellierungsergebnisse des Szenarios „Saatbettkombination, gepflügt“ die potentiellen Eintragspfade für Sediment und partikelgebundene Schadstoffe lokalisiert. Dazu wurden alle Depositionsrasterzellen, die sich im Bereich der Fließgewässer befinden, selektiert. Die Selektion erfolgte anhand der Verschneidung der Modellierungsergebnisse mit dem Gewässernetz mit dem Programm ArcGIS. Mit Hilfe der so ermittelten Eintrittspunkte können nachfolgend die Eintragsbereiche gezielt untersucht und notwendige Schutzmaßnahmen eingeleitet werden.

Die Auswertung der Modellierungsergebnisse ermöglicht zusätzlich eine Abstufung der Eintragsgefährdung durch die Quantifizierung der in das Gewässer eingetragenen Sedimentmengen.

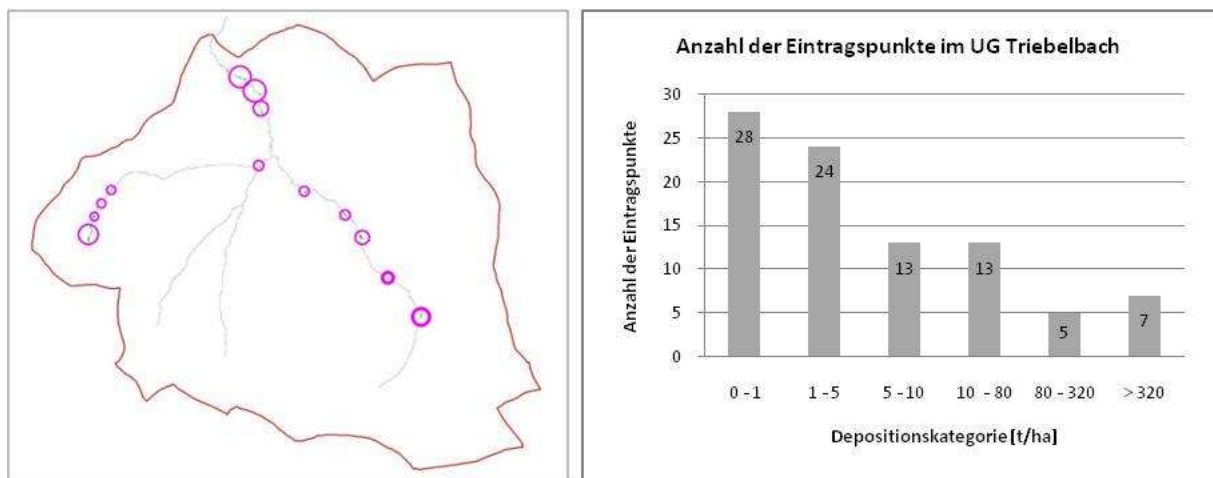


Abbildung 37: Lage und Quantifizierung der potentiellen Eintragspunkte um UG Triebelbach (Datengrundlage: GeoSN; SLfULG)

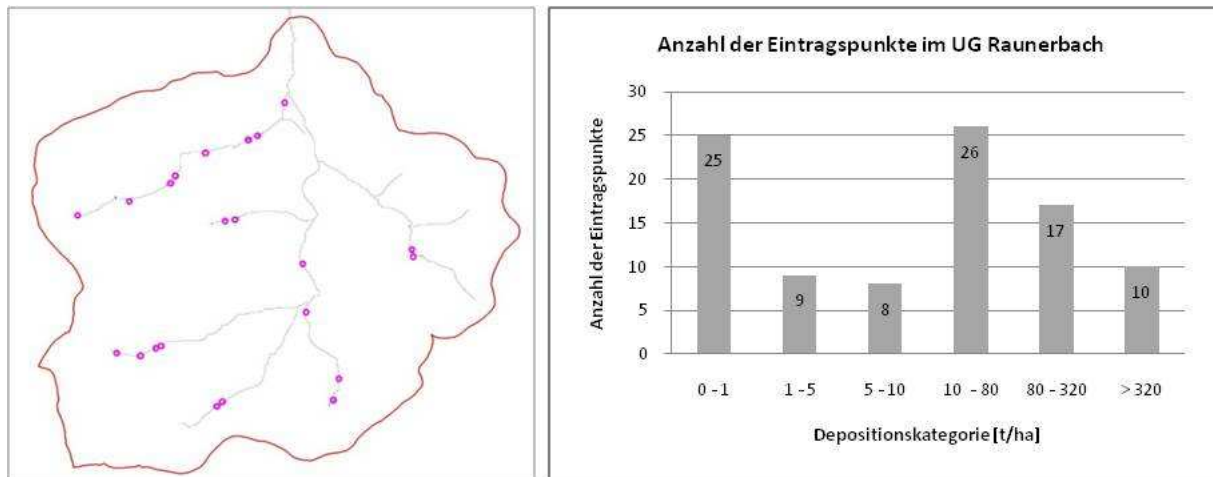


Abbildung 38: Lage und Quantifizierung der potentiellen Eintragspunkte um UG Raunerbach (Datengrundlage: GeoSN; SLJULG)

Für das Gebiet Triebelbach wurden insgesamt 90 und für das Gebiet Raunerbach 95 potentielle Eintragspunkte in die Fließgewässer ermittelt. Wie in den Abbildung 37 und Abbildung 38 zu erkennen, erfolgte eine Abstufung der Eintragspunkte in 6 Kategorien.

Durch eine weitere Einordnung dieser sechs Kategorien in die Gefährdungsstufen hoch, mittel und gering (siehe Tabelle 32), sind im Untersuchungsgebiet Triebelbach 52 Punkte gering, 26 Punkte mäßig und 12 Punkte hoch gefährdet. Im Untersuchungsgebiet Raunerbach verteilen sich die Gefährdungsstufen auf 34 gering, 34 mäßig und 27 hoch gefährdete Eintragspunkte.

Tabelle 32: Stoffeintrag-Gefährdungsstufen für den Lebensraum der Flussperlmuschel

| Depositionskategorie [t/ha] | Gefährdungsstufe |
|-----------------------------|------------------|
| 0 – 1 und 1 – 5             | Gering           |
| 5 – 10 und 10 - 80          | mäßig            |
| 80 – 320 und > 320          | Hoch             |

Aufgrund der Gefährdungsstufen lässt sich die Aussage treffen, dass im Gebiet Raunerbach etwa 28 % und im Gebiet Triebelbach 13 % der Übertrittspunkte als hohes Gefährdungspotential eingestuft werden und damit an diesen Stellen Handlungsschwerpunkte zum Schutz der gefährdeten Spezies gesetzt werden sollten.

In den meisten Fällen handelt es sich jedoch nicht um einzelne Eintragspunkte sondern um mehrere nebeneinanderliegende Punkte, die zu Handlungsschwerpunkten zusammengefasst werden können (siehe Beispiel Raunerbach in Abbildung 39).

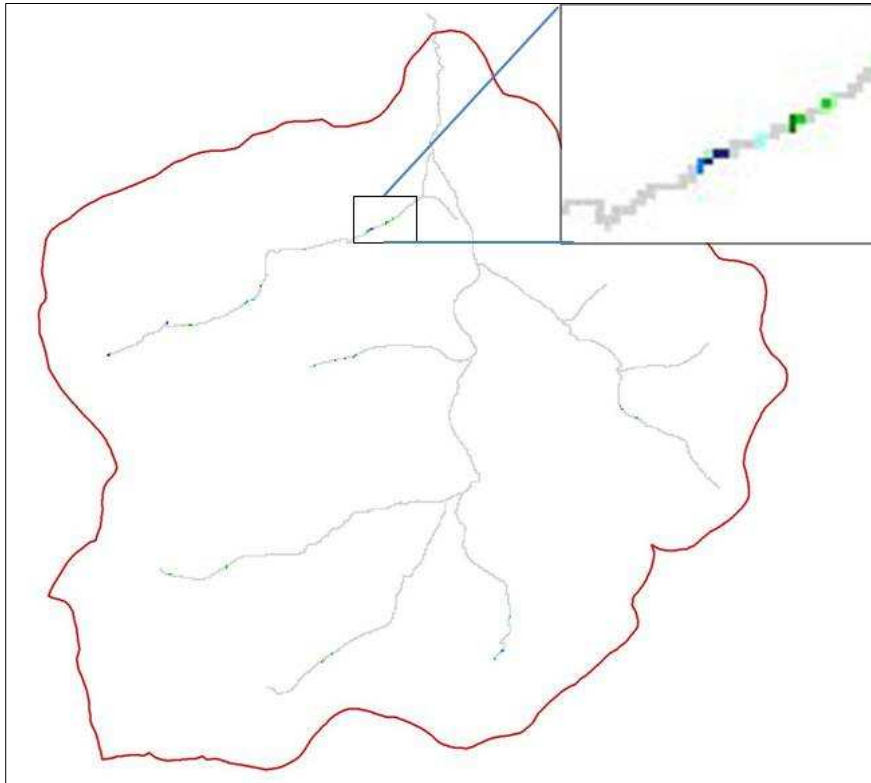


Abbildung 39: Beispiel für Lage von möglichen Eintragspfaden im UG Raunerbach (Datengrundlage: GeoSN; SLfULG)

#### 4.2.4.2 Ableitung des landwirtschaftlich bedingten Phosphoreintrags in die Oberflächengewässer

Erhöhte Phosphoreinträge gelten als ein wesentlicher Auslöser für ein vermehrtes Wachstum von Algen- und Wasserpflanzen in Fließgewässern (MOORKENS 2000). Sie stellen damit ein weiteres Gefährdungspotential für die Lebensräume der Flussperlmuschel dar. Phosphor wird in Gewässer in Form von *punktförmigen*, genau lokalisierbaren Einleitungen und *diffusen* Quellen eingetragen (NOLTE 1991, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Die hier betrachteten Einträge durch Erosion stellen heute die höchste diffuse Eintragsquelle in Gewässer dar. Sie hat mittlerweile einen Anteil von mehr als 30 % vom Gesamt-P-Eintrag (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Anhand der durch Probenahmen auf den Ackerflächen bestimmten  $P_2O_5$ -Gehalte und der mit EROSION 3D ermittelten Sedimentausträge für das Szenario 2006 wurde eine Ableitung des Phosphoreintrags in die Fließgewässer mit nachfolgender Vorgehensweise vorgenommen.

Um ein differenziertes Ergebnis für die Untersuchungsgebiete zu erhalten, wurden die Untersuchungsgebiete in Teileinzugsgebiete (TEZG) untergliedert. Mit Hilfe der Sedimentmengen pro Teileinzugsgebiet und der jeweiligen Ackerflächengrößen sowie den ermittelten pflanzenverfügbaren Phosphatmengen wurde für jedes TEZG ein absoluter und ein flächenbezogener Wert zum Phosphataustrag bestimmt.

Der Gesamtaustrag Phosphat für das jeweilige Teileinzugsgebiet wird wie folgt ermittelt:

$$\text{Formel 4} \quad \frac{(\text{Sedimentausttrag}_{\text{TEZG}} [\text{kg/m}] * \text{Rasterweite} [\text{m}]) * P_{2O_5 \text{ TEZG}} [\text{g/ kg Boden}]}{1000} = \text{Gesamtaustrag Phosphat } (P_{2O_5})_{\text{TEZG}} [\text{kg}]$$

Der durchschnittliche Phosphataustrag pro Quadratmeter Ackerflächen des jeweiligen TEZG wird wie folgt ermittelt:

$$\text{Formel 5} \quad \frac{\text{Gesamtaustrag Phosphat } (P_{2O_5})_{\text{TEZG}} [\text{kg}]}{\text{Ackerfläche}_{\text{TEZG}} [\text{ha}]} = \text{Austrag Phosphat } (P_{2O_5})_{\text{Ackerfläche/TEZG}} [\text{kg/ha}]$$

Mit Hilfe dieser Vorgehensweise können anschließend Aussagen zur landwirtschaftlich bedingten Eintragsituation von Phosphaten auf Teileinzugsgebietsebene getroffen. Abbildung 40, Abbildung 41 und Abbildung 42 stellen für die Teileinzugsgebiete der beiden Untersuchungsgebiete die Phosphatausträge bezogen auf die Ackerflächen in kg/ha (Abbildung 40) und die absoluten ausgeprägten Mengen in Kilogramm (Abbildung 41, Abbildung 42) dar.

Im Untersuchungsgebiet Triebelbach bedingen die bewirtschaftungsbedingt niedrigen Sedimentmengen auch geringe Austragsmengen an Phosphor. Sie liegen zwischen 0,006 und 0,037 kg/ha pro Teileinzugsgebiet. Die absolute kumulative Austragsmenge für das Gesamtgebiet liegt für das Szenario Landnutzung 2006 im Mai und 10-jähriges Niederschlagsereignis bei rund 3,2 kg. Dieser sehr niedrige, Wert lässt sich durch die flächendeckend konservierende Bewirtschaftung und die im Mai für Wintergetreide besonders erosionsmindernden Bedingungen wie bspw. fast 100 % Bedeckungsgrad erklären.

Die Austragswerte für Ackerflächen der Teileinzugsgebiete des Raunerbachs liegen zwischen 0,014 und 1,66 kg/ha und damit ebenso wie die absoluten Werte für den P-Austrag mit Werten bis zu 100 kg deutlich höher als im UG Triebelbach. Die Phosphat-Gesamtaustragssumme für das Untersuchungsgebiet beträgt für das Szenario Landnutzung 2006 und 10-jähriges NS-Extremereignis 222 kg.

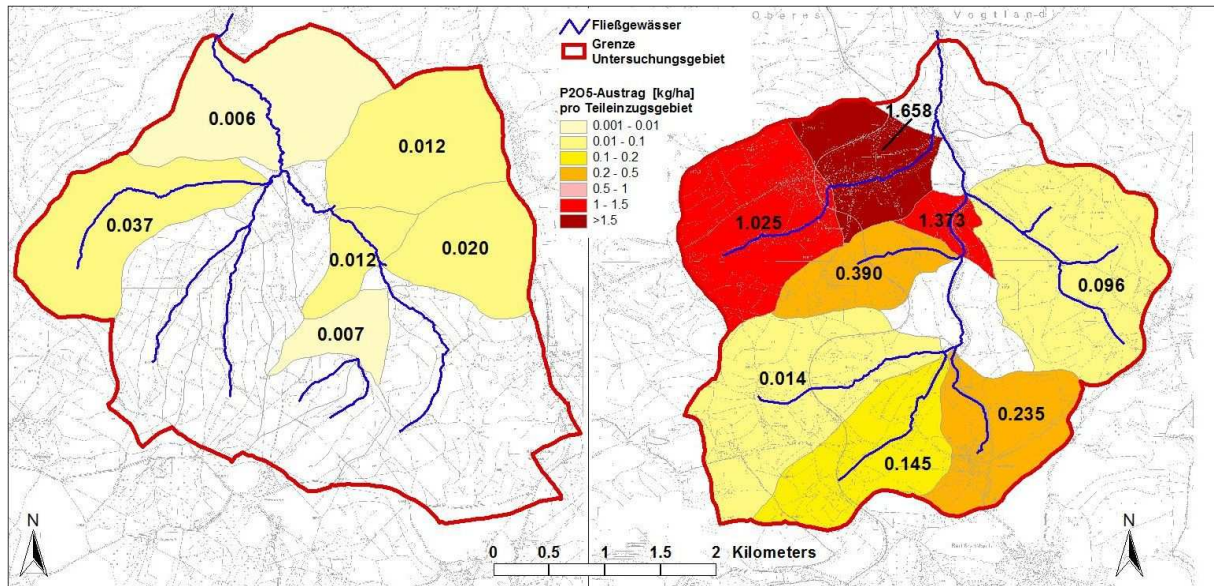


Abbildung 40: P-Austrag [kg/ha] Ackerfläche in den UG Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) – Szenario Landnutzung 2006 & 10-jähriges NS-Ereignis (Datengrundlage: TK, GeoSN; Fließgewässernetz, SLfULG)

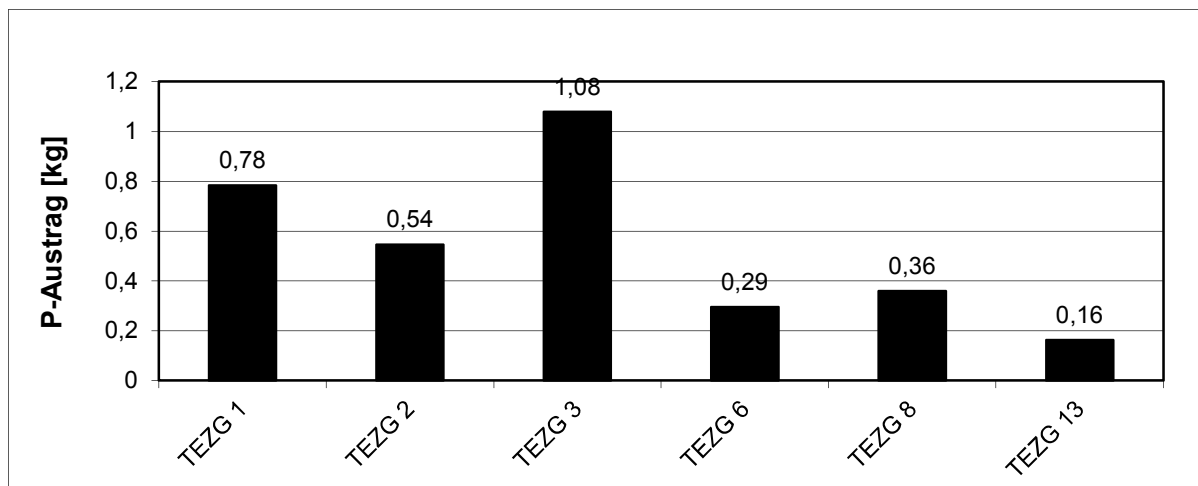


Abbildung 41: Absoluter P-Austrag [kg] UG Triebelbach - Szenario Landnutzung Mai 2006

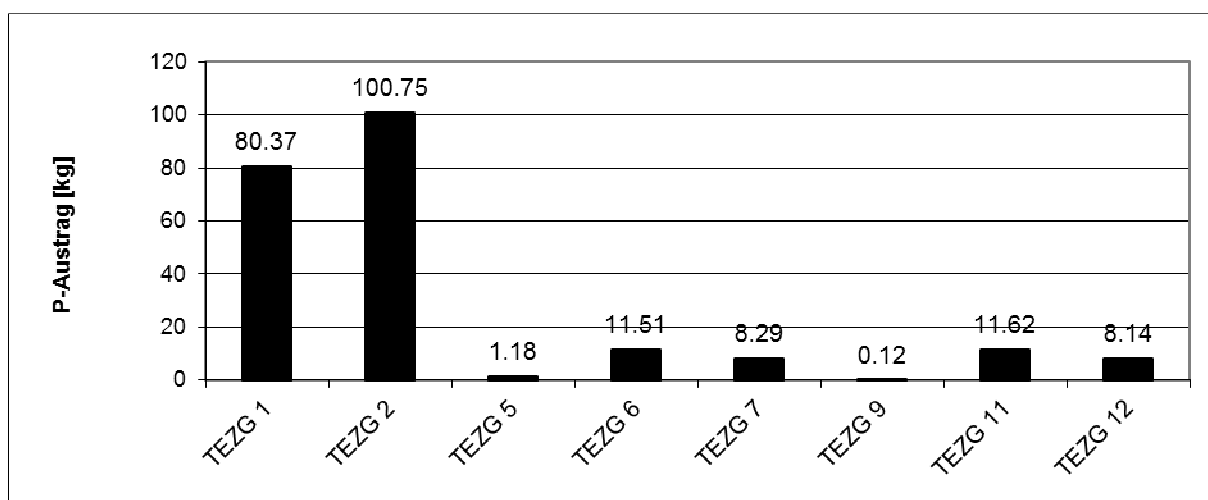


Abbildung 42: Absoluter P-Austrag [kg] UG Raunerbach 1 - Szenario Landnutzung Mai 2006

### **4.3 Fallbeispiel 3 – Optimierung landschaftsgliedernder Strukturen im Einzugsgebiet Stausee Baderitz**

Das intensiv landwirtschaftlich genutzte Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee war in der Vergangenheit Gegenstand vielfältiger erosionsbezogener Untersuchungen. Neben drei weiteren Untersuchungsgebieten war dieses Gebiet unter anderem bereits Bestandteil des, vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie finanzierten, Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Ableitung standortbezogener Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele zur Minimierung der Bodenerosion für ausgewählte kleine Einzugsgebiete innerhalb des Mittelsächsischen Lößhügellandes mit Unterstützung des Erosionsmodells Erosion 3D“ (vgl. dazu SCHOB 2006a).

Die Ackerflächen des Untersuchungsgebietes haben im Mittel eine Größe von 79 ha und der größte zusammenhängende Ackerschlag ist 545 ha groß. Dementsprechend arm ist diese Region an landschaftsprägenden Strukturen, wie Streuobstwiesen, Hecken, Feldgehölzen, Trocken- und Halbtrockenrasen. Da die zusammenhängenden intensiv pflanzenbaulich genutzten Flächen ohne gliedernde Saumstrukturen durchweg deutlich größer als 25 ha sind, gilt das Gebiet laut Definition des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) (1985) als ausgeräumte Landschaft.

Anhand dieses Fallbeispiels soll geprüft werden, inwieweit das Erosionsmodell EROSION 3D als Planungsinstrument zur Neugliederung der Ackerflächen und neu zu schaffender Biotopstrukturen geeignet ist. Dabei ist zu prüfen, ob die zu ermittelnden besonders schutzbedürftigen Bereiche im Sinne einer Landschaftsstrukturierung vorrangig Erosionsschutzzwecken oder aber gleichzeitig auch als „multifunktionale Landschaftselemente“ dienen können. In der Literatur (MEYER & GRABBAUM 2005, MÜHLE ET AL. 2004) wurde die „multifunktionale“ Bedeutung schlaggliedernder Strukturen bereits beschrieben, so können sich beispielsweise zweckgebundene Maßnahmen (wie die Anlage von Gewässerrandstreifen zu Stoffretention und Eintragsminderung in Fließgewässer), auch positiv auf andere Schutzgüter (hier: Biotopvernetzung und Gewässerschutz) auswirken.

RÜTER (2008) betont jedoch, dass dazu konkrete Informationen und Handlungsmaßstäbe vorliegen müssen. Auch die Auswirkungen der Landschaftsstrukturen auf die unterschiedlichen Landschaftsfunktionen sollten bekannt sein bzw. untersucht werden. Die derzeitigen planerischen Defizite liegen laut RÜTER (2008) liegen vor allem in fehlenden Handlungsansätzen zur Planung und Quantifizierung flurgliedernder Maßnahmen, die multifunktionalen Anforderungen gerecht werden können.

#### **4.3.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes**

##### **4.3.1.1 Geographische Lage**

In Abbildung 43 werden das Untersuchungsgebiet Baderitz und der verlandete Mündungsbereich des Baderitzer Stausees dargestellt. Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der Gemeinden Mochau und Zschaitz-Ottewig und stellt das hydrologische Einzugsgebiet des Stausees Baderitz dar. Die Ortslage

Mochau befindet südlich des Stausees Baderitz. Die Ortschaft Zschaitz-Ottewig liegt nordöstlich auf und außerhalb der UG-Grenze.



*Abbildung 43: Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee (Datengrundlage: SLfUG 2002) und Mündungsbereich der Jahna in den Baderitzer Stausee mit deutlich sichtbaren Depositionsflächen – Situation 2002 (Foto F. Franzke)*

Der Stausee Baderitz wird durch den aufgestauten Oberlauf der Jahna gebildet und liegt zwischen Simselwitz und Baderitz. Angelegt wurde er 1985 bis 1988. Sein Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von etwa 20 km<sup>2</sup>. Die Länge des Flussabschnittes der Jahna von der Quelle bis zur Stauwurzel Baderitz beträgt laut ECOSYSTEM SAXONIA (2000) 7,1 km (Fluss km 34,9 – 27,8). Die Staumauer befindet sich etwa bei Flusskilometer 27,3 der Jahna. Der Stau Baderitz weist eine maximale Tiefe von 7 m auf. Ursprünglich betrug die Tiefe 8 m, so dass an dieser Stelle von einer 1 m mächtigen Schlammschicht am Grund ausgegangen werden kann. Der Stausee weist eine Fläche von etwa 20 ha, ein Stauvolumen von 890 000 m<sup>3</sup> und somit eine mittlere Tiefe von knapp 4,5 m (BIERMANN & ROTH 2000) auf.

Als Folge der mit der intensiven ackerbaulichen Nutzung des Untersuchungsgebietes einhergehenden erosiven Bodenumlagerungen kommt es zu einer stetig zunehmenden Verlandung des Stausees und zu einem massiven Eintrag von Sedimenten und Nährstoffen in Gewässer und Biotope. Die Auswirkungen der gegenwärtigen Landnutzung sind deutlich an den Sedimenteinträgen im Mündungsbereich des Stausees in Abbildung 43 zu erkennen. Ein großer Teil des im Einzugsgebiet abgetragenen Bodens

wird durch die Jahna transportiert und gelangt kontinuierlich in den Stausee Baderitz, der immer stärker verlandet.

2008/2009 wurde die Staumauer saniert, das Staubecken ist seit 2010 wieder in Betrieb (mdl. Fr. Müller, 31.03.2010). Auf eine Sedimentberäumung des mittlerweile stark verlandeten Stausees wurde aus Kostengründen verzichtet.

#### 4.3.1.2 Weitere Gebietsmerkmale

Das Einzugsgebiet des Stausees Baderitz befindet sich im Südwesten des Untersuchungsgebietes des Fallbeispiels 1. Dementsprechend gelten für dieses Untersuchungsgebiet die bereits in den Kapiteln 0 bis 0 beschriebenen Gebietsmerkmale.

#### 4.3.1.3 Bodenkundliche Grundlagen

Grundlage der weiteren Untersuchungen bilden die Daten der Reichsbodenschätzung. Die für das Untersuchungsgebiet fast flächendeckend verfügbaren Angaben liegen in digitaler Form vor und wurden vom LfUG in Bodenarten entsprechend der KA 4 übertragen.

Im Untersuchungsgebiet überwiegt die Bodenart „mittel toniger Schluff Ut3“ (KA 4) mit einem Anteil am Gesamtgebiet von 86 %. Dieser Boden enthält nach KA 4 einen Schluffanteil von 65 bis 90 M.-% und einen Tonanteil von ca. 15 M.-%. Vereinzelt treten im Untersuchungsgebiet kleinere Inseln anderer Bodenarten auf (Ls3, Ls4, Lt3, Lts, Sl2-Sl4, Slu, Uls, Lu), welche unter anderem auf die Geländemorphologie und den geologischen Untergrund unter der Lössdecke zurückzuführen sind (vgl. dazu Abbildung 44). Bei diesen Bodenarten verringert sich der Schluffanteil in den meisten Fällen zugunsten des Sandanteils.

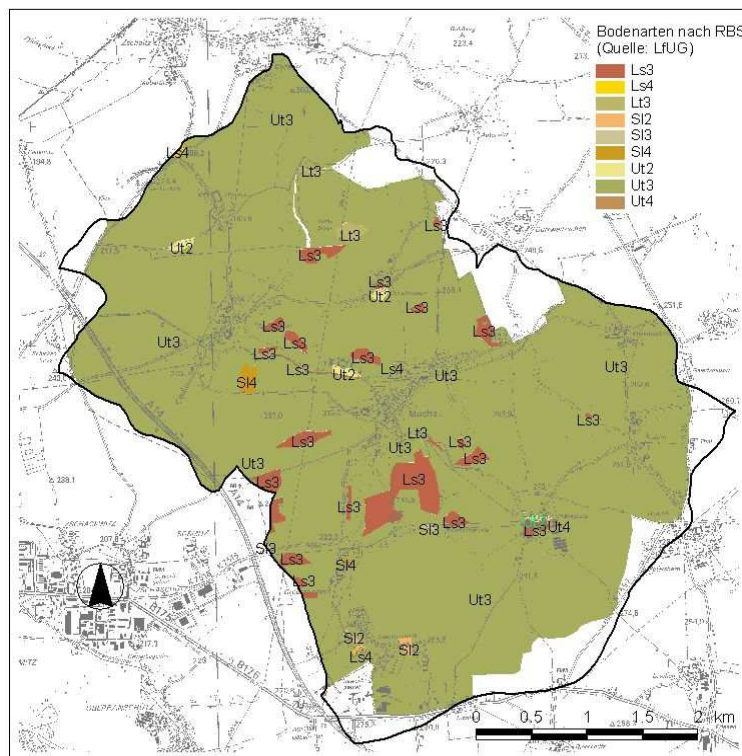




Abbildung 44: Bodenartenverteilung nach RBS im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee (Datengrundlage: TK, GeoSN; Bodenkonzeptkarte Sachsen, SLfULG)

#### 4.3.1.4 Landnutzung und Landschaftsstrukturen

Wie in Abbildung 45 abgebildet, wird mehr als dreiviertel der Fläche durch landschaftsprägende intensive ackerbauliche Landnutzung charakterisiert. Der Grünlandanteil im Untersuchungsgebiet beträgt rund 7 % und der Anteil der Bebauung 4,5 %. Angebaut werden hauptsächlich Getreide und Zuckerrüben sowie Kartoffel, Raps und Mais (SEIDEL 2003, überarbeitet).

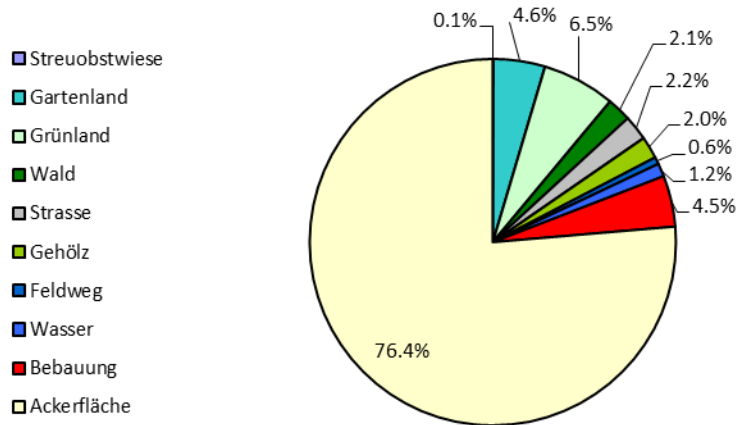


Abbildung 45: Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee (Datengrundlage: SEIDEL 2003, überarbeitet)

#### 4.3.1.5 Bestehende Schutzgebiete

Im Untersuchungsgebiet befinden sich keine flächenhaften Schutzgebiete. Der Anteil der geschützten Biotope nach § 26 SächsNatSchG an der Gesamtfläche beträgt 0,4 % und setzt sich aus Streuobstwiesen, Grünlandflächen, Feuchtgebüsch und Fließgewässerverläufen zusammen.

#### 4.3.2 Vorgehensweise

Der Fokus dieses Fallbeispiels liegt auf der Einhaltung möglicher Umweltqualitäts- und -handlungsziele für den Erosionsschutz unter Berücksichtigung der hohen ackerbaulichen Bedeutung des Untersuchungsgebietes. Schrittweise werden bestehende potentielle, aktuelle, und historische Landnutzungsszenarien auf ihre Eignung untersucht mit dem Ziel ein Landnutzungsszenario zu entwickeln, dass sowohl bestmöglichen Erosionsschutz als auch eine optimale ackerbauliche Landnutzung gewährleistet.

Die nachfolgend recherchierten Planungsvorgaben enthalten dazu größtenteils allgemeine Vorgaben (siehe dazu auch die Kapitel 0 bis 0 sowie 4.3.2). Mit Ausnahme der gesetzlichen Definition der „Guten fachlichen Praxis“ stehen bisher keine konkreten, rechtsverbindlichen und allgemeingültigen Aussagen und Vorgaben der Raumplanungsinstrumente zur Ableitung von Erosionsschutzzielen zur Verfü-

gung. Aus diesem Grund sollen die zu entwickelnden Szenarien der schrittweisen Erarbeitung einer Fachplanung dienen, welche die Belange des Erosionsschutzes optimal berücksichtigt.

### ***4.3.2.1 Vorgabenanalysen relevanter Fachplanungen zum Erosionsschutz***

#### ***Fachplanungen des Freistaates Sachsen***

Wie bereits im Kapitel 2.4.3 beschrieben wird im LEP Sachsen der Aspekt Erosionsschutz ausschließlich im Kontext des „Hochwasserschutzes durch Wasserrückhalt in der Fläche“ genannt. Die Regionalplanung benennt die „Standortgerechte Landnutzung auf erosionsgefährdeten Flächen“ als umzusetzende Maßnahme.

#### ***Fachplanung auf mittlerer und unterer Planungsebene***

##### *Flächennutzungspläne und Landschaftspläne*

Die Gemeinden Ostrau und Zschaitz-Ottewig bilden eine Verwaltungsgemeinschaft und haben einen gemeinsamen Flächennutzungsplan (FNP) mit integriertem Landschaftsplan aufgestellt. Dieser FNP beinhaltet keine relevanten flächenbezogenen Aussagen zum Boden- bzw. Erosionsschutz. Lediglich landschaftspflegerisch wirksame Maßnahmen wie die Anlage und Pflanzung von Gehölzstreifen, Hecken, Alleen, Einzelbäumen und die Ausweisung von Aufforstungsflächen werden angegeben (siehe Tabelle 33). Die Gemeinde Mochau (UG Baderitzer Stausee) hat bis zum heutigen Zeitpunkt (Stand 2006 und April 2012, tel. Mitteilungen Herr Weber/ Bürgermeister) keinen Landschaftsplan, da nach Ansicht der Gemeinde Mochau ausreichende Analysen durch z.B. naturschutzfachliche Planungen (z.B. Managementplanung für FFH-Gebiete) durchgeführt wurden. Deren Ergebnisse und Aussagen werden in regionale vorhabensbezogene Planungen übernommen. Aus diesem Grund konnten für das Untersuchungsgebiet keine quantitativen Angaben eines Landschaftsplanes zur Erreichung der UQZ geprüft werden.

Der Schwerpunkt der Maßnahmenplanungen des Landschaftsplanes der Gemeinde Ostrau/ Zschaitz-Ottewig liegt auf dem Anlegen von linearen Landschaftsstrukturelementen wie Hecken und Baumreihen. Diese werden bevorzugt entlang bestehender Strukturen, wie Feldwegen und Straßen geplant. Nur ein relativ geringer Anteil befindet sich laut Landschaftsplan in der offenen Feldflur. Aufforstungen sowie die Umwandlung von Acker in Grünland werden im Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees überhaupt nicht – und im gesamten Landschaftsplan nur kleinflächig – meist auf stark erosionsgefährdeten Flächen, zur Erweiterung bestehender Wälder bzw. zur Extensivierung der Landnutzung in den Auenbereichen vorgeschlagen. Für die Landwirtschaft erfolgt nur die Darstellung der derzeitigen landwirtschaftlichen Nutzfläche, es werden keine Aussagen zu geeigneten standortangepassten Bewirtschaftungsformen getroffen.

##### *Fachplanung der Landwirtschaft – Agrarstrukturelle Vor- und Entwicklungsplanungen*

Für das Untersuchungsgebiet stehen die Ergebnisse zweier Agrarstruktureller Vorplanungen (AVP) für die Auswertung zur Verfügung. Für die Verwaltungsgemeinschaft Ostrau/ Zschaitz-Ottewig liegt eine AVP im Entwurfstand von Juni 1995 und die AVP des Gebietes „Obere Freiberger Mulde – Ost – Landkreis Döbeln“ mit dem Stand von Oktober 1996 vor.

Die Schwerpunkte dieser Planungen liegen im Bereich der Landwirtschaft und der Dorfentwicklung. Es werden Ziele wie Erosionsschutz, Bodenordnung, umweltgerechte Landwirtschaft sowie Sicherstellung der Produktionsstandorte und von Arbeitsplätzen genannt. Ebenso werden Zielvorgaben für die Bereich Naturschutz und Forstwirtschaft gemacht. Dabei stehen Ziele wie Grünlanderweiterung und Aufforstung, naturnaher Waldbau, Erhaltung und Ergänzung von Gehölzen, Baumreihen, Hecken, die Förderung des Biotopverbundes sowie gewässerökologische Ziele im Vordergrund. Der überwiegende Teil der beiden Planungen konzentriert sich auf die Anlage wegbegleitender Gehölze. Relativ oft werden Ackerrandstreifen vorgeschlagen, ebenso wie gewässerökologische Maßnahmen. Die Umwandlung von Acker in Grünland oder Wald wird nur in wenigen Fällen vorgeschlagen und beschränkt sich auf Auenbereiche sowie auf extrem erosionsgefährdete Gebiete.

Die recherchierten AVP/ AEP „Obere Freiberger Mulde – Ost – Landkreis Döbeln“ und „Ostrau/ Zschaitz-Ottewig“ benennen textlich demnach ähnliche Maßnahmenvorschläge, weisen jedoch in der planerischen Umsetzung sehr unterschiedliche Ansätze auf. Die Entwurfsfassung des AVP „Ostrau/ Zschaitz-Ottewig“ beschreibt zwar eine Vielzahl von möglichen erosionsmindernden Maßnahmen, beinhaltet jedoch nicht deren genaue Lage. Damit kann diese Planung für eine Prüfung durch EROSION 3D nicht verwendet werden.

Im Gegensatz dazu und zur vorliegenden Landschaftsplanung enthält die AVP „Obere Freiberger Mulde – Ost – Landkreis Döbeln“ konkrete Erosionsschutzmaßnahmen. Es werden umfangreiche flächengenaue Erosionsschutzmaßnahmen vorgeschlagen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen würde eine deutliche Verbesserung des Erosionsschutzes erzielen. Diese Planung, dargestellt in Abbildung 46, berücksichtigt durch die vorgeschlagenen Maßnahmen nicht nur erosionsgefährdete Hanglagen, auf denen „möglichst ganzjährige Bodenbedeckung, eine gute Bodenstruktur geschaffen und bodenschonende Bearbeitungstechniken eingesetzt werden sollen“ (GfL, 1996), sondern weist auch Gebiete aus, die von Acker in Grünland umgewandelt werden sollen. Des Weiteren werden flächengenaue Angaben zur Anlage von Landschaftsstrukturelementen und zur Renaturierung und Öffnung von Gewässerabschnitten gemacht. Diese Planung ist für eine Prüfung auf ihre erosionsmindernde Wirkung mittels EROSION 3D gut geeignet.

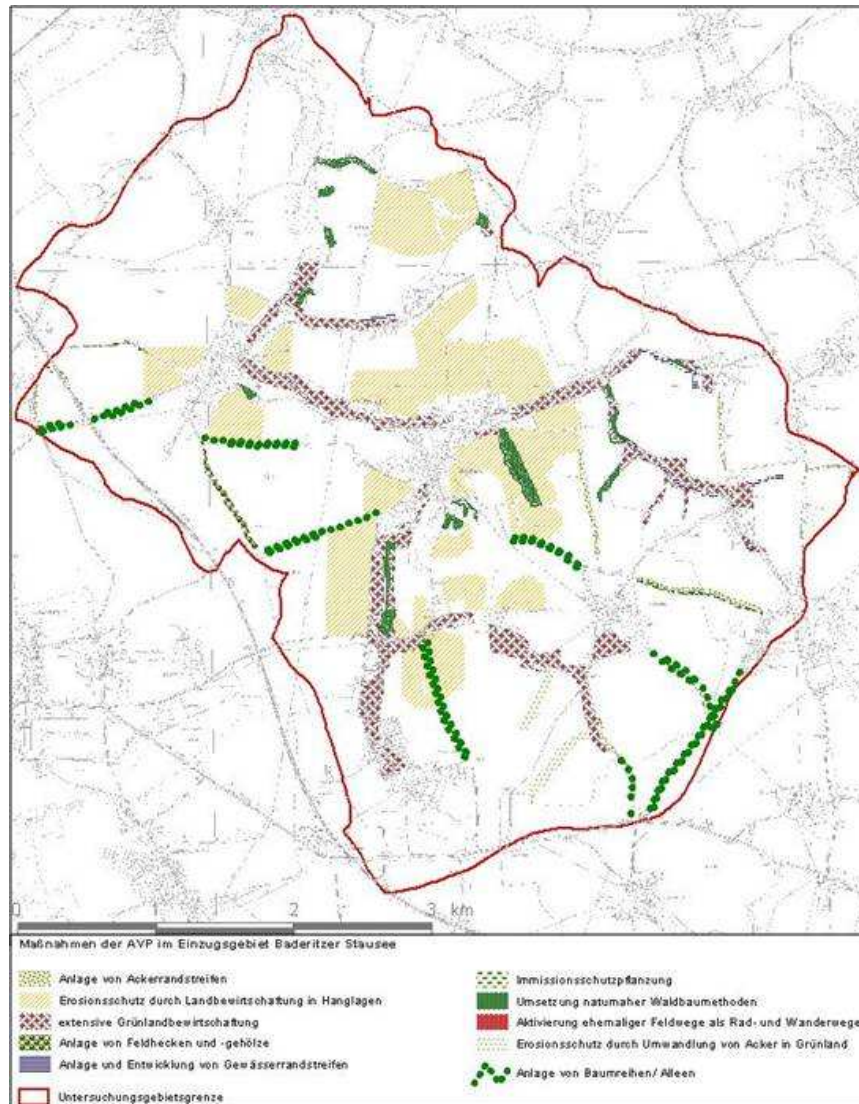


Abbildung 46: Maßnahmen der AVP Obere Freiberger Mulde-Ost LK Döbeln(Datengrundlage:TK, GeoSN)

### **Bewertung der Fachplanungen**

Auf Basis der recherchierten Planungen wurden diese auf ihre Eignung zur Prüfung mittels des Modellierungswerkzeugs EROSION 3D bewertet.

Wie Tabelle 33 zeigt, enthalten alle untersuchten Planungen Aussagen zu erosionsmindernden Maßnahmen. Vorschläge zur Positionierung dieser Maßnahmen sind jedoch größtenteils nicht enthalten. Damit erweisen sich 4 von 5 untersuchten Fachplanungen als ungeeignet, um die vorgeschlagenen Maßnahmen durch eine Modellierung mittels EROSION 3D zu prüfen.

Die einzige Fachplanung des Untersuchungsraumes, vorliegend für das Gemeindegebiet Mochau (ca. 80% des UG), die konkrete Aussagen zum Erosionsschutz trifft und damit für ein EROSION 3D-Landschaftsszenario herangezogen werden kann, ist der Entwurf der Agrarstrukturellen Vorplanung „Obere Freiberger Mulde – Ost – Landkreis Döbeln“.

Tabelle 33: Planungen im Untersuchungsgebiet – Maßnahmen mit Auswirkungen auf den Erosionsschutz

| Planung  | Maßnahmenschwerpunkte   | Eignung zur Erreichung UQZ  | Geeignet für E3D Prüfung |
|--|---|---|--------------------------|
| LEP Sachsen  | Erosionsschutz ausschließlich im Kontext des Hochwasserschutzes als:<br>„Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche“   | Keine flächengenaue Ausweisung von Maßnahmen  | nein                     |
| Regionalplan   | Standortgerechte Landnutzung auf erosionsgefährdeten Flächen“   | Keine flächengenaue Ausweisung von Maßnahmen  | nein                     |
| LP Mochau  | Liegt nicht vor   | keine   | nein                     |
| FNP/LP Ostrau, Zschaitz-Ottewig                          | Anlage von Gehölzreihen/ Hecken/ Alleen/ Einzelbäumen, Aufforstung  | Keine flächengenaue Ausweisung der Maßnahmen  | nein                     |
| AVP/ AEP Obere Freiburger Mulde - Ost - Landkreis Döbeln | Verminderung/Vermeidung Erosionsgefahr durch konservierende Bodenbearbeitung und ackerbauliche Maßnahmen auf 15,6% der Ackerflächen → damit Steigerung der konservierend bewirtschafteten Ackerfläche um 3,2% Flächen gegenüber 2002<br>Flächenumwandlung Acker in Grünland: 0,6% der Gesamtfläche<br>Entwicklung Ackerrandstreifen, Anpflanzung Baumreihen/Alleen und Hecken<br>Öffnung ausgewählter Bachläufe und Renaturierung Fließgewässer, Anlegen von Gewässerrandstreifen naturnaher Waldbau<br>Pufferzonen um bestehende Gehölze<br>Aktivierung ausgewählter ehemaliger Feldwege als Rad- und Reitwege zur Ackerschlaggliederung<br>Ausbau des ländlichen Wegenetz,<br>Funktionserhalt der Drainagen | Konkrete, flächengenaue Maßnahmendarstellung<br><br>Langfristig-UQZ von flächendeckender 100% Konservierender Feldbewirtschaftung wird nicht angestrebt | ja                       |
| AVP/ AEP (Entwurf) Zschaitz-Ottewig/ Ostrau              | Umwandlung Acker in Grünland vor allem in den Auenbereichen<br>Ackerrandstreifennetz<br>Entwicklung Streuobstwiesen<br>Erhalt wertvoller Biotope in ehemaligen Abbaugebieten<br>Aktivierung trockenengefallener Gräben<br>Gewässerrandstreifen<br>Anlage von wegbegleitenden Gehölzen   | Keine flächengenaue Ausweisung der Maßnahmen  | nein                     |

#### 4.3.2.2 Auswahl und Ableitung der Landschaftsszenarien für die Prüfung mit EROSION 3D

Ziel der Untersuchung ist es, eine Vorgehensweise zur Ableitung einer „idealen“ Fachplanung aus Sicht des Erosionsschutzes zu entwickeln. Dazu werden die Grenzwertvorschläge aus der Literatur für den „Tolerierbaren Bodenabtrag“ genutzt. Wie schon im Fallbeispiel 1 werden die Grenzwerte von

3t/ha nach AG BOSCH UND PARTNER (2000) und 20 t/ha (DEUTSCHER BUNDESTAG 1997) genutzt. Auch hier werden diese Werte nicht auf ein Jahr sondern auf ein 10jähriges Einzelniederschlagsereignis bezogen.

Allen Szenarien gemeinsam sind der gewählte Simulationsniederschlag und der Zeitpunkt des Niederschlages. Wie Tabelle 12 (S. 53) beschrieben, wurde das 10jährige Extremniederschlagsereignis der Subregion Elbtalweitung und als Niederschlagszeitpunkt der Monat Mai ausgewählt. Die Angaben zu Niederschlagsintensität und -dauer sind Tabelle 13 zu entnehmen.

### ***Szenario Worst Case***

Dieses Szenario stellt das ungünstigste Szenario dar und bildet die potentielle Erosionsgefährdung des Untersuchungsgebietes ab. Angenommen werden die nachfolgenden Rahmenbedingungen:

- Feldfrucht auf allen Ackerflächen: Mais
- Bewirtschaftungsform auf allen Ackerflächen: Konventionelle Pflugbewirtschaftung

Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass dieses Szenario unter realen Bedingungen auftreten wird. Ein Maisanbau auf allen Ackerflächen des gesamten Untersuchungsgebiets kann durch die allgemein etablierte landwirtschaftliche Regel des jährlichen Fruchtwechsels ebenso wie die konventionelle Bewirtschaftung aller Ackerflächen aufgrund langfristiger Fördervereinbarungen über konservierende Bodenbearbeitung ausgeschlossen werden.

### ***Szenario Reale Landnutzung***

Grundlage dieses Szenarios ist die Landnutzung im Jahr 2002. Für alle Ackerflächen wurden die aktuell angebauten Fruchtarten im Mai und die jeweilige Form der Bodenbewirtschaftung berücksichtigt.

### ***Szenario Landnutzung 2002 kombiniert mit Historischen Grünlandbereichen der 1930er Jahre***

Auf Basis der Landnutzung 2002 wurden für den Untersuchungsraum Baderitz die Auswirkungen früherer historischer Grünlandstrukturen untersucht. Die Daten zur historischen Grünlandverteilung im Zeitraum 1930 bis 1940 wurden der Reichsbodenschätzung (RBS) entnommen. Der Anteil des Grünlandes lag zum damaligen Zeitpunkt um 18 % höher. Das entspricht einer Fläche von 277 ha. Die Grünlandflächen befanden sich größtenteils auf heute ackerbaulich genutzten Arealen.

### ***Szenario Planungsvorgaben***

Die Inhalte der vorliegenden Fachplanungen wurden auf Aussagen zum Erosionsschutz und ihre Eignung für Modellierungsszenarien untersucht. Nur eine der vorliegenden Planungen, der Entwurf der AVP Obere Freiburger Mulde - Ost - Landkreis Döbeln erwies sich für die Modellierung eines Land-

schaftszenarios als geeignet. Die Maßnahmen dieser Planung wurden in die Datenbasis eingearbeitet und anschließend mit den Daten der Landnutzung 2002 modelliert.

### ***Szenario Konservierende Bodenbewirtschaftung***

Das Szenario flächendeckende "Konservierende Landbewirtschaftung" prüft die Auswirkungen des UHZ, dass langfristig 100 % der Ackerflächen konservierend (pfluglos) und gemulcht (durchgängig 30 % höhere Bodenbedeckung) bewirtschaftet werden sollen. Die Eingangsparameter des Bodens Lagerungsdichte, Erosionswiderstand, Rauigkeit, Bedeckungsgrad und Skinfaktor wurden nach den Vorgaben des Parameterkataloges (Schmidt et al. 1996) erhöht. Mit Hilfe dieses Landschaftsszenarios wird untersucht, ob die Anwendung dieses UHZ für die Einhaltung der vorgeschlagenen Grenzwerte für den tolerierbaren Bodenabtrag ausreichend ist.

### ***Szenarien zur Ableitung einer „Idealplanung nach Erosionsschutzkriterien“***

Basierend auf der Variante „Flächendeckende konservierende Bewirtschaftung“ wurden Erosionsschutzszenarien entwickelt, indem zunächst Flächen, auf denen der Bodenverlust die Grenzwerte  $\geq 20$  t/ha bzw.  $\geq 3$  t/ha überschreitet, identifiziert wurden. Dies erfolgte durch eine rasterbasierte GIS-Analyse der Modellierungsergebnisse mit Hilfe des Erweiterungsmoduls Spatial Analyst. Wenn eine linienhafte Verteilung der grenzwertüberschreitenden Rasterflächen erkennbar ist, werden diese zu einer geschlossenen Rasterlinie verbunden. Um die Retentions- und Schutzwirkung dieser Flächen untersuchen zu können, erfolgte eine Modellierung der Pufferstreifen mit einer Gesamtbreite von 10 m. Diesen Bereichen wurde dazu die Landnutzungsform Grünland zugewiesen. Nachdem die Modellierungsergebnisse dieses Szenarios weiterhin Flächen aufwiesen, die die gesetzten Grenzwerte überschritten, wurde anschließend eine Verbreiterung der linienhaften Grünlandbereiche auf 20 m und 30 m vorgenommen. Das Ablaufschema in Abbildung 47 veranschaulicht die durchgeführten Arbeitsschritte zur Ermittlung der notwendigen Erosionsschutzmaßnahmen.

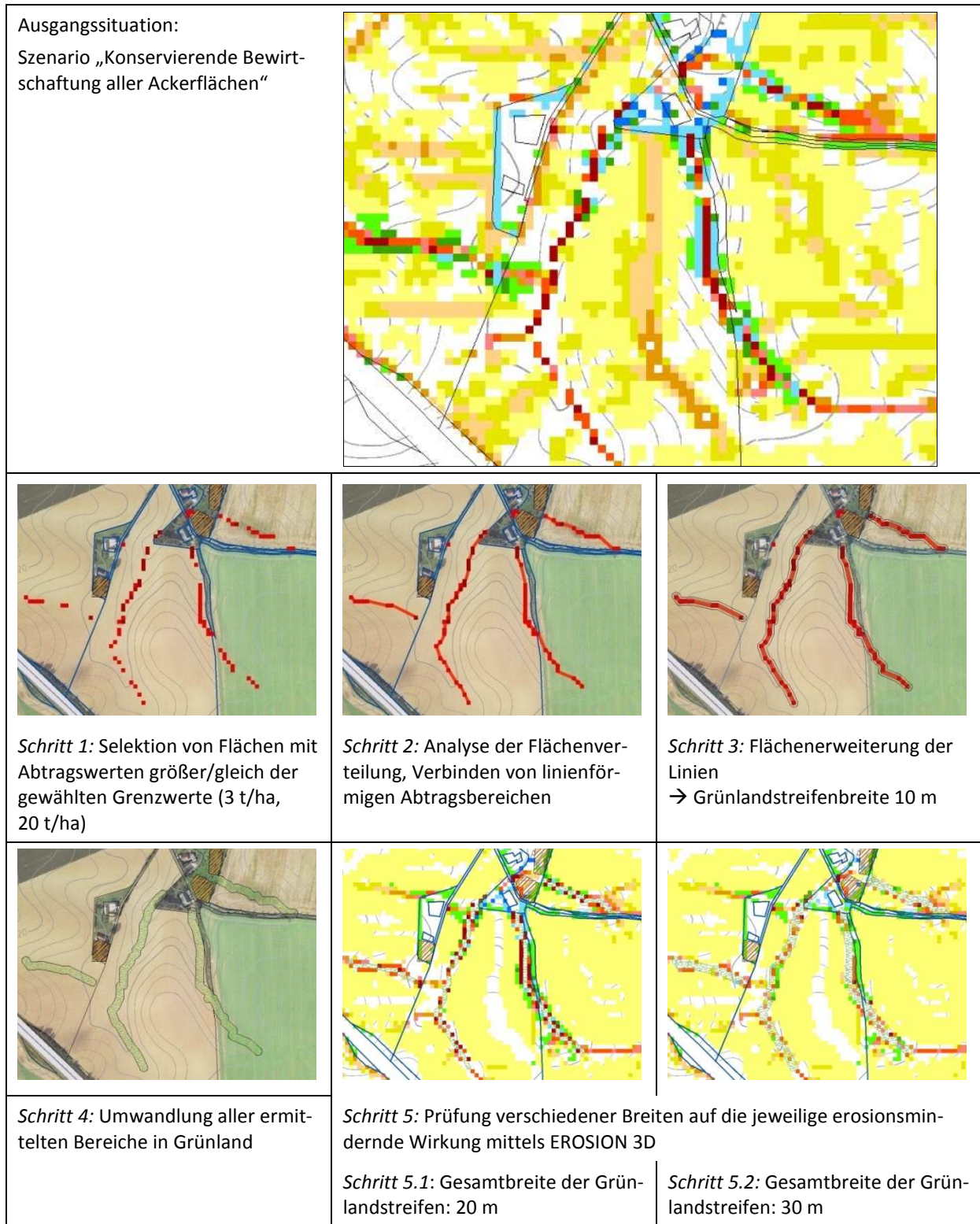


Abbildung 47: Ablaufschema zur Ermittlung von Erosionsschutzbereichen (Datengrundlage: TK, GeoSN; Orthofotos 2002, SLfULG)

Unter der Annahme, dass die „Konservierende Bodenbewirtschaftung“ als gute fachliche Praxis auf allen Ackerflächen des Untersuchungsgebietes vorausgesetzt wird, wurden folgenden Szenarien zur Ableitung einer „Idealplanung nach Erosionsschutzkriterien“ untersucht.



- Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 10 m,
- und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 20 m,
- Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 30 m,
- Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 3$  t/ha (GW 3 t/ ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 10 m,
- Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 3$  t/ ha (GW 3 t/ ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 20 m.

### ***Szenario Idealplanung Erosionsschutz, Gewässerschutz und Naturschutz***

Im Rahmen eines F&E-Verbundprojektes wurde von UEBERFUHR ET AL. (2005) eine Fachplanung erarbeitet, die die Anforderungen des Naturschutzes, des Gewässerschutzes und des Erosionsschutzes vereinen soll. Während für die Fachplanung des Erosionsschutzes mit dem Erosionsmodell EROSION 3D ein modellanalytischer quantitativer Planungsansatz zur Verfügung steht, basieren die Aussagen des Gewässerschutzes auf Daten von Messstationen, die interpoliert werden müssen. Die Erarbeitung der naturschutzfachlichen Planung konzentriert sich auf den Schwerpunkt des Artenschutzes. Als Indikatoren wurden die Vielfalt agrarraumtypischer Vogelarten, deren Habitatansprüche und Aktionsradien gewählt. Da die Ansprüche der vorkommenden Vogelarten sich teilweise widersprechen, wurden diese bereits innerhalb der naturschutzfachlichen Planung abgewogen.

Die als Synthese der Fachplanungen Naturschutz, Gewässerschutz und Bodenschutz entwickelte „Idealplanung“ (Abbildung 48) wurde als Modellierungsszenario ebenfalls auf die damit verbundene Erosionsschutzwirkung geprüft. Die von den einzelnen Fachplanungen vorgeschlagenen Maßnahmen wurden auf Synergieeffekte geprüft oder im Bedarfsfalle gegeneinander abgewogen (siehe dazu UEBERFUHR ET AL. 2005). Teilweise hatte dies die Verkleinerung bzw. die Anpassung von Erosionsschutzstreifen an topographische Vorgaben zur Folge.

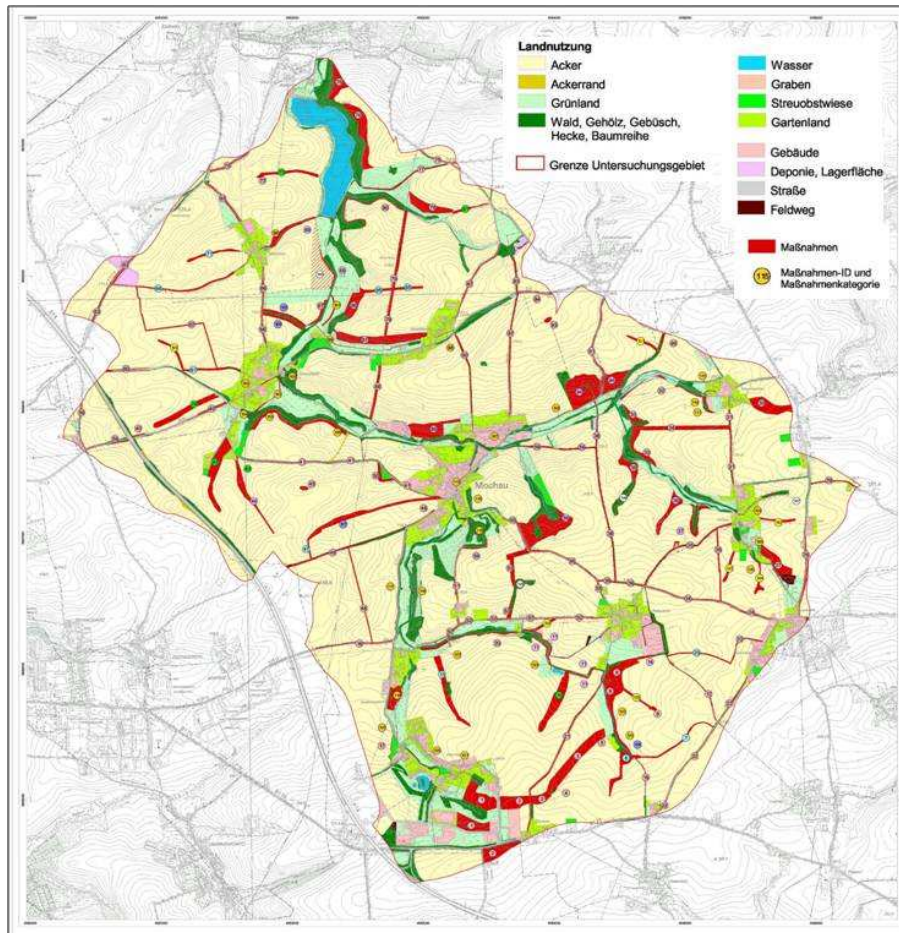


Abbildung 48: „Idealplanung“ als Synthese der Fachplanungen Natur-, Gewässer- und Erosionsschutz (Datengrundlage: TK, GeoSN)

### 4.3.3 Ergebnisse der Modellierungsszenarien

Alle Abbildungen der nachfolgenden Landschaftsszenarien werden nach der Legende in Abbildung 49 dargestellt. Dunkelrote, rote bis hellgelbe Flächen stellen Erosionsareale dar, hellgrüne bis dunkelblaue Farben machen Depositionsbereiche sichtbar.
















| Legende Erosionsmodellierung UG Baderitzer Stausee   |   |
|--|---|
| Erosion  | Deposition  |
|  < -320       |  Keine Erosion /Deposition |
|  -320 - -80   |  0,0001 – 1                |
|  -80 - -40    |  1 – 5                     |
|  -40 - -20    |  5 – 10                    |
|  -20 - -10    |  10 – 80                   |
|  -10 - -5     |  80 – 320                  |
|  -5 - -1      |  > 320                     |
|  -1 - -0,0001 |   |

Abbildung 49: Legende Erosion/Deposition Fallbeispiel 3

#### 4.3.3.1 Worst Case

Das Szenario des „Worst Case“ (Abbildung 50) demonstriert, dass die konventionelle Bodenbewirtschaftung der Ackerflächen kombiniert mit der Fruchtart Mais im Mai zu extrem hohen Abträgen auf allen Ackerflächen führen kann. Aus der Abtragsverteilung ist eine Abhängigkeit der Bodenabträge vom Relief erkennbar. Auf den Plateau- und den Oberhangbereichen liegen die Abtragswerte größtenteils im Bereich zwischen 40 bis 80 t/ha. Die Abträge auf den Mittelhangbereichen betragen flächenhaft 80 bis 320 t/ha und in den Tiefenlinien kulminieren die Abträge auf Werte über 320 t/ha. Die Depositionsbereiche liegen vorrangig in den angrenzenden nicht ackerbaulich genutzten Bereichen und nehmen große Flächen ein. Auch im Bereich des Baderitzer Stausees kommt es in diesem Szenario zu erheblichen Einträgen.

Die vereinzelt erkennbaren Areale mit geringeren Erosionsbeträgen sind im Unterschied zur dominierenden der Bodenart mittel toniger Schluff (Ut3), durch die Bodenart mittel sandiger Lehm (Ls3) geprägt. Die durchschnittliche Nettoerosion bezogen auf das Gesamtgebiet beträgt für dieses Szenario 363 t/ha, die in den Stausee eingetragene Sedimentmenge liegt im Falle dieses Worst Case bei 742.280 Tonnen.

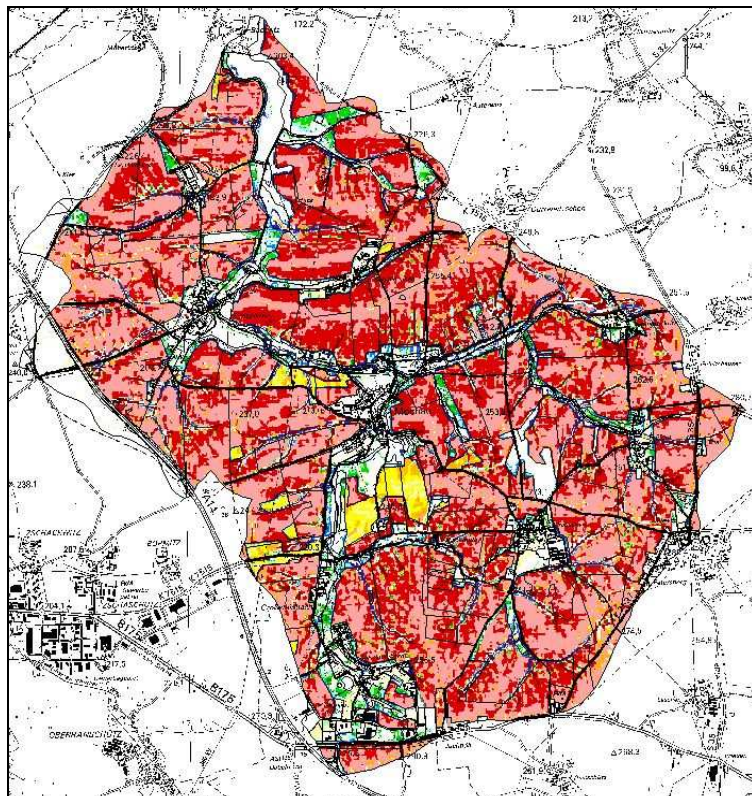


Abbildung 50: Szenario Worst Case Baderitzer Stausee (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Die gewählten Grenzwerte der Nettoerosion von 3 bzw. 20 t/ha werden in diesem Szenario auf allen Ackerflächen um ein Vielfaches überschritten.

#### 4.3.3.2 Real-Szenario

Die Situation im Jahr 2002 veranschaulicht den Einfluss von angebaute Fruchtart und Bewirtschaftungsart auf die Erosionssituation (Abbildung 51). Felder, auf denen konventioneller Anbau von Mais und Zuckerrüben stattfand, weisen flächenhafte Erosion von 20 bis 40 t/ha auf (orange Flächen).

Areale, auf denen sich reliefbedingt der Abfluss konzentriert, weisen teilweise extreme Erosionswerte von über 320 t/ha auf (dunkelrote Bereiche). Die konventionell angebauten Wintergetreidearten Roggen, Gerste und Weizen erweisen sich dagegen wegen des hohen Bedeckungsgrades zum angenommenen Zeitpunkt als weit weniger erosionsgefährdet. Die flächenhaften Abträge betragen nur bis zu 10 t/ha. Allerdings zeigen auch diese Felder besonders sensitive Bereiche, insbesondere dort, wo sich reliefbedingt der Abfluss linear konzentriert. Hier werden ebenfalls Abtragungswerte bis über 320 t/ha erreicht.

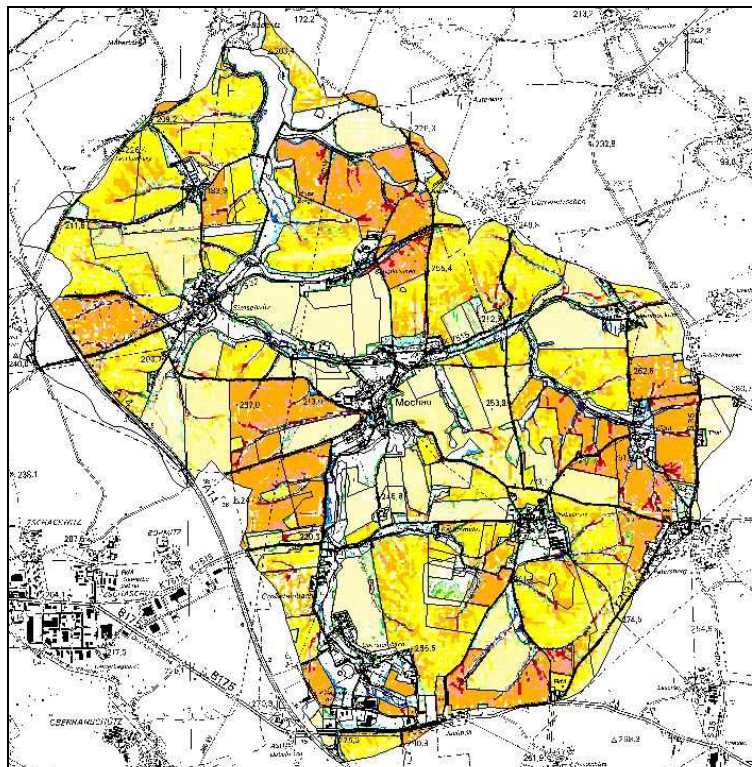


Abbildung 51: Szenario Landnutzung 2002 (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Auf Feldern, die konservierend bewirtschaftet werden, betragen die Abträge durchschnittlich nur bis zu 1 t/ha (hellgelbe Flächen). Im Jahr 2002 war der Anteil dieser Flächen an der gesamten Ackerfläche mit 12,5 % gering, so dass zur Bestimmung der Verhältnisse bei flächendeckender konservierender Bewirtschaftung des UGs weitere Modellierungen notwendig sind. Im Falle dieses Szenarios würde die Nettoerosion für das Gesamtgebiet rd. 49 t/ha und die in den Stausee eingetragene Sedimentmenge etwa 100.070 Tonnen betragen. Die Grenzwerte von 3 bzw. 20 t/ha werden auch in diesem Szenario in größerem Umfang überschritten.

#### 4.3.3.3 Landnutzung 2002 kombiniert mit historischen Grünlandbereichen von 1930

Die Analyse der historischen Landschaftsszenarien belegt für die Kombination der aktuellen Landnutzung 2002 mit Grünlandflächen der 1930er Jahre, die erosionsmindernde Wirkung eines erhöhten Grünlandanteils (Abbildung 52). Während die Erosions- und Depositionsbeträge auf den Ackerflächen unverändert bleiben, weisen die Grünlandbereiche so gut wie keine Bodenab- und Aufträge auf. Durch die Nutzung von 18 % der derzeitigen Ackerfläche als Grünland würden sich die Nettoerosion des Untersuchungsgebietes gegenüber der Landnutzung 2002 um 35 % auf rd. 32 t/ha und der Sedimenteintrag in den Stausee um rd. 35.000 Tonnen auf 65.220 Tonnen verringern. Die Grenzwerte der Nettoerosion von 3 bzw. 20 t/ha werden in diesem Szenario ebenfalls überschritten.

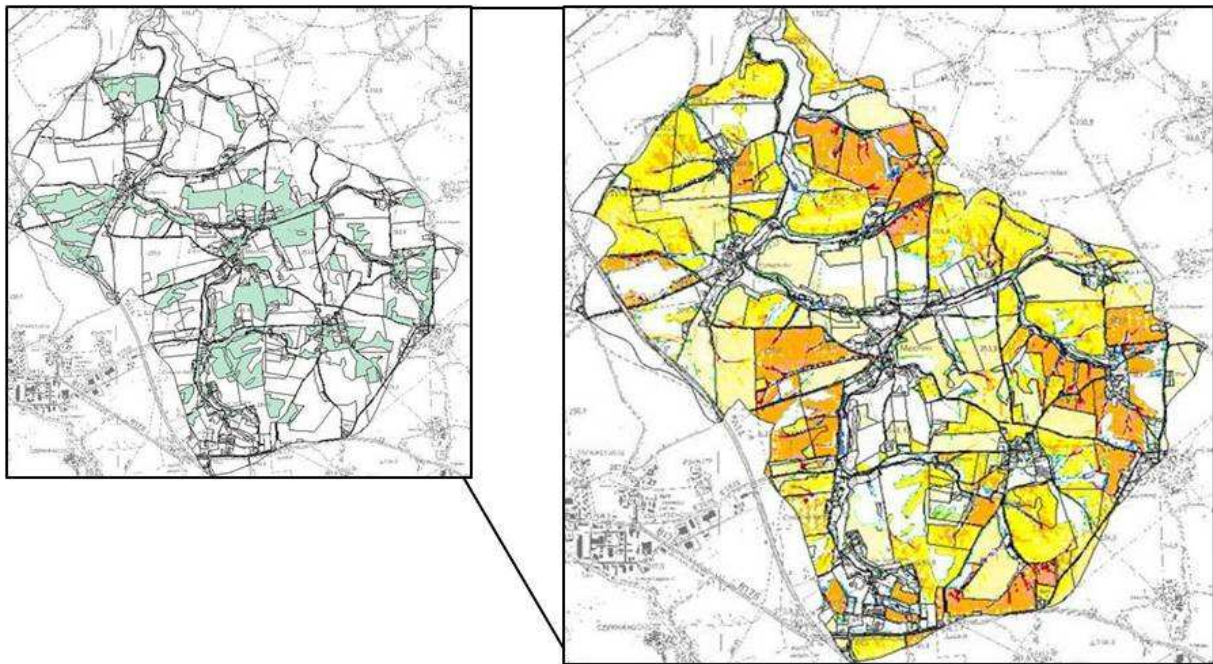


Abbildung 52: Szenario „Landnutzung 2002 kombiniert mit historischen Grünlandbereichen von 1930“ (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.3.3.4 Szenario Planungsvorgaben

Die Kombination der Fachplanung AVP „Obere Freiberger Mulde-Ost LK Döbeln“ mit der realen Landnutzung 2002 (Abbildung 53) bewirkt eine Minderung des Bodenverlustes für das gesamte EZG um 45 % auf rund 54.940 t und der Nettoerosion auf durchschnittlich 2 t/ha. Diese deutliche Erosionsverringerung kann auf den erhöhten Anteil von konservierend zu bewirtschaftenden Flächen (15,6%) und die Umwandlung von 8,5 ha Ackerfläche in Grünland in besonders gefährdeten Bereichen zurückgeführt werden. Strukturelle Maßnahmen, wie die Anlage von Ackerrandstreifen, Feldgehölzen und Gewässerrandstreifen unterstützen den Minderungseffekt zusätzlich. Demnach ist die räumliche Zuordnung der Maßnahmen als deutlich erosionsmindernd zu bewerten und die Umsetzung der AVP-Maßnahmen würde eine deutliche Verringerung der Abtragsraten bewirken.

Die angenommenen Grenzwerte von 3 bzw. 20 t/ha werden jedoch auf einigen Flächen überschritten und können nicht eingehalten werden.

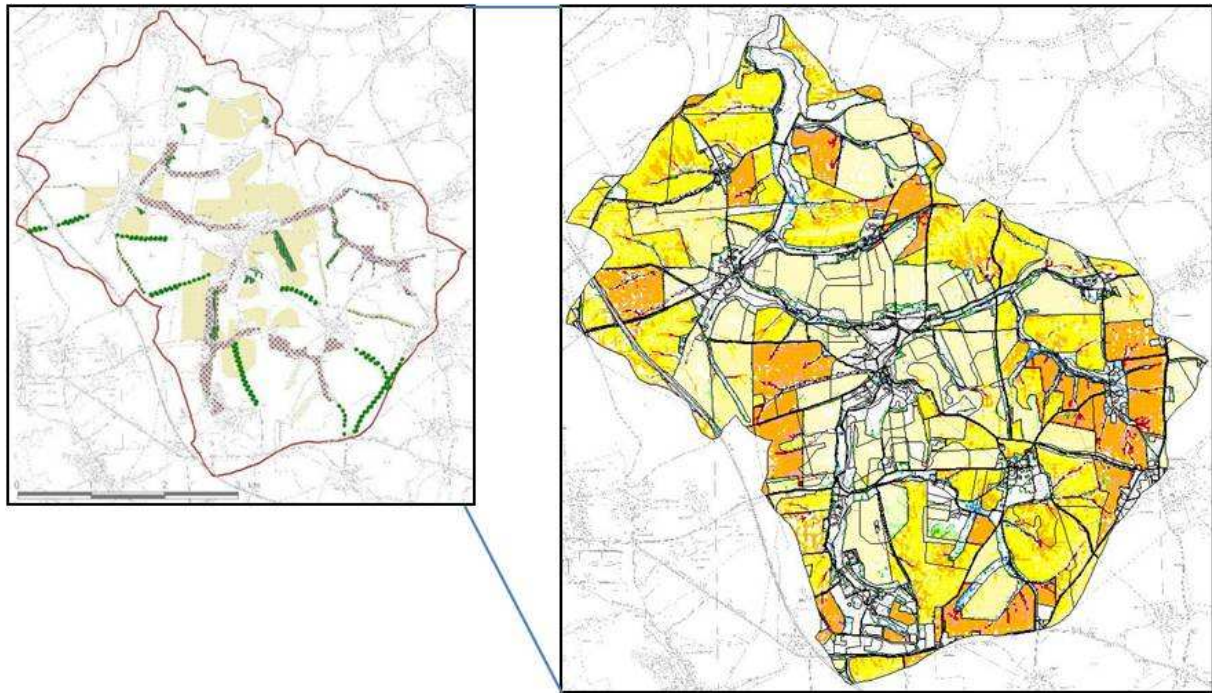


Abbildung 53: Szenario „Planungsvorgaben Erosionsschutzmaßnahmen der AVP Baderitz“ (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.3.3.5 Konservierende Bodenbewirtschaftung

Im Szenario „Konservierende Feldbewirtschaftung“ bewirkt die dauerhaft pfluglose Bewirtschaftung kombiniert mit einer 30% höheren Mulch-Bodenbedeckung eine Minderung der Nettoerosion um 99% gegenüber der Landnutzung 2002. Damit ist der Nachweis erbracht, dass durch flächendeckende konservierende Bewirtschaftung eine erhebliche Verminderung der Erosionsbeträge erreicht werden kann. Die Bodenabträge liegen größtenteils unter der gesetzten Grenzwerten von 20 t/ha und 3 t/ha. Allerdings treten besonders in reliefbedingten Abflussbahnen örtlich noch hohe Bodenabträge mit Abträgen von über 100t/ ha auf (Abbildung 54). Während der Grenzwert von 20 t/ha auf etwa 5 Hektar (entspricht ca. 0,3%) der Gesamtfläche überschritten wird, sind es bei einem Grenzwert von 3 t/ha etwa 40 ha (ca. 2,6%). Damit werden auch in diesem Szenario die angenommenen UQZ-Grenzwerte überschritten. Die stellenweise erheblichen Bodenabträge werden auch in diesem Szenario in angrenzenden Bereichen abgelagert. Laut Simulationsrechnung muss man in einigen Bereichen trotz konservierender Feldbewirtschaftung noch immer mit einer akuten Gefährdung durch den Eintrag von Bodenmaterial rechnen.

Depositionsbereiche finden sich vor allem in den Übergangsbereichen von Acker in angrenzende Nutzungsarten, wie bspw. am Rande von Ortschaften, in Randbiotopen von Ackerflächen sowie in gewässernahen Bereichen. Es muss davon ausgegangen werden, dass es stellenweise trotz konservierender Feldbewirtschaftung zu einem direkten Sediment- und damit verbundenem Stoffeintrag in Gewässer kommen kann.

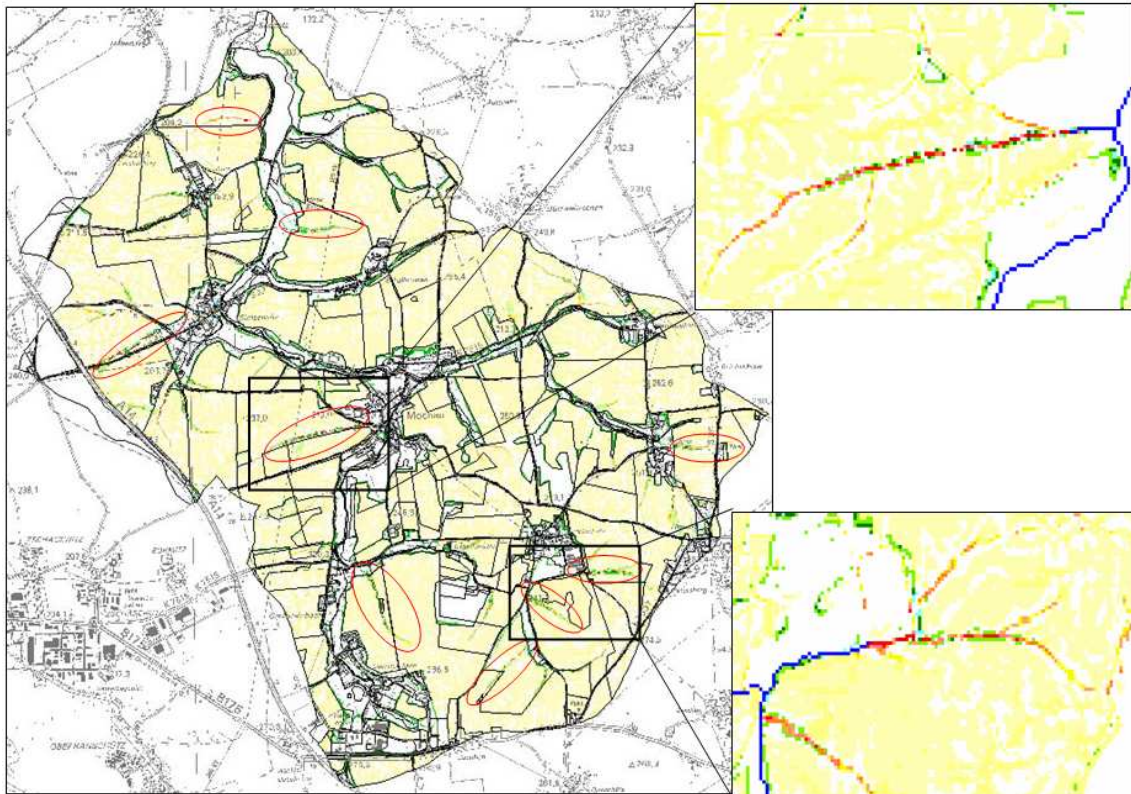


Abbildung 54: Szenario „Flächendeckende Konservierende Bewirtschaftung der Ackerflächen“ mit Markierung der besonders erosionsgefährdeten Areale (rote Ellipsen) und Ausschnitten dieser Bereiche (Datengrundlage: TK, GeoSN)

Wie in Abbildung 55 zu erkennen, sind vom Stoffeintrag unter anderen auch geschützte Biotope nach § 26 SächsNatSchG und naturschutzfachlich wertvoll eingestufte Biotope (Quelle: LRA Döbeln) betroffen. Eine mögliche Schutzmaßnahme für diese Bereiche könnte hier die dauerhafte Umwandlung der Ackerflächen in eine infiltrationsbegünstigende Landnutzung wie bspw. Grünland oder Wald sein.

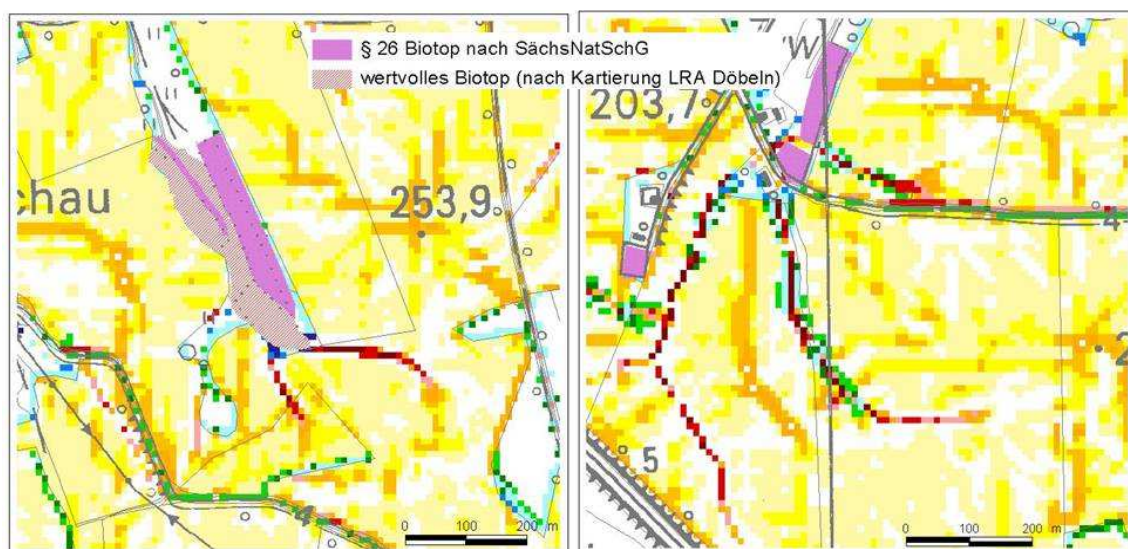


Abbildung 55: Ausschnitte aus dem Szenario „Flächendeckende Konservierende Bewirtschaftung der Ackerflächen“ – Gefährdung geschützter und wertvoller Biotope durch Stoffeintrag in Tiefenlinien trotz konservierender Feldbewirtschaftung (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.3.3.6 Szenarien zur Ableitung einer „Idealplanung nach Erosionsschutzkriterien“

Die Resultate der fünf untersuchten Grenzwertszenarien zeigen, dass die Umwandlung der grenzwertüberschreitenden Abtragsbereiche in Grünland im Vergleich zum Szenario „Konservierende Bodenbewirtschaftung“ nochmals eine deutliche Verringerung der Sedimentmenge und der Nettoerosion bewirkt. Die abgetragenen Sedimentmengen liegen für alle Szenarien mit 514 bis 27 Tonnen deutlich unter 1000 Tonnen. Die Nettoerosion ist im Vergleich zum Szenario „Konservierende Bodenbewirtschaftung“ von 0,63 t/ha auf Werte zwischen 0,25 bis 0,01 t/ha gesunken.

Betrachtet man den Umwandlungsbedarf von Acker in Grünland, so ist zu erkennen, dass nur geringe Flächenanteile der Ackerflächen von 1,4 bis 7,1 % beansprucht werden. Für den Grenzwert (GW) von 20 t/ha beansprucht die Pufferung dieser Flächen mit einer 5m-Grünlandschutzzone ca. 25 ha (1,6 %) und für den GW 3 t/ha ca. 68 ha (4,4 %) der Ackerfläche.

Die Verbreiterung der Schutzzone auf einen 10 m-Puffer erhöht den Flächenbedarf des GWs 20 t/ha auf rund 40 ha und für den GW 3 t/ha auf 109 ha. Damit werden für das Szenario des GWs 20 t/ha ca. 2,6 % und für das Szenario des GWs 3 t/ha 7,1 % der Ackerflächen beansprucht.

Tabelle 34 stellt die Modellierungsergebnisse sowie den Flächenbedarf für die untersuchten Landschaftsszenarien dar.

**Tabelle 34: E3D-Ergebnisse der Landschaftsszenarien „Idealplanung Erosionsschutz“ im UG Baderitzer Stausee**

| SZENARIO                   | Sedimentmenge<br>[t] | Nettoerosion<br>[t/ha] | Umnutzung Ackerfläche in Grünland |      |
|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------|------|
|                            |                      |                        | [ha]                              | [%]  |
| Konservierend Mais (KM)    | 1.280,36             | 0,63                   |                                   |      |
| KM + GW 20t/ha 2,5m-Puffer | 513,84               | 0,25                   | 21,39                             | 1,39 |
| KM + GW 20t/ha 5m-Puffer   | 478,60               | 0,23                   | 24,86                             | 1,61 |
| KM + GW 20t/ha 10m-Puffer  | 232,72               | 0,11                   | 39,72                             | 2,58 |
| KM + GW 3t/ha 5m-Puffer    | 60,64                | 0,03                   | 67,77                             | 4,39 |
| KM + GW 3t/ha 10m-Puffer   | 26,44                | 0,01                   | 109,08                            | 7,07 |

**KM + GW 20t/ha 2,5m-Puffer** - Konservierende Bodenbewirtschaftung und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 10 m

**KM + GW 20t/ha 5m-Puffer** - Konservierende Bodenbewirtschaftung und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 20 m

**KM + GW 20t/ha 10m-Puffer** - Konservierende Bodenbewirtschaftung und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 20$  t/ha (GW 20 t/ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 30 m

**KM + GW 3t/ha 5m-Puffer** - Konservierende Bodenbewirtschaftung und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 3$  t/ha (GW 3 t/ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 10 m

**KM + GW 3t/ha 10m-Puffer** - Konservierende Bodenbewirtschaftung und Umwandlung aller Ackerflächen, die eine Nettoerosion  $\geq 3$  t/ha (GW 3 t/ha) aufweisen, in Grünlandflächen mit einer Mindestbreite von 20 m



Abbildung 56 bildet die Flächenanteile der Grünlandschutzstreifen für die Grenzwerte 3 t/ha (links) und 20 t/ha (rechts) ab. Während der Flächenbedarf für den GW 20 t/ha bei maximal 3% liegt, steigt er beim GW 3 t/ha auf bis zu 7 % an. Signifikant ist auch die deutlich stärker strukturierte Landschaft für den niedrigeren Grenzwert.

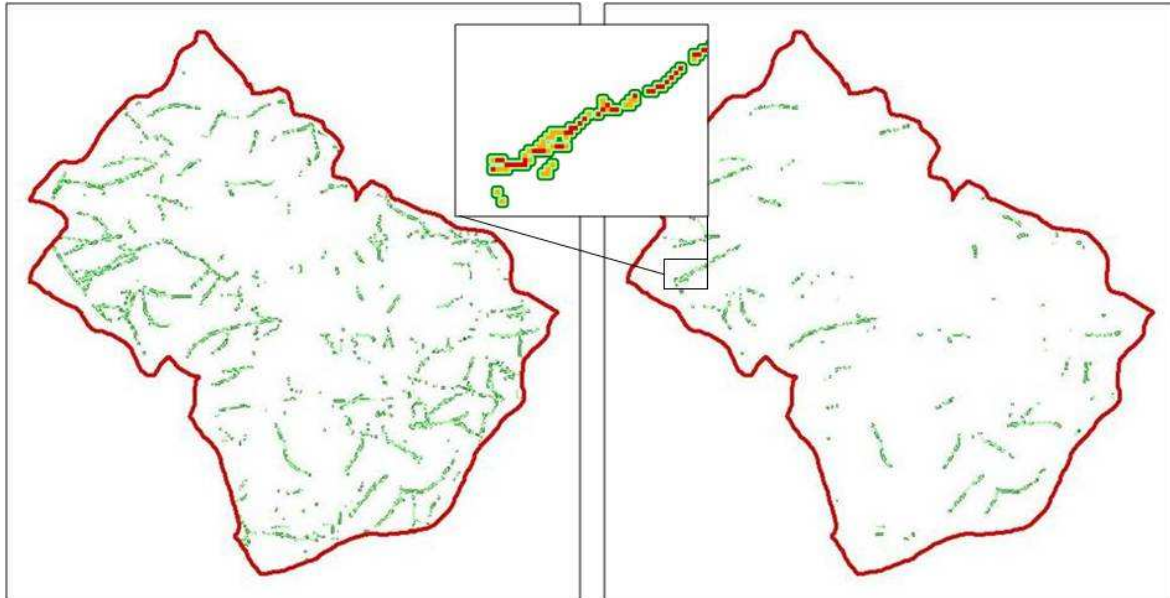


Abbildung 56: Grünlandpufferflächen – Links: Grenzwert-Szenario 3 t/ha, Rechts: Grenzwert-Szenario 20 t/ha (Datengrundlage: GeoSN; SLfULG)

Das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung eines optimalen Erosionsschutzszenarios zeigte bei nicht ausreichender Breite des Grünlandschutzstreifens, dass am Rand des Schutzstreifens verstärkte Erosion stattfindet.

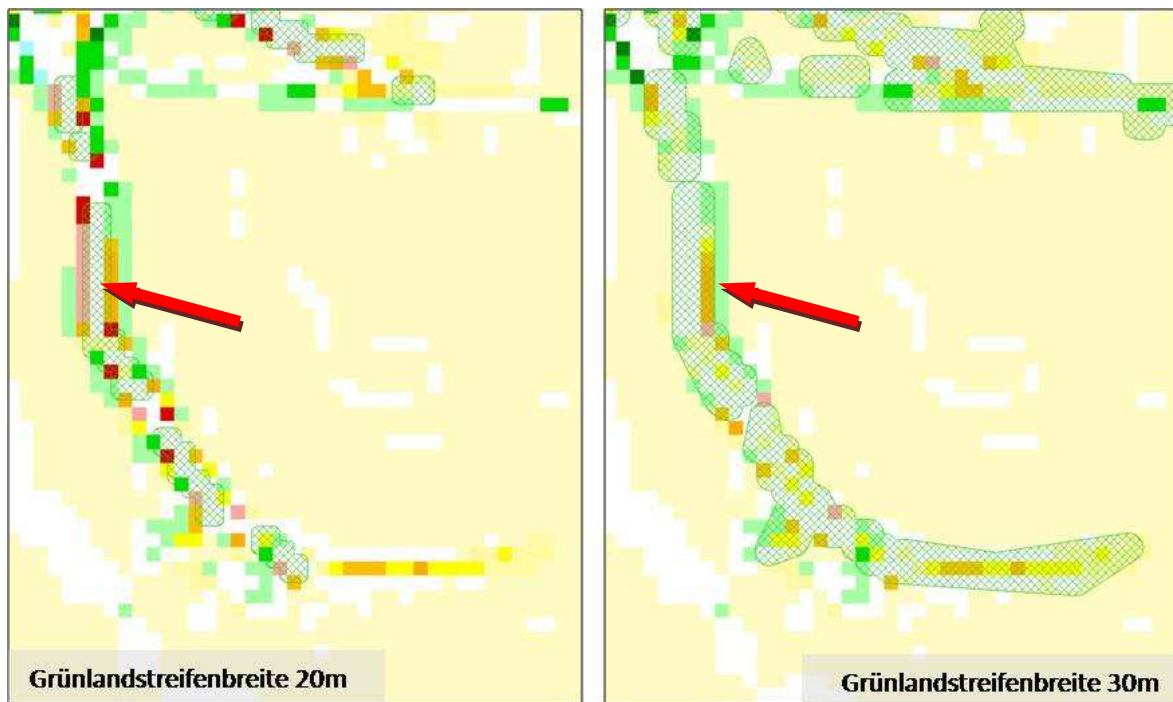


Abbildung 57: Prüfung der erosionsmindernden Wirkung verschiedener Grünlandbreiten mittels EROSION 3D

Auf der linken Seite von Abbildung 57 ist zu erkennen, dass der 20 m breite Erosionsschutzstreifen keine wesentliche Verminderung der Erosionsbeträge bewirkt, sondern vielmehr im Übergang vom Grünland zur Ackerfläche erneut linienhafte Erosionsrinnen zu verzeichnen sind. Auch SEIDEL (2008) beschreibt diesen Effekt bei unzureichender Dimensionierung der Schutzmaßnahmen. Eine mögliche Ursache hierfür können die unterschiedlichen Oberflächenrauigkeiten von Grünland und Acker sein. Die dadurch bedingte Verringerung der Abflussgeschwindigkeit beim Eintritt des Oberflächenwassers in die Grünlandfläche geht einher mit einer Zunahme der Wassertiefe. Bei einem flachen Übergang von Acker zu Grünland kann daher das Wasserspiegelgefälle auf null sinken, sodass das Oberflächenwasser parallel zum Grünland auf der Ackerfläche abfließt. Dieser Effekt kann nur vermieden werden, wenn der Grünstreifen bereits im Hangbereich beginnt, sodass das natürliche Gefälle trotz des Rauigkeitswechsels einen Zustrom des Wassers in den Grünstreifen ermöglicht. Im Falle des 30 m breiten Schutzstreifens (Abbildung 57, rechts) treten diese beobachteten „Randeffekte“ deshalb nicht mehr auf. Durch eine schrittweise Erweiterung der Schutzzonen und anschließende Prüfung mittels EROSION 3D kann so der optimale Flächenbedarf für Erosionsschutzzwecke abgeleitet werden und sowohl eine „Unterdimensionierung“ als auch eine „Überdimensionierung“ der Schutzzonen auf wertvollen Ackerflächen vermieden werden.

Gegenüber dem Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ konnte mit dem Einsatz der Grünland-schutzzonen nochmals eine erhebliche Verringerung der Nettoerosionswerte und der ausgetragenen Sedimentmengen erzielt werden. Besonders die erosionsgefährdeten Tiefenlinienbereiche erhalten durch die Umwidmung von Acker in Grünland einen wirksamen Erosionsschutz. Depositionsbereiche konnten erheblich verringert werden.

Die Resultate der Grenzwertszenarien für das EZG Stausee Baderitz belegen, dass eine Kombination von konservierender Bodenbewirtschaftung mit passiven Schutzmaßnahmen im Bereich besonders erosionsgefährdeter Zonen eine weitere wesentliche Verringerung der in den Stausee eingetragenen Sedimentmengen und der Nettoerosion ermöglicht.

### ***4.3.3.7 Idealplanung des Naturschutzes, Gewässerschutzes und Bodenschutzes***

Im Ergebnis dieser Szenarienprüfung kann festgestellt werden, dass bei flächendeckender konservierender Bodenbearbeitung und den zusammengeführten Maßnahmen des Gewässer-, Erosions- und Naturschutzes die Erosionsbeträge wesentlich verringert werden können. Allerdings ist gegenüber den Szenarien des Erosionsschutzes wieder ein Anstieg der ausgetragenen Sedimentmenge und der Nettoerosion feststellbar. Der durchschnittliche Nettoerosionsbetrag liegt bei 0,09 t/ha und die Sedimentmenge bei 176 Tonnen.

Wie bereits in Kapitel 0, S. 124 beschrieben, wurden für die Zusammenstellung dieser Planung die Maßnahmen der einzelnen Fachplanungen gegeneinander abgewogen, zum Teil verändert und den örtlichen Gegebenheiten angepasst. Aus diesem Grund wurden auch vorgeschlagene Maßnahmen des

Erosionsschutzes in Form und Größe verändert. Es ist wahrscheinlich, dass diese Änderungen die Ergebnisse dieses Szenarios dementsprechend beeinflussen.

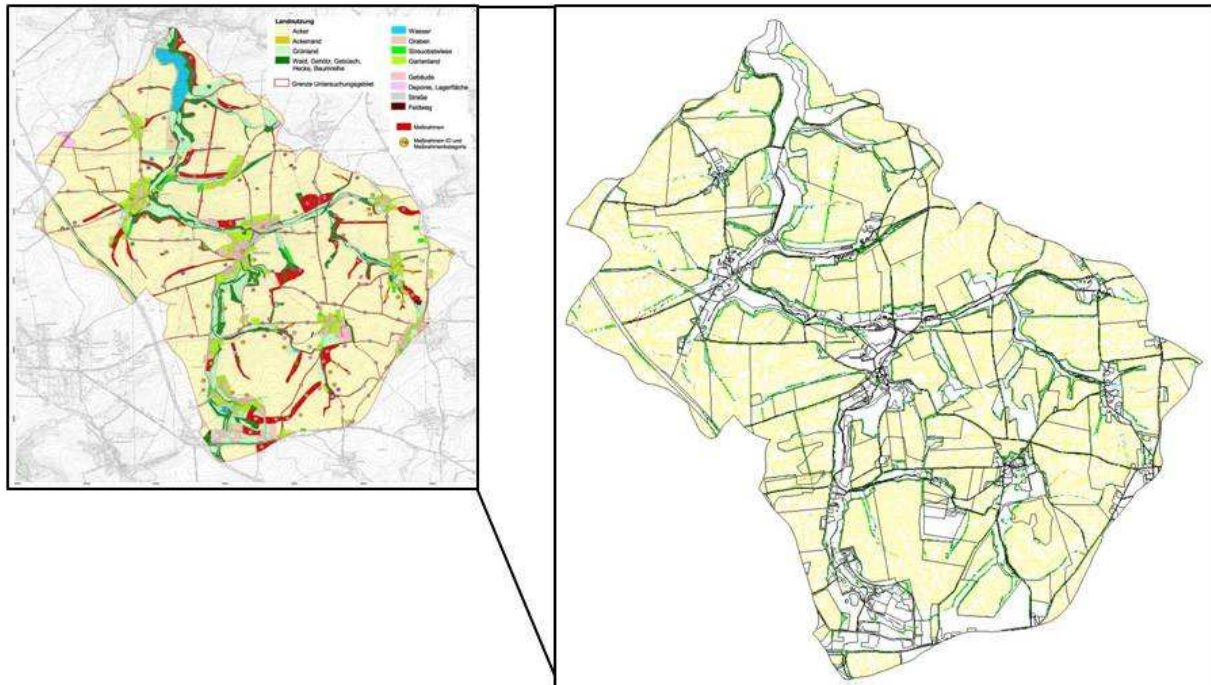
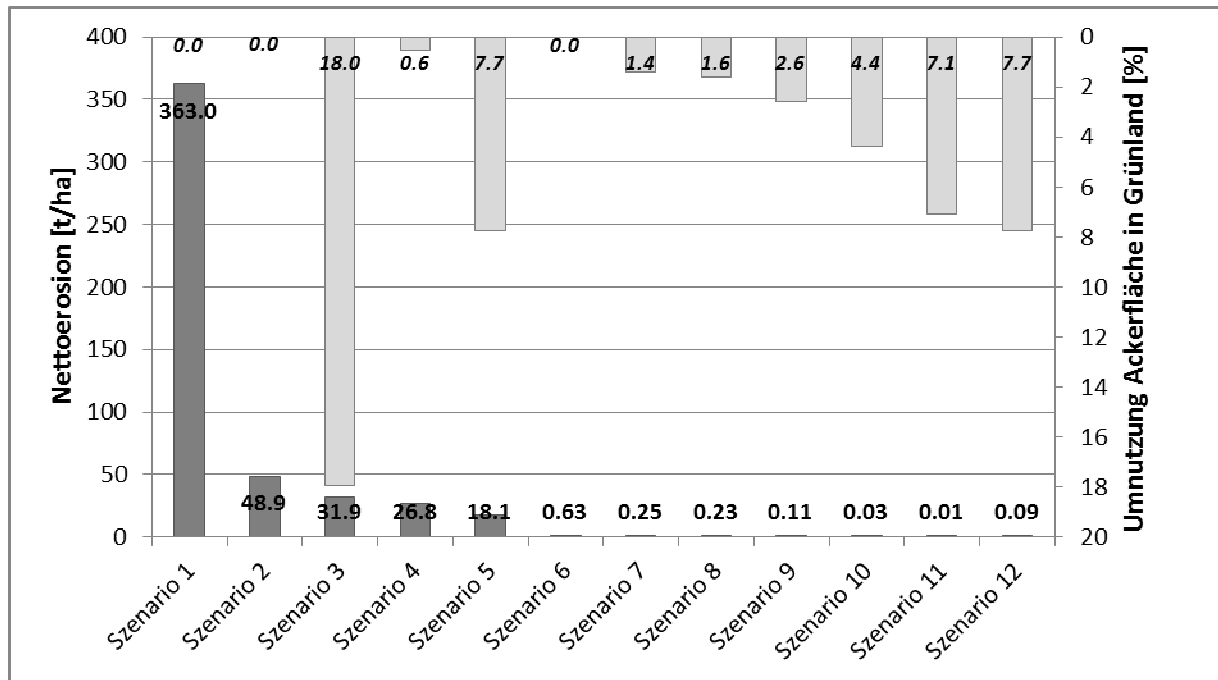


Abbildung 58: Szenario „Idealplanung des Naturschutzes, Gewässerschutzes und Bodenschutzes“ (Datengrundlage: TK, GeoSN)

#### 4.3.3.8 Ergebniszusammenfassung

In Abbildung 59 werden alle modellierten Landschaftsszenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee dargestellt. Die angegebenen Sedimentmengen sowie der durchschnittliche Nettoerosionsbeitrag beziehen sich auf das gesamte Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees.

Die Ergebnisse der Landschaftsszenarien zeigen, dass die Menge des erodierten Bodenmaterials sowie die Nettoerosion in Abhängigkeit von ackerbaulichen und landschaftspflegerischen Erosionsschutzmaßnahmen stark variieren können. Die Annahme der konservierenden Bodenbewirtschaftung auf allen Ackerflächen ab Szenario 6 ist durch eine deutliche Verringerung der Nettoerosion zu erkennen. Alle weiteren Maßnahmen der Szenarien 7 bis 11 unterstützen und verstärken den erosionsmindernden Effekt dieser Bewirtschaftungsform.



- Szenario 1 Worst case
- Szenario 2 Landnutzung 2002
- Szenario 3 Landnutzung 2002 kombiniert mit historischen Grünlandflächen von 1930
- Szenario 4 Landnutzung 2002 mit Maßnahmen AVP Baderitz
- Szenario 5 Landnutzung 2002 + „Idealplanung“
- Szenario 6 Konservierend Mais (KM)
- EROSIONSSCHUTZSZENARIEN**
- Szenario 7 KM + GW 20t/ha 2,5m-Puffer
- Szenario 8 KM + GW 20t/ha 5m-Puffer
- Szenario 9 KM + GW 20t/ha 10m-Puffer
- Szenario 10 KM + GW 3t/ha 5m-Puffer
- Szenario 11 KM + GW 3t/ha 10m-Puffer
- IDEALPLANUNG NATUR-, GEWÄSSER- UND EROSIONSSCHUTZ**
- Szenario 12 KM + „Idealplanung“

Abbildung 59: Nettoerosion[t/ha] und Flächenbedarf „Umwandlung Acker in Grünland“[%] für alle Landnutzungsszenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee

## 5 Diskussion und Schlussfolgerungen

### 5.1 Fallbeispiel 1

#### 5.1.1 *Übersichtsmodellierung*

Die Ergebnisse der Übersichtsmodellierung erlauben flächendeckende Aussagen über die potentielle Erosionsgefährdung für die gesamte Untersuchungsfläche. Vergleicht man die Auf- und Abtragsbereiche mit denen der sachsenweit vorliegenden EROSION 3D-Modellierung von SCHINDEWOLF & SCHMIDT (2010) ist eine weitest gehende Übereinstimmung zu erkennen, die die hohe Erosionsgefährdung dieses sächsischen Teilgebietes bestätigt.

Die Klassifizierung der Erosionsgefährdung auf mesoskaliger Ebene zeigt, dass eine wesentliche Wichtung durch die Setzung der Bewertungskriterien erfolgt. Aus der Annahme, dass die Denkmalflächen anhand der maximalen Erosionswerte eingestuft werden, resultiert ein erheblich größerer Anteil an sehr gefährdeten Denkmalflächen als bei der Annahme von den durchschnittlich auftretenden Erosionsbeträgen. Da die archäologischen Denkmäler aber bereits durch kleinflächig hohe Abtragsraten extrem gefährdet sein können, ist für die betrachtete Fragestellung die Verwendung der maximal auftretenden Erosionsbeträgen zur Ableitung von Gefährdungskategorien zu empfehlen. Die Verwendung der Durchschnittsrate zur Beurteilung der Denkmalgefährdung könnte, insbesondere durch die fehlende Berücksichtigung extremer Abtragswerte und den hohen Anteil von Denkmalflächen die als Depositionsflächen klassifiziert werden, eine Fehleinschätzung der Gefährdungssituation zur Folge haben. Dies könnte möglicherweise zu einer erheblichen Unterschätzung der Denkmalgefährdung führen.

#### 5.1.2 *Hot-Spot-Szenarien*

Die Modellierungsergebnisse zeigen ein differenziertes Bild der fünf betrachteten Hotspotflächen. Während die Abtragsdisposition durch Wassererosion auf den Untersuchungsflächen Zscheilitz und Pulsitz am höchsten ist, die Denkmalflächen jedoch nicht unmittelbar gefährdet sind, sind die archäologischen Denkmalflächen der drei anderen Hotspots Leippen, Piskowitz und Schwochau aufgrund der ermittelten geringen Tiefen der archäologischen Befunde besonders gefährdet.

Die Ergebnisse der EROSION 3D-Modellierung stellen die Auswirkungen eines statistischen 50jährigen Extremniederschlags für regionaltypische Feldfrüchte und eines Referenzjahres mit Maisanbau für den Zeitraum Mai - September auf der Ackerfläche des archäologischen Denkmals dar. Während die Ergebnisse des 50jährigen Niederschlages die extremen Auswirkungen eines Einzelerignisses demonstrieren, stellt das Referenzjahr den mittleren jährlichen Bodenabtrag für die Feldfrucht Mais dar.

Die Modellierungsergebnisse des Referenzjahres ergeben auf allen 5 Hotspotflächen nur eine geringe Gefährdung, im Falle des Extremniederschlages treten auf allen Untersuchungsflächen erhebliche Erosionsbeträge auf. Die Maximalabträge liegen bei 6 cm für Leippen, 30 cm für Piskowitz, 50 cm für

Pulsitz, 24 cm für Schwochau und 220 cm für Zscheilitz. Für die Bewertung des Hotspots Zscheilitz muss berücksichtigt werden, dass die Ackerfläche teilweise stark geneigt ist und von einer Tiefenlinie durchzogen wird, die jedoch nicht im Bereich der Denkmalfläche liegt.

Die Essenz aus den Modellierungsergebnissen ist, dass eine konsequente konservierende und möglichst flache Bearbeitung des Bodens einen sehr effizienten Schutz der Denkmalflächen bietet. Eine Anwendung der bodenschonendsten Bewirtschaftungsform „Direktsaat“ würde den Schutz der Denkmäler weiter verbessern. Besondere Berücksichtigung sollte beim Schutz der archäologischen Denkmalflächen der Aspekt der Bearbeitungstiefe finden. Der positive Effekt einer Reduzierung der Bearbeitungstiefe wurde durch die Modellierungsergebnisse bestätigt. Als unterstützender argumentativer Faktor ist hier der betriebswirtschaftliche Aspekt zu nennen. Nach SCHEID (2010) kostet eine tiefe Lockerung des Bodens etwa 12 €/ha mehr als eine flachgründige Bearbeitung. Die Kosten pro Zentimeter Bodentiefe belaufen sich danach auf 60 Cent/ha. Eine Verringerung der Bewirtschaftungstiefe würde demnach nicht nur dem Schutz der archäologischen Denkmalfläche dienen, sondern gleichzeitig die Betriebskosten des Landwirtes verringern.

Grundlegend kann festgestellt werden, dass das physikalisch basierte Erosionsmodellierungsprogramm EROSION 3D in der Lage ist, die räumliche Verteilung der Erosion und Deposition durch Wasser wirklichkeitsnah zu modellieren und darzustellen sowie eine realistische Abschätzung der Erosions- und Depositionsmengen zu treffen. Es wurde auf mittlerer Maßstabsebene effizient zur Ableitung von Erosionsgefährdungsstufen der Denkmalflächen angewandt. EROSION 3D ist damit sowohl als Instrument für mesoskalige Anwendungen auf Übersichtsflächen, als auch als auf hochaufgelöster Ebene zur Prüfung von Bewirtschaftungsformen und Schutzmaßnahmen geeignet.

Allerdings berücksichtigen die durchgeführten Simulationsrechnungen nicht die Effekte der Wind- und insbesondere der bearbeitungsbedingten Bodenverlagerung. Sowohl wissenschaftliche Untersuchungen wie bspw. von VAN OOST ET AL. (2000), HECKRATH ET AL. (2005), HOUBEN (2008) und KIETZER (2007) als auch Befunde im Untersuchungsgebiet (Zschaitzer Burgberg) belegen, dass vor allem durch den Einsatz ackerbaulicher Bearbeitungsgeräte ein weiterer, mitunter erheblicher Bodenabtrag bewirkt wird. Berücksichtigt man in der Gesamtbetrachtung den Einfluss der Bearbeitungserosion bei der Ableitung der Denkmalgefährdung, so muss von einer weiteren Gefährdung und damit von einer deutlich höheren Gesamtgefährdung der archäologischen Denkmalflächen durch die landwirtschaftliche Nutzung ausgegangen werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die angewandte Methodik der Erosionsmodellierung mit dem Modell EROSION 3D umfassende Aussagen zur Wassererosionsgefährdung der untersuchten archäologischen Denkmale ermöglicht. Die Anforderung der Übertragbarkeit auf andere Regionen wurde durch die Verwendung eines physikalisch basierten Modellierungsprogrammes gewährleistet. Konkrete Aussagen zur Abtragsminderung und damit zum Schutz der archäologischen Denkmalflächen sind durch die Anwendung von EROSION 3D möglich in Form von Vorschlägen zur:

- Bewirtschaftungsveränderungen durch Verringerung der Pflugtiefe,
- Veränderung der Bewirtschaftungsform,  
Landschaftsstrukturierung.

### 5.1.3 *Schlussfolgerungen*

Folgende Thesen werden aus den Resultaten der Erosionsmodellierung für den Schutz archäologischer Bodendenkmale abgeleitet:

- (1) Die Übersichtmodellierung und die darauf basierende Gefährdungsabstufung der Denkmalflächen sind geeignete Werkzeuge zur Identifizierung erosionsgefährdeter Denkmalflächen.
- (2) Für alle fünf Hotspotbereiche zeigte das Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ die größte Erosionsneigung. Die Bodenbewirtschaftung mit Pflugeinsatz stellt außerdem die invasivste Form der Landbestellung dar.
- (3) Der Erhalt des derzeitigen Denkmalzustandes ist durch den Anbau von Rüben und Mais insbesondere in den Monaten Mai und Juni am stärksten gefährdet.
- (4) Die Anwendung pflugloser, anhaltend konservierender Bodenbearbeitung verringert das Gefährdungspotential der Denkmalflächen durch Wassererosion erheblich. Unter den Annahmen des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ und den regionaltypischen Fruchtarten Mais, Rüben, Winterweizen, Wintergerste und Raps wurde eine Abnahme der Bodenabträge um mindesten 73% bis um nahezu 100% ermittelt. Die Modellierungsergebnisse des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ ergab eine signifikante Abnahme des Bodenabtrags.
- (5) Schon eine Verringerung der Eingriffstiefe der Landmaschinen um 5 cm bewirkt im Szenario „Konventionelle Bewirtschaftung“ eine wesentliche Verringerung der Gefährdung durch Wassererosion. Die Anzahl der Extremniederschläge bis zum Bodenabtrag, der einen Anschnitt der Denkmalfunde verursacht, steigt um 44 bis 275 Niederschläge.
- (6) Auf den Hotspotflächen Leippen, Piskowitz und Schwochau wurden teilweise archäologische Befunde in der heutigen Bewirtschaftungstiefe von 25 bis 30 cm nachgewiesen. Diese Flächen sind als akut gefährdet einzustufen.
- (7) Es konnte eine Abfolge der Gefährdung der Hotspotflächen ermittelt werden. Da jedoch die gesamte Ackerfläche der archäologischen Denkmalfläche betrachtet wurde, haben besonders erosionswirksame Reliefverhältnisse wie z.B. Tiefenlinien großen Einfluss auf die Abtragswerte. Diese betreffen nur dann die Gefährdungsabschätzung der Denkmalfläche, wenn sie sich auf oder oberhalb der Denkmalfläche befinden.
- (8) Die Abfolge der Gefährdung der Hotspotflächen ist unter Zugrundelegung des maximalen Abtragswertes:

Zscheilitz → Pulsitz → Piskowitz → Schwochau → Leippen

und unter Zugrundelegung des durchschnittlichen Abtragswertes:

Zscheilitz → Pulsitz → Piskowitz → Leippen → Schwochau

## 5.2 Fallbeispiel 2

Mit diesem Fallbeispiel wurden die Einsatzmöglichkeiten des Erosionsmodells im Rahmen von Artenschutzfragen untersucht. Dieser Aspekt gewinnt auf Planungsebene zunehmend an Bedeutung, da durch die Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes 2010 erstmals unmittelbar geltende Regelungen für den allgemeinen Schutz aller wild lebenden Tier- und Pflanzenarten aufgestellt wurden (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2010). Durch diese gesetzliche Regelung finden seitdem Artenschutzbelange in der Umweltplanung immer stärkere Berücksichtigung. Mithin wird seit der Novellierung des BNatSchG im Rahmen der Eingriffsregelung neben der Erarbeitung eines Landschaftspflegerischen Begleitplanes (LBP) auch die Erstellung eines Artenschutzrechtlichen Fachbeitrages (AFB) gefordert. Im Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag werden die Bestandssituation von Tier- und Pflanzenarten, potentielle Konflikte und erforderliche Schutzmaßnahmen behandelt. Die nachvollziehbare objektive Darstellung von Konflikten und von möglichen Schutzmaßnahmen wird durch die Anwendung einer geeigneten Methodik, bspw. einer Modellierungssoftware deutlich verbessert.

### 5.2.1 Modellierungsergebnisse

Die untersuchten Szenarien stellen für die Untersuchungsgebiete Raunerbach und Triebelbach die potentielle Erosionsgefährdung sowie die Erosionsgefährdung für die Landnutzung im Jahr 2006 dar. Die für dieses Fallbeispiel gesetzten Ziele konnten durch den Modelleinsatz erreicht werden.

Insbesondere durch die genaue Lokalisierung der Eintragspfade in die Fließgewässer sowie der, aus den eingetragenen Sedimentmengen ermittelten Phosphateinträge erfolgt eine differenzierte Gefährdungsanalyse für die betrachtete Molluskenart Flussperlmuschel.

Die, im Vergleich zum Untersuchungsgebiet Triebelbach deutlich höheren Austräge sind auf die Bewirtschaftung im UG Raunerbach zurückzuführen, die von konventioneller Bewirtschaftung der Ackerflächen und damit verbundenen höheren Sedimentausträgen pro TEZG ausgeht. Deutlich wird auch die Abhängigkeit der P-Austragsraten von den Flächenanteilen der Ackerflächen. In beiden Untersuchungsgebieten haben Teileinzugsgebiete mit einem hohen Ackerflächenanteil einen teilweise deutlich höheren Anteil am P-Eintrag in die Fließgewässer als die Teileinzugsgebiete, die nur einen geringen Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche aufweisen.

Für die Interpretation der Ergebnisse muss weiterhin berücksichtigt werden, dass die ermittelten Phosphoraustragwerte Momentaufnahmen der Landnutzung 2006 sind. Die Beträge schwanken in Abhängigkeit von Jahreszeit und Bewirtschaftung. Im Fall der beiden Untersuchungsgebiete werden die jeweiligen Landnutzungssituationen durch die Ergebnisse jedoch plausibel widerspiegelt.

Untersetzt wird diese These auch durch Messergebnisse aus einem in unmittelbarer Nachbarschaft liegenden Untersuchungsgebiet. Hier wurden durch die Autorin am 22.10.2008 oberhalb des Fließgewässers Haarbach auf der anschließenden Ackerfläche Bodenproben entnommen. Die  $P_2O_5$ -Messwerte



des Bodens sind mit Werten zwischen 4,3 und 6,9 aufgrund der vollständigen Beerntung und der anschließenden Bodenbearbeitung etwas niedriger als die vorliegenden Messwerte der beiden Untersuchungsgebiete, die im August 2006 bei voller Bestockung erhoben wurden. Sie bestätigen damit die Plausibilität der vorliegenden Messwerte aus den Untersuchungsgebieten.

Mit Hilfe der Modellierungsergebnisse können die direkten Auswirkungen der landwirtschaftlich bedingten Sedimenteinträge auf die Habitatflächen der Flussperlmuschel eingeschätzt werden. Im Untersuchungsgebiet Triebelbach befinden sich die Habitate der Flussperlmuschel direkt im Bereich der Fließgewässer (siehe Abbildung 60, links). Für dieses Untersuchungsgebiet wurde anhand der Modellierungsergebnisse festgestellt, dass die zum Untersuchungszeitpunkt 2006 günstigen Landnutzungsbedingungen mit überwiegend konservierender Bodenbewirtschaftung keine bzw. nur eine geringe Gefährdung der Lebensräume darstellten. Wird diese Landnutzungssituation fortgeführt, ist mit keiner weiteren Verschlechterung der Habitate durch die landwirtschaftlich bedingten Sediment- und Nährstoffeinträge zu rechnen.

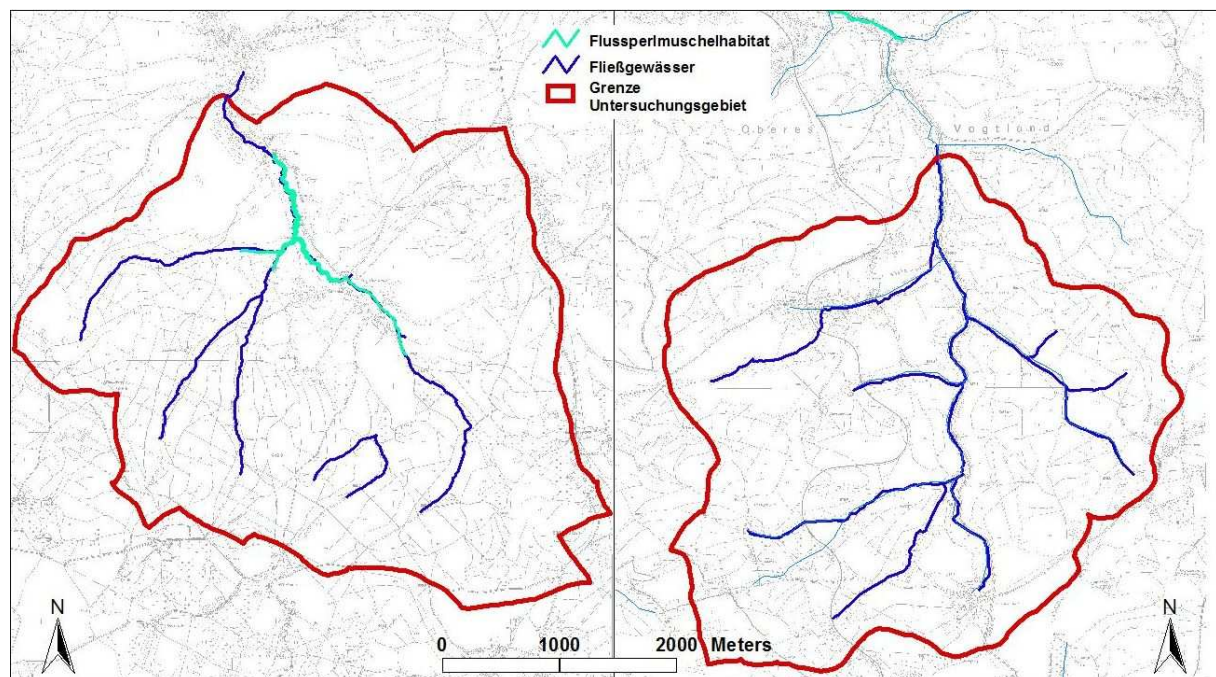


Abbildung 60: Untersuchungsgebiete Triebelbach (links) und Raunerbach (rechts) mit Darstellung der Habitatflächen der Flussperlmuschel (Datengrundlage: TK, GeoSN; Habitate Flussperlmuschel, SLfULG)

Im Falle des Raunerbachs liegen die Habitatflächen der Flussperlmuschel nördlich außerhalb des Untersuchungsgebietes (Abbildung 60, rechts). Sie werden sowohl vom Erosionsverhalten des Untersuchungsraumes und als auch von den sich anschließenden weiteren Fließgewässerabschnitten und Zuflüssen der Einzugsgebiete beeinflusst. Es ist demnach zu erwarten, dass zusätzlich zu den Auswirkungen des Erosionsverhaltens des Untersuchungsgebietes weitere kumulative Effekte der Nachbarflächen auftreten. Die Landnutzungsbedingungen zum Erfassungszeitpunkt 2006 und die daraus resultierende Eintragungssituation in die Fließgewässer des Untersuchungsgebietes Raunerbach sind als erheblich beeinträchtigend für die Habitatansprüche der Flussperlmuschel zu bewerten. Mit Hilfe der Mo-

dellierungsergebnisse kann dargelegt werden, dass eine umfassende und dauerhafte Verbesserung der landwirtschaftlichen Bodenbewirtschaftung zur Verbesserung des Schutzes der Flussperlmuschel notwendig ist. Die pfluglose bodenschonende Flächenbewirtschaftung sowie ein Verzicht auf den Anbau besonders erosionsanfälliger Feldfrüchte in außerordentlich gefährdeten Bereichen könnten für dieses Untersuchungsgebiet eine erhebliche Verbesserung der Eintragsituation in die Fließgewässer und damit eine Verminderung der Beeinträchtigung der Habitatflächen bewirken.

### 5.2.2 Fehlerdiskussion

Das Modellierungsszenario „Saatbett – Worst Case“ weist trotz der Lage der Untersuchungsgebiete Raunerbach und Triebelbach in benachbarten Naturräumen erhebliche Unterschiede auf. Der Vergleich der Modellierungsergebnisse zeigt, dass Nettoerosion und ausgetragenen Sedimentmengen des UG Raunerbaches um mehr als eine Zehnerpotenz höher liegen als im UG Triebelbach. Dieser Unterschied resultiert aus der Zielsetzung, für beide Gebiete die potentielle Erosionsgefährdung unter Berücksichtigung der gebietspezifischen Gegebenheiten darzustellen. Aus diesem Grund wurden die experimentell ermittelten Eingangsparameter der Körnungsanalyse und des organischen Kohlenstoffgehaltes ( $C_{org}$ ) als Eingangsdaten genutzt. Die Parameter Lagerungsdichte, Erosionswiderstand, Oberflächenrauigkeit und Anfangswassergehalt wurden dem Parameterkatalog (MICHAEL ET AL. 1996) entnommen.

Die  $C_{org}$ -Werte liegen, mutmaßlich bewirtschaftungsbedingt, deutlich über den Werten des Parameterkataloges. Der Vergleich der gewählten Eingangsparameter zeigt außerdem, dass neben dem organischen Kohlenstoffgehalt der Erosionswiderstand und der Skinfaktor stark differieren (Tabelle 35) und parameterbedingt die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen der Untersuchungsgebiete verstärkt werden.

**Tabelle 35: Parametrisierung Szenario Saatbettkombination der Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach**

| Untersuchungsgebiet | Bodenart | Ton  | Schluff | Sand  | Lagerungsdichte | $C_{org}$ |     | Erosionswiderstand | Anfangswassergehalt | Rauigkeit | Skinfaktor |
|---------------------|----------|------|---------|-------|-----------------|-----------|-----|--------------------|---------------------|-----------|------------|
|                     |          |      |         |       |                 | Exp.      | PKS |                    |                     |           |            |
| Triebelbach         | Uls      | 9-16 | 53-60   | 28-34 | 1320            | 2,8-3,7   | 1,5 | 0,0009             | 30                  | 0,015     | 0,9        |
| Raunerbach          | Slu      | 8-9  | 43-44   | 48    | 1300            | 1,8/ 2    | 1,3 | 0,00025            | 28,5                | 0,015     | 0,3        |

Der Einfluss des  $C_{org}$ -Gehaltes beider Untersuchungsgebiete wird nachfolgend diskutiert. Durch die organische Substanz im Boden werden die mineralischen Bodenpartikel verkittet. Eine Zunahme des  $C_{org}$ -Gehaltes bedingt demzufolge auch den Anstieg der Scherfestigkeit und der Aggregatstabilität des Bodens und wirkt sich erosionsmindernd aus (MICHAEL ET AL. 1996).

Der deutlich höhere  $C_{org}$ -Gehalt auf den Ackerflächen des Triebelbachgebietes wirkt sich dementsprechend erosionsmindernd aus. Das Modell EROSION 3D setzt diese Gegebenheiten durch die Verringerung der Austrags entsprechend um und geht dabei nach dem Überschreiten eines Schwellenwertes

davon aus, dass kein Bodenaustrag mehr stattfindet (SCHMIDT, 1996). Daraus resultiert, dass im Gebiet Raunerbach die Worst Case-Analyse aufgrund der niedrigeren  $C_{org}$ -Gehalte des Bodens eine deutlich höhere Erosionsgefährdung der Landwirtschaftsflächen ergibt als die Worst Case-Analyse für das Gebiet Triebelbach.

Die hohen  $C_{org}$ -Werte des Untersuchungsgebiet Triebelbach resultieren mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der überwiegend konservierenden Bewirtschaftung zum Untersuchungszeitpunkt 2006. Da der organische Gehalt des Bodens jedoch keine Konstante, sondern bewirtschaftungsabhängig ist, kann durch eine Veränderung der Bodenbewirtschaftung von konservierend zu konventionell im Triebelbach-Gebiet der  $C_{org}$ -Gehalt des Bodens sinken und dadurch die Erosionsgefährdung deutlich ansteigen.

Ein Vergleich der Erosionswerte des Szenarios Landnutzung 2006 zeigt, dass auch diese Modellierungsergebnisse im UG Raunerbach um mehr als eine Zehnerpotenz höher liegen als im UG Triebelbach. Gründe dafür sind die jeweiligen Bewirtschaftungsannahmen sowie die bereits im vorstehenden Absatz beschriebenen Auswirkungen des Parameters  $C_{org}$ -Gehalt der beiden Untersuchungsgebiete.

Während im Untersuchungsgebiet Triebelbach vorrangig Wintergetreide angebaut und die Flächen konservierend bewirtschaftet wurden (Quelle: eigene Kartierungen und Befragung des Bewirtschafters), lagen zu den Ackerflächen des Raunerbachs ausschließlich die Ergebnisse der Eigenkartierungen vor, Angaben zur Bewirtschaftungsweise fehlen vollständig und konnten auch vor Ort nicht sicher festgestellt werden. Aus diesem Grund wurde die Bewirtschaftung für alle Ackerflächen der UG Raunerbach mit konventionell angenommen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass auch im UG Raunerbach Flächen konservierend bewirtschaftet werden. SCHMIDT & PARTNER GBR (2008) stellen fest, dass im Jahr 2008 ungepflügte und strohbedeckte Flächen im UG Raunerbach vorhanden waren. Eine Lokalisierung dieser Flächen wurde jedoch nicht vorgenommen. Es ist demnach davon auszugehen, dass die Erosionsgefährdung in diesem UG für das Szenario Landnutzung 2006 hoch war, sich in den darauf folgenden Jahren durch eine Umstellung und Veränderung der Bewirtschaftung verringert haben könnte.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Modellierungsergebnisse für die Untersuchungsgebiete Triebelbach und Raunerbach erhebliche Unterschiede aufweisen, diese jedoch durch Landnutzung und Bewirtschaftungsform sowie die experimentell ermittelten, deutlich variierenden  $C_{org}$ -Gehalte der Ackerflächen nachzuvollziehen sind. Kritisch zu betrachten ist die erhebliche Differenz des Erosionswiderstandes lt. Tabelle 36 des Parameterkataloges (MICHAEL ET AL. 1996) für die Bodenarten Uls mit 0,0009 und Slu mit 0,00025 sowie die Werte der Skinfaktoren mit 0,9 für Uls und 0,3 für Slu trotz ähnlicher Bodeneigenschaften. Durch die Zusammenfassung zu Sand-, Lehm- und Schluffböden werden zwangsläufig auch Bodenarten gruppiert, die teilweise schon im Grenzbereich zu der jeweilig anderen Bodengruppe liegen. Diese Tatsache ist in der Interpretation der Modellierungsergebnisse zu berücksichtigen. Eine spezifischere Parametrisierung stand jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht zur Verfügung.

### 5.2.3 Vergleich der Modellierungsergebnisse mit vorliegenden Untersuchungen

Für das Untersuchungsgebiet Triebelbach wurde von FELDWISCH ET AL. (2008) ebenfalls die potentielle Erosionsgefährdung in einem schrittweisen Verfahren ermittelt. Dazu wurde im ersten Schritt auf Basis der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (SCHWERTMANN et al. 1990, DIN 19708) die boden- und gefällebedingte Erosionsgefährdung ermittelt. Im zweiten Schritt wurde die reliefbedingte Abflusskonzentration durch die rasterbezogene Einzugsgebietsgröße ermittelt. Diese beiden Faktoren wurden anschließend zur Bewertung der potenziellen, standörtlichen Erosionsgefährdung zusammengeführt. Der Vergleich der methodischen Ansätze (Abbildung 61) zeigt für Abtragsbereiche weitgehend übereinstimmende Ergebnisse. Die für die Fragestellung wichtigen Depositionsbereiche und Eintragspfade von Sedimenten werden jedoch nur durch die EROSION 3D-Modellierung dargestellt. Demnach ist ein Nachweis der direkten Eintragspfade und damit des konkreten Gefährdungspotentials der Flussperlmuschel sowie des Oberflächengewässers mit diesem Instrument möglich (siehe auch Kap. 0). Unberücksichtigt bleiben bei FELDWISCH ET AL. (2008) auch die Auswirkungen der flächenhaften Erosion auf Bereiche, die nicht direkt an Ackerflächen angrenzen. Durch den Transport der Sedimente über längere Strecken befinden sich die daraus resultierenden Depositionsbereiche nicht immer auf angrenzenden Landnutzungen sondern können durchaus erst nach weiteren Transportwegen auftreten. Dadurch ist ein direkter Einfluss auf die Schutzgebiete und die zu schützenden Arten möglich. Die EROSION 3D-Modellierung (Abbildung 61, links) weist bspw. mittig ein Depositionsbereich (magentafarbener Kreis) aus, der sich direkt bis ins Fließgewässer Triebelbach erstreckt. Dieser Bereich steht auf den ersten Blick in keinem Zusammenhang mit den oberhalb liegenden Ackerflächen. Das Auftreten dieses Bereiches wurde durch Nachweise vor Ort bestätigt. Durch FELDWISCH ET AL. (2008) wurde dieser Bereich nicht dargestellt.

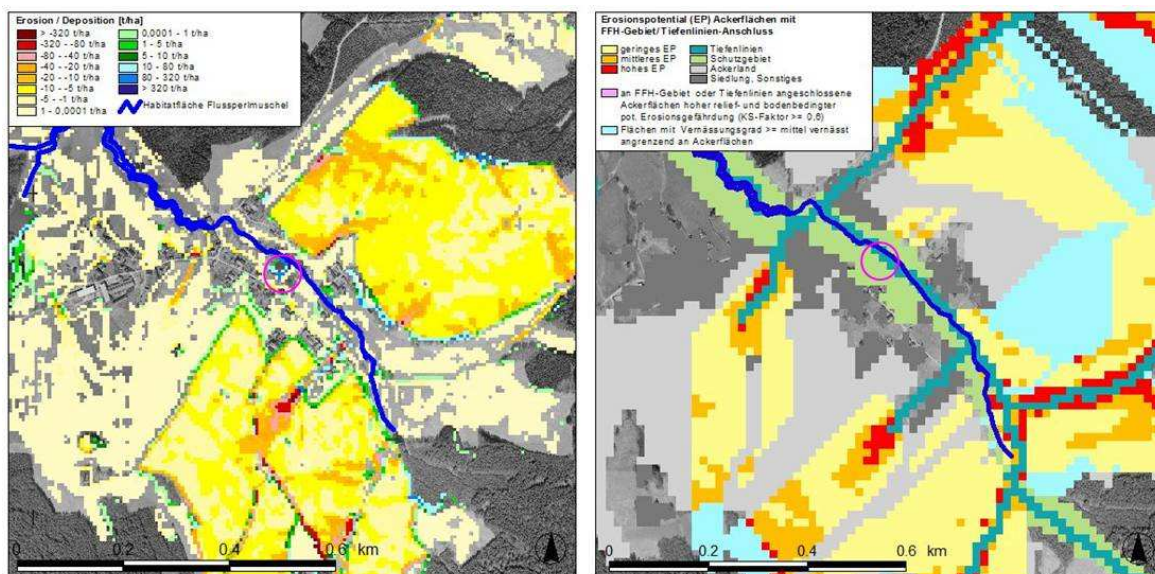


Abbildung 61: Vergleich der Erosionsgefährdungen (Ausschnitt Triebelbachgebiet), EROSION 3D (links), ABAG erweitert (rechts) (Datengrundlage: links – eigene Modellierung, rechts – FELDWISCH ET AL., 2008, Orthofoto, SLF/ULG 2002)

Da im hier dargestellten Fallbeispiel sowohl die gewählte Art Flussperlmuschel eine FFH-Art nach Anhang II der FFH-RL ist, als auch die Fließgewässer Bestandteile von Schutzgebieten und insbesondere des FFH-Gebietes „Triebelbach“ sind, werden im Rahmen des zu erstellenden Managementplanes konkrete Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen zum Erhalt und Schutz der Arten und Lebensraumtypen erarbeitet. Es handelt sich dabei um einzelflächenspezifische Maßnahmen, das heißt, sie werden in der Regel für eine konkrete LRT- oder Arthabitatfläche geplant. Dazu ist es erforderlich, dass die Datengrundlagen in möglichst hoher Auflösung zur Verfügung stehen. Im Ergebnis steht dann eine Ausweisung der geplanten Maßnahmen auf Flurstückebene einschließlich der Klärung von Eigentumsfragen.

Während FELDWISCH ET AL. (2008) zwar erste Anhaltspunkte zur Erarbeitung dieser Maßnahmen bietet, ist diese Methodik jedoch als Werkzeug zur Ableitung konkreter Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen in der derzeitigen Form nur bedingt geeignet.

EROSION 3D hat sich für diesen Fall als unterstützendes und vertiefendes Instrument bewährt. Es dient der effizienten Ermittlung und damit einer gezielten Erfassung/ Kartierung von möglichen Sedimenteintragspunkten ins Fließgewässer, im zweiten Schritt ist dann die Prüfung möglicher Schutzmaßnahmen durch Modellierungsszenarien möglich. Die Plausibilität der Modellierungsergebnisse wird durch Kartierungsnachweise der Sedimenteintrittspunkte in die Fließgewässer von SCHMIDT & PARTNER (2008) sowie Beobachtungen von M. LANGE (mdl. 2007) bestätigt.

### **5.2.4 Nicht berücksichtigte Gefährdungsfaktoren**

Zusätzlich zu den Modellierungsergebnissen sind in der Gesamtbilanz der Untersuchungsgebiete die Auswirkungen der zahlreich vorhandenen Drainageverrohrungen auf den Ackerflächen sowie der Verrohrung von Bächen zu berücksichtigen. Diese stellen durch den potentiellen direkten Sediment- und Nährstoffeintrag in die Fließgewässer eine zusätzliche Gefährdung der Flussperlmuschel dar. Des Weiteren bleibt die hydraulische Dynamik im Gewässerbett durch Sedimentverlagerung unberücksichtigt.

### **5.2.5 Schlussfolgerungen Fallbeispiel 2**

Für die Untersuchungsgebiete Raunerbach und Triebelbach konnten differenzierte Gefährdungsanalysen erarbeitet werden. Aus den erhobenen Landnutzungsdaten des Jahres 2006 wurde mit Hilfe des angewandten Modells EROSION 3D für das Untersuchungsgebiet Triebelbach ermittelt, dass die Lebensräume der Flussperlmuschel nicht bzw. nur gering beeinträchtigt werden. Anders stellt sich die Situation im Gebiet Raunerbach dar. Hier wurde ermittelt, dass es unter Annahme der erfassten Landnutzung zu erheblichen Bodenabträgen und Sedimenteinträgen in das Fließgewässer kommt. Hier ist mit erheblichen Beeinträchtigungen der Flussperlmuschellebensräume zu rechnen.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die im Rahmen dieser Arbeit erfolgte Lokalisierung der Eintragspfade in die Fließgewässer einschließlich der Ableitung von Gefährdungsstufen als effiziente

Methode der Grundlagenermittlung und erste Planungsstufe eingeordnet werden kann. Es können dadurch gezielt Akzente für die weiteren artspezifischen Handlungsschwerpunkte gesetzt werden. Mit Hilfe dieser Ergebnisse ist es dann in weiterführenden Planungen möglich, effizient Schwerpunkte für Kontroll-, Monitoring- und Schutzmaßnahmen zu setzen. Die mit Hilfe des Erosionsmodelles bestimmten Eintragspfade können gezielt überwacht und kontrolliert werden.

Die mit Hilfe von EROSION 3D als besonders sensibel ermittelten Bereiche können beispielweise zum Schutz des Lebensraumes der Flussperlmuschel bei Planungen der zukünftigen Bewirtschaftung durch entsprechende Schutzmaßnahmen wie beispielsweise die Ausweisung von Grünlandpufferbereichen, berücksichtigt werden.

Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass das gewählte Instrument EROSION 3D

- besonders geeignet zur Gefährdungsabschätzung für den Artenschutz gegenüber Nährstoff- und Sedimenteintrag ist, wenn die untersuchten Lebensräume sich in unmittelbarer oder mittelbarer Nachbarschaft von landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden. Hierzu zählen u.a. Lebensräume von Mollusken, Fischen und Rundmäulern, Amphibien, Reptilien sowie Libellen und Käfern.
- Eine zweckmäßige Methodik darstellt, um gezielte Schutz- und Präventionsmaßnahmen zu prüfen und Empfehlungen zur praktischen Umsetzung dieser Maßnahmen abzuleiten,
- Sehr gut geeignet ist, um mit Hilfe der Modellierungsergebnisse und der daraus resultierenden Gefährdungsanalyse auch weiterführende Aussagen zu anderen Tierarten (z. B. Säugetiere) abzuleiten, da es sich bei den betrachtenden Arten oftmals um „umbrella species“ handelt. D.h. durch die Betrachtung der besonderen Lebensraumansprüche und den damit einhergehenden Schutz dieser einen besonders populären oder bekannten Art werden weitere gefährdete Tierarten mit geschützt.

### 5.3 Fallbeispiel 3

Erosionsschäden auf Ackerflächen und damit verbundene Sedimenteinträge in angrenzende Biotope, Gewässer und Siedlungsflächen stellen eine erhebliche Beeinträchtigung dar. Die Minderung dieser Beeinträchtigung ist sowohl aus Sicht des Boden-, Natur- und Gewässerschutzes als auch aus Sicht der betroffenen Gemeinden und Kommunen von großem Interesse. Ziel dieses Fallbeispiel war es, modellgestützt die Anordnung landschaftsgliedernder Strukturen unter dem Aspekt des Erosionsschutzes zu optimieren und vorliegende Planungen auf ihre Erosionsschutzrelevanz zu untersuchen. Da es sich bei dem betrachtenden Untersuchungsgebiet um einen äußerst fruchtbaren Landschaftsraum handelt und die landwirtschaftliche Nutzung zu den bedeutendsten Wirtschaftszweigen dieser Region zählt, sollte hier eine Berücksichtigung aller benannten Interessen in Form eines „Best-Case-Szenarios“ entwickelt werden. Dieses Ziel wurde mit Hilfe von Landschaftsszenarien und der Prüfung von Erosionsgrenzwerten von 20 t/ha und 3 t/ha verfolgt.

#### 5.3.1 *Berücksichtigung des Erosionsschutzes in den vorliegenden Umweltplanungen*

Von den vorliegenden fünf umweltrelevanten Planungen des Untersuchungsgebietes erwiesen sich die Aussagen von vier Planungen für eine Prüfung mittels EROSION 3D als ungeeignet (siehe Tabelle 33, S. 120). Lediglich die vorliegende Agrarstrukturelle Vorplanung (AVP) der Region „Obere Freiburger Mulde - Ost - Landkreis Döbeln“ beinhaltet konkrete Maßnahmenvorschläge zur Erosionsminderung. Das Fehlen konkreter Maßnahmen zur Erosionsminderung bzw. die nur geringe Wirkung der vorliegenden Maßnahmenvorschläge weisen darauf hin, dass bisher keine plausible Methodik zur Ermittlung wirksamer Erosionsschutzmaßnahmen in den Planungsverfahren eingesetzt wird.

Anhand der berechneten Szenarien kann in dieser Arbeit dargestellt werden, dass mittels EROSION 3D für Untersuchungsräume, in denen die Erosionsgefährdung betrachtet werden muss, diese Fragestellungen nachvollziehbar und objektiv bearbeitet werden können.

#### 5.3.2 *Erosionsmodellierung*

Für die Ermittlung eines Idealszenarios wurden für das Einzugsgebiet Baderitz 12 Modellierungsszenarien untersucht (siehe Abbildung 59, S. 135). Die potentielle Erosionsgefährdung „Worst Case“ belegt mit einer Nettoerosion von mehr als 360 t/ha die extrem hohe Erosionsanfälligkeit des Untersuchungsraumes. Die Szenarien der Landnutzung 2002 liegt mit einem Nettoerosionsbetrag von 49 t/ha deutlich unter diesem Extremwert, zeigen aber dass die heutige Landbewirtschaftung noch nicht alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Erosionsminderung ausschöpft.

Eine Umwandlung von Ackerflächen in Grünland auf der Basis historischer Karten verdeutlicht die Erosionsschutz- und Pufferfunktion des Grünlandes auf diesen Flächen auch bei Annahme der Landnutzung 2002. Der Eintrag von Erosionsmaterial in Bachlauf und Uferbereiche wird durch diese Maß-

nahmen in der Simulation verringert, d.h. die Schutzfunktion von Grünlandflächen in Tiefenlinien, als Schutzzone zwischen Ackerflächen und Oberflächengewässern, Biotopen und Sachgütern wurde in den Berechnungen nachgewiesen. Mit Hilfe von EROSION 3D konnte damit die Wirksamkeit der historischen Landschaftsstrukturen nachgewiesen werden. Durch die heutige landwirtschaftliche Situation in dieser außerordentlich fruchtbaren Landwirtschaftsregion ist jedoch eine Umsetzung des früheren Grünlandanteils von 18 % nicht zu erwarten und wurde daher in den nachfolgenden Szenarien nicht weiterführend untersucht.

Auch die Maßnahmen der AVP erwiesen sich im Modellierungsszenario als erosionsmindernd. Sie geben konkrete Angaben zur Flächenbewirtschaftung vor und beinhalten Angaben zu landschaftsstrukturierenden Maßnahmen für einen Teil des Untersuchungsgebietes. Da die weiterführenden Szenarien von einer flächendeckenden konservierenden Bodenbewirtschaftung ausgehen und eine Übertragung der landschaftsstrukturierenden Angaben auf die verbleibende Fläche nicht vorgenommen wurde, ist dieses Szenario in den weiteren Untersuchungen nicht mehr berücksichtigt worden.

Die Annahme der flächendeckend konservierenden Bodenbewirtschaftung für das Untersuchungsgebiet weist die Möglichkeit der deutlichen Verringerung des Erosionspotentials nach. Allerdings zeigten sich auch in diesem Szenario, dass insbesondere Tiefenlinien durch diese Bewirtschaftungsform nicht ausreichend erosionsgeschützt sind und in den angrenzenden Flächen erhebliche Schäden verursachen können. Abbildung 62 zeigt beispielsweise, dass im Untersuchungsgebiet Baderitz modellierte Depositionsbereiche des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ durch die Situation vor Ort bestätigt wurden. Sowohl die Modellierungsergebnisse als auch die Situation im Mai 2005 zeigen erhebliche Sedimenteinträge in eine angrenzende, nach § 26 SächsNatSchG geschützte, Streuobstwiese. Die Fotodokumentation sowie die abgebildete Modellierungssituation zeigen, dass neben immer noch erheblichen linienhaften Erosionsbeträgen auch massive Depositionsschäden auftreten können. Diese Aussagen liefern für umweltrelevante Planungen, wie beispielsweise die Landschaftsplanung, wesentliche Planungsgrundlagen. Mit Hilfe dieser Informationen ist es möglich, konkrete Maßnahmenvorschläge zu erarbeiten. In diesem Fall wären beispielsweise als Maßnahmenvorschläge die Begrünung der drei deutlich sichtbaren Tiefenlinien sowie ein zusätzlicher Grünlandschutzstreifen zwischen Ackerfläche und Streuobstwiese denkbar.

Im Ergebnis dieses Szenarios wird festgestellt, dass Erosion in Tiefenlinien der Ackerflächen und Depositionsschäden auf angrenzenden Flächen durch konservierende Bodenbearbeitung allein nicht ausgeschlossen werden kann. Für einen wirksamen Erosionsschutz auf besonders gefährdeten Flächen ist demnach eine Kombination von konservierender Bodenbearbeitung mit passiven Schutzmaßnahmen notwendig.



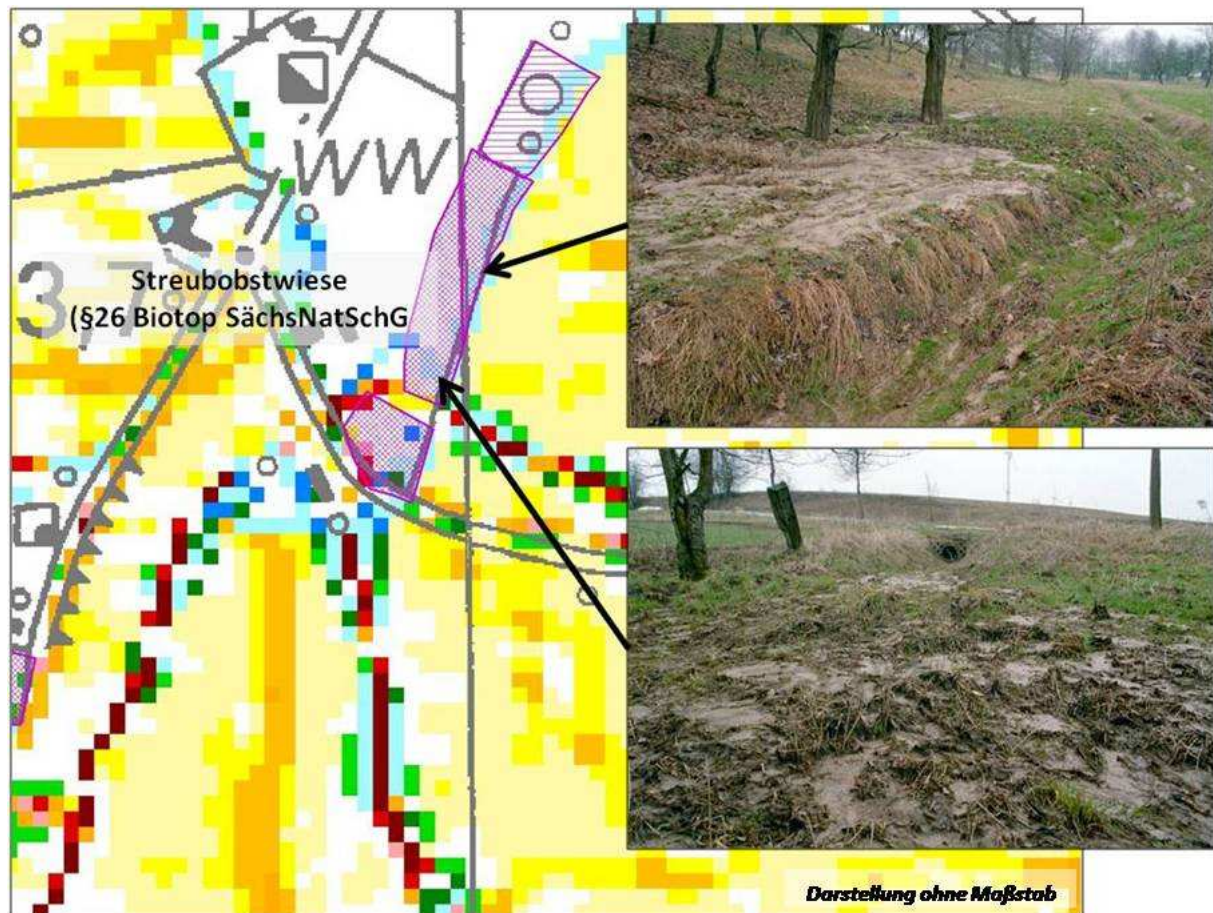


Abbildung 62: Vergleich von Modellierungsergebnis und Vor-Ort-Situation im Mai 2005 (Datengrundlage: TK, GeoSN; Fotos: Schob)

Um eine höhere Effizienz der Landnutzungsverteilungen zu erzielen und den Erosionsschutzeffekt von Landschaftsstrukturen gegenüber den früheren Landschaftsstrukturen noch zu steigern, wurden die Erosionsschutzszenarien für die Grenzwerte 20 t/ha und 3 t/ha (Abbildung 63) begutachtet.

Um diese Szenarien miteinander nachvollziehbar vergleichen zu können, wird dazu der Erosionsschutz durch die Grünlandbereiche als Wirkungsgrad in Prozent [%] dargestellt. Dieser Schutzwirkungsgrad gibt die Effizienz der Grünlandpufferflächen der Grenzwertszenarien gegenüber dem Szenario der „Konservierenden Bewirtschaftung“ an. Dazu wurden alle Ackerbereiche des Szenarios „Konservierende Bodenbewirtschaftung“, auf denen Abtragswerte größer 20 t/ha bzw. größer 3 t/ha auftreten, in Grünland umgewandelt. Diese Bereiche wurden zusätzlich mit Grünlandpufferflächen von 2,5 m, 5 m und 10 m versehen und die Wirksamkeit dieser Maßnahmen geprüft.

Da die höchsten Abtragsraten insbesondere in den Tiefenlinien des Untersuchungsgebietes auftreten, konzentriert sich der überwiegende Teil der Umwandlung von Acker in Grünland auf diese Bereiche. Durch die Grenzwert-Szenarien wurde die Schutzwirkung dieser Grünlandbereiche belegt. Die Verringerung der Transportkapazität, bedingt durch die Minderung der Fließgeschwindigkeit bei dem Übertritt des Oberflächenabflusses vom Acker in einen Vegetationsstreifen, bewirkt die Ablagerung von

erodiertem Bodenmaterial. Die abgelagerten Bodenpartikel einschließlich der mitgeführten Schweb- und Lösungsfracht versickern und können vom Bodenkörper absorbiert werden (RÜTER 2008).

In Abbildung 63 ist zu erkennen, dass zwischen dem Szenario „Konservierende Bewirtschaftung“ und den „Erosionsschutz“-Szenarien der Schutzwirkungsgrad in Abhängigkeit vom Grenzwert und der gewählten Pufferbreite ansteigt.

Der Vergleich der Schutzszenarien und des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ zeigt aber auch, dass die Zunahme des Schutzwirkungsgrades nicht kontinuierlich linear mit Erhöhung des Schutzflächenanteils ansteigt, sondern mit zunehmender Umwandlung von Acker in Grünland nur noch geringfügig ansteigt. Die Prüfung der vier untersuchten Grenzwertszenarien ergab das günstigste Verhältnis zwischen dem Anstieg der Schutzwirkung und dem Umwandlungsbedarf von Acker in Grünland für das Szenario „Konservierend Mais + Grenzwert 20 t/ha, 10 m-Puffer“. Der Schutzwirkungsgrad beträgt bei einer zusätzlichen Umwandlung von ca. 2,6 % Ackerland in Grünland ca. 82 %. Für alle Szenarien des Grenzwertes 3 t/ha wurde ein weiterer Anstieg des Schutzwirkungsgrades ermittelt. Der dazu notwendige Flächenbedarf an Ackerfläche steigt bei einer Pufferbreite von 5 Metern deutlich auf 4,4 % und bei einer Pufferbreite von 10 Metern auf 7,1 %.

Mit Anstieg der Schutzflächen kann demnach nicht in gleichem Maße eine Verminderung der Abtragsbeträge erzielt werden. Es kann aus den Modellierungsergebnissen abgeleitet werden, dass eine optimierte Flächennutzung eine wesentliche Verbesserung des Erosionsschutzes bewirkt. Die Szenarien, denen der Abtragsgrenzwert von 3 t/ha zugrunde gelegt wurde, zeigen jedoch auch, dass der Schutzwirkungsgrad durch die weiteren in Anspruch genommenen Flächen nicht mehr linear zunimmt. Hier muss im Planungsprozess eine Abwägung der jeweiligen Anforderungen vorgenommen werden.

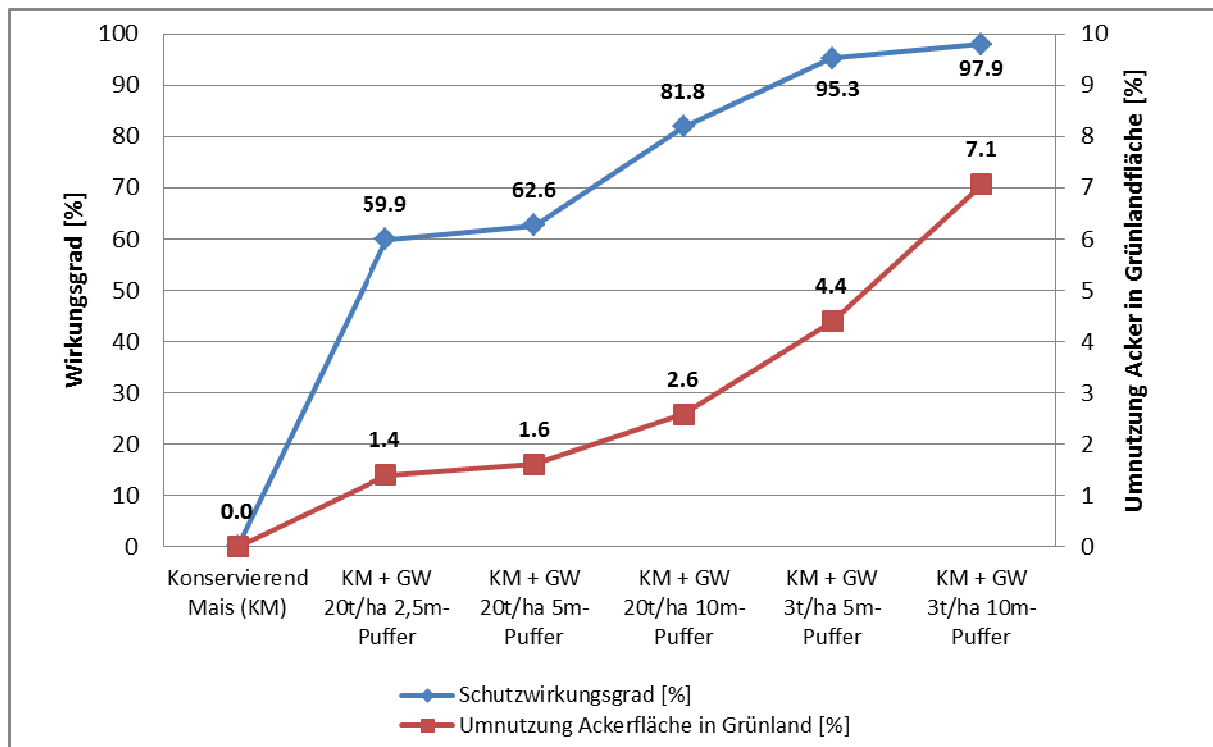


Abbildung 63: Schutzwirkungsgrad und Flächenbedarf „Umwandlung Acker in Grünland“ für Landnutzungs-szenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee

Als ein weiteres Ergebnis der Szenarien wurde festgestellt, dass im Übergangsbereich zwischen Acker und Grünland bei nicht ausreichender Dimensionierung der Grünlandschutzstreifen die Erosionsbeiträge teilweise erheblich ansteigen können (siehe Abbildung 57, S. 132). Diese Beobachtungen werden u.a. durch SEIDEL (2008) und MICHAEL (2001) bestätigt. SCHMELMER (2003) beschreibt die Ursachen dafür wie folgend. Der nach Ablagerung der Bodenpartikel wieder ungesättigte Oberflächenabfluss kann bei unzureichender Breite der Schutzstreifen in den Randbereichen der Ackerfläche erneut Bodenmaterial erodieren und transportieren. Eine nicht ausreichende Dimensionierung der Grünlandschutzzonen kann demnach ein gegenteiliges Ergebnis erzielen und statt erosionsmindernd abtragsfördernd wirken.

### 5.3.3 Schlussfolgerung Fallbeispiel 3

#### 5.3.3.1 Ableitung eines Optimalszenario

Für die Ermittlung eines Optimalszenario wurden insgesamt 12 Landschaftsszenarien mittels EROSION 3D untersucht. Die Ergebnisse dieser Simulationen bestätigen, dass eine Ermittlung der Erosionsrisikopotentiale sehr gut möglich ist. Darauf aufbauend konnte mit Hilfe des Modells die Ableitung einer hinsichtlich des Erosionsschutzes optimierten Landnutzung erfolgen. Dabei wurde als Eingangskriterium berücksichtigt, dass die landwirtschaftliche Flächennutzung dieses Untersuchungs-raumes vorrangig ist und erosionsmindernde Landnutzungsänderungen so effektiv und gleichzeitig so kleinflächig wie möglich erfolgen sollten.

In den Szenarien des Untersuchungsgebietes Baderitzer Stausee wurde nachgewiesen, dass

- die potentielle Erosionsgefährdung, dargestellt im Szenario „Worst Case“ als extrem hoch einzuschätzen ist. Der Fall der durchgängig einheitlichen Bewirtschaftung aller Ackerflächen kommt in der Realität allerdings nur für Einzelflächen nicht aber für das Gesamtgebiet in Betracht.
- die Simulationsergebnisse des Szenarios „Reale Landnutzung“ in Abhängigkeit von den angebauten Feldfrüchten und der Art der Landbewirtschaftung stark variieren,
- die Kombination von heutiger Landnutzung mit historischen Landschaftsstrukturen eine deutliche Verringerung der Abtragsraten bewirken würde.
- Eine dauerhafte, konservierende Bodenbearbeitung auf allen Ackerflächen eine wesentliche Verringerung der Erosionsmenge erzielt.
- die Erosionswerte trotz konservierender Bodenbearbeitung punktuell die angenommenen Grenzwerte von 3 bzw. 20 t/ha weit übersteigen,
- trotz konservierender Bodenbearbeitung der Ackerflächen besonders sensible angrenzende Flächen durch extrem hohe Depositionswerte gefährdet sind und passive Schutzmaßnahmen wie z.B. Grünstreifen erforderlich machen.
- die Erosionsschutzszenarien je nach Planungsanspruch zur Ermittlung der jeweiligen optimalen Erosionsschutzvariante die Rahmenbedingungen (Grenzwerte, Pufferflächen, Landnutzungsveränderung) variiert und optimiert werden können.
- der höchste Flächeneinsatz für den Erosionsschutz zwar den wirksamsten Schutz bewirkt, die Effektivität der Schutzflächen jedoch abnimmt.

Es konnte mit dem Szenario „Konservierend Mais + Grenzwert 20 t/ha, 10m-Puffer“ eine Landnutzungsvariante ermittelt werden, welche sowohl dem Anspruch eines effektiven Erosionsschutzes als auch der größtmöglichen Gewährleistung der landwirtschaftlichen Nutzflächen gerecht wird. Das Ziel, ein Landschaftsszenario zu entwickeln, welches der Anforderung gerecht wird, den Erosionsschutz so effektiv wie möglich umzusetzen und den Flächenumwandlungsbedarf an Ackerflächen so gering wie möglich zu halten, konnte demnach mit Hilfe der E3D-Modellierungen erreicht werden.

### **5.3.3.2 Umsetzung der Umweltqualitätsziele**

Hinsichtlich der gesetzten Umweltqualitätsziele kann aus untersuchten Landschaftsszenarien folgendes Fazit gezogen werden:

(1) Die flächendeckende dauerhafte konservierende Bodenbearbeitung in Kombination mit Mulchsaat und Zwischenfrüchten als langfristiges UHZ wird durch die Simulationsrechnungen als äußerst wirksames Instrument bestätigt. So liegt der Nettoerosionswert des Szenarios „Konservierende Bewirtschaftung“ für das Untersuchungsgebiet mit 0,6 t/ha unter den geprüften UQZ-Grenzwerten von 20 t/ha und 3 t/ha. Berücksichtigt man jedoch, dass stellenweise in besonders gefährdeten Arealen

beide Grenzwerte erheblich überschritten werden, ist die alleinige Anwendung dieses UHZ nicht ausreichend. Zur Einhaltung des UQZ sind demnach weitere Schritte erforderlich:

(2) Bereiche mit hoher Erosionsanfälligkeit können durch eine Kombination von ackerbaulichen und landschaftspflegerischen Maßnahmen geschützt werden. Dazu eröffnen die untersuchten Grenzwertszenarien mit den Grünlandschutzzonen von 5 m- und 10 m-Pufferbreite die Möglichkeit, standortspezifische Lösungen zu erarbeiten. Der Bedarf an Ackerflächen für Grünland-Schutzzonen im GW-Szenario 20 t/ha ist erwartungsgemäß deutlich geringer als für das GW-Szenario 3 t/ha. Hier erzielt die Absenkung des Grenzwertes für die Nettoerosion auf 3 t/ha ein deutlich ungünstigeres Verhältnis zwischen Flächenaufwand und Minderung der Erosion. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass nicht der Flächenaufwand für passive Schutzmaßnahmen sondern die richtige Lage bzw. der effektive Einsatz dieser Maßnahmen entscheidend ist.

(3) Aufgrund weitgehend ähnlicher naturräumlicher Eigenschaften und der lössdominierten Böden sowie weiterer für den Landschaftsraum vorhandener Studien (AG BODEN- UND GEWÄSSERSCHUTZ 1998, etc.) können die Ergebnisse der Landschaftsszenarien auf die Landschaftsregion des Mittelsächsischen Lösshügellandes übertragen werden. Allerdings stützen sich die, in dieser Arbeit ausgewählten Grenzwerte auf Literaturangaben und nicht auf verbindliche Rechtsnormen. Gesetzlich verankerte standortspezifische rechtsverbindliche Grenzwerte existieren bisher nicht, so dass es hier in Zukunft einer Konkretisierung der Vorgaben zum tolerierbaren Bodenabtrag bedarf. Die bisher weit verbreitete Faustformel von SCHWERTMANN ET AL. (1999) „*Tolerierbarer Bodenabtrag = Acker- oder Grünlandzahl [t/ha und Jahr]/ 8*“ stand und steht aufgrund seiner Pauschalierung in der Kritik. Das Konzept basiert auf der Grundlage, den tolerierbaren Bodenabtrag (t/ha/Jahr) als den Bodenverlust zu sehen, bei dem der natürliche Ertrag des Bodens in einem Zeitraum von 300 bis 500 Jahren keine wesentliche Minderung erfährt. Dieses Konzept widerspricht jedoch der Maßgabe der Nachhaltigkeit, da für besonders fruchtbare Böden mit Ackerzahlen zwischen 60 – 80, wie in diesem Fallbeispiel des Mittelsächsischen Lösshügellandes, ein höherer jährlicher Bodenabtrag toleriert werden müsste als für weniger fruchtbare Böden. Außerdem lässt der Ansatz von SCHWERTMANN ET AL. (1999) die Off-Site-Effekte der Bodenerosion völlig unberücksichtigt.

(4) Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen, dass die Anwendung des Simulationsmodells EROSION 3D sehr gute Möglichkeiten bietet, die Einhaltung festgesetzter Umweltqualitätsziele und die Wirksamkeit der gewählten Umsetzungsinstrumente darzustellen. Es ermöglicht die Untersuchung standortspezifischer Maßnahmen des ackerbaulichen und landschaftspflegerischen Erosionsschutzes und die Lokalisierung besonders gefährdeter Landwirtschaftsflächen.

(5) Insbesondere in Sachsen existieren mittlerweile umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit EROSION 3D als Werkzeug des Bodenschutzes. Diese Erfahrungen bieten die Möglichkeit, das Programm für den Einsatz in Raumordnungsplanungen, umweltbezogenen und naturschutzfachlichen Planungen sowie in der landwirtschaftlichen Beratung zu nutzen und damit die bisherige Qualität dieser Planungen hinsichtlich ihrer Vorgaben zu erosionsmindernden Maßnahmen zu optimieren.

## 5.4 Synopse der Fallbeispiele

### 5.4.1 Diskussion der Methodik

Physikalisch basierte Erosionsmodelle gelten als nutzerunfreundlich durch einen hohen Aufwand für die Erfassung und Eingabe der Eingangsdaten. Der Vergleich des Eingabeaufwands für einige physikalisch basierte Modelle von MERRITT ET AL. (2003) zeigte, dass bspw. für die Modelle WEPP; LISSEM, CREAMS, und ANSWERS einer hoher Parametrisierungsaufwand notwendig wird bzw. der Einsatz für größere Einzugsgebiete durch den erforderlichen Kalibrierungsaufwand nicht durchführbar ist. Für den hier verwendeten methodischen Ansatz der Erosionsmodellierung mittels EROSION 3D stellt sich die Situation wie folgt dar.

Die für EROSION 3D benötigten Eingangsparameter Körnungsverteilung, organischer Kohlenstoffgehalt und Lagerungsdichte können entweder durch einfache Bodenprobenahmen und klassische Laboruntersuchungen ermittelt werden oder stehen alternativ, wie die weiteren Eingangsparameter Erosionswiderstand, Rauigkeit und Skinfaktor über die Software DPROC zur Verfügung (vgl. SCHINDEWOLF 2012). Mit Hilfe dieser Software ist eine deutlich vereinfachte und reproduzierbare Erstellung des Eingangsdatensatzes möglich, die dem Nutzer keine überdurchschnittlichen bodenkundlichen Kenntnisse abverlangt. So wird EROSION 3D nach Betrachtung der 5 prozessbasierten Erosionsprognosemodelle (WaTEM/ SEDEM, AGNPS/ AnnAGNPS, SWAT, WASIM-ETH mit AGNPS, EROSION 3D) als einziges Modell im, als Entwurf vorliegenden Regelwerk des DWA/BVB (2011) für die Quantifizierung erosionsbedingter Stoffeinträge und zur Darstellung der daraus resultierenden Maßnahmenplanung auf Einzugsgebietsebene zur Umsetzung der WRRL empfohlen.

#### 5.4.1.1 Verwendete Eingangsparameter des Modells EROSION 3D

Ein Untersuchungsschwerpunkt dieser Arbeit stellt die Abschätzung der Erosionsminderung planerisch relevanter passiver Schutzmaßnahmen dar. Ein differenzierter Vergleich verschiedener passiver Schutzmaßnahmen durch die Betrachtung unterschiedlicher Biotopstrukturen, wie bspw. Grünland verschiedener Ausprägungen, Hecken, Gras- und Staudenfluren, ist aufgrund bisher nicht erfasster Eingangsparameter nicht möglich. So beschränkte sich die Untersuchung auf die Veränderung von Landnutzungen, der Bodenbewirtschaftung, der Änderung von Flächenanteilen sowie die Variation der Landschaftsstrukturverteilung. Hier sollten zukünftig für einen praxistauglichen Modelleinsatz im Rahmen von umweltrelevanten Fragestellungen weitere Eingangsparameter insbesondere für Landnutzungen außerhalb der Landwirtschaft erhoben werden.

### **5.4.1.2 Landschaftsszenarien**

Die entwickelten Schutz-, Puffer- und Optimalszenarien wurden ausschließlich unter dem Aspekt des Erosionsschutzes entwickelt. Sie bedürfen aber unter dem Gesichtspunkt der Praxisrelevanz weiterer Betrachtungen. So sind im Rahmen von Umweltplanungen oftmals die Belange mehrerer Schutzgüter (Wasser, Boden, Biotope, Flora und Fauna, Landschaftsbild, etc.) abzuwägen, so dass die ausschließliche Fokussierung auf den Erosionsschutz nur in Einzelfällen eintreffen wird. Im Rahmen dieser Arbeit wurde u.a. festgestellt, dass Erosionsschutzmaßnahmen oftmals multifunktional wirken, bspw. können begrünte Tiefenlinien oder auch Pufferstreifen an Gewässern mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen können (vgl. VOUGHT ET AL. 1995). Die Bedeutung dieser, zumeist Saum- und Kleinbiotope dienen neben dem höheren Infiltrationsvermögen und der Retentionswirkung auch dem Biotopverbund und damit als Lebens- und Rückzugsraum für Flora und Fauna.

Im Falle einer geplanten Maßnahmenumsetzung, wie z.B. dem Anlegen eines Grünlandstreifens sind immer die Belange der Flächeneigentümer und mögliche, daraus resultierende ökonomische Veränderungen (bspw. Wertverlust der Fläche, da keine landwirtschaftliche Nutzung mehr möglich ist) zu berücksichtigen. Auch die Prüfung und Ausrichtung der Maßnahmen an den Flurstücksgrenzen und ggf. eine unter diesem Gesichtspunkt veränderte Maßnahmenabgrenzung sind ein wichtiger Aspekt im Planungsprozess. Für die vorliegenden Fallbeispiele standen diese Daten nicht zur Verfügung und wurden demzufolge nicht berücksichtigt.

### **5.4.1.3 Ergebnisdarstellung**

Die positive erosions- und abflussmindernde Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung wurde durch eine Vielzahl an Studien seit über 10 Jahren belegt (u.a. SEIDEL 2008, SCHINDEWOLF ET AL. 2009, ZIMMERLING 2004, NITZSCHE ET AL. 2002, SCHMIDT ET AL. 2001, SCHMIDT ET AL. 2001A). Aus diesem Grund wurde diese Bewirtschaftungsform für die Fallbeispiele dieser Arbeit als gute fachliche Praxis nach §17 BBodSchG angesehen und diente damit als Ausgangsbasis für die Ableitung weiterer erosionsmindernder Maßnahmen. Im Ergebnis zeigte sich für alle Szenarien mit einer Kombination von konservierender Bodenbearbeitung und landschaftsgliedernden Strukturen, dass sich die Erosionsbeträge und die Gebietsabflüsse weiter reduzieren. Dies wird durch RÜTER (2008) bestätigt. Demnach erwies sich das Modell in der Prüfung erosionsmindernder landschaftsstrukturierender Maßnahmen als geeignet.

Ebenso wurde das Modell als Instrument zur Identifizierung von Übertrittspunkten des sedimentbeladenen Oberflächenabflusses und zur Quantifizierung der Stoffeinträge in Fließgewässer angewendet. Es stellt damit ein effizientes Hilfsmittel zur Vereinfachung von Planungsprozessen dar. So könnten bspw. die Planungsstufen des Landschaftspflegerischen Begleitplanes *Ermittlung und Bewertung der Planungsgrundlagen* sowie die *Ermittlung und Bewertung des Eingriffs* mit Hilfe dieser Modellierungssoftware strukturiert und vereinfacht werden.

Die Darstellung und Quantifizierung der Depositionsbereiche durch das Modell EROSION 3D ist insbesondere für naturschutzfachliche Untersuchungen von wesentlicher Bedeutung. Wie bereits in vorhergehenden Kapiteln dargelegt, lassen sich mit Hilfe der Modellierungsergebnisse Eintragspfade und Depositionsbereiche in Biotope und Gewässer aber auch in bebaute Bereiche (siehe ARÉVALO 2009) nachweisen. Damit kann durch die vorsorgende Anwendung des Modells bereits im Planungsprozess nachgewiesen werden, ob Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind und wenn ja, welche Art der Schutzmaßnahme gewählt werden sollte und wie sie dimensioniert sein müsste.

### ***5.4.1.4 Übertragbarkeit der Vorgehensweise***

Die Simulationsergebnisse stellen hinsichtlich der Quantifizierung nur eine Annäherung an die Realität dar. Betrachtet man die Ergebnisse und die Entwicklungstendenzen der Szenarien relativ, können hinreichend plausible Aussagen zu den Auswirkungen der modellierten Schutzmaßnahmen getroffen werden. Damit werden die Ergebnisse als belastbar und plausibel eingestuft. Diese Annahme wird gestützt durch den Ergebnisvergleich der drei Fallbeispiele. Dieser zeigt, dass Szenarien mit vergleichbaren Rahmenbedingungen auch vergleichbare Ergebnisse aufweisen. Dies stützt die Hypothese, dass die Übertragbarkeit der Methodik gewährleistet ist, insbesondere da mit EROSION 3D ein physikalisch basiertes Modell ausgewählt wurde.

### ***5.4.2 Eignung des Modells für die Umweltplanung***

Es hat sich gezeigt, dass die Prüfung und Ableitung von optimierten flächenscharfen Schutzmaßnahmen auf großmaßstäbiger Ebene ein Einsatzgebiet für das Modell darstellt, für das in der Planungspraxis ein hoher Bedarf besteht. Durch die Anwendung des Modells besteht im Planungsvorfeld die Möglichkeit verschiedene Varianten der Landnutzung und mögliche Schutzmaßnahmen darzustellen. Dadurch wird die Transparenz des Planungsablaufes erhöht und es steht ein objektives physikalisch basiertes Verfahren zur Verfügung. Dadurch steigt wiederum die Akzeptanz des jeweiligen Planungsprozesses in der Öffentlichkeit (siehe PIETSCH ET AL. 2007).

Als besonders geeignete Einsatzfelder für den makroskaligen Einsatz von EROSION 3D werden Planungsprozessen angesehen, die Auswirkungen von landwirtschaftlich bedingten Stoffeinträgen ins Gewässer oder angrenzende Biotope oder auch ihre Sekundärwirkungen auf geschützte Tierarten untersuchen. Hier kann mit Hilfe der untersuchten Methodik deutlich vereinfacht und effizient gearbeitet werden. Zu diesen Planungsprozessen zählen u.a.

- Planungen zur Eingriffsbewältigung: Umweltverträglichkeitsprüfung, FFH- oder SPA-Verträglichkeitsprüfungen, Landschaftspflegerische Begleitplanung einschl. Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag,
- Landschaftsplanung: Landschaftsplan, Grünordnungsplan bzw. Bebauungsplan,
- Agrarstrukturelle Vorplanungen auf kommunaler Ebene,
- Flurneuordnungsverfahren.



Auch für den Einsatz auf mesoskaliger Ebene hat sich das Modell im Fall der Übersichtsmodellierung des Fallbeispiels 1 als zweckdienlich gezeigt. Hier ist jedoch für ähnliche Anwendungsfälle anhand der jeweiligen Fragestellung und der vorhandenen digitalen Datenlage im Vorfeld eine Aufwandsbetrachtung zu empfehlen. Für das Land Sachsen liegt seit 2012 mit der Arbeit von SCHINDEWOLF (2012) eine flächendeckende Anwendung des Modells im 20 m-Raster vor.

Planungsprozesse dieser Ebene, für die der Einsatz des Modells geeignet ist, sind

- Raumbezogene Planungen des Naturschutzes und der Landschaftspflege nach BNatSchG, bspw. das Landschaftsprogramm, der Regionalplan oder der Flächennutzungsplan,
- Planungsbeiträge zur Strategischen Umweltprüfung,
- Agrarstrukturelle Vorplanungen auf Landesebene und auf Ebene der Regionalplanung.

Trotz der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und zahlreicher landschaftsplanerischer Konzepte mit konkreten Aussagen zum Bodenschutz stellt PEINE (2007) fest: *„Das Recht der Landschaftsplanung enthält für den flächenhaften Bodenschutz einen bedeutenden Beitrag. Er ist stärker als bislang geschehen zu nutzen.“* Die Berücksichtigung des Bodenschutzes und hier des Aspektes Erosionsschutz kommt in der Planungspraxis häufig nicht zum Tragen bzw. sind die getroffenen Aussagen nicht von der erhofften Aussagefähigkeit und erzielen die gewünschten Schutzeffekte. Die zahlreichen Anwendungen des Modells EROSION 3D fanden und finden überwiegend im Rahmen von Forschungsvorhaben statt oder werden als separate Gutachten außerhalb von Planungskontexten beauftragt. Die in dieser Arbeit dargestellten Synergieeffekte und möglichen planungsspezifischen Anwendungen des Modells EROSION 3D wurden bisher nicht genutzt.

### **5.4.3 Einsatzmöglichkeiten auf der Basis gesetzlicher Grundlagen**

Die bestehenden gesetzlichen Grundlagen bieten zahlreiche Ansätze für den Einsatz von EROSION 3D. Die Bestimmungen des BNatSchG sowie die Naturschutzgesetzgebungen der Länder schaffen die Grundlagen für den Einsatz des Modells.

Hier gilt es zum einen, die Kenntnisse über das Modell in den Behörden und Verwaltungen zu vertiefen und zu erweitern und damit die Anwendung und den Einsatz zu fördern. Bisher richtete sich das Hauptaugenmerk auf die Sensibilisierung der landwirtschaftlichen Behörden. Unter Berücksichtigung der vielfältigen naturschutzfachlich und landschaftsplanerisch relevanten Einsatzmöglichkeiten sollten hier die Entscheidungsträger der Umweltbehörden über das Modell und die damit verbundenen Möglichkeiten informiert werden. Gleichzeitig sollten sie für den Modelleinsatz die Nutzungsmöglichkeiten bestehender Förderungen umfänglich prüfen (

Tabelle 36 und vgl. Kapitel 2.5.3, S. 33). Hier könnte der Planer im Rahmen seiner Beratungspflicht Möglichkeiten der Umsetzung aufzeigen und die fachliche Beratung bei der Erstellung der Fördermitelanträge übernehmen.

**Tabelle 36: Derzeit gültige Fördermöglichkeiten zur Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen (nach GEYER 2011, ohne Anspruch auf Vollständigkeit)**

| Fördermaßnahme/<br>-richtlinie  | Beschreibung   | Fördermodalitäten  |
|---|--|--|
| Gewässer/ Hochwasserschutz 2007 (RL GH/2007)                          | Nr. 2.1 RL GH/ 2007 – Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes => EG-Wasserrahmenrichtlinie  | <p>Zuwendungsempfänger:<br/>Gemeinden, Verwaltungsverbände, Zweckverbände</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> <li>• natürliche und juristische Personen des privaten Rechtes, die nicht wirtschaftlich tätig sind (z. B. eingetragene Vereine)</li> </ul> <p>Fördersatz:<br/>bis 75 % der zuwendungsfähigen Ausgaben<br/>bis 90 % bei Maßnahmen mit überwiegendem oder herausgehobenem staatlichen Interesse<br/>=&gt; bisher nicht angewandt<br/>bis 100 % bei Maßnahmen<br/>- zum Wohl der Allgemeinheit<br/>- ohne Interesse bzw. wirtschaftlichen Nutzen für den Zuwendungsempfänger<br/>- ohne gesetzliche Aufgabe des Zuwendungsempfängers zu sein</p> |
|   | Nr. 2.2 RL GH/ 2007 – Hochwasserschutzmaßnahmen => EG- Hochwasserrisikomanagement- Richtlinie<br>→ Maßnahmen zur Verbesserung des Rückhaltevermögens in Überschwemmungsgebieten und zur Entsiegelung in Hochwasserentstehungsgebieten  | <p>umfassende fachliche Begründung der Erforderlichkeit</p> <p>Fördersatz<br/>max. 50 %, für Körperschaften des öffentlichen Rechts<br/>max. 75 % bei besonderem Landesinteresse</p>   |
| Förderrichtlinie Integrierte Ländliche Entwicklung 2007 (RL ILE/2007) | <p>Kapitel D – Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur</p> <p>D.1.1.2 – Maßnahmen an Gewässern und zum Bodenschutz, zum Beispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• naturnahe Gestaltung von Gewässern II. Ordnung,</li> <li>• naturnahe Gestaltung künstlicher Gewässer</li> <li>• Anlagen zum Boden- und Erosionsschutz und zur Abwendung von Schäden durch wild abfließendes Oberflächenwasser</li> <li>• Unterhaltung (!), bis Ablauf Gewährleistungsfrist, längstens 2 Jahre</li> <li>• Im bauplanungsrechtlichen Innenbereich: Sanierung und naturnahe Gestaltung innerörtlicher Gewässer zur Abwen-</li> </ul> | <p>Zuwendungsempfänger:<br/>Teilnehmergeinschaften, an Landtausch beteiligte Personen, einzelne Beteiligte nach den einschlägigen Verfahrensvorschriften.</p> <p>Fördersatz:<br/>max. 75 %; ggf. Abstufungen nach LVZ des Gemeindegebietes</p>   |

| Fördermaßnahme/<br>-richtlinie   | Beschreibung  | Fördermodalitäten   |
|--|---|---|
|  | dung von Schäden durch wild abfließendes Oberflächenwasser  |   |
| Förderung von Investivmaßnahmen zur Sicherung der natürlichen biologischen Vielfalt (Förderrichtlinie Natürliches Erbe – RL NE/2007) | Einschlägige Fördertatbestände:<br>Nr. 2.A.1 –Biotopgestaltung<br>Nr. 2.A.4 –Investive Artenschutzmaßnahmen (z. B. zum Rückbau biotopzerschneidender Elemente; Sicherung, Wiederherstellung oder Neuanlage von Lebensstätten geschützter Arten) | Fördersatz:<br>Nr. 2.A.1: max. 80 %<br>Nr. 2.A.4: max. 70 % |

Ist eine Planung einschließlich der resultierenden modellgestützten Maßnahmenvorschläge vorhanden, ist in einem weiteren Schritt die Akzeptanz des betroffenen Flächeneigentümers und des Landbewirtschafters für die Schutzmaßnahme zu erreichen. Handelt es sich lediglich um eine Veränderung der landwirtschaftlichen Bodenbewirtschaftung ist die Beeinträchtigung des Flächeneigentümers marginal, werden dauerhafte Veränderungen wie landschaftsstrukturierende Grünlandstreifen oder Heckenpflanzungen vorgesehen, sind die ökonomischen Bedenken der Eigentümer und der Flächennutzer erheblich. So sieht in BIANCHIN (2011) ein Großteil der befragten Landwirtschaftsbetriebe die Schaffung zusätzlicher Bewirtschaftungshindernisse durch die Hecke, die Heckenpflege sowie den Verlust an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche als Hinderungsgrund für eine Heckenpflanzung. Diese Haltung ist auf die Umwandlung von Acker in Grünland übertragbar.

#### 5.4.4 Fazit

Die vorliegende Arbeit analysiert intensiv Bewertungs- und Optimierungsmöglichkeiten für umweltrelevante Planungen. Anhand der gewählten Fallbeispiele wurde die Anwendung des Modells EROSION 3D für drei Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Umweltplanung untersucht. Dazu wurde erstmals ein konkreter Einsatz des Modells für eine Planung im Artenschutzbereich, im Bereich der Landschaftsplanung und im Rahmen von Untersuchungen zu archäologischen Denkmalflächen auf Ackerland vorgenommen und das Modell auf seine Praxisrelevanz untersucht.

Die bisherigen Anwendungen beschränkten sich ausschließlich auf die Planungsebene des Bodenschutzes. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte ein interdisziplinärer Einsatz des Modells auf Planungsebene unter dem Aspekt des Erosionsschutzes. Zusammenfassend lässt sich für die Anwendung des physikalisch basierten Modells EROSION 3D feststellen, dass sich der Modelleinsatz für alle drei Fallbeispiele als geeignet erwiesen hat. Planungsspezifische Fragestellungen der jeweiligen Fallbeispiele konnten differenziert betrachtet und bearbeitet werden. Für das Fallbeispiel der archäologischen Denkmalflächen ist es mit Hilfe des Modells möglich, Aussagen zum zeitlichen Eintritt der Denkmalschädigung bei Beibehaltung der derzeitigen Bodenbewirtschaftung zu treffen und eine Prognose zur Wirkung möglicher Schutzmaßnahmen zu geben. Im Fallbeispiel der Flussperlmuschel konnten mit

Hilfe des Modells Sedimentübertrittspunkte, Erosions- und Depositionsbereiche ermittelt werden sowie Aussagen zum Phosphoreintrag in die Flussperlmuschelgewässer getroffen werden.

Das abschließende exemplarische Beispiel einer unter Erosionsschutz Gesichtspunkten optimierten Landschaftsplanung zeigt, dass mit Hilfe des Modells in intensiv landwirtschaftlich genutzten Arealen ein optimiertes Verhältnis zwischen Ackerflächen und Grünlandbereichen ermittelt werden kann und die erosionsmindernde Schutzwirkung trotzdem zum Tragen kommt.

Es wurde nachgewiesen, dass mit dem Modell ein planerisches Instrument zur Verfügung steht, welches in umweltrelevanten Planungen für Gebiete mit überwiegend landwirtschaftlicher Nutzung wertvolle Anwendungsmöglichkeiten bietet. Mit dem Einsatz von EROSION 3D ist man in der Lage, auf die unterschiedlichen inhaltlichen Anforderungen der Fallbeispiele einzugehen. Für alle Anwendungsbereiche wurden Vorschläge für fallspezifische Bewertungskriterien erarbeitet. Da für die dritte Zielsetzung - die Ableitung einer methodischen Herangehensweise zur nachhaltigen Berücksichtigung der Belange des Erosionsschutzes in Raum- und Landschaftsplanungen – neben dem methodischen Gesichtspunkt auch eine Vielzahl anderer Faktoren, wie bspw. die ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen zu beachten ist, können im Rahmen dieser Arbeit nur die Anwendungsmöglichkeiten dargestellt und diskutiert werden. Die Sensibilisierung der Entscheidungsträger zu einer nachhaltigen Berücksichtigung des Erosionsschutzes in Raum- und Landschaftsplanungen wird als kontinuierlicher Prozess mit stetiger Motivations- und Überzeugungsarbeit seitens der Modellanwender eingeschätzt. Dazu soll diese Arbeit beitragen.

## 6 Zusammenfassung

Die Planung geeigneter Maßnahmen zu Verminderung des Bodenabtrags ist gebunden an eine möglichst präzise Ermittlung von Erosions- und Depositionsflächen, die Lokalisierung des Oberflächenabflusses und die Erfassung möglicher Eintrittspunkte des erodierten Bodens in Fließ- und Stillgewässer (siehe auch DUTTMANN 1999). Dazu stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung. Neben den klassischen Methoden wie Kartierungen von Erosionsformen sowie deren Verteilung oder Messungen zur Quantifizierung von Bodenab- und aufträgen kommt der Anwendung von Modellen eine deutlich steigende Bedeutung zu. Dazu stehen einerseits empirische Modelle und andererseits prozessorientierte physikalisch basierte Modelle zur Verfügung. Bedingt durch den damit verbundenen Aufwand wurde bisher auf einen Einsatz dieser Modelle im Rahmen der planerischen Praxis weitgehend verzichtet. Mit der Anwendung des physikalisch basierten Erosionsmodells EROSION 3D wurde die Anwendbarkeit des Modells als Instrument in der Planungspraxis untersucht.

Dazu wurde geprüft, ob der Ist-Zustand der Flächen dargestellt und die Planung von Maßnahmen präzisiert und objektiviert werden kann. Diese Zielstellung wurde an drei, in verschiedenen Regionen Sachsens gelegenen Fallbeispielen mit verschiedenen planerischen Zielstellungen untersucht. Alle Untersuchungsgebiete befinden sich in überwiegend agrarisch geprägten Landschaften, da mit dem gewählten Modell vorrangig erosive Prozesse auf ackerbaulich genutzten Standorten dargestellt werden.

Das erste Fallbeispiel untersucht, inwieweit die Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte auf Ackerflächen gewährleistet wurde und welche Maßnahmen zum Schutz dieser Bodenfunktion beitragen können. Archäologische Bodendenkmäler auf landwirtschaftlich genutzten Flächen unterliegen durch die deutliche Intensivierung der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung einer zunehmenden Gefährdung. Als Vorgehensweise wurde hier zuerst die graduelle Gefährdung der archäologischen Bodendenkmäler auf mesoskaliger Ebene bestimmt. Dazu erfolgt die Ermittlung der potentiellen Erosionsgefährdung. Anschließend für mehrere Hot-Spot-Flächen auf der Ebene des Kleinzugsgebietes (chorische Ebene) eine hochaufgelöste Prüfung des derzeitigen Zustandes der Flächen und die Ableitung und Prüfung von Schutzmaßnahmen unter der Annahme von mehreren Landschaftsszenarien durchgeführt.

Das zweite Fallbeispiel betrachtet den Einsatz des Erosionsmodells im Rahmen des Artenschutzes am Beispiel der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*). Die Flussperlmuscheln sind durch Sediment- und Stoffeinträge in Fließgewässer extrem in ihrem Bestand gefährdet. Mit Hilfe der Modellierungsszenarien wurde untersucht, ob Stoffeintragspfade aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und Sedimentübertrittspunkte in Gewässer nachvollziehbar ermittelt werden. Die Erwartung wurde durch den Modelleinsatz bestätigt. Auf Basis des Ist-Zustandes wurden anschließend Maßnahmenvorschläge erarbeitet, die zur Minimierung der Gewässereutrophierung und damit zum Schutz der Flussperlmuschel beitragen.

Fallbeispiel 3 untersucht im Untersuchungsgebiet Baderitzer Stausee vorliegende umweltrelevante Planungen hinsichtlich ihrer Aussagen zum Erosionsschutz und den möglichen Einsatz von Erosionsmodellierungen auf dieser Planungsebene. Dazu wurde für dieses Fallbeispiel ein optimiertes Szenario mit der Fokussierung auf den Erosionsschutz entwickelt.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass das Modell EROSION 3D den unterschiedlichen Planungsansprüchen der drei ausgewählten Fallbeispiele gerecht werden konnte und ein weiterer Einsatz des Modells im Rahmen umweltrelevanter Maßnahmen sehr gut vorstellbar ist. Dazu bedarf es neben der noch zu beantwortenden Frage nach dem Finanzierungskonzept vor allem der Mitarbeit und kompetenten Beratung der Entscheidungsträger durch die Planer und Planerinnen.

## 7 Abstract

The planning of suitable measurements for reducing soil erosion is linked to a possible precise calculation of size of erosion and deposition, the localization of the overland flow and the side identification of any possible signs of eroded soil in flowing and in slack water (DUTTMANN 1999). A number of different instruments are available. Additionally to the classical methods, such as, field mapping the erosion forms, as well as, the allocation or measurements for the quantification of soil erosion and application, it also increases the importance of models. On the one side there are the empirical models and on the other the process orientated physical models. Due to the amount of work involved in using such models in the real world, they have been mainly ignored. Under the use of physical based erosion models EROSION 3D the use of these models as instruments of planning practice has been examined. The actual condition of the areas has also been produced and to see if the planning of measurements can be precise and objective. This aim has been examined in three different regions in Saxony in case studies each with different methods of planning. All examination areas were located in mainly agricultural countrysides and examined mainly with chosen model of erosion process concerning agronomic used locations.

The first case study examined to what extent the function the soil as archive the nature and cultural history on agronomic areas had been allowed for and which measurements for the protection of these soil functions can make a contribution. Archaeological sites on used agricultural areas are exposed to greater danger due to the increased use of soil cultivation. First the potential erosion danger of archaeological sites on a mesoskalig level with subsequent gradual erosion levels was calculated. Finally for several hot spot areas followed a detailed examination of the current condition of the areas and the diversion and examination of protection measurements concerning several countryside scenarios.

The second case study looked at the application of erosion models in the framework of wildlife conservation with the example choosen of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). The freshwater pearl mussels are extremely endangered in their population as they are in the sediment and element inputs in flowing water. The examination looked comprehensibly at the help of element input ways on countryside areas and loose sediment in waters. Based on the actual situation a number of measurement suggestions were prepared for the reduction of water eutrophication and add to the protection of the freshwater pearl mussel.

Case study 3 looked at the examination point Baderitzer Stausee the actual status of the countryside planning and the possible use of erosion models as possible methods of these planning levels. To what extent the existing plans for erosion protection in these planning procedures had been taken into account up to now.



## 8 Literaturverzeichnis

AG BODEN 2005, Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover, 483 S.

AG BOSCH UND PARTNER/ BÜRO FÜR UMWELT- UND REGIONALENTWICKLUNG 2000, Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum - Landschaftsökologische Aspekte, F&E-Vorhaben im Auftrag des LfUG (unveröff. Endbericht); download: <http://www.bosch-partnergmbh.de>

ALTMÜLLER R. & DETTMER R. 2006, Erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen für die Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* L. durch Reduzierung von unnatürlichen Feinsedimentfrachten in Fließgewässern. - Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 26(4): 192-204.

ARÉVALO, A. 2009, Modelling sediment-deposition patterns of flash floods in a residential area using EROSION 3D, presentation ISEM, October 6<sup>th</sup> 2009, Quebec, Canada

AUHAGEN A., ERMER K. & MOHRMANN R. (HRSG.) 2002, Landschaftsplanung in der Praxis, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co

BAHNER T. 2005, Landwirtschaft und Naturschutz – vom Konflikt zur Kooperation Eine institutionenökonomische Analyse, Europäische Hochschulschriften Bd./ Vol. 2005, Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften

BASTIAN O. & SCHREIBER K.-F. 1999, Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 2. neubearb. Auflage

BERNSDORF B. & FANDER M. 1998 IN RICHTER G. (HRSG.) 1998, Fernerkundung, Gis und GPS, in Bodenerosion – Analyse und Bilanz eines Umweltproblems, Wissenschaftliche Buchhandlung

BILOTTA G.S. & BRAZIER R.E. 2008, Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota, Water research 42, 2849 – 2861

BINOT M., BLESS R., BOYE P., GRUTTKE H. & PRETSCHER P. (Hrsg.) 1998, Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55, Bonn – Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz)

BLUME H.-P., HORN R., THIELE-BRUHN S. 2010, Handbuch des Bodenschutzes, Bodenökologie und Bodenbelastung, Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, 4. Auflage

BÖNSEL A. & WINKLER A. 2007, Gesellschaftliche Erwartungen an kommunale Landschaftspläne im 21. Jahrhundert – veröffentlicht unter Landschaftsplanung.NET - Informationen und Fachbeiträge für die Landschaftsplanung, ISSN 1439-9954

- BORG H., PREETZ H., FEHSE K.-U. & WOLTER M. 1998, Bodenschutz in der räumlichen Planung. Eine Methode zur Bewertung und Wichtung von Bodenfunktionen, Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Heft 29, Halle (Saale)
- BRANDT-SASSEN H. 2004, Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft – Stand und Verbesserungsmöglichkeiten, Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen
- BROMME V., ENDE F., HARDTKE H.-J., KINNE A., SLOBODDA S., STROBEL M., ULLRICH B. VOGT R., WESTPHALEN T. & WINKLER C. 2010, Der Burgberg Zschaitz in der Lommatzscher Pflege - Landschaft, Natur und Archäologie, Archaeonaut 9
- BRUNOTTE J. 2003, Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis: Bodenerosion mindern, Bodenleben fördern, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 256, 79 – 86, Braunschweig, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BFN) (Hrsg.) 2007, Landschaftsplanung - Grundlage vorsorgenden Handelns
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) 2002, Landschaftsplanung für eine nachhaltige Gemeindeentwicklung
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) 2007, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Selbstverlag
- BVB – BUNDESVERBAND BODEN E.V. (HRSG.) 2001, Bodenschutz in der Bauleitplanung – Vorsorgeorientierte Bewertung, BVB-Materialien Band 6, Erich Schmidt Verlag
- Chisci G. & R. P. C. Morgan 1988, 'Modelling soil erosion by water: why and how', in Morgan, R. P. C. and Rickson, R. J. (Eds), Erosion Assessment and Modelling, Commission of the European Communities Report No. EUR 10860 EN, 121–146.
- DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT 2010 (HRSG.), Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft, Selbstverlag
- DEUTSCHER BUNDESTAG (HRSG.) 1997, Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Zwischenbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages, Bonn (Drucksache 13/7400)
- DINKELBERG W., LANTSCH P., KOWALCZYK T., JESSEN V., SOMMER K., WILKE B.-M., SCHWARZ B., GROTH K.-M. & H. GÄBNER 1998, Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren

- im Land Brandenburg – Handlungsanleitung, Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Titelreihe Nr. 29, Potsdam
- DWA/BVB 2011, Berücksichtigung der Bodenerosion bei der Maßnahmenplanung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie, Merkblatt DWA-M 910, Entwurf DWA-Regelwerk, Hennef.
- DYBEK K. & GIROD K. 1999, Sedimentberäumung am Beispiel sächsischer Gewässer, Wasser und Abfall 10, 34 – 40
- ECKART, K. 1998, Agrargeographie Deutschlands. Agrarraum und Agrarwirtschaft Deutschlands im 20. Jahrhundert, Gotha, Klett-Verlag
- ECOSYSTEM SAXONIA GMBH 2000, Ökologische Studie „Beiträge zur Entwicklung eines ökologischen Leitbildes für Flußlandschaften am Beispiel der Jahna, einem bedeutenden Nebenfluß der Elbe“, Materialien zur Wasserwirtschaft, Staatliche Umweltfachämter Leipzig Radebeul, Freistaat Sachsen
- ENDE F., HARTSCH K., SCHOB A., STROBEL M., UEBERFUHR F., VOGT R. & T. WESTPHALEN 2010, Archäologie und Landwirtschaft – Zwischenbilanz eines Modellprojektes in der Lommatzcher Pflege, Ausgrabungen in Sachsen 2/ 2010
- EVARD, O. et al. 2007, A grassed waterway and eathern dams to control muddy floods from a cultivated catchment of the Belgian loess belt, Geomorphology, ScienceDirect
- FEIGE M., FEIL T., SMETTAN C., KIRCHHOFF M., GIESE G., FRIEDRICH P., SCHMOLL A. & B. WICHMANN 1997, Leitbilder und Umweltqualitäts-/ Umwelthandlungsziele, Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 49/97, Berlin.
- FELDWISCH N. & S. BALLA 2007, Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen, Bodenschutz 1/2007
- FELDWISCH N., HENDRISCHKE O. & A. SCHMEHL 2003, Gebietsbezogener Bodenschutz, Bodenschutzgebiete, Bodenplanungsgebiete, Bodenbelastungsgebiete und Bodengefährdungsgebiete im Gefüge des Umwelt- und Planungsrechtes – rechtliche und bodenschutzfachliche Grundlagen, Bodenschutz & Altlasten Bd. 13, Erich Schmidt Verlag
- FELDWISCH N., MEYER-MARQUARDT D. & K. MÜLLER-PFANNENSTIEL 2002, Landschaftsökologische Kriterien für eine umweltschonende Landbewirtschaftung, Forum Geoökologie 13 (2)
- FELDWISCH N. 1999, Einflüsse land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Hochwasserabfluß-Wissenstand, Skalenprobleme, Modellansätze. DVWK Materialien 7/ 1999.

- FÖRDERGEMEINSCHAFT NACHHALTIGE LANDWIRTSCHAFT E.V (FNL) 2008, Strategien zum Bodenschutz – Sachstand und Handlungsbedarf, Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu, GKB und KTBL am 5. Und 6. Dezember 2007 in Bonn, Heft 15/ 2008
- FUCHS S., BUTZ J. & A. BECHTEL 2004, Stoffstromanalyse für kleine bis mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen, Forschungsbericht FZKA-BWPLUS (Förderkennzeichen: BWC 21003) Universität Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft
- FÜRST D., KIEMSTEDT H., GUSTEDT, E., RATZBORG, G. & F. SCHOLLES 1992, Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung, 1. Abschlussbericht, Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 34/92, Berlin.
- GIESE E., LICHEY K. & SANDER J. 2009, Position des Schutzguts Boden in Recht und Praxis der naturschutzrechtlichen Instrumente. In Bodenschutz 04.09. S. 108 – 115, Erich Schmidt Verlag
- GRUEN D. & KENNEWEG H. 1998, Berücksichtigung der Belange von Naturschutz und Landschaftspflege in der Flächennutzungsplanung, BfN-Skripten 6
- HAASE G. & MANNSFELD K. 2002, Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel Sachsen, Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Bd. 250, Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier
- HARDTGE, K.H. 1978, Einführung in die Bodenphysik, Stuttgart.
- HARTH M. 2006, Multikriterielle Bewertungsverfahren als Beitrag zur Entscheidungsfindung in der Landnutzungsplanung – unter besonderer Berücksichtigung der Adaptiven, Conjoint-Analyse und der Discrete Choice Experiments, Dissertation an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- HEBEL B. 2003, Validierung numerischer Erosionsmodelle in Einzelhang- und Einzugsgebiets-Dimension. Dissertation. In: Physiogeographica, Baseler Beiträge zur Physiogeographie. Universität Basel.
- HEBEL B., POTSCHEIN M. & C. SEIBERTH 2000, Eignen sich Erosionsmodelle wie WEPP, EROSION 2D, RUSLE oder die ABAG zu einer Kontrolle gesetzlicher Erosions-Richtwerte? Universität Basel, Department Geographie, Basel
- HECKRATH G., DJURHUUS J., QUINE T.A., VAN OOST K., GOVERS G. & Y. ZHANG 2005, Tillage erosion and its effects on soil properties and crop yield in Denmark, Journal of Environmental Quality 34, 312 – 324

- HEILMANN H. & SYMMANGK R. 2007, Bodenregionen und Bodenlandschaften, Allgemeiner Exkursionsführer der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 2007 – Böden ohne Grenzen
- HOUBEN P. 2008, Scale linkage and contingency effects of field-scale and hillslope-scale controls of long-term soil erosion: Anthropogeomorphic sediment flux in agricultural loess watersheds of Southern Germany, *Geomorphology* 101, 172 – 191
- HOUBEN P., WUNDERLICH J. & SCHROTT L. 2008, Climate and long-term human on sediment fluxes in watershed systems, *Geomorphology* 108, 1 – 7
- JESSEL B. & TOBIAS K. 2002, Ökologisch orientierte Planung – Eine Einführung in Theorien, Daten und Methoden
- JESSEL B. 2008, Bodenschutz und Naturschutz – Herausforderungen der Zukunft gemeinsam meistern! In *Bodenschutz* 03.08 S. 69, Erich Schmidt Verlag
- JESSEN-HESSE V. 2002, Vorsorgender Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung – Leitbilder und methodische Anforderungen konkretisiert am Beispiel der Region Berlin-Brandenburg, Erich Schmidt Verlag
- JETTEN V., DE ROO A. & D. FAVIS-MORTLOCK 1999, Evaluation of field-scale and catchment scale soil erosion models, *Catena* 37 (1999) 521-541.
- KIETZER B. 2007, Aufklärung der Bodenverlagerung durch Bearbeitungserosion in Jungmoränenlandschaften, Diss., URL: [http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2007/1682/pdf/kietzer\\_barbara.pdf](http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2007/1682/pdf/kietzer_barbara.pdf)
- KÖTHE R.; BOCK M. & E. VOGEL. 2005, Expertise zum Forschungsvorhaben. Landnutzung und Hochwasserschutz. Teilvorhaben Reliefanalyse Sachsen: Korrektur des ATKIS-DGM, Berechnung morphometrische Reliefparameter, Erstellung einer digitalen Geomorphographischen Karte (GMK20 Sachsen), Untersuchungen zur Erosion und Auenbödenverbreitung. Göttingen. Erstellt im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG), Göttingen (scilands)
- KÖTZSCHKE R. & KRETZSCHMER H. 1939, Sächsische Geschichte, Dresden, Nachdruck Augsburg 1995
- KURZ H. & HAACK A. 2000, Aktuelle Bewertungssysteme in der naturschutzfachlichen Planung, ad fontes verlag hamburg

- LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (LfUNG) (Hrsg.) 2002, Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern – Bodenerosion, 2. überarbeitete Auflage
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (LWK) 2007, Bodenerosion durch Wasser, Ursachen, Bedeutung und Umgang in der landwirtschaftlichen Praxis von NRW, Eigenverlag, Münster
- LEE Y. H. 2006, Nachhaltiger Bodenschutz international, europäisch und national, Universitätsverlag der TU Berlin
- LEHLE M., BLEY J., MAYER E., VEIT-MEYA R. & W. VOGL (1995), Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub, Umweltministerium Baden-Württemberg, Luft Boden Abfall Heft 28
- MANNFELD K. & RICHTER H. 1995, Naturräume in Sachsen, Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Bd. 238, Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier
- MENGE M., SCHMIDT W. KREUTER T. & KORNMANN M. 2006, Bewertung der Vor- und Nachteile der konservierenden Bodenbearbeitung, Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) 5/2006 S. 14 – 24
- Merritt, W.S., Letcher, R.A. und Jakeman, A.J. 2003, A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software, 18(8-9), 761-799.
- MEYER, B. C. & R. GRABAUM 2005, From landscape ecological model to landscaping action. In Frede H.-G. & M. Bach (Hrsg.): Multifunctionality of Landscapes – Analysis, Evaluation and Decision Support, Abstracts, International Conference May 18 -19, 2005 Universität Giessen
- MICHAEL A., SCHMIDT J. & SCHMIDT W.A. 1996, EROSION 2D – Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser, Band II, Parameterkatalog Sachsen, Anwendung, Hrsg. Landesanstalt für Landwirtschaft und Landesamt für Umwelt und Geologie
- MICHAEL, A. 2000, Abschätzung des Sediment- und Nährstoffeintrages in Oberflächengewässer mit dem Erosionsprognosemodell EROSION 3D. In: Beiträge zur Entwicklung eines ökologischen Leitbildes für Flusslandschaften am Beispiel der Jahna, einem Nebenfluss der Elbe. Dresden.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (HRSG.) 2004, Anlage 2 des Leitfadens, Muster-Bodenschutzgebietsverordnung für Gebiete mit flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser

- MOORE, I.D., TURNER, A.K., WILSON, J.P., JENSON, S.K., BAND, L.E. (1991): *GIS and landsurface-subsurface process modelling*. - In: Conference on integrating GIS and environmental modelling, Boulder, CO, 1991.
- MOORKENS E. A. 2000, Conservation management of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*), Irish wildlife manuals No. 9, Series editor: F. Marnell
- MOSIMANN T. 2008, Strategien zum Bodenschutz –Sachstand und Handlungsbedarf, Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu, GKB und KTBL am 5. Und 6. Dezember 2007 in Bonn, Heft 15/2008 der Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft e.V (FNL) 2008
- MÜLLER I. 2002, Boden- und Stoffabtrag von Ackerflächen, Jahresbericht 2001, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- MUTIUS A. 1992, Gesetzliche Möglichkeiten des Bodenschutzes, In: Blume H.P. (Hrsg), Handbuch des Bodenschutzes
- NITSCH H. & B. OSTERBURG 2004, Umweltstandards in der Landwirtschaft und ihre Verknüpfung mit agrarpolitischen Förderinstrumenten, Landbauforschung Völkenrode 2/2004 (54)
- NITZSCHE O., KRÜCK S., ZIMMERLING B. & W. SCHMIDT 2002, Boden- und gewässerschonende Landbewirtschaftung in Flusseinzugsgebieten, in Berichte aus der Pflanzenproduktion
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau
- OLDEMAN L.R. 1991, World Map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note (2<sup>nd</sup>. edition)/ L.R. Hakkeling A. & W.G. Sombroek, Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC, Wageningen, the Netherlands.
- OPPERMANN F.W. 1998, Die Bedeutung von linearen Strukturen und Landschaftskorridoren für Flora und Vegetation der Agrarlandschaft, Dissertationes Botanicae, Bd. 298, J. Cramer in der Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung
- OSTERBURG B., NITSCH H., LAGGNER B. & W. ROGGENDORF 2009, Auswertung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems zur Abschätzung von Wirkungen der EU-Agrarreform auf Umwelt und Landschaft, Bericht für das F+E-Vorhaben „Naturschutzfachliche Bewertung der GAP - Effizienzsteigerung durch Nutzung bestehender Datenbestände“, Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, download: [http://www.vti.bund.de/de/institute/lr/publikationen/bereich/ab\\_7\\_2009\\_de.pdf](http://www.vti.bund.de/de/institute/lr/publikationen/bereich/ab_7_2009_de.pdf)

- PEINE, F.-J. 2007, Bodenschutz außerhalb der Bodenschutzgesetze – der Beitrag des Naturschutzrechts, *Natur & Recht* 29, 138 - 143
- PIETSCH M., SCHMIDT D. & K. RICHTER 2007, Ansatz zur Integration von Habitataignungsmodellen in die FFH-Managementplanung am Beispiel der Flussperlmuschel, In Strobl, Blaschke, Griesebner 2007, *Angewandte Geoinformatik 2007 – Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann Verlag
- RÜTER S. 2008, Biotopverbund und Abflussretention in der Agrarlandschaft – Modellanalytische Untersuchungen am Beispiel des sächsischen Lösshügellandes, Dissertation In *Beiträge zur räumlichen Planung Nr. 87* (Schriftenreihe der Fachgruppe Landschaft, Fak. Für Architektur und Landschaft der Leibniz Universität Hannover)
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (SLFULG) (Hrsg.) 2009, *Naturschutz und Landschaftspflege, Perle der Natur – Schutz der Flussperlmuschel in Sachsen*, Freistaat Sachsen
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (SLFUG) (Hrsg.) 2008a, *Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren*, Materialien zum Bodenschutz, Freistaat Sachsen
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (SLFUG) 2008b, *Kartier- und Bewertungsschlüssel von FFH-Anhang II-Arten in SCI (1029 Flussperlmuschel)*
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (SLFUG) (Hrsg.) 2006, *Rote Liste Mollusken Sachsens*, Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (SLFUG) 2003, *Umweltqualitätsziele in Raumordnungsplänen*, Freistaat Sachsen.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (SLFUG) (Hrsg.) 2001, *Umweltqualitätsziele auf die Füße stellen, Umweltverträgliche Land- und Flächennutzung, Band III: Land- und Forstwirtschaft*, Freistaat Sachsen
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (SLFL) 2004 (Hrsg.), *Bodenschutz in der Landwirtschaft*, Selbstverlag, Freistaat Sachsen
- SÄCHSISCHE LANDSIEDLUNG GMBH (Gemeinnütziges Siedlungsunternehmen des Freistaates Sachsen) 2009, *Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen, Los 2: „Entwicklung von Umsetzungsstrategien und –planungen für eine natur- und bodenschutzgerechte dauerhafte Begrünung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen“* im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, unveröffentlicht



- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) 2009a, Klimawandel und Landwirtschaft – Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel, Freistaat Sachsen
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) 2009b, Klimawandel und Landwirtschaft – Fachliche Grundlage für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel, Freistaat Sachsen
- SCHADE M. 2004, Gold im Vogtland, Gold-Museum Theuern
- SCHIED, I. 2010; Nur so tief wie nötig, Bauernzeitung – Landwirtschaftliches Wochenblatt, 27. Woche, 9.7.2010,  
[http://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/6b91111451410a5bc1256f49003ce962/d9a70db537cb28eec12575520039dd8b/\\$FILE/scheid.pdf](http://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/6b91111451410a5bc1256f49003ce962/d9a70db537cb28eec12575520039dd8b/$FILE/scheid.pdf)
- SCHMELMER, K. 2003, Bodenerosionsprozesse, Oberflächenabfluss und Feststoffretention von Grasflurstreifen – Experimentelle Untersuchungen und Anwendung von Prognosemodellen, Bonner Bodenkundliche Abhandlungen, Band 39
- SCHMIDT & PARTNER GBR 2007, LIFE-Natur Projekt zum Schutz der Flussperlmuschel und der Bachmuschel im Dreiländereck Bayern – Sachsen –Tschechien, LIFE-Natur Projekt Nr. LIFE2002NAT/D/8458 Großmuscheln Unionoidea im Dreiländereck Bayern – Sachsen – Tschechien, Bezirk Oberfranken (Hrsg.)
- SCHMIDT C. & G. WENZ 2004, Schutz der Flussperlmuschel und sich ergebende Maßnahmen (Schwerpunkt Abwasserchemische Sanierung) in den Einzugsgebieten von Wolfsbach, Raunerbach und Triebelbach ( Freistaat Sachsen), Studie im Auftrag des Zweckverbandes Naturpark Erzgebirge/ Vogtland (Schleittau), Endbericht Oktober 2004
- SCHMIDT F. 2003, Hochgenaue Digitale Geländemodelle - Untersuchungen zur Erstellung, Analyse und Anwendung in der Landwirtschaft, Dissertation, Universität Rostock
- SCHMIDT J. 1998 IN RICHTER G. (HRSG.) 1998, Modellbildung und Prognose zur Wassererosion, In: Bodenerosion – Analyse und Bilanz eines Umweltproblems, Wissenschaftliche Buchhandlung
- SCHMIDT J., V. WERNER M. & A. MICHAEL 1999, Application of the EROSION 3D Model to the Catsop Watershed, The Netherlands. In: De Roo, A.(Ed.): Modelling Soil Erosion by Water at the Catchment Scale. Catena 418
- SCHMIDT M. & A. HEINZE 1998, Beiträge zur Entwicklung eines Planungsinstrumentes für die Steuerung der Flächeninanspruchnahme von Böden, F&E-Vorhaben “Methodenbausteine Boden-

- schutz“, Im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, unveröffentlicht
- SCHMIDT, W., ZIMMERLING, B., NITZSCHE, O. & ST. KRÜCK 2001, Conservation tillage - A new strategy in flood control. 287-293. In J. Marsalek et al. (Hrsg.) Advances in urban stormwater and agricultural runoff source controls. NATO Science series 74. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- SCHMIDT, W., STAHL, H., NITZSCHE, O., ZIMMERLING, B., KRÜCK, S., ZIMMERMANN, M. & W. RICHTER 2001 A, Konservierende Bodenbearbeitung - die zentrale Maßnahme eines vorbeugenden und nachhaltigen Bodenschutzes. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 96 (2), S. 771 – 772
- SCHMIDT T. G., RUNGE T., SEIDEL K. & B. OSTERBURG 2007, Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft, in OSTERBURG B. UND RUNGE T. (HRSG.) (2007), Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Sonderheft 307 *Special Issue 2007*, Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research
- SCHOB, A., J. SCHMIDT UND R. TENHOLTERN 2006, Derivation of site-related measures to minimise soil erosion on the watershed scale in the Saxonian loess belt using the model EROSION 3D. *Catena* 86, 2 - 3. P.153 - 160.
- SCHOB A. 2006a, Ableitung standortbezogener Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele zur Minimierung der Bodenerosion für ausgewählte kleine Einzugsgebiete innerhalb des Mittelsächsischen Lösshügellandes mit Unterstützung des Erosionsmodells EROSION 3D, Abschlußbericht F & E Vorhaben des LfUG, unveröffentlicht
- SCHOB A. 2006b, Untersuchung der Erosionspotentiale in ausgewählten Wassereinzugsgebieten sächsischer Flussperlmuschelgewässer, Endbericht zum Forschungsvorhaben, Projektträger Anglerverband Südsachsen e.V./ SN-01-I1-3-C0203-EEV, unveröffentlicht
- SCHOB A. 2010, Fachbeitrag Erosionsmodellierung, Endbericht der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Fachgebiet Boden- und Gewässerschutz zum DBU-Kooperationsprojekt „Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler in einer agrarischen Hohertragslandschaft“, unveröffentlicht
- SCHRÖDER D., NIEMEYER J., SCHNEIDER R, NIEBES D. & B. ROTHSTEIN 2002, Umweltgerechte Bodennutzung zur Reduzierung von Bodenverdichtung, Hochwassergefahr und Erosion sowie Nähr- und Schadstoffbelastung in einem Mittelgebirgsraum

- SEIDEL, N. 2008, Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf den Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell (Dissertation). TU Bergakademie Freiberg.
- SEIDEL, N. 2003, Vorschläge zur Verminderung der Wassererosion im Einzugsgebiet des Baderitzer Stausees - Sächsisches Lösshügelland, Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, unveröffentlicht.
- SIEKER F., JASPER J., REICH M., RÜTER S., SALZMANN M., SCHMIDT W.A, WICLKE D. & S. ZACHARIAS 2007, Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte – am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen (HONAMU), Abschlussbericht DBU AZ 21467, Hannover.
- SOMMER K., GROTH K.-M. & H. GÄBNER 1997, Übersicht über die rechtlichen Grundlagen des Bodenschutzes im Land Brandenburg, In: Landesumweltamt Brandenburg, Materialsammlung zum Leitfaden Bodenschutz Brandenburg – Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg, unveröffentlicht
- SRU – DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1985, Sondergutachten „Umweltprobleme der Landwirtschaft“, Bundesdrucksache 10/3613, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart
- STROBEL M., VOGT R. & WESTPHALEN T. 2009, Die Lommatzscher Pflege – eine Altsiedellandschaft?, Mitteilungen 2/2009 des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V., Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V.
- TEBRÜGGE F. 1999, Visionen für die Direktsaat und ihr Beitrag zum Boden-, Wasser- und Klimaschutz, download unter <http://www.pfluglos.de/media/documents/1242635880.pdf>
- TOBIAS K. & B. JESSEL 2001, Umweltauswirkungen durch die Landwirtschaft und Möglichkeiten ihrer Verringerung, Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 2001/1
- TROEH, F.R. & L.M. THOMPSON 1993, Soils and soil fertility, Oxford University Press, New York
- TU DRESDEN 2004, Quantifizierende Untersuchung der Auswirkungen bodenkonservierender Landwirtschaft auf Erosionsverhalten, Stoffhaushalt und Gewässerbiozönose am Beispiel des landwirtschaftliche genutzten Repräsentationsgebietes EZG Stausee Baderitz im mittelsächsischen Lösshügellandbereich des Flusseinzugsgebiet der Jahna, F&E-Projekt LfUG, Zwischenbericht (Projektphase 3), Dresden.
- UEBERFUHR F., MIETHKE A., HALKE E. & H. PAMPPEL 2005, Möglichkeiten vorhandener Raumplanungsinstrumente im Beziehungsgeflecht zwischen dem Umwelt-/Naturschutz und der Landwirtschaft zur Erreichung von Umweltqualitäts- und -handlungszielen auf mittlerer und lokaler Ebene, Abschlussbericht zum FuE-Vorhaben, AZ 13-8802.3529/35, im Auftrag des Sächsi-

- schen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft vertreten durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, Sachgebiet 21, unveröffentlicht
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) 2008, Umweltschutz im Planungsrecht – Die Verankerung des Klimaschutzes und des Schutzes der biologischen Vielfalt im raumbezogenen Planungsrecht
- VAN OOST K., GOVERS, G., VAN MUYSEN W. & QUINE T. A. 2000, Modelling translocation and dispersion of soil constituents by tillage on sloping land, Soil Science Society of America, Journal 64, 1733 - 1739
- VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (VDLUFA) (HRSG.) 2001, Mögliche ökologische Folgen hoher Phosphatgehalte im Boden und Wege zu ihrer Verminderung, Standpunkt, VDLUFA Selbstverlag
- VON WERNER M. 2004, EROSION-3D Benutzerhandbuch Ver.3.02, Eigenverlag
- VOUGHT L., PINAY G., FUGLSANG A., RUFFLNONI C. 1995, Structure and function of buffer strips from a water quality perspective in agricultural landscapes, Landscape and Urban Planning 31, S. 323-331
- WBGU 1993 (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung), Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch-Umwelt-Beziehungen, Jahresgutachten 1993, Bonn 1993
- WEBER H. E. 2003, Gebüsche, Hecken, Krautsäume, Verlag Eugen Ulmer GmbH
- WIEGLEB G., VORWALD J. & U. BRÖRING 1999, Synoptische Einführung in das Thema „Bewertung im Rahmen der Leitbildmethode“, In: Wiegleb G., Schulz F. und U. Bröring (Hrsg.: Naturschutzfachliche Bewertung im Rahmen der Leitbildmethode, 1-14, Physica, Heidelberg
- WIGGERING H. & MÜLLER F. (Hrsg.) 2004, Umweltziele und Indikatoren – Wissenschaftliche Anforderungen an ihre Festlegungen und Fallbeispiel, Springer Verlag
- WILD A. 1995, Umweltorientierte Bodenkunde: Eine Einführung, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford
- WISCHMEIER W.H. & SMITH D.D. 1965, Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. – Agr- Handbook 282 (USDA), Washington D.C.
- WOOD, J.D. 1996, The geomorphological characterisation of digital elevation models *PhD Thesis, University of Leicester, UK*, <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd>
- WURBS D., MÖLLER M. & KOSCHITZKI T. 2008, Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen - Fachgerechte Ableitung und räumliche Abgrenzung von besonders erosionswirksamen Abflussbah-

nen. Erstellt im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG), Halle (geoflux Gbr)

YAN J. & J. ZHANG 2001 , Evaluation of the MIKE SHE Modeling System, in 'Agricultural non-point source water quality models: their use and application', Editors: John E. Parsons J. E.; Daniel L. Thomas D. L. & R. L. Huffman, Southern Cooperative Series Bulletin #398, July, 2001 (Updated July, 2004), ISBN: 1-58161-398-9

### ***Gesetze, Verordnungen und Richtlinien***

BBODSCHG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist"

BBODSCHV, "Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist", <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf>

BNATSCHG, "Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 6. Februar 2012 (BGBl. I S. 148) geändert worden ist", [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf)

DIREKTZAHLVERPFLG 2004, Gesetz zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen und sonstige Stützungsregelungen (Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz - DirektZahlVerpflG) vom 21. Juli 2004 (BGB Teil I 2004 Nr. 58 vom 26.07.2004 S. 1767 ff.), <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/direktzahlverpflg/gesamt.pdf>.

DIREKTZAHLVERPFLV 2004, Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung -DirektZahlVerpflV) vom 4. November 2004 (BGB Teil I 2004 Nr. 58 vom 12.11. 2004, S. 2778ff), <http://bundesrecht.juris.de/direktzahlverpflv/index.html>.

RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:de:PDF>

RICHTLINIE 92/43/EWG VOM 21. MAI 1992 und ihren Ergänzungen durch den "Beschluss des Rates der europäischen Union vom 1. Januar 1995 zur Anpassung der Dokumente, betreffend den Beitritt neuer Mitgliedstaaten zur Europäischen Union" (Beschluss 95/1/EG) sowie der Richtlinie

97/62/EG des Rates vom 27. Oktober 1997 zur "Anpassung der Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt" (FFH-Richtlinie), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF>

UVPG, Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/uvpg/gesamt.pdf>

VERORDNUNG (EG) Nr. 73/2009 DES RATES vom 19. Januar 2009 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1290/2005, (EG) Nr. 247/2006, (EG) Nr. 378/2007 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0016:0016:DE:PDF>

Mündliche Nachrichten:

Frau Müller, Ökohof Auterwitz, 31.03.2010

Herr Weber , Bürgermeister Mochau,

---

## **VERSICHERUNG**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe, die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Abfassung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Freiberg, den 4. Februar 2014

---

# ANHANG



# Anhang 1

## Parametrisierung Fallbeispiel 2

### Eingangsparameter Raunerbach

| Nr | LD   | C org | Anwg [Vol%] | Rau [s/m <sup>1/3</sup> ] | Ero     | Deck | Skin | ft | t | gt | f u | mu | g u | fs | s gs | ns | Landnutzung |                            |
|----|------|-------|-------------|---------------------------|---------|------|------|----|---|----|-----|----|-----|----|------|----|-------------|----------------------------|
| 1  | 1000 | 1,3   | 0           | 1                         | 1       | 0    | 1    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gewaesser                  |
| 2  | 1100 | 1,3   | 37,5        | 0,9                       | 0,08    | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz feucht             |
| 3  | 2600 | 1,3   | 100         | 0,9                       | 1       | 100  | 1    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Versieg                    |
| 4  | 1650 | 1,3   | 37,5        | 0,3                       | 0,03    | 90   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Wiese feucht               |
| 5  | 1550 | 1,3   | 28,5        | 0,046                     | 0,03    | 90   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_gut                     |
| 6  | 1550 | 1,3   | 37,5        | 0,046                     | 0,03    | 90   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_gut feucht              |
| 7  | 1550 | 1,3   | 28,5        | 0,032                     | 0,03    | 80   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_Durchschn               |
| 8  | 1550 | 1,3   | 27          | 0,032                     | 0,03    | 80   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_Durchschn tro           |
| 9  | 1550 | 1,3   | 37,5        | 0,032                     | 0,03    | 80   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_Durchschn feucht        |
| 10 | 1550 | 1,3   | 27          | 0,015                     | 0,02    | 60   | 5    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | GL_spär tro                |
| 11 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,1     | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck90             |
| 12 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,016                     | 0,08    | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Hecke                      |
| 13 | 1100 | 1,3   | 37,5        | 0,016                     | 0,1     | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Hecke feucht               |
| 14 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,1     | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck90             |
| 15 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,1     | 80   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck80             |
| 16 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,1     | 85   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck85             |
| 17 | 1100 | 1,3   | 37,5        | 0,9                       | 0,1     | 90   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Ge-<br>hoelz_deck90 feucht |
| 18 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,08    | 70   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck70             |
| 19 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,08    | 60   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck60             |
| 20 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,08    | 50   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck50             |
| 21 | 1100 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,08    | 40   | 20   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Gehoelz_deck40             |
| 22 | 1320 | 1,3   | 27          | 0,015                     | 0,005   | 10   | 15   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Brache                     |
| 23 | 1480 | 1,8   | 28,5        | 0,23                      | 0,004   | 74   | 1    | 0  | 0 | 9  | 8   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | WG_A1                      |
| 24 | 1390 | 1,8   | 28,5        | 0,016                     | 0,0008  | 28   | 0,5  | 0  | 0 | 9  | 8   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | Hafer_A1                   |
| 25 | 1300 | 1,8   | 28,5        | 0,015                     | 0,0003  | 2    | 0,3  | 0  | 0 | 9  | 8   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | Mais_A1                    |
| 26 | 1480 | 1,8   | 28,5        | 0,23                      | 0,003   | 79   | 1    | 0  | 0 | 9  | 8   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | WR_A1                      |
| 27 | 1460 | 1,8   | 28,5        | 0,23                      | 0,003   | 60   | 1    | 0  | 0 | 9  | 8   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | WW_A1                      |
| 28 | 1500 | 2     | 28,5        | 0,046                     | 0,01    | 100  | 10   | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | Klee_A2                    |
| 29 | 1480 | 2     | 28,5        | 0,15                      | 0,004   | 100  | 1    | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | Raps_A2                    |
| 30 | 1480 | 2     | 28,5        | 0,23                      | 0,004   | 74   | 1    | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | WG_A2                      |
| 31 | 1480 | 2     | 28,5        | 0,23                      | 0,003   | 79   | 1    | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | WR_A2                      |
| 32 | 1460 | 2     | 28,5        | 0,23                      | 0,003   | 60   | 1    | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | WW_A2                      |
| 33 | 1300 | 1,8   | 28,5        | 0,015                     | 0,00025 | 0    | 0,3  | 0  | 0 | 9  | 4   | 17 | 17  | 21 | 15   | 13 | 1           | Saatbett_A1                |
| 34 | 1300 | 2     | 28,5        | 0,015                     | 0,00025 | 0    | 0,3  | 0  | 0 | 8  | 0   | 15 | 19  | 22 | 15   | 11 | 1           | Saatbett_A2                |
| 35 | 2600 | 1,3   | 100         | 0,9                       | 1       | 100  | 1    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Bebauung                   |
| 36 | 1550 | 1,3   | 28,5        | 0,24                      | 0,002   | 90   | 1    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Camping                    |
| 37 | 1350 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,005   | 50   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Friedhof                   |
| 38 | 1350 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 0,005   | 40   | 10   | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Garten                     |
| 39 | 1500 | 1,3   | 28,5        | 0,9                       | 1       | 50   | 1    | 0  | 0 | 8  | 9   | 16 | 18  | 22 | 15   | 12 | 1           | Schuetting                 |

## Eingangsparameter Triebelbach

| Nr | LD   | Co<br>rg | Anwg<br>[Vol%](<br>mittel) | Rau[<br>s/m1/3] | Ero    | Dec<br>k | Ski<br>n | m<br>ft | m<br>t | g<br>gt | m<br>fu | m<br>u | g<br>u | fs | ms | gs | n<br>s<br>nutzung       |
|----|------|----------|----------------------------|-----------------|--------|----------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|----|----|----|-------------------------|
| 1  | 1000 | 0        | 0                          | 1               | 1      | 0        | 1        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gewaesser             |
| 2  | 1100 | 1,5      | 39,5                       | 0,9             | 0,08   | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz feucht        |
| 3  | 2600 | 1,5      | 100                        | 0,9             | 1      | 100      | 1        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Versieg               |
| 4  | 1650 | 1,5      | 39,5                       | 0,3             | 0,03   | 90       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Wiese feucht          |
| 5  | 1550 | 1,5      | 31,5                       | 0,046           | 0,03   | 90       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_gut                |
| 6  | 1550 | 1,5      | 39,5                       | 0,046           | 0,03   | 90       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_gut feucht         |
| 7  | 1550 | 1,5      | 31,5                       | 0,032           | 0,03   | 80       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_Durchschn          |
| 8  | 1550 | 1,5      | 30                         | 0,032           | 0,03   | 80       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_Durchschn_tro      |
| 9  | 1550 | 1,5      | 39,5                       | 0,032           | 0,03   | 80       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_Durchschn_feucht   |
| 10 | 1550 | 1,5      | 30                         | 0,015           | 0,02   | 60       | 5        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 GL_spaer_tro          |
| 11 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,1    | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck90        |
| 12 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,016           | 0,08   | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Hecke                 |
| 13 | 1100 | 1,5      | 39,5                       | 0,016           | 0,1    | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Hecke feucht          |
| 14 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,1    | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck90        |
| 15 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,1    | 80       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck80        |
| 16 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,1    | 85       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck85        |
| 17 | 1100 | 1,5      | 39,5                       | 0,9             | 0,1    | 90       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck90 feucht |
| 18 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,08   | 70       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck70        |
| 19 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,08   | 60       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck60        |
| 20 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,08   | 50       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck50        |
| 21 | 1100 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,08   | 40       | 20       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Gehoelz_deck40        |
| 22 | 1320 | 1,5      | 30                         | 0,015           | 0,0037 | 10       | 15       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Brache                |
| 23 | 1320 | 2,8      | 30                         | 0,015           | 0,0009 | 0        | 0,9      | 0       | 0      | 16      | 19      | 17     | 18     | 8  | 11 | 11 | 1 Saatbett_A1           |
| 24 | 1490 | 2,8      | 31,5                       | 0,23            | 0,006  | 94       | 12       | 0       | 0      | 16      | 19      | 17     | 18     | 8  | 11 | 11 | 1 WG_A1                 |
| 25 | 1320 | 3,4      | 30                         | 0,015           | 0,0009 | 0        | 0,9      | 0       | 0      | 13      | 17      | 23     | 19     | 8  | 10 | 10 | 1 Saatbett_A2           |
| 26 | 1490 | 3,4      | 31,5                       | 0,23            | 0,006  | 94       | 12       | 0       | 0      | 13      | 17      | 23     | 19     | 8  | 10 | 10 | 1 WG_A2                 |
| 27 | 1490 | 3,4      | 31,5                       | 0,23            | 0,005  | 99       | 12       | 0       | 0      | 13      | 17      | 23     | 19     | 8  | 10 | 10 | 1 WR_A2                 |
| 28 | 1480 | 3,4      | 31,5                       | 0,23            | 0,005  | 80       | 12       | 0       | 0      | 13      | 17      | 23     | 19     | 8  | 10 | 10 | 1 WW_A2                 |
| 29 | 1320 | 3,7      | 30                         | 0,015           | 0,0009 | 0        | 0,9      | 0       | 0      | 9       | 17      | 24     | 19     | 9  | 10 | 12 | 1 Saatbett_A3           |
| 30 | 1490 | 3,7      | 31,5                       | 0,23            | 0,006  | 94       | 12       | 0       | 0      | 9       | 17      | 24     | 19     | 9  | 10 | 12 | 1 WG_A3                 |
| 31 | 1320 | 3,4      | 30                         | 0,015           | 0,0009 | 0        | 0,9      | 0       | 0      | 9       | 17      | 24     | 16     | 7  | 11 | 16 | 1 Saatbett_A4           |
| 32 | 1490 | 3,4      | 31,5                       | 0,23            | 0,006  | 94       | 12       | 0       | 0      | 9       | 17      | 24     | 16     | 7  | 11 | 16 | 1 WG_A4                 |
| 33 | 1480 | 3,6      | 31,5                       | 0,23            | 0,005  | 80       | 12       | 0       | 0      | 9       | 17      | 24     | 16     | 7  | 11 | 16 | 1 WW_A4                 |
| 34 | 1320 | 3,6      | 30                         | 0,015           | 0,0009 | 0        | 0,9      | 0       | 0      | 10      | 17      | 23     | 18     | 11 | 13 | 8  | 1 Saatbett_A5           |
| 35 | 1490 | 3,6      | 31,5                       | 0,23            | 0,006  | 94       | 12       | 0       | 0      | 10      | 17      | 23     | 18     | 11 | 13 | 8  | 1 WG_A5                 |
| 36 | 1480 | 3,6      | 31,5                       | 0,23            | 0,005  | 80       | 12       | 0       | 0      | 10      | 17      | 23     | 18     | 11 | 13 | 8  | 1 WW_A5                 |
| 37 | 2600 | 1,5      | 100                        | 0,9             | 1      | 100      | 1        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Bebauung              |
| 38 | 1550 | 1,5      | 31,5                       | 0,24            | 0,002  | 90       | 1        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Camping               |
| 39 | 1350 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,005  | 50       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Friedhof              |
| 40 | 1350 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 0,005  | 40       | 10       | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Garten                |
| 41 | 1500 | 1,5      | 31,5                       | 0,9             | 1      | 50       | 1        | 0       | 0      | 11      | 17      | 22     | 18     | 9  | 11 | 11 | 1 Schuetzung            |

## Anhang 2

### Parametrisierung Fallbeispiel 3

| nutzung        | LD   | C<br>org | Anwg<br>[Vol%]<br>(mittel) | Skin | Rau<br>[s/m <sup>1/3</sup> ] | Ero     | Deck | ft | mt | gt | fu | mu | gu | fs | ms | gs |
|----------------|------|----------|----------------------------|------|------------------------------|---------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Gebaeude       | 2500 | 0        | 10                         | 100  | 0.9                          | 1       | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Bebauung       | 2500 | 0        | 10                         | 100  | 0.9                          | 1       | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Feldweg        | 1800 | 1.5      | 31                         | 0.3  | 0.05                         | 0.004   | 50   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gartenland     | 1400 | 3.8      | 31                         | 10   | 0.9                          | 0.05    | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gehoelzstr     | 1100 | 3.5      | 31                         | 16   | 0.16                         | 0.1     | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gehoelz        | 1100 | 3.5      | 31                         | 16   | 0.16                         | 0.1     | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Hecke          | 1100 | 3.5      | 31                         | 16   | 0.16                         | 0.1     | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Wiese          | 1360 | 3.8      | 31                         | 10   | 0.3                          | 0.05    | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gruenland      | 1360 | 3.8      | 31                         | 10   | 0.046                        | 0.05    | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gruenland_Ut3  | 1360 | 3.8      | 31                         | 10   | 0.046                        | 0.05    | 90   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gruenland_Lu   | 1360 | 3.8      | 35                         | 10   | 0.046                        | 0.05    | 90   | 0  | 23 | 0  | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Gruenland_Uls  | 1360 | 3.8      | 31.5                       | 10   | 0.046                        | 0.03    | 90   | 0  | 12 | 0  | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Gruenland_Sl4  | 1360 | 3.8      | 27.5                       | 10   | 0.046                        | 0.03    | 90   | 0  | 15 | 0  | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Gruenland_Sl2  | 1360 | 3.8      | 20                         | 10   | 0.046                        | 0.03    | 90   | 0  | 7  | 0  | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Gruenland_Lts  | 1360 | 3.8      | 34                         | 10   | 0.046                        | 0.05    | 90   | 0  | 35 | 0  | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Strasse        | 2500 | 0        | 10                         | 100  | 0.9                          | 1       | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Platz          | 2500 | 0        | 10                         | 100  | 0.9                          | 1       | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Streuobstw     | 1100 | 5        | 31                         | 16   | 0.9                          | 0.1     | 95   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Wald           | 1000 | 5        | 31                         | 20   | 0.9                          | 0.15    | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Gewaesser      | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Ouelle         | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Bach           | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Graben         | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Stillgewaesser | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Teich          | 1000 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| rand           | 1500 | 0        | 100                        | 100  | 1                            | 1       | 100  | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Bohne_Ut3      | 1360 | 1.5      | 30                         | 1.5  | 0.05                         | 0.0002  | 10   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Bohne_Lu       | 1400 | 1.5      | 34                         | 0.15 | 0.05                         | 0.0023  | 10   | 0  | 23 | 0  | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Brache_Ut3     | 1320 | 1.5      | 30                         | 1.8  | 0.025                        | 0.0004  | 0    | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Brache_Lts     | 1320 | 1.5      | 33                         | 1.2  | 0.025                        | 0.003   | 0    | 0  | 35 | 0  | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Brache_Lu      | 1320 | 1.5      | 34                         | 1.2  | 0.025                        | 0.003   | 0    | 0  | 23 | 0  | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Brache_Sl2     | 1370 | 1        | 18                         | 0.8  | 0.025                        | 0.005   | 0    | 0  | 7  | 0  | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Brache_Sl4     | 1370 | 1.2      | 26                         | 0.8  | 0.025                        | 0.005   | 0    | 0  | 15 | 0  | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Brache_Uls     | 1320 | 1.5      | 30                         | 1.8  | 0.025                        | 0.001   | 0    | 0  | 12 | 0  | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Brache_Sl3     | 1370 | 1        | 24                         | 0.8  | 0.025                        | 0.005   | 0    | 0  | 10 | 0  | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Erbse_Ut3      | 1360 | 1.5      | 30                         | 1.5  | 0.05                         | 0.00036 | 10   | 0  | 14 | 0  | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Erbse_Lu       | 1400 | 1.5      | 34                         | 0.15 | 0.05                         | 0.0038  | 10   | 0  | 23 | 0  | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |

## Anhang

|               |      |     |      |      |       |         |     |   |    |   |    |    |    |    |    |    |
|---------------|------|-----|------|------|-------|---------|-----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|
| Erbse_Sl4     | 1400 | 1.2 | 26   | 0.4  | 0.05  | 0.0018  | 10  | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Erbse_Uls     | 1400 | 1.5 | 30   | 1.5  | 0.05  | 0.001   | 10  | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Erbse_Sl2     | 1400 | 1   | 18   | 0.4  | 0.05  | 0.0018  | 10  | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Erbse_Ut4     | 1400 | 1.6 | 27.5 | 1.5  | 0.05  | 0.00036 | 10  | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| Erbse_Slu     | 1390 | 1.3 | 28.5 | 0.4  | 0.05  | 0.00079 | 10  | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| Haf_Ut3       | 1360 | 1.5 | 28.5 | 1.5  | 0.015 | 0.0004  | 28  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Haf_Ls3       | 1400 | 1.7 | 28.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0038  | 28  | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Kartoffel_Ut3 | 1320 | 1.5 | 28.5 | 2.5  | 0.012 | 0.0002  | 8   | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Kartoffel_Slu | 1300 | 1.3 | 28.5 | 0.5  | 0.012 | 0.0003  | 8   | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| Kartoffel_Sl3 | 1350 | 1   | 24   | 0.5  | 0.012 | 0.001   | 8   | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Mais_Ut3      | 1320 | 1.5 | 30   | 1.5  | 0.015 | 0.0002  | 5   | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Mais_Ls3      | 1300 | 1.7 | 32.5 | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 5   | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Mais_Lt3      | 1500 | 1.5 | 35   | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 5   | 0 | 40 | 0 | 13 | 14 | 13 | 7  | 6  | 7  |
| Mais_Ut4      | 1320 | 1.6 | 27.5 | 1.5  | 0.015 | 0.0002  | 5   | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| Mais_Ut2      | 1320 | 1.5 | 32   | 1.5  | 0.015 | 0.0002  | 5   | 0 | 10 | 0 | 6  | 21 | 50 | 6  | 4  | 3  |
| Mais_Sl2      | 1350 | 1   | 18   | 0.3  | 0.015 | 0.001   | 5   | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Mais_Sl4      | 1350 | 1.2 | 26   | 0.3  | 0.015 | 0.001   | 5   | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Mais_Ls4      | 1300 | 1.7 | 30.5 | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 5   | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| Mais_Lu       | 1320 | 1.5 | 34   | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 5   | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Mais_Lts      | 1320 | 1.5 | 33   | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 5   | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Mais_Uls      | 1320 | 1.5 | 30   | 1.5  | 0.015 | 0.0009  | 5   | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Mais_Sl3      | 1350 | 1   | 24   | 0.3  | 0.015 | 0.001   | 5   | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Mais_Slu      | 1300 | 1.3 | 28.5 | 0.3  | 0.015 | 0.0003  | 5   | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| Moehre_Ut3    | 1320 | 1.5 | 28.5 | 1.5  | 0.05  | 0.00036 | 10  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Raps_Ut3      | 1480 | 1.5 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.0008  | 100 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Raps_Ls3      | 1460 | 1.7 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.006   | 100 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Raps_Lt3      | 1500 | 1.5 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.006   | 100 | 0 | 40 | 0 | 13 | 14 | 13 | 7  | 6  | 7  |
| Raps_Sl2      | 1500 | 1   | 28.5 | 1    | 0.1   | 0.005   | 100 | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Raps_Ut4      | 1480 | 1.6 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.0008  | 100 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| Raps_Lu       | 1490 | 1.5 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.006   | 100 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Raps_Uls      | 1490 | 1.5 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.004   | 100 | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Raps_Sl4      | 1500 | 1.2 | 28.5 | 1    | 0.1   | 0.005   | 100 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Raps_Ls4      | 1480 | 1.7 | 28.5 | 3.7  | 0.1   | 0.006   | 100 | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| Raps_Slu      | 1480 | 1.3 | 28.5 | 1    | 0.1   | 0.004   | 100 | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| Raps_Sl3      | 1500 | 1   | 24   | 1    | 0.1   | 0.005   | 100 | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Ruebe_Ut3     | 1320 | 1.5 | 30   | 1.5  | 0.015 | 0.0002  | 9   | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Ruebe_Ls3     | 1300 | 1.7 | 32.5 | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 9   | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Ruebe_Lu      | 1320 | 1.5 | 34   | 0.15 | 0.015 | 0.0023  | 9   | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Ruebe_Slu     | 1300 | 1.3 | 28.5 | 0.3  | 0.015 | 0.0003  | 9   | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| SG_Ut3        | 1360 | 1.5 | 30   | 2.5  | 0.015 | 0.0004  | 33  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| SG_Ls3        | 1390 | 1.7 | 32.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0038  | 33  | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| SG_Ls4        | 1390 | 1.7 | 30.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0038  | 33  | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| SG_Lu         | 1360 | 1.5 | 34   | 2.5  | 0.015 | 0.0038  | 33  | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| SG_Sl2        | 1400 | 1   | 18   | 0.3  | 0.015 | 0.0018  | 33  | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| SG_Sl4        | 1400 | 1.2 | 26   | 0.3  | 0.015 | 0.0018  | 33  | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| SG_Uls        | 1360 | 1.5 | 30   | 2.5  | 0.015 | 0.001   | 33  | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |

## Anhang

|                  |      |     |      |      |       |        |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |
|------------------|------|-----|------|------|-------|--------|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|
| Soblu_Ut3        | 1320 | 1.5 | 30   | 1.5  | 0.015 | 0.0002 | 10 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Soblu_Lu         | 1320 | 1.5 | 34   | 0.15 | 0.015 | 0.0023 | 10 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Soblu_Sl3        | 1350 | 1   | 24   | 0.3  | 0.015 | 0.001  | 10 | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| SW_Ut3           | 1360 | 1.5 | 30   | 2.5  | 0.015 | 0.0004 | 33 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| SW_Ut4           | 1360 | 1.6 | 27.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0004 | 33 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| SW_Ls3           | 1390 | 1.7 | 32.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0038 | 33 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| SW_Ls4           | 1390 | 1.7 | 30.5 | 2.5  | 0.015 | 0.0038 | 33 | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| SW_Lu            | 1360 | 1.5 | 34   | 2.5  | 0.015 | 0.0038 | 33 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| SW_Sl4           | 1400 | 1.2 | 26   | 0.3  | 0.015 | 0.0018 | 33 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Tritic_Ut3       | 1460 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.0008 | 79 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Tritic_Ls3       | 1480 | 1.7 | 32.5 | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 79 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Tritic_Lu        | 1490 | 1.5 | 34   | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 79 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| WG_Ut3           | 1480 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.0008 | 74 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WG_Ls3           | 1480 | 1.7 | 32.5 | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 74 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| WG_Ut4           | 1480 | 1.6 | 27.5 | 3.7  | 0.023 | 0.0008 | 74 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| WG_Ls4           | 1480 | 1.7 | 30.5 | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 74 | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| WG_Lu            | 1490 | 1.5 | 34   | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 74 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| WG_Sl4           | 1500 | 1.2 | 26   | 1    | 0.023 | 0.005  | 74 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| WG_Sl2           | 1500 | 1   | 18   | 1    | 0.023 | 0.005  | 74 | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| WG_Uls           | 1490 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.004  | 74 | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| WG_Sl3           | 1500 | 1   | 24   | 1    | 0.023 | 0.005  | 74 | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| WG_Slu           | 1480 | 1.3 | 28.5 | 1    | 0.023 | 0.004  | 74 | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| WR_Ut3           | 1460 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.0008 | 79 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WR_Sl4           | 1500 | 1.2 | 26   | 3.7  | 0.023 | 0.005  | 79 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| WR_Lu            | 1490 | 1.5 | 34   | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 79 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| WW_Ut3           | 1460 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.0007 | 60 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WW_Ls3           | 1460 | 1.7 | 32.5 | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 60 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| WW_Ls4           | 1460 | 1.7 | 30.5 | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 60 | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| WW_Sl2           | 1500 | 1   | 18   | 1    | 0.023 | 0.004  | 60 | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| WW_Sl4           | 1500 | 1.2 | 26   | 1    | 0.023 | 0.004  | 60 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| WW_Ut2           | 1460 | 1.5 | 32   | 3.7  | 0.023 | 0.0007 | 60 | 0 | 10 | 0 | 6  | 21 | 50 | 6  | 4  | 3  |
| WW_Ut4           | 1460 | 1.6 | 27.5 | 3.7  | 0.023 | 0.0007 | 60 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| WW_Lu            | 1480 | 1.5 | 34   | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 60 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| WW_Uls           | 1480 | 1.5 | 30   | 3.7  | 0.023 | 0.003  | 60 | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| WW_Lts           | 1460 | 1.5 | 33   | 3.7  | 0.023 | 0.006  | 60 | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| WW_Slu           | 1460 | 1.3 | 28.5 | 1    | 0.023 | 0.003  | 60 | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| WW_Sl3           | 1500 | 1   | 24   | 1    | 0.023 | 0.004  | 60 | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Bohne_Ut3_ks     | 1420 | 1.5 | 31   | 8    | 0.05  | 0.005  | 40 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Bohne_Lts_ks     | 1400 | 1.5 | 34   | 8    | 0.05  | 0.006  | 40 | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Bohne_Lu_ks      | 1420 | 1.5 | 35   | 8    | 0.05  | 0.006  | 40 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Erbse_Ut3_ks     | 1420 | 1.5 | 31   | 8    | 0.05  | 0.005  | 40 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Kartoffel_Ut3_ks | 1400 | 1.5 | 31   | 8    | 0.032 | 0.0043 | 38 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Mais_Ut3_ks      | 1400 | 1.5 | 31   | 8    | 0.035 | 0.0043 | 35 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Mais_Ls3_ks      | 1370 | 1.7 | 33.5 | 8    | 0.035 | 0.005  | 35 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Mais_Lt3_ks      | 1370 | 1.5 | 36.5 | 8    | 0.035 | 0.005  | 35 | 0 | 40 | 0 | 13 | 14 | 13 | 7  | 6  | 7  |
| Mais_Ut4_ks      | 1400 | 1.6 | 30   | 8    | 0.035 | 0.0043 | 35 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |

## Anhang

|               |      |     |      |    |       |        |     |   |    |   |    |    |    |    |    |    |
|---------------|------|-----|------|----|-------|--------|-----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|
| Mais_Ut2_ks   | 1400 | 1.5 | 33.5 | 8  | 0.035 | 0.0043 | 35  | 0 | 10 | 0 | 6  | 21 | 50 | 6  | 4  | 3  |
| Mais_SI2_ks   | 1400 | 1   | 20   | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Mais_SI4_ks   | 1400 | 1.2 | 27.5 | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Mais_Ls4_ks   | 1370 | 1.7 | 31.5 | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| Mais_Lu_ks    | 1400 | 1.5 | 35   | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Mais_Lts_ks   | 1370 | 1.5 | 34   | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Mais_Uls_ks   | 1400 | 1.5 | 31.5 | 8  | 0.035 | 0.002  | 35  | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Mais_SI3_ks   | 1400 | 1   | 25.5 | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Mais_Slu_ks   | 1400 | 1.3 | 30   | 8  | 0.035 | 0.005  | 35  | 0 | 12 | 0 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 |
| Raps_Ut3_ks   | 1480 | 1.5 | 31   | 12 | 0.09  | 0.007  | 100 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Raps_Ls3_ks   | 1480 | 1.7 | 33.5 | 12 | 0.09  | 0.009  | 100 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Raps_Lt3_ks   | 1480 | 1.5 | 36.5 | 12 | 0.09  | 0.009  | 100 | 0 | 40 | 0 | 13 | 14 | 13 | 7  | 6  | 7  |
| Raps_SI2_ks   | 1500 | 1   | 20   | 10 | 0.09  | 0.008  | 100 | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| Raps_Ut4_ks   | 1480 | 1.6 | 30   | 12 | 0.09  | 0.007  | 100 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| Raps_Lu_ks    | 1490 | 1.5 | 35   | 12 | 0.09  | 0.009  | 100 | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Ruebe_Ut3_ks  | 1400 | 1.5 | 31   | 8  | 0.032 | 0.0043 | 39  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Ruebe_Ls3_ks  | 1370 | 1.7 | 33.5 | 8  | 0.032 | 0.005  | 39  | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Ruebe_Lu_ks   | 1400 | 1.5 | 35   | 8  | 0.032 | 0.005  | 39  | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Ruebe_Lts_ks  | 1470 | 1.5 | 34   | 8  | 0.032 | 0.005  | 39  | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| Ruebe_Uls_ks  | 1400 | 1.5 | 31.5 | 8  | 0.032 | 0.002  | 39  | 0 | 12 | 0 | 5  | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| SG_Ut3_ks     | 1460 | 1.5 | 31   | 9  | 0.043 | 0.005  | 63  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| SG_Ls3_ks     | 1480 | 1.7 | 33.5 | 9  | 0.043 | 0.006  | 63  | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Sobl_Ut3_ks   | 1420 | 1.5 | 31   | 8  | 0.035 | 0.0043 | 40  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Sobl_SI3_ks   | 1430 | 1   | 25.5 | 8  | 0.035 | 0.005  | 40  | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| SW_Ut3_ks     | 1450 | 1.5 | 31   | 9  | 0.043 | 0.005  | 63  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Tritic_Ut3_ks | 1480 | 1.5 | 31   | 12 | 0.1   | 0.007  | 100 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WG_Ut3_ks     | 1480 | 1.5 | 31   | 12 | 0.1   | 0.007  | 100 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WG_Ls3_ks     | 1480 | 1.7 | 33.5 | 12 | 0.1   | 0.009  | 100 | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| WG_Ut4_ks     | 1480 | 1.6 | 30   | 12 | 0.1   | 0.007  | 100 | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| WR_Ut3_ks     | 1470 | 1.5 | 31   | 12 | 0.1   | 0.008  | 100 | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WR_SI4_ks     | 1480 | 1.2 | 27.5 | 10 | 0.1   | 0.008  | 100 | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| WW_Ut3_ks     | 1460 | 1.5 | 31   | 12 | 0.06  | 0.007  | 90  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| WW_Ls3_ks     | 1480 | 1.7 | 33.5 | 12 | 0.06  | 0.009  | 90  | 0 | 21 | 0 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 15 |
| WW_Ls4_ks     | 1480 | 1.7 | 31.5 | 12 | 0.06  | 0.009  | 90  | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| WW_SI2_ks     | 1500 | 1   | 20   | 10 | 0.06  | 0.008  | 90  | 0 | 7  | 0 | 6  | 5  | 6  | 25 | 26 | 25 |
| WW_SI4_ks     | 1500 | 1.2 | 27.5 | 10 | 0.06  | 0.008  | 90  | 0 | 15 | 0 | 8  | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| WW_Ut2_ks     | 1460 | 1.5 | 33.5 | 12 | 0.06  | 0.007  | 90  | 0 | 10 | 0 | 6  | 21 | 50 | 6  | 4  | 3  |
| WW_Ut4_ks     | 1460 | 1.6 | 30   | 12 | 0.06  | 0.007  | 90  | 0 | 20 | 0 | 6  | 19 | 47 | 4  | 2  | 2  |
| WW_Lu_ks      | 1480 | 1.5 | 35   | 12 | 0.06  | 0.009  | 90  | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| WW_Lts_ks     | 1480 | 1.5 | 34   | 12 | 0.06  | 0.009  | 90  | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |
| WW_SI3_ks     | 1500 | 1   | 25.5 | 10 | 0.06  | 0.008  | 90  | 0 | 10 | 0 | 8  | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Ackerrand     | 1200 | 1.5 | 31   | 10 | 0.3   | 0.04   | 90  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Ackerrand_Ut3 | 1200 | 1.5 | 31   | 10 | 0.3   | 0.04   | 90  | 0 | 14 | 0 | 6  | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Ackerrand_Lu  | 1200 | 1.5 | 35   | 10 | 0.3   | 0.05   | 90  | 0 | 23 | 0 | 5  | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Ackerrand_Ls4 | 1200 | 1.7 | 31.5 | 10 | 0.3   | 0.05   | 90  | 0 | 21 | 0 | 8  | 7  | 8  | 19 | 18 | 19 |
| Ackerrand_Lts | 1200 | 1.5 | 34   | 10 | 0.3   | 0.05   | 90  | 0 | 35 | 0 | 8  | 7  | 8  | 14 | 14 | 14 |

## Anhang

---

|              |      |     |      |     |      |       |     |   |    |   |   |    |    |    |    |    |
|--------------|------|-----|------|-----|------|-------|-----|---|----|---|---|----|----|----|----|----|
| WG_SI4_ks    | 1500 | 1.2 | 27.5 | 10  | 0.06 | 0.008 | 90  | 0 | 15 | 0 | 8 | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Uferrand     | 1000 | 0   | 100  | 100 | 1    | 1     | 0   | 0 | 14 | 0 | 6 | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Kiesgrube    | 1100 | 0   | 10   | 10  | 0.9  | 1     | 10  | 0 | 14 | 0 | 6 | 20 | 49 | 5  | 4  | 2  |
| Raps_SI4_ks  | 1500 | 1.2 | 27.5 | 10  | 0.09 | 0.008 | 100 | 0 | 15 | 0 | 8 | 9  | 8  | 20 | 20 | 20 |
| Raps_SI3_ks  | 1500 | 1   | 25.5 | 10  | 0.09 | 0.008 | 100 | 0 | 10 | 0 | 8 | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| Raps_Uls_ks  | 1490 | 1.5 | 31.5 | 12  | 0.09 | 0.006 | 100 | 0 | 23 | 0 | 5 | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |
| Erbse_Uls_ks | 1400 | 1.5 | 31.5 | 1.5 | 0.05 | 0.003 | 40  | 0 | 12 | 0 | 5 | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Erbse_SI3_ks | 1400 | 1   | 25.5 | 0.4 | 0.05 | 0.06  | 40  | 0 | 10 | 0 | 8 | 9  | 8  | 22 | 21 | 22 |
| WW_Uls_ks    | 1480 | 1.5 | 31.5 | 12  | 0.06 | 0.005 | 90  | 0 | 12 | 0 | 5 | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| WG_Uls_ks    | 1490 | 1.5 | 31.5 | 12  | 0.1  | 0.006 | 100 | 0 | 12 | 0 | 5 | 15 | 38 | 15 | 9  | 6  |
| Erbse_Lu_ks  | 1400 | 1.5 | 35   | 8   | 0.05 | 0.006 | 40  | 0 | 23 | 0 | 5 | 15 | 38 | 9  | 6  | 4  |

## **Anhang 3**

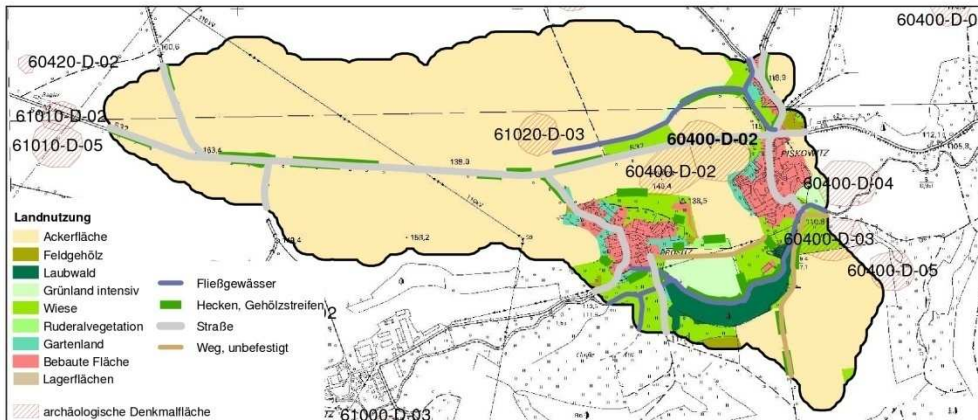
### **Kartographische Darstellung der Modellergebnisse Fall- beispiel 1**



DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

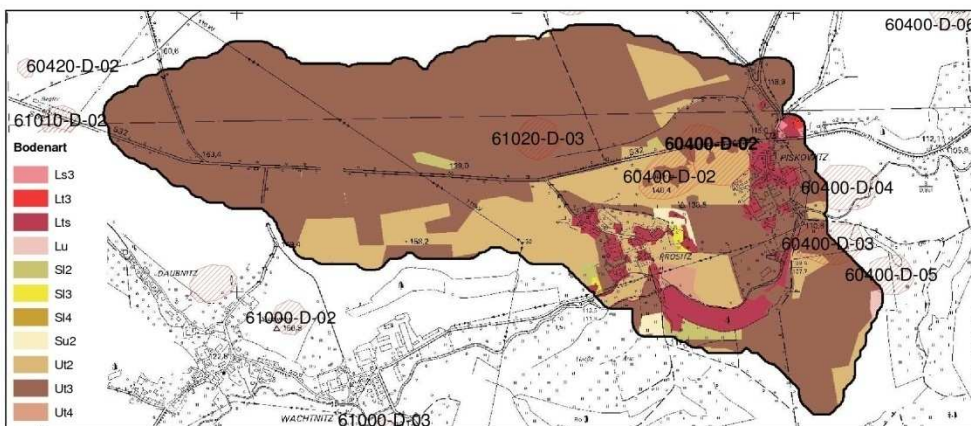
Hotspot Piskowitz

Erosionsmodellierung Blatt 1

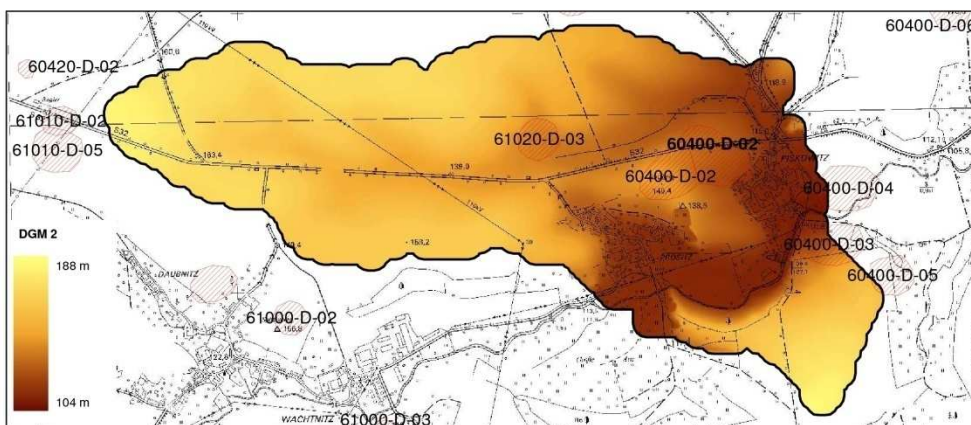


Landnutzung mit  
Denkmalflächen

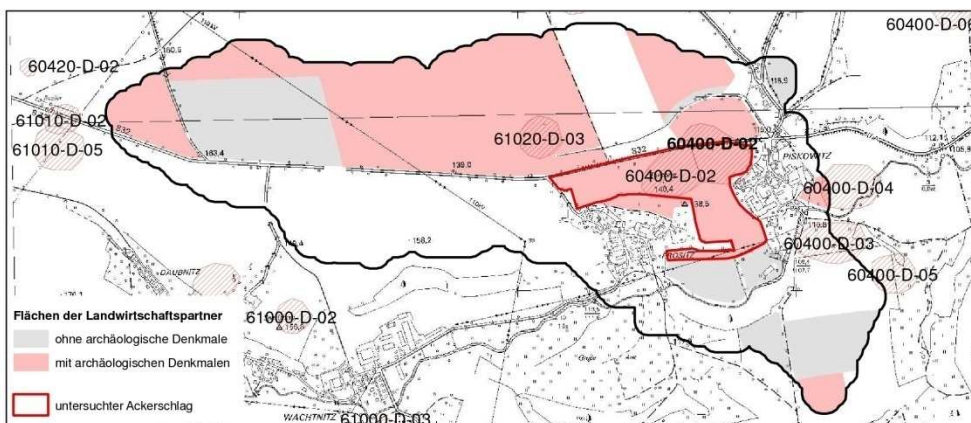
Abbildungsmaßstab  
aller Karten 1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



Bodenarten  
(Grundlage:  
Reichsbodenschätzung,  
Feldproben)



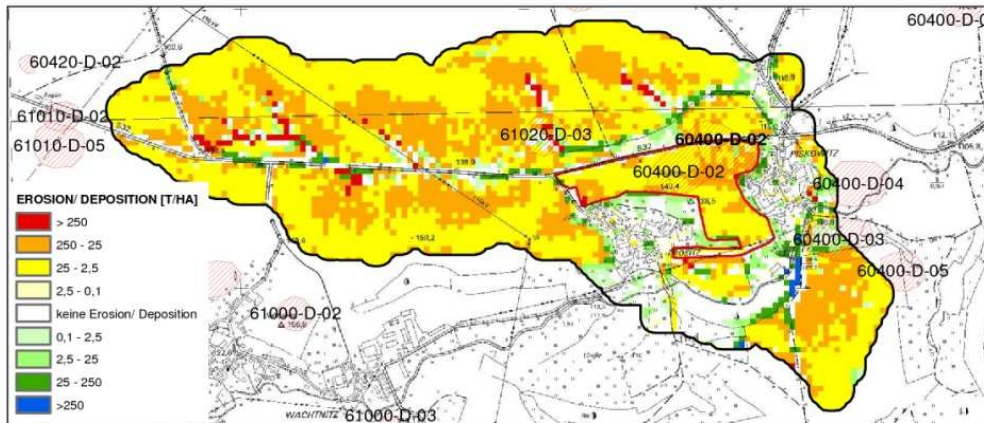
Digitales Geländemodell  
(Auflösung 2m)



Flächen der  
landwirtschaftlichen  
Partnerbetriebe

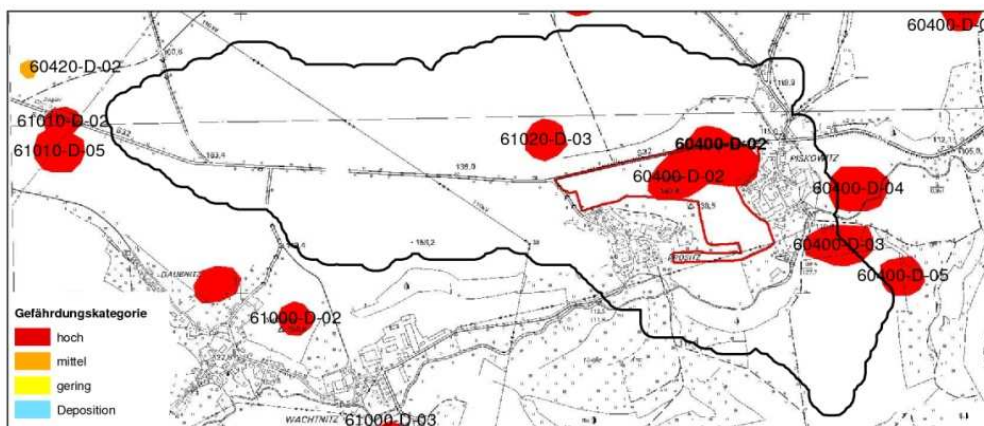
DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

Hotspot Piskowitz  
Erosionsmodellierung Blatt 2

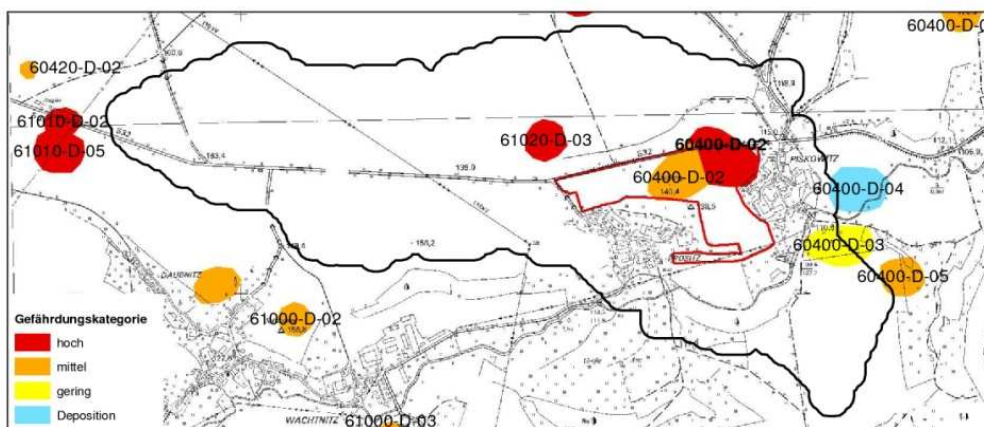


Potentielle Erosionsgefährdung - Ackerschläge unbedeckt, Saatbett mit 10jährigem Niederschlag (Datenbasis: Übersichtsmodellierung, 20m-Raster)

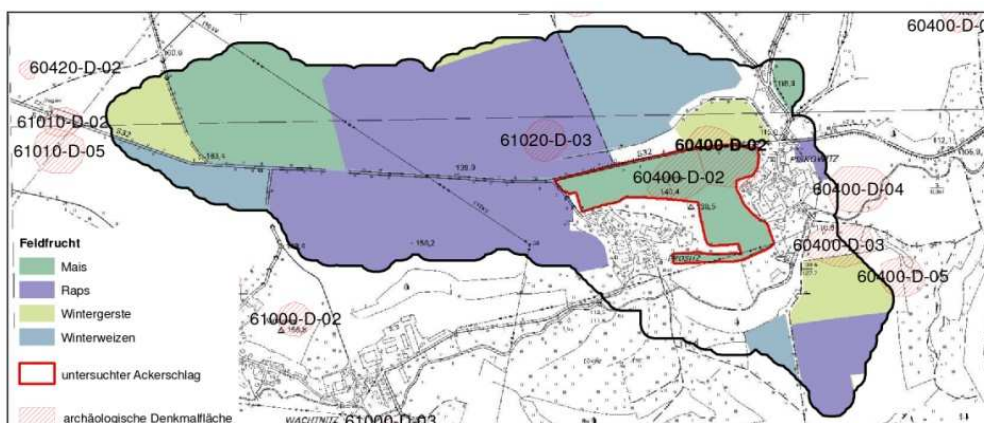
Maßstab aller Abbildungen  
1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



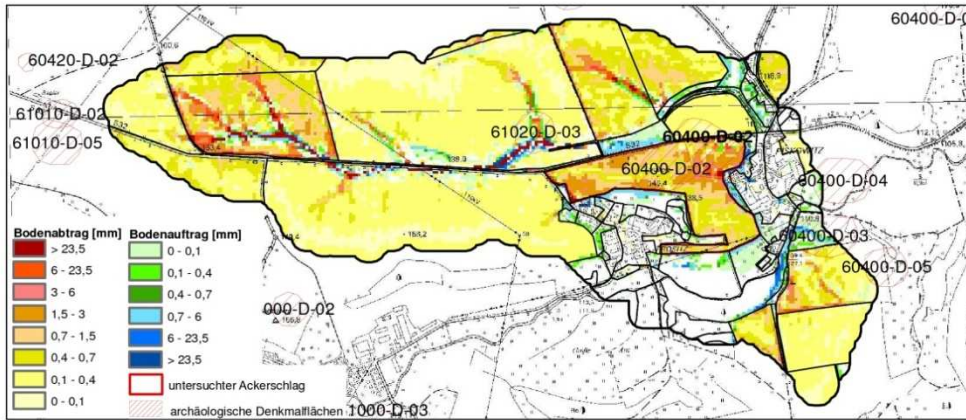
Gefährungsklassifizierung nach Maximalwerten der Denkmalfächen



Gefährungsklassifizierung nach Mittelwerten der Denkmalfächen

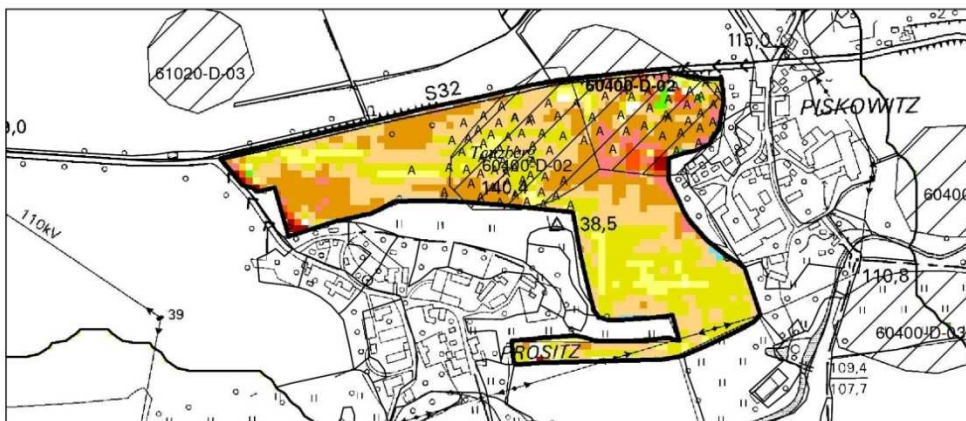


Regionaltypische Fruchtverteilung



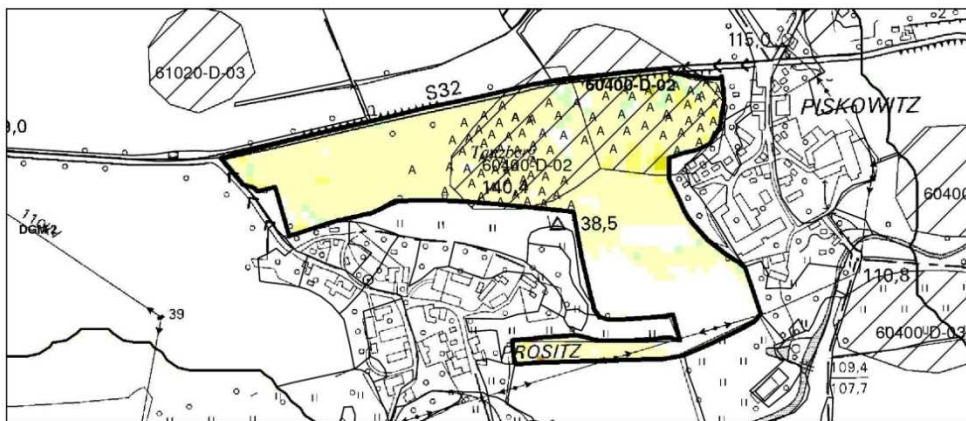
Feldfruchtverteilung mit Denkmallflächen

Abbildungsmaßstab  
1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



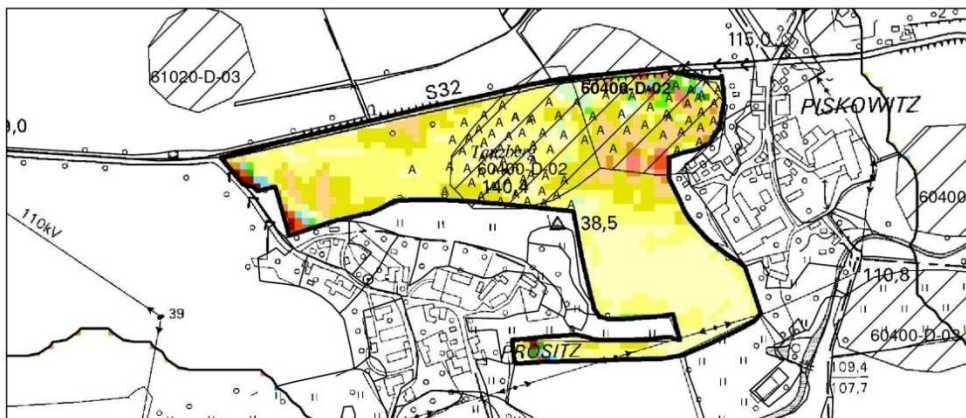
**Szenario 1**  
Reale Bewirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 2**  
Konservierende Be-  
wirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1  
mit Referenzjahr**

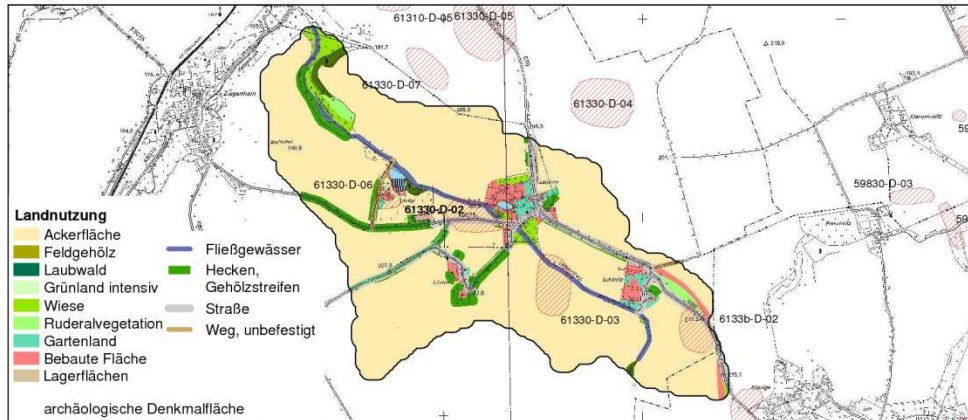
Maisanbau  
29 Niederschläge  
im Zeitraum  
Mai - September

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)

DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

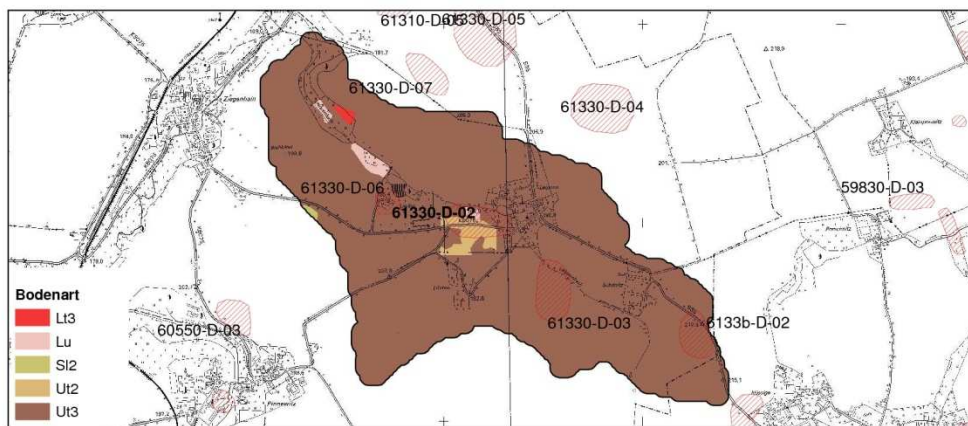
Hotspot Leippen

Erosionsmodellierung Blatt 1

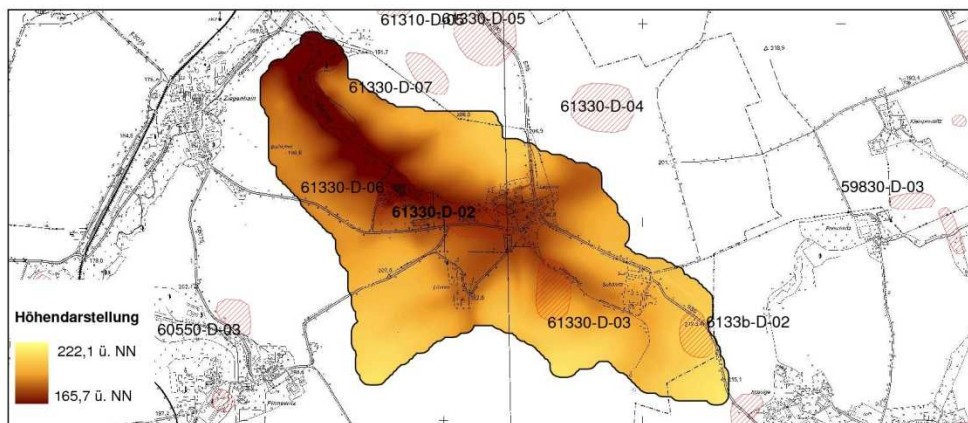


Landnutzung mit Denkmalflächen

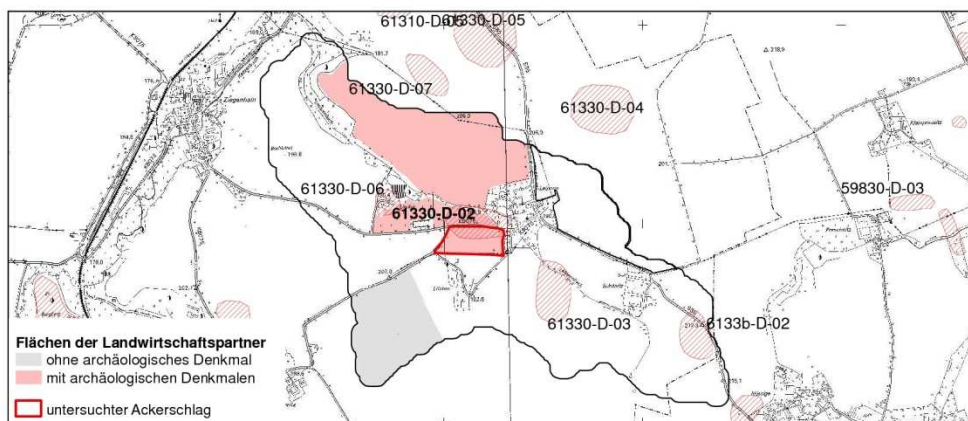
Abbildungsmaßstab aller Karten 1 : 35.000 (Grundlage TK25)



Bodenarten (Grundlage: Reichsbodenschätzung, Feldproben)



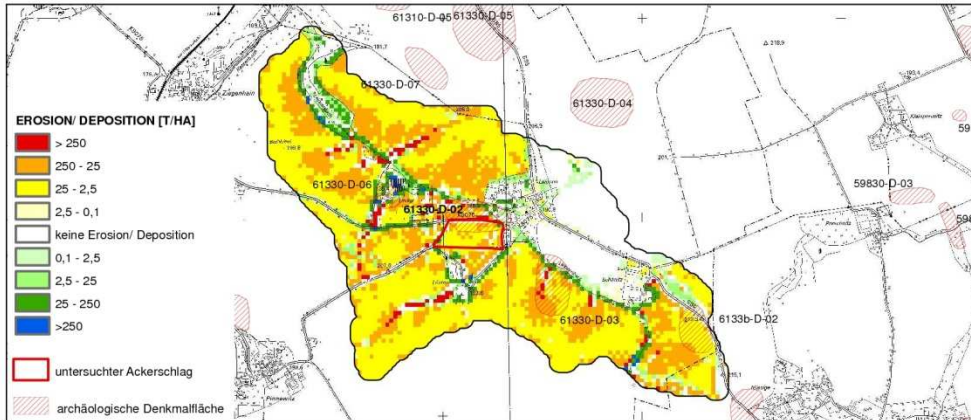
Digitales Geländemodell (Auflösung 2m)



Flächen der landwirtschaftlichen Partnerbetriebe

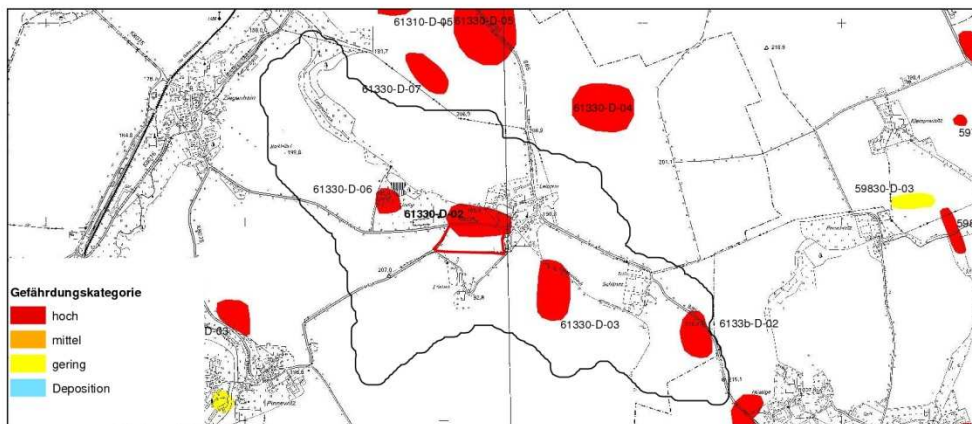
DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

Hotspot Leippen  
Erosionsmodellierung Blatt 2

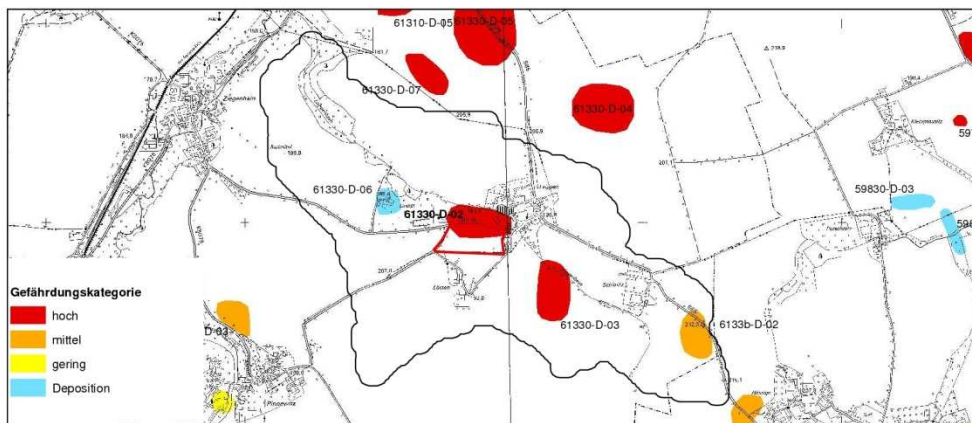


Potentielle Erosionsgefährdung - Ackerschläge unbedeckt, Saatbett mit 10jährigem Niederschlag (Datenbasis: Übersichtsmodellierung, 20m-Raster)

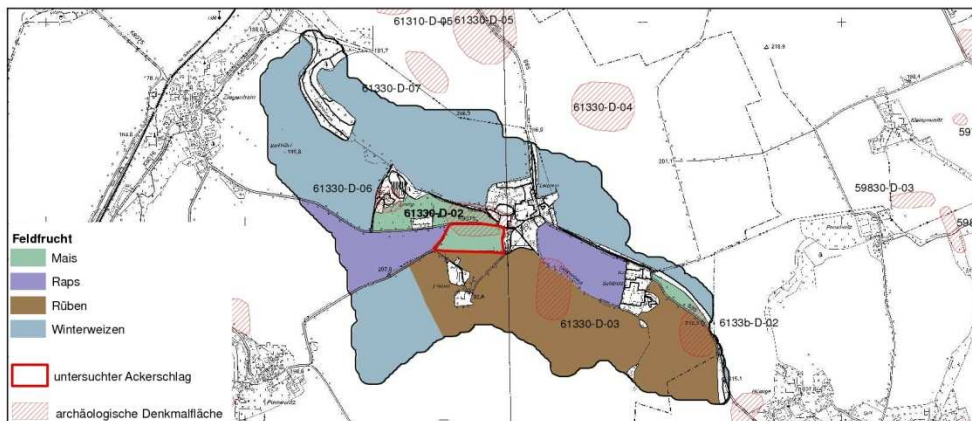
Maßstab aller Abbildungen 1 : 35.000 (Grundlage TK25)



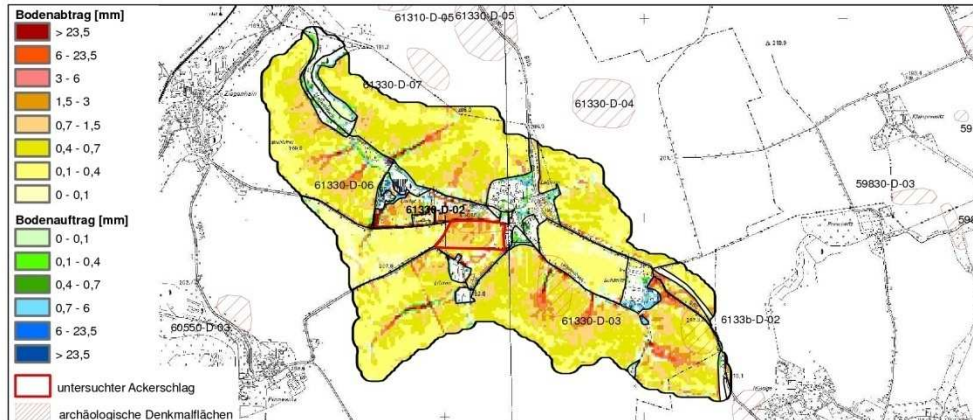
Gefährdungsklassifizierung nach Maximalwerten der Denkmalfächen



Gefährdungsklassifizierung nach Mittelwerten der Denkmalfächen



Regionaltypische Fruchtverteilung



**Szenario 1**

Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 35.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

Reale Bewirtschaftung Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

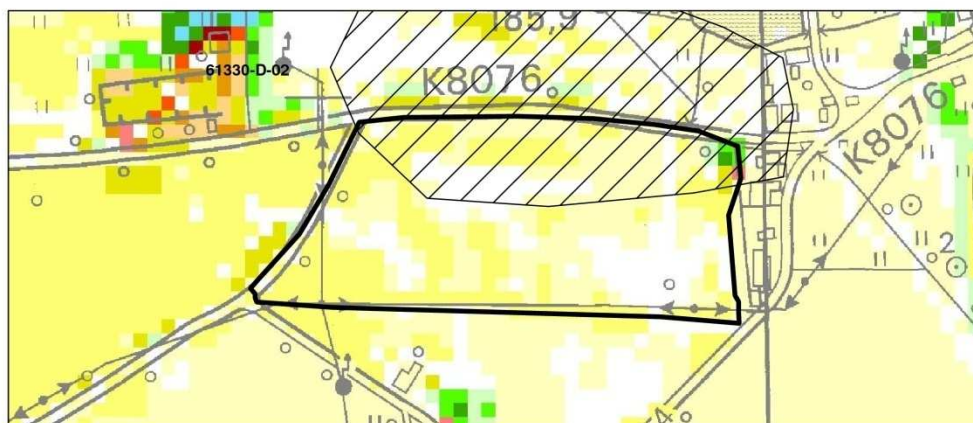
Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 2**

Konservierende Bewirtschaftung Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

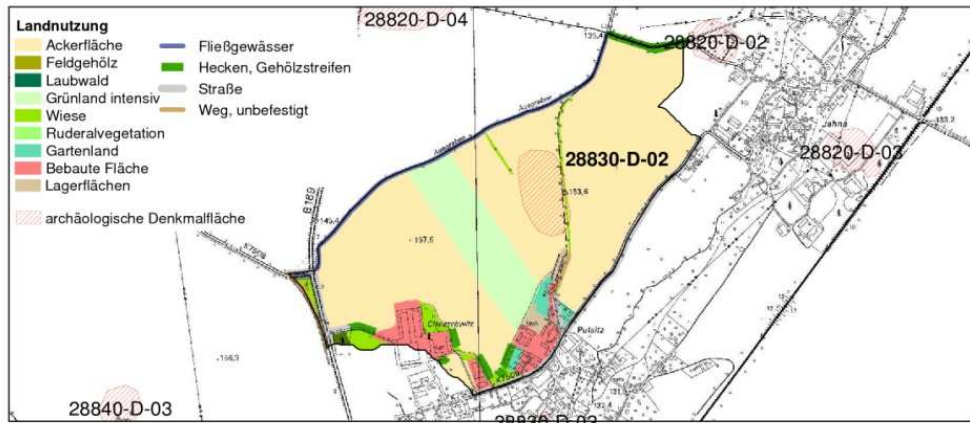
Maisanbau Referenzjahr mit 29 Niederschlägem Zeitraum: Mai - Sept.

Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)

**DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler**

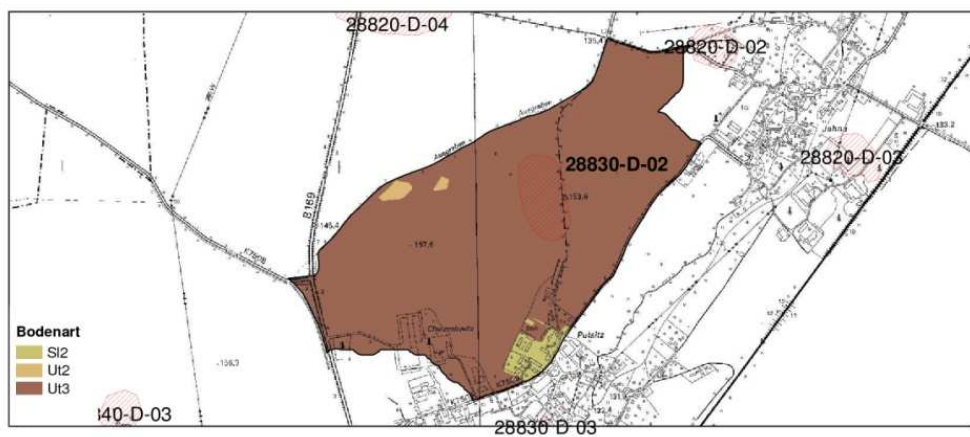
**Hotspot Pulsitz**

Erosionsmodellierung Blatt 1

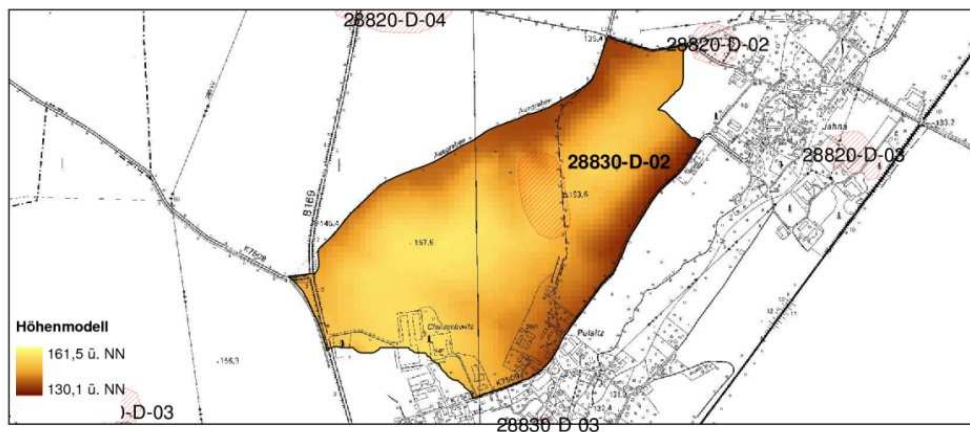


**Landnutzung mit Denkmalflächen**

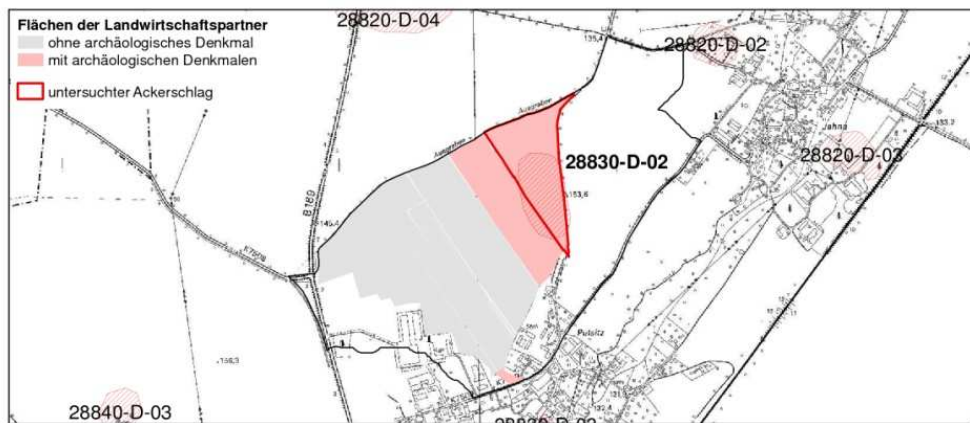
Abbildungsmaßstab aller Karten 1 : 25.000 (Grundlage TK25)



**Bodenarten**  
(Grundlage: Reichsbodenschätzung, Feldproben)



**Digitales Geländemodell**  
(Auflösung 20m)

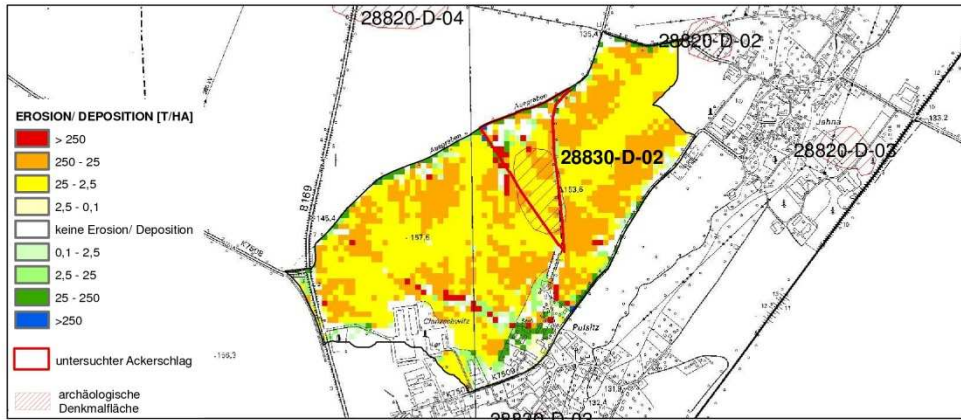


**Flächen der landwirtschaftlichen Partnerbetriebe**

DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

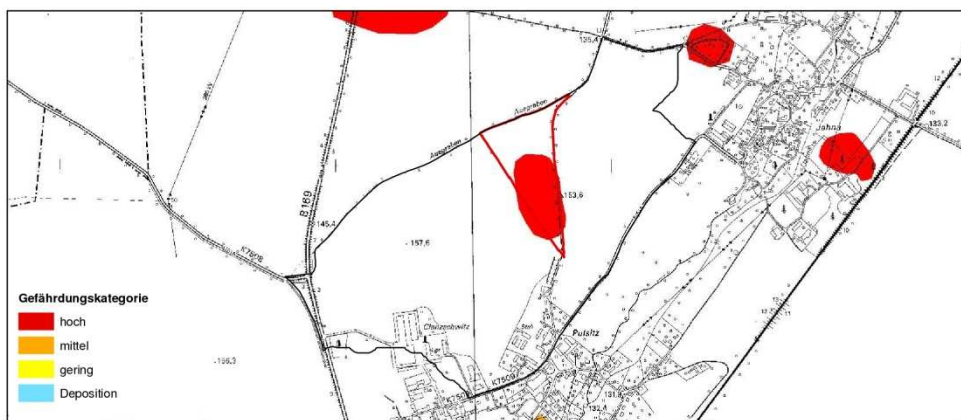
Hotspot Pulsitz

Erosionsmodellierung Blatt 2

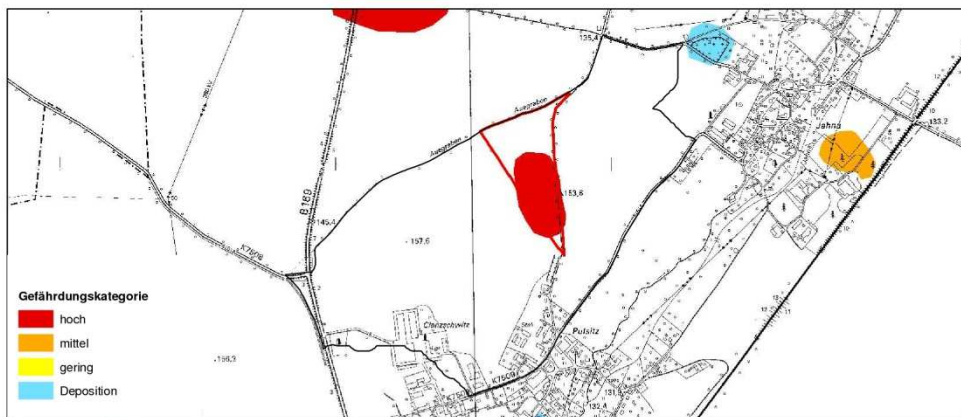


Potentielle Erosionsgefährdung - Ackerschläge unbedeckt, Saatbett mit 10jährigem Niederschlag (Datenbasis: Übersichtsmodellierung, 20m-Raster)

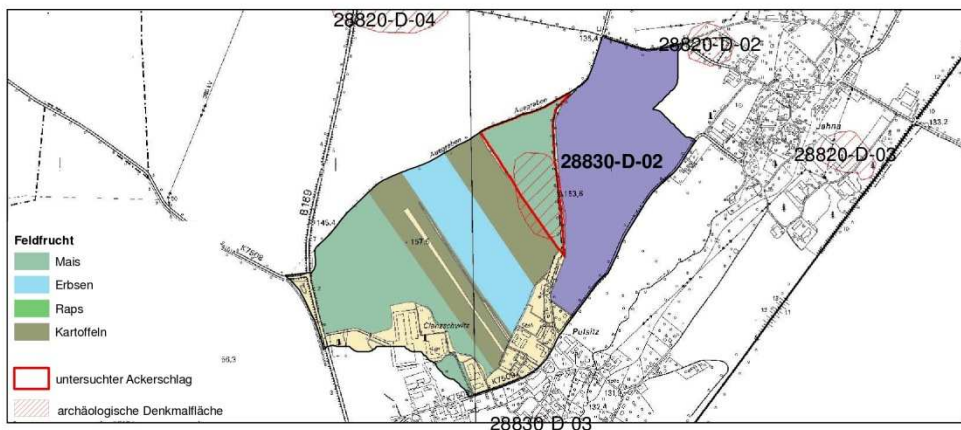
Abbildungsmaßstab aller Karten  
1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



Gefährdungsklassifizierung nach Maximalwerten der Denkmalflächen



Gefährdungsklassifizierung nach Mittelwerten der Denkmalflächen



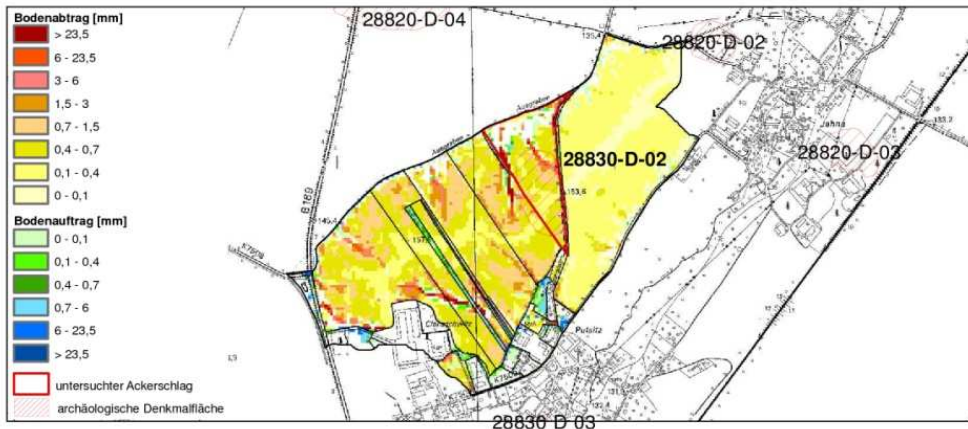
Regionaltypische Fruchtverteilung



**DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler**

**Hotspot Pulsitz**

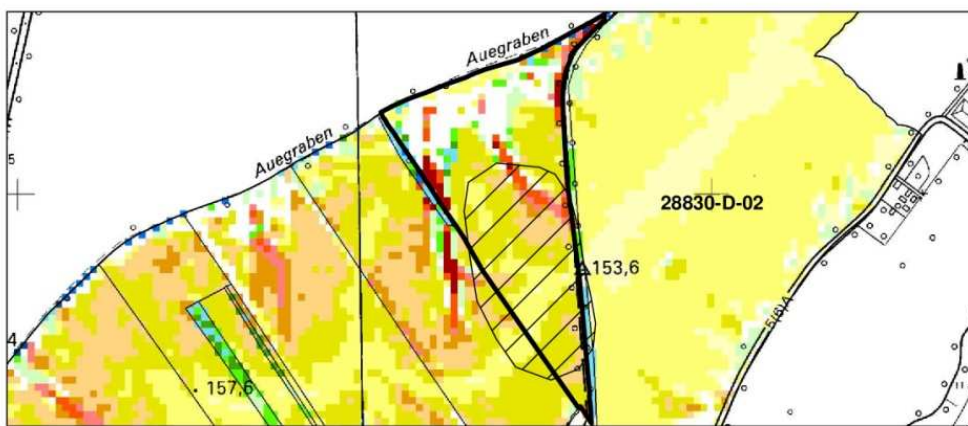
Erosionsmodellierung Blatt 3



**Szenario 1**

Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfläche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

Konventionelle Bewirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 2**

Konservierende Bewirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



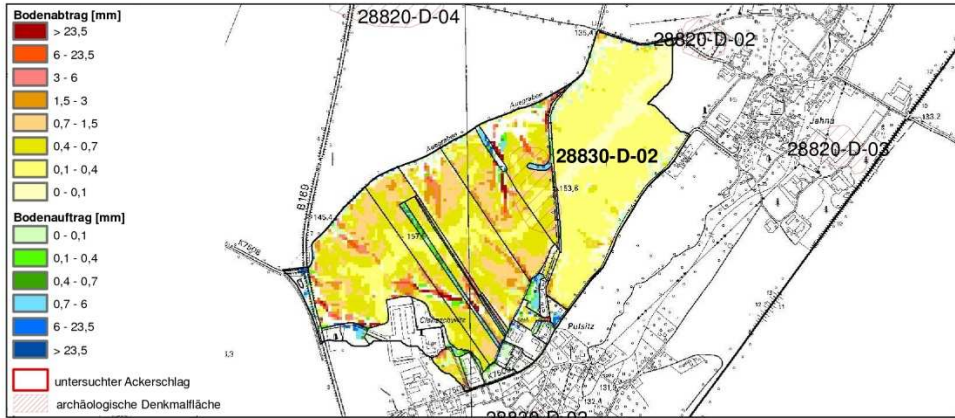
**Szenario 1**

Konventionelle Bewirtschaftung  
Maisanbau  
Referenzjahr mit 29 Niederschlägen  
Zeitraum: Mai - Sept.

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)

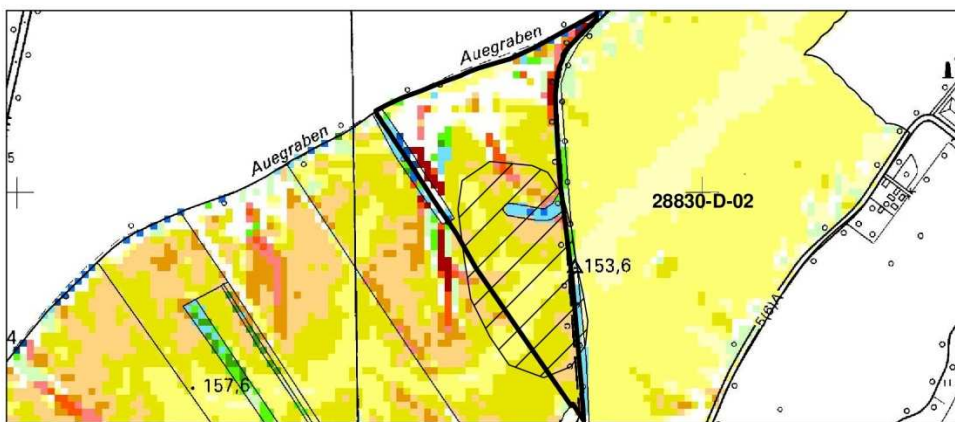
DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

Hotspot Pulsitz  
Erosionsmodellierung Blatt 4



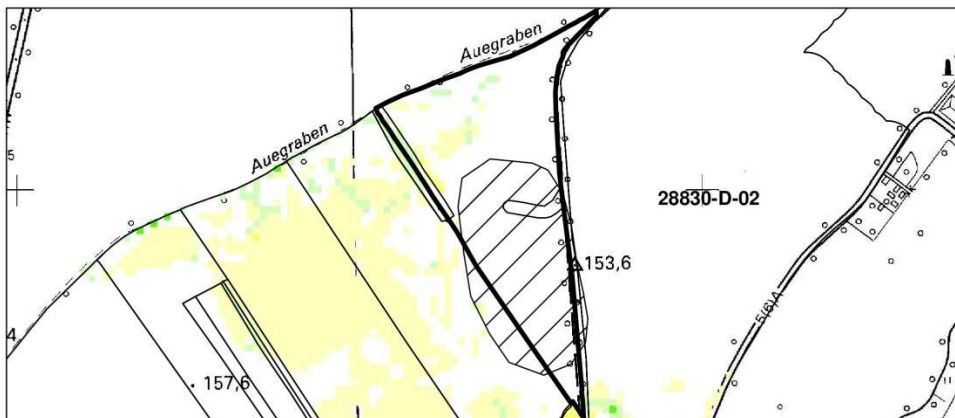
**Szenario 1**  
Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 25.000  
(Grundlage TK25)



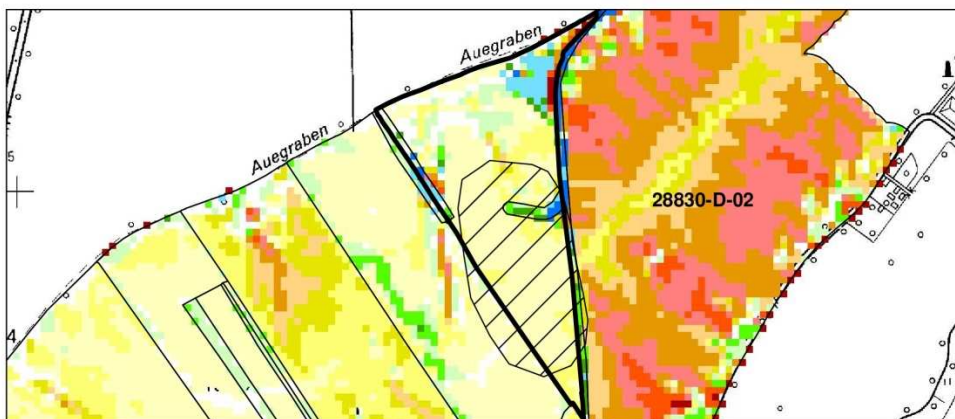
**Szenario 3**  
Reale Bewirtschaftung mit Schutzmaßnahmen  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3**  
Konservierende Bewirtschaftung mit Schutzmaßnahmen  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)

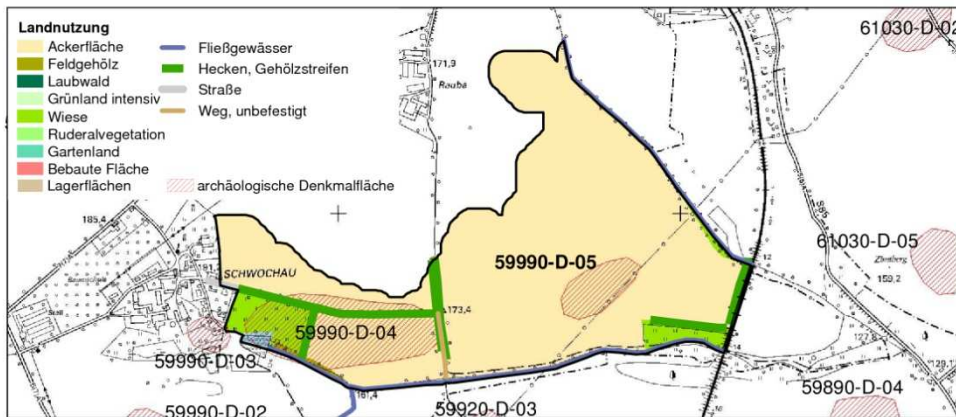


**Szenario 3**  
Reale Bewirtschaftung mit Schutzmaßnahmen  
Referenzjahr mit Maisanbau  
29 Niederschläge im Zeitraum  
Mai - September

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)

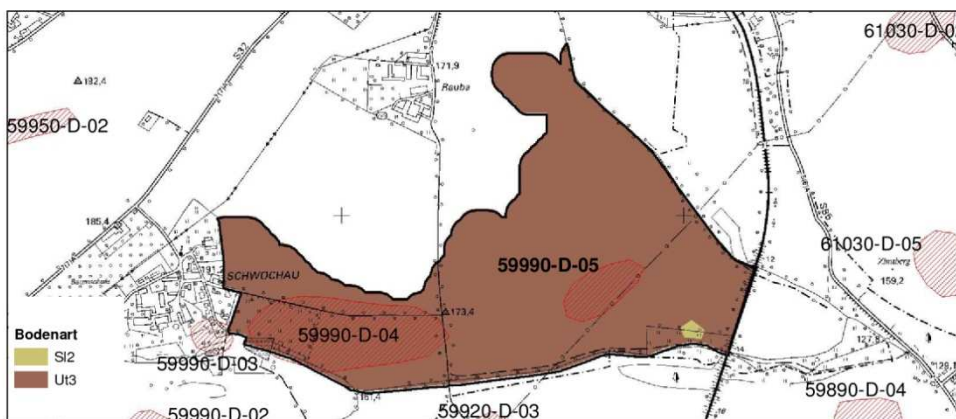
DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

Hotspot Schwochau

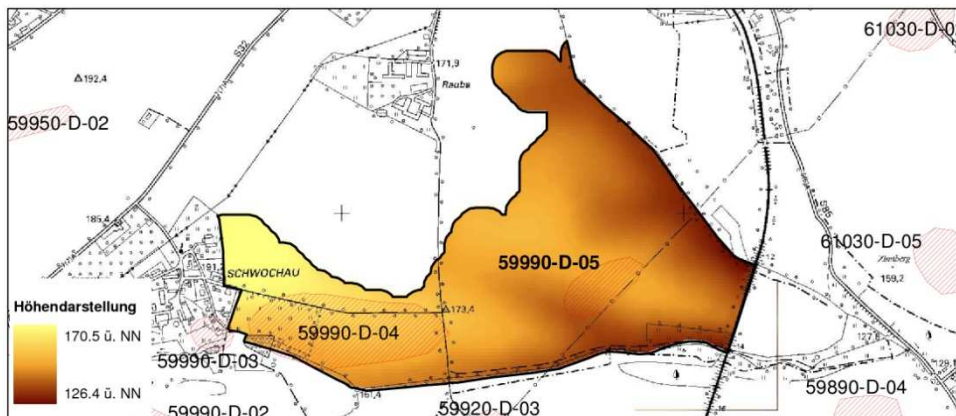


Landnutzung mit  
Denkmalflächen

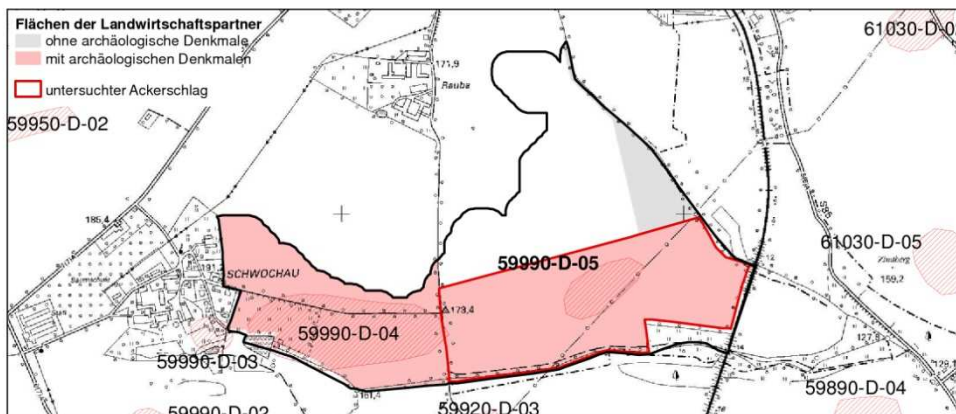
Abbildungsmaßstab  
aller Karten 1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



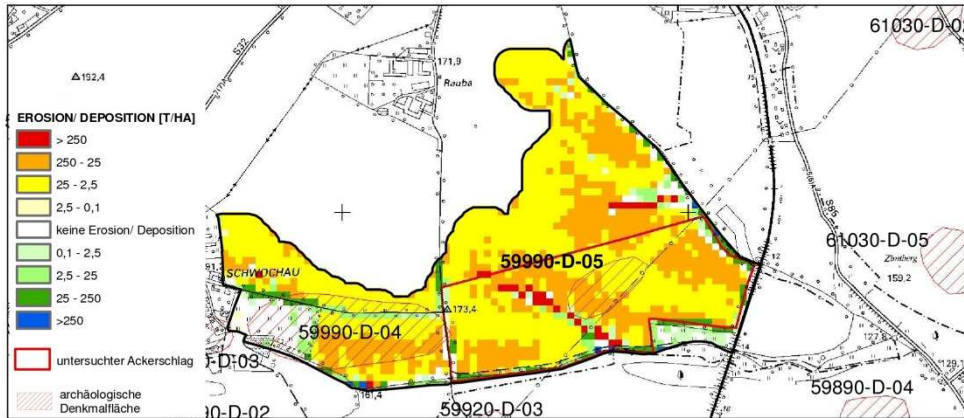
Bodenarten  
(Grundlage:  
Reichsbodenschätzung,  
Feldproben)



Digitales Geländemodell  
(Auflösung 10m)

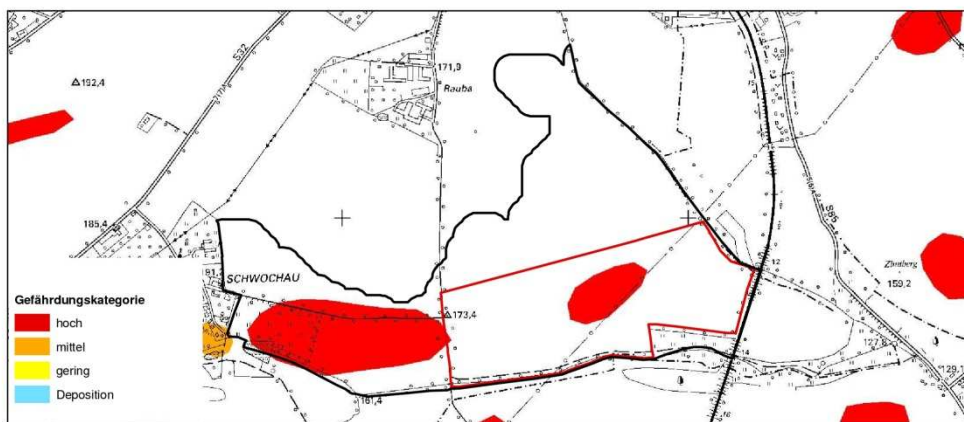


Flächen der  
landwirtschaftlichen  
Partnerbetriebe

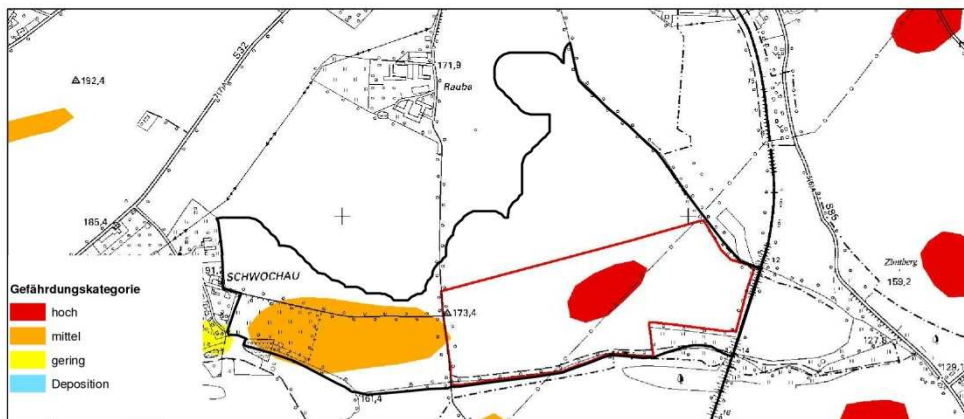


Potentielle Erosionsgefährdung - Ackerschläge unbedeckt, Saatbett mit 10jährigem Niederschlag (Datenbasis: Übersichtsmodellierung, 20m-Raster)

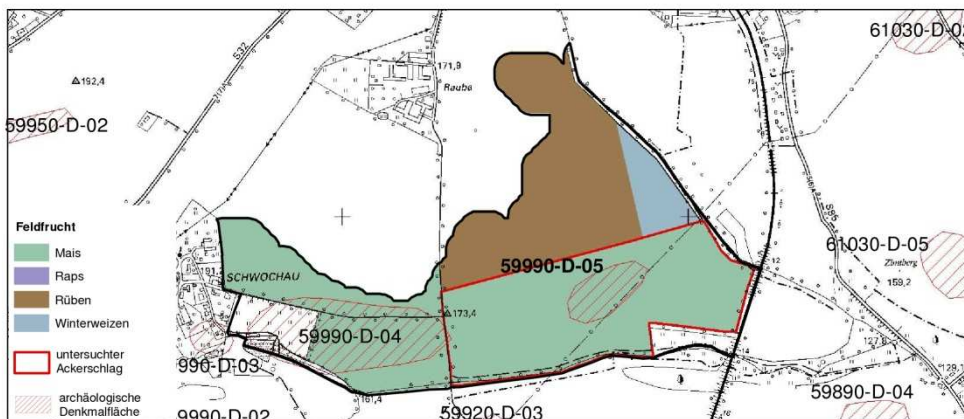
Maßstab der Abbildungen  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



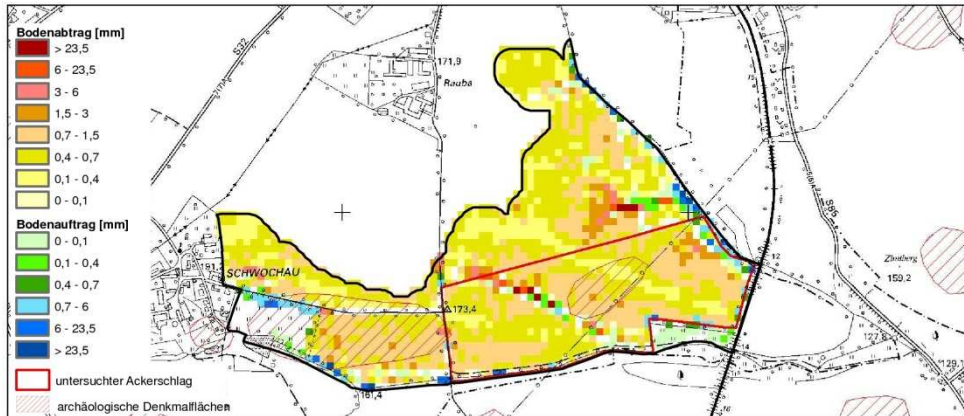
Gefährdungsklassifizierung nach Maximalwerten der Denkmalfächen



Gefährdungsklassifizierung nach Mittelwerten der Denkmalfächen



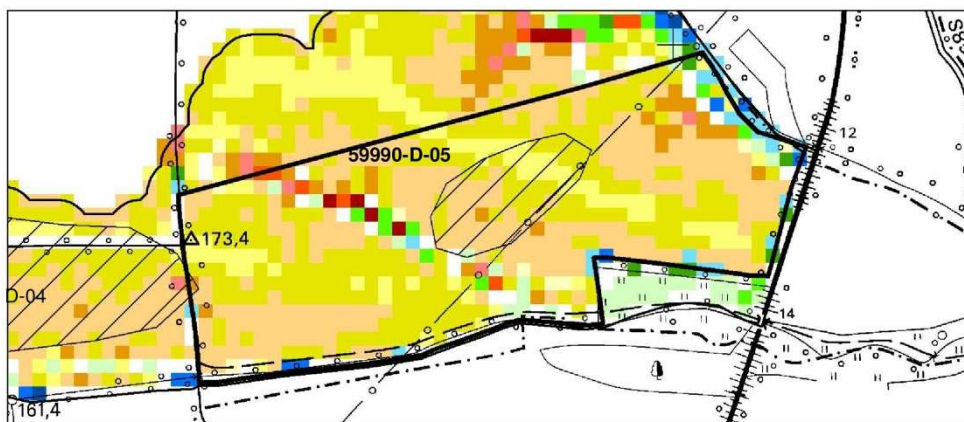
Regionaltypische Fruchtverteilung



**Szenario 1**

Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

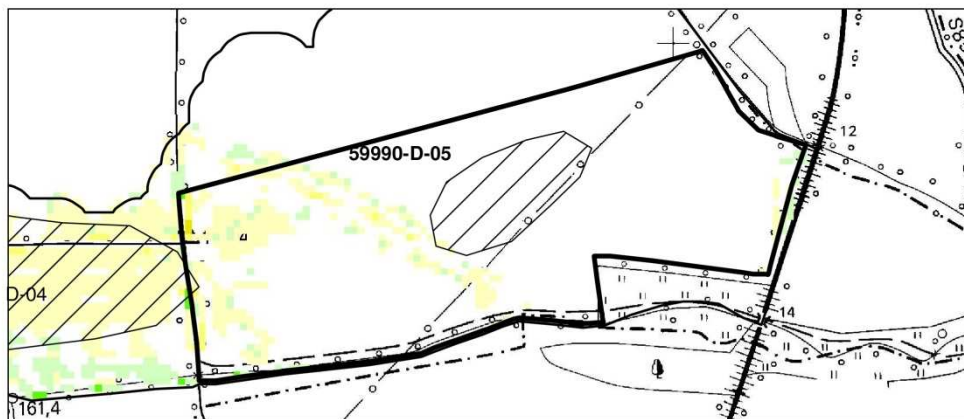
Abbildungsmaßstab  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

Reale Bewirtschaftung Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

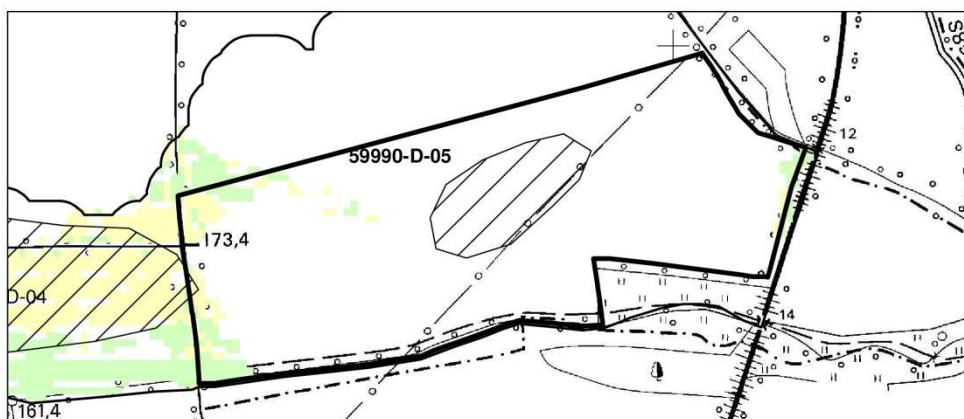
Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 2**

Konservierende Bewirtschaftung Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

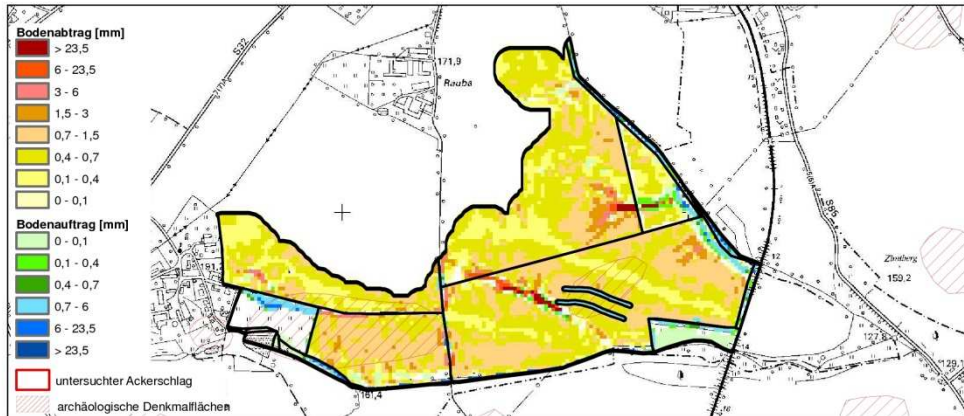
Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

Maisanbau  
Referenzjahr mit 29 Niederschlägen  
Zeitraum: Mai - Sept.

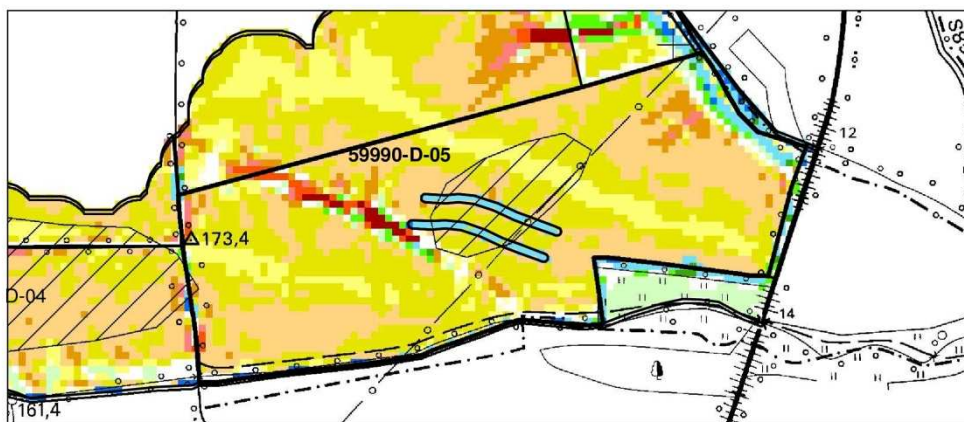
Abbildungsmaßstab  
1 : 5.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3**

Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

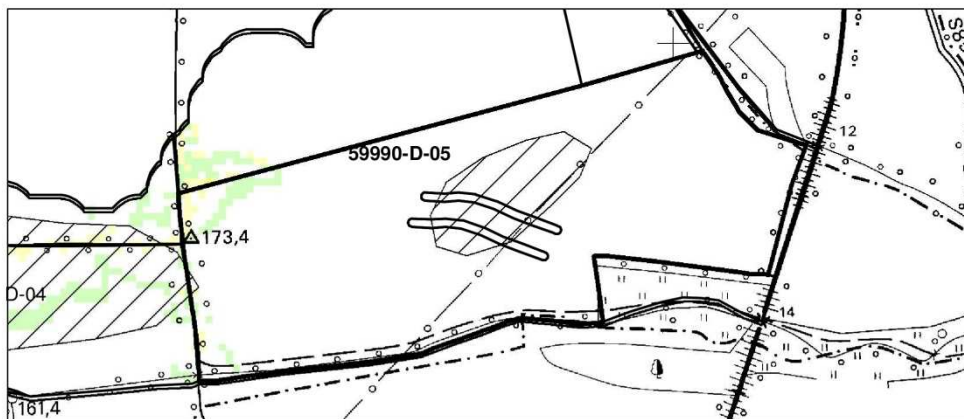
Abbildungsmaßstab  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3**

Reale Bewirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)



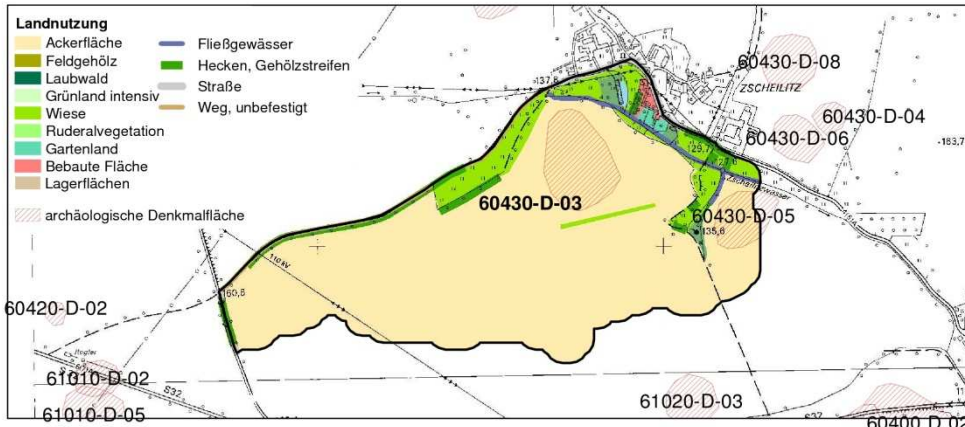
**Szenario 3**

Konservierende  
Bewirtschaftung  
Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 10.000  
(Grundlage TK25)

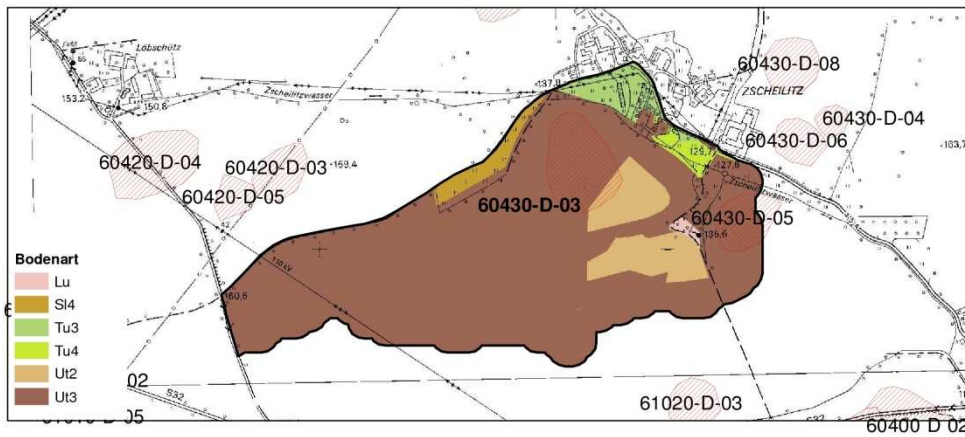
DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler

Hotspot Zscheilitz  
Erosionsmodellierung Blatt 1

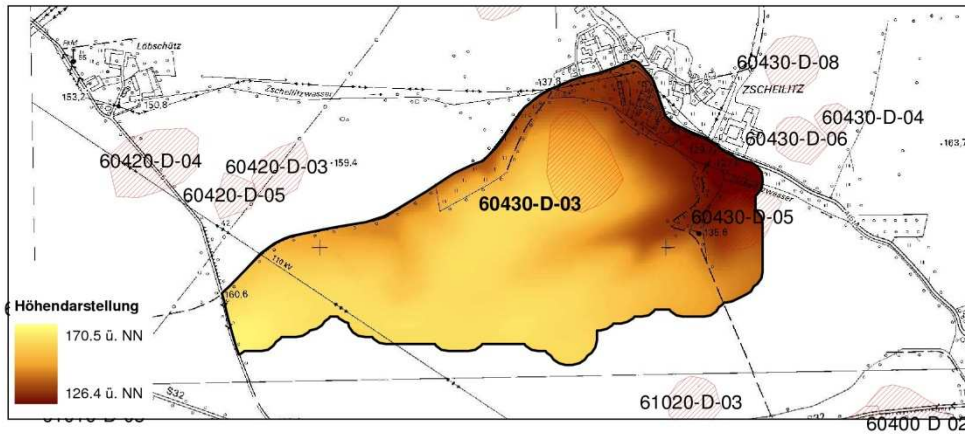


Landnutzung mit  
Denkmalflächen

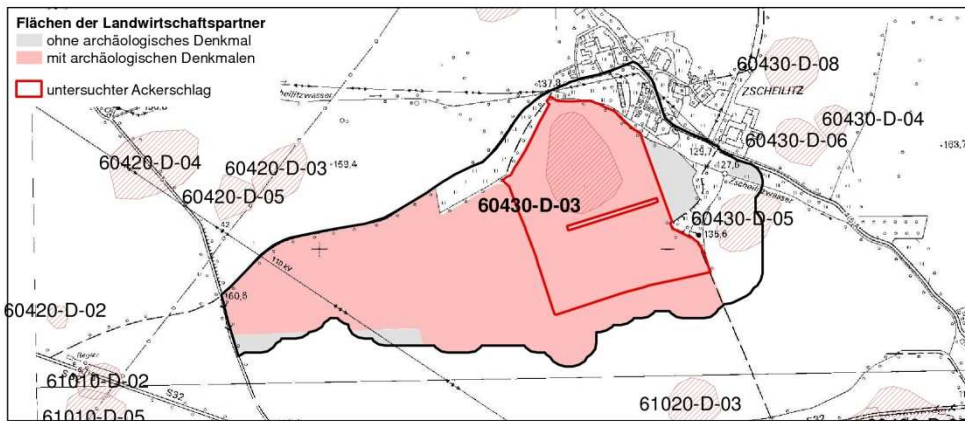
Abbildungsmaßstab  
aller Karten 1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



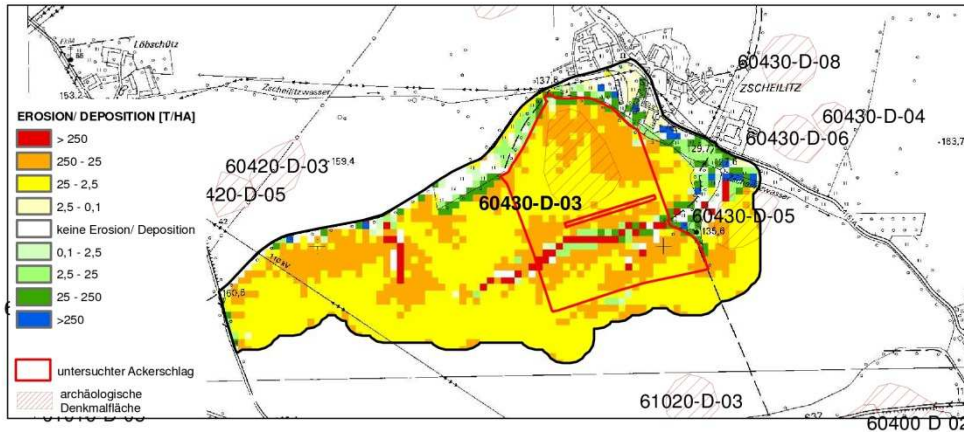
Bodenarten  
(Grundlage:  
Reichsbodenschätzung,  
Feldproben)



Digitales Geländemodell  
(Auflösung 2m)

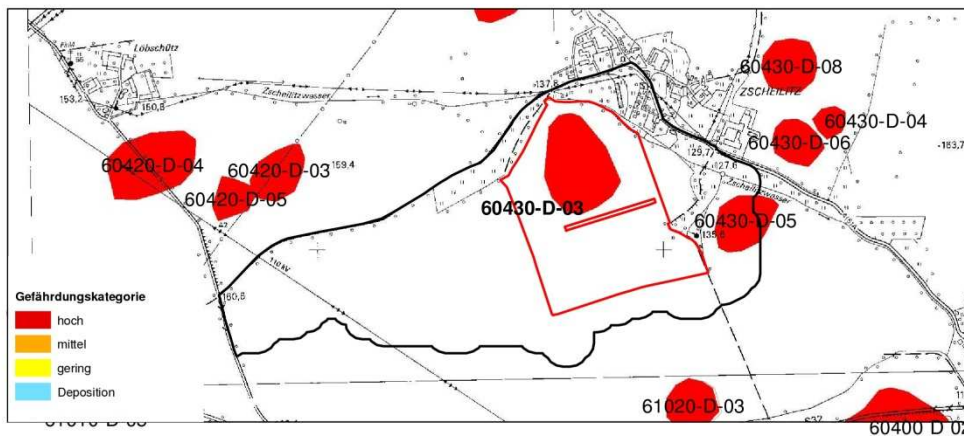


Flächen der  
landwirtschaftlichen  
Partnerbetriebe

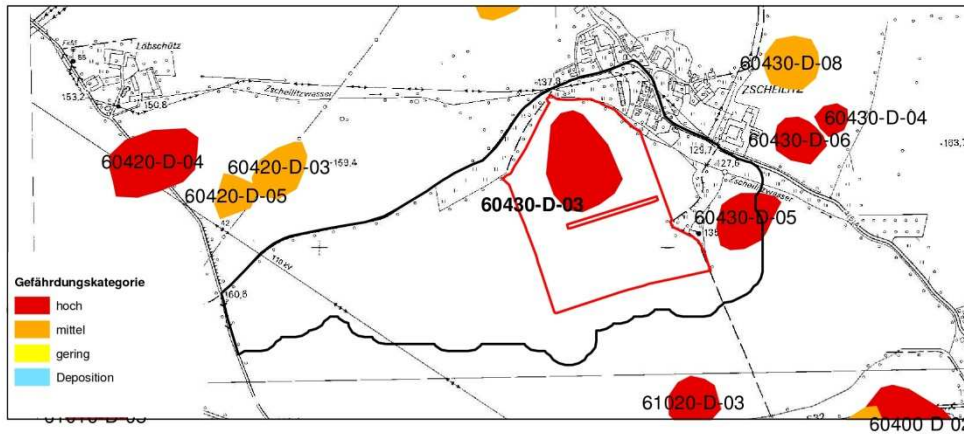


Potentielle Erosionsgefährdung - Ackerschläge unbedeckt, Saatbett mit 10jährigem Niederschlag (Datenbasis: Übersichtsmodellierung, 20m-Raster)

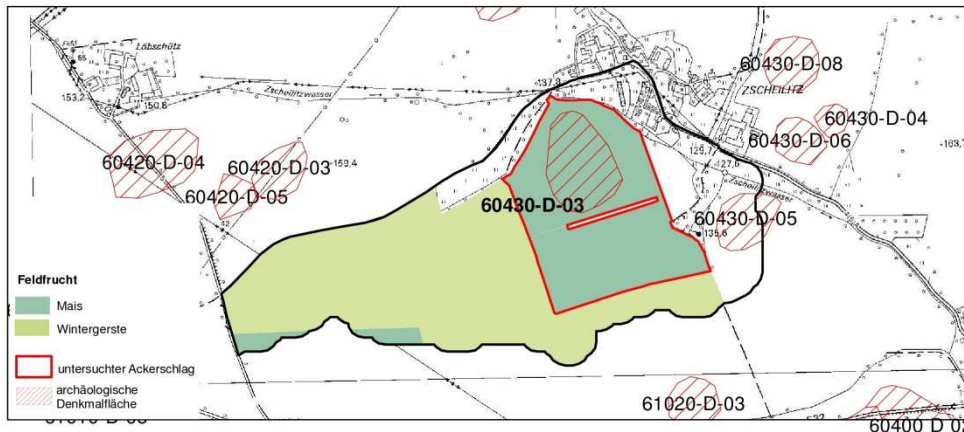
Maßstab aller Abbildungen  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



Gefährdungsklassifizierung nach maximalen Abtragswerten der Denkmalfächen



Gefährdungsklassifizierung nach mittleren Abtragswerten der Denkmalfächen

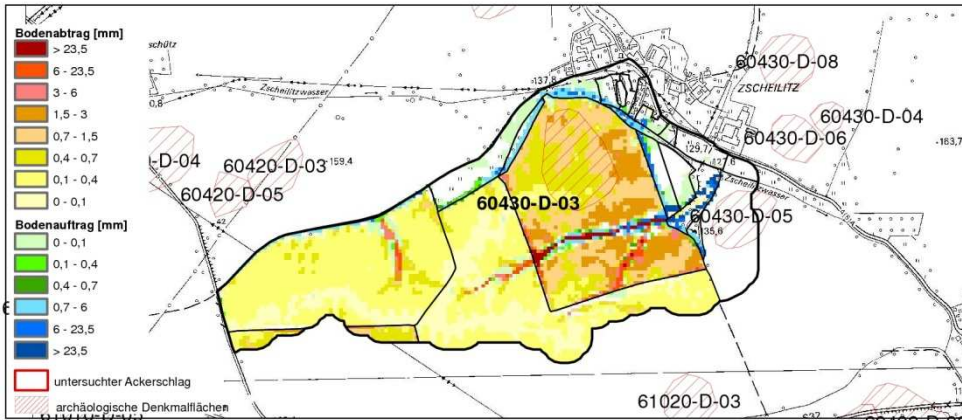


Regionaltypische Fruchtverteilung



**DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler**

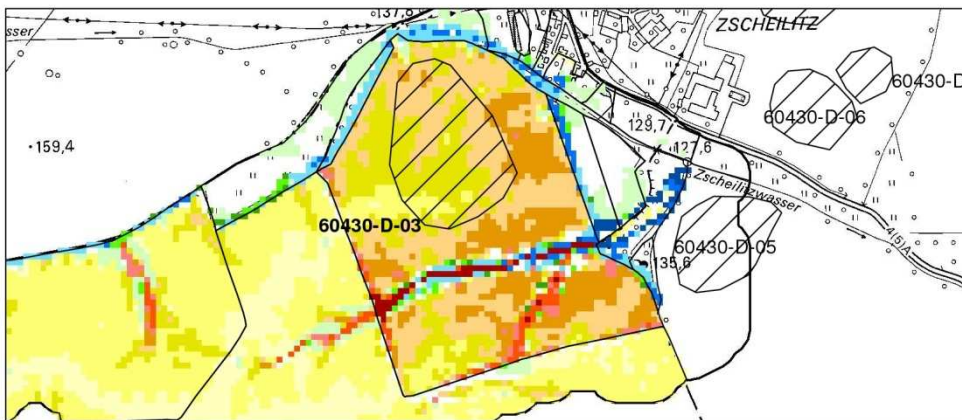
**Hotspot Zscheilitz**  
Erosionsmodellierung Blatt 4



**Szenario 1**

Regionaltypische Fruchtverteilung mit Maisanbau auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

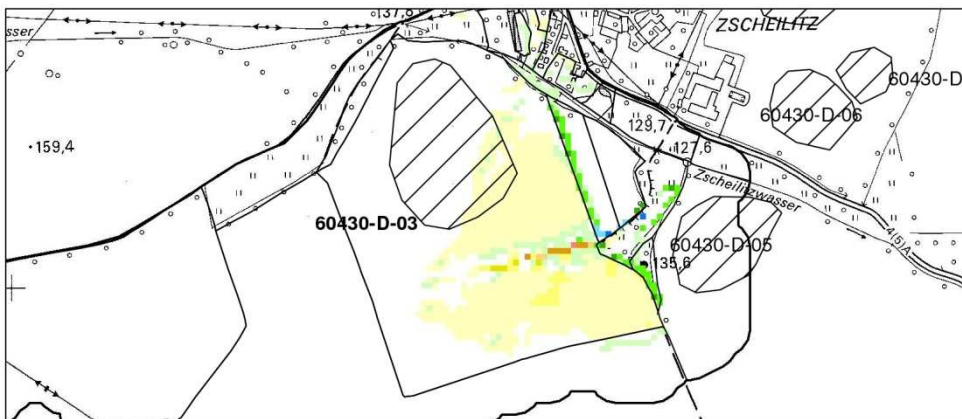
Abbildungsmaßstab  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 1**

Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 2**

Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)



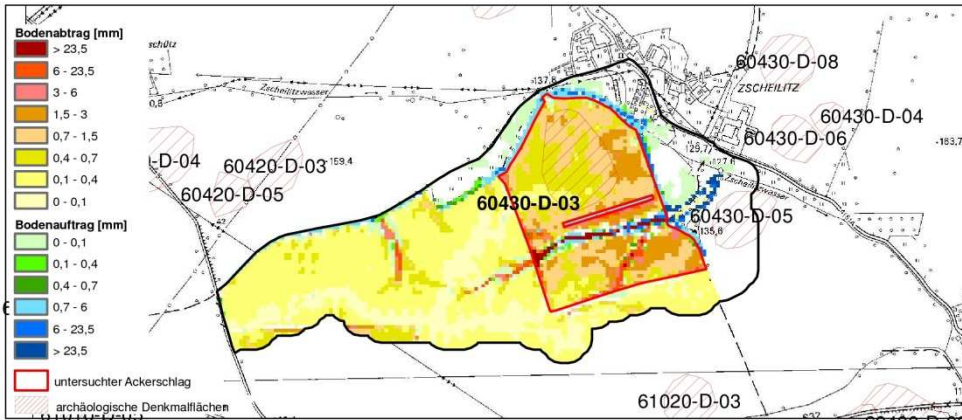
**Szenario 1**

Maisanbau  
Referenzjahr mit  
29 Niederschlägen  
Zeitraum: Mai - Sept.

Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)

**DBU-Projekt - Innovativer Schutz archäologischer Kulturdenkmäler**

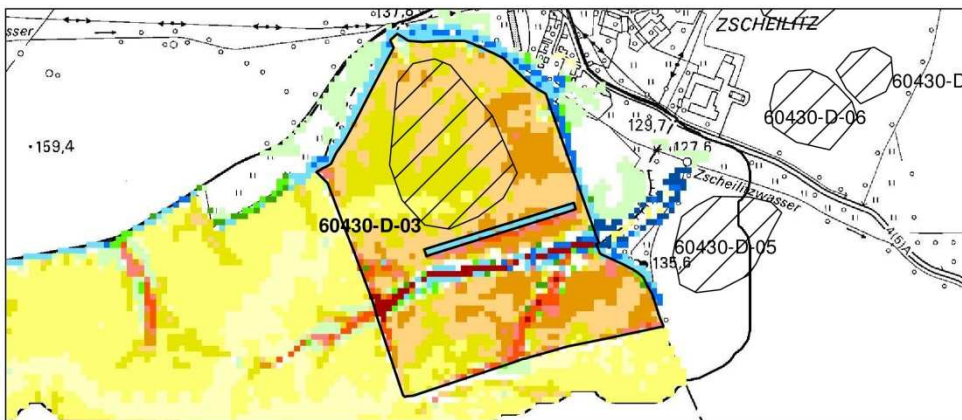
**Hotspot Zscheilitz**  
Erosionsmodellierung Blatt 3



**Szenario 3  
(Schutzstreifen vorh.)  
und  
Konventionelle  
Bewirtschaftung**

Regionaltypische Frucht-  
verteilung mit Maisanbau  
auf Denkmalfäche  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

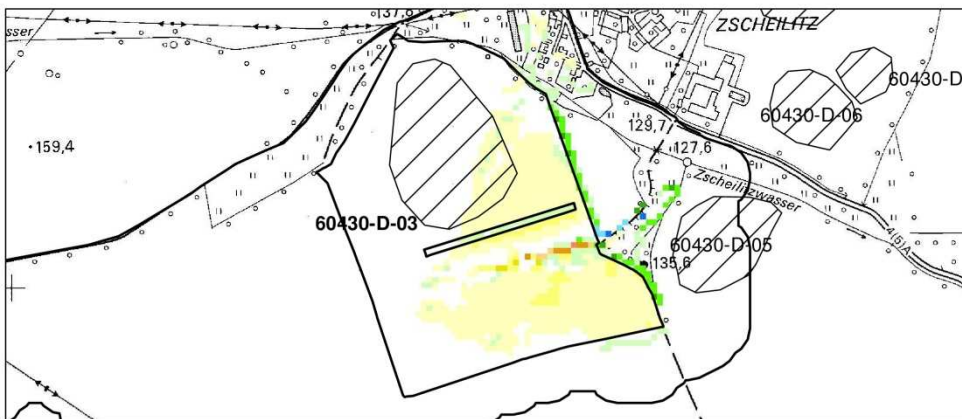
Abbildungsmaßstab  
1 : 20.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3  
(Schutzstreifen vorh.)  
und  
Konventionelle  
Bewirtschaftung**

Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

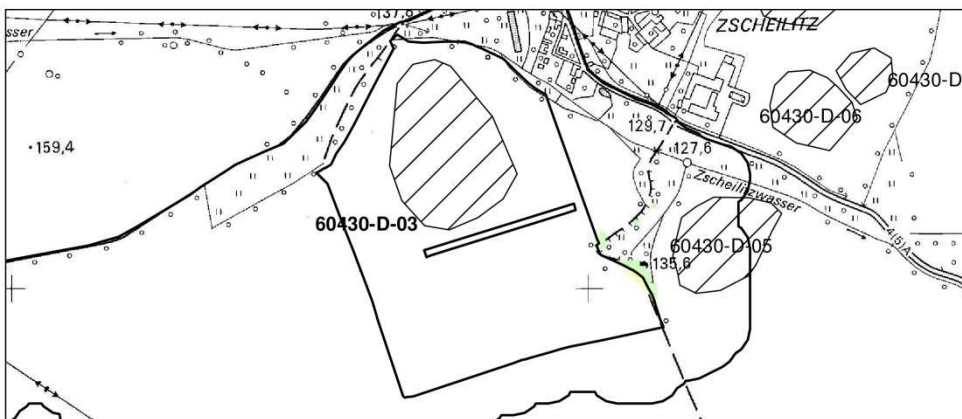
Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3  
(Schutzstreifen vorh.)  
und  
Konservierende  
Bewirtschaftung**

Maisanbau  
50jähriger Niederschlag  
Zeitpunkt: Juni

Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)



**Szenario 3  
(Schutzstreifen vorh.)  
und  
Konventionelle  
Bewirtschaftung**

Maisanbau  
Referenzjahr mit  
29 Niederschlägen  
Zeitraum: Mai - Sept.

Abbildungsmaßstab  
1 : 12.000  
(Grundlage TK25)