Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Anleitung zur Erstellung betrieblicher Erosionsschutzkonzepte

Bearbeiter: Dipl. Ing. agr. Berno Zimmerling

Leipzig, den 04. Dezember 2002

1	EINFÜ	HRUNG	3
2	MODE	LLKONZEPTION "EROSION 2D"	4
3	KONZI	5	
	3.1 Dat	5	
	3.1.1	Nutzung vorhandener Daten	5
	3.1.2	Neuerfassung von Daten	5
	3.1.3	Ermittlung der dominierenden Bodenartengruppe eines Ackerschlages	6
	3.2 DIE	SIMULATION EINES EROSIONSANFÄLLIGEN SCHLAGES MIT "EROSION 2D"	11
	3.2.1	Erstellung der Reliefdatei	11
	3.2.2	Erstellung der Bodendatei	14
	3.2.3	Erstellen der Niederschlagsdatei	
	3.2.4	Erosionsabschätzung und Ergebnisausgabe	17
4	MIND	ERUNGSSTRATEGIEN	19
	4.1 Kon	IVENTIONELLE BODENBEARBEITUNG QUER ZUM HANG	19
	4.2 EINF	RICHTUNG VON GRÜNSTREIFEN IN BELIEBIGER HANGPOSITION	20
	4.2.1	Grünstreifen zur Schlagunterteilung (Verortung nach Ein-/Austrag)	
	4.2.2	Grünstreifen am Unterhang (Verortung nach Ein-/Austrag)	
	4.2.3	Grünstreifen am Oberhang (stärkstes Gefälle auf alternativer Profillinie)	25
	4.3 Kon	ISERVIERENDE BODENBEARBEITUNG	
5	BEWE	RTUNG DER EROSIONSMINDERNDEN MAßNAHMEN	28

Anhang A	30
Bodendateien und Daten am Beispiel der Bodenartengruppe Lehmschluff	
Anhang B	33
Tabelle zur Erfassung der Reliefparameter	
Anhang C-1	35
Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Döbeln	
Anhang C-2	42
Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Zwickau	
Anhang C-3	52
Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Löbau	
Diskette mit Bodendateien	
Diskette mit Programm ''Erosion 2D''	

1 EINFÜHRUNG

Den Ämtern für Landwirtschaft in Sachsen wird mit diesem Heft ergänzend für ihre Beratungstätigkeit zum betrieblichen Erosionsschutz eine Handlungsanleitung für das zweidimensionale Erosionssimulationsprogramm "EROSION 2D" mit vorbereiteten Eingabedateien zur Verfügung gestellt. Die hierfür notwendige Programmversion von "EROSION 2D" wird auf Diskette mitgeliefert.

Nach der Einleitung wird im Kapitel 2 auf die Modellkonzeption von "EROSION 2D" eingegangen.

Der dritte Abschnitt enthält eine prinzipielle Anleitung zur Erarbeitung ackerschlagbezogener Erosionsschutzkonzepte unter Anwendung des Programms "EROSION 2D" einschließlich der Nutzung des "ArcExplorer" zur Herleitung der Bodenart.

Im vierten Abschnitt wird auf die Vorgehensweise bei der Simulation verschiedener Strategien zur Erosionsminderung eingegangen. An einem Beispielschlag werden die Minderungsstrategien:

- konventionelle Bodenbearbeitung quer zum Hang,
- Einrichten von Grünstreifen in beliebiger Hangposition und
- konservierende Bodenbearbeitung

erläutert. Im fünften Abschnitt werden Vorschläge unterbreitet, mit welcher Strategie größtmögliche Effekte in der Erosionsminderung zu erreichen sind und daher bei der Simulation bevorzugt berücksichtigt werden sollten.

Im abschließenden Teil (Anhang) werden beispielhaft Ergebnisse von 3 erarbeiteten betrieblichen Erosionsschutzkonzepten aus den Amtsbezirken der Ämter für Landwirtschaft Döbeln, Zwickau und Löbau vorgestellt.

2 MODELLKONZEPTION "EROSION 2D"

EROSION 2D ist ein physikalisches Modell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser für einzelne extreme Niederschlagsereignisse. EROSION 2D berechnet den Oberflächenabfluss [m³/m], den Bodenaustrag [t/ha], die Deposition [t/ha] und den Ton- bzw. Schluffgehalt im Sediment [%] an Einzelhängen.

Das Modell wurde speziell zur Lösung von Aufgaben in der Planungspraxis und Umweltberatung entwickelt. Mit der Anwendung des Modells EROSION 2D wird das Ziel verfolgt, Erosionsrisiken räumlich und zeitlich differenziert zu erfassen, um auf der Grundlage dieser Informationen die Bodennutzung langfristig so gestalten zu können, dass Bodenschädigungen durch Erosion und Stoffeinträge in Oberflächengewässer so gering wie möglich gehalten oder ganz vermieden werden können. Mit Hilfe des Modells kann außerdem festgestellt werden, welche der Maßnahmen unter den örtlichen Bedingungen geeignet sind, um den Schutz des Bodens vor Erosion durch Wasser nachhaltig zu gewährleisten.

Zur Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung werden folgende Eingabeparameter benötigt:

- Reliefparameter,
- Bodenparameter (Bodenart und Nutzung) und
- Niederschlag.

Für die Erosionsabschätzung mit "EROSION 2D" müssen für diese Eingabeparameter entsprechende Dateien erstellt werden. Hierzu ist eine vorherige Datenerfassung notwendig.

Ergebnisse können in Tabellen und Diagrammen dargestellt werden.

Wie bei der Datenerfassung, der Erstellung der Eingabeparameter und der Ergebnisausgabe vorzugehen ist, wird in den folgenden Kapiteln erläutert. Außerdem werden Vorschläge zur Wahl der effizientesten Erosionsminderungsstrategie unterbreitet.

3 KONZEPTERSTELLUNG

3.1 DATENERFASSUNG

3.1.1 Nutzung vorhandener Daten

Wünscht ein Betrieb die Unterstützung in der Erarbeitung von Erosionsminderungsstrategien für seine Ackerschläge, so können, sofern für den Betrieb vorhanden, Daten früherer Erosionsabschätzungen (z.B. Abschätzung durch Biotopia GmbH, Sächsisches Landeskuratorium Ländlicher Raum e.V.) herangezogen werden. Diese Herangehensweise bedeutet eine erhebliche Zeitersparnis, da eingezeichnete Schläge und Profillinien genutzt werden können. Allerdings sollte zusätzlich die aktuelle Ausgangssituation in einem persönlichen Gespräch mit dem Betrieb gemeinsam erfasst werden. Grund hierfür ist, dass sich z.B. die "Biotopia"-Profillinien einerseits aus Sicht des Landwirts nicht zwingend an tatsächlich erosionsgefährdeten Bereichen orientieren. Andererseits richten sich diese Linien häufig nach dem stärksten anzutreffenden Gefälle aus, wobei sie nicht immer den kompletten Schlag vom höchsten bis zum tiefsten Punkt abdecken (Beispiele siehe Anhang C).

3.1.2 Neuerfassung von Daten

Liegen keine bzw. nur unvollständige Daten für die Erosionsabschätzung auf einem Ackerschlag vor, dann kann die Ausgangssituation am effektivsten in einem *persönlichen Gespräch* mit dem Landwirt erfasst werden. Dabei sollten gemeinsam

- erosionsanfällige Schläge,
- ihre Lage,
- die Art der Bodenbearbeitung und Hauptbearbeitungsrichtung,
- mögliche Fremdwassereinflüsse (d.h. fließt Oberflächenwasser von darüber liegenden Flächen zu) sowie
- besonders gef\u00e4hrdete Bereiche eines Schlages (Lage von aufgetretenen Erosionsereignissen, z.B.
 Lage von Depositionsfl\u00e4chen)

bestimmt werden. Sinnvoll hierfür ist die Verwendung von Flurkarten und Topographischen Karten (1:10000), die auch durch eine Feldbegehung ergänzt werden können. Im weiteren Verlauf sollte im Gespräch erörtert werden, welche Erfahrungen zu bereits angewendeten Minderungsstrategien gemacht wurden.

Einen, bei einem derartigen Gespräch, erfassten erosionsanfälligen Schlag zeigt die Abbildung 1. Er wurde aus der Flurkarte in die Topographische Karte (1:10000) übertragen. Außerdem erfolgte darin der Eintrag von erosionsanfälligen Bereichen (Deposition bzw. Beginn von Offsite-Schäden) durch Kreuze und die Bearbeitungsrichtung (Pfeile).



Abbildung 1: Skizze eines erfassten Schlages (Schlagnummer 110)

3.1.3 Ermittlung der dominierenden Bodenartengruppe eines Ackerschlages

Zur Erosionsabschätzung eines Ackerschlages mit "EROSION 2D" wird die auf dem Schlag an der Oberfläche dominierende Bodenttextur (Körnungsverteilung) benötigt. Diese ergibt sich z.B. aus der Bodenartengruppe. Die zum jeweiligen Schlag zugehörige Bodenartengruppe nach MMK kann im Programm **ArcExplorer** unter Verwendung der vom FB 2 der LfL zur Verfügung gestellten digitalen Bodenkarten bestimmt werden. Diese digitalen Bodenkarten müssen zuvor von einer CD-ROM auf die Festplatte in das Verzeichnis "MMK" installiert werden

Zur Auswahl der betreffenden Bodenartengruppe wird der ArcExplorer geöffnet und das Untermenü "*Datei, Projekt öffnen*" im Verzeichnis "MMK" das jeweilige Amt für Landwirtschaft

ausgewählt (im Beispiel "*MMKAfL02.AEP*"). Nach dem Erscheinen der Topographischen Übersichtskarte und Vergrößern auf den entsprechenden Flurausschnitt, kann durch eine über die Karte gelegte verschiedenfarbige Schraffur so die Bodenartengruppe nach MMK durch Farbabgleich mit der Legende ermittelt werden (Tab. 1 und Abb. 2).

Alternativ hierzu ist es möglich, nach dem Aktivieren der MMK-Karte (im Beispiel Thema *"MMKAfL02.AEP"*) durch das Aufrufen des Untermenüs *"Tools, Geoobjekte suchen"* und Klicken auf den betreffenden Bereich nach Erscheinen eines Fensters die Bodenartengruppe nach MMK direkt abzulesen (Tab. 1 und Abb. 2).

Im Beispiel der Abbildung 2 wird die Bodenartengruppe Lu (=Lehmschluffe) ausgewiesen. Mit dieser Angabe kann, wie in den folgenden Kapiteln ausgeführt, in "EROSION 2D" eine entsprechend vorbereitete Bodendatei (als Diskette der Handlungsanleitung beigefügt) aufgerufen und zur Erosionsabschätzung genutzt werden.

Im Einzelfall kann es vorkommen, dass die Bodenartengruppe für einen Ackerschlag nicht in der digitalen MMK-Karte hinterlegt ist. Für diesen Fall kann aus der Abbildung 3 bei Vorliegen exakterer Körnungsdaten (Bild links: Angaben aus der Zeit vor 1990 "TGL-Werte"; Bild rechts: aktuelle Angaben "KA4-Werte") auf die jeweilige Bodenartengruppe sowie auf die entsprechend vorbereitete Bodendatei zur Simulation mit "Erosion 2D" (als Diskette der Handlungsanleitung beigefügt) geschlossen werden.

rasene it Boatmartengrappen i	
Bodenartengruppen	Symbol
Lehmtone	lt
Schlufftone	ut
Tonlehme	tl
Normallehme	11
Sandlehme	sl
Tonschluffe	tu
Lehmschluffe	lu
Sandschluff	su
Schluffsande	us
Lehmsande	ls
Reinsande	SS

 Tabelle 1: Bodenartengruppen nach MMK



Abbildung 2: Bestimmung der Bodenartengruppe nach MMK im ArcExplorer für den Schlag 110 (s. Abb. 1) (Lu-Lehmschluffe)



Schluff [Masse-%] 100 80 65 tu sulu 50 40-II 30 25. Is 15-10 s 25 30 35 45 50 65 Ton [Masse-%] 58121 7

Bodenartenartengruppe entspiechend der digitalen MMK-Karte für die vorbereitete Bodendateien zur Simulation mit "Erosion 2d" vorliegen Bodenartenartengruppe entsprechend der digitalen MMK-Karte für die vorbereitete Bodendateien zur Simulation mit "Erosion 2d" vorliegen



Abbildung 3: Alternative Ermittlung der Bodenartengruppe zur Simulation mit "Erosion 2D" (Bild links: Angaben aus der Zeit vor 1990 "TGL-Werte"; Bild rechts: aktuelle Angaben "KA4-Werte")

3.2 DIE SIMULATION EINES EROSIONSANFÄLLIGEN SCHLAGES MIT "EROSION 2D"

3.2.1 Erstellung der Reliefdatei

Die Reliefparameter können direkt aus dem in die topographische Karte (1:10.000) eingezeichneten erosionsanfälligen Schlag ermittelt werden.

Sie benötigen hierzu folgende Reliefdaten: • die Schlaglänge [m] in Gefällsrichtung und

• die Schlaggeometrie (x- und y- Koordinaten).

Hierzu muss eine **Profillinie** (Abb. 4) in den erosionsanfälligen Schlag eingezeichnet werden. Für die Auswahl einer geeigneten Profillinie ergeben sich grundsätzlich folgende Möglichkeiten:

- in Gefällerichtung zu besonders, evtl. durch den Landwirt benannten, erosionsgefährdeten Bereichen eines Ackerschlages, wie z.B. Depositionsflächen oder Beginn von Offsite-Schäden unterhalb des Schlages (**bevorzugt**),

- in Richtung des stärksten Gefälles sowie
- in Richtung der größten wirksamen Hanglänge.

Zur Wahl der geeigneten Vorgehensweise siehe auch die Beispiele im Anhang C.

Die Profillinie beginnt auf der Wasserscheide bzw. am höchsten Punkt des betrachteten Schlages. Sie endet am Hangfuß bzw. an der unteren Schlaggrenze. Vereinfachend für die Bestimmung des Ausgangs- und Endpunktes der Profillinie kann die oberste bzw. unterste Höhenlinie im Schlag verwendet werden.

Der Verlauf der Profillinie sollte dem natürlichen Fließweg des Oberflächenabflusses gut angenähert werden (Profillinie schneidet Höhenlinie möglichst im rechten Winkel!). Die Profillinie muss daher nicht einer Geraden folgen (Abb. 4).

In Abbildung 4 sind beispielhaft drei Profillinien eingezeichnet, die aus Sicht des Landwirts zu besonderen Gefährdungsbereichen (Deposition, Gefahr von Offsite-Schäden) führen. Alternativ hierzu besteht die Möglichkeit, ggf. vorhandenes Kartenmaterial mit eingezeichneten Profillinien (Biotopia GmbH, Sächsisches Landeskuratorium Ländlicher Raum e.V.) zu nutzen.



Abbildung 4: Skizze eines erfassten Schlages und eingezeichnete Profillinien (Schlagnummer 110)

Messen Sie die Abstände (x-Werte) zwischen den einzelnen Schnittpunkten der Profilinie mit den Höhenlinien fortlaufend entlang der Profillinie! 1 cm entspricht dabei 100 m in der topographischen Karte (1:10000). Tragen Sie die Höhenwerte (y-Werte) tabellarisch dazu. Der Höhenabstand zwischen den Höhenlinien (Volllinien) beträgt i. d. R. 2,5 m (Bsp. in Abb. 4, 5).

Zur Erfassung der Reliefdaten eines Ackerschlages kann das in der Anlage enthaltene Formblatt "Datenblatt für Reliefparametereingabe" genutzt werden, indem die Daten dort handschriftlich eingetragen werden (Anhang B). Bitte machen Sie sich für den Eigenverbrauch von diesem Datenblatt entsprechende Kopien.



Abbildung 5: Skizze eines erosionsanfälligen Schlages (rechts) und Prinzip zur Erstellung der Reliefdatei für rote Profillinie

Nach Abschluss dieser Arbeiten kann die Reliefdatei im Programm "EROSION 2D" erzeugt werden. Hierzu muss das Programm gestartet werden und im Menü "*Daten*", Untermenü "*Reliefparameter*" der Befehl "*Eingeben*" ausgewählt werden. Es erscheint eine Eingabemaske, in der die ermittelten Reliefparameter unter Angabe der Gesamtlänge (Abstand AB in m) und der Schlagnummer zuzüglich der Profillinienbezeichnung übertragen werden (Abb. 4, 5). Nach Beendigung wird die Eingabemaske durch den Befehl "*Eingabe beenden*" geschlossen und dabei unter neuem Namen (z.B. Schlagnummer mit zugehöriger Profillinie) als Reliefdatei abgespeichert.

Es ist zweckmäßig, die Einzeldateien (Reliefdatei, Bodendatei) in einen entsprechenden Ordner abzuspeichern, der z.B. den Namen des zu untersuchenden Ackerschlages erhält. Die Ordner einzelner Schläge eines Betriebes sollten sinnvoller Weise ihrerseits in einen weiteren Ordner (Name = Betrieb) zusammengefasst werden.

3.2.2 Erstellung der Bodendatei

Die für die Erosionsabschätzung erforderlichen Bodendateien für die unterschiedlichen Arten der Bodenbearbeitung befinden sich auf der mitgelieferten Diskette. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Bodenart (Bodenartengruppe nach MMK) sowie der unterschiedlichen Bodenbearbeitung im Saatbettzustand bzw. der ausgewählten Minderungsstrategie. Die darin hinterlegten Werte sind dem Anhang A zu entnehmen.

Nachdem die Bodenart im "ArcExplorer" ermittelt wurde (s. Kapitel 3.1.3), kann die der Bodenart zugeordnete Bodendatei über das Programm "EROSION 2D" auf der beigefügten Diskette geöffnet werden.

Im Menü "*Daten*", Untermenü "*Bodenparameter*" von "EROSION 2D" wird hierzu der Befehl "*Laden*" und die entsprechende Bodendatei auf der Diskette unter Beachtung der entsprechenden Bodenbearbeitung (z.B. konventionelle Bearbeitung) ausgewählt.

→ Für die Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung wird vereinbarungsgemäß der Saatbettzustand nach konventioneller Bodenbearbeitung (mit Pflug und einmaliger Saatbettbereitung mit Saatbettkomb ination bei mittlerer Bodenfeuchte) unterstellt.

Damit das Programm mit der ausgewählten Bodendatei rechnen kann, ist es notwendig, in der geöffneten Bodendatei die Hanglänge an die eingegebene Profillinie in der Reliefdatei anzupassen und einen geeigneten Namen des aktuell abzuschätzenden Schlages entlang einer ausgewählten Profillinie einzutragen. Hierzu wird im "EROSION 2D"-Menü "*Daten*", Untermenü "*Bodenparameter*" der Befehl "*Bearbeiten*" ausgewählt. Es erscheint eine Eingabemaske, die bereits mit den entsprechenden Bodendaten ausgefüllt ist. Nach den notwendigen Veränderungen (Schlagbezeichnung, Länge der Profillinie) wird die Bodendatei unter der Schlagbezeichnung im zugehörigen Ordner des Schlages abgespeichert (Abb. 6).

an a	Constant Di Robert Landcham (Laff), Optioner Hite Carl Carl Carl Carl V AL TEn Manag M							
Bodenpasawete Bootesten - Luchumy sal ES Schlag N Coloris Jestand AB (con Coloris	Brotexperience to beacherine - Exercised Scring M Trees Abstract All in many second							
Von () Bit (b) Disglowing Economy Diservision Technologies Intervision pic (b) me pic (b) pic (b)	Vent) Re la Dote la Cola fand Stokere Oberfish Red Keenowith for or a la ma av la ma or a too too 1,50 20.0.0.000000 0.0150 0.5500 0.15 0.6 21 42 7 6 4							
Seguen/gradugen Seguen/gradugen English (pride) Duckes Eingdis (pondim) Schwichen Hille	Segment Broutiger Signart gettenen (sätteten seiger Ducken)							

Abbildung 6: Beispiel für Bodendatei ,*Lu_konv.sol*" (Lehmschluff bei konventioneller Bearbeitung; linkes Bild) und notwendige Veränderungen zur EROSION 2D-Simulation entlang der roten Profillinie auf Schlag 110 (siehe Beispielschlag in Abb. 4) (rechtes Bild)

3.2.3 Erstellen der Niederschlagsdatei

In Anlehnung an die naturräumliche Gliederung Sachsens hat der Deutsche Wetterdienst in einem Gutachten (Reg.-Nr. 322-93) acht Klimaregionen hinsichtlich des Starkniederschlagsgeschehens ausgewiesen und entsprechende Basisdaten auf Grundlage einer 50jährigen Niederschlagsstatistik bereitgestellt (Abb. 7).



Abbildung 7: Klimaregionen hinsichtlich des Starkniederschlagsgeschehens in Sachsen

Im Menü "*Daten"*, Untermenü "*Niederschlagsparameter"* wird der Befehl "*Laden"* und die entsprechende Niederschlagsdatei unter Beachtung der entsprechenden Klimaregion und des Referenzereignisses ausgewählt. Diese Niederschlagsdateien sind Bestandteil des Programms "EROSION 2D". Sie wurden bei der Installation des Programms im Verzeichnis C:\Programme\MWSoft\Erosion2D\ns_daten\extrem abgelegt.

→ Bei diesen Referenzereignissen handelt es sich jeweils um **Extremereignisse** mit einer statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 2, 5, 10, 20, 50 und 100 Jahren.

Im Gegensatz zu den schlagspezifischen Relief- und Bodendateien muss die von Ihnen ausgewählte Niederschlagsdatei nicht abgespeichert werden (d.h. kein Speichern im schlagspezifischen Ordner). Vielmehr werden für die Erosionsabschätzung die regionenspezifischen Niederschlagsdateien in "EROSION 2D" aufgerufen bzw. aus dem programminternen Speicher geladen.

3.2.4 Erosionsabschätzung und Ergebnisausgabe

Nachdem das Laden und Bearbeiten der Relief-, Boden- und Niederschlagsdatei (im hier dargestellten Beispiel für das zweijährige Regenereignis bei konventioneller Bodenbearbeitung) abgeschlossen ist, kann die Erosionssimulation gestartet werden. Hierzu wird in "EROSION 2D" das Untermenü "*Berechnen*" und der Befehl "*Berechnung starten*" ausgewählt.

Sofern die entsprechenden Dateien vorab neu erstellt wurden, greift das Programm "EROSION 2D" auf die Dateien zurück. Sollte eine Erosionsabschätzung für früher erstellte Dateien durchgeführt werden, müssen die entsprechende Relief-, Boden- und Niederschlagsdateien neu geladen werden. Nach erfolgter Berechnung kann das Ergebnis sowohl in tabellarischer als auch in grafischer Form angezeigt werden.

Durch die Auswahl des Untermenüs "*Daten, Nettoaustrag, Anzeigen*" gelangt man zu tabellarisch dargestellten Ergebnissen (Abb. 8).

en <u>B</u> erechr	nen <u>G</u> rafik <u>O</u> ptio	onen <u>H</u> ilfe	-						-
			🔟 Ne	ttoaustr	ag 💌				
ettoaustrag								×	
chlag Nr.:	110ro								
\bfluss (m³/m)	Sed.menge [kg/m]	Sed.Konz. [kg/m³]	Ton [%]	Silt [%]	Austrag [t/ha]	Depos. [t/ha]	Nettoaustrag [t/ha]		
3,441	2192,177	637,051	17,5	79,4	24,160	0,044	24,116		
3,445	2198,509	638,189	17,5	79,4	24,203	0,044	24,159		
3,449	2203,472	638,928	17,5	79,4	24,231	0,044	24,187		
3,452	2207,811	639,484	17,5	79,4	24,252	0,044	24,208		
3,456	2211,744	639,921	17,5	79,4	24,269	0,044	24,225		
3,460	2215,498	640,306	17,5	79,4	24,283	0,044	24,240		
3,464	2219,064	640,636	17,5	79,4	24,296	0,044	24,252		
3,468	2222,488	640,924	17,5	79,4	24,307	0,044	24,263		
3,471	2225,912	641,211	17,5	79,4	24,317	0,044	24,274		
3,475	2229,226	641,467	17,5	79,4	24,327	0,043	24,284		
3,479	2232,468	641,700	17,5	79,4	24,336	0,043	24,292		
3,483	2235,712	641,934	17,5	79,4	24,345	0,043	24,301		
								T	
•									

Abbildung 8: Ergebnisse der Simulation in tabellarischer Form (Schlag 110, rote Profillinie (s. Abb. 4), zweijähriges Niederschlagsereignis, konventionelle Bearbeitung)



Durch die Auswahl des Untermenüs "*Grafik, Anzeigen*" und Auswahl der Grafik "*Nettoaustrag*" gelangt man zu grafisch dargestellten Ergebnissen (Abb. 9).

Abbildung 9: Ergebnisse der Simulation als Diagramm "Nettoaustrag"(Schlag 110, rote Profillinie (s. Abb. 4), zweijähriges Niederschlagsereignis, konventionelle Bearbeitung)

4 MINDERUNGSSTRATEGIEN

Das im vorangegangenen Kapitel geschilderte Beispiel für die rote Profillinie auf dem Schlag 110 (Abb. 4) zeigt, dass bei konventioneller Bodenbearbeitung im Saatbettzustand und einem Niederschlagsereignis mit zweijähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit ein Bodenabtrag von 24,3 t*ha⁻¹ auftritt (Abb. 8).

Unter Zugrundelegung eines stärkeren Niederschlagsereignisses erhöht sich der Bodenabtrag beträchtlich. So wurde für dieses Beispiel (Schlag 110) bei einem Niederschlagsereignis mit zehnjähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit ein Nettobodenabtrag von 121,7 t*ha⁻¹ errechnet (Einzelwerte nicht dargestellt).

Ziel von Simulationen mit "EROSION 2D" ist es, Nutzungskonzepte bzw. Minderungsstrategien für den betreffenden Schlag zu entwickeln, die den Bodenabtrag minimieren.

Nachstehende Minimierungskonzepte können mit den mitgelieferten Bodendateien (auf Diskette, Dateien den Bodenartengruppen zugeordnet) simuliert werden:

- \rightarrow konventionelle Bodenbearbeitung quer zum Hang,
- \rightarrow Einrichtung von Grünstreifen in beliebiger Hangposition und
- \rightarrow Konservierende Bodenbearbeitung.

Hierzu ist es notwendig, im Programm "EROSION 2D" eine auf der Diskette mitgelieferte neue Bodendatei für die gewünschte Minderungsstrategie und Bodenartengruppe zu laden und die Hanglänge analog zu Kapitel 3.2.1 so anzupassen, dass sie mit der Länge der Profillinie übereinstimmt. Die für den Schlag erstellten Relief- und Niederschlagsdateien bleiben unverändert. Sie müssen wieder neu aufgerufen werden, sofern sie noch nicht geladen sind. Nach erfolgter Berechnung kann das Ergebnis analog zum vorherigen Kapitel angezeigt werden.

Sollte sowohl bei der Simulation des Ist-Zustandes, als auch bei der Simulation einer ausgewählten Minderungsstrategie mit dem empfohlenen Niederschlagsereignis mit einer zweijährigen Wiederkehrzeit nur geringe oder keine Nettoausträge auftreten, bietet es sich an, die Simulation zusätzlich mit einem stärkeren Niederschlagsereignis (z.B. mit zehnjähriger Wiederkehrzeit) durchzuführen.

Die Vorgehensweise zur Auswahl verschiedener Minderungsstrategien wird nachstehend am ausgewählten Beispiel (Schlag 110, s. Abb. 1) dargestellt.

4.1 KONVENTIONELLE BODENBEARBEITUNG QUER ZUM HANG

Eine erste Minderungsstrategie ist die Hangquerbearbeitung. Hierzu ist für das Beispiel Schlag 110 die der Bodenartengruppe Lu (Lehmschluffe) zugeordnete Bodendatei "*Lu_Konvquer.sol*" von der

Diskette zu laden und gemäß der tatsächlichen Länge der Profillinie des neu zu bearbeitenden Ackerschlages zu korrigieren (vgl. Kapitel 3.2.2, Abb. 6). Nach Abspeicherung unter einem geeigneten Namen (z.B. Schlagbezeichnung mit zugehöriger Profillinie) kann das Minderungspotenzial bei hangparalleler konventioneller Bodenbearbeitung abgeschätzt werden.

Hierzu sind die für den Schlag bereits erstellten Relief- und Niederschlagsdateien zu laden, sofern sie nicht mehr geöffnet sind. Für die Abschätzung mit "EROSION 2D" muss der Befehl "**Berechnung** starten" im Menü "**Berechnung**" ausgewählt werden. Die Ergebnisausgabe erfolgt wie unter Kapitel 3.2.4 dargestellt.

Beim zweijährigen Ereignis sinkt der Bodenabtrag durch konventionelle Bodenbearbeitung quer zum Hang von 24,3 auf 15,5 t*ha⁻¹; beim zehnjährigen von 121,7 auf 77,5 t*ha⁻¹. Trotz der erheblichen Minderung muss beachtet werden, dass auf einem Schlag oft unterschiedliche Hangrichtungen vorliegen, so dass zwar durch Hangquerbearbeitung eine Minderung entlang der ausgewählten Profilinie erreicht wird, sich dadurch aber in anderen Hangrichtungen die Erosion verstärken kann.

4.2 EINRICHTUNG VON GRÜNSTREIFEN IN BELIEBIGER HANGPOSITION

Die Anlage von Grünstreifen kann ebenfalls zur Erosionsminderung genutzt werden. Zur Abschätzung dieser Maßnahme mit "EROSION 2D" wurden, den Bodenartengruppen zugeordnete, Bodendateien erarbeitet. Diese ermöglichen es, den Einfluss eines Grünstreifens auf die Erosion in beliebiger Position und Breite auf der Profillinie bei

- \rightarrow konventioneller Bodenbearbeitung,
- \rightarrow konventioneller Bodenbearbeitung quer zum Hang sowie
- \rightarrow konservierender Bodenbearbeitung

mit "EROSION 2D" zu berechnen (hierzu erforderliche Bodendateien siehe Anhang A). Die Abschätzung einer Anlage von Grünstreifen mit "EROSION 2d" wird im Folgenden am Beispiel des Schlages 110 (s. Abb. 1) bei konventioneller Bodenbearbeitung erläutert.

Bei der Festlegung der Lage der Grünstreifen kann im einfachsten Falle auf topografische Besonderheiten, wie z.B. Bereiche mit großem Gefälle, zurückgegriffen werden. Eine andere Möglichkeit zur Verortung von Grünstreifen (Lage und Länge) auf einer Ackerfläche besteht darin, das Ergebnis der Erosionssimulation für den Zustand nach konventioneller Bodenbearbeitung zu verwenden. Hier ist es möglich, sich ein Diagramm des Ein- bzw. Austrages je 10-m-Segment entlang der Profillinie anzeigen zu lassen (Abb. 10). Darin sind Bereiche mit dem größten Bodenabtrag gut zu erkennen. Dort sollten vorrangig Grünstreifen angelegt werden. Zusätzlich kann man durch Auswahl des Untermenüs "Daten, Aus-/Eintrag" eine Tabelle aufrufen, anhand derer die exakte Lage der entsprechenden Bereiche ermittelt wird.



Abbildung 10: Ergebnisse der Simulation als Diagramm "Ein-/Austrag" (Schlag 110, rote Profillinie(s. Abb. 4), zweijähriges Niederschlagsereignis, konventionelle Bearbeitung)

4.2.1 Grünstreifen zur Schlagunterteilung (Verortung nach Ein-/Austrag)

Hierzu ist die Bodendatei "*Lu_KonvGruenKonv.sol*" von der Diskette zu laden und so zu überarbeiten, dass der Grünstreifen die gewünschte Lage und Breite hat sowie unter einer neuen Datei abgespeichert werden kann. Hierzu notwendige Veränderungen in dieser Bodendatei sind in der Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11: Beispiel für Bodendatei "*Lu_KonvGruenKonv.sol*" (Lehmschluff bei konventioneller Bearbeitung und Grünstreifen; linkes Bild) sowie rot umrandet notwendige Veränderungen zur EROSION 2D-Simulation entlang der roten Profillinie auf Schlag 110 (s. Abb. 4) (rechtes Bild)

Für eine Schlagunterteilung z. B. nach 540 m und Einrichtung eines 20 m breiten Grünstreifens (grün markierter Bereich in Abb. 10) sinkt beim zweijährigen Ereignis der Bodenabtrag von 24,3 t*ha⁻¹ (bei konventioneller Bearbeitung) bzw. von 15,5 t*ha⁻¹ (bei konventioneller Bearbeitung quer zum Hang) auf 7,2 t*ha⁻¹ sehr deutlich.

Beim zehnjährigen Niederschlagsereignis nimmt dagegen der erosionsmindernde Effekt eines solchen Grünstreifens ab. So steigt der mit EROSION 2D ermittelte Nettoaustrag auf dem Beispielschlag 110 (s. Abb. 1) bei konventioneller Bearbeitung und Anlage eines Grünstreifens leicht an (von 121,7 t*ha⁻¹ auf 124,8 t*ha⁻¹, Daten nicht dargestellt).

Die Ursachen werden in Abbildung 12 ersichtlich. Im Bereich des Grünstreifens kommt es zur partiellen Deposition von bereits oberhalb des Grünstreifens abgetragenen Bodenteilchen. Unmittelbar unterhalb des Streifens tritt die Erosion jedoch dann in verstärktem Maße auf, da das von Bodenmaterial befreite Wasser mit höherer Geschwindigkeit weiterströmt.



Abbildung 12: Nettoaustrag bei Schlagunterteilung mit einem 20 m breiten Grünstreifen im Abschnitt 540-560 m (Schlag 110, rote Profillinie, zehnjähriges Niederschlagsereignis)

4.2.2 Grünstreifen am Unterhang (Verortung nach Ein-/Austrag)

Hierzu ist die Bodendatei "*Lu_KonvGruenKonv.sol"* zu laden und, wie in Abbildung 13 dargestellt, so zu überarbeiten, dass der Grünstreifen die gewünschte Lage und Breite am Unterhang hat. Es ist zweckmäßig, das dritte Segment einfach zu entfernen. Hierdurch wird erreicht, dass der Grünstreifen das unterste Segment der Profillinie darstellt (Abb. 13).

Für das Beispiel "Schlag 110, rote Profillinie" (s. Abb. 1) führt eine Schlagverkürzung nach 830 m und die Einrichtung eines Grünstreifens bis zum unteren Ende der Profilinie (blau markierter Bereich in Abbildung 10) beim zweijährigen Niederschlagsereignis zu einer vollständigen Verhinderung des Nettoaustrages durch Deposition (Abb. 14). Beim zehnjährigen Niederschlagsereignis sinkt der Bodenabtrag durch die Anlage eines Grünstreifens am Hangfuß von 121,7 (konventionelle BB) bzw. 77,5 (konventionelle BB quer zum Hang) auf 46 t*ha⁻¹ (Daten nicht dargestellt). Obwohl das Einrichten von Grünstreifen offensichtlich eine wirkungsvolle Maßnahme zur Vermeidung bzw. Veringerung von Offsite-Schäden ist, wird dadurch der eigentliche Bodenabtrag auf der Ackerfläche selbst nicht verhindert (Abb. 14)



Abbildung 13: Beispiel für Bodendatei "*Lu_KonvGruenKonv.sol*" (Lehmschluff bei konventioneller Bearbeitung und Grünstreifen; linkes Bild) sowie notwendige Veränderungen zur EROSION 2D-Simulation entlang der roten Profillinie auf Schlag 110 (s. Abb. 4) bei Anlage von Grünland am Unterhang (rechtes Bild)



Abbildung 14: Nettoaustrag bei Einrichtung eines Grünstreifen am Unterhang (Schlag 110, rote Profillinie(s. Abb. 4), zweijähriges Niederschlagsereignis)

4.2.3 Grünstreifen am Oberhang (stärkstes Gefälle auf alternativer Profillinie)

Auch weitere Profillinien, die auf sonstige kritische Bereiche des Schlages hinsichtlich Erosion ausgerichtet sind, sollten in die Simulationen mit "EROSION 2D" unbedingt mit einbezogen werden. Grund hierfür ist, dass sich die Reliefverhältnisse einzelner Profilinien völlig voneinander unterscheiden können und es daher sonst zu Fehlinterpretationen der Wirkung verschiedener Minderungsstrategien kommen kann.

Für das Beispiel "Schlag 110" wurden vom Betrieb drei kritische Bereiche hinsichtlich Erosion genannt (Abb. 1). Die Gefällerichtung der in Abbildung 4 auf dem Beispielsschlag eingezeichneten drei Profillinien ist annähernd gleich. Allerdings ist, im Gegensatz zur bisher betrachteten roten Profillinie, auf der Profillinie "grün a" die stärkste Hangneigung im Oberhangbereich gegeben (Abb. 4). Dementsprechend bietet es sich an, für diese Linie den Grünstreifen in den Oberhang zu legen.



Abbildung 15: Nettoaustrag bei Einrichtung eines Grünstreifen am Oberhang (Schlag 110, Profillinie "grün a" (s. Abb. 4), zweijähriges Niederschlagsereignis)

Hierzu ist die Reliefdatei für die neue Profillinie zu erstellen (s. Kapitel 3.2.1) und die Bodendatei "*Lu_KonvGruenKonv.sol*" zu laden. Die Bodendatei ist so zu verändern, dass der Grünstreifen die gewünschte Lage und Breite am Oberhang hat. Es ist zweckmäßig, hierzu das erste Segment einfach zu entfernen (vgl. Abb. 13). Hierdurch wird erreicht, dass der Grünstreifen das oberste Segment der Profillinie darstellt. Beim Einrichten eines Grünstreifens von 0 m bis zu 125 m (d.h. im Oberhangbereich) ergibt sich für das zweijährige Ereignis ein Bodenabtrag von 13,8 t*ha⁻¹ gegenüber 17,1 t*ha⁻¹ bei vollständiger konventioneller Bodenbearbeitung. Beim zehnjährigen Niederschlagsereignis senkt der Grünstreifen am Oberhang den Abtrag auf 69,5 t*ha⁻¹ gegenüber 85,6 t*ha⁻¹ bei weiterhin vollständiger konventioneller Bodenbearbeitung ohne Grünstreifen.

Zwar konnten die Offsite-Schäden durch die Anlage von Grünstreifen am Oberhang nicht vollständig vermieden werden, Doch ist mindestens eine Verringerung des Bodenabtrags auf der Ackerfläche selbst durch den Grünstreifen zu erzielen.

Ein generelles Problem bei der Lagebestimmung bzw. Verortung der Grünstreifen mit zweidimensionalen Programmen besteht darin, dass zwar die erosionsmindernde Wirkung entlang einer Profillinie dargestellt werden kann. Jedoch müssen bei der Umsetzung eines solchen Grünstreifen auf dem Schlag die gesamten Reliefverhältnisse berücksichtigt werden. So liegen bei dem in Abbildung 4 dargestellten Beispiel die rote und grüne (a) Profillinie in unmittelbarer Nachbarschaft. Laut Abbildung 14 wird aber für die rote Linie die Einrichtung eines Grünstreifens am Unterhang und laut Abbildung 15 für die Profillinie "grün a" am Oberhang vorgeschlagen. Dies dürfte in der Realität nur schwer umsetzbar sein.

4.3 KONSERVIERENDE BODENBEARBEITUNG

Eine weitere Minderungsstrategie stellt die konservierende Bodenbearbeitung dar. Durch Laden der Bodendatei ,*Lu_Kons.sol*" und dem Anpassen der Datei gemäß tatsächlicher Länge der Profillinie (vgl. **Kapitel 3.2.2, Abb. 6**), kann das Minderungspotenzial bei konservierender Bodenbearbeitung abgeschätzt werden.

Nach erfolgter Berechnung kann dass Ergebnis angezeigt werden. Die **Abbildung 16** zeigt das Ergebnis in grafischer Form. Demnach kann bei einem Niederschlagsereignis mit einer Wiederkehrzeit von 2 Jahren durch konservierende Bodenbearbeitung der Nettoaustrag vollständig verhindert werden.

Selbst bei einem Niederschlagsereignis mit einer zehnjährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit tritt ein Nettoaustrag von nur 1,7 t*ha⁻¹ auf (**Abb. 17**). Dies bedeutet eine drastische Verminderung des Nettoaustrages gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung um 120 t*ha⁻¹.







Abbildung 17: Nettoaustrag bei konservierender Bodenbearbeitung (Schlag 110, rote Profillinie, zehnjähriges Niederschlagsereignis)

5 BEWERTUNG DER EROSIONSMINDERNDEN MAßNAHMEN

Bezüglich der Erarbeitung eines schlagbezogenen Erosionsschutzkonzepts ist eine Zusammenstellung der verschiedenen bewerteten Minderungsmaßnahmen erforderlich. Diese dient als Entscheidungshilfe bei der Auswahl geeigneter Minderungsstrategien.

Für das Beispiel "Schlag 110" sind nachfolgend in der **Tabelle 2** die angewendeten Minderungsstrategien und deren Nettoaustragsreduzierungen der konventionellen Bodenbearbeitung gegenübergestellt.

	Abschätzung der Reduzier	rung des Nettoaustrages bei
Minderungsstrategie	zweijährigem Extremniederschlagsereignis	zehnjährigem Extremniederschlagsereignis
Konventionelle Bodenbearbeitung quer zum Hang	-36,2 %	-36,3 %
Grünstreifen zur Schlagunterteilung (Verortung nach Ein-/Austrag)	-70,4 %	+2,5 %
Grünstreifen am Unterhang (Verortung nach Ein-/Austrag)	-100 %	-62,2 %
Grünstreifen am Oberhang (stärkstes Gefälle auf alternativer Profillinie)	-19,3 %	-18,8 %
Konservierende Bodenbearbeitung	-100 %	-98,6 %

Tabelle 2: Abschätzung der Reduzierung des Nettoabtrages bei verschiedenen Minderungsstrategien gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung am Beispiel des Schlages 110

Nur durch die konservierende Bodenbearbeitung konnte, sowohl bei zweijährigen, als auch bei zehnjährigen Extremniederschlagsereignissen, die größte Reduzierung des Nettoaustrages erreicht werden. Der Vorteil dieser Strategie liegt darin, dass die Minderung des Nettoaustrages nicht durch Deposition des bereits von der Ackerfläche erodierten Materials im Bereich des Grünstreifens erzielt wird (wie bei Grünstreifen am Mittel- und Unterhang, s. Abb. 12 und 14), sondern dass der Bodenabtrag auf der Ackerfläche durch konservierende Bodenbearbeitung deutlich vermindert bzw. vollständig verhindert wird. Ein weiterer Vorteil der konservierenden Bodenbearbeitung besteht darin, dass der Einfluss verschiedener Hangrichtungen auf einem Schlag eine untergeordnete Bedeutung hat.

Demgegenüber muss bei Anwendung des zweidimensionalen Modells "EROSION 2D" zur Verortung der Minderungsstrategien "Konventionelle Bodenbearbeitung quer zum Hang", "Grünstreifen zur Schlagunterteilung", "Grünstreifen am Unterhang" und "Grünstreifen am Oberhang" unbedingt die Topografie des gesamten Ackerschlages mit berücksichtigt werden.

Aus diesen Betrachtungen heraus wird als <u>wichtige zu prüfende Minderungsmaßnahme die</u> <u>konservierende Bodenbearbeitung</u> empfohlen. Zusätzlich sollte zur Vermeidung von Offsite-Schäden bei stärkeren Niederschlagsereignissen in besonders gefährdeten Bereichen (z.B. Grenzlage zu einer Siedlung) mindestens die Anlage eines Grünstreifens am Unterhang im Rahmen der Erstellung des Erosionsschutzkonzeptes geprüft werden.

In den AfL-Bezirken Döbeln, Zwickau und Löbau wurden für erosionsgefährdete Ackerschläge in Beispielbetrieb Nettoaustragsabschätzungen jeweils einem für den Saatbettzustand bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung bei einem zehnjährigen Extremniederschlagsereignis mit "EROSION 2D" durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Simulation sind im Anhang C enthalten.

Anhang A

Bodendateien und Daten am Beispiel der Bodenartengruppe Lehmschluff

(Hinweis: Für alle sieben Bodenartengruppen wurden entsprechende Dateien erarbeitet. Diese Dateien für die Erosionsabschätzungen mit EROSION 2D liegen auf einer Diskette dieser Handlungsanleitung bei.)

Datei:	Lu_konv.s	ol			(konventionel	le Boden	bearb	eitung)							
DISTANZ 0,00 100,00	TON 0 15 0	SCHLUFF ,00 6 ,00 21 ,00 41	5,00 ,00 ,00	7,00 6,00 4,00	DICHTE 1320,00	CORG	1,50	ANFWG 30,00	EROD) 0,00021	RAUH	0,015	BEDCK	0,00	KORR	1,50
Datei:	Lu_Konvq	uer.sol			(konventionel	le Boden	bearb	eitung quer zu	um Hang)						
DISTANZ 0,00 100,00	TON 0 15 0	SCHLUFF ,00 6 ,00 21 ,00 41	5,00 ,00 ,00	7,00 6,00 4,00	DICHTE 1320,00	CORG	1,50	ANFWG 30,00	EROD) 0,00021	RAUH	0,032	BEDCK	0,00	KORR	1,50
Datei:	Lu_KonvG	ruenKonv.sol			(konventionel	le Boder	bearb	eitung und Gr	ünstreifen)						
DISTANZ	TON	SCHLUFF	SAND		DICHTE	CORG		ANFWG	EROD	RAUH		BEDCK		KORR	
0,00 40.00	0 15	,00 6 .00 21	5,00 .00	7,00 6.00	1320,00		1,50	30,00	0,00021		0,015		0,00		1,50
40,00	000	,00 41 ,00 6	,00 5,00	4,00 7,00	1100,00		2,50	30,00	0,10000		0,900	10	00,00		15,00
60,00	0	,00 21	,00	6,00 4,00			4 - 0								
60,00 100,00	0 15 0	,00 6 ,00 21 ,00 41	,00 ,00 ,00	7,00 6,00 4,00	1320,00		1,50	30,00	0,00021		0,015		0,00		1,50

Datei:	Lu_Ko	nvquer(GruenKonvque	er.sol		(konventionel	le Boden	bearb	eitung quer zu	im Hang und (Grünstre	ifen)			
DISTANZ	TON		SCHLUFF	SAND		DICHTE	CORG		ANFWG	EROD	RAUH		BEDCK	KORR	
0,00		0,00	6,00		7,00	1320,00		1,50	30,00	0,00021		0,032	0,00		1,50
40,00		15,00	21,00		6,00										
		0,00	41,00		4,00										
40,00		0,00	6,00		7,00	1100,00		2,50	30,00	0,10000		0,900	100,00		15,00
60,00		15,00	21,00		6,00										
,		0,00	41,00		4,00										
60,00		0,00	6,00		7,00	1320,00		1,50	30,00	0,00021		0,032	0,00		1,50
100,00		15,00	21,00		6,00			,	,	,		,	,		,
		0,00	41,00		4,00										
Lu_Kons	Lu_Ko	ns.sol				(konservieren	de Bode	nbear	beitung)						
DISTANZ	TON		SCHLUFF	SAND		DICHTE	CORG		ANFWG	EROD	RAUH		BEDCK	KORR	
0,00		0,00	6,00		7,00	1400,00		1,50	31,00	0,00430		0,023	30,00		10,00
100,00		15,00	21,00		6,00										
		0,00	41,00		4,00										
Datai:		neGruo	nKons sol			(konsorvioron	do Bodo	nhoar	boitung und G	rüpstraifan)					
Datei.	Lu_KU	ISGIUE	11/0115.501			(KUIISEI VIETEIT	ue boue	npear		runstrellen)					
DISTANZ	TON		SCHLUFF	SAND		DICHTE	CORG		ANFWG	EROD	RAUH		BEDCK	KORR	
0,00		0,00	6,00		7,00	1400,00		1,50	31,00	0,00430		0,023	30,00		10,00
40,00		15,00	21,00		6,00										
		0,00	41,00		4,00										
40,00		0,00	6,00		7,00	1100,00		2,50	30,00	0,10000		0,900	100,00		15,00
60,00		15,00	21,00		6,00										
		0,00	41,00		4,00										
60,00		0,00	6,00		7,00	1400,00		1,50	31,00	0,00430		0,023	30,00		10,00
100,00		15,00	21,00		6,00										
		0,00	41,00		4,00										

Anhang B Tabelle zur Erfassung der Reliefparameter

Datenblatt für Reliefparametereingabe

Schlag-Nr.:

Datensatz	x-Wert [m]	y-Wert [m]
	(Abstand zwischen Höhenlinien in m)	(Höhenwert der Höhenlinien in TK 10 ¹)
	$(1 \text{ cm in TK } 10^1 = 100 \text{ m})$	(Höhenabstand zw. Höhenlinien: 2,5 m)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

¹: TK 10: Topographische Karte 1:10.000 ²: HL: Höhenlinie

Anhang C-1 Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Döbeln

Schlag-	Bodenarten-	Profil-	Hang	Durchschnittliche	Abfluss	Abfluss	Abfluss-	Nettoaustrag	Nettoaustrag	Nettoaustrags-
Nr.	gruppe	linie	länge	Hangneigung	konventionell	konservierend	minderung	konventionell	konservierend	minderung
			[m]	[%]	[m ³ *m ⁻¹]	[m ³ *m ⁻¹]	[%]	[t*ha ⁻¹]	[t*ha⁻¹]	[%]
20-3	Lehmschluff	rot	250	12	1,846	0,056	96,97	42,69	0,051	99,88
		grün	325	10,8	2,363	0,072	96,95	54,655	0,061	99,89
20-4	Lehmschluff	rot	215	12,8	1,551	0,47	69,70	42,352	0,066	99,84
		grün	360	4,2	2,659	0,081	96,95	25,138	0,007	99,97
31-1	Lehmschluff	rot	70	14,3	0,517	0,016	96,91	25,778	0,068	99,74
31-2	Lehmschluff	rot	80	15	0,591	0,018	96,95	26,924	0,054	99,80
		grün	345	5,1	2,511	0,076	96,97	24,478	0,009	99,96
31-3	Lehmschluff	rot	160	6,3	1,182	0,036	96,95	25,763	0,015	99,94
		grün	310	2,7	2,29	0,07	96,94	29,585	0,012	99,96
31-4	Lehmschluff	rot	115	13	0,812	0,025	96,92	24,275	0,028	99,88
		grün	1050	2,9	7,755	0,236	96,96	48,642	0,018	99,96
32-1	Lehmschluff	rot	415	6,6	3,082	0,092	97,01	41,564	0,029	99,93
		grün	535	5,6	3,914	0,119	96,96	40,664	0,018	99,96
32-3	Lehmschluff	rot	230	9,8	1,699	0,052	96,94	37,673	0,031	99,92
		grün	555	6,8	4,062	0,124	96,95	39,563	0,018	99,95
33-1	Lehmschluff	rot	210	4,8	1,551	0,047	96,97	23,456	0,01	99,96
		grün	520	3,4	3,841	0,117	96,95	27,684	0,01	99,96
35-3	Lehmschluff	rot	270	8,3	1,994	0,061	96,94	30,083	0,007	99,98
		grün	1615	2,8	11,891	0,362	96,96	64,808	0,02	99,97
38-1	Lehmschluff	rot	525	5,2	3,841	0,117	96,95	45,412	0,018	99,96
		grün	485	3,1	3,545	0,108	96,95	29,134	0,009	99,97
39-4	Lehmschluff	rot	410	7,9	3,028	0,092	96,96	40,779	0,027	99,93
40-1	Lehmschluff	rot	360	6,9	2,653	0,081	96,95	31,56	0,011	99,97
		grün	670	5,6	4,948	0,151	96,95	51,911	0,02	99,96
41-1	Lehmschluff	rot	375	8,7	2,733	0,083	96,96	38,417	0,023	99,94
		grün	640	5,9	4,727	0,144	96,95	40,188	0,023	99,94











Anhang C-2 Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Zwickau

Schlag-	Bodenarten-	Profil-	Hang-	Durchschnittliche	Abfluss	Abfluss	Abfluss-	Nettoaustrag	Nettoaustrag	Nettoaustrags-
	gruppe	line	[m]	[%]	[m ³ *m ⁻¹]	[m ³ *m ⁻¹]	[%]	[t*ha ⁻¹]	[t*ha ⁻¹]	[%]
20	Lehmschluff	grün	525	4,8	5,996	2,929	51,15	88,042	1,275	98,55
21	Lehmschluff	arün	705	4.6	8.071	3.941	51,17	73.51	1.04	98,59
		rot	635	7,9	7,264	3,546	51,18	89,606	1,278	98,57
30	Lehmschluff	grün	490	6,1	5,65	2,758	51,19	58,038	0,833	98,56
		rot	265	4,2	2,988	1,467	50,90	43,468	0,633	98,54
40	Lehmschluff	grün a	375	8	4,266	2,083	51,17	109,584	1,634	98,51
		grün b	340	8,8	3,92	1,914	51,17	88,965	1,302	98,54
		rot	290	10,3	3,344	1,632	51,20	66,105	0,978	98,52
50	Lehmschluff	grün a	560	4,5	6,457	3,152	51,18	68,188	0,982	98,56
		grün b	425	5,9	4,843	2,364	51,19	61,46	0,895	98,54
		rot a	600	3,8	6,918	3,378	51,17	85,355	1,21	98,58
		rot b	645	3,9	7,38	3,603	51,18	95,665	1,348	98,59
53	Lehmschluff	grün	570	3,9	6,572	3,209	51,17	63,561	0,913	98,56
		rot	530	4,2	6,11	2,984	51,16	92,277	1,329	98,56
81	Lehmschluff	grün	430	6	4,958	2,421	51,17	87,413	1,263	98,56
		rot	320	9,6	3,69	1,801	51,19	76,375	1,143	98,50
82	Lehmschluff	grün	320	9,4	3,69	1,801	51,19	81,21	1,202	98,52
		rot	375	8	4,266	2,083	51,17	96,273	1,409	98,54
100	Lehmschluff	grün	545	3,4	6,226	3,04	51,17	60,424	0,861	98,58
		rot	265	4,2	2,998	1,464	51,17	46,817	0,686	98,53
101	Lehmschluff	grün	530	5	6,111	2,984	51,17	67,02	0,964	98,56
110	Lehmschluff	grün a	1045	3,9	11,992	5,854	51,18	85,577	1,196	98,60
		grün b	880	3,1	10,147	4,954	51,18	80,352	1,121	98,60
		rot	925	5,4	10,608	5,179	51,18	121,648	1,7	98,60
111	Lehmschluff	grün	1135	3,3	13,029	6,361	51,18	88,01	1,23	98,60
141	Lehmschluff	grün	1235	2,1	14,182	6,924	51,18	94,105	1,316	98,60
		rot	820	3,2	9,455	4,616	51,18	81,712	1,143	98,60
150	Lehmschluff	grün	645	7,4	7,38	3,603	51,18	97,692	1,385	98,58
161	Lehmschluff	grün	450	5,9	5,189	2,533	51,19	78,188	1,131	98,55
162	Lehmschluff	grün	275	3,6	3,113	1,52	51,17	52,826	0,774	98,53
		rot	145	6,4	1,614	0,788	51,18	43,36	0,649	98,50
180	Lehmschluff	grün a	235	8,5	2,652	1,295	51,17	54,966	0,812	98,52
		grün b	270	5,6	3,113	1,52	51,17	57,608	0,846	98,53
		rot a	670	7,1	7,725	3,772	51,17	129,643	1,835	98,58
		rot b	350	6,4	4,036	1,97	51,19	81,228	1,87	97,70
190	Lehmschluff	grün	605	5	6,918	3,378	51,17	106,754	1,519	98,58

























Anhang C-3 Betriebliche Erosionsschutzkonzepte Beispielbetrieb AfL Löbau

Schlag-	Bodenarten-	Profil-	Hang-	Durchschnittliche	Abfluss	Abfluss	Abfluss-	Nettoaustrag	Nettoaustrag	Nettoaustrags-
Nr.	gruppe	linie	länge	Hangneigung	konventionell	konservierend	minderung	konventionell	konservierend	minderung
			[m]	[%]	[m ³ *m ⁻¹]	[m ³ *m ⁻¹]	[%]	[t*ha ⁻¹]	[t*ha ⁻¹]	[%]
1	Lehmsand	grün	575	8,7	5,834	0	100,00	5,952	0	100,00
2	Lehmsand	grün	975	7,7	9,927	0	100,00	6,176	0	100,00
		rot	540	8,3	5,526	0	100,00	4,82	0	100,00
3	Lehmschluff	grün	330	6,1	2,681	0,173	93,55	34,673	0,032	99,91
		rot	640	5,5	5,199	0,336	93,54	40,399	0,035	99,91
4	Lehmschluff	grün	850	4,4	6,906	0,446	93,54	56,217	0,053	99,91
		rot	200	5	1,625	0,105	93,54	22,242	0,015	99,93
5	Lehmschluff	grün	235	4,3	1,869	0,121	93,53	28,122	0,029	99,90
6	Lehmschluff	grün	400	4,4	3,25	0,21	93,54	36,491	0,036	99,90
7	Lehmschluff	grün	155	6,5	1,219	0,079	93,52	28,893	0,043	99,85
8	Lehmschluff	grün	395	3,8	3,168	0,205	93,53	33,93	0,032	99,91
9	Lehmschluff	grün	275	11,8	2,194	0,142	93,53	34,926	0,036	99,90
10	Lehmschluff	grün	180	8,3	1,462	0,094	93,57	27,879	0,029	99,90
12	Lehmschluff	grün	450	5	3,656	0,236	93,54	34,043	0,033	99,90
		rot	355	6,3	2,843	0,184	93,53	36,723	0,04	99,89
13	Lehmschluff	grün	400	5,5	3,25	0,21	93,54	38,059	0,031	99,92
14	Lehmschluff	grün	330	4,5	2,681	0,173	93,55	29,612	0,027	99,91
		rot	165	4,5	1,3	0,084	93,54	21,734	0,019	99,91
17	Lehmschluff	grün	610	3,7	4,656	0,32	93,13	36,556	0,033	99,91
		rot	360	4,9	2,925	0,189	93,54	32,603	0,03	99,91
19	Lehmschluff	grün	225	4,4	1,787	0,115	93,56	26,129	0,026	99,90
		rot	80	6,3	0,65	0,042	93,54	18,87	0,029	99,85





