

**Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung starker Erosionsschäden im
Jahr 2007 in der Gemarkung Radewege und Ableitung von Empfehlungen
(Agrarforschungsprojekt)**



Gefördert aus Landesmitteln durch das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und
Verbraucherschutz (MLUV) Brandenburg



Bearbeiter: Dr. Detlef Deumlich, Institut für Bodenlandschaftsforschung,
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Müncheberg

Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung starker Erosionsschäden im Jahr 2007 in der Gemarkung Radewege und Ableitung von Empfehlungen (Agrarforschungsprojekt)

(Schutz der wasserwirtschaftlichen Anlage „Russengraben“ durch Verbau von Erosionsgräben und Minimierung künftiger Schäden durch Wassererosion)

Kurztitel "*Gullyerosion-Radewege*"

Erosionsgräben auf einem Schlag der Brielower Agrargesellschaft mbH in der Gemarkung Radewege, Schlag 40 (Klinkerstr. links)

1. Veranlassung	3
2. Ziel	3
3. Methode:.....	3
3.1 Arbeitsablauf	3
3.2 Modellierung	3
3.3 Daten	5
3.3.1 Wetterdaten	6
3.3.2 Boden- und Geologische Daten.....	6
3.3.3 Aufbereitung der ALK-Folie 42.....	7
3.3.4 Aufbereitung der MMK	7
3.3.5 Topografische Verhältnisse.....	7
3.3.6 Nutzungsinformationen	7
3.4 Feldarbeiten	7
3.4.1 Kartierung.....	7
3.4.2 Bodenuntersuchung	7
3.5 Fotodokumentation.....	9
4. Ergebnis.....	9
4.1 Historie des „Russengrabens“	9
4.2 Standortverhältnisse	10
4.2.1 Boden und Gelände	10
4.2.2 Witterung und Starkregen	15
4.2.2.1 Starkregensbewertung.....	18
4.3 Landnutzung.....	24
4.4 Topografie	24
4.5 Ursachenidentifikation der extremen Erosionserscheinungen	25
4.6 Resultate der Erosionssimulation	29
4.6.1 Worst Case-Simulation	29
4.6.2 Best Case	32
4.6.3 Resultate der Simulation für das Einzugsgebiet an der L 981	33
4.7 Vergleich der Modellergebnisse mit vorliegenden Datenquellen	35
4.8 Planung Grabenverbau	38
4.9 Was lehrt der Schadensfall? – Geplant und stufenweise handeln!.....	39
4.10 Kostenabschätzung des Schadensfalles.....	40
5 Zusammenfassung:.....	41
Literatur:.....	43
Anlage 1	44

1. Veranlassung

Im Vordergrund der Gefahrenabwehr bei Bodenerosion standen bisher acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen. Damit konnte das Ausmaß der Erosion in der Regel begrenzt werden. Wassererosion wird durch vielfältige Faktoren beeinflusst, wobei das Schadensausmaß durch das Zusammentreffen mehrerer Faktoren bis hin zu „Worst Case-Situationen“ (schlimmster anzunehmender Fall) zunehmen kann.

Im Jahr 2007 erreichte die Häufigkeit von Starkregen in Brandenburg einen neuen Rekord. Die in allen Regionen Brandenburgs sichtbare Bodenerosion war bislang in dieser Quantität und vom Schadensumfang unbekannt.

An der Beseitigung extremer Onsite-Schäden (auf der Agrarfläche selbst) wurde bisher in Deutschland nicht wissenschaftlich gearbeitet. Es liegen deshalb kaum Erfahrungen zum Verbau von größeren Erosionsgräben bei gleichzeitiger Sicherung der Bewirtschaftbarkeit der Agrarflächen vor.

2. Ziel

Am Beispiel nach Art und Umfang besonders starker Erosionsschäden in der Gemarkung Radewege sollen im Pilotprojekt Erkenntnisse und Erfahrungen zum Verbau von Erosionsgräben innerhalb von Ackerflächen und zum Erlernen von Maßnahmeplanungen zur Sanierung der Erosionsschäden mit dem Ziel der Wiederherstellung der Bearbeitbarkeit und Bodenfunktionalität sowie zum Schutz benachbarter Anlagen gesammelt werden. Die Maßnahmen dienen auch der Minderung diffuser Stoffeinträge in die Havel.

Die Erkenntnisse sollen so aufbereitet werden, dass sie für ähnliche Fälle nachgenutzt werden können. Das öffentliche Interesse an der Nachnutzung der Ergebnisse ist erheblich und dürfte aufgrund der Prognosen über zahlenmäßige und in der Intensität zunehmende Erosionsereignisse noch anwachsen (IPCC-Szenarien, Weltklimarat, 2007).

3. Methode:

Durch starke Erosionsschäden betroffen wurden mehrere Ackerflächen der Brielower Agrargesellschaft mbH in der Gemarkung Radewege, insbesondere Schlag 40 (Klinkerstr. links) und Schlag 63 (Konsumweg rechts) am nördlichen Siedlungsrand von Radewege.

Das Projekt ist auf Schlag 40 konzentriert, seine Resultate sind aber auch darüber hinaus in der Region nutzbar.

3.1 Arbeitsablauf

Ortsbegehung – Schadensbesichtigung

Ursachenidentifikation

Projektvorbereitung

Projektstart 1.11.2007 (vorzeitiger Maßnahmebeginn 25.10.2007)

Geplantes Projektende 30.09.2008

3.2 Modellierung

Die eingetretenen Erosionsschäden sollten modellgestützt nachsimuliert werden, um daraus Erkenntnisse über Ursachen, Wiederkehrwahrscheinlichkeit sowie Nutzungsalternativen zu gewinnen.

Landwirtschaftliche Nutzung der Böden erfordert die Pflanzendecke in Abständen zu beseitigen und zu ersetzen. Damit wird der Schutz der Böden vor dem unmittelbaren Angriff von Wasser zeitweise unterbrochen. Bodenerosion kann als Folge dieses Eingriffes zur Verlagerung von Bodenmaterial und damit zur Beeinflussung angrenzender Ökosysteme führen. Um diese sporadischen Ereignisse abzubilden, wurden Modelle entwickelt, die die wichtigsten Einflussfaktoren in ihrer Kombination integrieren. Zur Abschätzung der Erosion und dadurch verursachter Frachten wurde EROSION-3D, ein im Freistaat Sachsen in der landwirtschaftlichen Beratung eingesetztes Modell, ausgewählt.

EROSION-3D ist ein physikalisch begründetes, ereignisbezogenes Simulationsmodell zur Beschreibung der Wassererosion, des dadurch verursachten Feststofftransportes und des möglichen Eintrages in das Gewässernetz. Es ist bis zu einer Flächengröße von ca. 400 km² anwendbar (v. Werner 2005). Das Modell berechnet zunächst Menge und Verteilung (Fließrichtung) des Oberflächenabflusses sowie die Neigung und Exposition der überströmten Geländeoberfläche. Im zweiten Schritt wird die Loslösung der Bodenpartikel infolge Überströmung der Bodenoberfläche und Aufprall der Tropfen berechnet. Die von außen an den Bodenpartikeln angreifenden Strömungskräfte werden mit den Beharrungskräften verglichen (Kohäsion, Schwerkraft). Sind die angreifenden Kräfte größer setzt Erosion ein. Im umgekehrten Fall verhält sich die überströmte Oberfläche stabil (keine Erosion). Im dritten Schritt wird der hydraulische Transport der Partikel mit der oberflächenparallelen Strömung und deren Deposition bzw. Eintrag in das Gewässernetz modelliert.

Zur Kennzeichnung der Relief-, Niederschlags- und Bodenverhältnisse setzt EROSION-3D die Kenntnis folgender standortbezogener Kenngrößen voraus: x, y, z-Koordinaten der Ausgangsoberfläche, Niederschlagsdauer und -intensität, Körnung, Lagerungsdichte, Gehalt an organischer Substanz, Anfangswassergehalt, Erosionswiderstand, Oberflächenrauigkeit und Bedeckungsgrad. Die Einflüsse der Bodennutzung und -bewirtschaftung werden über die Parameter Erosionswiderstand, Oberflächenrauigkeit und Bedeckungsgrad abgebildet. Für eine Vielzahl möglicher Bewirtschaftungsvarianten liegen die entsprechenden Parameter tabellarisch vor (Schmidt et al. 1996).

Im Ergebnis werden Rasterfiles der Erosion und Deposition, des kumulierten Abflusses, der Sedimentmengen, der -konzentration, der Ton- und Schluffanteile im Sediment sowie abflussrelevante Parameter bereitgestellt.

Die Wassererosion ist kein kontinuierlicher Prozess. Sie ist das Ergebnis von Einzelereignissen und der zum Eintrittszeitpunkt herrschenden aktuellen Bedingungen. Aufgrund der Vielzahl zeitlich variierender Faktoren sind die Ereignisse nicht unmittelbar miteinander vergleichbar. Simuliert wurden deshalb verschiedene Szenarien, die typische Bedingungen innerhalb des Jahres repräsentieren. Ausgewählt wurden die Zustände Mitte Mai und Anfang August, um den üblicherweise ungünstigsten und günstigsten Bodenbedeckungsgrad durch Feldfrüchte im Falle auftretender Starkregen zu repräsentieren.

Die Szenarien decken damit den Bereich zwischen „Worst Case“ und „Best Case“ ab. Ausgangsbasis sind stets hohe bzw. maximale Anfangswassergehalte. Der „Worst Case“ unterstellt die Situation, dass auf sämtlichen Ackerflächen Mais bestellt ist und Ende Mai ein Starkregen mit der Wiederkehrswahrscheinlichkeit von 1 % eintritt (einmal in 100 Jahren, Abbildung 1). Der gegenübergestellte „Best Case“ unterstellt auf allen Flächen Getreide unter Nutzung konservierender Bodenbearbeitung für den gleichen Regen Anfang August. Als zweiter Modellregen wurde ein Niederschlag hoher Wiederkehrswahrscheinlichkeit ausgewählt, um gegensätzliche Starkregen zu vergleichen (Abbildung 2).

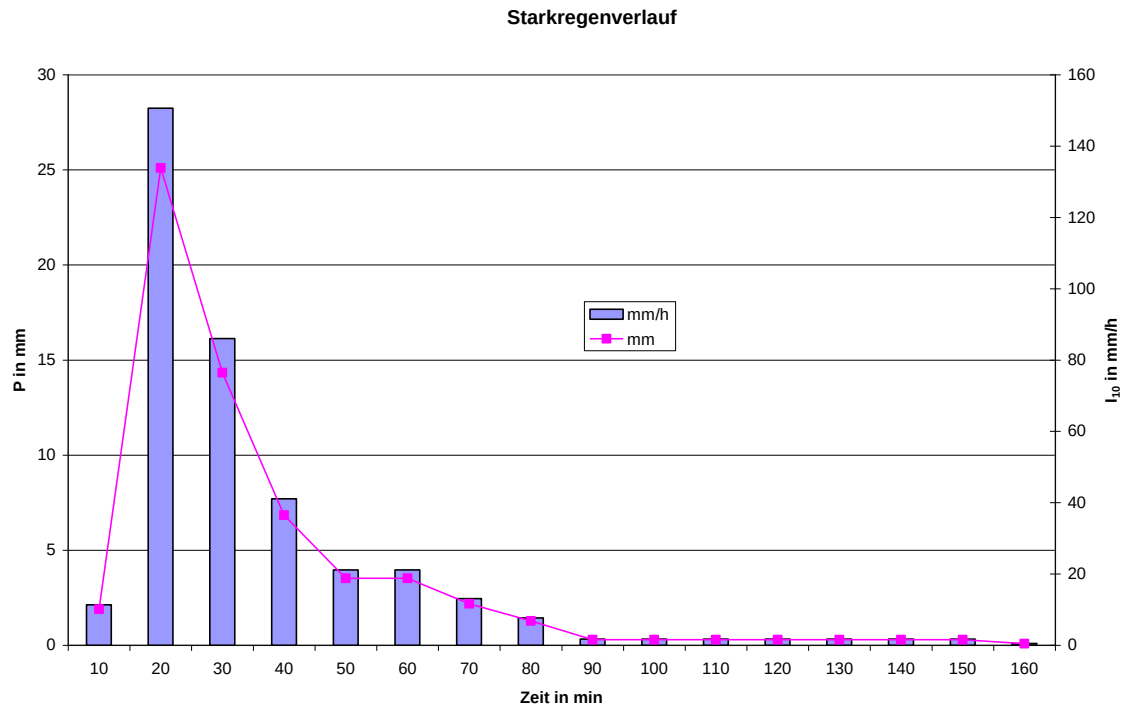


Abbildung 1: Modellregen geringer Jährlichkeit

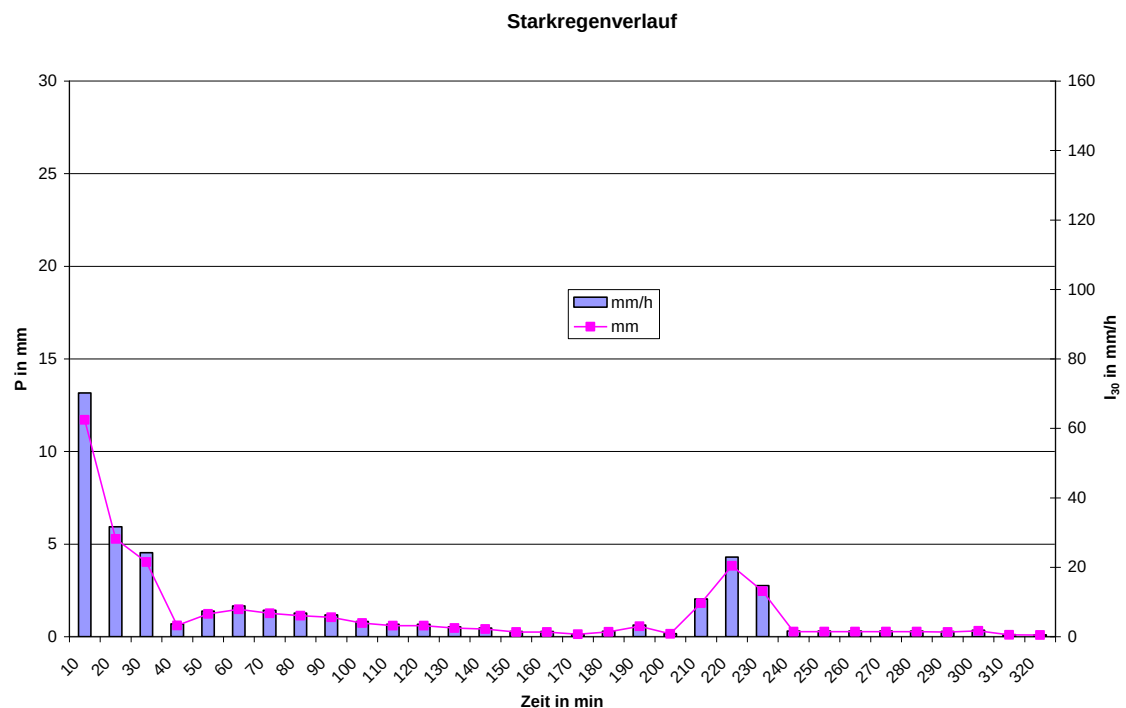


Abbildung 2: Modellregen hoher Jährlichkeit

3.3 Daten

Zur Identifikation der Ursachen von Erosionsereignissen sind Daten zur Hydrometeorologie, zum Boden, zur Geologie, zu topografischen und hydrologischen Bedingungen, der aktuellen und historischen Nutzungsstruktur sowie zu den angebauten Fruchtarten erforderlich.

Unter Nutzung von GIS (ESRI-ArcInfo, ArcView 3,2) wurden die Daten aufbereitet und visualisiert.

3.3.1 Wetterdaten

Der Deutsche Wetterdienst, Abtlg. Hydrometeorologie, wurde mit der Erstellung eines Gutachtens zur „Analyse der hydrometeorologischen Verhältnisse in Bezug auf das Auftreten von Starkniederschlag am Pfingstwochenende 2007 und an weiteren Tagen des Jahres 2007 im Raum Brielow“ beauftragt. Er lieferte außerdem für die interessierenden Starkregenereignisse 10-Minutenwerte nahegelegener DWD-Stationen (Abbildung 3):

Entfernung von Brielow →	Potsdam (DWD)	36 km Luftlinie
	Genthin (DWD)	27 km Luftlinie
	Brandenburg-Görden (DWD)	7,4 km Luftlinie
	Paulinenaue (ZALF)	24 km Luftlinie

Aus weiteren im ZALF verfügbaren Daten konnten die Tageswerte der DWD-Station Brandenburg-Görden genutzt werden. Regionale Tageswerte des Niederschlags stammen aus Messdaten in Radewege (Ullrich, pers. Mitt.).

Aus der ZALF-Wetterstation Paulinenaue konnten ebenfalls Informationen zum Niederschlagsverlauf gewonnen werden. Alle Daten wurden soweit möglich aufbereitet, um die maximalen Intensitäten in 10 sowie 30 Minuten, Menge, Beginn und Andauer zu ermitteln. Als ein Ereignis wird nach der DIN 19708 (Allgemeine Bodenabtragungsgleichung, ABAG) aller Regen betrachtet, der weniger als 6 h voneinander entfernt ist (Schwertmann et al. 1990).

Detaillierte vor-Ort-Meßdaten existieren leider nicht, so dass versucht werden muss, ein annähernd realistisches Abbild der Starkregen aus den vorliegenden Informationen zu erhalten.



3.3.2 Boden- und Geologische Daten

Die digitalen Kartenwerke Bodenübersichtskarte 1:300.000 (BUEK300, Landesamt für Geowissenschaft und Rohstoffe Brandenburg (LGRB)), Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung 1:100.000 (MMK) und die ALK-Folie42 (Bodenschätzung-Stand 12/2007,

Bereitstellung durch GIS-Zentrale des Landesumweltamtes Brandenburg (LUA)) liefern relevante Informationen zu den Bodenbedingungen.

Die Geologische Karte 1:25.000 Kartenblatt 3541 und 3441 konnte als TIFF-Bild als weitere Informationsquelle genutzt werden (LGRB).

3.3.3 Aufbereitung der ALK-Folie 42

Aus dem Feld INFOTEXT der Datenbank des <kf_folie42.shp> wurde das Klassenzeichen nebst Zustandsstufe entsprechend DIN 19708 gefiltert und die Kopplung der Bodendaten für das Erosionsmodell „EROSION-3D“ an das jeweilige Klassenzeichen unter Verwendung des Parameterkatalogs realisiert (Schmidt et al. 1996).

3.3.4 Aufbereitung der MMK

Die MMK findet im ZALF in der Digitalisierung der 1980er Jahre in der Bearbeitungsversion von 2001 Anwendung (BGR, 1995). Am ZALF wurden Parameterdatensätze zur Nutzung des Erosionsmodells EROSION-3D für die 99 Substratflächentypen (SFT) basierend auf der Profil-Datenbank (PRODAT) bestimmt und bereits in vorangegangenen Studien genutzt. Auch nach Einsatz der MMK im Original verbleiben nicht mit Bodendaten abgedeckte Areale. Deshalb wurde die extrapolierte MMK (Böhm et al. 2008, in print) für jene Flächen verwendet.

3.3.5 Topografische Verhältnisse

Das Digitale Geländemodell mit 25-m-Kantenlänge (DGM25) der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) in der Bearbeitung des LGRB Brandenburg war bereits am ZALF mit zugehöriger Nutzungsvereinbarung verfügbar.

Im Rahmen des Projekts wurde durch das LUA, GIS-Zentrale, in Zusammenarbeit mit der LGB eine Laserscan-Befliegung zur Erzeugung eines hoch aufgelösten DGM1 beauftragt und 08/2008 fertig gestellt an das ZALF geliefert.

3.3.6 Nutzungsinformationen

Orthofotos zur aktuellen Landnutzung (DOP040_333-817, DOP040_328-817) wurden neben den Shape-Files der Feldblöcke Stand „InVeKoS-Antrag 2007“ inklusive der Schlaggeometrien vom MLUV, Zahlstelle, überlassen. Daten der DTK25 stehen dem ZALF vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt a.M. (BKG) zur Verfügung.

Anbaudaten auf Betriebsebene wurden aus AgroView 2007 von der Brielower Agrargesellschaft mbH bereitgestellt.

3.4 Feldarbeiten

3.4.1 Kartierung

Unter Verwendung eines GPS-Geräts von GARMIN wurden Lage und markante Punkte des Erosionssystems ermittelt und später in GIS übertragen. Bodenabtrags- bzw. Akkumulationsvolumina im Bereich des Grabensystems wurden vermessen.

3.4.2 Bodenuntersuchung

EM38DD: Das BLF-EM38 wurde nach dem Verbau der Erosionsgräben am 21.2. und 11.3.2008 genutzt, um Bodenunterschiede zu detektieren.

Die EM38-Leitfähigkeitskartierung (Mc Neill 1980) ist ein minimal invasives geophysikalisches Messverfahren zur Bestimmung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens. Je nach Messmodus des Gerätes können integrativ Bodentiefen bis etwa 75 und 150 cm erfasst werden. Im Vertikalmodus wird eine Bodentiefe bis etwa 150 cm erfasst, der Horizon-

talmodus ist oberflächennah besonders sensitiv. Eine Entwicklungsvariante des Gerätes ist das EM38DD, bei dem zwei Geräte so gekoppelt sind, dass beide Modi zeitparallel arbeiten. Messprinzip ist die Erfassung des Magnetfeldes, das durch eine Sendespule (Primärfeld) in



Abbildung 4: EM38DD

den Boden induziert wird. Dieses Feld wird durch die elektrische Leitfähigkeit des Untergrundes beeinflusst. Das entstehende Sekundärfeld wird mit einer Empfänger-spule gemessen. Aus der Veränderung des Magnetfeldes wird die elektrische Leitfähigkeit berechnet (Spulenabstand 1 m, Messfrequenz 14,6 kHz). Das Gerät wird üblicherweise auf einem Schlitten direkt auf der Bodenoberfläche entlang der Fahr- und Pflegespuren des entsprechenden Bestandes bodennah über das Feld gezogen (Abbildung 4). Wahlweise können natürlich auch engere Spurabstände gefahren werden, um kleinräumige Strukturen und Variationen besser zu erfassen. Praktische

Erfahrungen und Gerätetests sind verfügbar (Sudduth et al. 2001, Dabas und Tabbagh 2003, Lück 2000, 2002). Die Fahrgeschwindigkeit beträgt etwa 2 m/s. Erfasst werden die geographische Position mit einem GPS sowie 10 Messwerte der elektrischen Leitfähigkeit pro Sekunde. Die Messwerte der elektrischen Leitfähigkeit werden auf eine einheitliche Bodentemperatur von 25 °C korrigiert (Domsch und Giebel 2004).

Nach einer Semivariogrammberechnung erfolgt die flächenbezogene Interpolation der gemessenen Leitfähigkeitswerte mittels Krigingverfahren. Daraus entstehen horizontale Verteilungskarten der elektrischen Leitfähigkeit im Feldmaßstab, die zur Beschreibung der Bodenheterogenität genutzt werden können.



Abbildung 5: BLF-Rammkernsonde

Rammkernsondierung: Die Böden wurden unter Nutzung einer Rammkernsonde (Abbildung 5) am 19.06.08 bis maximal 2 m Tiefe horizontweise bodenkundlich angesprochen und anschließend auf ausgewählte Parameter im Labor untersucht. Die Bohrpunkte (Abbildung 6) waren nach Analyse der EM38DD-Messung und Studium der Bodenkarten so gewählt worden, dass möglichst repräsentative Informationen bereitgestellt werden. Der Bodenprobenentnahme und der Probenbehandlung liegen folgende Normen, Richtlinien und Merkblätter zugrunde: Bodenkundliche Kartieranleitung 5, (ad-hoc AG Boden, Hannover 2005); DIN ISO 11464 (Probenvorbehandlung), DIN ISO 11277 (Texturanalyse), DIN ISO 10694, DIN ISO 13878 (Entwurf), Methodenbuch Band1; Die Untersuchung von Böden, (VDLUFA-Verlag, Darmstadt 4. Auflage 1991).

Untersucht wurden Korngrößen, Bodendichte, Corg – und CCaCO₃ sowie Makronährstoffe entsprechend vorab am Profil ermittelter

Ergebnisse. Die Daten wurden tabellarisch in EXCEL abgelegt. Für alle Bohrpunkte wurden die Koordinaten mit GPS-GARMIN erfasst.

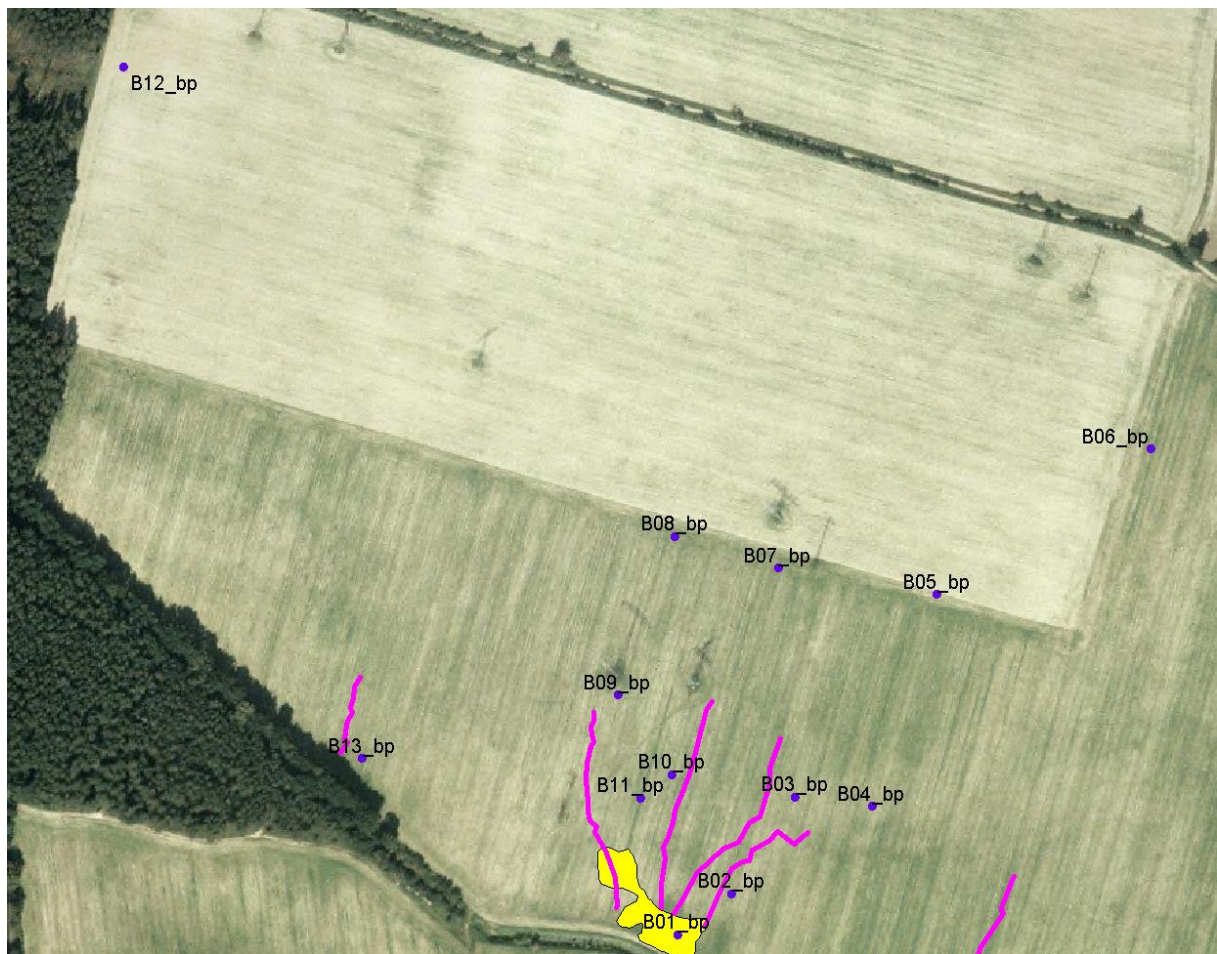


Abbildung 6: Lageübersicht der Rammkernbeprobung, Orthofoto ca. 1999-2001

3.5 Fotodokumentation

Von Anbeginn der Standortbegehungen erfolgten Fotodokumentationen. Neben eigenen Aufnahmen zu ausgewählten Zeitpunkten wurden vom Landwirt aktuelle Fotos zur Verfügung gestellt. Ein Hobbyflieger fotografierte die Erosionssysteme auf Bitte. Der Grabenverbau wurde von der Fa. H&K-Gartendesign in Videosequenzen und Bilddokumenten festgehalten.

4. Ergebnis

4.1 Historie des „Russengrabens“

Der „Russengraben“ wurde 1917 als Vorflut zur Regulierung des Marzahner Fenns von russischen Kriegsgefangenen künstlich geschaffen, umfasst ca. 600 m Rohrleitung im Bereich einer Höhenrückendurchquerung, ein Grabenteilstück im Bereich einer flachen Senke bis nach Straßenquerung L981 und mündet dann in den Beetzsee (Abbildung 7 und Abbildung 8).

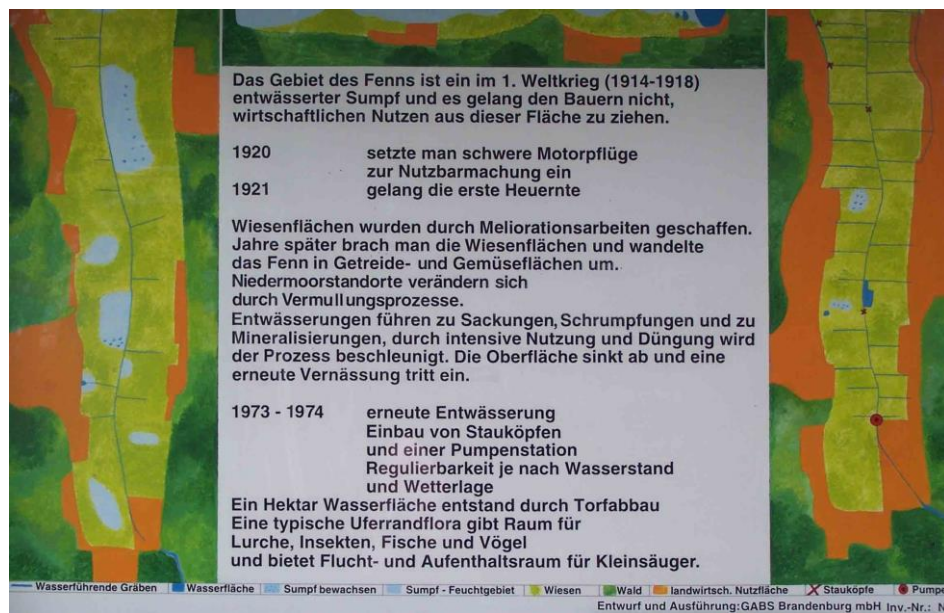


Abbildung 7:
**Geschichte von Mar-
zahner Fenn und
Entstehung des “Rus-
sengrabens”**



Abbildung 8:
**Lage des “Rus-
sengrabens”**

4.2 Standortverhältnisse

4.2.1 Boden und Gelände

Das Schadensareal liegt in Nachbarschaft zum Marzahner Fenn. Das Fenn wird als Zungenbecken mit umgebenden Moränen typisiert, an seinem südlichen Ende befindet sich eine Stauchendmoräne des Brandenburger Stadiums („W1“), der „Schwarze Berg“ (bis in das 16. Jh. als Weinberg genutzt, (Gemeinde Beetzsee, 2007)). Am nördlichen Ende des Fenns liegen Talsande mit spätglazialen Dünen im Mittelabschnitt des weiter in NNO-Richtung verlaufenden Zungenbeckens. Die umliegenden Grundmoränenplatten sind zum Teil von Talsanden durchquert (Abbildung 9).

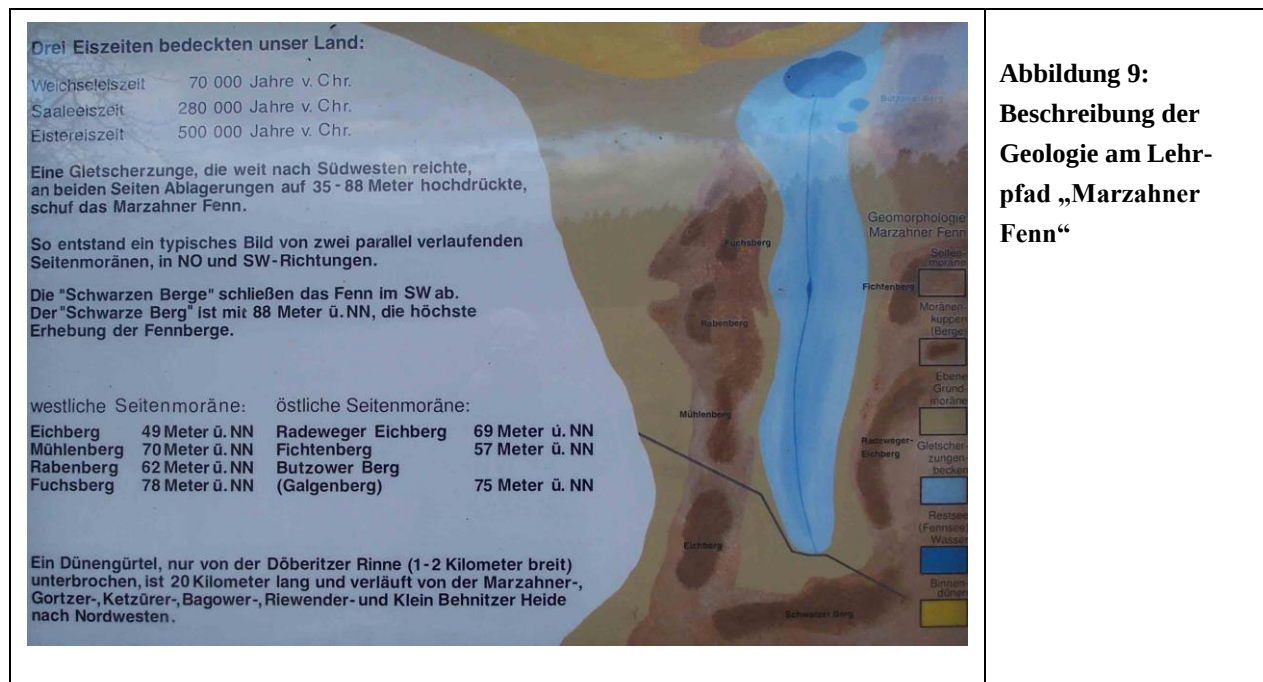


Abbildung 9:
Beschreibung der
Geologie am Lehr-
pfad „Marzahner
Fenn“

Der betroffene Maisschlag im Bereich des „Russengrabens“ ist nach der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) überwiegend als D3a-Standorte der „welligen Platte“ mit pseudovergleyten Fahlerden aus Sand über Lehm mit Braunerden aus Sand in den Randbereichen, die z. T. tief von Lehm unterlagert sind (Geologie: Grundmoräne) ausgewiesen. D1a-Standorte der „flach welligen Platte“ (Geologie: übersandete Grundmoräne) befinden sich im Randbereich des Schlages.

Orientierende 1m-Bohrstock-Sondierungen während der Flächenbegehung am 23.8. weisen Lehme in unterschiedlichen Tiefen, zwischen 30 cm unter Bodenoberfläche bis 110 cm unter Bodenoberfläche beginnend aus. Am 23.8. waren die darüber liegenden Bodenhorizonte nahezu bzw. vollständig mit Wasser gesättigt. Gegen Abend trat ein Starkregen ein (Tabelle 4).

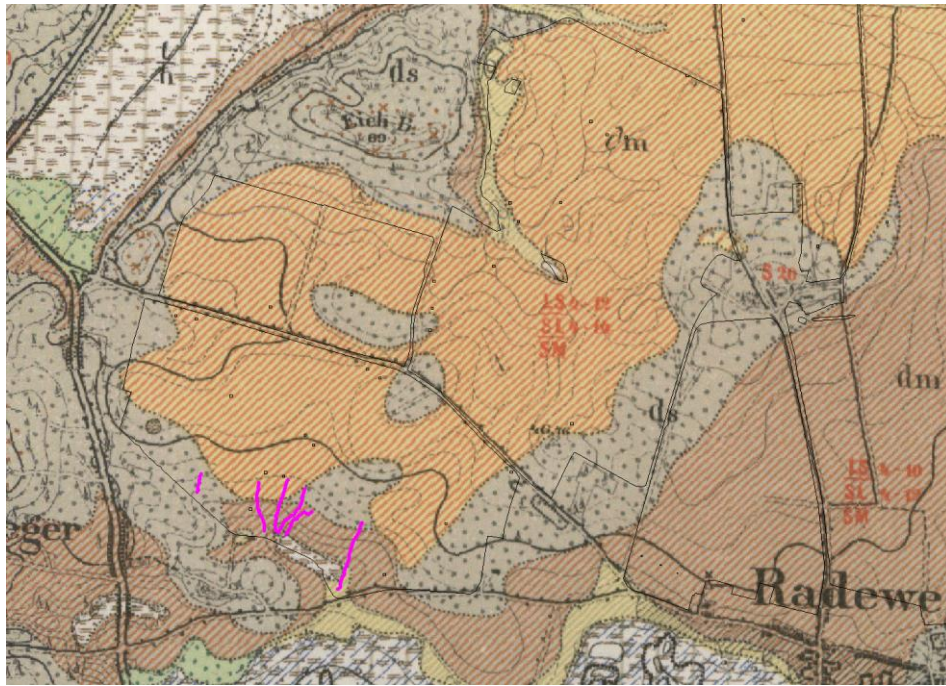


Abbildung 10:
Geologische Karte
(GK25) für das Be-
trachtungsareal

In der GK25 wird das Areal als: vorherrschend Grundmoräne mit verschiedenen mächtigen Decksanden über Geschiebelehm und Geschiebemergel (Lehmsand - LS 2-12¹ über Sand-lehm – SL 4-16 über Sandmergel – SM) und diluvialer Sand in Schwemmfächern und -rinnen (Sand - S 20) beschrieben (Abbildung 10). Der geologische Befund wird durch die Ergebnisse der EM38DD-Messung und der Rammkernbeprobung bestätigt (Abbildung 11 und Abbildung 13). Der Pflughorizont besteht überwiegend aus schwach schluffigem Sand (Su2), was auf eine hohe Wasser- und Winderosionsgefährdung deutet (Verschlammungsneigung, Auswehungsgefährdung). Obwohl die elektrische Leitfähigkeit des Bodens von den elektrisch leitfähigen Bodenbestandteilen bestimmt wird, deutlich sensibler in gut leitenden Strukturen ist, und im Bereich niedrigerer Leitfähigkeiten ein größeres Geräterauschen zu berücksichtigen ist, zeichnen tiefgründig sandige ebenso wie lehmunterlagerte Areale besonders gut.

¹ lies: 2-12 dm mächtig

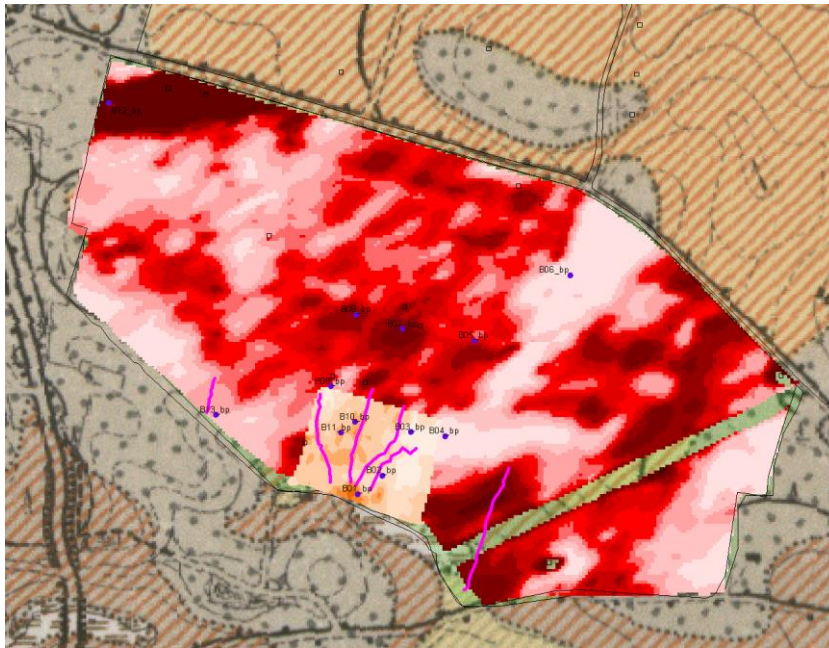


Abbildung 11:
EM38DD-
Meßergebnisse über
GK25

Die ALK-Folie 42 (Bodenschätzung) wird durch die EM38DD-Messung auch annähernd bestätigt. Die digitalen Messwerte können zur flächenmäßigen Präzisierung dienen (Abbildung 12).

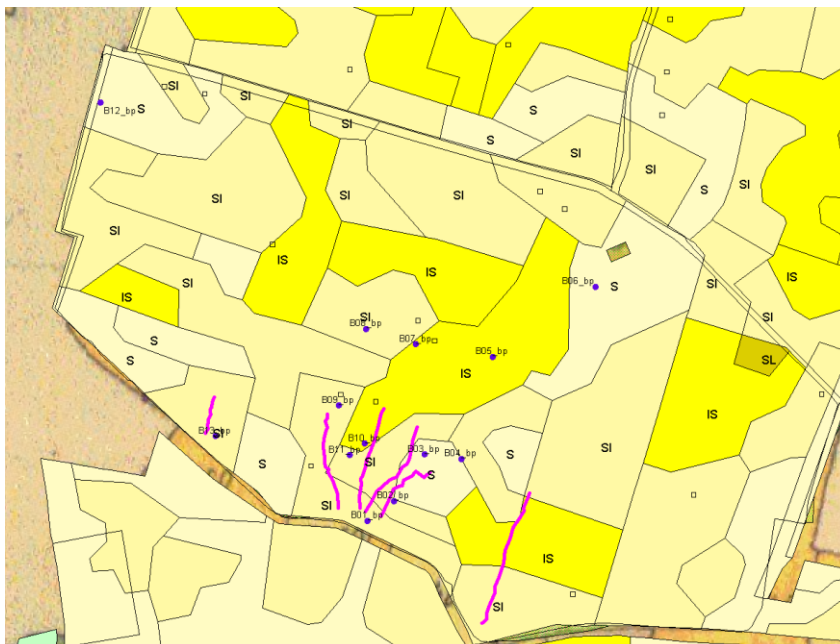


Abbildung 12:
Bodenarten der Bo-
denschätzung



GNn

IBB

yIBB

BBn

yLL-BB

BBn

LFn

LFd

LFn

LFn

Profil-Nr.	47 Bodentyp	BOSYS_AGG	54 Bodensubstrattyp	SUBSYS1	T1	SUBSYS2	T2	SUBSYS3	Bodentyp-lang
Brie_B1	GNn	GN	p-(k)s//f-Fm	p-(k)ls	//	fl-Fmu	///	og-Hn	Naßgley
Brie_B10	LFn	LF	p-(k)s/g-(k)l	p-(k)ls	/	gm-(k)sl	//	gm-(k)esl	Fahlerde
Brie_B11	LFn	LF	p-(k)s/g-l	p-(k)ls	/	gm-ll			Fahlerde
Brie_B12	RQn	RQ	p-s//f-s	p-ss	//	f-ss			Regosol
Brie_B13	LL-BB	BB	p-(k)s	p-(k)ls					Parabraunerde-
									Braunerde
Brie_B2	IBB	BB	p-(k)s//f-(k)s	p-(k)ls	//	fg-(k)ss			lessivierte
									Braunerde
Brie_B3	yIBB	BB	p-(k)s//f-(k)s	p-(k)ls	/	fg-ss			kolluvial beeinfl.
									Braunerde
Brie_B4	BBn	BB	p-(k)s//f-(k)s	p-(k)ls	/	fg-(k)ss			Braunerde
									kolluvial beeinfl.
Brie_B5	yLL-BB	BB	p-(k)s//g-(k)l	p-(k)ls	//	gm-(k)sl			Parabraunerde-
									Braunerde
Brie_B6	BBn	BB	p-(k)s	p-(k)ss					Braunerde
Brie_B7	LFn	LF	p-(k)s/g-(k)l	p-(k)ls	/	gm-(k)sl	//	gm-esl	Fahlerde
									Bänder-
Brie_B8	LLd	LL	p-(k)s	p-(k)ls	/	p-cls	/	p-ss	Parabraunerde
Brie_B9	LFn	LF	p-(k)s/g-l	p-(k)ls	/	gm-ll	//	gm-esl	Fahlerde



LFn

RQ

LL-BB

Abbildung 13: Bohrprofile auf Schlag 40 (s. a. Anlage 1 Tabelle 21)

4.2.2 Witterung und Starkregen

Im Gutachten des DWD wird die spezielle Starkregensituation 2007 um Brielow/Radewege analysiert und eingeordnet: (Methodik zum aml. Gutachten in Anlage 1):

„Für die hydrometeorologischen Aussagen auf der Basis von Monatswerten und Tageswerten der Niederschlagshöhe im Zeitraum Januar 1951 bis September 2007 wurde die lange Zeitreihe an der für das betrachtete Gebiet repräsentativen DWD-Station Rathenow (von 11/2003 bis 02/2004 ergänzt mit Bensdorf-Woltersdorf) herangezogen. Aus der Tabelle 1 gehen die Beträge der maximalen Niederschlagssumme je Kalendermonat, Jahr und Zeitspanne Mai bis September hervor. Es zeigt sich, dass es im betrachteten Gebiet seit 1951 keine so hohe Mai-Niederschlagssumme gegeben hat wie im Mai 2007. Die monatlichen Niederschlagshöhen im Juni, Juli, August und September 2007 besetzen zwar nicht den Spitzenplatz in der jeweiligen Rekordliste je Kalendermonat, sind jedoch so beträchtlich, dass der 5-Monate-Wert der Niederschlagshöhe (Mai bis September) den Rang 1 in der jährlichen Serie der 5-Monate-Werte der Niederschlagshöhe an der Station Rathenow bzw. im Raum Brielow belegt.“

Tabelle 1: Maximalwerte der Niederschlagshöhe (in mm) mit Jahr des Auftretens (Januar 1951 bis September 2007) an der Station Rathenow

JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR	5-9
112,1	81,3	118,2	89,6	174,4	186,5	180,3	143,7	138,3	117,3	103,6	134,0	773,9	550,2
1994	2002	1981	1980	2007	1953	1973	1994	2001	1998	2002	1974	1954	2007

In der Abbildung 14 ist dargestellt, dass die Niederschlagssumme von Mai bis September 2007 eine hervorragende Position im Verlauf der Jahre ab 1951 einnimmt. Wie die eingezeichnete Trendgerade zeigt, ist keine signifikante Veränderung eingetreten.

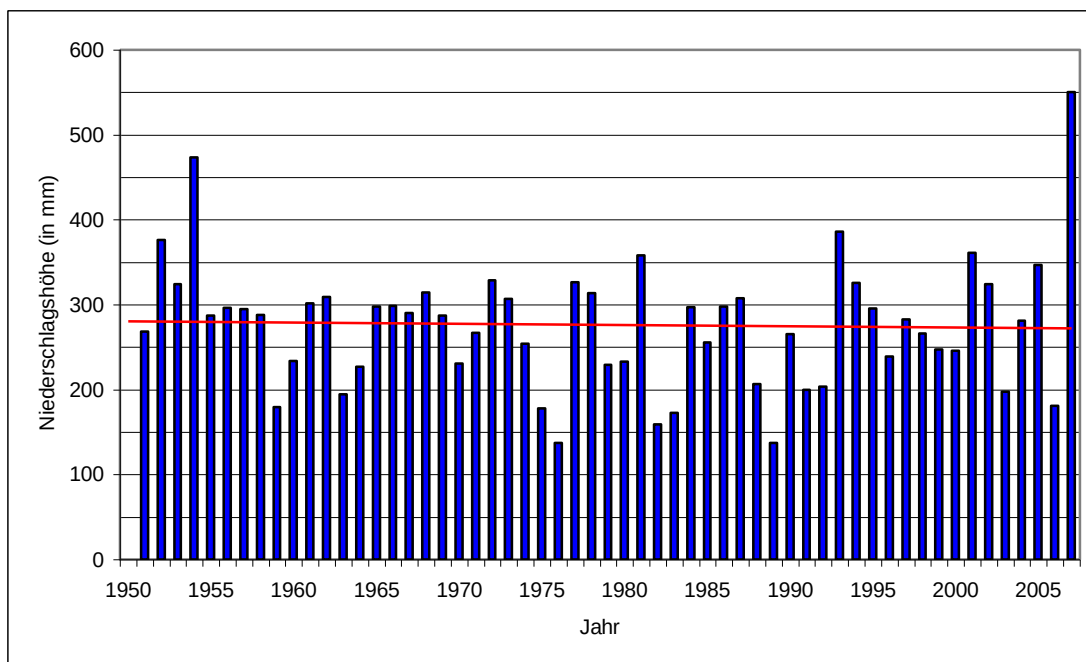


Abbildung 14 : Niederschlagssummen für die Monate Mai bis September ab 1951 für Rathenow

Die Tabelle 2 dient dazu, für die Station Rathenow die Monatswerte der Niederschlagshöhe im Jahre 2007 (Januar bis September) mit den vieljährigen Mittelwerten der Niederschlagshöhe vergleichen zu können.

Tabelle 2: Monatliche Niederschlagssummen (bis September 2007) sowie mittlere monatliche und mittlere jährliche Niederschlagssumme (in mm) für die Zeiträume 1961 bis 1990 und 1951 bis 2006

Standort	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Rathenow 2007	75,2	40,8	48,0	0,1	174,4	106,8	105,3	70,3	93,4				
Rathenow 61/90	41,7	30,9	35,8	37,7	47,1	66,8	59,5	54,8	41,8	37,3	43,0	49,2	545,7
Rathenow 51/06	42,3	33,4	37,5	35,9	45,9	63,5	60,3	56,9	44,5	38,0	43,0	48,2	549,6

Aus der Tabelle 2 resultiert die Bewertung der monatlichen Niederschlagssummen: Im Januar 2007 wurde fast das Doppelte des vieljährigen Januar-Mittelwertes der Niederschlagshöhe verzeichnet (insbesondere infolge der Passage des Orkanwirbels KYRILL am 18.01.2007). Der April 2007 war fast niederschlagsfrei, der Mai 2007 dagegen überaus niederschlagsreich. Verbreitet fiel im Mai 2007 das Dreifache des Monatssolls an Niederschlag, vereinzelt sogar das Vierfache. Im Juni 2007 wurden im betrachteten Gebiet 150 bis 200 % des Normalwerts gemessen. Die Niederschlagssumme im Juli 2007 beläuft sich auf das Doppelte des entsprechenden vieljährigen Mittelwertes. Die Niederschlagssumme im August 2007 liegt über dem Durchschnitt. Im September 2007 fielen im betrachteten Gebiet mehr als 200 % des durchschnittlichen September-Niederschlags. (Der Oktober 2007 ging als sehr niederschlagsarmer Monat in die Aufzeichnungen ein.)

Im westlichen Teil des Landes Brandenburg ist der 5-Monate-Wert der Niederschlagshöhe (Mai bis September) im Jahre 2007 mit ca. 550 mm (entspricht 550 l/m²) gleich der dortigen durchschnittlichen Niederschlagssumme für ein ganzes Jahr. In einzelnen Gebieten, z. B. im Raum Brielow, fiel von Mai bis September 2007 so viel Regen, dass die hier seit 1901 verzeichnete maximale jährliche Niederschlagssumme (ca. 780 mm im Jahre 1954) überschritten wurde.

Das niederschlagsreiche Jahr 2007 wies mehrere zusammenhängende Niederschlagsabschnitte auf. Daher ist das Niederschlagsgeschehen für die Dauerstufe $D = 72 \text{ h}$ untersucht und mit den KOSTRA-DWD-2000-Werten $h_N(72\text{h};T)$ verglichen worden, um die Jährlichkeit T bewerten zu können. Zusätzlich wurden die Zeitreihen täglicher Niederschlagshöhen hinsichtlich der Dauerstufen $D = 10 \text{ d}$ und $D = 30 \text{ d}$ analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 unter Nennung des Enddatums der langen Niederschlagsepisoden aufgelistet. Für die Dauerstufen $D > 72 \text{ h}$ können zwar nicht unmittelbar Aussagen über die Jährlichkeit getroffen werden, da der Anwendungsbereich von KOSTRA-DWD-2000 überschritten wird. Dennoch ist eine Einordnung in den Verlauf des Niederschlags ab 1951 möglich.

Tabelle 3: Maximale Niederschlagshöhen für große Dauerstufen von 1951 bis 2007 und im Jahre 2007 an der DWD-Station Rathenow (und zum Vergleich an der Fremdnetz-Messstelle Beetzsee, OT Radewege) mit Angabe des Enddatums der Niederschlagsepisode

	Rathenow	Beetzsee, OT Radewege
D = 72 h Max. 1951-2007	118,5 mm 07.07.1973	
D = 72 h Max. 2007	61,0 mm 29.05.2007	72 mm 28.05.2007
D = 10 d Max. 1951-2007	141,9 mm 15.07.1973	
D = 10 d Max. 2007	95,8 mm 16.05.2007	126 mm 29.05.2007
D = 30 d Max. 1951-2007	196,0 mm 27.06.1953	
D = 30 d Max. 2007	177,9 mm 05.06.2007	240 mm 30.05.2007

Hinsichtlich der Dauerstufe $D = 72 \text{ h}$ (entspricht einer Niederschlagsdauer von 72 h, ggf. mit Unterbrechungen) ist mit Niederschlägen, wie sie im Raum Brielow im Jahre 2007 aufgetreten sind, dort einmal in 50 Jahren zu rechnen.

Hinsichtlich der Dauerstufe $D = 10 \text{ d}$ sind im Raum Brielow im Jahre 2007 große 10-Tage-Werte der Niederschlagshöhe aufgetreten, die im Laufe der Jahre 1951 bis 2006 höchstens im Juli 1973 überschritten wurden.

Hinsichtlich der Dauerstufe $D = 30 \text{ d}$ wurden im Raum Brielow im Jahre 2007 die Niederschlagsrekordwerte seit 1951 deutlich überschritten. Wie aus der letzten Zeile der Tabelle 3 zu entnehmen ist, waren dafür die vielen Tage mit ergiebigen Niederschlägen im Mai 2007 ausschlaggebend.

Angeichts der Wetterlage (s. Anlage) sind während einiger der Starkniederschlagstage im Raum Brielow auch Intensitätsverstärkungen im Niederschlagsverlauf zu verzeichnen gewesen. Die für den Raum Brielow gemäß KOSTRA-DWD-2000 extremwertstatistisch ermittelte Starkniederschlagshöhe für $D = 30 \text{ min}$ und $T = 1 \text{ a}$ beträgt $h_N(30;1) = 12 \text{ mm} \pm 10 \%$ (entspricht $RN(30;1) = 66,8 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \pm 10 \%$). Eine Niederschlagsspende von $RN(30;1) = 66,8 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$ bedeutet, im Mittel einmal pro Jahr fallen am betrachteten Standort innerhalb von 30 Minuten insgesamt mindestens 12 Liter Niederschlagswasser auf eine Fläche von einem Quadratmeter bzw. in jeder Sekunde eines 30-minütigen Zeitraums mindestens 66,8 Liter Niederschlagswasser auf eine Fläche von einem Hektar. Im Jahre 2007 wurde im Raum Brielow mehrmals ein 30-min-Wert der Niederschlagshöhe von 12 mm erreicht oder überschritten.

Da nach dem außergewöhnlichen Mai 2007 noch weitere Zeitabschnitte mit beträchtlichen Niederschlägen folgten, ist das Jahr 2007 das bisher niederschlagreichste Jahr für den Raum Brielow.

Der Niederschlagsverlauf im Raum Brielow während der Niederschlagsereignisse von Mai bis August 2007 ist anhand von 10-min-Werten der Niederschlagshöhe an den mit automatischen Niederschlagsmessern ausgerüsteten DWD-Stationen (Genthin, Wiesenburg und Potsdam) in der Region um den Raum Brielow nachzuvollziehen (siehe Anlage).

Nach dem extrem niederschlagsarmen April kam es im Jahre 2007 zu mehreren Starkniederschlagsperioden, die im betrachteten Gebiet relevant waren, z. B:

26.05. bis 29.05.2007 (Pfingsten 2007) Abbildung 15 und Abbildung 16

15.06.2007 Abbildung 17

21.06.2007

21./22.07.2007 Abbildung 18 und Abbildung 19

20.08.2007”

Tabelle 4 enthält die vom Landwirt gemessenen Niederschlagswerte im Ortsteil Radewege. Sie bildeten die Grundlage der DWD-Einschätzung. Ähnlich hohe Werte wurden auch an der ZALF-Meßstation Paulinenaue gemessen (in Anlage1, Tabelle 20).

Niederschlagsmengen 2007 Beetzsee /OT Radewege

Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember	
1.	2	1.	1	1.	5	1.		1.		1.		1.	10	1.	17	1.		1.	1	1.	2,5	1.	8
2.	5	2.	1	2.	4	2.		2.		2.		2.	2	2.		2.		2.		2.	2,5	2.	4
3.	1	3.	3	3.	3	3.	1	3.		3.		3.	2	3.		3.	39	3.		3.		3.	7
4.	3	4.		4.		4.		4.		4.		4.	9	4.		4.	11	4.		4.		4.	6
5.	4	5.		5.		5.		5.		5.	4	5.	15	5.		5.		5.		5.		5.	
6.	7	6.	1	6.		6.		6.		6.		6.		6.		6.		6.		6.	9	6.	1
7.		7.		7.		7.		7.	5	7.	6	7.	5	7.	38	7.		7.		7.	9	7.	9
8.		8.	5	8.	1	8.		8.	31	8.		8.		8.		8.		8.		8.		8.	
9.	1	9.	8	9.	2	9.		9.	4	9.	6	9.	1	9.		9.		9.		9.	7	9.	2
10.		10.	2	10.		10.		10.	13	10.		10.	14	10.	13	10.	10	10.		10.	2	10.	
11.	5	11.	3	11.		11.		11.	16	11.		11.	4	11.	2	11.		11.	1	11.	12	11.	1
12.	3	12.	2	12.		12.		12.	11	12.		12.	13	12.	5	12.		12.		12.	13	12.	1
13.	2	13.	5	13.		13.		13.		13.		13.	1	13.		13.		13.		13.		13.	
14.		14.		14.		14.		14.	2	14.		14.	2	14.		14.	1	14.		14.	2	14.	
15.		15.		15.		15.		15.	24	15.	6	15.		15.		15.		15.		15.		15.	
16.		16.		16.		16.		16.		16.	45	16.		16.	3	16.		16.		16.		16.	
17.	3	17.		17.	6	17.		17.	8	17.		17.	8	17.	1	17.		17.		17.	2	17.	
18.	17	18.		18.	6	18.		18.		18.	4	18.		18.		18.	12	18.	3	18.		18.	
19.	23	19.		19.	1	19.		19.		19.		19.		19.		19.		19.		19.		19.	
20.	3	20.		20.	4	20.		20.		20.		20.		20.		20.		20.		20.		20.	
21.	2	21.	5	21.	24	21.		21.		21.	33	21.		21.	28	21.		21.	1,5	21.		21.	
22.	2	22.		22.	6	22.		22.		22.	5	22.	51	22.	5	22.		22.		22.		22.	
23.		23.		23.	4	23.		23.		23.	2	23.		23.	20	23.		23.		23.	1,5	23.	
24.		24.		24.		24.		24.		24.	2	24.	2	24.	18	24.		24.		24.		24.	
25.		25.		25.		25.		25.		25.	9	25.		25.		25.	3	25.		25.	3,5	25.	
26.	4	26.	3	26.		26.		26.	47	26.	2	26.		26.		26.		26.		26.		26.	
27.		27.	4	27.		27.		27.	25	27.	2	27.	1	27.		27.		27.	1	27.		27.	
28.	4	28.	9	28.		28.		28.		28.	3	28.	6	28.		28.	19	28.		28.		28.	
29.	1			29.		29.		29.	54	29.	1	29.	13	29.		29.	15	29.		29.		29.	
30.	2			30.		30.		30.		30.	3	30.	2	30.		30.	2	30.	2,5	30.	4	30.	1
31.	1			31.		31.		31.		31.		31.		31.	4			31.	1			31.	
95		52		66		1		240		133		159		154		112		11		70		40	

Gesamtmenge: 1133 Liter /m²

Tabelle 4: Niederschlagsdaten “Ullrich” in Radewege

4.2.2.1 Starkregenerbewertung

Die Intensität von Starkregen ist der wichtigste Faktor, der Oberflächenabfluss und Bodenabtrag auslösen kann. Die mittleren langjährigen Erosivitätswerte in Nordost-Deutschland sind relativ ausgeglichen, sie liegen zwischen 35 und 55 N/h.a (DEUMLICH, 1999). Obwohl die Regenfaktoren verglichen mit anderen Gebieten Deutschlands (z.B. Bayern 40 ... 140 N/(h . a), SCHWERTMANN ET AL. 1990) relativ niedrig sind, können durch einzelne Starkregen verursachte Bodenabträge hoch sein.

Während der Vegetationszeit lösen starke und/oder lang anhaltende Niederschläge Erosion aus, wenn sie bestimmte Schwellenwerte der Intensität (I) und Niederschlagshöhe (P) überschreiten. Bereits ab einer Schwelle $P \geq 7,5 \text{ mm}$ oder $I_{30} \geq 5 \text{ mm/h}$ ist der Beginn des Bodenabtrages im Jungmoränengebiet Nordostdeutschlands zu registrieren. Oberhalb von $I = 15 \text{ mm.h}^{-1}$ sind stets Bodenabträge ($> 0,2 \text{ t.ha}^{-1}$) unter Mais- und Hackfrüchten bei Einzelereignissen auf sandigen bis lehmigen Böden zu verzeichnen (DEUMLICH U. GÖDICKE 1989).

Die 10-Minutenwerte der DWD-Daten der Stationen Genthin und Potsdam ermöglichten eine detaillierte Starkregenauswertung (Tabelle 5 und Tabelle 6), ebenso die 1-Minutenwerte der ZALF-Meßstation in Paulinenaue (Tabelle 7). Obwohl eine räumliche Distanz zum „Russengraben“ existiert, wird deutlich, dass auch an diesen Stationen an den betreffenden Tagen Starkregen eintraten, z.T. mehrmals an einem Tag (15.6. in Genthin), wie es auch für Brielow berichtet wurde (Abweichungen der Tageszuordnung aufgrund unterschiedlicher Zusammenfassung). Der größte 10-Minutenwert betrug in Potsdam am 25. Mai 14,2 mm, d.h. eine 10-Minutenintensität von 85,2 mm/h wurde erreicht. Spitzen innerhalb eines Zeitintervalls liegen meist noch deutlich höher (DEUMLICH, 1999). In Paulinenaue erreichten Spitzen der Niederschlagsintensität auch Werte $> 70 \text{ mm/h}$ (Abbildung 31 in Anlage 1)

Datum	EI30	P	Energie	I30	I10	Beginn	Dauer
07.05.2007	12,328	49,3	856,1	14,4	27,0	04:50	3350
25.05.2007	18,126	18,5	498,0	36,4	85,2	17:30	180
28.05.2007	6,001	19,9	416,8	14,4	27,6	20:30	490
15.06.2007	18,002	29,8	620,7	29,0	40,8	18:10	850
21.06.2007	6,942	33,5	619,8	11,2	14,4	09:30	770
12.07.2007	2,165	15,6	257,7	8,4	10,2	00:00	590
08.08.2007	16,830	19,4	483,6	34,8	47,4	15:40	50
21.08.2007	5,517	24,5	452,2	12,2	15,6	02:00	360
24.08.2007	10,604	18,5	424,2	25,0	48,0	02:10	130

Tabelle 5: Ausgewählte Niederschlagsereignisse DWD-Station Potsdam (Quelle DWD)

Datum	EI30	P	Energie	I30	I10	Beginn	Dauer
07.05.2007	9,477	32,4	585,0	16,2	22,0	02:10	1790
26.05.2007	6,994	12,0	299,9	23,3	51,3	14:30	50
15.06.2007	7,503	13,6	322,6	23,3	41,3	12:00	50
15.06.2007	31,261	44,3	915,1	34,2	48,7	20:20	660
21.06.2007	20,555	33,8	709,3	29,0	50,4	09:40	700
12.07.2007	6,032	34,1	628,3	9,6	12,2	00:00	720
21.08.2007	5,549	23,6	441,8	12,6	20,5	03:30	650
24.08.2007	13,138	18,8	444,8	29,5	50,8	01:00	340

Tabelle 6: Ausgewählte Niederschlagsereignisse DWD-Station Genthin (Quelle DWD)

Datum	EI30	P	Energie	I30	I10	Beginn	Dauer
12.05.2007	3,6	12,5	256,5	14,0	37,8	08:20	820
14.05.2007	4,8	20,1	376,4	12,8	17,4	13:30	730
15.05.2007	5,2	10,8	257,5	20,2	37,8	08:50	170
28.05.2007	6,3	23,0	444,9	14,2	22,8	16:50	710
29.05.2007	37,1	34,7	869,7	42,6	60,6	16:10	100
07.06.2007	2,2	8,2	172,5	13,0	16,8	18:20	60
12.06.2007	7,1	14,0	313,3	22,8	30,0	17:30	260
15.06.2007	18,6	18,7	496,9	37,4	58,8	15:30	30
16.06.2007	49,7	49,3	1062,5	46,8	51,0	01:10	790
21.06.2007	5,2	21,3	408,4	12,7	18,5	12:10	720
23.06.2007	7,6	23,7	495,3	15,3	23,5	10:20	590
02.07.2007	3,8	13,7	284,4	13,4	25,2	11:10	750
04.07.2007	2,9	9,0	193,9	15,2	30,6	10:10	340
09.07.2007	2,7	21,2	351,8	7,6	9,0	19:20	790
22.07.2007	66,3	96,3	2196,2	30,2	51,6	01:40	750
08.08.2007	1,6	6,2	141,6	11,6	30,6	17:40	60
12.08.2007	1,6	6,6	138,7	11,2	25,2	05:30	210
21.08.2007	11,0	32,3	641,7	17,1	25,2	04:10	420
03.09.2007	2,1	16,0	263,5	7,9	12,5	01:50	1070
27.09.2007	1,3	10,1	164,6	7,6	9,0	19:20	290
28.09.2007	3,2	16,5	310,8	10,2	12,0	16:30	230

Tabelle 7: Ausgewählte Starkregen ZALF-Station Paulinenaue

Exkurs - Einzelereignisbetrachtung:

Am 23. 8. 07 erfolgten bei einer Begehung orientierende Analysen betroffener Areale mit Bohrstock und Tensiometer, um aufzuklären, ob Stauwasserböden existieren. Die Oberkrume wies z.T. nahezu gesättigte Verhältnisse auf, während Unterbodenschichten ungesättigt waren. Bt-Horizonte wurden in Tiefen zwischen 6 und 11 dm vorgefunden. Sandige Areale wiesen Bänderungen auf. Damit konnten bei den Witterungsverhältnissen 2007 Rückstaueffekte während der Vegetationsperiode eintreten, die dann in Kombination mit höheren Niederschlagsintensitäten in sensiblen Bereichen zu Rinnen- und Grabenerosion führen konnten.

Der Oberboden im Akkumulationsareal der Gräben, (nahe Böschungsabbruch offener Graben) befand sich in 10 cm Bodentiefe bereits im annähernd gesättigten Zustand. Der Unterboden weiterer Analysepunkte wies Werte in Höhe der Feldkapazität auf.

Wird ein mittleres Porenvolumen von 35 % und eine Bodentiefe von 7 dm bei Sand bzw. lehmigen Sandböden unterstellt, sind ca. 200 mm Niederschlag bis zur vollen Bodensättigung erforderlich. Eine mittlere monatliche Verdunstung in Höhe von 80 mm verringert den Bodenvorrat. Die spezielle Niederschlagsabfolge um Radewege 2007 mit monatlichem Wasserüberschuss führte damit zu nahezu Bodensättigung, wodurch nachfolgende Niederschläge „Sättigungsabfluss“ bereits bei geringeren Niederschlagsdargeboten (P, I₃₀) verursachten.

In der Nacht (23./24.8.) traten wiederum zwei Starkregen mit 83 mm Regensumme auf (davon 63 mm in 30 Minuten, Angabe Brielower). Diese Werte untermauern die Annahme des Modellregens 1 sowie der Anfangswassergehalte im nahe gesättigten Bodenzustand. Die Messwerte in Tabelle 4, (Luftlinie 2 km Entfernung) weichen deutlich von den Werten der Gewitterzelle mit o.g. Werten ab.

Dargestellt sind nachfolgend Kombinationsprodukte des DWD von Bodenmesswerten und Radarniederschlag relevanter Tage: 6- oder 24-h-Summen (Überschrift beachten), vom Summationsende rückwärts gerechnet (Malitz 2008, pers. Mitt.; Abbildung 15 bis Abbildung 19).

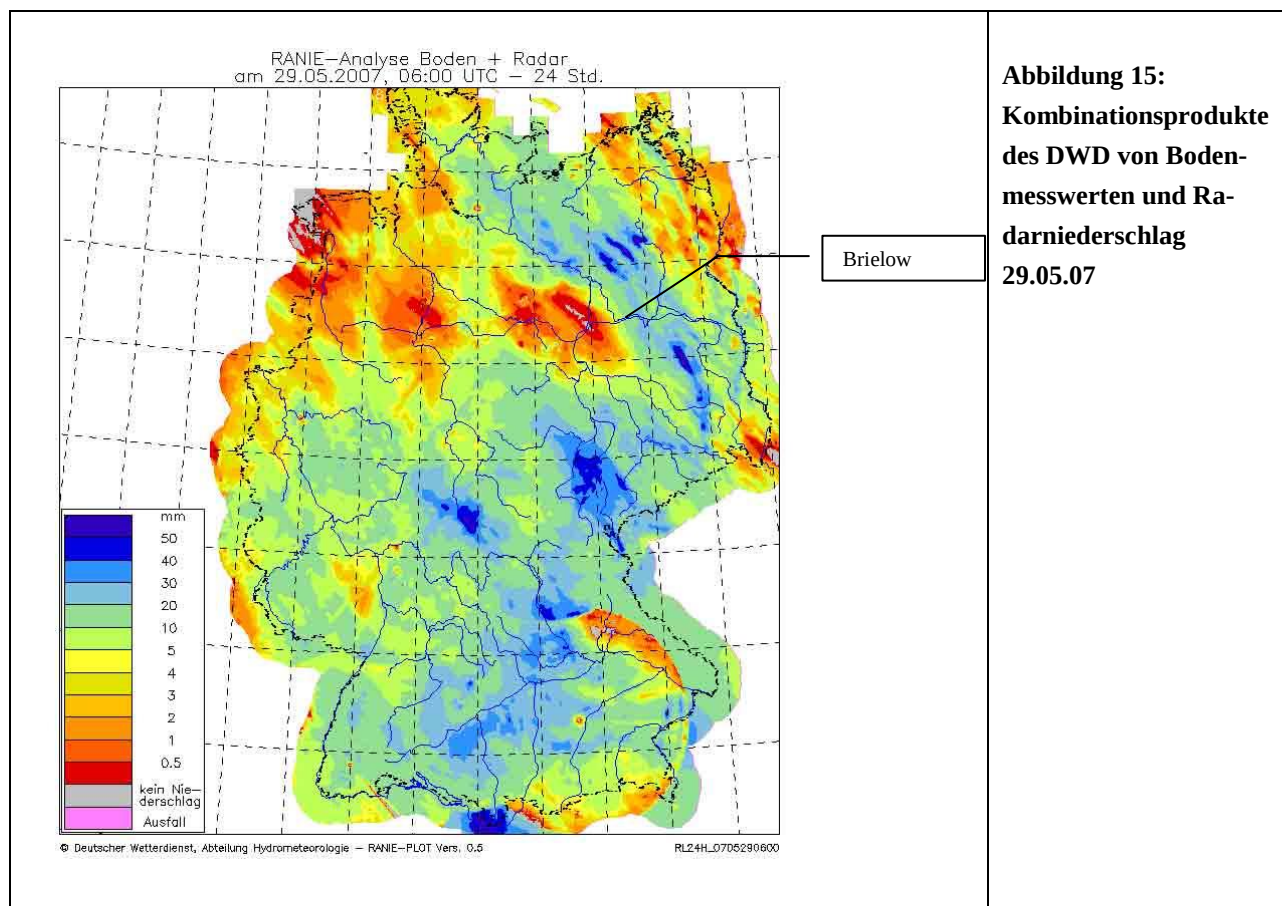
Beispiel:

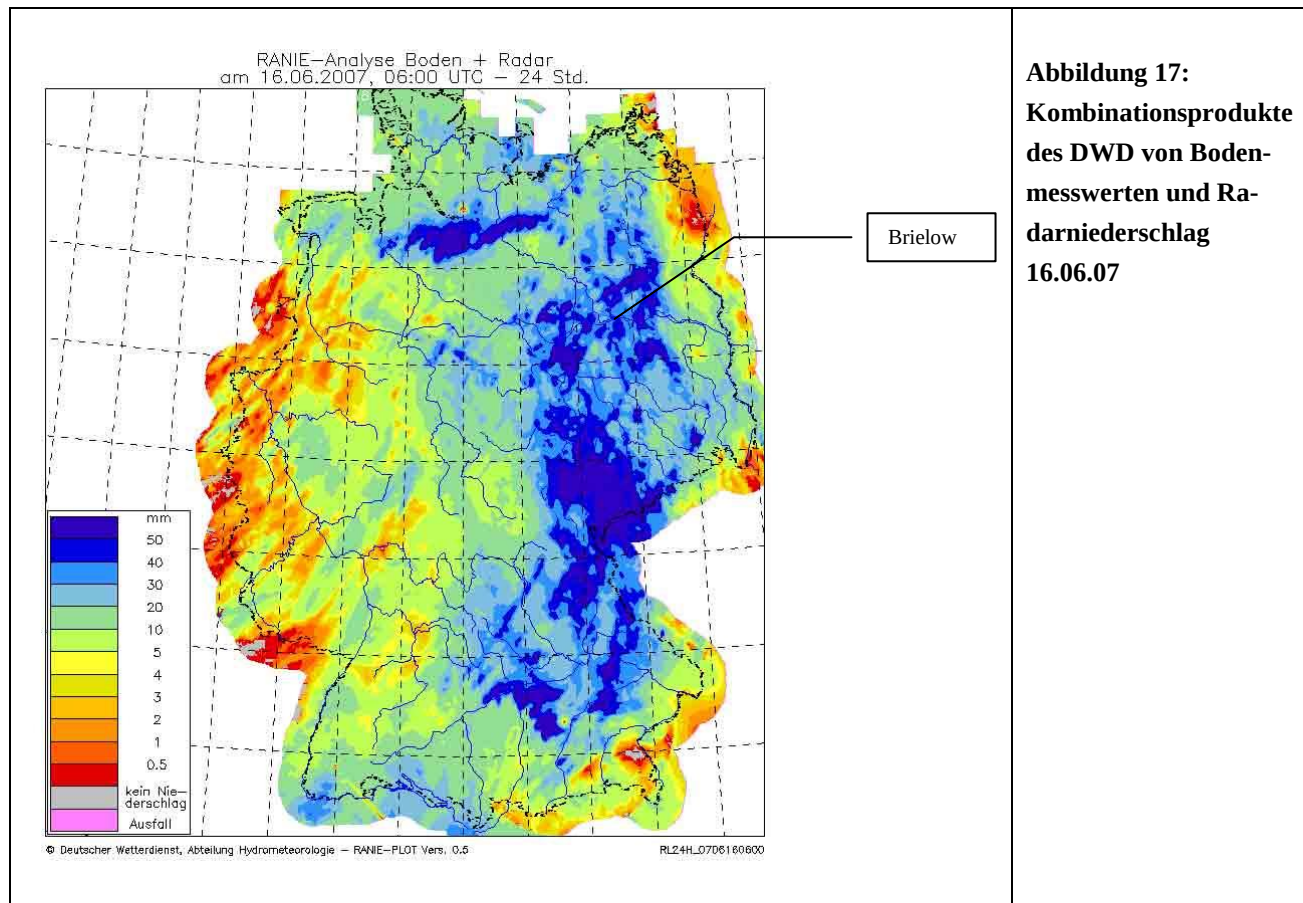
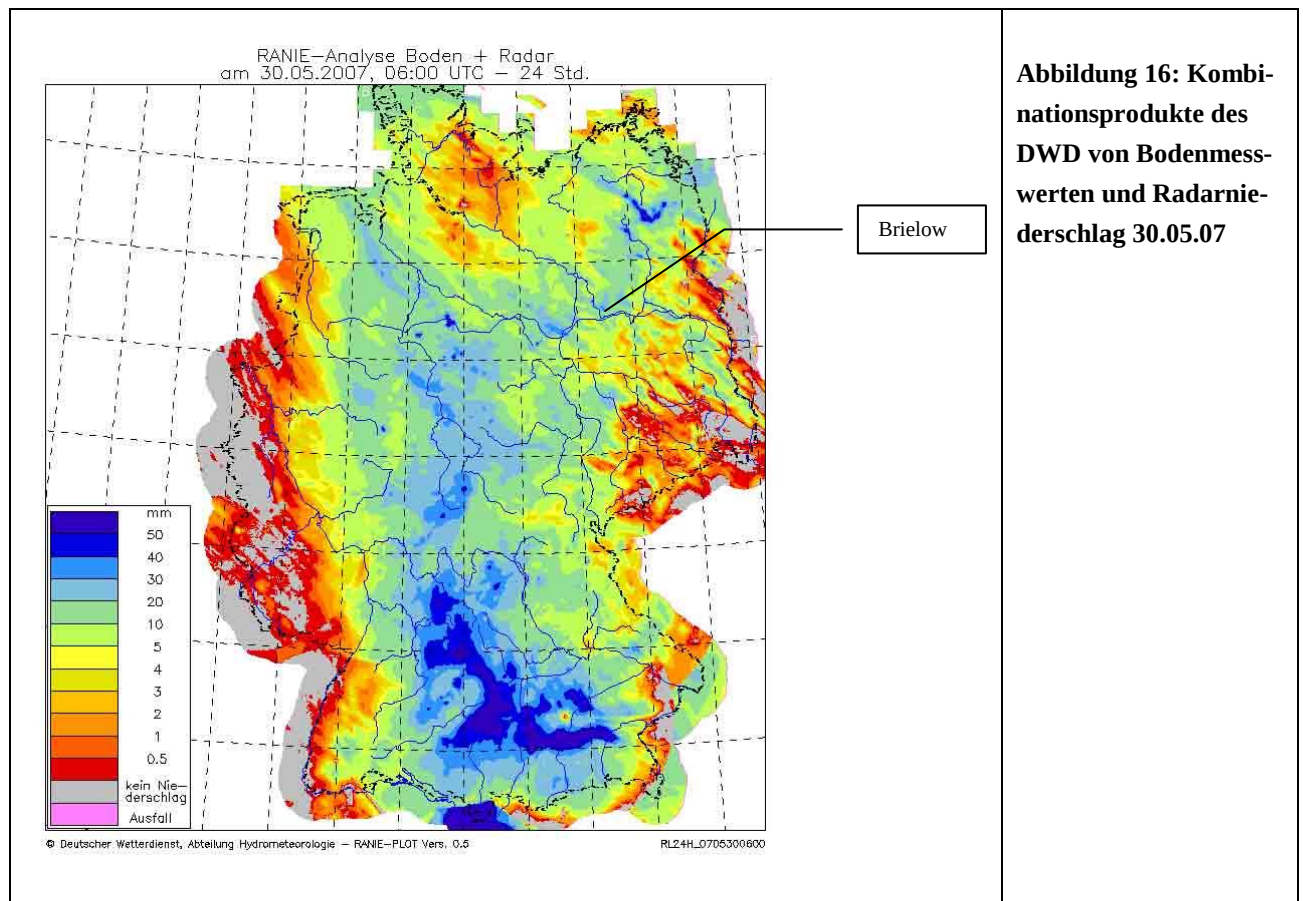
RANIE-Analyse Boden + Radar am 22.07.2007, 06:00 UTC minus 24 h (Abbildung 19)

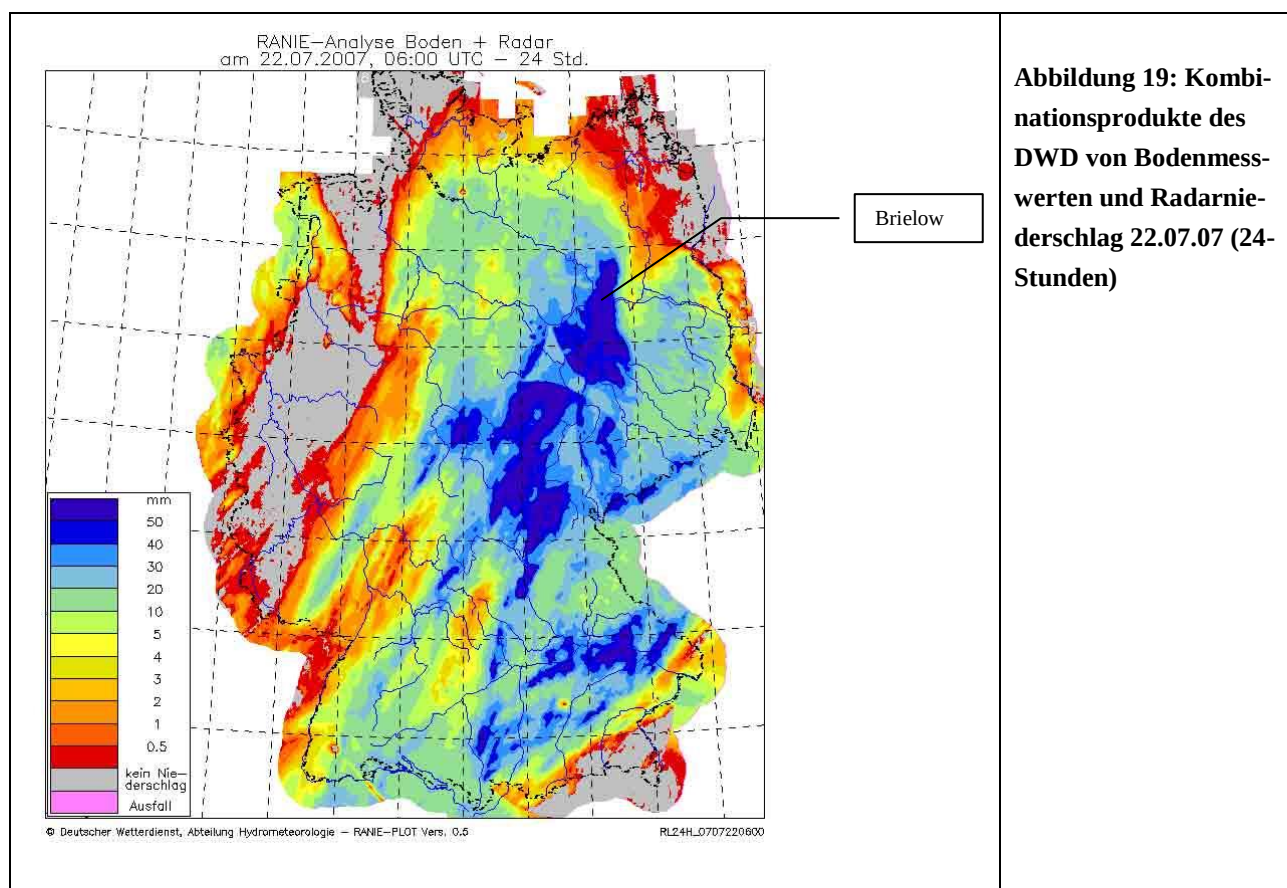
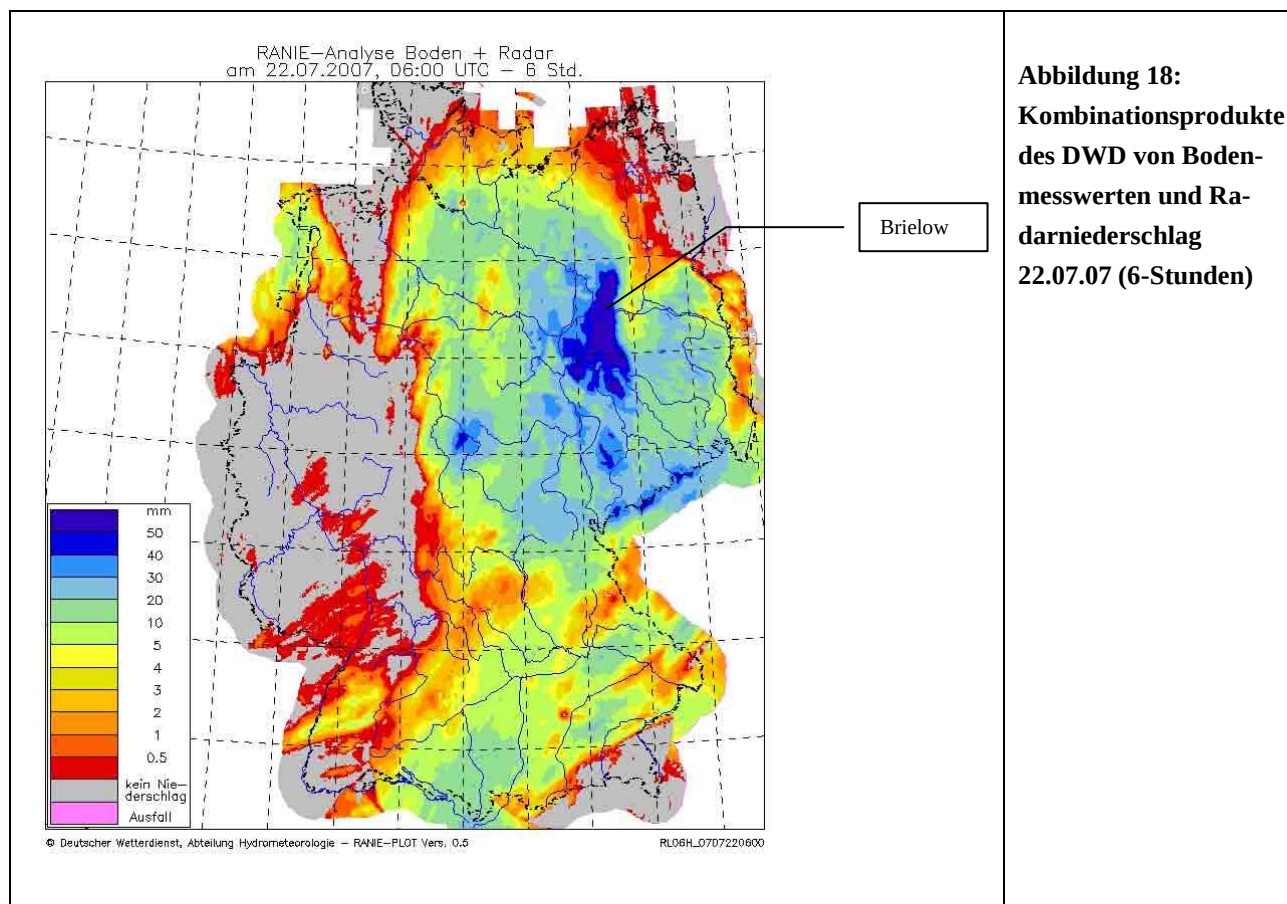
21.07.07, ab 6 Uhr UTC bis 22.07.07, bis 6 Uhr UTC (Bei der uhrzeitlichen Interpretation bzgl. gesetzlicher Zeit müssen eine Stunde Zeitverschiebung und eine Stunde wegen Sommerzeit berücksichtigt werden);

RANIE-Analyse Boden + Radar am 22.07.2007, 06:00 UTC minus 6 h (Abbildung 18).

22.07.07, ab 0 Uhr UTC bis 22.07.07, bis 6 Uhr UTC (Man erkennt hier, dass die 24-h-Summe im Wesentlichen bereits innerhalb von 6 Stunden gefallen ist!)

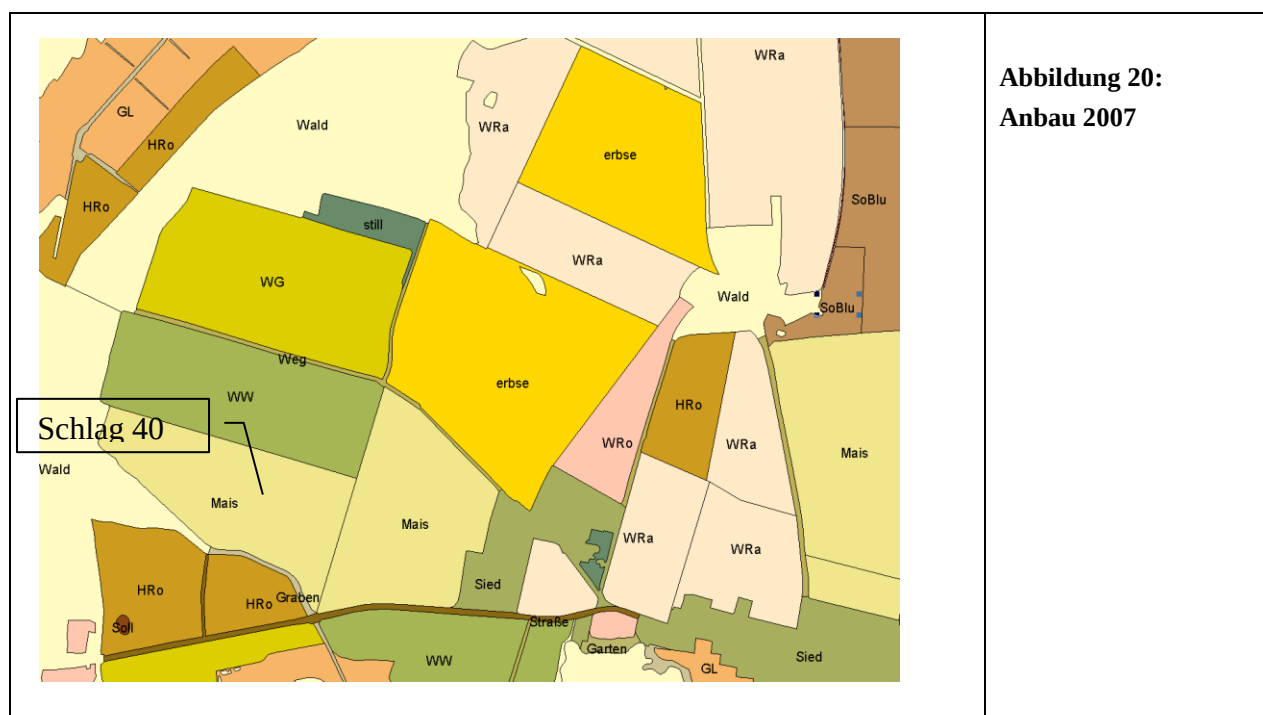






4.3 Landnutzung

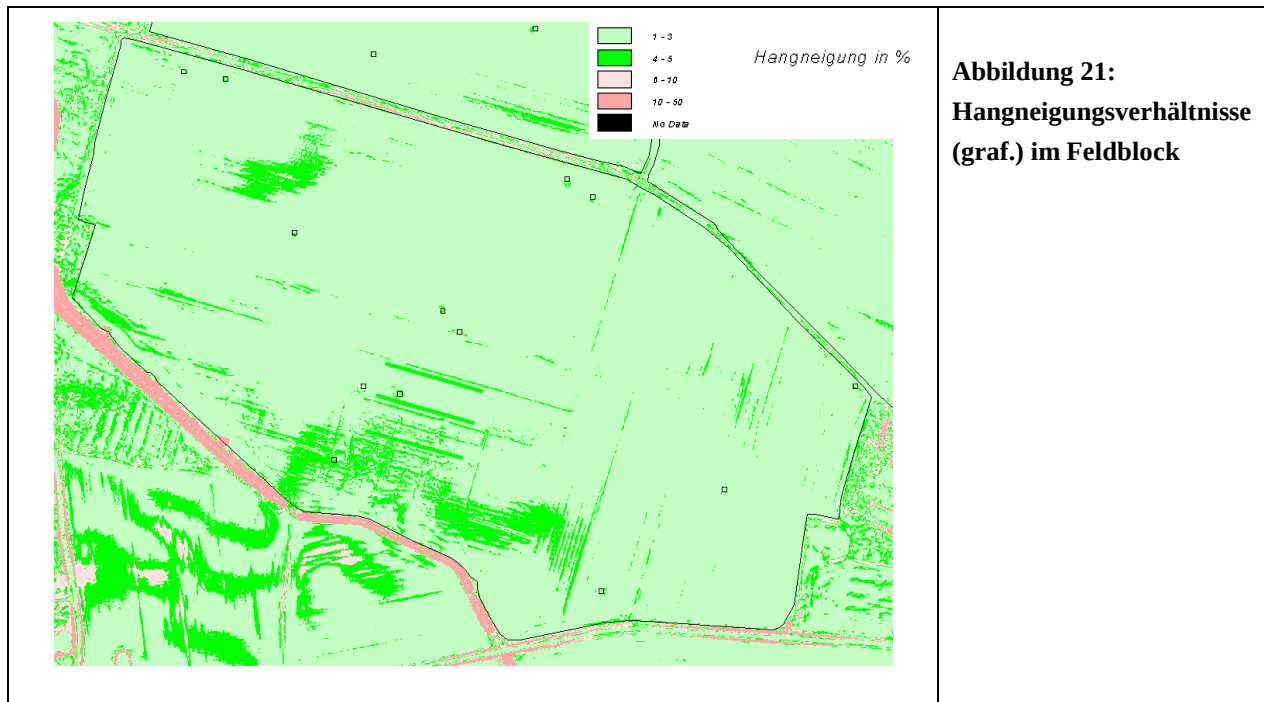
Auf Schlag 40 wurde 2007 Mais angebaut (Abbildung 20). Einige Jahre zuvor erfolgte eine Umstellung der Bearbeitungsrichtung quer zum Gefälle, so dass der Schlag jetzt nicht mehr so wie in Abbildung 6 bewirtschaftet wird. Nach den ersten Erosionsschäden zu Pfingsten sah die Brielower Agrargesellschaft mbH als sofortige Gegenmaßnahme die Begrünung der geschädigten Bereiche mit Roggen zur Erzielung einer stabilisierten Bodendecke vor. Dazu wurden die Erosionsrinnen gegrubbert und Roggen eingesät. Nachfolgende Starkregen unerwarteter Intensität führten jedoch zu teilweiser bis völliger Zerstörung der angelegten „Schutzstreifen“.



4.4 Topografie

Im Areal von Schlag 40 bestehen Hangneigungen bis ca. 5 %, abgeleitet aus dem DGM1 (Tabelle 8 und Abbildung 21). Weitere Einzelheiten zu Besonderheiten werden nachfolgend beschrieben.

Hangneigung in %	Flächenanteil in %	Tabelle 8: Hangneigungsverhältnisse im Feldblock
0	34,000	
0,001 - 4	65,985	
4 - 9	0,015	
9 -14	0	



4.5 Ursachenidentifikation der extremen Erosionserscheinungen

Extreme Erosionserscheinungen treten nur bei ungünstiger Konstellation der Erosion bewirkenden komplexen Auslösefaktoren ein!

Nach der Erstbegehung und Sichtung grundlegender Unterlagen wurde im August 2007 folgende Einschätzung getroffen:

„Ursache der extremen Erosionserscheinungen 2007 ist die Starkregenhöhe, ihre Häufigkeit (Anzahl mindestens 12 ohne Kenntnis von Regenschreiberaufzeichnungen) und Aufeinanderfolge seit Pfingsten 2007 bei den herrschenden Bodenbedingungen (Auftreten von Stauwasser durch den Tieflehm mit verstärktem lateralen Abfluss innerhalb des Bodens bei schon geringer Hangneigung). Zusätzlich trugen die zwischenzeitlich eingetretenen Niederschläge zu der ständig hohen Wasseraufsättigung bei. Zudem steht Mais nach konventioneller Bodenbearbeitung auf dem Erosionsareal. Wahrscheinlich wurden bereits bei den ersten Niederschlägen nach der Aussaat die bevorzugten Abflussbahnen zu (entlang der Saatzeilen) und in den Tiefenlinien angelegt, die sich nachfolgend von Ereignis zu Ereignis tiefer und rückschreitend einschnitten, mit dem Ergebnis der Rillen- (2-10 cm), Rinnen- (10 – 40 cm) und Grabenbildung (>40 cm) sowie von Böschungsabbrüchen.

Als Erosionsansatzpunkte werden die konvexen Hangbereiche mit flachgründigem Decksand über dem stauenden Lehm angesehen, wo der laterale Schichtabfluss im Boden an der Oberfläche mit dem Oberflächenabfluss zusammentraf/-trifft.“

Als eine weitere Ursache wurde das Grubbern der unter 4.3 Landnutzung vorgesehenen Roggenbegrünung zur Erosionsschadensbeseitigung identifiziert, eigentlich eine gebräuchliche und empfohlene Maßnahme zum Bodenschutz. Zum Eintrittszeitpunkt des nächsten Starkregens konnte sich eine durch bestockenden Roggen geschützte Bodenoberfläche jedoch noch nicht ausgebildet haben. In die dem Gefälle folgenden Roggenstreifen traf der Oberflächenabfluss aus den quer zum Gefälle orientierten Maisreihen auf durch den Grubberstrich erzeugte „Schwachstellen“ am Rand, trat zum Teil bereits konzentriert in sie ein, folgte dem Gefälle und verstärkte sich durch weiteren Zufluss.

Sollte die als erosionsmindernd angesehene Querbearbeitung als ein Erosionsförderer gewirkt haben? Bekannt ist, dass sie ihre günstigste Wirkung im Bereich niedriger Hangneigung, wie auf Schlag 40 vorherrschend, aufweist. Zu beachten ist, Querbearbeitung ist nicht mit der „Schichtlinienbearbeitung“ (entlang der Höhenlinie) gleichzusetzen.

Untersuchungen im Projektzeitraum führten allerdings zu weiteren anfangs nicht erkennbaren und überraschenden Ursachen.



Abbildung 22:
Visueller Eindruck
der Oberfläche auf
Schlag 40

Erst nach der Ernte des Mais konnte die Bodenoberfläche visuell eingeschätzt werden. Zu betonen ist, dass aus Unterlagen zur Topografie (TK10, DGM25) nur der sich konzentrierende Oberflächenabfluss in Richtung auf den Böschungsabbruch am Russengraben und weiträumige, langgestreckte Rücken und Senken ersichtlich waren. Visuell wurden nun Rücken und Senken in engem Wechsel erkennbar, die mit den regelmäßig auftretenden linearen Erosionsformen in Zusammenhang zu bringen waren (**Abbildung 22**).

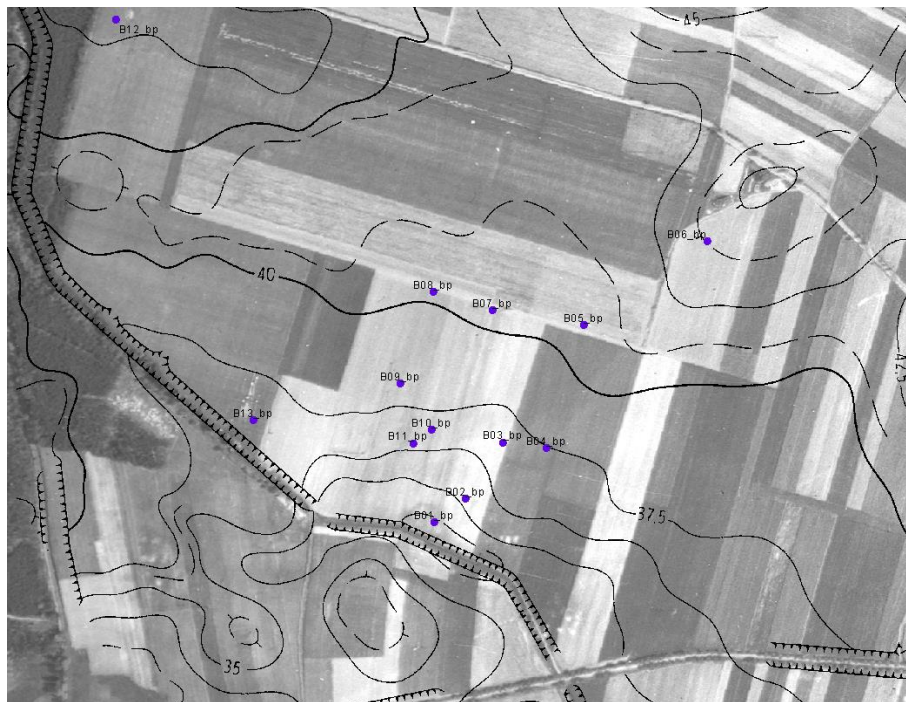


Abbildung 23:
Ausschnitt aus Luft-
bild 1953

Das Luftbild 1953 wies auf den Flächen des heutigen Schlages andere Bearbeitungsrichtungen auf, hangabwärts mit ca. 300 ... 430 m Länge (**Abbildung 23**). Zudem existierten kleinere Feldbreiten, die der damaligen Nutzungsstruktur und den Eigentumsverhältnissen zuzurechnen sind. Bekannt war, die gegenwärtige Landnutzung ist nicht ohne Berücksichtigung der historischen Nutzung interpretierbar.

Es stellte sich die Frage, ist die Erosion 2007 evtl. Resultat vergangener, jetzt überprägter Nutzungsformen? Nach weiteren historischen Daten wurde gesucht. Auf das DGM1 zwecks Erosionssimulation wurde noch gewartet. Eine Simulation auf Basis des DGM25 erschien aufgrund von Erfahrungswerten für das relativ ebene, wenig geneigte Areal mit den flachen Senken nicht erfolgversprechend (s. auch **Abbildung 27**).

Anfang Juni konnten im LGB erste Resultate vor der Fertigstellung des Gelände- und Oberflächenmodells diskutiert werden (**Abbildung 24**). Überraschend ähnlich Strukturen auf dem Bildausschnitt wurden sichtbar, die sich durch den Wald (dort sehr deutlich) in die Ackerflächen hinein fortsetzten. Recherchen deuteten auf Wölbackernutzung während früherer Landwirtschaft (HIEROLD ET AL. 2000, WULF, 2000). Das DGM1 mit 144 km²-Abdeckung lieferte Mitte August letztendlich den vollständigen Gebietsüberblick, mit Wölbackern in weiten Arealen.

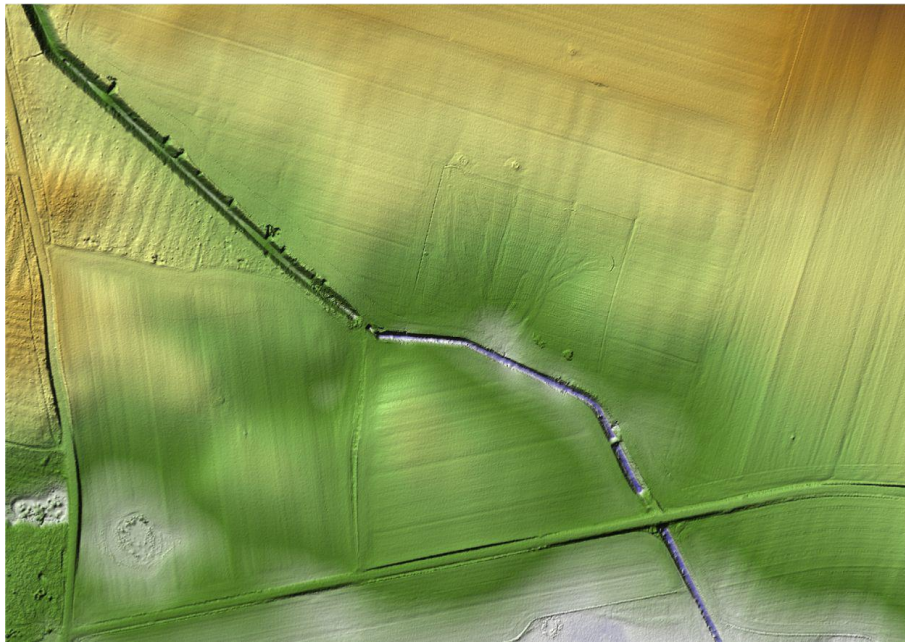


Abbildung 24:
Bildausschnitt des
DGM1, Erstbegutachtung (LGB)

Drei Schnitte durch den Bereich des Verbauareals zeigen deutlich „Wölbackerstrukturen“ (Wölbackerbeet und Senken), die durch die „Querbearbeitung“ z.T. geglättet wurden (Abbildung 25). Es existiert ein relativ ebenes Gelände mit Höhendifferenzen von nur bis zu 70 cm in den Querschnitten über 150 m Breite.

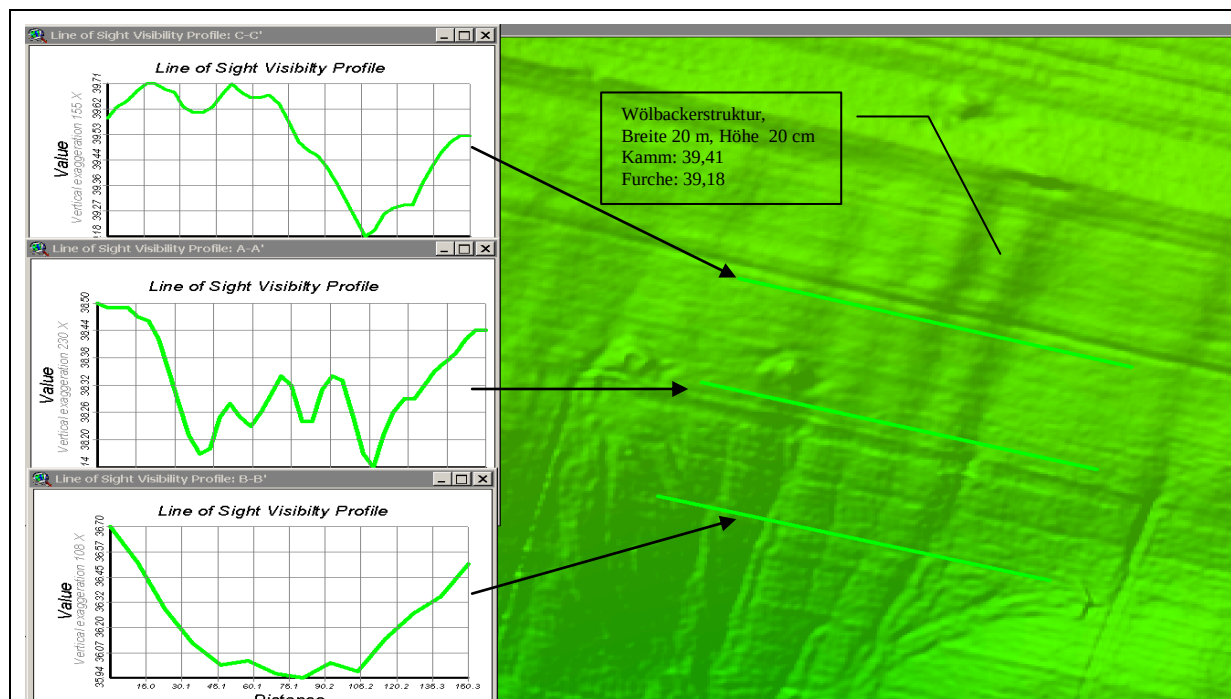


Abbildung 25: Drei Querschnitte im Bereich des Grabensystems

Die Erosionsformen konnten nun gut interpretiert werden. Wird sich das, was mittlerweile bekannt war, auch in der Erosionssimulation abbilden? Ungeklärt waren noch die Fragen zur speziellen Niederschlagsstruktur, welche Wiederkehrwahrscheinlichkeit sollte unterstellt werden und wie gut kann das Modell mit den detaillierten Höhendaten umgehen.

4.6 Resultate der Erosionssimulation

Nach den im Kapitel 3.2 Modellierung beschriebenen Vorgaben wurden verschiedene Szenarien gerechnet. Um ein Abbild möglicher Erosionsschäden zu erzielen, wird zunächst meist ein ungünstigster Fall angenommen, der mit einem günstigsten Fall verglichen wird, um die Spannbreite der Reaktionen zu veranschaulichen. Die aktuelle Bodennutzung reagiert aufgrund der Fruchtartenpalette in Simulationen mit Ergebnissen zwischen diesen beiden Extrema.

4.6.1 Worst Case-Simulation

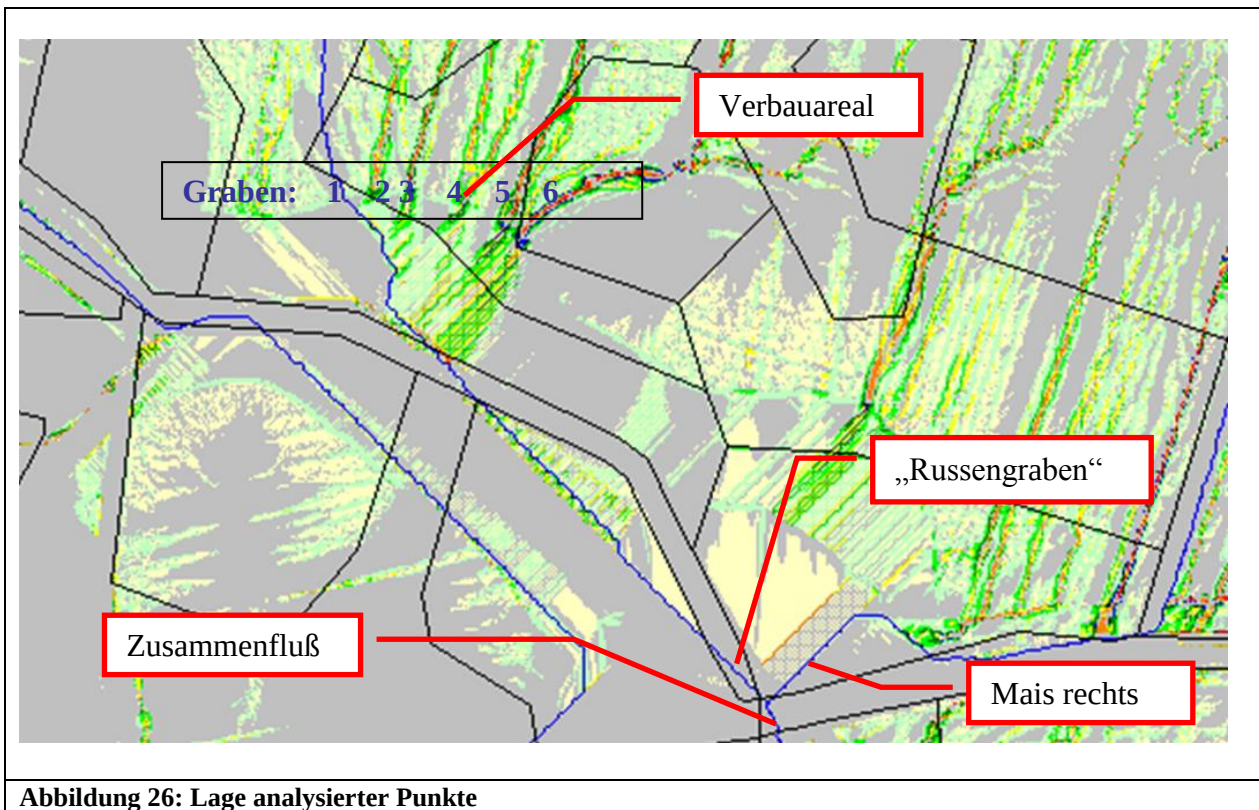
In der Simulation für den Worst Case wurde zunächst angenommen, dass die gesamte Ackerfläche mit Mais bei konventioneller Bodenbearbeitung bestellt sei und der Starkregen Ende Mai eintritt. Damit wird annähernd der Eintrittszeitpunkt Pfingsten 2007 nachgebildet. Die Daten zum Niederschlagsverlauf lagen leider nicht vor. Anfängliche Berechnungen mit Niederschlagsdaten 10-jährlicher Wiederkehr, Parametern hoher Anfangsbodenfeuchte und normaler Infiltrationsrate, die bislang in Modellierungen für Brandenburger Regionen Anwendung fanden, resultierten in unerwartet geringen Erosionswerten (beeinflusst durch sandige Böden, geringe Hangneigung), nicht vergleichbar mit der analysierten Größenordnung. Zur Simulation wurden daraufhin vier verschiedene Szenarien entwickelt:

- a. Hohe Anfangsbodenfeuchte und ein Starkregen geringer Wiederkehr (Abbildung 1)
- b. Maximale Anfangsbodenfeuchte und ein Starkregen geringer Wiederkehr (Abbildung 1)
- c. Maximale Anfangsbodenfeuchte und ein Starkregen 50jähriger Wiederkehr
- d. Maximale Anfangsbodenfeuchte und ein Starkregen hoher Wiederkehr (Abbildung 2)

Die Analyse ausgewählter Punkte im Erosionssystem erfolgte für den Bereich des Böschungsabbruchs am Russengraben (Verbauareal) und für „Channel“-Punkte vor der Landesstraße L 981 für den Einzugsbereich des Russengrabens, das in Gefällerrichtung bestellte Maisareal mit Erosionsgraben entlang der Straße (Mais rechts) sowie nach Zusammentreffen beider Erosionsareale nach der Straße (Abbildung 26). Für das Verbauareal wurden darüber hinaus Punkte der einzelnen Erosionsgräben analysiert, um die Werte mit grob vermessenen Ausraumvolumina zu vergleichen (Tabelle 9, Tabelle 10).

Da im Modell versucht wird, den Abfluss in relativ ebenem Gebiet auch „hydrologisch korrekt“ zu simulieren, werden „Sinks“ und die ebenso betrachteten relativ ebenen Flächen zuvor mit einem „Füllalgorithmus“ behandelt, d.h. die aus dem DGM1 vorgegebene Höhe entsprechend geändert. Diese Änderung wirkt sich in den nachfolgenden Berechnungen so aus, dass

nun ein Durchfluss durch das eigentliche Akkumulationsgebiet (Sedimentationsareal) entsteht.



Resultate der Simulationen im „Verbauareal“

Var.	Graben	Spalte	Zeile	Sedimentmenge in [t]	EZG- Fläche in [m²]	Bodenabtrag in t/ha]
a	1 „Chan- nel“	575	1455	260	118962	21,8
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,3	760	4,1
		597		0,6	1209	5
		598		1	1884	5,3
	3 (rot)	618	1464	6,3	4509	14
	4 (rot)	646	1477	2,9	3350	8,6
	5 (rot)	669	1486	9,6	6267	15,4
	6 (rot)	677	1492	22,2	14900	14,9
	Summe			303	151841	20
b	1 „Chan- nel“	575	1455	485	118962	40,8
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,6	760	7,7
		597		1,1	1209	9,2
		598		1,85	1884	9,8
	3 (rot)	618	1464	11,5	4509	25
	4 (rot)	646	1477	5,17	3350	15,4
	5 (rot)	669	1486	18	6267	28,8
	6 (rot)	677	1492	44	14900	29,5
	Summe			567	151841	37,4
d	1 „Chan- nel“	575	1455	5,3	118962	0,452
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,001	760	0,012
		597		0,002	1209	0,014
		598		0,003	1884	0,015
	3 (rot)	618	1464	0,08	4509	0,186
	4 (rot)	646	1477	0,007	3350	0,021
	5 (rot)	669	1486	0,12	6267	0,184
	6 (rot)	677	1492	0	14900	0
	Summe			5,5	151841	0,36

Tabelle 9: Resultate der Erosionssimulation im Bereich des zu verbauenden Grabensystems (Mais)

Etwa 303 t Sedimentaustrag aus dem Bereich des Grabensystems in Simulation a) entspricht bei einer Dichte von 1,4 g/cm³ ca. 220 m³ Sedimentvolumen. Damit liegt die berechnete Menge im ersten Simulationslauf unter dem tatsächlichen Austrag, könnte sich aber für das erste Ereignis zu Pfingsten 2007 im Rahmen des Möglichen befinden (Tabelle 9, rot unterlegt). Weitere 6 Ereignisse mit möglicherweise ähnlichen Niederschlagsparametern könnten in dem bereits vorgeprägten Erosionssystem damit zu weiteren ca. 1200 m³ Sedimentvolumen geführt haben. Diese Menge entspricht annähernd dem analysierten Ausräumvolumen im

Grabensystem, das zur Verfüllung mit ca. 1600 m³ ausgeschrieben wurde. Die zwischen den Abflussrinnen und –gräben befindlichen Flächen weisen für das simulierte Einzelereignis Bodenabträge bis zu 0,3 t/ha auf, die sich über alle Ereignisse auf bis zu 2,1 t/ha, eine unter Mais durchaus übliche Abtragsmenge summieren.

Die maximale Anfangsfeuchte (Szenario b) führt bei der Simulation zu annähernd doppelten Erosionsbeträgen im Bereich des Grabensystems (567 t, 37,4 t/ha → ~ 400 m³, einem für zwei bis drei Ereignisse etwa berichtetem Wert; blau unterlegt), wie auch im gesamten System, wie die Daten in Tabelle 12 im Vergleich zu Tabelle 11 zeigen.

Wird ein einmal in 2 Jahren wiederkehrender Starkregen für die gleichen Ausgangsbedingungen wie unter b) simuliert (Var. d), hätte der Bodenabtrag etwa 0,4 t/ha betragen. Boden- und Fruchtbarkeitsverluste lägen im üblichen Bereich für bekannte Ereignisse in Brandenburg zum gewählten Maitermin. Ähnliche Resultate werden für das gesamte Einzugsgebiet ermittelt (Tabelle 14). Die Bodenerosion um Brielow wäre unerwähnt geblieben. So aber werden die mündlichen Mitteilungen und Fotodokumente der Landnutzer aus der Region durch die Worst Case-Simulation als eher selten belegt. Die Landnutzer nannten „nie“ dagewesene Starkregen und darüber hinaus deren ungewöhnlich häufige Abfolge.

4.6.2 Best Case

In der Simulation für den Best Case wurde angenommen, dass die gesamte Ackerfläche mit Getreide unter Nutzung konservierender Bodenbearbeitung bestellt sei und der Starkregen Anfang August eintritt. Bodenab- und Sedimentaustrag reduzieren sich damit auf etwa 10 % gegenüber den vergleichbaren Worst Case-Fällen. Erosion in beträchtlicher Höhe (Var. a und b) wäre auch dadurch nicht zu verhindern gewesen (**Tabelle 10**). Ein 2-jährlicher Niederschlag hätte hingegen nur etwa 40 kg/ha Bodenabtrag bewirkt.

Die bodenschützende Wirkung durch Pflanzen oder deren Rückstände hätte zu einer deutlichen Schadensmilderung auch bei den seltenen Ereignissen geführt.

Var.	Graben	Spalte	Zeile	Sedimentmenge in [t]	EZG- Fläche in [m²]	Bodenabtrag in t/ha]
a	1 „Channel“	575	1455	25,7	118962	2,16
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,03	758	0,4
		597		0,06	1209	0,5
		598		0,1	1884	0,6
	3 (rot)	618	1464	0,6	4509	1,4
	4 (rot)	646	1477	0,28	3350	0,8
	5 (rot)	669	1486	0,96	6267	1,53
	6 (rot)	677	1492	2,24	14900	1,5
	Summe			29,97	151839	1,97
b	1 „Channel“	575	1455	47,5	118962	4
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,06	758	0,8
		597		0,11	1209	0,94
		598		0,19	1884	0,99
	3 (rot)	618	1464	1,1	4509	2,45
	4 (rot)	646	1477	0,5	3350	1,5
	5 (rot)	669	1486	1,8	6267	2,88
	6 (rot)	677	1492	4,35	14900	2,92
	Summe			55,61	151839	3,66
d	1 „Channel“	575	1455	0,5	118962	0,04
	2 breiter Abfluss	596	1475	0,0001	758	0,001
		597		0,0001	1209	0,001
		598		0,0002	1884	0,001
	3 (rot)	618	1464	0,01	4509	0,02
	4 (rot)	646	1477	0,07	3350	0,002
	5 (rot)	669	1486	0,01	6267	0,02
	6 (rot)	677	1492	0	14900	0
	Summe			0,59	151839	0,039

Tabelle 10: Resultate der Erosionssimulation im Bereich des zu verbauenden Grabensystems (Getreide)

4.6.3 Resultate der Simulation für das Einzugsgebiet an der L 981

Im Bereich der Straße ermittelte Simulationsergebnisse zeigen, dass nicht nur im Areal des Grabenverbau riesige Bodenabtragungsmengen anfielen. Bis zum Beetzsee sind es nur wenige 100 m, so dass diese Abträge mit Nähr- und Schadstoffen belastet direkt über die Vorflut dort hinein gelangen konnten (**Tabelle 11** bis **Tabelle 14**). Ein 50jähriger Starkregen (Var. c, **Tabelle 13**) führt zu ähnlichem Resultat wie die Var. a), allerdings verglichen mit **Tabelle 12**, dem schlimmsten Fall, nur zu „halb so großer Erosion“. Sämtliche Bodenabtragungsraten der simulierten seltenen Ereignisse führen unmittelbar zu Schäden an der Bodenfruchtbarkeit, sie übersteigen die in DIN 19708 geführten Werte sehr hoher potentieller Erosionsgefährdung deutlich.

Für den „Channel-Punkt“ am Rohrdurchlass vor der Straße wird z.B. für die „Worst Case-Simulation“ eine Sedimentfracht von ca. 330 ... 620 t aus dem oberhalb liegenden „Russengraben“ und eine Menge von ca. 540 .. 960 t aus dem Grabensystem längs der Straße kalku-

liert. Nach dem Zusammenfluss beider Erosionssysteme sind es 880 ... 1600 t Boden, woraus auf einen mittleren Bodenabtrag von 8,9 ... 16,4 t/ha im Einzugsgebiet geschlossen wird. Sieben Ereignisse dieser Größe könnten damit zu etwa 60 ... 110 t/ha Bodenabtrag führen, die für das Erosionsgeschehen im Bereich des „Russengrabens“ 2007 als realistisch zu betrachten sind. Die Tiefenlinien mit den sich ausprägenden Rillen, Rinnen bis zum Graben sind dabei natürlich in ihren kleineren Einzugsgebieten durch weit höhere Bodenabträge betroffen (siehe Tabelle 9). Nach „Best Case-Simulation“ reduzierte sich der Ab- bzw. Austrag auf 10 %, auf unter 1,6 t/ha bis hin zu nahezu vernachlässigbaren Werten, die bei landwirtschaftlicher Nutzung zwangsläufig aber auch Nährstoffe enthalten und in anderen Ökosystemen relevante Belastungen herbeiführen können (Tabelle 15 ...Tabelle 18).

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	333,8	254833	13,1	3360	13	37
„Mais rechts“	804	1729	535,6	686337	7,8	8785	14	43
nach Zusfluss	798	1739	869,4	941170	8,93	12616	14	41

Tabelle 11: Resultat der Simulation „WORST CASE“; 100-jährl. Ereignis (Mais konventionell, ohne Schutzmaßnahmen, Mai) für ausgewählte Punkte (Var. a)

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	617	254833	24,2	5071	12	36
„Mais rechts“	804	1729	961,2	686337	14	13353	14	42
nach Zusfluss	798	1739	1578,2	941170	16,2	19124	13	39

Tabelle 12: Resultat der Simulation „WORST CASE_wet“, 100-jährl. Ereignis (Mais konventionell, ohne Schutzmaßnahmen, Mai, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte (Var. b)

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	361	254833	14,2	2863	12	35
„Mais rechts“	804	1729	558	686337	8,1	7464	14	42
nach Zusfluss	798	1739	927	941170	9,4	10729	13	39

Tabelle 13: Resultat der Simulation „WORST CASE_wet“, 50-jährl. Ereignis (Mais konventionell, ohne Schutzmaßnahmen, Mai, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte (Var. c)

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	5,46	254833	0,21	165	19	56
„Mais rechts“	804	1729	8,94	686337	0,13	768	22	64
nach Zusfluss	798	1739	14,4	941170	0,15	954	21	61

Tabelle 14: Resultat der Simulation „WORST CASE_wet_hohe Wiederkehrswahrsch.“, 2-jährl. Ereignis (Mais konventionell, ohne Schutzmaßnahmen, Mai, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte (Var. d)

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	30,1	254833	1,18	3360	12	35
„Mais rechts“	803	1730	52,4	686385	0,76	8788	13	39
nach Zusfluss	798	1739	83,3	983393	0,85	12617	13	38

Tabelle 15: Resultat der Simulation „BEST CASE“, 100-jährl. Ereignis (Getreide, konserv. bestellt, August) für ausgewählte Punkte

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	55,4	254833	2,18	5071	11	33
„Mais rechts“	803	1730	95	686385	1,39	13356	12	37
nach Zusfluss	798	1739	151,9	983393	1,55	19124	12	35

Tabelle 16: Resultat der Simulation „BEST CASE“, 100-jährl. Ereignis (Getreide, konserv. bestellt, August, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	32,4	254833	1,27	2863	11	33
„Mais rechts“	804	1729	55,2	686337	0,81	7464	12	37
nach Zusfluss	798	1739	88,4	941170	0,9	10729	12	35

Tabelle 17: Resultat der Simulation „BEST CASE“, 50-jährl. Ereignis (Getreide, konserv. bestellt, August, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte

Graben	Spalte	Zeile	Sediment- menge in t	EZG-Flä- che in m ²	Boden- abtrag in t/ha	OA in m ³	Ton in %	U in %
„Russengraben“	788	1726	0,5	254833	0,02	165	18	53
„Mais rechts“	803	1730	0,85	686385	0,01	770	21	61
nach Zusfluss	798	1739	1,36	983393	0,01	955	20	58

Tabelle 18: Resultat der Simulation „BEST CASE“, 2-jährl. Ereignis (Getreide, konserv. bestellt, August, erhöhte Anfangsfeuchte) für ausgewählte Punkte

4.7 Vergleich der Modellergebnisse mit vorliegenden Datenquellen

Für Untersuchungen zur Problematik der Wassererosionsgefährdung im Rahmen der Evaluierung der KULAP-Maßnahmen 2003 wurden Gemarkungen (NUTS4-Regionen) mit der ZALF-Methode „VERMOST“ beurteilt (DEUMLICH ET AL. 2004). Als Grundlagen dienten das DGM25 (2001) und die MMK. Die rasterorientiert berechneten mittleren potentiellen Bodenabtragungswerte nach der später veröffentlichten „DIN 19708“ wurden auf Gemarkungsebene aggregiert. Danach ergab sich für „Radewege“ ein geringes Wassererosionspotential (Indexklasse = 1), allerdings im oberen Bereich von Klasse 1 – geringes Potential (Tabelle 19).

In der Vergangenheit bereits wurden für Flächen in der Vergleichsstufe 3 (VST) bodenschützende Maßnahmen und der Verzicht auf Reihenkulturen empfohlen. Die Erosionsfläche in der Gemarkung Radewege, Schlag 40 (Klinkerstr. links) fällt jedoch nicht in diese Klasse. Mit den vorherrschenden Hangneigungsstufen und Bodenbedingungen wurde sie der VST1 zugeordnet.

Für die ex post-Bewertung (KULAP 2003-2006) wurden die potentiellen Bodenabträge durch Wassererosion (DIN 19708) für das Land Brandenburg gerechnet (Abbildung 27). Für

Schlag 40 wurden nur Abträge < 1t/ha ermittelt. Damit wird die Feststellung untermauert, dass es sich 2007 um außergewöhnlich starke Erosionsphänomene um Brielow/Radewege handelte.

GIS-AREA	12544366,47	Tabelle 19 : Einordnung der Erosionsgefährdung der Gemarkung Radewege mit „VERMOST“
GEMARKUNGS	Radewege	
GEMEINDE_Nr	12069492	
KREIS_NAME	Potsdam-Mittelmark	
Vergleichsstufe 0 in %	9,5	
Vergleichsstufe 1 in %	40,1	
Vergleichsstufe 2 in %	47,0	
Vergleichsstufe 3 in %	3,4	
Vergleichsstufe 4 in %	0,0	
Vergleichsstufe 5 in %	0	
Dominanztripel	210	
Dominanzgrad	2	
Index	29	
Indexklasse	1	
Hauptkontrast	1	
Begleitkontrast	2	
Kontrastgruppe	1	

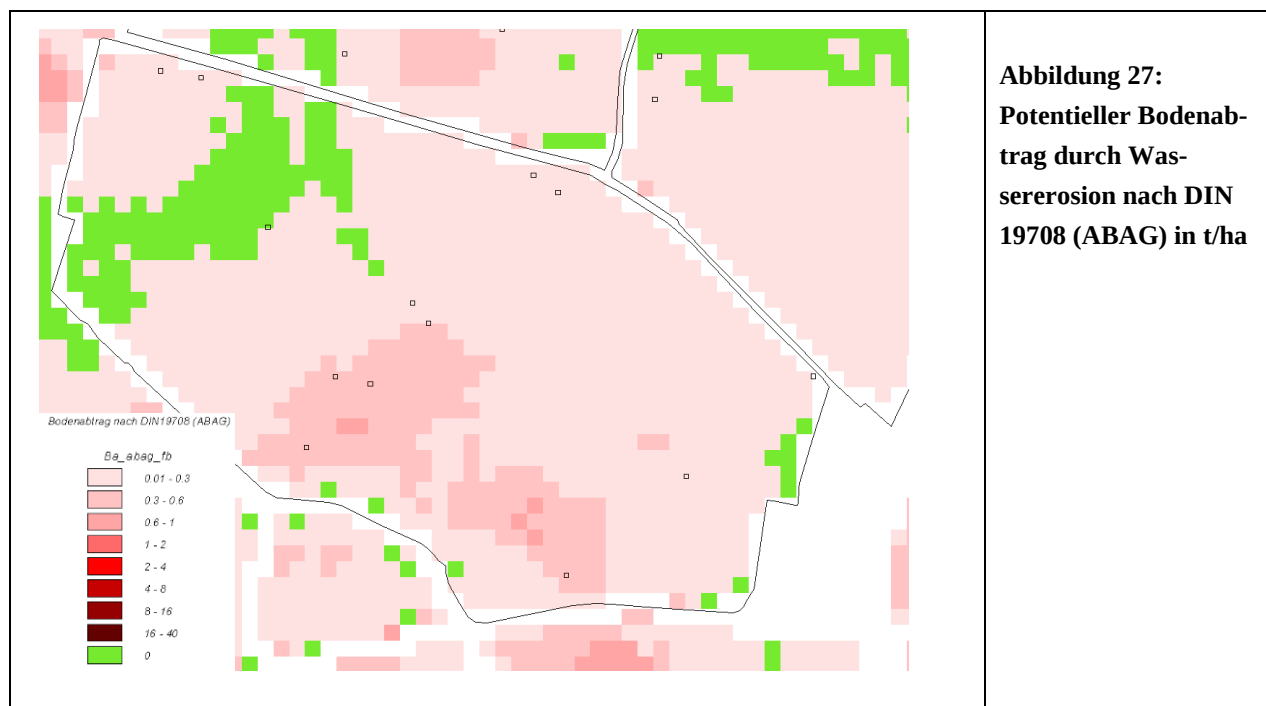




Abbildung 28:
Luftaufnahme des
Grabensystems Mitte
August

Der Vergleich der Simulationsresultate (Abbildung 29) für die Worst Case-Szenarien mit der Realität zeigt ein nahezu fotorealistisches Abbild (Abbildung 28).

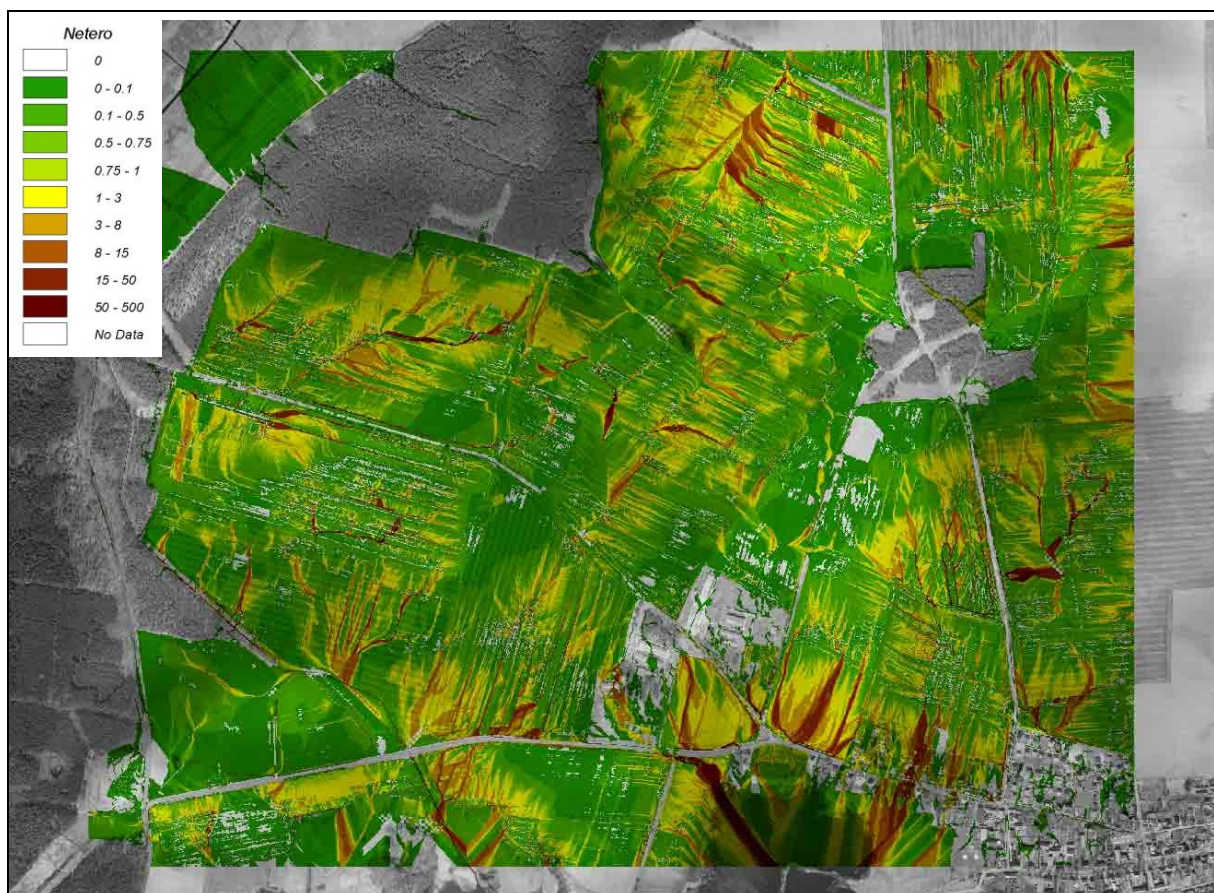


Abbildung 29: Visualisierung der Simulationsresultate „Worst Case“ Var.a (Abtrag in t/ha)

4.8 Planung Grabenverbau

Um zunächst die Ernte des Mais zu gewährleisten und keine Maschinenschäden zu verursachen, wurden Gräben und Rinnen geringerer Tiefe mit dem Schwergrubber bearbeitet, um das Überfahren mit den Erntemaschinen bzw. das Abfahren des Ernteguts zu ermöglichen.

Der Verbau konnte erst nach Bewilligung des Projektantrags starten. Nach der Ausschreibung wurde bei der Submission H&K Gartendesign Brielow ausgewählt.

Das Hauptschadensareal wurde nach der Maisernte zunächst aus der Nutzung genommen (ca. 6 ha).

Am 17. Dezember begannen die Arbeiten zum Verbau entsprechend den in der Ausschreibung enthaltenen Vorgaben.

1. Einbau von Faschinen als Querriegel zur Stabilisierung im Abstand von ca. 20 ... 30 m (Anzahl: 10), die Sicherung wurde durch je 2 schräg in Bohrungen gegen die Neigungsrichtung eingeschlagene Stützen gewährleistet. Auf die Einbautiefe unterhalb von 3 dm unter Bodenoberfläche ist zu achten, um später landwirtschaftliche Maßnahmen nicht zu behindern.
2. Ausbreiten von Astmaterial als Streu zwischen den Querriegeln zur Erhöhung der Sohlrauhigkeit (möglichst Schwachast- (3...5 cm) bis Grobastmaterial (5...10 cm)), wenn die Grabentiefe > 3 dm betrug, bei Grabentiefe > 6 dm wurde ein zweilagiger Verbau empfohlen. Das Astmaterial wurde so verlegt, dass die Astbasis in Gefällerrichtung zeigt, damit wird späterer Schichtwasserfluss durch die feineren Triebe gegen die Hangrichtung gemindert. Auch Maisstroh, Strohmatte oder andere sperrige Pflanzenmaterialien eignen sich dazu einzeln oder in Kombination. Ein langsames Verrotten des verholzten Materials soll die spätere Bodenfunktion durch Humusbildung unterstützen.
3. Aufbringen von Bodenmaterial als Unterboden auf die Streu, das als Aushub aus dem Akkumulationsareal (Schwemmfächer) entnommen wurde. Das Bodenmaterial wurde per Radlader, Minibagger verteilt und zusätzlich mit einer Verdichterplatte verfestigt.
4. Im Bereich der Erosionsrinnen < 3 dm verbietet sich Aststreu, hier wird nur Boden mit viel Stallmist oder Kompost vermengt.
5. Einbringen von Boden- Stallmist-Mix als Oberboden (Boden aus dem Russengrabenaushub)
6. Aufbringung von Mutterboden bzw. Kompost
7. Sicherung der Bodenoberfläche vor möglichen Starkregen durch Holzhäcksels, Stroh- oder sonstige Mulchauflagen.
8. Versperren möglichen konzentrierten Oberflächenzuflusses am Grabenkopf durch Verwallung mit hangseitigem Graben
9. baldige Roggeneinsaat und Nutzungsänderung empfohlen

4.9 Was lehrt der Schadensfall? – Geplant und stufenweise handeln!

1. Not-Sicherung vor Fortschreiten der Erosion evtl. durch Abriegelung mit Streu/Strohbinden oder anderem Material zur Unterbrechung der Abflusswirkung und Gewährleistung der Zwischensedimentation von Boden nach ersten Erosionsereignissen. Zusätzliches Lockern kann, wie im untersuchten Fall, durch nachfolgenden Regen zu stärkeren Schäden führen.
2. Ursachenaufklärung des Schadensfalls
3. Abwägen der Vor-/Nachteile einer Schlag-/Nutzungsänderung
4. Wiederherstellung der Nutzbarkeit mit einfachen Mitteln vom Eggen bis zum ingenieurtechnischen Verbau von Grabenstrukturen unter Beachtung der Kosten-Nutzen-Relation möglich
5. mittelfristige Wiederherstellung der Bodenfunktion durch gesonderte Bewirtschaftung (Herausnahme aus der Anbaufolge) und Einsaat einer Kombination aus schnelldeckenden und tiefwurzelnden Futterkulturen, die viel organische Masse bilden

Nach dem erfolgten Verbau der großen Gräben sind weitere „Schwachstellen“ im Bereich des Schadensareals am offenen „Russengraben“ dringend sanierungsbedürftig:

- Reduzierung der Ursachen der Erosionsschäden in der Fläche, Beachtung der Besonderheit der „Wölbackerstrukturen“ bei der Wahl der Bearbeitungsrichtung
- Gestaltung von Übertrittsstellen von Erosionssystemen in benachbarte Offsite-Bereiche (z.B. Infrastruktur, wasserwirtschaftliche Anlagen, Biotope..);



Abbildung 30:
Beseitigte Böschungsdurchquerung

Anmerkung des Autors: Aus meiner Sicht hätte die Beseitigung des Durchflusses zum „Russengraben“ durch H&K unterbleiben können und müssen, da sich der Abfluss bereits einen Weg zur „Erosionsbasis“ (hier dem Graben) durch die Böschung natürlich geschaffen hatte (Abbildung 30). Dieser Bereich hätte stabilisiert gehört, da gegenwärtig nicht abgeschätzt werden kann, ob und wann der diskutierte Vorschlag eines sichernden Verbaus der Böschung durch ein davor zu etablierendes Speicherareal mit Überlauf und Verwallung durch den Wasser- und Bodenverband errichtet wird.

Der Zeitraum des „Verbaus“ ist im Normalfall ungünstig gewählt, ergab sich hier aber aufgrund der Projektdurchführung mit Fördermitteln. Besser geeignet ist die Zeit direkt nach der Ernte („trockene Bodenbedingungen“). Unmittelbar folgen sollte dann die Einsaat mit einer Saadmischung, um die mit erheblichen Kosten verbundene Wiederherstellung der Bodenoberfläche nicht zu gefährden.

4.10 Kostenabschätzung des Schadensfalles

Was haben die Erosionsereignisse 2007 im Bereich des Russengrabens etwa gekostet?
Die Kosten der verheerenden Erosionsschäden 2007 um Brielow/Radewege sind nur zum Teil abschätzbar. Angesetzt werden nur die Werte, die sich auf das Schadensareal direkt am offenen Teil des „Russengrabens“ beziehen.

Aufwand Wasser- und Bodenverband für Grabenräumung:

Akh	10500 €
Technik-h	3500 €
Summe	ca. 14.000 €

Entgangene Erlöse Brielower Agrargesellschaft mbH:

Ertragsausfall auf Schlag 40 ca. 6 ha Silomais
(völlig weggespült und tlw. zur Aberntung nicht erreichbar 1 ha)
entgangener Erlös: 6 ha x 800,- €/ha = **4.800,- €**

Kosten für Aufwendungen Brielower Agrargesellschaft mbH:

4 ha Ansaatfläche nach Pfingstunwetter 2007		
•	6 h Radlader	x 46,- €/h = 276,- €
•	8 h Traktor + HW 80	x 48,- €/h = 384,- €
•	4 h Traktor + Drillkombi	x 52,- €/h = 208,- €
•	6 dt Roggensaatgut (eigen)	x 20,- €/dt = 120,- €
	Summe	ca. 1.000 €

Grabenverbau durch H&K-Gartendesign **26.000 €**

Gesamtsumme 45.800 € → 7.500 €/ha

Weitere Kosten entstanden durch Schäden auf nahegelegenen Agrarflächen, an der Infrastruktur und im privaten Sektor. Nähere Auskünfte sind beim Amt Beetzsee zu erfragen.

5 Zusammenfassung:

Die verheerenden Erosionsschäden 2007 um Brielow/Radewege sind Resultat sogenannter „Worst Case-Umstände“.

Neben der **großen Häufigkeit** ansonsten sehr **selten eintretender Starkregenereignisse** führten die übrigen Niederschläge zu **hohen Bodenwassergehalten** auf den zu **Stauwasser im Boden neigenden Standorten**. Der **schwach schluffige Sand** des Ackerhorizontes ist darüber hinaus besonders wasser- (Verschlämmungsneigung) und winderosionsgefährdet.

Die **Anbaufrucht Mais** im Bereich der Hauptschadensflächen gilt als besonders erosionsgefährdet. Ihr Anbau auf nur schwach geneigten Flächen wird allerdings allgemein empfohlen. Einflüsse der **historischen Landnutzung** in Form der anzutreffenden Wölbackerstrukturen in Neigungsrichtung werden durch die vor einigen Jahren geänderte **Bearbeitungsrichtung** quer zur Hauptneigungsrichtung verstärkt.

Die 1917 erfolgte **Melioration** des Marzahner Fenns mittels Rohr-Grabenentwässerung wurde durch die Erosionsereignisse durch Erosionsfrachten und Böschungsabbrüche schwer geschädigt. Ohne die Meliorationsmaßnahme hätten die Erosionsereignisse jedoch nur zu verstärkter Akkumulation im Bereich einer ehemaligen Senke (Soll / Niedermoor) geführt.

Auch der Versuch weitere Erosionsschäden nach dem ersten Schadensfall durch Grubbern und Roggeneinsaat zu verhindern, verkehrte sich aufgrund des nachfolgenden Zusammenwirkens ungünstiger Einflüsse ins Gegenteil und führte ungewollt eher zu einer Schadensverstärkung.

Bei der 2007 herrschenden Landbewirtschaftung wären die eingetretenen Schäden nicht zu verhindern, durch Anbau von Getreide oder konservierende Bodenbewirtschaftung jedoch deutlich zu mindern gewesen.

Die Wiederherstellung der Bodenoberfläche wurde als Flyer zur evtl. Nachnutzung dokumentiert (s. Flyer.pdf).

Eine mittelfristige Weiterbewirtschaftung der Fläche wie zuvor muss ausgeschlossen werden. Eine Nutzungsänderung ist notwendig. Über Möglichkeiten des Einsatzes konservierender Bodenbearbeitung auf den sowohl wasser- als auch winderosionsgefährdeten Flächen mit schwach schluffigen Sandböden sollte nachgedacht werden

Das Beispiel zeigt, dass bei ungünstigen Bedingungen auch potentiell relativ gering erosionsgefährdete Regionen von starken Schäden betroffen sein können. Dem Bodenschutz vor Erosion muss auch hier mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Danksagung:

Durch das MLUV Brandenburg, Referat 22, wurden die Fördermittel aus Landesmitteln für das Projekt zur Verfügung gestellt.

Zum Resultat des Projekts trugen unzählige Informationen bei, die von verschiedensten Akteuren zur Verfügung gestellt wurden.

Dank gilt vor allem dem MLUV, LUA und insbesondere dem LGB Potsdam, für die Bereitstellung des Digitalen Geländemodells und der Karte der Bodenschätzung.

Viele Rädchen griffen ineinander, um Luftbilder, Kartenausschnitte unterschiedlicher Zeitschritte zur Verfügung zu stellen und letztlich mit weiteren Daten zu verknüpfen.

Dank gilt den Mitarbeitern des ZALF, vor allem dem Institut für Bodenlandschaftsforschung, die wertvolle Daten vor Ort ermittelten, und anderen, die durch wertvolle Hinweise in Diskussionen manch Frage lösen halfen.

Regionalen Akteuren vom Wasser- und Bodenverband, aus dem Amt Beetzsee, einem Landschaftsplanungsbüro und dem LGRB sei für vielseitige Informationen gedankt. Der DWD lieferte Messdaten und Gutachten zur speziellen Niederschlagssituation im Jahr 2007.

Die Fa. H&K-Gartendesign als Leistungsträger des Verbaus der Erosionsgräben setzte die Ideen zur Wiederherstellung der Ackerfläche initiativreich um.

Der Betriebsleiter der Brielower Agrargesellschaft mbH, Hr. Ullrich, hat wesentlich zur Initiierung des Projekts und durch Daten und Technik zum Resultat des Projekts und Gelingen der Wiederherstellung der Nutzbarkeit des Areals beigetragen.

Literatur:

- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1995): Ergebnisse der Aufbereitung von Daten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) der ehemaligen DDR für länderübergreifenden Bodenschutz. Hannover, Berlin, Bodenkundliche Kartieranleitung 5, (ad-hoc AG Boden, Hannover 2005)
- Böhm, C., Kiesel, J., Deumlich, D. and J. Thiere (2008): GIS-Based Extrapolation of Medium Scale Agricultural Site Mapping in North-Eastern Germany. J. Plant Nutr. and Soil Sci. (in print)
- Dabas, M. und Tabbagh, A.: A comparison of EMI and DC methods used in soil mapping-theoretical considerations for Precision Agriculture. Precision agriculture – heterogeneity of sites and crops. Wageningen Academic Publishers, ISBN 9076998213, 2003.
- Deumlich, D. (1999): Erosive Niederschläge und ihre Eintrittswahrscheinlichkeit im Nordosten Deutschlands. Meteorolog. Zschr., 8, 155-161.
- Deumlich, D. und K. Gödicke (1989): Untersuchungen zu Schwellenwerten erosionsauslösender Niederschläge im Jungmoränengebiet der DDR - In: Arch. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenk. – Berlin 33 11. 709-716
- Deumlich, D.; Funk, R.; Kiesel, J.; Reuter, H. I.; Thiere, J.; Völker, L. (2004): Anwendung der Vergleichsmethode Standort (VERMOST) zur Bewertung der Erosionsgefährdungspotenziale als Datenbasis für Förderinstrumente am Beispiel des Landes Brandenburg. - Archives of Agronomy and Soil Science.50 (3): 259-271
- DIN ISO 10694, DIN ISO 13878 (Entwurf)
- DIN ISO 11277 (Texturanalyse)
- DIN ISO 11464 (Probenvorbehandlung)
- DIN 19708 (2005): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Normenausschuß Wasserwesen im DIN. Beuth Verl., Berlin.
- Domsch, H. und A. Giebel: Estimation of soil textural features from soil conductivity recorded using the EM38. Precision Agriculture, 5, 389-409, 2004.
- Gemeinde Beetzsee, OT Brielow (2007): Brielow 1290 – 2003. Gemeinde Beetzsee, Druckhaus Pietsch, Grebs, 458 S.
- Hierold, W. und D. Nagel (2000): Die Wölbäcker von Natteheide (Brandenburg) – Zeugnisse historischer Landnutzung. In: Harteisen, U., Schmidt, A. & Wulf, M. (Hrsg.), 2001. Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. GCA-Verlag, Reihe Forschen und Wissen - Landschaftsgestaltung, Herdecke: 101-111.
- Lück, E. , Eisenreich, M. Domsch, H. und Blumenstein, O.: Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde. Stoffdynamik in Geosystemen. Volume 4. ISSN 0949-4731, 2000.
- Lück, E. , Eisenreich, M. und Domsch, H.: Innovative Kartiermethoden für die teilflächenspezifische Landwirtschaft. Stoffdynamik in Geosystemen. Volume 7. ISSN 0949-4731, 2002.
- Mc Neill, J.D: Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Geonics Limited, Technical Note TN-6, 1980.
- Methodenbuch Band 1 (1991): Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt 4.Auflage
- Schmidt, J., v. Werner, M., Michael, A. (1996): EROSION 2D/3D - Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Sächs. Landesanstalt f. Landw. Dresden.
- Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart, Ulmer, p. 64.
- Sudduth, K.A., Drummond, S.T. und Kitchen, N.R.: Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture 31, 239-264, 2001.

Weltklimarat IPCC (2007): WG1 – AR4

Werner v., M. (2005): EROSION-3D Ver.3.11 Benutzerhandbuch, GeoGnostics Software
74 S. und Anlage

Wulf, M. (2000): Kulturlandschaftsforschung in Brandenburg. Beispiel Wölbäcker in der Prignitz. In: Harteisen, U., Schmidt, A. & Wulf, M. (Hrsg.), 2001. Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. GCA-Verlag, Reihe Forschen und Wissen - Landschaftsgestaltung, Herdecke: 87-100.

Anlage 1

Deutscher Wetterdienst, Abtlg. Hydrometeorologie

Analyse der hydrometeorologischen Verhältnisse in Bezug auf das Auftreten von Starkniederschlag am Pfingstwochenende 2007 und an weiteren Tagen des Jahres 2007 im Raum Brielow

Zielstellung

Gemäß Vorgabe des Auftraggebers ist hydrometeorologisch zu begutachten, mit welcher Häufigkeit im Raum Brielow die während des Starkniederschlagsereignisses zu Pfingsten 2007 aufgetretene Niederschlagshöhe im Mittel erreicht oder überschritten wird. Da es auch an weiteren Tagen im Jahre 2007 zu Starkniederschlag kam, ist hydrometeorologisch zu analysieren, wie das niederschlagsreiche Jahr 2007 im Vergleich zum Normalwert und zu vieljährigen Mittelwerten einzuordnen ist.

Untersuchungsmethode

Die zu Pfingsten und an weiteren Tagen des Jahres 2007 im Raum Brielow aufgetretenen Werte der Niederschlagshöhe, wie sie an Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und anderen Messstellen erfasst worden sind, werden mit den für diesen Standort extremwertstatistisch ermittelten KOSTRA-DWD-2000-Starkniederschlagshöhen verglichen.

Die für unterschiedliche Anwendungen definierten Starkniederschlagsereignisse können sowohl Niederschläge kurzer Dauer und hoher Intensität als auch mehrere Stunden oder Tage anhaltende Niederschläge mit großen Niederschlagshöhen sein. Eine Auswertung von Starkniederschlagsereignissen ist demnach eine statistische Behandlung von Extremwerten. Um solche Unterlagen zur Verfügung stellen zu können, ist eine planmäßige und detaillierte Auswertung von Niederschlagsregistrierungen erforderlich.

Die Datenbasis für die Berechnung und Regionalisierung von Starkniederschlagshöhen längerer Dauerstufen ($D = 24 \text{ h}$ bis $D = 72 \text{ h}$) besteht aus den täglichen Niederschlagshöhen auf Rasterbasis ($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$), die beim Deutschen Wetterdienst rückwirkend seit 1951 mittels des Verfahrens REGNIE (REGionalisierung von NIEderschlagshöhen) für den Zeitraum 1951 - 2000 nachberechnet wurden. In die Berechnung der räumlichen Verteilungen der Niederschlagshöhen gehen nach diesem Verfahren immer alle für den konkreten Termin verfügbaren Informationen von rund 4.500 Stationen ein. Dies bedeutet, dass zwar die Anzahl der verwendeten Messwerte von Monat zu Monat bzw. von Jahr zu Jahr variieren kann, sich aber der Informationsgehalt insgesamt deutlich erhöht. Die so erzeugte räumliche Auflösung der Starkniederschlagshöhen entspricht dem REGNIE-Raster mit rund 350.000 Rasterfeldern. Aufgrund dieser hohen Auflösung ist eine eigenständige Regionalisierung der räumlichen Verteilungen der Starkniederschlagshöhen nicht mehr erforderlich. Um die Kontinuität bei der Anwendung aufrechtzuerhalten, werden die Ergebnisse der neuen Auswertungen vom REGNIE-Raster auf das gewohnte KOSTRA-Raster mit rund 5.350 Rasterfeldern übertragen.

Für die Bearbeitung der kurzen Dauerstufen steht das Stationskollektiv aus ca. 200 Niederschlagsstationen für den Zeitraum 1951 – 1980 zur Verfügung. Von einer ganzen Reihe dieser über Deutschland verteilten Stationen sind die Niederschlagsregistrierungen bis ins Jahr 2000 digitalisiert bzw. durch Werte von automatischen Niederschlagsaufzeichnungen ergänzt worden, so dass für diese Stationen 50-jährige Reihen zur Verfügung stehen. Detaillierte Untersuchungen dieser Reihen haben ergeben, dass im Schauerbereich keine Änderung im Niederschlagsverhalten erkennbar ist. Das heißt, ein Trend hin zu stärkeren Kurzzeitniederschlägen ist nicht vorhanden. Daher können die Starkniederschlagsergebnisse im Schauerbereich aus dem KOSTRA-Atlas 1997 in die neue Auswertung übernommen werden. Sie gelten in dieser Form auch für den Zeitraum 1951 – 2000.

Als Fazit zahlreicher Detailuntersuchungen hat sich weiterhin ergeben, dass der bisherige Berechnungsansatz die tatsächlichen Zusammenhänge bei den 5- und 10-Minutenwerten nicht optimal widerspiegelt, da er sehr hohe Werte liefert, die insbesondere aufgrund der Erfahrungen beim Einsatz in Modellregen als zu hoch angesehen werden. Eine Anpassung des Verfahrens führt nun zu niedrigeren und damit realistischeren Werten bei den 5- und 10-minütigen Niederschlagshöhen.

Die Starkniederschlagsauswertungen liegen sowohl für das ganze Jahr von Januar bis Dezember vor als auch für das Sommerhalbjahr (Mai – September) und das Winterhalbjahr (Oktober – April). Die Ergebnisse (KOSTRA-DWD-2000-Starkniederschlagshöhen $h_N(D;T)$ in Abhängigkeit von der Dauerstufe D und der Jährlichkeit T) sind hierbei als Rasterdarstellungen mit einer Auflösung von etwa 8,5 km x 8,5 km pro Rasterfeld erfasst.

.....

Ergebnisse in 4.2.2 Witterung

Im Folgenden wird die synoptische Situation dieser Starkniederschlagsepisoden beschrieben:

26.05.bis 29.05.2007

Auf der Vorderseite des mit seinem Kern bis zu den Britischen Inseln ausgedehnten Höhentrogos wurde am 26.05.2007 unverändert sehr warme Luft in die Mitte Europas gelenkt. Deutschland lag dabei im Übergangsbereich zwischen arktischer Meeresluft im Nordwesten und subtropischer Luft im Osten und Süden. Dabei kam es an zwei Luftmassengrenzen immer wieder verbreitet zu ergiebigen Niederschlägen, die mit zum Teil unwetterartigen Gewittern einhergingen. Die kühle Luft aus dem Nordwesten drang nur langsam weiter in das Landesinnere vor. In der Nacht vom 26.05. zum 27.05.2007 gab es in ganz Deutschland wiederholt einzelne Schauer oder Gewitter. Ab dem Vormittag des 27.05.2007 konzentrierte sich die Niederschlagstätigkeit auf zwei Streifen. Eines der Niederschlagsfelder entwickelte sich gegen Mittag über dem Erzgebirge und zog unter Verstärkung nach Norden, wo es auch im Berlin-Brandenburger Raum am frühen Nachmittag verbreitet zu Gewittern kam. In den späten Abendstunden des 27.05.2007 zog von Westen her eine Kaltfront heran und brachte erneut Schauer und Gewitter westlich von Berlin. Im Zusammenhang mit der großräumigen Bewegung des ausgeprägten Höhentiefs entwickelten sich am 28.05.2007 in vielen Regionen Deutschlands Niederschlagsfelder. Viel Regen fiel im Bereich zweier Gewitterzonen, die sich am Nachmittag und in der Nacht zum 29.05.2007 wenig nördlich von Berlin verstärkten. Während in Berlin Regenmengen zwischen 15,4 l/m² (Gatow) und 30,2 l/m² (Flughafen Schönefeld) gemessen wurden, gab es in Neuruppin-Gühen 61,2 l/m² und in Wittstock 45,1 l/m². Am Mittag des 29.05.2007 lag ein kräftiges Bodentief an einer scharf ausgeprägten Luftmassengrenze mit seinem Zentrum über dem Fläming. Es führte an seiner Ostflanke nochmals subtropische Warmluft nach Brandenburg und ins östliche Mecklenburg-Vorpommern. Gleichzeitig gelangte aber an der Westflanke des Tiefs bodennah von Nordwesten sehr kühle Meeresluft in den größten Teil Deutschlands. So kam es am 29.05.2007 im Raum Brielow, aber auch in anderen Teilen von Deutschland wieder zu unwetterartigen Wetterentwicklungen durch ergiebigen Dauerregen und starke Gewitter. Das langsam nord-

wärts ziehende Tief führte am Nachmittag des 29.05.2007 eine Kaltfront über Brandenburg nordwestwärts. Am Abend zog die Kaltfront zur Ostseeküste ab.

15.06.2007

Die am Mittag des 14.06.2007 etwa entlang der deutschen Küstenlinie verlaufende Kaltfront kam bis zum Abend zunächst nur wenig südwärts voran. An ihr verschärften sich jedoch die Temperaturgegensätze. In Südschweden wurden trotz längerem Sonnenschein in der subpolaren Meeresluft nur um 17°C gemessen. Dagegen sind von Brandenburg nach Bayern und Baden-Württemberg in der subtropischen Luft wieder Höchstwerte von 25°C bis 30°C, örtlich auch 31°C erreicht worden. Innerhalb der subtropischen Luft wurden einerseits durch die Aufheizung der Luftmasse, andererseits durch zunehmende Hebung auf der Vorderseite des Tiefdruckwirbels QUINTUS im Tagesverlauf Gewitter ausgelöst, die sich zunehmend zu Clustern vereinten und in der Nacht zum 15.06.2007 - auch über Berlin und Brandenburg - nordostwärts zogen. Am 15.06.2007 betrug der Temperaturunterschied zwischen dem Nordwesten und dem Osten mehr als 15 K. Während im nördlichen Schleswig-Holstein die Höchstwerte nur bei 15°C lagen, stieg die Temperatur in Sachsen und im südlichen Brandenburg gebietsweise auf über 30°C. Im Grenzbereich dieser Warmluft subtropischen Ursprungs und der kühleren Meeresluft über dem westlichen Deutschland entstanden am Nachmittag des 15.06.2007 in Bayern verbreitet zum Teil recht heftige Gewitter, die sich im Laufe des Abends nach Norden ausbreiteten und während der zweiten Nachthälfte zum 16.06.2007 auch Brandenburg und Berlin erfassten.

21.06.2007

In der Nacht zum 21.06.2007 kam es in Verbindung mit der über Deutschland liegenden Kaltfrontokklusion zur Entwicklung von Schauern und Gewittern. Die Niederschlagsfelder breiteten sich allmählich nach Nordosten aus und erreichten mittags den Berliner Raum.

21./22.07.2007

Die am Vortag über Südwestdeutschland gelegene Kaltfront eines Nordseewirbels zog in Begleitung von Gewittern unterschiedlicher Intensität rasch weiter nach Osten bis Nordosten, während die Warmfront über Norddeutschland sich kaum verlagerte, so dass am 21.07.2007 eine gut ausgeprägte Okklusion über den küstennahen Gebieten lag. Die Gewitter entwickelten in der Nähe des Okklusionspunktes im Mittelgebirgsraum ihre größte Heftigkeit, wobei die Niederschlagsmengen infolge der hohen Verlagerungsgeschwindigkeit der Gewitter nicht allzu groß ausfielen. An der Grenze zu der heißen Luft über Südosteuropa und der deutlich kühleren Meeresluft über Westeuropa zog die frontale Welle des Tiefs ERDMANN von Oberitalien aus weiter nach Nordosten. Dabei entstanden zunächst über der Schweiz von Gewittern durchsetzte Niederschlagsgebiete, die sich unter Intensivierung nach Norden bis Nordosten ausbreiteten und in der ersten Nachthälfte vor allem Bayern und Thüringen gebietsweise Unwetter mit Starkniederschlägen brachten. In Thüringen wurden örtlich fast 90 l/m² gemessen. In den Morgenstunden des 22.07.2007 erfassten die von Gewittern begleiteten Starkniederschläge Brandenburg, wobei vor allem die Westhälfte am stärksten betroffen war. In Wiesenburg am Fläming fielen innerhalb von 6 Stunden 64 l/m² und in Brandenburg an der Havel 60 l/m². In Wusterwitz wurden bis 8 Uhr MESZ 86,5 l/m² gemessen. Am Vormittag griff der starke Gewitterregen auf Mecklenburg-Vorpommern über, wobei in Kyritz innerhalb von 3 Stunden 43 l/m² Niederschlag fielen. Der kleinräumige, aber recht intensive Tiefdruckwirbel ERDMANN lag am Abend des 22.07.2007 bereits über der südlichen Ostsee. Die höchsten Regenmengen in Deutschland am 22.07.2007 wurden dabei vom Raum Prenzlau bis zur Insel Usedom gemessen.

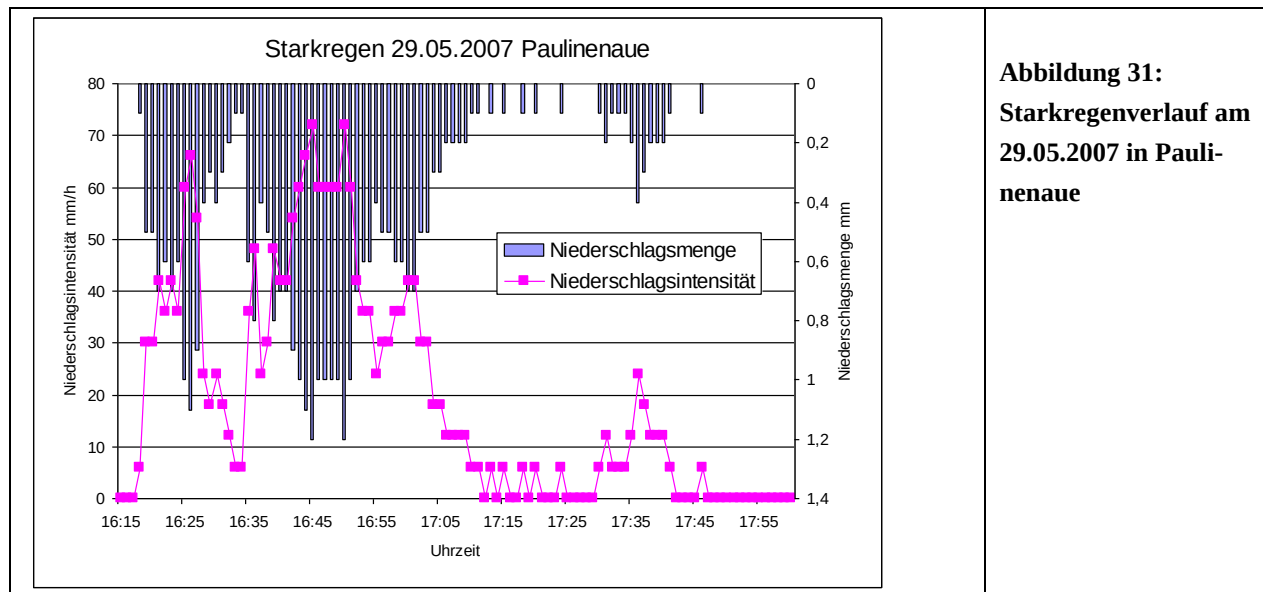
20.08.2007

Das an der Ostflanke eines ausgeprägten Höhentroges entstandene Tief QUIRINUS zog von Norditalien über Südpolen und Sachsen hinweg nordwestwärts nach Norddeutschland. Damit gelangte schwülwarmer Luft ins östliche Deutschland, wo gebietsweise auch erhebliche Regenmengen fielen. Mit dem Tief QUIRINUS war ein kompaktes Starkregengebiet mit eingelagerten Gewittern verbunden. In der zweiten Hälfte der Nacht zum 21.08.2007 erreichte dieses Regengebiet Deutschland von der Lausitz her, wobei vor allem in Brandenburg und

Berlin auch kräftige Gewitter eingelagert waren. Großflächig fielen zwischen 10 und 35 Liter Regen. Am Vormittag des 21.08.2007 zog das Starkregengebiet dann nach Sachsen-Anhalt, wobei es dort und in anderen Teilen Deutschlands noch weiter wetterwirksam war.

Zusammenfassung

Im Raum Brielow folgte im Jahre 2007 auf den extrem niederschlagsarmen April ein extrem niederschlagsreicher Mai. Anschließend gab es weitere Starkniederschlagsepisoden der Dauerstufe $D \geq 24$ h mit beträchtlichen Niederschlägen (z. T. mit Intensitätsverstärkungen im Kurzzeitbereich, z. B. für $D = 30$ min), so dass das Jahr 2007 das bisher niederschlagsreichste Jahr für den Raum Brielow ist.



Niederschlagsmengen 2007 ZALF-Station Paulinenaue													
Tag	jan	feb	mrz	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dez	
1				0	0	0	0	0	0	0,4	0	7	
2				0	0	0	12	5,8	0	1,8	1,2	6,8	
3				0,2	0	0	2,8	0,4	15,4	0	0,4	5,4	
4				0	0	0,2	5	0	7,2	0	0	0,4	
5				0	0	9,4	6,4	0	0,2	0,2	0	0,2	
6				0	0	0	1,6	0	0	0,4	8,2	1,2	
7				0	15,2	4,2	2,6	0	0	0	5,6	6,6	
8				0	8,2	0,2	0,2	2,2	0,2	0	0,2	0	
9				0	0,4	0	3,6	0,2	0	0	5	1,6	
10				0,4	15,6	0	15,6	0	9,6	0	0,2	0,2	
11				0	12	0	11	0,6	0	0	12,4	0,4	
12				0	10,8	21,2	2,4	10,4	0,2	0,2	3,2	1	
13				0	0	0,6	1,2	0	0	0	0,2	0	
14				0	12,6	0	0	0	0,6	0	1,4	0	
15			0	0	15,8	24,2	0	0,4	0,8	0,2	0	0	
16			0	0	5,4	39	0	1,6	0	0	0,2	0	
17			7,6	0	0,6	0	4,4	0,8	3,6	0,6	0,8	0	
18			4,6	0	0	3	0	0	7,2	0,2	0,2	0	
19			0	0	0	0	0,6	0	0	1,2	0	0	
20			0	0	0	1,2	0,6	2,2	0	0	0,2	0	
21			6	0	0	22,4	0	29,6	0	0,2	0	0	
22			23,8	0	0	1,4	84,6	3,2	0	0	0,2	0	
23			2,4	0	0	17,6	0	0	0,2	0,2	0,4	0	
24			0	2,2	0	0	2	2,8	0	0	0	0	
25			0	0	0,2	4,8	0,6	0	3,4	0	4,8	0	
26			0	0	0,2	6,8	0	0	0	0	0,2	0	
27			0	0	12,8	2	0	0	12,2	2,4	0	0	
28			0	0	3,2	3,6	2,2	0	13,4	0,2	0	0	
29			0	0	39,4	1,8	4,4	0	5,6	0	2,2	0	
30			0	0	0,4	4,4	0,2	1	0,6	2	0,8	1,4	
31			0		0		0	1		0,2		0	
Summe	0	0	44,4	2,8	153	168	164	62,2	80,4	10,4	48	32,2	720,8
Mittel71-2000	40	30	37	32	46	63	49	54	41	33	39	51	408

Tabelle 20: Niederschlagsdaten Paulinenaue ab 15.3.2007 im Vergleich zum 30-jährigen Mittel

Tabelle 20: Niederschlagsdaten Paulinenaue ab 15.3.2007 im Vergleich zum 30-jährigen Mittel

Tabelle 21: Bodendaten der Bohrprofile

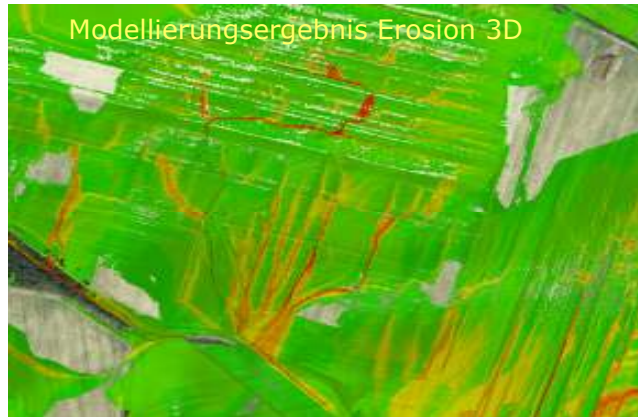
PRONUM	HORN	UTIEF	gS	mS	fS	gU	mU	fU	S	U	T	BoArt	% C _i	% N _i	% CO ₂ -C	pH _{CaCl2}	ppm Ca _{KWa}	ppm Fe _{KWa}	ppm K _{KWa}	ppm Mg _{KWa}	ppm P _{KWa}	C/N	OBS	EC	Skelett	Restfeuchte	WM%	WM%	TRD	WV%	PV%	
Brie_B1		01	14	12,9	45,5	26,0	6,2	3,4	2,2	84,4	11,8	3,8	Su2	0,647	0,059		6,79	1259	5086	971	729	302	10,97	1,12	0,1	6,8	0,8	6,9	-	-	-	-
Brie_B1		02	44	8,3	34,9	30,7	9,8	6,0	3,5	73,9	19,3	6,8	Si2	0,952	0,091		6,82	1688	6432	1350	1014	431	10,48	1,64	0,1	2,1	1,0	10,3	10,1	1,96	19,9	25,6
Brie_B1		03	81	4,9	38,6	33,3	8,1	5,7	3,2	76,8	17,0	6,2	Si2	0,282	0,016		7,46	3076	5442	1179	1055	164	18,07	0,49	0,1	1,2	0,8	8,7	8,9	1,96	17,4	25,9
Brie_B1		04	106	5,0	37,6	33,9	9,3	6,2	3,1	76,5	18,6	4,9	Su2	0,272	0,019		7,47	1150	4505	857	707	143	14,32	0,47	0,1	1,9	1,0	13,0	13,5	1,79	24,1	32,3
Brie_B1		05	114	4,9	32,7	30,9	9,7	8,4	5,5	68,5	23,6	7,9	Si2	0,511	0,060		7,08	1330	6000	1030	1011	171	8,49	0,88	0,1	1,0	0,7	17,2	-	-	-	-
Brie_B1		06	122	2,7	15,7	13,8	8,7	15,6	17,0	32,2	41,3	26,5	Li2	6,610	0,517		6,86	6492	12001	2299	1909	728	12,77	11,40	0,4	0,3	2,3	70,6	-	-	-	-
Brie_B1		07	145											1,985	0,196		6,96	3135	10848	2584	2601	347	10,10	3,42	-	0,0	1,6	45,5	29,4	1,43	42,1	45,7
Brie_B1		08	175											32,300	1,546		4,77	9899	11559	633	1091	410	20,90	55,69	-	9,0	16,3	130,9	-	-	-	-
Brie_B2		01	32	8,4	43,7	33,0	7,4	3,1	1,4	85,1	11,9	3,0	Su2	0,580	0,052		4,58						11,15	1,00	0,1	4,1	0,6	1,3	1,5	1,64	2,4	37,9
Brie_B2		02	52	6,9	42,8	30,1	9,1	4,7	2,6	79,8	16,4	3,8	Su2	0,244	0,017		4,71						14,05	0,42	0,1	2,9	0,6	2,6	3,1	1,71	5,3	35,1
Brie_B2		03	95	9,1	53,5	22,6	5,5	3,8	2,1	85,2	11,4	3,4	Su2	0,207	0,012		4,33						17,88	0,36	0,0	2,9	0,6	13,2	4,2	1,73	7,3	34,5
Brie_B2		04	175	10,6	62,7	24,9	0,7	0,6	0,3	98,2	1,6	0,2	Ss	0,160	0,004		5,06						43,70	0,27	0,1	6,2	0,5	1,9	1,9	1,61	3,1	38,9
Brie_B3		01	32	8,2	48,9	29,2	6,2	2,8	1,5	86,3	10,5	3,2	Su2	0,679	0,051		5,51	661	3446	606	457	288	13,27	1,17	0,1	12,1	0,8	1,8	1,4	1,65	2,3	37,7
Brie_B3		02	42	6,3	46,0	33,5	6,4	2,7	1,9	85,8	11,0	3,2	Su2	0,251	0,019		4,73	384	3587	595	516	239	13,21	0,43	0,0	8,7	0,8	1,5	-	-	-	-
Brie_B3		03	53	4,1	58,8	31,7	1,1	1,5	0,5	94,6	3,1	2,3	Ss	0,185	0,012		4,17	268	2905	600	360	102	15,42	0,32	0,0	2,0	1,5	4,2	5,2	1,62	8,5	38,5
Brie_B3		04	125	8,5	79,2	11,2	0,1	0,1	0,2	98,9	0,4	0,7	Ss	0,168	0,005		5,19	189	1909	507	230	81	33,60	0,29	0,0	0,7	0,6	2,6	1,8	1,63	2,9	38,1
Brie_B3		05	200																				0,00									
Brie_B4		01	30	11,8	47,1	26,7	6,3	3,1	1,9	85,6	11,3	3,1	Su2	0,653	0,058		4,67						11,26	1,13	0,1	2,9	0,6	1,8	1,5	1,53	2,3	42,0
Brie_B4		02	80	9,3	50,3	26,6	6,0	2,8	1,8	86,2	10,6	3,2	Su2	0,235	0,019		4,38						12,50	0,40	0,0	2,6	0,7	2,5	1,8	1,58	2,8	40,3
Brie_B4		03	140	11,6	60,4	23,8	1,6	0,8	0,9	95,8	3,3	0,9	Ss	0,167	0,004		7,56						39,69	0,29	0,0	7,1	1,8	2,2	2,1	1,59	3,4	39,6
Brie_B5		01	30	5,4	37,4	35,5	9,3	5,6	2,9	78,3	17,8	3,9	Su2	0,481	0,036		4,47						13,25	0,83	0,1	1,7	1,1	3,6	3,3	1,50	4,9	43,3
Brie_B5		02	43	4,1	32,7	37,8	10,8	6,9	3,3	74,6	21,0	4,4	Su2	0,215	0,012		4,34						17,92	0,37	0,0	3,7	1,9	5,0	6,2	1,82	11,3	31,1
Brie_B5		03	98	3,3	32,1	34,5	6,8	5,2	3,5	69,9	15,5	14,6	Si4	0,201	0,012		4,69						16,78	0,35	0,0	1,0	0,7	12,2	12,0	1,74	20,9	34,1
Brie_B5		04	135	5,1	32,3	30,9	7,1	6,3	4,2	68,3	17,6	14,1	Si4	0,188	0,010		5,70						19,25	0,32	0,0	1,2	1,6	12,7	14,6	1,79	26,2	32,2
Brie_B5		05	180																				0,00									
Brie_B6		01	27	9,6	50,0	25,2	6,0	3,2	1,9	84,8	11,1	4,1	Su2	0,992	0,082		5,82						12,10	1,71	0,1	2,7	0,7	3,7	1,8	1,52	2,7	42,4
Brie_B6		02	70	20,7	58,3	14,7	1,6	1,7	0,8	93,7	4,1	2,2	Ss	0,221	0,011		6,17						20,09	0,38	0,0	9,7	0,5	1,6	1,4	1,62	2,2	38,8
Brie_B6		03	180	9,4	66,9	21,1	0,8	0,6	0,3	97,4	1,7	0,9	Ss	0,173	0,000		5,04							0,30	0,0	2,9	1,2	3,9	2,6	1,60	4,2	39,4
Brie_B7		01	25	6,2	34,3	35,7	9,6	6,2	2,8	76,2	18,6	5,2	Si2	0,881	0,072		6,61	936	4373	849	644	341	12,15	1,52	0,1	2,4	1,9	2,9	2,3	1,44	3,3	45,6
Brie_B7		02	58	4,0	28,6	31,7	8,9	5,7	3,8	64,3	18,4	17,3	Li4	0,265	0,025		6,41	1347	14781	2831	2443	123	10,60	0,46	0,0	1,7	3,4	7,8	6,0	1,69	10,1	36,2
Brie_B7		03	90	4,6	26,5	29,9	8,3	6,7	4,0	61,0	19,0	20,0	Li4	0,235	0,022	0,02	6,64	2142	17153	2884	3006	207	10,67	0,37	0,0	0,9	2,0	7,1	7,5	1,68	12,6	36,6
Brie_B7		04	120	6,3	23,3	29,9	9,9	8,6	6,9	59,5	25,4	15,1	Si4	1,635	0,010	1,46	7,54	50033	10591	2158	2693	229	158,20	0,30	0,1	2,9	0,6	8,7	4,9	1,68	8,2	36,5
Brie_B8		01	26	6,1	43,1	34,2	7,6	3,6	1,7	83,4	12,9	3,7	Su2	0,563	0,042		6,00						13,57	0,97	0,1	3,9	0,7	2,1	1,6	1,55	2,5	41,5
Brie_B8		02	52	10,1	48,5	27,1	6,8	2,7	1,8	85,7	11,3	3,0	Su2	0,213	0,008		5,88						26,88	0,37	0,1	6,8	1,5	1,9	2,0	1,75	3,5	33,8
Brie_B8		03	61	21,7	52,9	15,3	1,1	2,1	1,4	89,9	4,6	5,5	Si2	0,217	0,013		7,61						16,69	0,37	0,1	19,1	0,9	7,0	-	-	-	-
Brie_B8		04	180	7,7	50,6	35,4	3,0	0,6	0,5	93,7	4,1	2,2	Ss	0,190	0,002		5,97						95,47	0,33	0,0	1,4	0,7	3,8	4,7	1,61	7,6	39,1
Brie_B9		01	30	5,7	37,3	36,7	9,3	4,9	2,6	79,7	16,8	3,5	Su2	0,666	0,046		6,12	557	4351	690	557	241	14,40	1,15	0,1	5,1	0,7	2,5	2,0	1,58	3,2	40,2
Brie_B9		02	53	5,4	31,0	33,7	11,0	8,3	4,7	70,1	24,0	5,9	Si2	0,225	0,014		6,32	506	6046	1176	976	152	16,36	0,39	0,1	5,4	2,7	1,6	1,9	1,64	3,1	38,0
Brie_B9		03	110	4,3	25,9	29,3	8,9	7,2	4,6	59,5	20,7	19,8	Li4	0,243	0,014	0,02	7,53	1640	18374	3316	2696	220	16,73	0,38	0,1	4,1	1,7	7,9	8,8	1,85	16,3	30,0
Brie_B9		04	135	4,1	29,9	31,1	8,9	7,8	7,1	65,1	23,8	11,1	Si3	1,150	0,007	1,15	7,77	36484	9896	2154	2216	213	157,00	0,00	0,1	1,7	1,6	9,4	13,4	1,86	24,9	29,5
Brie_B10		01	30	6,2	37,0	33,5	8,8	5,2	2,4	76,7	16,4	6,9	Si2	0,736	0,056		6,73						13,15	1,27	0,1	5,8	0,7	2,8	3,1	1,52	4,7	42,3
Brie_B10		02	45	5,9	27,3	32,6	9,2	6,7	3,4	65,8	19,3	14,9	Si4	0,362	0,027		6,70						13,64	0,62	0,1	2,0	0,6	5,8	6,4	1,68	10,8	36,4
Brie_B10		03	78	3,6	41,6	40,0	1,0	0,2	0,3	85,2	1,5	13,3	Si2	0,221	0,021		6,56						10,52	0,38	0,0	0,1	2,1	4,8	5,2	1,67	8,7	36,8
Brie_B10		04	110	4,1	22,6	29,1	10,1	8,1	5,9	55,8	24,1	20,1	Li4	0,216	0,020		7,45						11,04	0,37	0,0	1,0	1,9	12,2	11,7	1,89	22,1	28,3
Brie_B10		05	120																													
Brie_B11		01	30	6,0	32,7	36,0	10,4	6,2	3,9	74,7	20,5	4,8	Su2	0,674	0,055		5,66						12,25	1,16	0,1	3,8	3,3	3,4	2,4	1,52	3,6	42,3
Brie_B11		02	60	5,7	33,2	36,4	10,0	6,5	4,2	75,3	20,7	4,0	Su2	0,196	0,015		5,74						12,73	0,34	0,1	3,4	2,0	4,4	1,4	1,69	2,4	36,1
Brie_B11		03	140	4,5	27,7	31,5	7,5	7,1	4,6	63,7	19,2	17,1	Li4	0,2																		

Aufbringen von Bodenmaterial als Unterboden auf die Streu, kann aus Schwemmfächer entnommen werden

Bodenmaterial verteilen und verdichten; in Erosionsrinnen < 30 cm und für Ackerkrumenaufbau Mutterboden/Kompost mit viel Stallmist mengen

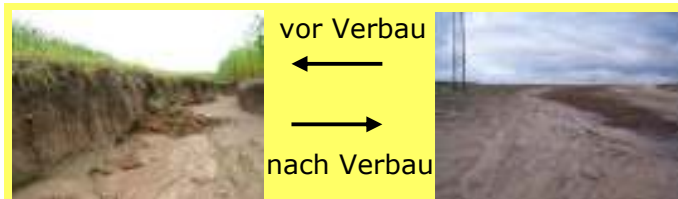
Sicherung der Bodenoberfläche vor möglichen Starkregen durch Holzhäcksel, Stroh oder sonstige Mulchauflagen

Versperren gegen Oberflächenzufluß am Grabenkopf mit Verwallung und hangseitigem Graben



Informationsquellen:

Fachbehörden der Kreise und Länder, z.B. Geologische Landesämter
Landesvermessung und Geobasisinformation
Deutscher Wetterdienst
Wasser- und Bodenverband



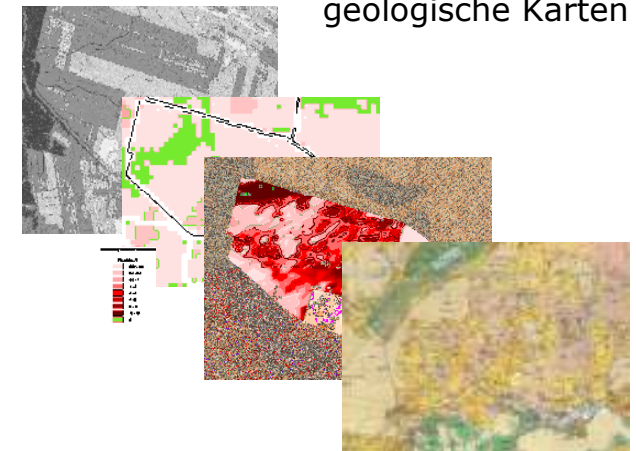
!!!Schutz der Fläche, dauerhafte Begrünung – flache Bearbeitung!!!



Ursachen identifizieren

Fruchtart, Topografie (Hangneigung und -länge), Bodenzustand, Regen, Schlagform und Schlaggeschichte

- Schaden besichtigen
- Informieren
- Topografische Karten
 - Archiv- und aktuelle Luftbilder,
 - Landnutzungsinformationen
 - Erosionsgefährdungskarte
 - Boden- und geologische Karten



Gefördert durch:
MLUV



Was lehrt ein Schadensfall?

Geplant und stufenweise handeln!

1. Not-Sicherung nach ersten Erosionsereignissen, Schutz vor Erosion beim nächsten Regen durch Abriegelung mit Streu oder Strohbinden zur Unterbrechung der Abflusswirkung und Gewährleistung der Zwischensedimentation von Boden.
2. Ursachenaufklärung
3. Abwägen der Vor-/Nachteile einer Schlag-/Nutzungsänderung
4. Wiederherstellung der Nutzbarkeit in Abhängigkeit vom Schadensmaß vom Eggen bis zum ingenieurtechnischen **Verbau** von Grabenstrukturen möglich – **KOSTEN!?**
5. mittelfristige Wiedererlangung der Bodenfunktion durch gesonderte Bewirtschaftung (Herausnahme aus der Anbaufolge); Einsaat einer Kombination aus schnelldeckenden und tiefwurzelnden Futterkulturen, die viel organische Masse bilden

Verbau:



Sicherungsstützen



Faschinen



Streulage >30 cm Tiefe



Mist <30 cm Tiefe

- ▶ Faschinen als Querriegel zur Stabilisierung im Abstand von ca. 20... 30 m Absicherung durch je 2 schräg in Bohrungen gegen die Neigungsrichtung eingeschlagene Stützen (Einbautiefe unterhalb von 30 cm unter Bodenoberfläche)
- ▶ Ausbreiten von Astmaterial als Streu zwischen den Querriegeln (möglichst Schwachast- (3...5 cm) bis Grobastmaterial (5...10 cm)), bei Grabentiefe > 30 cm; bei Grabentiefe > 60 cm zweilagig empfohlen
- ▶ Astmaterial mit Astbasis in Gefällerrichtung zum Zwecke der Verzögerung von Schichtwasserfluss durch feinere Triebe; Maisstroh, Strohmatte oder andere sperrige Pflanzenmaterialien ebenfalls geeignet
- ▶ langsames Verrotten des verholzten Materials unterstützt die Humusbildung und spätere Bodenfunktion