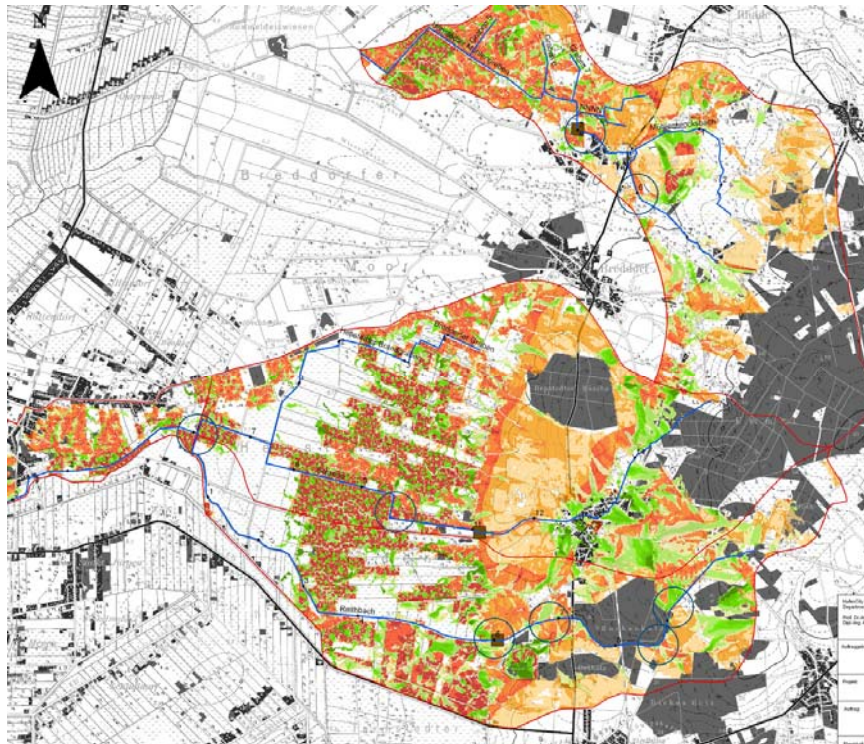

Sedimenteintrag in Fließgewässer – Quellen und Maßnahmen am Beispiel von kleinen Fließgewässern im Einzugsgebiet der Hamme

- Erläuterungsbericht -



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut
Dipl.-Ing. André Schwark
Dipl.-Ing. Patrik Buhmann

HafenCity Universität Hamburg
Department Bauingenieurwesen

Sedimenteintrag in Fließgewässer – Quellen und Maßnahmen am Beispiel von kleinen Fließgewässern im Einzugsgebiet der Hamme

Auftraggeber: Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor
Worpswede

Auftragnehmer: Hafencity Universität Hamburg
Department Bauingenieurwesen
Hebebrandstr. 1 22297 Hamburg
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut
Tel. 040/ 42827 5515 Fax 040/ 428755599
wolfgang.dickhaut@hcu-hamburg.de
www.hcu-hamburg.de



Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut
Dipl.-Ing. André Schwark, HCU Hamburg
Dipl.-Ing. Patrik Buhmann, HCU Hamburg
(Schwerpunkt für die Kap.2, 5.1.1 und Informationen zum Hanstedter Mühlenbach)

cand.-Ing. Friederike Schmidt, HAW Hamburg

Hamburg, im Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Anlass und Ziel der Untersuchung..... | 1 |
| 1.2 | Untersuchungsmethodik..... | 2 |
| 1.3 | Lage des Bearbeitungsgebietes und Einstufung der Fließgewässer..... | 4 |
| 2 | Grundlagen zum Prozess der Bodenerosion..... | 7 |
| 2.1 | Bodenerosion durch Wasser | 7 |
| 2.1.1 | Lösen..... | 7 |
| 2.1.2 | Oberflächenabfluss..... | 8 |
| 2.1.3 | Transport | 9 |
| 2.1.4 | Ablagerung | 9 |
| 2.1.5 | Formen der Wassererosion | 10 |
| 2.2 | Bodenerosion durch Wind | 11 |
| 2.2.1 | Ablösen..... | 11 |
| 2.2.2 | Transport | 11 |
| 2.2.3 | Ablagerung | 12 |
| 2.3 | Bodenerosion durch Wasser – Beschreibung Simulationsverfahren..... | 12 |
| 2.3.1 | Methodik..... | 12 |
| 2.3.2 | Eingangsparameter | 13 |
| 2.3.3 | Gewählte Parameter für die Berechnung | 13 |
| 3 | Zustandsaufnahme des Bearbeitungsgebiets | 16 |
| 3.1 | Beschreibungen zum gesamten Bearbeitungsgebiet | 16 |
| 3.2 | Beschreibung der Situation auf Einzugsgebietsebene | 18 |
| 3.2.1 | Reithbach | 18 |
| 3.2.1.1 | Gewässerlauf Reithbach..... | 18 |
| 3.2.1.2 | Sandfang Reithbach | 20 |
| 3.2.2 | Schmoo | 21 |
| 3.2.2.3 | Gewässerlauf Schmoo | 21 |
| 3.2.2.4 | Sandfang Schmoo | 22 |
| 3.2.3 | Hanstedter Mühlenbach | 23 |
| 3.2.3.5 | Gewässerlauf Hanstedter Mühlenbach..... | 23 |
| 3.2.3.6 | Sandfang Hanstedter Mühlenbach | 24 |
| 4 | Ermittlung von Sedimenteintragspfaden und Wirkungsabschätzung..... | 25 |
| 4.1 | Bodenerosion durch Wasser | 25 |
| 4.1.1 | Vereinfachte Ermittlung von Sedimenteintragspfaden im Gesamtbearbeitungsgebiet...25 | 25 |
| 4.1.2 | Sedimenteintrag am Reithbach | 27 |
| 4.1.3 | Sedimenteintrag an der Schmoo | 30 |
| 4.1.4 | Sedimenteintrag am Hanstedter Mühlenbach | 34 |
| 4.2 | Fachliche Einzelhinweise zu Erosions- und Sedimentationswegen | 39 |
| 4.3 | Gesamtbewertung zum Sedimenteintrag und zum Zustand der Gewässer | 43 |
| 5 | Maßnahmen zur Erosionsminderung | 44 |
| 5.1 | Ursachenspezifische und flächenbezogene Maßnahmen der Landwirtschaft..... | 44 |
| 5.1.1 | Allgemeine Beschreibung der Möglichkeiten der Reduktion von Sedimenteinträgen aus der Fläche..... | 45 |
| 5.1.2 | Beispielhafte Maßnahmenbeschreibung und Wirkungsabschätzung am Reithbach | 50 |
| 5.1.3 | Zusammenfassende Einschätzung zu flächenbezogenen Maßnahmen der Landwirtschaft | 64 |
| 5.2 | Flächenbezogene Maßnahmen in den Siedlungsgebieten..... | 65 |
| 5.3 | Auswirkungsspezifische Maßnahmen zur Erosionsminderung am Fließgewässer | 65 |
| 5.4 | Hinweise zur Verbesserung der Sandfänge an Reithbach, Schmoo und Hanstedter Mühlenbach | 67 |

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 6 | Ausblick..... | 67 |
| 7 | Zusammenfassung..... | 69 |
| | Literaturverzeichnis..... | 73 |
| | Abbildungsverzeichnis..... | 71 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 72 |

Anhang

| | | |
|------------|---|----|
| Anhang I - | Simulationsergebnisse der Detailflächen am Reithbach..... | 76 |
|------------|---|----|

Anlagenverzeichnis

| | | |
|-----------|--|--|
| Anlage 1: | Übersichtskarte Bearbeitungsgebiet (Maßstab 1: 50.000) | |
| Anlage 2: | Lageplan mit Darstellung der Lage der Sandfänge, Einzugsgebiete (Maßstab 1:25.000) | |
| Anlage 3: | Karte mit Darstellung der Flächennutzung | |
| Anlage 4: | Digitales Geländemodell | |
| Anlage 5: | Simulationsergebnisse der einzugsgebietsbezogenen Modellierung (worst-case-szenario), Übersichtskarte Oberflächenerosion | |

1 Einleitung

1.1 Anlass und Ziel der Untersuchung

Viele Fließgewässer des norddeutschen Tieflandes sind durch unnatürlich hohe Sedimentfrachten beeinträchtigt. Der Beginn der menschlichen Einflussnahme durch landwirtschaftliche Nutzung, die Besiedlung gewässernaher Flächen und durch den Gewässerausbau reicht weit zurück. Gerade in der heutigen Zeit scheint die Beschäftigung mit der Problematik des Sedimenteintrags in Fließgewässer mehr denn je erforderlich. Derzeitige landwirtschaftliche Entwicklungen, z.B. in Bezug auf zunehmenden Maisanbau zur Biogaserzeugung, stellen in einigen Regionen keine Verbesserung der Situation in Aussicht. Dies gilt für den Gewässerschutz wie für den Bodenschutz gleichermaßen.

Zur Reduktion von Sedimentfrachten in Fließgewässern wurden in früherer Zeit Maßnahmen ergriffen, in denen wasserwirtschaftliche Beweggründe im Vordergrund standen. Der Erhalt der Vorflut und damit die Sicherung der hydraulischen Leistungsfähigkeit waren vorrangige Ziele der Wasserwirtschaft. Im Zuge mehrfacher Novellierungen der Wassergesetze in den letzten zwei Jahrzehnten und spätestens mit Einführung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) im Jahr 2000 gewannen der Erhalt und die Sicherung des Naturhaushalts auch wasserrechtlich an Bedeutung (vgl. GESETZ ZUR ORDNUNG DES WASSERHAUSHALTS (WHG) 2002; EU-WRRL). Maßnahmen gegen Sedimenteinträge, die sich an den erhöhten ökologischen Anforderungen an die Gewässerbewirtschaftung und –unterhaltung orientieren, werden jedoch nur zögerlich ergriffen. Nutzungsinteressen und –konflikte an Fließgewässern sind stark ausgeprägt und einvernehmliche Einigungen über zu ergreifende Maßnahmen können nicht immer erzielt werden.

Wissenschaftlich ist allerdings erwiesen, dass die anthropogen verursachte Übersandung von Fließgewässern über ein hohes ökologisches Schadenspotenzial verfügt. Die Gewässersohle bestimmt die Zusammensetzung der Gewässerfauna maßgeblich. Die meisten Fische und Wirbellosen sind an den Lebensraum der Gewässersohle gebunden und auf verschiedene Strukturen im Gewässergrund angewiesen. Zu diesen gehören insbesondere das Kieslückensystem des Sohlsubstrats, Kolke, Rauschen, Totholz, Unterstände sowie unterschiedliche Strömungszonen. Flächenhafter Sedimenteintrag hat häufig die Überdeckung dieser Strukturen und die Isolation der ursprünglich mit der fließenden Welle kommunizierenden Gewässersohle zur Folge (siehe Abbildung 41). Dies hat weitreichende negative Folgen für die Lebensgemeinschaften im Gewässer. (ausführlicher hierzu in Dickhaut, W.,Schwark, A.,Franke, K. 2006a und Dickhaut, W.,Schwark, A. 2006b)

Im Einzugsgebiet der Hamme sind neben anderen die Fließgewässer Reithbach, Schmoor und Hanstedter Mühlenbach von der Problematik einer unnatürlich hohen Sedimentfracht betroffen. Sie verfügen über Sandfänge, die schadhafte Auswirkungen abmildern sollen. Unklar ist bisher die Funktionsfähigkeit der in den 80er Jahren in Betrieb genommenen Sandfänge sowie die Herkunft der Sedimentfrachten.

Die HafenCity Universität ist vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor daher beauftragt worden, die Sandfänge auf ihre Funktion zu überprüfen und die Gewässer und ihr Einzugsgebiet auf mögliche Sedimenteintragspfade zu untersuchen. Aufbauend auf der Identifikation von Sedimentquellen werden Maßnahmenvorschläge erarbeitet, um die Belastung durch anthropogene Sande in den untersuchten Fließgewässern zu reduzieren.

Die Untersuchung partikulärer Stofffrachten steht im Vordergrund dieser Studie. Andere, durch Erosions- und Auswaschungsprozesse verursachte Nähr- und Schadstoffeinträge in die Fließgewässer führen ebenfalls zu erheblichen ökologischen Beeinträchtigungen, sind jedoch nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

1.2 Untersuchungsmethodik

Der Untersuchungsrahmen lässt sich grob in drei Bereiche untergliedern:

- Zustandsaufnahme der Fließgewässer, des Sandfangs und der Gebietskenngrößen
- Ermittlung von Sedimentquellen und möglichen Übertrittsstellen in die Gewässer
- Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen

Zustandsaufnahme der Fließgewässer, des Sandfangs und der Gebietskenngrößen

Für jedes Fließgewässer werden 5-6 repräsentative Untersuchungsabschnitte gewählt, die sich jeweils über den gesamten Verlauf der Gewässer verteilen. An diesen Abschnitten wird auf einer Länge von jeweils ca. 100 m der gewässermorphologische Zustand dokumentiert. Ein besonderes Augenmerk wird an dieser Stelle auf potentielle Übertrittsstellen mobilen Sandes in die Fließgewässer bzw. auf Erosionsformen im Gerinne gelegt.

Die Zustandsaufnahme der Gewässersohle erfolgt nach Vorgaben des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (RASPER, M. 2001a), des Umweltbundesamtes (RICKING et al. 2005), sowie des Bundesverbandes Boden (BUNDESVERBAND BODEN (BVB) 2004) und eigenen Vorgaben. Mit Hilfe von Probenahme und Kartierung wird eine Übersicht über den Zustand der Gewässersohle gegeben. Je Untersuchungsabschnitt werden 2 Sedimentproben zur Ermittlung der Korngrößenverteilung entnommen.

Es erfolgt eine Beurteilung des baulichen Zustands der Sandfänge. Grundlage bilden hierfür vorliegende Auszüge aus den Entwurfsunterlagen der Sandfänge. Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Sandfänge erfolgt aufbauend auf den Ergebnissen der Sohlbeprobungen. Im Vordergrund steht die Abschätzung der Funktionsfähigkeit im Hinblick auf die Reduzierung der Sandfracht für die unterhalb gelegenen Gewässerabschnitte.

Die Zustandsaufnahme des Gewässerumfelds erfolgt durch die Erfassung landwirtschaftlich und infrastrukturell genutzter Flächen und Parameter, die an der Entstehung mobilen Sandes beteiligt sind. Dies erfolgt durch Zusammenstellung der Gebietskenngrößen (Niederschlag, Bodenparameter, Reliefinformationen, Bodenbedeckung und -bewirtschaftung), Befragungen des Wasser- und Bodenverbandes, Auswertung von Luftaufnahmen und thematischer Kartenwerke sowie Erhebungen im Feld.

Ermittlung von Sedimentquellen und möglichen Übertrittsstellen in die Gewässer

In der Untersuchung werden Erosionsvorgänge in den gewässernahen Flächen rechnergestützt nachgebildet. Es erfolgt eine qualitative Abschätzung der Erosionsgefährdung und, soweit möglich, eine weitergehende Identifizierung lokaler Übertrittsstellen und Erosionsbasen.

Bei der hier untersuchten Erosionsgefährdung handelt es sich um eine sog. „Gefährdungsabschätzung für andere Schutzgüter“ (BUNDESVERBAND BODEN (BVB) 2004). Hierbei wird in den Mittelpunkt der Untersuchung die Deposition von Bodenmaterial im Schutzgut „Fließgewässer“ und nicht der Bodenabtrag auf der Fläche gestellt. Zur Anwendung kommt das empirisch-physikalisch basierte Erosionsmodell EROSION 3D und die empirische Bodenab-

tragsgleichung dABAG. Für das gesamte Bearbeitungsgebiet wird hiermit ein „worst-case-Szenario“ bearbeitet, das für die ganzen landwirtschaftlichen Flächen die Maisnutzung festsetzt. Dies stellt sich in der Realität differenzierter dar. Für gemeinsam mit dem Auftraggeber ausgewählte Flächen am Reithbach wird auch die Realnutzung simuliert.

Nicht aus der landwirtschaftlichen Fläche stammende Sedimentquellen, wie z.B. Uferabbrüche oder Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung werden im Rahmen der Zustandsaufnahme im Feld beispielhaft und augenscheinlich erfasst und beurteilt.

Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen

Basierend auf den Zustandsaufnahmen und –analysen erosionsgefährdeter Bereiche werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber für potentielle Maßnahmenumsetzungen interessante und geeignete Gewässerabschnitte am Reithbach ausgewählt. An diesen werden beispielhaft mögliche Maßnahmen entwickelt und ihr Reduktionspotenzial hinsichtlich der Sandfrachten in Fließgewässern mit Hilfe der EDV-gestützten Modellierung nachgebildet und qualitativ beurteilt.

Der Beitrag weiterer, nicht von der Oberfläche stammender Sedimentquellen am Gesamtfeststofftransport wird auf der Grundlage von Feldbeobachtungen abgeschätzt. Die Maßnahmen zur Reduktion des Sandeintrags werden nach ursachen- und auswirkungsspezifischen Merkmalen unterschieden.

1.3 Lage des Bearbeitungsgebietes und Einstufung der Fließgewässer

In Abbildung 1 ist eine Übersicht des Bearbeitungsgebiets mit Kennzeichnung der Teileinzugsgebiete (orange Linien) dargestellt. Das Einzugsgebiet des Hanstedter Mühlenbachs erstreckt sich von der westlich gelegenen Mündung in die Rummeldeisbeek in süd-östliche Richtung bis in den östlich von Breddorf gelegenen Quellbereich, im Oberlauf zweigt der Mühlenbrooksbach ab. Die Gewässer Schmoo und Reithbach verlaufen in westliche Richtung parallel zueinander, bevor der Reithbach bei der Ortschaft Fünfhausen in die Schmoo mündet. Von dort verläuft das Gewässer auf weiteren 6 km bis zur Mündung in die Hamme.

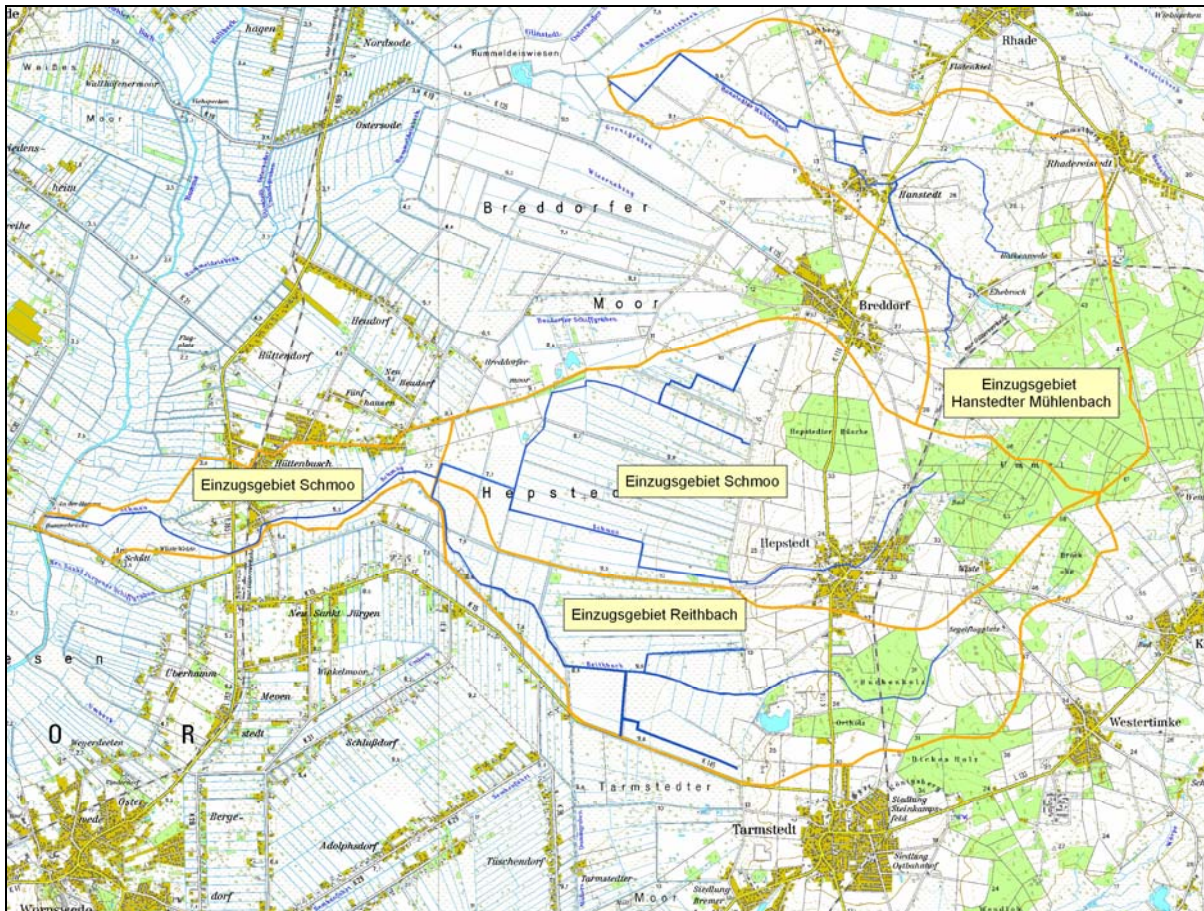


Abbildung 1: Übersicht des Bearbeitungsgebiets

Gemäß Bestandsaufnahme 2004 zur Umsetzung der EU-WRRL (siehe: Bezirksregierung Lüneburg - Außenstelle Verden, NLWK Betriebsstelle Verden, 2004) sind die Fließgewässer im Bearbeitungsgebiet, wie in Abbildung 2 dargestellt, Gewässertypen zugeordnet. Die Oberläufe der untersuchten Fließgewässer sind demnach als „Typ 16 – Kiesgeprägter Tieflandbach“ ausgewiesen. Im Anschluss erfolgt im Bereich der ausgeprägten Geestkante der Übergang zum „Typ 14 – Sandgeprägter Tieflandbach“.

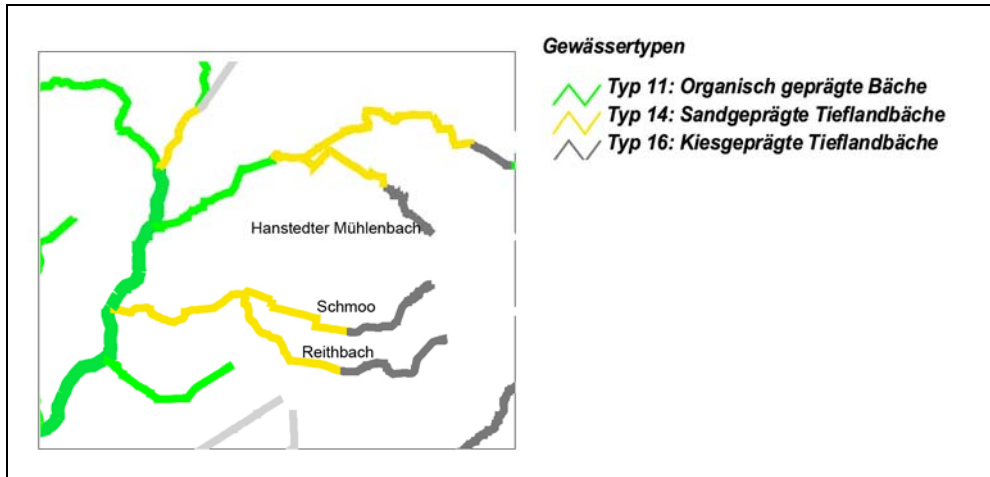


Abbildung 2: Gewässertypen im Bearbeitungsgebiet (Bezirksregierung Lüneburg - Außenstelle Verden, NLWK Betriebsstelle Verden, 2004)

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die wichtigsten Gebietskenngrößen der Teileinzugsgebiete. Die verwendeten Bezeichnungen entsprechen den im Bericht zur Bestandsaufnahme 2004 zur Umsetzung der EU-WRRL gemachten Vorgaben (Bezirksregierung Lüneburg - Außenstelle Verden, NLWK Betriebsstelle Verden, 2004).

| | Schmoor | Reithbach | Hanstedter Mühlenbach |
|--|--|----------------------|------------------------------|
| Bearbeitungsgebiet | Wümme (Nr. 24, Niedersachsen und Bremen, Koordinierungsraum Weser) | | |
| Größe des Bearbeitungsgebietes | 27,6 km ² | 16,8 km ² | 18,22 km ² |
| Zugehörigkeit zum Flussgebiet und zum Koordinierungsraum | Flussgebiet Weser Koordinierungsraum Weser | | |
| Landkreise | Rotenburg Wümme / Osterholz | Rotenburg (Wümme) | Rotenburg (Wümme) |

Tabelle 1: Flächenbeschreibung

| | Schmoo | Reithbach | Hanstedter Mühlenbach |
|--------------------------------------|---|------------------|------------------------------|
| Ökoregion | Ökoregion 14 „Zentrales Flachland“ | | |
| Fließgewässergroßlandschaft | Tiefeland (mit Börden) | | |
| Naturräumliche Region | Stader Geest | | |
| Topographie | Siehe Karten Anlage II und IV - Topographische Karte und digitales Geländemodell | | |
| Klimatische Beschreibung | Durchschnittliche mittlere Niederschlagsmenge: 745 mm | | |
| Flächennutzung im Bearbeitungsgebiet | Grünlandnutzung 40 %; Ackerflächen 60 % | | |
| Relevante Industrie | Biogasanlagen | | |

Tabelle 2: Naturraum, Klima, Infrastruktur

| | Schmoo | Reithbach | Hanstedter Mühlenbach |
|---|---|--|---|
| Fließgewässer im Betrachtungsraum | Schmoo Hepstedter Brandgraben | Reithbach | Hanstedter Mühlenbach Mühlenbrooksbach |
| Fließgewässerlandschaft nach Rasper (2001) | Sandgebiet | | |
| Gewässertyp | | | |
| Oberlauf | Typ 16 „Kiesgeprägter Tieflandbach“ | Typ 16 „Kiesgeprägter Tieflandbach“ | Typ 16 „Kiesgeprägter Tieflandbach“ |
| Unterlauf | Typ 14 „Sandgeprägter Tieflandbach“ | Typ 14 „Sandgeprägter Tieflandbach“ | Typ 14 „Sandgeprägter Tieflandbach“ |
| Abgrenzung der Wasserkörper, Wasserkörpernummer | 24060, 24061 | 24061, 24062 | Teile von 24059 |
| Wasserkörpergruppen | 24008 „Hamme“ | | |
| Stehende Gewässer über 50 ha | Es sind keine stehenden Gewässer über 50 ha im Bearbeitungsgebiet vorhanden | | |
| Künstliche Gewässer und Kanäle | keine | keine | keine |
| Vorläufig als erheblich verändert eingestufte Wasserkörper (HMWB) | Hanstedter Mühlenbach | - | - |
| Bundeswasserstrassen | Keine | Keine | Keine |

Tabelle 3: Gewässer

2 Grundlagen zum Prozess der Bodenerosion

Unter Bodenerosion wird im Folgenden „die durch ... den Menschen ermöglichte und durch natürliche Prozesse ausgelöste Verlagerung von Boden durch Wasser, Wind ...“ (DVWK, 1996) verstanden. Neben diesen kann durch Schwerkraft die Lösung und der Transport von Boden ausgelöst werden.

Die Bodenerosion lässt sich in ihre drei Hauptprozesse, die Ablösung, den Transport und die Ablagerung unterteilen. Eine scharfe begriffliche Trennung dieser Prozesse ist nicht immer möglich.

Neben den physikalischen Prozessen der Bodenerosion wird zur besseren Beschreibung ihrer örtlichen Erscheinungsformen der On-site- vom Off-site-Bereich unterschieden. Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Prozesse der Bodenerosion und ihre räumliche Zuordnung.

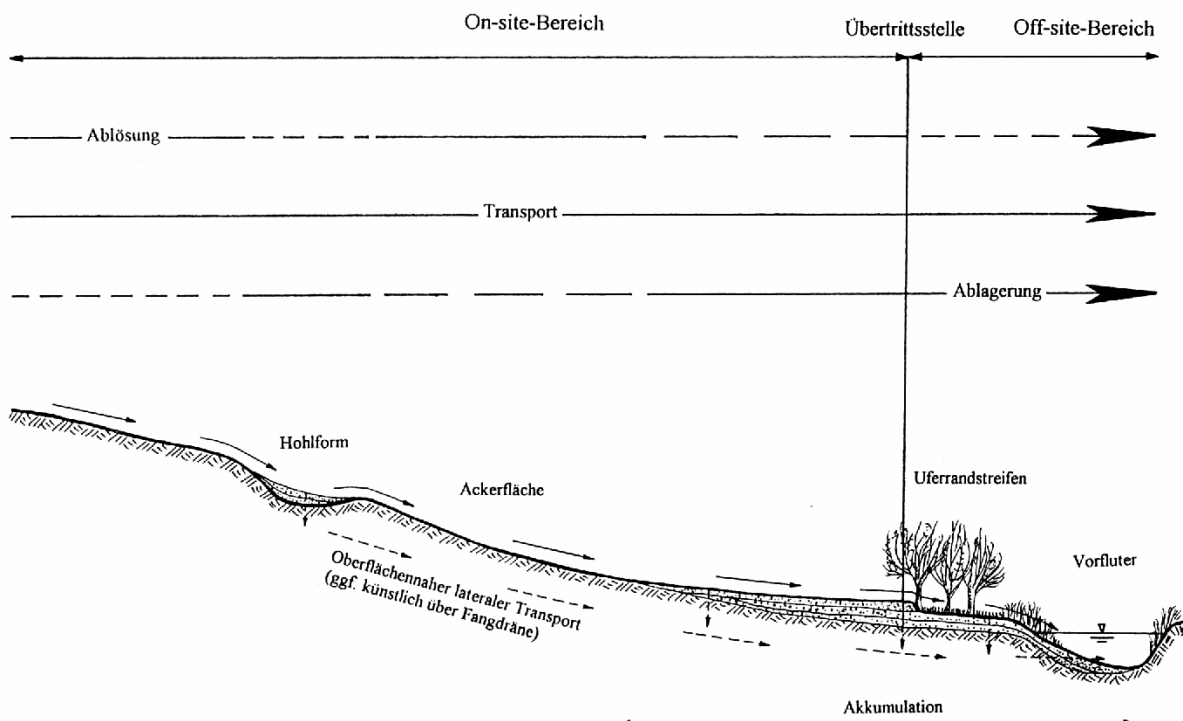


Abbildung 3: Prozesse der Bodenerosion (DVWK, 1996)

2.1 Bodenerosion durch Wasser

Bei der Bodenerosion durch Wasser kommt es zu Beginn des Abtrags zu flächenhaften, kaum wahrnehmbaren Bodenverlusten, die bei hohen Niederschlagsmengen in Rillen- oder Grabenerosion übergehen können.

2.1.1 Lösen

Ablösen des Bodens durch schnelles Befeuchten

Der Regen sickert hierbei in den vertrockneten Boden und schließt vorhandene Luft im Porenzwischenraum des Bodengefüges ein. Die Luft wird bis auf 10^6 Pa komprimiert. Der so entstehende Druck hat zur Folge, dass Bodenaggregate in 0,2-1,0 mm Mikroaggregate aufgesprengt werden, die dann durch das Niederschlagswasser abtransportiert werden.

Direktes Ablösen von Bodenteilchen durch auftreffende Regentropfen

Die auf den Boden treffenden Regentropfen „sprengen“ durch ihre kinetische Energie Bodenteilchen aus ihrem ursprünglichen Gefüge. Die Größe der kinetischen Energie ist abhängig von der Masse der Regentropfen sowie der Geschwindigkeit mit der sie auf den Boden treffen. Beide Größen lassen sich unter Feldbedingungen nur schwer und unzuverlässig ermitteln. Mit Hilfe von Versuchen (Laws, Gunn & Kinzer u.a.) konnte gezeigt werden, dass die Tropfengeschwindigkeit mit dem Tropfendurchmesser exponential zunimmt (SCHMIDT, J. 1996; S. 29) Wird anstelle der Tropfengröße die Niederschlagsintensität als Bezugsgröße gewählt, lässt sich von ihr die Tropfengeschwindigkeit und Tropfengröße ableiten.

Zur Lösung der Bodenpartikel ist der Erosionswiderstand des Bodens zu überwinden, der von der Korngröße, Wassergehalt, Gehalt an organischen Substanzen und anderen physikalischen Parametern abhängig ist. Allgemein gilt, dass Böden mit hohem Tonanteil und Kies- oder grobe Sandböden schwerer erodierbar sind wie Feinsand- oder Schluffböden, wie die folgende Grafik zeigt:

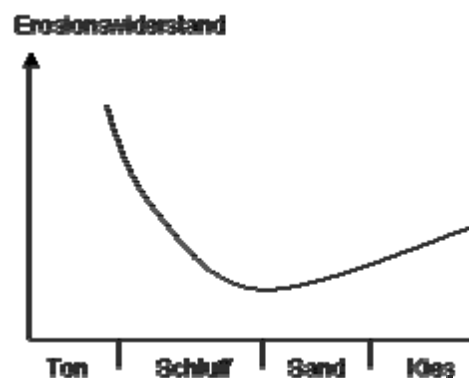


Abbildung 4: Änderung des Erosionswiderstandes mit der Partikelgröße (Schmidt, J. 1996; S. 29)

Die Bodenpartikel werden dispergiert und in die Poren des Bodengefüges geschwemmt. Die so verstopften Bodenporen verhindern die Infiltration weiterer Bodenteilchen. Durch die zunehmende Verschlämzung steigt der Oberflächenabfluss.

2.1.2 Oberflächenabfluss

Ein Oberflächenabfluss entsteht, wenn der Boden bereits wassergesättigt ist und keine weitere Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann (Sättigungsabfluss). Die Infiltrationsrate ist abhängig von zwei physikalischen Faktoren:

- Versickerung des Wassers in Makroporen (Wurmgänge, Schrumpfrisse)
- Aufnahme des Wasser durch die Bodenmatrix

Das folgende Diagramm stellt die Abnahme des Infiltrationsvermögens bei einem gleich bleibenden Regenereignis dar:

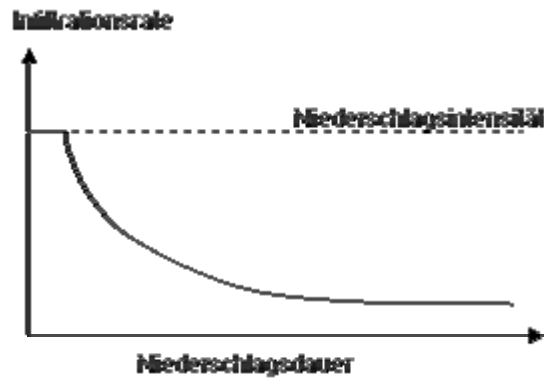


Abbildung 5: Verlauf der Infiltrationsrate bei Beregnung eines ungesättigten Bodens (SCHMIDT, J. 1996; S. 29)

Oft kommt es zur Bildung einer feinen Sedimentschicht an der Oberfläche, dies verstopft die Poren und der Prozess der Infiltration stoppt.

2.1.3 Transport

Für den Transport werden folgende Effekte unterschieden:

- Plansch / Splasheffekt – Regentropfen treffen auf den Boden und schleudern Bodenmaterial aufgrund kinetischer Energie bis zu 1,50 m weit;
- Abflusstransport – hervorgerufen durch den Oberflächenabfluss;
- induzierte Turbulenzen – es kommt zu einem tropfeninduzierten Abflusstransport, der bis zu 50g/l Bodenmaterial transportieren kann.

Für den Abflusstransport sind Turbulenzerscheinungen innerhalb des Flüssigkeitsfilms, sowie die korngößenabhängige Sinkgeschwindigkeit der Bodenpartikel entscheidend. Turbulenzen sind bei einem dünnen Wasserfilm von der Regenintensität, die Sinkgeschwindigkeit von der Mächtigkeit des Wasserschicht abhängig. Es wird deutlich, dass mit hohen Transportraten vor allem bei lang andauerndem Starkregen gerechnet werden kann.

2.1.4 Ablagerung

Reicht das Transportvermögen des Abflusses nicht mehr aus, Bodenfraktionen in Schwebelage zu halten, sinken entsprechend ihrer Masse, zuerst gröbere, dann feinere Schwebstoffe zu Boden und akkumulieren. Dies bedeutet, dass es zu einer Entmischung der Aggregate kommt, die infolge von Niederschlagsereignissen mit nicht gleich bleibender Intensität im Gelände nur selten feststellbar ist. Das Transportvermögen ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit des Wassers, die in direkten Zusammenhang mit der Geländeneigung und der Bodendeckung steht. Ablagerungen treten folglich in Bereichen abnehmender Hangneigungen und stärkeren Bewuchses auf. Als Besonderheit sind hier geschlossene Senken und Hohlformen im Gelände zu nennen.

2.1.5 Formen der Wassererosion

Die Erosionswirkung des Abflusses hinterlässt unterschiedliche Formen. Man unterscheidet flächenhafte und linienförmige Erosion.

Die flächenhafte Erosion stellt sich im Anfangsstadium als so genannte Verspülung dar. Hier wird Bodenmaterial von höher liegenden Bereichen in Senken und Vertiefungen gespült, die Fläche wird geebnet. Anschließend kommt es zur Flächenspülung, bei der, in Folge des flächenhaft verteilten Wassers, eine gewisse Bodenschicht abgetragen wird und am Unterhang akkumuliert.

Die linienförmige Erosion erscheint in Form der Rillen-, Rinnen- und Grabenerosion. Die am häufigsten auftretende Form ist die Rillenerosion, die oft das Initialstadium darstellt. Die Rillen sind 1-15 cm tief und höchstens 25 cm breit. Die nächst größere Form bildet die Rinnenerosion, die Vertiefungen ab 15 cm und einer Breite von 25 bis 200 cm hervorruft. Bei fortschreitender Erosion entstehen Gräben mit einer Tiefe ab 50 cm. Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Formen der Wassererosion:

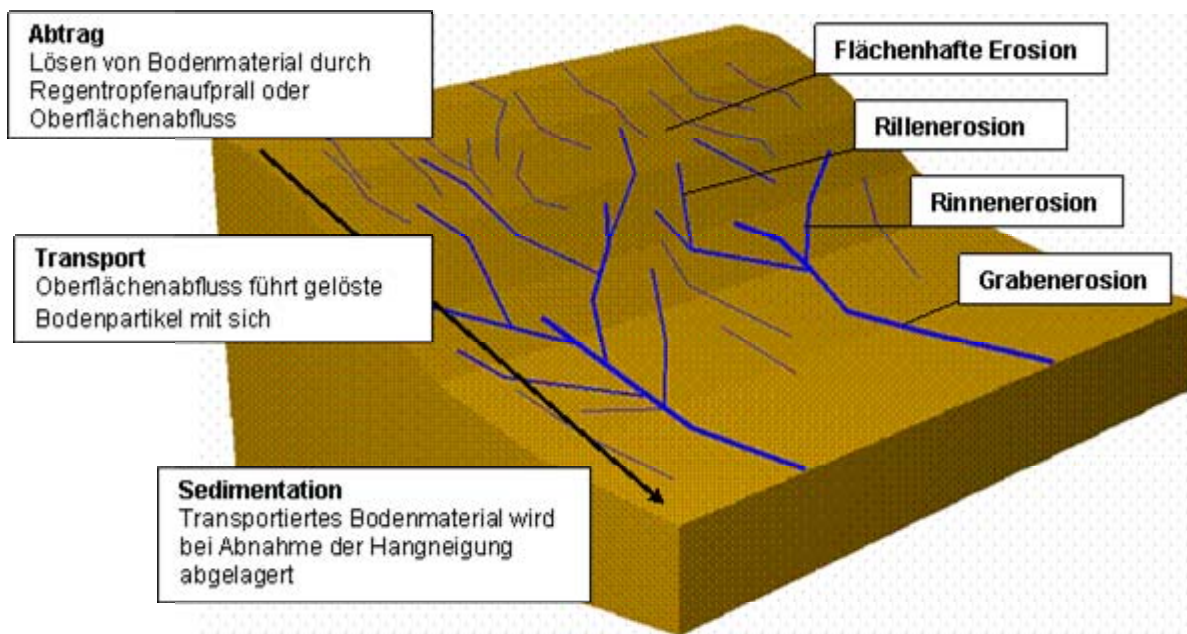


Abbildung 6: Formen der Wassererosion (Quelle: unbekannt)

Die Faktoren der Bodenerosion durch Wasser lassen sich zusammenfassend nach Standort- und Nutzungsfaktoren unterscheiden.

| | Standortfaktoren | Nutzungsfaktoren |
|--|--|--|
| Dauer der Wirkung | längerfristig | kurzfristiger |
| Beeinflussbar durch Bewirtschaftung | nein | ja |
| Faktoren | Niederschlag Hangneigung, (-länge), -form Bodeneigenschaften Langfristige Nutzung (Wald, Grünland, Acker) | Bodenbedeckung Wasseraufnahmefähigkeit Bodenverdichtung Bodenstruktur, -gefüge Hanglänge Bewirtschaftungsrichtung |
| Art der Erosionsgefährdung | potenziell oder standörtlich | bewirtschaftungsbedingt |

Abbildung 7: Faktoren der Bodenerosion durch Wasser

2.2 Bodenerosion durch Wind

Grundsätzlich sind bei der Erosion durch Wind die Korn- bzw. Sanderosion von der Abrasion (Auskratzung) zu unterscheiden. Unter Korn- oder Sanderosion ist die flächenhafte Verwehung freier Bodenpartikel zu verstehen. Sie ist vor allem für die Landwirtschaft von Bedeutung. Unter Abrasion wird die Erosion von Festgestein oder festen Bodenaggregaten durch vom Wind transportierten Sand verstanden.

Die Teilprozesse der Winderosion gliedern sich in Ablösung, Transport und Ablagerung.

2.2.1 Ablösen

Die Ablösung der Bodenteilchen erfolgt, wenn die Windkraft größer ist, als die Gewichtskraft, die Kohäsion und der Reibungswiderstand des einzelnen Bodenteilchens. Bodenteilchen mit einem Korndurchmesser < 2,0 mm können durch den Wind transportiert werden. Es gilt, je kleiner das Teilchen, desto größer das Transportvermögen durch Wind.

2.2.2 Transport

Der Transport der Bodenteilchen erfolgt entweder durch Saltation, Bodenkriechen oder Suspensionstransport. Bei der Saltation werden Körner (0,01 - 0,5 mm) in die Luft gerissen und gelangen in höhere Luftschichten mit höheren Luftgeschwindigkeiten, wo sie in Windrichtung mitgetragen werden. Die Saltation endet meistens am Feldrand.

Treffen saltierende Sandkörner auf den Boden, werden von ihnen am Boden befindliche Körner in Gang gesetzt. Man spricht vom so genannten Bodenkriechen. Dieses endet meist in der nächsten Furche.

Beim Suspensionstransport werden Bodenteilchen < 0,10 mm bei ausreichend Wind in Schwebe gehalten. Körner können so bis zu einige tausend Kilometer transportiert werden. Die Bodenverluste können in Norddeutschland bei einem Verwehungsereignis von 0,8 bis zu 172 t/ha betragen (Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 2003)

2.2.3 Ablagerung

Die zuvor beschriebenen Transportmechanismen der Bodenerosion laufen parallel ab. Die Bodenpartikel werden dabei mit ihrem spezifischen Gewicht durch den Wind unterschiedlich weit transportiert. So werden z.B. Tonminerale und Schluff weiter transportiert als Sand. In der Folge verarmt der Boden an Feinsubstanz.

Die Ablagerung der Bodenteilchen tritt auf, wenn die Windenergie abnimmt. Abflauer Wind oder windberuhigte Senken können hierfür der Grund sein. Auch die Sättigung des Luftstroms kann zur Sedimentation führen. In diesem Fall halten sich Erosion und Akkumulation die Waage.

Die Faktoren der Bodenerosion durch Wind lassen sich zusammenfassend nach Standort- und Nutzungsfaktoren unterscheiden.

| | Standortfaktoren | Nutzungsfaktoren |
|--|--|---|
| Dauer der Wirkung | längerfristig | kurzfristiger |
| Beeinflussbar durch Bewirtschaftung | nein | ja |
| Faktoren | Windgeschwindigkeit Feldlänge, Windoffenheit Bodeneigenschaften Langfristige Nutzung (Wald, Grünland, Acker) | Bodenbedeckung Oberflächenrauigkeit Bodenstruktur, -gefüge Hanglänge Bewirtschaftungsrichtung |
| Art der Erosionsgefährdung | potenziell oder standörtlich | bewirtschaftungsbedingt |

Abbildung 8: Faktoren der Bodenerosion durch Wind

2.3 Bodenerosion durch Wasser – Beschreibung Simulationsverfahren

2.3.1 Methodik

Die Identifikation von Sedimenteintragspfaden in Fließgewässer aus Oberflächenerosion erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung mit Hilfe des Computerprogrammes Erosion 3D (im Weiteren CE3D).

Die Modellierung erfolgt zunächst für ein „worst-case“-Szenario, in dem für die Oberflächenerosion relevante Parameter in Abhängigkeit der Flächennutzung einheitlich für einen ungünstigen Fall gewählt werden (hier : Maisanbau im November). Die sich daraus ergebende Abgrenzung erosionsgefährdeter Bereiche wird in einem weiteren Schritt im Feld verifiziert und bildet die Grundlage für eine detaillierte Betrachtung des Erosionsgeschehens auf beispielhaften landwirtschaftlichen Flächen am Reithbach. In Abstimmung mit dem Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor werden erosionsgefährdete Abschnitte ausgewählt, an denen beispielhaft der IST-Zustand und die Maßnahmen modelliert werden, die in Kapitel 5.1.2 beschrieben sind. Der Vergleich der Ergebnisse mit dem IST-Zustand ermöglicht eine qualitative Abschätzung der Auswirkungen auf den Sedimenteintrag in die Fließgewässer.

Bei dem Programm CE3D handelt es sich um ein physikalisch basiertes Modell, mit dem Erosions- und Sedimentationsmengen ermittelt werden können. Gegenüber anderen Metho-

den zeichnet es sich dadurch aus, dass im Rahmen der Betrachtung von Schutzgütern, wie z.B. Fließgewässern, neben dem Bodenabtrag auch die Deposition von Bodenmaterial im und am Schutzgut abgebildet werden kann. Bei geeigneter Datengrundlage ermöglicht die Modellierung mit dem CE3D somit die Darstellung von Übertrittsstellen und erosionsgefährdeten Abschnitten in Fließgewässern. Die Modellierung in CE3D erfolgt in dieser Studie ereignisbezogen. Das bedeutet, dass die Prognose der Bodenerosion für ein einzelnes Regenereignis erfolgt und sämtliche Eingangsdaten dem Zeitpunkt der Betrachtung anzupassen sind.

Eine weitgehend naturgetreue Modellierung der realen Verhältnisse setzt eine möglichst genaue Kenntnis der in die Berechnung eingehenden Parameter voraus. Der Genauigkeit einzelner Daten sind jedoch Grenzen gesetzt und lokale Besonderheiten können häufig aufgrund der Generalisierung von Kartenwerken oder Mittelwertbildungen nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Aufgrund unzureichender Kenntnisse über die tatsächlichen kleinräumigen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden keine Angaben über Sedimentationsmengen gemacht.

2.3.2 Eingangsparmeter

Die EDV-gestützte Modellierung von Erosionsprozessen in der Fläche erfordert die Berücksichtigung verschiedener Eingangsparmeter, die für den Rechenlauf entsprechend aufzubereiten sind. Folgende Parameter gehen in die Berechnung ein:

- Reliefparameter
 - Digitales Geländemodell

- Bodenparameter
 - Lagerungsdichte
 - Anfangswassergehalt
 - Korngrößenverteilung
 - Organischer Kohlenstoffgehalt
 - Erosionswiderstand
 - Hydraulische Rauigkeit
 - Bedeckungsgrad
 - Korrekturfaktor

- Niederschlagsparameter / Bearbeitungsparameter
 - Einzelmodellregen „EULER Typ 2“

2.3.3 Gewählte Parameter für die Berechnung

Reliefparameter

Zur Erstellung eines digitalen Geländemodells wurden vom NLWKN, Betriebsstelle Verden, tabellarische Sachdaten nach dem ATKIS zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um ein DGM5 mit einer Rasterauflösung von 12,5 x 12,5 m. Die tabellarischen Daten wurden mit Hilfe der Computeranwendung ArcGis 9.1 zu einem digitalen Geländemodell (Rastermodell) aufbereitet.

Bodenparameter

In die Beschreibung des Bodens und seiner Eigenschaften gehen verschiedene Parameter ein, die einen Einfluss auf den Prozess und die Intensität der Oberflächenerosion ausüben.

Die Parameter Lagerungsdichte, Korngrößenverteilung, Organischer Kohlenstoffgehalt und Erosionswiderstand sind von der Bodennutzung und der Bodenart abhängige Größen. Die Bodennutzung wird mit Hilfe von Orthophotos, die vom NLWKN-Verden zur Verfügung gestellt werden, ermittelt. Eine Überprüfung und ggf. Korrektur der Flächenzuordnung erfolgt nur partiell an Untersuchungsabschnitten an den Fließgewässern. Die Bodenart wird über die digital vorliegende Bodenübersichtskarte (Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor- schung) im Maßstab 1:50000 erfasst. Die Zuordnung einzelner Parameter zur Bodennutzung und der Bodenart erfolgt in Anlehnung an den „Parameterkatalog Sachsen“ (SCHMIDT et al. 1996), der im Zusammenhang mit Erosionsberechnungen mit dem CE3D in Sachsen erstellt wurde.

Der Wassergehalt w beschreibt das Verhältnis der Masse des Wassers im Boden m_w zur Masse des trockenen Bodens m_d in Vol.-% in einer Tiefe von 20-25 cm. Nach DIN 18 121-1 und 18 121-2 beschreibt der Anfangswassergehalt das Wasser im Porenraum des Bodengefüges. Er wird daher auch natürlicher Wassergehalt genannt. Der Wassergehalt ist in star- kem Maße von den Witterungs- und Bodenbedingungen abhängig und unterliegt somit zeitli- chen, wie auch örtlichen Schwankungen.

Das CE3d reagiert sensibel auf den Anfangswassergehalt, da dieser die Infiltration und damit den Zeitpunkt der Entstehung des Oberflächenabflusses beeinflusst. Die Bestimmung des Parameters erfolgt über die Zuordnung des Anfangswassergehalts jeder Nutzungsein- heit in einem Bereich von sehr niedrig bis gesättigt, bzw. befestigt.

Zur Abschätzung des Bodenabtrags infolge Starkregens wird für landwirtschaftlich genutzte Flächen ein hoher Anfangswassergehalt vorausgesetzt. Er simuliert eine bereits länger an- dauernde Feuchtperiode.

Der Parameter Rauigkeit ist eine hydraulische Größe, die die Form des Oberflächenab- flusses berücksichtigt. Steigt die Rauigkeit, nimmt der Oberflächenabflussstrom ab, der Im- pulsstrom sinkt und die Erosion wird verringert.

Über den Bedeckungsgrad wird das Verhältnis der bedeckten Fläche zur Gesamtfläche in % beschrieben. Wird die Bodendeckung im Rahmen von Langzeitprognosen berücksichtigt, so kann sie nur als Mittelwert angegeben werden. Besonders auf landwirtschaftlich genutz- ten Ackerflächen verändert sich die Bodendeckung im Jahresverlauf entscheidend.

In der Datenbank zum CE3d sind dem Jahresverlauf folgend die Bedeckungsgrade vorge- geben. Durch die Eingabe des betrachteten Untersuchungsmonats und der landwirtschaftli- chen Nutzung wird der Bedeckungsgrad je Nutzungseinheit automatisch ermittelt.

Eine parzellengenaue Abschätzung der Oberflächenerosion erfordert möglichst detaillierte Kenntnisse über die lokalen Bodenverhältnisse, die Bodenzusammensetzung und die Bo- dennutzung. Für eine Betrachtung des Erosionsgeschehens auf Einzugsgebietsebene sind Generalisierungsschritte und Annahmen notwendig, die dazu führen, dass die Verhältnisse teilweise nicht real abgebildet werden können. Durch eine entsprechende Parameterwahl kann allerdings eine Erosionsgefährdung tendenziell abgeschätzt werden. In einem zweiten Schritt können dann ausgewählte kritische Bereiche einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Für den in dieser Untersuchung verfolgten Zweck werden diejenigen Parameter, für

die die lokalen Kenntnisse unzureichend sind, zunächst für einen möglichst ungünstigen Fall vorgewählt (worst-case). Dafür werden folgende Annahmen getroffen:

| | |
|----------------------|---------------------|
| Bodennutzung: | Mais |
| Betrachtungsmonat: | November |
| Bedeckungsgrad: | 0% |
| Oberflächenzustand: | Brache, verschlämmt |
| Anfangswassergehalt: | mittel |

Für die gewählten Abschnitte der Detailbetrachtung am Reithbach wurden die Parameter an die reale Nutzung (z.B. Anbau Weizen, Kartoffeln, Ölrettich) und auch die Maßnahmen (z.B. Randstreifen, Anbau Elefantengras) angepasst (siehe Kap. 5.1.2).

Die hinter diesen Annahmen liegenden differenzierten Parameter sind aus dem „Parameterkatalog Sachsen“ (SCHMIDT et al. 1996) entnommen, der für die Anwendung des CE3D empfohlen wird. Dieser ist in der Studie nicht dokumentiert.

Niederschlagsparameter

Die Datenbasis für den Parameter Niederschlag bilden die Starkniederschlagshöhen der KOSTRA-Daten des DWD (Deutscher Wetterdienst) von 1951 – 2000. Sie stellen den Zusammenhang zwischen mittlerer Regenspende, Regendauer und Regenhäufigkeit her und wurden anhand der ATV-A 121 „Niederschlag - Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer, Niederschlagsmessungen, Auswertungen“ erarbeitet.

Die Daten stehen als Kartenwerk mit 36 Rasterkarten zur Verfügung. Anhand von Farbtafeln sind für die Dauerstunden $D = 15 \text{ min}, 60 \text{ min}, 12 \text{ h}, 24 \text{ h}, 48 \text{ h}, \text{ und } 72 \text{ h}$, und die Wiederkehrzeiten $T = 1 \text{ a}$ sowie $T = 100 \text{ a}$, die Werte für die Starkniederschlagshöhen zu entnehmen. Die Repräsentanz der punktuell ermittelten Niederschläge und daraus abgeleiteten Statistiken sind durch zeitliche und räumliche Schwankungen sowie den Toleranzbereich der Extremwertschätzungen eingeschränkt. Die gemittelten Werte eines Rasterfeldes können lokale Besonderheiten nicht erfassen. Bei der Wahl der Eingangswerte ist weiter zu beachten, dass diese keine Sicherheiten beinhalten und damit die Wahl des Mittelwertes des angegebenen Wertebereichs nicht immer sinnvoll ist.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden über vier Rasterzellen gemittelte Obergrenzen berücksichtigt. Die ermittelten Werte sind mit Hilfe eines Computerprogramms zu erfassen und auszuwerten.

Die gewonnenen Werte sind in so genannte Modellregen zu überführen, die die zeitliche Variabilität des Regenereignisses widerspiegelt. In Anlehnung an ATV- A 118 wird für die Modellbildung ein Einzelmodellregen „EULER Typ 2“ gewählt.

Grundlage für die Berechnung bildet eine Untersuchung im Rahmen der Erstellung des „Parameterkatalog Sachsen“ (SCHMIDT et al. 1996). Nach dieser entspricht der „... mittlere jährliche Abtrag etwa dem Austrag nach einem extremen Einzelereignis im Frühsommer mit einer statistischen Wiederkehrzeit von 2 Jahren ...“

Der Berechnung mit dem CE3D auf Einzugsgebietsebene wird daher folgendes Regenereignis zugrunde gelegt:

| | |
|-----------------|---------|
| Dauer: | 60 min |
| Wiederkehrzeit: | 2 Jahre |

3 Zustandsaufnahme des Bearbeitungsgebiets

Nachfolgend wird eine Beschreibung des Naturraums im Bearbeitungsgebiet sowie der Fließgewässer Schmoor, Reithbach und Hanstedter Mühlenbach vorgenommen. Außerdem werden die Sandfänge kurz dargestellt.

3.1 Beschreibungen zum gesamten Bearbeitungsgebiet

Das den Mittelgebirgen vorgelagerte Norddeutsche Tiefland beginnt etwa an der Linie Rheine – Hannover – Magdeburg – Leipzig – Görlitz. Es ist im Allgemeinen durch geringe Reliefunterschiede gekennzeichnet, die durch eine Decke von stellenweise 500 m mächtigen quartären Lockersedimenten gebildet werden. Die quartären Deckschichten in Norddeutschland gehören überwiegend in das Pleistozän. Nacheiszeitliche Bildungen sind nur an der Oberfläche meist in geringer Mächtigkeit vorhanden.

Das Untersuchungsgebiet liegt am Rand des im Osten durch die Zevener Geest begrenzten Teufelsmoors und wird durch die Einzugsgebiete der Schmoor, des Reithbachs und des Hanstedter Mühlenbachs gebildet.

Am westlichen Rand im Bereich der Flussmündungen und –unterläufe finden sich Flussablagerungen der Niederterrasse, die in östlicher Richtung sandigen und kiesigen Schmelzwasserablagerungen der Saale Kaltzeit weichen. Dem Sandergebiet westlich der Verbindungslinie Hanstedt- Hepstedt folgt im Bereich der Zevener Geest eine Grundmoräne des Drenthe – Stadiums, die deutlich durch die 20 mNN-Höhenlinie vom übrigen Teil abgegrenzt wird.

Vorliegende Karten der ursprünglichen Moorverbreitung zeigen die Randlage des Untersuchungsgebietes im Teufelsmoor. Ausläufer von Talhochmooren erstrecken sich, den Läufen der Gewässer folgend, bis tief in die Grundmoräne (nicht hier dargestellt, siehe Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, NIBIS 2005).

Im Bearbeitungsgebiet wechseln sich Acker- und Weideland ab. Die größten Siedlungsgebiete sind Hepstedt und Hüttenbusch – entwässert in die Schmoor – und Hanstedt - entwässert in den Hanstedter Mühlenbach (siehe folgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Entscheidende Reliefunterschiede sind westlich der Verbindungslinie Hanstedt-Hepstedt nicht vorzufinden, während der östlich gelegene Teil durch die Lage am Geestrücken stärkere Höhenunterschiede aufweist (siehe folgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

Große Bereiche des Teufelsmoors sind als FFH-Gebiete gemeldet. Teile des Bearbeitungsgebietes sind Naturschutz- und Vogelbrutgebiete von nationaler, als Rast-, Durchzugs- bzw. Überwinterungsgebiet von internationaler Bedeutung.

3.2 Beschreibung der Situation auf Einzugsgebietsebene

3.2.1 Reithbach

3.2.1.1 Gewässerlauf Reithbach

Der Reithbach fließt im Untersuchungsgebiet von Osten nach Westen, hat seine Quelle östlich von Hepstedt, eine Länge von knapp 10 km und mündet östlich von Hüttenbusch in die Schmoor.

Der „Sandfang Reithbach“ befindet sich bei km 6+200 (siehe 3.2.1.2)

Er fließt im Wesentlichen durch landwirtschaftliche Flächen, Acker- und Grünlandnutzung im stetigen Wechsel, im Oberlauf am Rande eines kleinen Waldgebietes. Größere Siedlungsflächen befinden sich nicht im Einzugsgebiet. Weitere Informationen zum Verlauf, zur Flächennutzung und deren Auswirkung auf den Sedimenteintrag finden sich in Kap. 4.1.2.



Abbildung 11: Eindruck eines typischen Reithbachprofils

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 können folgende Informationen zur Unterhaltung des Reithbachs, der Einschätzung des Bodenverbandes zum Sedimenttransport und zur aktuellen Datenlage dokumentiert werden:

- Art der Unterhaltung
 - Die Oberläufe der Gewässer werden wenn nötig, die Unterläufe grundsätzlich maschinell unterhalten.
 - Die Räumung der Gewässer II. und III. (nur Verbandsgewässer) Ordnung wird ausschließlich durch den WABO - Teufelsmoor durchgeführt.
 - Das Baggergut verbleibt neben den Gewässerläufen und wird nur bei Bedarf eingeebnet.
 - Der Unterhaltungsaufwand hat sich im Laufe der Jahre nach dem Sandfangbau nicht verändert
- Einschätzung zum Sedimenttransport
 - Die Sandfracht der Unterläufe stellt keine Beeinträchtigung für den WABO - Teufelsmoor dar. Unterhalb der Sandfänge muss kein Sediment entnommen werden. Die Frage nach dem Verbleib des Sandes bleibt bestehen. Es bleibt in diesem Fall den Sandfang der Rummeldeisbeek zu untersuchen.
 - Unterhalb der Sandfänge sind visuell keine Eintiefungen feststellbar, Messungen bezüglich dieser Thematik wurden nicht durchgeführt.
 - Unterhalb der Sandfänge sind keine Querprofiländerungen bekannt. Die Unterhaltung ist auf schonende Verfahren eingestellt. Messungen liegen nicht vor.
 - Übertrittsstellen von Niederschlagswasser sind am Gewässerrand nicht erkennbar
 - zu Überschwemmungen infolge eines ausufernden Fließgewässers bei Hochwasser kommt es nicht. Lediglich im Bereich des Regenrückhaltebeckens der Rummeldeisbeek kann es bei extremen Niederschlägen zu Überschwemmungen kommen.
- Aktuelle Datenlage, es liegen keine Daten vor zu :
 - Drainagen und ihre Betreiber
 - Gewässermorphologie und zum Feststofftransport
 - Renaturierungsmaßnahmen sind nicht durchgeführt worden.
 - Abflusswerte können nur den Entwürfen zum Gewässerausbau entnommen werden. Neuere Messungen wurden nicht durchgeführt. Veränderungen im Abfluss sind nicht beobachtet worden.
 - Längs- und Querprofilaten nur aus den Entwürfen zum Ausbau der Gewässer. Neuere Daten liegen nicht vor.
 - Flächendeckende Daten zur Fruchtfolge auf den landwirtschaftlichen Flächen.
 - biologische oder hydraulische Untersuchungen
 - die Einleitungsmengen von Gemeinden im unmittelbaren Umfeld

3.2.1.2 Sandfang Reithbach

Der „Sandfang Reithbach“ befindet sich bei km 6+200. (siehe Anlage 2 und 4)

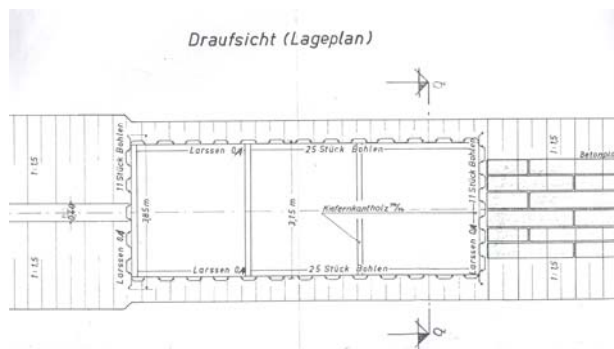


Abbildung 12: Sandfang Reithbach – Konstruktionszeichnung und aktuelles Foto

Er hat eine Breite von ca. 1,5 m und eine Länge von ca. 8-9 m, am Rand ist er durch Spundwände eingefasst. Eine Diskrepanz in der Breite ist hier zu den Konstruktionszeichnungen festzustellen. Im Ablaufbereich finden sich Betonplatten (siehe Abbildung 12).

Im Rahmen der Studie wird eine Überprüfung der Bemessung vorgenommen. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass gemäß der Sieblinie des Sohlsubstrats ca. 60 % des transportierten Sedimentes im Sandfang zurückgehalten werden. Dieses Ergebnis setzt voraus, dass der Sandfang vollständig entleert ist. Bei zunehmender Füllung des Sandfangs erhöht sich die Fließgeschwindigkeit und die Aufenthaltszeit des Wassers wird verkürzt. Rechnerisch ist der Sandfang funktionsfähig.

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 können folgende Informationen zum Betrieb des Sandfangs benannt werden:

- Grundsätzlich erfolgt eine Leerung pro Jahr, in Ausnahmefällen zwei.
- Das Baggergut wird seitlich abgelagert und von örtlichen Landwirten abgefahren.
- Die Inaugenscheinnahme wird durch eigenes Personal vorgenommen, hierbei wird visuell der Füllstand des Sandfangs beurteilt.
- Es werden ca. 150 m³ Sand/Jahr entnommen.
- das Fassungsvermögen wird nach seiner Einschätzung ausgeschöpft

- die Überprüfung der Funktionsfähigkeit erfolgt durch Inaugenscheinnahme. Messungen hierzu wurden nicht durchgeführt.
- Bei einem zeitlichen Aufwand von ca. 6 Std. / Jahr fallen Kosten von 360 Euro/Jahr an

Aufgrund des Absturzes am Auslauf des Sandfangs von ca. 0,3 m muss davon ausgegangen werden, dass die ökologische Durchgängigkeit für die Fischfauna und das Makrozoobenthos nicht existiert.

3.2.2 Schmoos

3.2.2.3 Gewässerlauf Schmoos

Die Schmoos fließt im Untersuchungsgebiet von Osten nach Westen, hat ihre Quelle nordöstlich von Hepstedt, eine Länge von knapp 15 km und mündet westlich von Hüttenbusch in die Hamme.

Der „Sandfang Schmoos“ befindet sich bei km 11+000 (siehe 3.2.2.4)

Sie fließt im Wesentlichen durch landwirtschaftliche Flächen, Acker- und Grünlandnutzung im stetigen Wechsel, im Oberlauf durch ein kleines Waldgebiet, außerdem auf kurzen Strecken durch die Siedlungsflächen von Hepstedt und Hüttenbusch. Weitere Informationen zum Verlauf, zur Flächennutzung und deren Auswirkung auf den Sedimenteintrag finden sich in Kapitel 4.1.3.



Abbildung 13: Eindruck eines typischen Schmoosprofils

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 wurden Informationen zur Unterhaltung der Schmoos, der Einschätzung des Bodenverbandes zum Sedimenttransport und zur aktuellen Datenlage dokumentiert. Sie sind identisch mit denen des Reithbachs und in Kap. 3.2.1.1 beschrieben.

3.2.2.4 Sandfang Schmoo

Der „Sandfang Schmoo“ befindet sich bei km 11+000. (siehe Anlage 2 und 4)

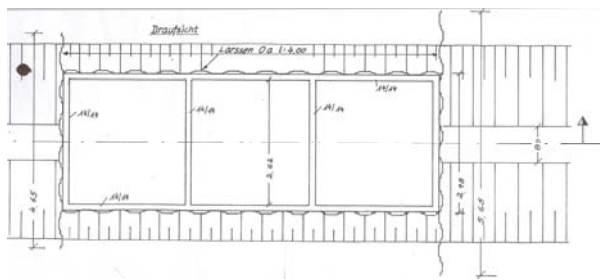


Abbildung 14: Sandfang Schmoo – Konstruktionszeichnung und aktuelles Foto

Er hat eine Breite von ca. 2,6 m und eine Länge von ca. 8-9 m, am Rand ist er durch Spundbohlen eingefasst. (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

Im Rahmen der Studie wird eine Überprüfung der Bemessung vorgenommen. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass gemäß der Sieblinie des Sohlssubstrats ca. 87 % des transportierten Sedimentes im Sandfang zurückgehalten werden. Dieses Ergebnis setzt voraus, dass der Sandfang vollständig entleert ist. Bei zunehmender Füllung des Sandfangs erhöht sich die Fließgeschwindigkeit und die Aufenthaltszeit des Wassers wird verkürzt. Rechnerisch ist der Sandfang funktionsfähig.

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 wurden Informationen zum Betrieb des Sandfangs zusammengetragen, sie sind identisch mit dem Sandfang am Reithbach und werden in Kapitel 3.2.1.2 dokumentiert.

Aufgrund des Absturzes am Auslauf des Sandfangs von ca. 0,2 m muss davon ausgegangen werden, dass die ökologische Durchgängigkeit für die Fischfauna und das Makrozoobenthos nicht existiert.

3.2.3 Hanstedter Mühlenbach

3.2.3.5 Gewässerlauf Hanstedter Mühlenbach

Der Hanstedter Mühlenbach fließt im Untersuchungsgebiet von Süd-Osten nach Nord-Westen, hat seine Quelle süd-östlich von Hanstedt nahe Ehebrock, eine Länge von knapp 8 km und mündet östlich von Ostersode in die Rummeldeisbeek. Bei km 5,5 östlich von Hanstedt trennt sich der Oberlauf des Gewässers, hier fließt der Mühlenbrooksbach zu, der eine Länge von ca. 2,5 km hat.

Der „Sandfang Hanstedter Mühlenbach“ befindet sich bei km 5+000 westlich von Hanstedt (siehe 3.2.3.6)

Er fließt im Wesentlichen durch landwirtschaftliche Flächen, Acker- und Grünlandnutzung im stetigen Wechsel, außerdem auf kurzen Strecken durch die Siedlungsfläche von Hanstedt. Weitere Informationen zum Verlauf, zur Flächennutzung und deren Auswirkung auf den Sedimenteintrag finden sich in Kap.4.1.4



Abbildung 15:: Eindruck eines typischen Profils des Hanstedter Mühlenbachs

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 wurden Informationen zur Unterhaltung des Hanstedter Mühlenbachs, der Einschätzung des Bodenverbandes zum Sedimenttransport und zur aktuellen Datenlage dokumentiert. Sie sind identisch mit denen des Reithbachs und in Kap. 3.2.1.1 beschrieben.

3.2.3.6 Sandfang Hanstedter Mühlenbach

Der „Sandfang Hanstedter Mühlenbach“ befindet sich bei km 5 westlich von Hanstedt. (siehe Anlage 2 und 4)

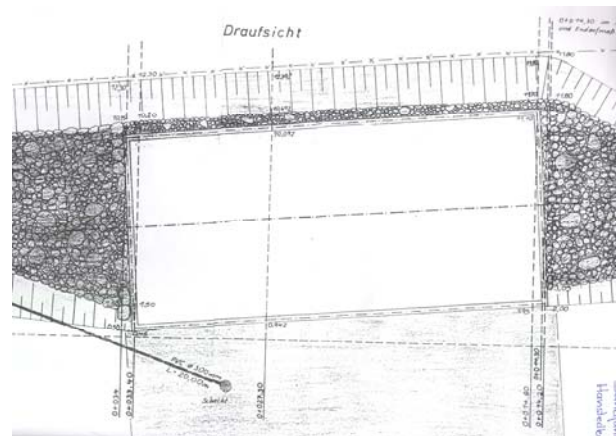


Abbildung 16: Sandfang Hanstedter Mühlenbach – Konstruktionszeichnung sowie altes und aktuelles Foto

Er hat eine Breite von ca. 8 m und eine Länge von ca. 20 m, am Rand ist er durch eine Spundwand eingefasst. Im Ablaufbereich finden sich Wasserbausteine (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Konstruktionszeichnung und auch ein Foto aus der Zeit nach dem Bau zeigen, dass ursprünglich ein Umgehungsgerinne zur Sicherstellung der Durchgängigkeit geplant und auch ausgeführt wurde. Heute existiert dieses nicht mehr.

Im Rahmen der Studie wird eine Überprüfung der Bemessung vorgenommen. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass gemäß der Sieblinie des Sohlsubstrats ca. 97 % des transportierten Sedimentes im Sandfang zurückgehalten werden. Dieses Ergebnis setzt voraus, dass der Sandfang vollständig entleert ist. Bei zunehmender Füllung des Sandfangs erhöht sich die Fließgeschwindigkeit und die Aufenthaltszeit des Wassers wird verkürzt. Rechnerisch ist der Sandfang funktionsfähig.

Auf Basis eines Interviews mit Herrn Bödeker vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor am 18.12.06 wurden Informationen zum Betrieb des Sandfangs zusammengetragen, sie sind identisch mit dem Sandfang am Reithbach und werden in Kapitel 3.2.1.2 dokumentiert.

Aufgrund des Absturzes am Auslauf des Sandfangs von ca. 0,3 m muss davon ausgegangen werden, dass die ökologische Durchgängigkeit für die Fischfauna und das Makrozoobenthos nicht existiert.

4 Ermittlung von Sedimenteintragspfaden und Wirkungsabschätzung

Die Belastung von Fließgewässern durch Sedimenteinträge setzt sich in der Regel aus unterschiedlichen Formen von Erosions- und Sedimentationsprozessen zusammen. Man unterscheidet sie nach ihrer Herkunft im Gewässerumfeld oder im Fließgerinne selbst. Darüber hinaus existieren verschiedene Mechanismen, die Erosionsvorgänge und den Sedimenttransport auslösen und fördern. Im Rahmen von Ursachenanalysen, die an Fließgewässern durchgeführt werden, um Sedimentquellen zu identifizieren, wird häufig die Erosion von landwirtschaftlichen Flächen als maßgebende Sedimentquelle ausgemacht. Diese Einschätzung stützt sich meist auf Beobachtungen im Feld sowie langjährigen Erfahrungen und Ortskenntnissen. Es können jedoch auch andere Erosionsformen wesentlichen Anteil am Gesamteintrag im Gewässer haben. Beispielhaft sei hier der Stofftransport über landwirtschaftliche (schadhafte) Drainagen sowie das Abschwemmen feinen Bodenmaterials von versiegelten Flächen in Siedlungen genannt. Ebenso kann eine übermäßige hydraulische Beanspruchung im Gerinne zu einer unnatürlich hohen, sich oft selbst verstärkenden Gerinneerosion und der Sedimentation in unterhalb gelegenen Gewässerabschnitten führen. Viele punktuelle Einleitungen sind schwer zu lokalisieren. Sie sind durch den Uferbewuchs verdeckt, trocken gefallen oder die Begehung des Gewässers ist nur eingeschränkt möglich. Die quantitative Abschätzung ausgetragener Sedimentmengen ist problematisch und ist nur mit Hilfe aufwendiger Felderhebungen zu bewerkstelligen.

Nachfolgend werden mögliche Sedimentquellen benannt und ihre Auswirkung auf das Transportgeschehen qualitativ abgeschätzt.

4.1 Bodenerosion durch Wasser

4.1.1 Vereinfachte Ermittlung von Sedimenteintragspfaden im Gesamtbearbeitungsgebiet

Die Ergebnisse der Erosionsmodellierung werden originär in tabellarischer Form abgelegt. Diese werden mit Hilfe von EDV-gestützten Zwischenschritten zu einer Darstellung in Kartenform aufgearbeitet, die für die Identifizierung von Sedimenteintragspfaden vorteilhaft ist (siehe Karte in Anlage 5, auch Abbildung 17). Als Hintergrundebene dient in den Ergebniskarten die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1:5000 (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen). Sie verschafft einen Eindruck über die lokale Erosionsintensität in Abhängigkeit der Flächennutzung.

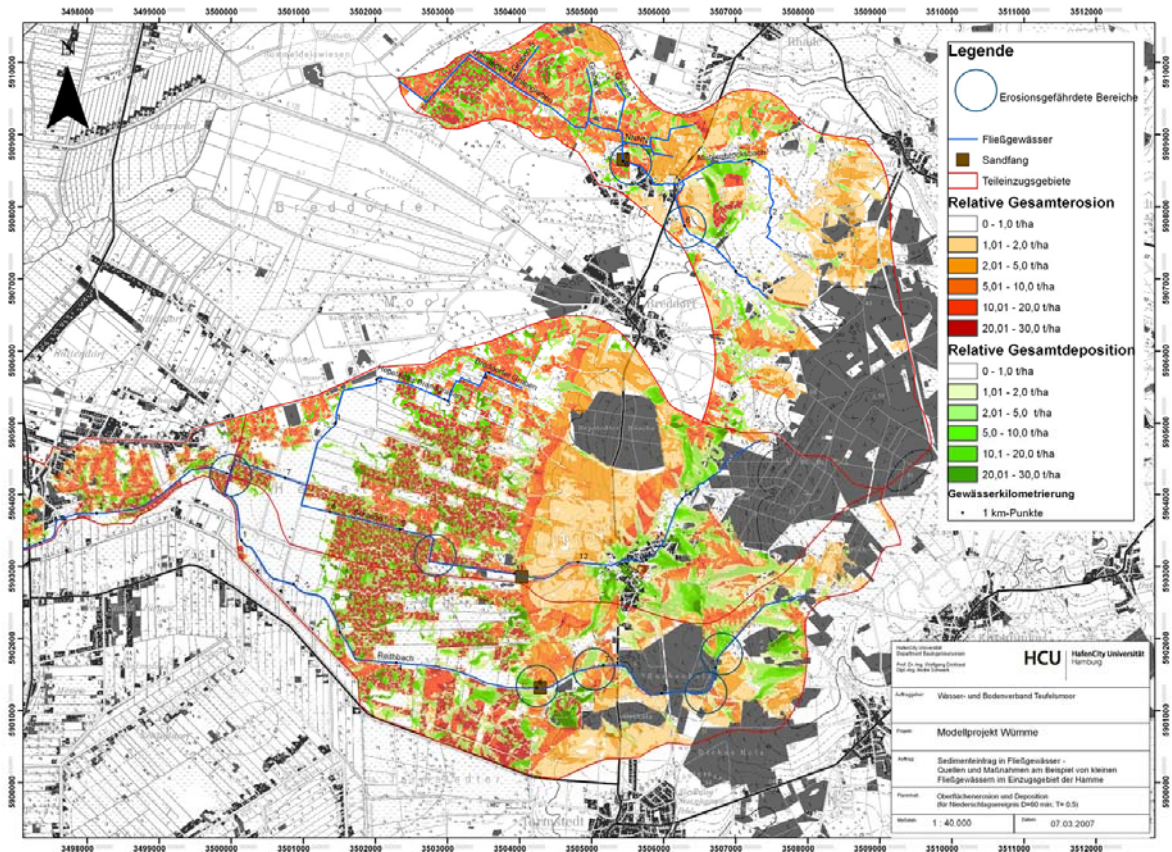


Abbildung 17: Oberflächenerosion und Deposition im Bearbeitungsgebiet Schmoor, Reithbach und Hanstedter Mühlenbach (siehe auch vergrößerte Karte in Anlage 5)

Wie bereits in Kap. 2.3 beschrieben, werden in der Karte die erosionsgefährdeten Bereiche am Schutzgut Fließgewässer dargestellt. Von der Bodenbearbeitung abhängige Eingangsparmeter werden hierfür zunächst so gewählt, dass ein „worst-case-szenario“ entsteht (Maisnutzung im November, Regendauer Dauer: 60 min, Wiederkehrzeit 2 Jahre). Aufgrund unzureichender Kenntnisse über die tatsächlichen kleinräumigen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden keine Angaben über Sedimentationsmengen gemacht. Auch die Ergebnisdarstellung im Bereich von Siedlungsgebieten bildet die realen Verhältnisse nicht richtig ab, da die Bebauungsstruktur in dem Geländemodell keine Berücksichtigung findet.

Die Lokalisierung von Übertrittsstellen in Fließgewässer erfolgt mit Hilfe der Darstellung der Deposition und der Erosion von Bodenmaterial in einer Rasterauflösung von 12,5 x 12,5 m. Es handelt sich dabei um Bereiche, in denen sowohl die Erosions- als auch die Depositionsbeträge besonders ausgeprägt sind. Der Bereich zwischen 0 und 1 t/ha wurde in der Karte zur besseren Übersicht ausgeblendet.

Besonders erosionsgefährdete Abschnitte sind durch blaue Kreise gekennzeichnet.

Folgende Grundaussagen lassen sich aus dieser Darstellung ableiten:

Es sind im gesamten Untersuchungsgebiet Eintrittspfade von Sedimenten aus den landwirtschaftlichen Flächen in die Fließgewässer zu erkennen. Diese decken sich auch mit Vor-Ort Beobachtungen, wie in den folgenden Kapiteln zu erkennen ist. Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse an den Fließgewässern abschnittsweise beschrieben und inter-

pretiert. In Kap. 5.1.2 ist darüber hinaus für ausgewählte Flächen am Reithbach die CE3D-Simulation auch für die Realnutzung dargestellt und mit möglichen Maßnahmen verglichen.

4.1.2 Sedimenteintrag am Reithbach

Der Sedimenteintrag am Reithbach stellt sich abschnittsweise wie folgt dar (für die Kilometrierung siehe Karte in Anlage 2).

Reithbach (km 0+000 bis 6+050)

Die ackerbaulich genutzten Flächen unterhalb des Sandfangs (km 6+050) zeigen eine Erosionsgefährdung. Deutlich wird die kleinräumige Differenzierung der Erosions- und Depositionsintensitäten, die eine Folge des sehr geringen Gefälles in diesem Abschnitt ist. Eine Bildung von Abflusskonzentrationen ist kaum erkennbar, es erfolgt eine überwiegend linienhafter Eintrag von Sedimenten ins Gewässer. Vielfach sedimentiert das Material in kleinen Senken innerhalb der Flächen. Die Ufer sind stabil und grasbewachsen. Der Anteil an Ufererosion wird als minimal eingeschätzt. Dränauslässe sind im Böschungsbereich vorhanden, mit der Dränung transportierte Feststoffe sind in der zeitlich begrenzten Zustandsaufnahme nicht auszumachen. Randstreifen sind im Bereich der Ackerflächen nicht vorhanden. Die Nutzung reicht meist bis an die Böschungsoberkante.



Abbildung 18: Erosionsrinne im Acker und Sedimentablagerungen im Böschungsbereich am Reithbach (Mündungsbereich Schmoor)

Deutlich erkennbar ist in Abbildung 18 auch die Erosionsrinne innerhalb der Ackerfläche, über die eindeutig Sedimente in den Reithbach gelangen.

Reithbach (km 6+050 bis 8+100)

Der Gewässerabschnitt ist ackerbaulich geprägt. Die Geländetopographie weist gegenüber dem unterhalb gelegenen Abschnitt deutlichere Neigungen auf. Dies schlägt sich in der Verteilung der relativen Erosions- und Depositionsbeträge nieder, die auf eine räumliche Konzentration sedimentierten Materials in Gewässernähe hinweist. Der Reithbach ist zwischen km 6+700 und 7+200 um ca. 1,80-2,50 m eingetieft. Das linke Ufer ist sehr steil, hat sich je-

doch infolge von an der Böschungsoberkante anstehendem (nicht standortgerechtem) Baumbestand und Grasbewuchs weitgehend stabilisiert. Das rechte Ufer ist ohne nennenswerten Bewuchs, die Flächenbewirtschaftung reicht bis an die Böschungskante. Die sehr steile Böschungskante ist auf einer Länge von ca. 500 m durch z.T. frische Abrutschungen und Uferabbrüche gekennzeichnet (Abbildung 19), die offensichtlich für einen nennenswerten Eintrag von Feststoffen ins Fließgewässer sorgen. Der anstehende Boden ist in tiefer gelegenen Bodenhorizonten teilweise stark kieshaltig. Die Sohle erscheint höhenstabil, Kiese und Steine sind auf der Gewässersohle flächendeckend, wenn auch abschnittsweise übersandet, vorhanden.

Den hydromorphologischen Gesetzmäßigkeiten folgend, ist von weiter anhaltenden Uferunterspülungen bei größeren Abflüssen auszugehen, die in der Folge weitere Uferabbrüche erwarten lassen. Eine Anliegerbefragung bzw. ein angemessener Beobachtungszeitraum kann weiteren Aufschluss über Abbruchaktivitäten geben.



Abbildung 19: Abbruchkanten am Reithbach, Blick in Fließrichtung (km 7+100)

Reithbach (km 8+100 bis ca. 12+000 (Quelle))

Auf einer Länge von ca. 1,1 km befindet sich der Reithbach in einer Waldrandlage. Die erosionsgefährdeten Bereiche zeichnen sich auf den ackerbaulich genutzten Flächen im und oberhalb des Waldabschnitts deutlich ab. Die Flächenerosion hat hier wahrscheinlich einen maßgebenden Anteil am Gesamtfeststoffeintrag.

Die Belastung durch Sedimente scheint hier entsprechend groß, was sich an den im März 2007 durchgeführten Unterhaltungsarbeiten am Reithbach zur Wiederherstellung eines Abflussprofils festmachen lässt (Abbildung 20). Ausgebaggerte Sande lagern hier am Gewässerrand und stehen in dem erosionsgefährdeten Abschnitt dem (Wieder-) eintrag ins Gewässer und dem Weitertransport zur Verfügung. Das Erosionsverhalten im Fließgerinne, insbesondere nach erfolgtem Ausbau, kann nicht abgeschätzt werden. Bei km 8+600 ist ein Zufluss aus weiteren Entwässerungsgräben vorhanden, der ebenfalls sedimentführend ist.

Ein weiterer erosionsgefährdeter Abschnitt befindet sich bei km 9+200 bis 9+500. Die Böschungen sind beidseitig bewachsen und erscheinen weitgehend erosionsstabil. Die Ein-

schnittiefe beträgt hier ca. 1,00-1,20m. Der Anteil der Flächenerosion ist hier gegenüber anderen Erosionsformen womöglich am größten.



Abbildung 20: Profilerhalt am Reithbach, Blick entgegen Fließrichtung (km 8+500)

4.1.3 Sedimenteintrag an der Schmoor

Der Sedimenteintrag an der Schmoor stellt sich abschnittsweise wie folgt dar. (für die Kilometrierung siehe Karte in Anlage 2)

Schmoor (km 0+000 bis 6+000)

Die Randnutzung der Schmoor ist auf den ersten 6 km landwirtschaftlich geprägt. Grünland und ackerbauliche Nutzung tritt kleinteilig und im steten Wechsel auf. In weiten Teilen ist die Schmoor begradigt und profiliert und weist keine besonderen Uferstrukturen auf. Bewuchs befindet sich – wenn überhaupt - meist auf der Böschungsoberkante (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22). Die ackerbauliche Nutzung reicht häufig bis direkt dorthin, wodurch in diesen Bereichen Übertrittsstellen der Sedimente in die Schmoor existieren.



Abbildung 21: Begradigter Lauf der Schmoor bei km 2+900



Abbildung 22: Zusammenfluss Schmoor/Reithbach bei km 6+000

Die Sohle ist fast im gesamten Verlauf stark sandig geprägt.

Schmoo (km 6+000 bis 11+000)

Im Verlaufe der nächsten 5 km nimmt die ackerbauliche Prägung der Randnutzung zu, Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen hier deutlich diese Nutzung bis direkt an die Böschungsoberkante. Ein Randstreifen zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und Fließgewässer fehlt in diesem Bereich fast vollständig, in Abbildung 33 ist die Sedimentübertrittsstelle deutlich zu erkennen.

Zum Teil hat sich die Schmoo in diesem Abschnitt in sehr flachen Gelände bis 1,80 m eingetieft, wie im vorigen Abschnitt verläuft sie in einem begradigtem und trapezprofilierem Verlauf ohne Uferbewuchs (Abbildung 23).

Die Sohle ist fast im gesamten Verlauf stark sandig geprägt.



Abbildung 23: Ackerbauliche Nutzung bis an die Böschungsoberkante an der Schmoo bei km 7+500



Abbildung 24: Erosionsübertrittsstelle an der Schmoo bei km 7+500

Schmoo (km 11+000 bis 13+500)

In den 2,5 km zwischen dem Sandfang bei km 11 und der Ortschaft Hepstedt steigt das Gelände stärker an. In der Sohle ist keine Substratdiversität erkennbar, sandige Abschnitte dominieren. Randnutzung – Acker - und Profilgestaltung ähneln den beiden vorangegangenen Abschnitten.

Das Zulaufgerinne zum Sandfang ist befestigt.

Im Bereich der Siedlungsflächen von Hepstedt sind deutlich die Einleitungen der Regenentwässerung erkennbar, wodurch Sedimente eingetragen (siehe Abbildung 25) und durch die hydraulischen Spitzenbelastungen Erosionsprozesse gefördert werden (Abbildung 26). Es kommt zu Uferabbrüchen und einer Tiefe des Gewässers von ca 1,2 m.



Abbildung 25: Verlauf der Schmoo in Hepstedt (km 12+400)



Abbildung 26: Freigespülte Baumwurzel an der Schmoo in Hepstedt (km 12+600)

Schmoo (km 13+500 bis 15+400)

Der Oberlauf der Schmoo mit einer Länge von knapp 2 km verläuft überwiegend im Grünlandbereich und im Wald und ist zu Beginn weiterhin begradigt.

Ab km 13+800 wird er naturnäher mit abschnittsweise Erlensäumen am Ufer, die Eintiefung liegt bei 0,5 – 1 m.

Trotz dieser Randnutzung ist die Sohle auffallend sandig, vereinzelt sind Fein- und Mittelkiese zu erkennen. Abbildung 27 zeigt in diesem Bereich als mögliche Sedimentquelle Uferabbrüche, ggf. durch Viehtritt verursacht. Eine Stichprobe bei km 13+800 zeigt eine Sandauflage von 0,3-0,4 m mit darunter liegender Kiesschicht (Abbildung 28).



Abbildung 27: Ufererosion an der Schmoo (km 13+800)



Abbildung 28: Versandete Sohle und Uferstabilisierung durch Erlen (km 13+800)

4.1.4 Sedimenteintrag am Hanstedter Mühlenbach

Der Hanstedter Mühlenbach wurde in einer im Rahmen dieser Studie initiierten und betreuten Diplomarbeit hinsichtlich der Sedimentquellen und –wege noch intensiver untersucht als die beiden anderen Gewässer (Buhmann, 2007). Hier wurde auch die Anwendbarkeit des CE3D getestet und die Ergebnisse mit realen Eintrittspfaden im Gelände überprüft. Viele Detailinformationen sind dieser Diplomarbeit zu entnehmen.

Zusammengefasst stellt sich der Sedimenteintrag am Hanstedter Mühlenbach abschnittsweise wie folgt dar. (für die Kilometrierung siehe Karte in Anlage 2).

Hanstedter Mühlenbach (km 0+000 bis 4+300)

Im Unterlauf der ersten ca. 4 km ist das Gelände sehr flach, das Fließgewässer in den Jahren 1972/73 begradigt und trapezförmig profiliert. Die Randnutzung besteht fast ausschließlich aus Acker, der ohne Randstreifen bis an das Gewässer reicht (siehe Abbildung 29).

Wie Untersuchungen des Sohlensubstrats zu Beginn des Unterlaufes nach dem Sandfang bei km 5,0 ergeben haben, ist die Belastung durch mobilen Sand auf der Sohle reduziert. Die Sohle selbst wird durch ein Ton-Sandgemisch gebildet. Die genaue Zusammensetzung konnte aufgrund der tixotropen Eigenschaften der Proben nicht ermittelt werden. Die Beprobung eines Zulaufgrabens festigen die Vermutung, dass die erhöhte Sandbelastung des Unterlaufes die Folge erosiver Vorgänge auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im unmittelbaren Einzugsgebiet des Unterlaufes ist. (Buhmann, 2007).



Abbildung 29: Begradigter Verlauf des Hanstedter Mühlenbachs (km 2+100)

Hanstedter Mühlenbach (km 4+300 bis 5+300)

In dem Abschnitt zwischen dem Sandfang und dem Zusammenfluss zwischen Hanstedter Mühlenbach und Mühlenbrooksbach steigt die Geländeneigung, die Sohle ist versandet. Die Aufnahme des Sohlensubstrates nach mehreren lang andauernden Niederschlägen und einem erhöhten Abfluss von etwa 10 cm über NW zeigen eine erheblich stärkere Riffelbildung und Sandablagerungen am Einlauf zum Sandfang.

Die Randnutzung ist hier durch das Siedlungsgebiet Hanstedt geprägt, Abbildung 30 zeigt eine typische Einleitung von Regenwasser von befestigten Flächen.



Abbildung 30: Einleitung Regenwasser in Hanstedt, ca. km 5,0

Hanstedter Mühlenbach (km 5+300 bis 7+600)

Dieser ca. 2 km lange Abschnitt des Hanstedter Mühlenbachs wird durch hintereinander angeordnete Fischteiche nahe der Ortschaft Ehebrock gespeist. Der Einfluss der Fischteiche auf den Sedimenteintrag in das Fließgewässer ist sowohl reduzierend durch ihre Wirkung ähnlich eines Sandfangs, als auch erhöhend, durch Ablassen des Teichwassers sowie bei Dammbürchen.

Im weiteren Verlauf ist der zu Beginn noch stark mäandrierende Lauf stark versandet. Einfluss haben hier punktuelle und linienförmige Einleitungen (Abbildung 31 und Abbildung 32). Besonderen Einfluss übt ein zur Zeit der Begehung trocken gefallener Zufluss aus, dessen Sohle starke Sandablagerungen aufzeigt.

Kurz vor dem Eintritt des Hanstedter Mühlenbachs in die Ortschaft Hanstedt, zeigt er eine durchgehend sandige Sohlenstruktur. Die Stillwasserbereiche in Ufernähe sind stark verschlammte. Sandablagerungen im Uferbereich der angrenzenden Grünlandflächen lassen die Vermutung zu, dass das Gewässer in diesem Abschnitt geräumt wird (Abbildung 31).



Abbildung 31: Sedimentablagerungen im Uferbereich (km 6+000)



Abbildung 32: Sedimenteintrag aus der Fläche (km 6+600)

Abbrüche im Uferbereich lassen auch Sedimentquellen im Fließgewässerquerschnitt vermuten (siehe Abbildung 33).



Abbildung 33: Uferabbruch (km 6+700)

Mühlenbrooksbach

Der Mühlenbrooksbach verläuft fast ausschließlich zwischen Grünlandflächen, die durch Viehhaltung landwirtschaftlich genutzt werden. Durch die Änderung des Verlaufs des Baches kann die ursprüngliche Gewässersohle nicht im gesamten Abschnitt erwartet werden. Die Gewässersohle weist eine geschlossene Sedimentdecke ohne kiesige Sohlensubstratanteile aus. Hier im Bereich des neuen Bachbetts ist der oberste Bereich der Sohle stark verschlammt. Im Verlauf des Gewässers lässt sich eine geringe bis keine Änderung des Sohlensubstrates feststellen. Im Bereich der Kaskadenabstürze kommt es vereinzelt zu Eintiefungen der Sohle. Sämtliche Abstürze befinden sich in einem baufälligen Zustand.



Abbildung 34: Erosionsanfällige Böschung am Mühlenbrooksbach (km 1+800)

Kurz vor dem Zusammenfluss von Hanstedter Mühlenbach und Mühlenbrooksbach säumt ein kleiner Hain die Ufer des Baches. In diesem Gewässerabschnitt lassen sich Ansätze des kiesgeprägten Tieflandbaches erkennen. Eine mäßige Substratdiversität sowie Kehrwasserbereiche geben diesem Abschnitt einen vom restlichen Bachlauf abweichenden Charakter. Eine wesentliche Beeinträchtigung stellt ein Einleitungsgraben dar, in dessen Mündungsbereich starke Sandablagerungen zu beobachten sind. Die durchgeführte Laufbegehung zeigt

in Teilbereichen des Bachbetts vermehrt kiesige Bereiche, die Rückschlüsse auf das ursprüngliche Sohlensubstrat zulassen. Die ermittelten Siebkurven der hier untersuchten Abschnitte bestätigen die visuell aufgenommenen Zustände.

Ein weiterer Sedimenteintragspfad ist auch am Mühlenbrooksbach die erosionsanfällige Böschung, die auf regelmäßige Unterhaltung hinweist (siehe Abbildung 34).

4.2 Fachliche Einzelhinweise zu Erosions- und Sedimentationswegen

Neben den in Kapitel 4.1 auf die einzelnen Gewässer bezogenen Beschreibungen der möglichen Sedimentationsquellen und –wege sollen hier noch mal fachliche Einzelhinweise zu besonders dringlich erscheinenden Einzelaspekten benannt werden.

Nicht mehr wiederholt werden die Aspekte

- Flächenerosion von Ackerflächen
- Eintrag ins Gewässer aufgrund fehlender Randstreifen

Im Mittelpunkt stehen im Folgenden

- Zuläufe zum Gewässer (Entwässerungsgräben, Verrohrungen, Felddrainagen)
- Fließgewässererosion im Bereich von Siedlungsentwässerung
- Sedimenteintrag durch Viehtritt
- Fischteiche

Zuläufe zum Gewässer (Entwässerungsgräben, Verrohrungen, Felddrainagen)

An allen Gewässern gibt es eine Reihe von Zuläufen, seien es Entwässerungsgräben oder Felddrainagen der landwirtschaftlichen Flächen oder Verrohrungen unbekannter Herkunft, die in die Gewässer münden. Ein Kataster über diese Zuläufe existiert nach Auskunft des Wasser- und Bodenverbandes Teufelsmoor nicht. Im Rahmen dieser Studie wurde keine umfassende Aufnahme vorgenommen, allerdings wurden einige Zuläufe hinsichtlich ihres Sedimenteintritts genauer beobachtet.

Exemplarisch wird hier das Bild eines Zulaufes in den Hanstedter Mühlenbach dokumentiert (siehe Abbildung 35). Hieran wird deutlich, dass diese Zuläufe einen deutlich wahrnehmbaren Anteil am Gesamtsedimenteintritt haben können.



Abbildung 35: Sedimente an einem Zulauf zum Hanstedter Mühlenbach

Auch ein Auslauf einer freigelegten Drainage am Oberlauf des Hanstedter Mühlenbaches zeigt deutlich den Eintrag von feinsandigem Material (siehe Abbildung 36), für den Siedlungsbereich von Hepstedt zeigt dies Abbildung 25.



Abbildung 36: Eintritt von Sedimenten aus einer Drainage am Hanstedter Mühlenbach

Fließgewässererosion im Bereich von Siedlungsentwässerung / Straßenentwässerung

Sowohl am Hanstedter Mühlenbach (Hanstedt) als besonders auch an der Schmoor (Hepstedt) wird deutlich, dass die Regenentwässerung der Siedlungsflächen und von Straßen offensichtlich zu deutlich höheren erosiven Prozessen im Fließgewässer führen (siehe Abbildung 26).

Ursache hierfür ist der deutlich höhere und zeitlich kürzere Abflusswelle nach Regenereignissen, die diese Erosion befördert (siehe Abbildung 37).

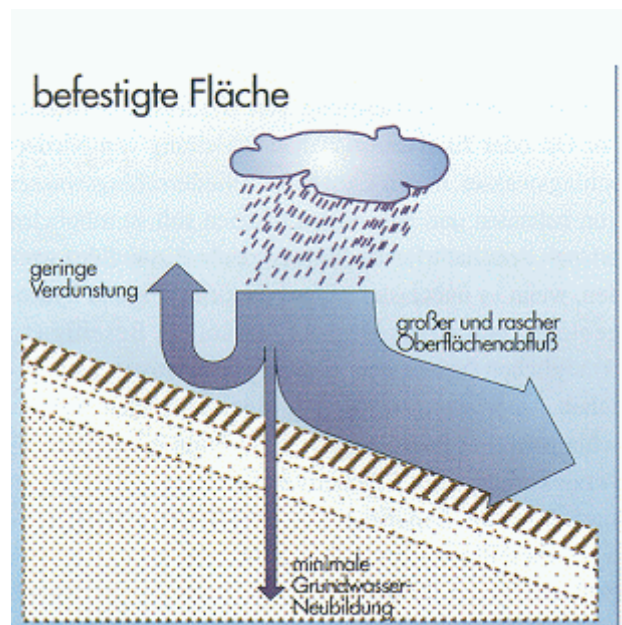
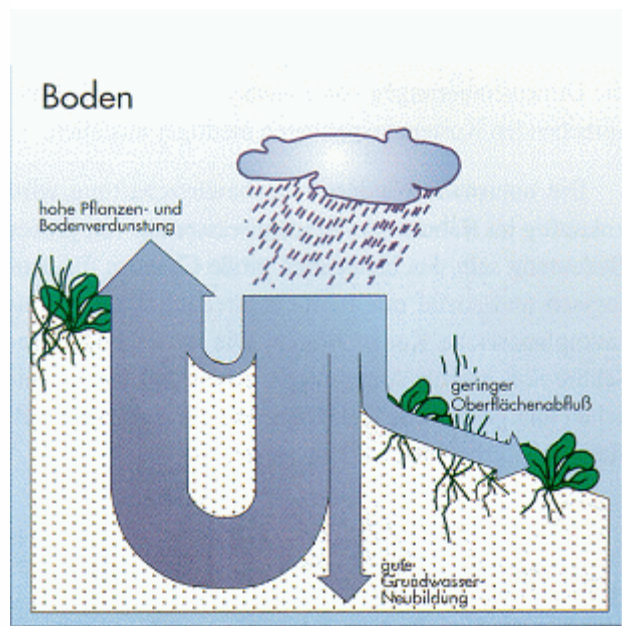
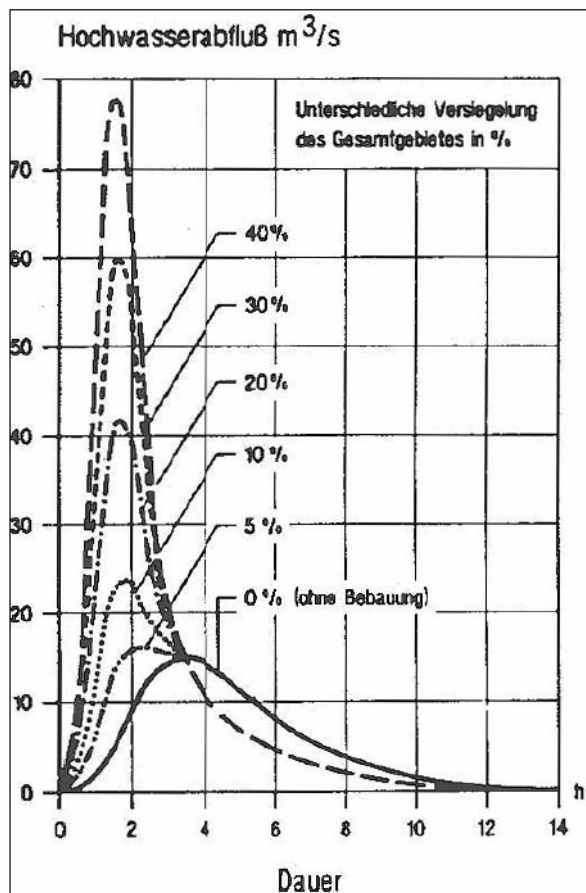


Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Flächennutzung / Versiegelungsgrad und Hochwasserabfluß (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen)

Erkennbar ist an Abbildung 19, dass sich auch kurz nach dem Zulauf der Straßenentwässerung (Straße von Hepstedt nach Tarmstedt) in den Reithbach ein deutlich erodiertes Profil ausbildet. Ein Zusammenhang ist hier wahrscheinlich.

Sedimenteintrag durch Viehtritt

Als eine weitere häufige Quelle für den Sedimenteintrag muss der Viehtritt von am Gewässer trinkenden Kühen und Pferden gelten. Mehrere Beispiele im Untersuchungsgebiet machen sehr deutlich, dass es in diesen Bereichen bei Regenereignissen zu offenen Böden und damit zur leichten Erodierbarkeit der gewässernahen Flächen kommt (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39).



Abbildung 38: Viehtränke im Gewässer Hanstedter Mühlenbach (km 6+800)



Abbildung 39: Viehtritt am Böschungrand des Hanstedter Mühlenbach (Oberlauf)

Fischteiche

Der Hanstedter Mühlenbach wird durch hintereinander angeordnete Fischteiche nahe der Ortschaft Ehebrock gespeist. Der Einfluss der Fischteiche auf den Sedimenteintrag in das Fließgewässer ist sowohl reduzierend durch ihre Wirkung ähnlich eines Sandfangs, als auch erhöhend, durch Ablassen des Teichwassers sowie bei Damnbrüchen.



Abbildung 40: Fischteiche Oberlauf Hanstedter Mühlenbach bei Ehebrock

Die Fischteiche der Ortschaft Ehebrock dienen bei Starkregenereignissen als natürlicher Sandfang und reduzieren die Sandfracht im Hanstedter Mühlenbach. Werden die Fischteiche im Zuge des Abfischens abgelassen, ergießt sich der am Boden sedimentierte Sand schwallartig in das angeschlossene Fließgewässer. Bisher existieren keine Mechanismen, die das Abfischen und den damit verbundenen Sandeintrag in Fließgewässer kontrollieren.

4.3 Gesamtbewertung zum Sedimenteintrag und zum Zustand der Gewässer

Erkennbar ist, dass trotz des Baus der Sandfänge der Zustand der Gewässersohle nicht leitbildgerecht ist, sie ist dominiert durch mobile Sande.



Abbildung 41: sandige Sohle am Hanstedter Mühlenbach

Es soll deutlich darauf hingewiesen werden, dass der Zustand der Gewässersohle auch in den als „sandgeprägte Tieflandbäche (Typ 14)“ ausgewiesenen Unterläufen der Fließgewässer (Abbildung 2) nach den Sandfängen nicht leitbildgerecht ist, da auch hier kiesige Bereiche zu erwarten sind und die sandigen Sohlen eher lagestabil ausgeprägt sein müssen (siehe hierzu Dickhaut, Schwark, 2006b).

Erst recht fehlen diese Strukturen in den als „kiesgeprägte Tieflandbäche (Typ 16)“ ausgewiesenen Oberläufen der Fließgewässer (Abbildung 2), die kiesigen Substrate fehlen bzw. sind durch Sande überlagert. Hier ist aufgrund der Lage aber auch kein Einfluss der Sandfänge möglich.

Die Sandfänge sind auch nach den heutigen Maßstäben richtig dimensioniert, wie durch die erneute Berechnung im Rahmen dieser Studie nachgewiesen werden konnte. Hier werden jährlich jeweils ca. 150 Tonnen Sedimente entnommen, die somit nicht in den Unterlauf gelangen. Die punktuell gebauten Sandfänge mildern die Problematik, lösen sie demnach aber nicht, da sie nicht an den Ursachen der Sedimenteinträge ansetzen.

Der schlechte Zustand der Sohle resultiert aus Sedimenteinträgen nach dem Sandfang, der wie in Kapitel 4.1 und 4.2 beschrieben zum Teil aus der landwirtschaftlichen Fläche als auch abschnittsweise durch Erosion der Fließgewässer in die Breite und Tiefe resultiert.

5 Maßnahmen zur Erosionsminderung

In dem folgenden Kapitel werden Maßnahmen zur Reduzierung des Sedimenteintrags in Fließgewässer allgemein beschrieben. Im Anschluss wird Bezug auf die an den Untersuchungsgewässern ermittelten Belastungen genommen und die Auswirkungen beispielhafter Maßnahmen an den jeweiligen Standorten qualitativ abgeschätzt. Dabei wird zwischen ursachen- und auswirkungsspezifischen Maßnahmen unterschieden.

5.1 Ursachenspezifische und flächenbezogene Maßnahmen der Landwirtschaft

Ursachenspezifische Maßnahmen beschreiben Möglichkeiten, den Prozess der anthropogen verursachten Erosion an dem Ort seiner Entstehung zu beeinflussen. Die hier beschriebenen Maßnahmen beziehen sich auf den On-site-Bereich (Ackerflächen) und ermöglichen durch ihre Umsetzung die Reduzierung der Erosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Es werden folgende allgemeine, dem Stand der Technik entsprechende Schritte vorgestellt.

- Fruchtfolgeänderung
- Nutzungswandel
- Direktsaatverfahren
- Konservierende Bodenbearbeitung
- Begrünung von Hangmulden
- Reduzierung der Beanspruchung
- Anpassung der Düngung
- Reduzierung der Hanglänge
- Uferrandstreifen

Diese Maßnahmenvarianten können auch in der Simulation von CE3D berücksichtigt werden, dies geschieht beispielhaft für Flächen am Reithbach in Kap. 5.1.2, im folgenden Kap. 5.1.1 werden sie etwas näher erläutert.

5.1.1 Allgemeine Beschreibung der Möglichkeiten der Reduktion von Sedimenteinträgen aus der Fläche

Der Bundesverband Boden (BVB, 2004) beschreibt mögliche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und begleitende Handlungsempfehlungen bei Bodenerosion. Das dort enthaltene Fließdiagramm „Ableitung von Maßnahmen“ (Abbildung 42) erleichtert die Wahl der erforderlichen Schritte und sollte bei der Beurteilung und Entwicklung von Erosionsschutzeinrichtungen die Grundlage bilden.

Grundsätzlich sollte die Auswahl erosionsmindernder Maßnahmen in enger Abstimmung mit den jeweiligen Interessensgruppen, insbesondere den Flächennutzern sowie fachlich qualifizierten Landberatern und Bodenschutzexperten erfolgen.

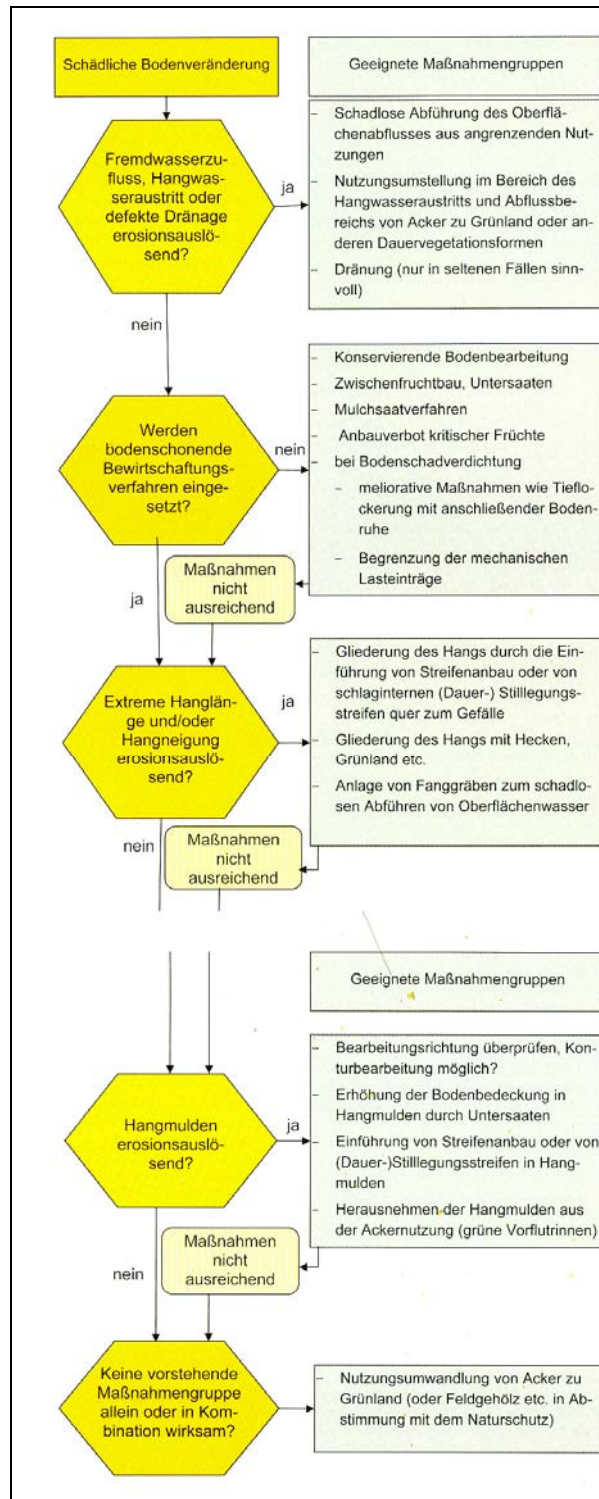


Abbildung 42: Ableitung von Maßnahmen zur Reduktion von Bodenerosion (BVB 2004)

Im Einzelnen werden folgende Maßnahmen näher beschrieben.

Fruchtfolgeänderung

Wichtig zur Entscheidung über eine Änderung der Fruchtfolge ist das Wissen über die unterschiedliche Erosionswirkung verschiedener Pflanzen. Die Dauer und der Zeitpunkt des

Bewuchses, der Bedeckungsgrad und die Wurzeltiefe bestimmen die Erosivität einer Kulturpflanze. Für hochstämmige Pflanzen, wie z.B. Mais, ist der Einfluss durch große, tief fallende Regentropfen nicht zu unterschätzen.

Grundsätzlich ist die Erosionsgefährdung parzellenbezogen für jede Fruchtfolge zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Ackerfrüchte lassen sich grundsätzlich in folgende Reihenfolge, abnehmend nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung, bringen (verändert nach BVB 2004):

- Hackfrüchte / Mais ohne Schutzmaßnahmen
- Hackfrüchte / Mais mit Schutzmaßnahmen
- Sommergetreide
- Wintergetreide
- Feldfutter

Diese Reihenfolge kann sich jedoch durchaus auch verändern (siehe Kap. 5.1.2).

Das Ziel der Fruchtfolgeänderung ist, den Bedeckungsgrad während Jahreszeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit von Starkregenniederschlägen zu steigern.

Nutzungswandel

Landwirtschaftliche genutzte Flächen stellen immer eine gewisse Erosionsgefährdung dar. Besonders steile Hänge können auch mit den besten erosionshemmenden Maßnahmen nicht optimal gesichert werden. Der beste natürliche Schutz vor Erosion durch Wasser ist eine ganzjährige nahezu 100%ige Bedeckung, die nur durch intaktes Grünland oder andere Dauervegetationsformen hergestellt werden kann. Diskutiert wird derzeit

Das Ziel des Nutzungswandels ist die Herstellung einer ganzjährigen geschlossenen Pflanzendecke zur Erhöhung des Bedeckungsgrades.

Direktsaatverfahren

Beim Direktsaatverfahren wird auf jegliche Art der Bodenbearbeitung verzichtet. Der Oberboden wird in seinem Gefüge nur minimal gestört und bietet so optimale Bedingungen für ein aktives Bodenleben. Die Bestellung der Felder erfolgt mit so genannten Zinkensäscharen oder Scheibenscharen unter Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes und der Einsaatzeit.

Das Ziel des Direktsaatverfahrens ist der Aufbau und die Sicherung eines aktiven und stabilen Bodengefüges sowie die Herstellung eines funktionsfähigen Porengefüges zur Steigerung der Infiltrationsrate.

Konservierende Bodenbearbeitung

Die konservierende Bodenbearbeitung unterscheidet sich von der konventionellen durch die Bearbeitungstiefe und -intensität. Herkömmlich werden mit Hilfe des Pfluges ca. 40 cm des Oberbodens umgegraben und dabei das aktive Oberbodengefüge zerstört. Konservierende Verfahren z.B. unter Einsatz von Scheibeneggen oder Grubbern bearbeiten nur die obersten Zentimeter des Bodens und ein tragfähiges Bodengerüst bleibt erhalten.

Um nach der Ernte einen hohen Bedeckungsgrad gewährleisten zu können, verbleiben bei konservierender Bearbeitung Pflanzenreste der Vor- und Zwischenfrüchte (Mulch) an der Bodenoberfläche. Eine Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes und der Düngung kann erforderlich sein.

Bei der Einsaat wird zwischen der Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung unterschieden. Lassen es Bodengefüge und Saatbedingungen zu, ist stets die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung zu wählen.

Das Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung ist der Aufbau und die Sicherung eines aktiven und stabilen Bodengefüges, die Erhöhung des Bodenbedeckungsgrades und die Steigerung der biologischen Bodenaktivität zum Schutz vor Erosion.

Vermeidung von Fremdwasserzutritt

Landwirtschaftlich genutzte Flächen können durch Fremdwasserzutritt aus höher liegenden Bereichen zusätzlich belastet sein. Aus einem ursprünglichen Off-site-Abfluss wird für das betrachtete Gebiet eine On-site-Belastung.

Der Ursprung für Fremdwasser kann eine beschädigte Drainage, ein nicht ausreichend dimensionierter Entwässerungsgraben oder eine angrenzende Infrastrukturfläche sein. Grundsätzlich ist das Niederschlagswasser ordnungsgemäß abzuführen. Dies kann über unterhalb der Hänge angeordnete, an die Vorflut oder Versickerungsbereiche angeschlossene, Versickerungsgräben erfolgen.

Ziel der Vermeidung von Fremdwasserzutritt ist die Reduzierung der Abflussvolumina und damit die Verzögerung erosiver Vorgänge.

Begrünung von Hangmulden

In Hangmulden kann der Oberflächenabfluss zusammenfließen und verstärkt lineare Bodenerosion hervorrufen. Je nach Örtlichkeit sind unterschiedliche Maßnahmen zur Sicherung der Hangmulde durchzuführen.

Bei geringer Gefährdung kann eine Anpassung der Oberflächenbewirtschaftung ausreichend sein. Hierzu zählen eine gute Durchwurzelung, die Vermeidung der Beeinträchtigung des Bodengefüges oder die Anlage einer langjährigen Brache.

Stark erosionsgefährdete Hangmulden sind dauerhaft, z.B. durch den Umbruch zu Grünland, Wald o.ä. zu begrünen.

Ziel der Begrünung von Hangmulden ist die Herstellung eines ausreichenden Bedeckungsgrades und einer hohen biologischen Bodenaktivität zur Sicherstellung einer befriedigenden Infiltrationsrate.

Reduzierung der Beanspruchung

Die Erosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Flächen wird zu großen Teilen durch die Infiltrationskapazität des Bodens beeinflusst. Die Belastung der Fläche durch Ackerbaumaschinen und hohe Viehbesatzdichte führt zur Verdichtung des Bodens und damit zur Reduzierung seiner Wasseraufnahmefähigkeit.

Der Einsatz von Maschinen mit verringerter Gesamtlast, entweder durch die Bauart selber oder Begrenzung der Bunkerkapazität, die Verringerung der Überfahrfrequenz aber vor allem der Verzicht auf die maschinelle Bodenbearbeitung bei hohem Bodenfeuchtegehalt, führt zur Steigerung der Infiltrationskapazität.

Auf Grünlandflächen ist das Verhältnis Vieh zu Fläche herunterzusetzen.

Ziel der Reduzierung der Beanspruchung durch eine Anpassung der Bewirtschaftungsmethode ist die Sicherung einer ausreichenden Infiltrationsrate.

Anpassung der Düngung

„Die Düngung kann sowohl stabilisierend als auch destabilisierend auf das Bodengefüge einwirken. Kalkungsmaßnahmen bewirken in der Regel eine Stabilisierung des Bodengefüges. Eine übermäßige Versorgung mit Kalium und Natrium destabilisiert das Bodengefüge.“ (BVB 2004). Das Bodengefüge wird weiter durch den Humusgehalt, d.h. durch den Anteil an C_{org} beeinflusst. Der organische Kohlenstoffgehalt festigt das Bodengefüge und macht es weniger leicht erodierbar.

Eine an den Ziel-pH-Wert angepasste Kalkung, die Reduzierung künstlicher Düngemittel auf Kalium oder Natrium Basis sowie die Anreicherung von humosen Stoffen durch das Ausbringen von organischem Dünger oder Belassen von Ernteresten auf dem Feld, stabilisieren das Bodengefüge und verringern die Erosionsgefährdung.

Ziel der Anpassung der Düngung ist die Stabilisierung des Bodengefüges und damit die Vergrößerung des Erosionswiderstandes.

Anpassung der Bearbeitungsrichtung

Die Bearbeitungsrichtung bezeichnet die Hauptrichtung, in der der Acker durch den Landwirt bestellt wird. Aus ökonomischen Gründen liegt sie meist parallel zur längeren Seite des Feldes und bestimmt das Abflussgeschehen.

Der Bodenerosionsschlüssel für Niedersachsen und die dABAG berücksichtigen die Bearbeitungsrichtung in Form des P-Faktors. Dieser geht bei Bearbeitung des Feldes in Hangrichtung mit dem Wert eins in die Berechnung der Bodenerosionsbeträge ein, d.h. er reduziert nicht den Bodenabtrag. Durch ein konsequentes Querpflügen des Hanges kann die Erosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen um bis zu $\frac{2}{3}$ reduziert werden.

Ziel der Änderung der Bearbeitungsrichtung ist es, das Abflussgeschehen eines potentiell erosionsgefährdeten Hanges positiv zu beeinflussen. Durch Querpflügen verkürzen sich die Fließwege und die Entstehung eines kritischen Impulsstroms wird verhindert.

Reduzierung der Hanglänge

Die Hanglänge ist ein bestimmender Faktor des Abflussgeschehens. Sie wird im Rahmen von empirisch basierten Modellen durch den L-Faktor (Hanglängenfaktor) und den P-Faktor (Erosionsschutzfaktor) berücksichtigt. Die Hanglänge ist grundsätzlich durch das Geländerelevierung vorgegeben, kann aber durch eine Unterteilung des Hanges, z.B. durch die Anlage eines Grünstreifens, durch den Landwirt beeinflusst werden.

Hanglängen ≥ 120 m bei einer Hangneigung ≥ 4 % erhöhen grundsätzlich das Erosionsrisiko. Hanglängen ≥ 250 m sollten möglichst vermieden werden.

5.1.2 Beispielhafte Maßnahmenbeschreibung und Wirkungsabschätzung am Reithbach

Am Beispiel der am Reithbach ausgewählten landwirtschaftlichen Flächen wurde die Auswirkungen der realen Nutzungen sowie von möglichen Maßnahmen mit CE3D simuliert. Die Auswahl der Flächen und Maßnahmen resultiert aus einem Abstimmungsgespräch am 5.4.07 mit dem Teufelsmoorverband und den betroffenen Landwirten. Aus diesem Grund sind nur die Maßnahmenkombinationen simuliert, für die auf den gewählten Flächen auch ein Interesse bei den Landwirten besteht. Die gewählten Flächen sind in Abbildung 43 dargestellt. Folgende Landwirte bewirtschaften diese Flächen:

- Fläche A : Haase, Brüggemann, Müller
- Fläche B : Detjen
- Fläche C1 : Viebrock
- Fläche C2 : Brüggemann
- Fläche D : Schnackenberg

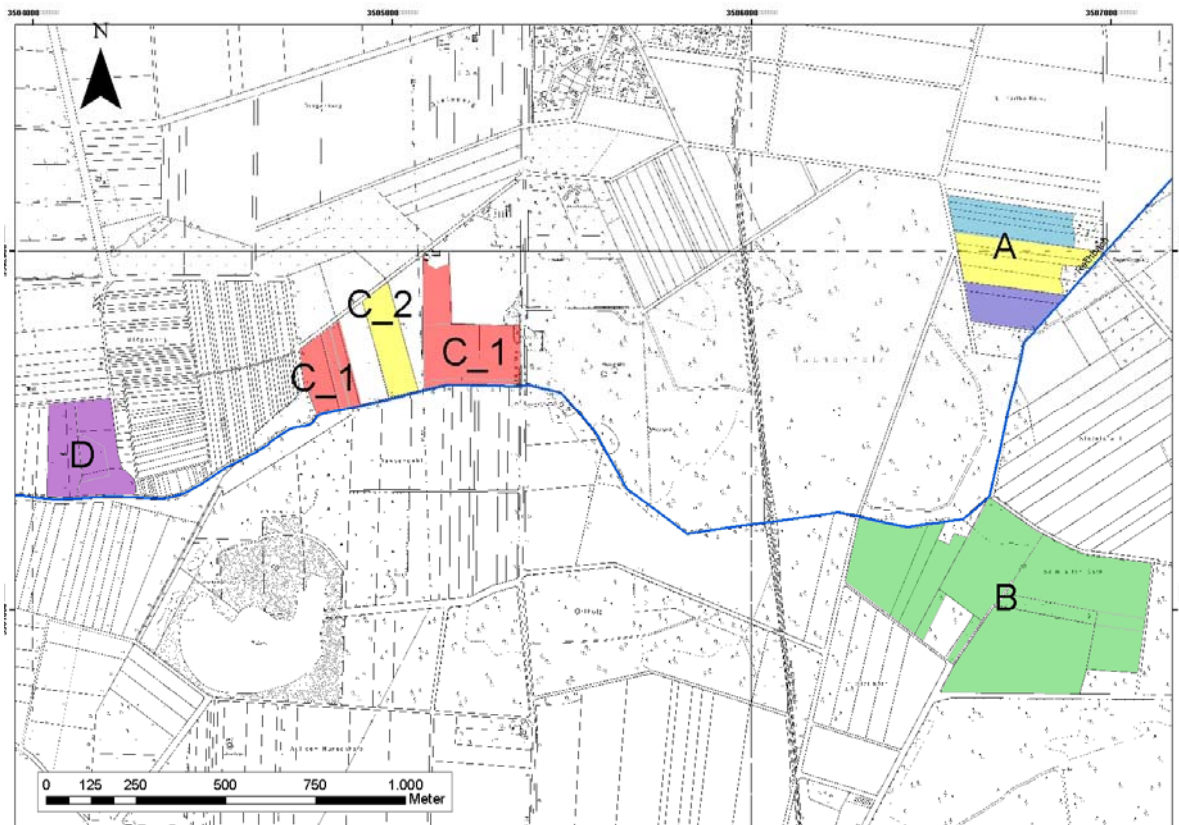


Abbildung 43: Lageplan : ausgewählte landwirtschaftliche Flächen für die Maßnahmensimulation am Reithbach

Auf diesen Flächen findet nach Aussagen der Landwirte die in Abbildung 44 dargestellte Fruchtfolge im Rahmen von 4-5 – jährigen Zyklen statt. Als die wahrscheinlich kritischste Zeit wird hieraus der November identifiziert, in dem der im Durchschnitt geringste Bewuchs der Flächen existiert. Deshalb wird der Zustand (Frucht, Regenereignis) im November für die Simulation ausgewählt, der Juni wird als Vergleichsmonat mit dem durchschnittlich höchsten Bedeckungsgrad daneben gestellt.

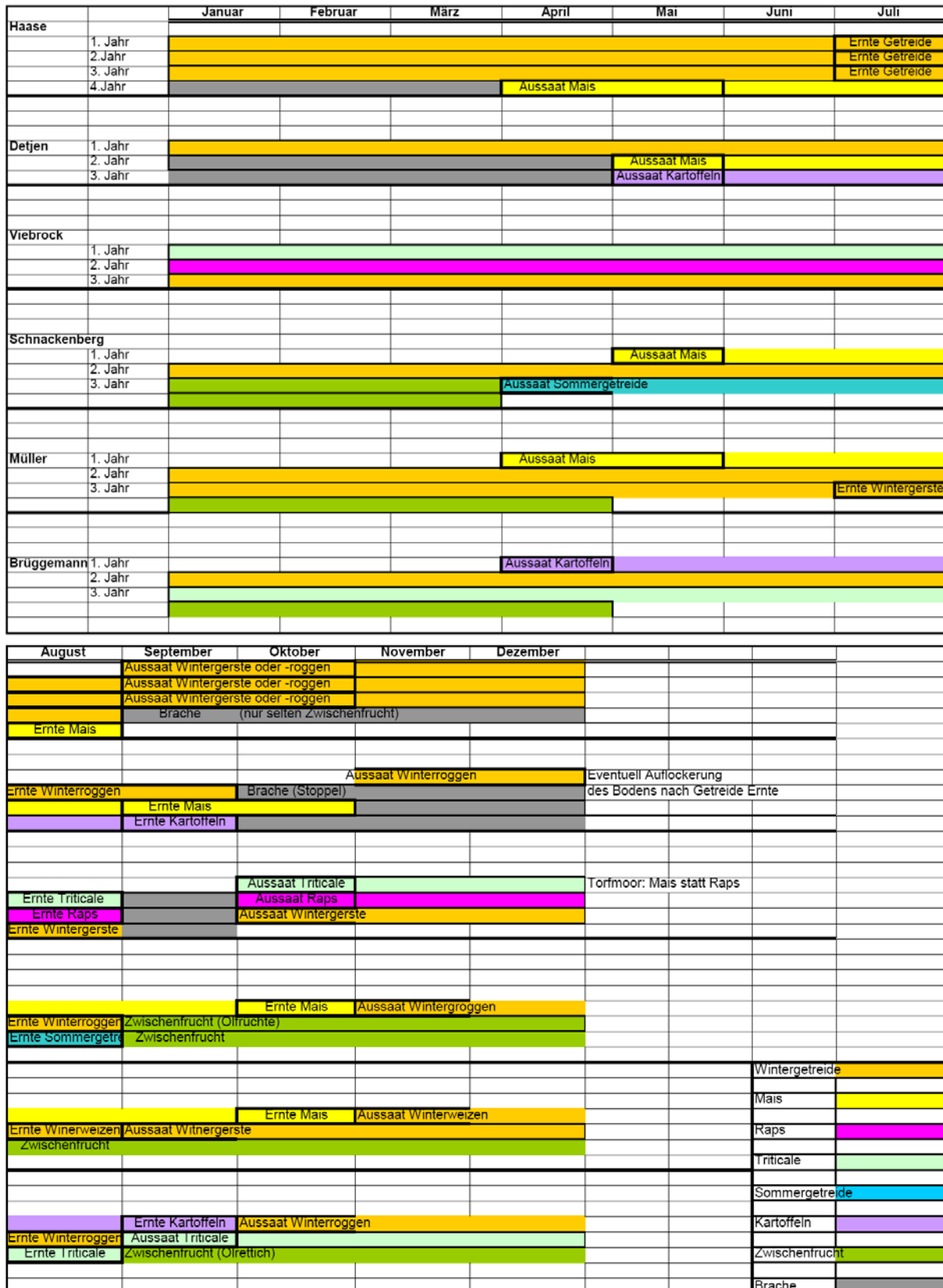


Abbildung 44: Fruchtfolge auf den ausgewählten Flächen am Reithbach

Aus den umfangreichen Simulationsergebnissen unterschiedlicher Nutzungen und Maßnahmen werden hier beispielhaft folgende visuell dargestellt und interpretiert.

- Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten, hier besonders die Betrachtung der Auswirkungen des Elefantengrases und der Zwischenfrucht Ölrettich
- Auswirkungen der Ausweisung eines Randstreifens
- Vergleich der Auswirkungen in unterschiedlichen Monaten
- Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen

Weitere Ergebnisse können im Anhang I in der Tabelle nachgelesen werden. Auch befindet sich in der Anlage beispielhaft eine Eingabemaske von CE3D, anhand dieser können die beeinflussbaren Parameter in der Simulation nachvollzogen werden. Diese Datenblätter existieren für jede Simulation.

Für die folgenden Beispieldarstellungen wurde die „Nettoerosion“ als Darstellungsform gewählt, sie stellt die Differenz aus Eintrag und Austrag von Sedimenten aus jeder Teilrechenfläche dar. In Abbildung 45 ist die Legende aller folgenden Abbildungen dargestellt. Hierbei bedeuten hellgelbe Farben wenig und dunkelbraunen Farben viel Nettoerosion von den jeweiligen Teilflächen.

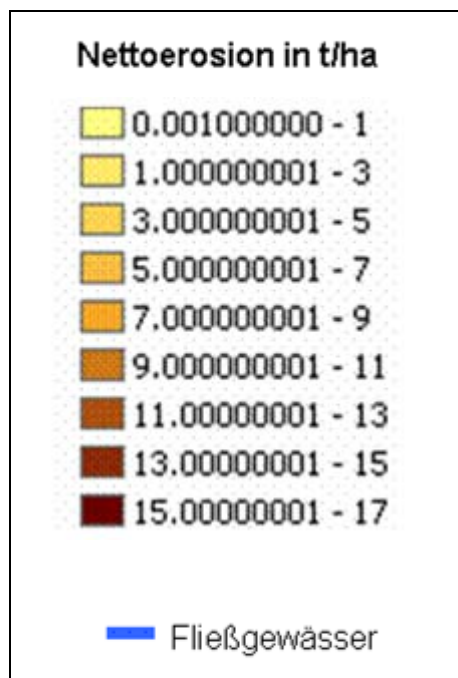


Abbildung 45: Legende für die Nettoerosion der nachfolgenden Grafiken

Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten

Für jede der ausgewählten Flächen wurden die realen Nutzungen und zusätzlich der Anbau der „Energiepflanze Elefantengras“ (*Miscanthus Sinesis Giganteus*) sowie der Zwischenfrucht „Ölrettich“ simuliert. Beides könnten Maßnahmen für eine veränderte landwirtschaftliche Nutzung sein.

Elefantengras wird derzeit als Alternative zum Maisanbau für die Energiewirtschaft intensiv diskutiert. In einem Exkurs wird die Pflanze kurz vorgestellt.

Exkurs : Elefantengras

Miscanthus ist ein perennierendes C4-Gras. Es bildet dichte bis lockere Horste, nach 3 Jahren ist es vollständig zusammengewachsen und weist dann einen Bedeckungsgrad des Bodens von 100% auf. Einige Formen können durch weitläufig kriechende Rhizomstrukturen in kurzer Zeit große Flächenareale einnehmen. Diese Eigenschaft ist von Vorteil für die Bepflanzung erosionsgefährdeter Hänge und Trockenflächen.

Als unterirdisches Speicher- und Überwinterungsorgan bilden die Pflanzen ein horizontal wachsendes Rhizom, bei den meisten Arten mit kurzen starken Ästen. Das eng mit dem Rhizomaufbau verbundene Wurzelsystem kann in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Bodens bis in eine Tiefe von 2,5 m vordringen. Das begünstigt die Nährstofferschließung und Wasseraufnahme in unteren Bodenschichten.



Abbildung 46: Elefantengras; <http://www.miscanthus.de>

Der Anbau des mehrjährigen *Miscanthus* (15 - 20 Jahre) wird als umweltverträglich beschrieben, da die Pflanzen keine chemischen Pflanzenschutzmittel und nur sehr geringe Mengen von Düngemitteln benötigen. Die intensive Durchwurzelung des Bodens und der ganzjährige Wuchs der Pflanze (mit Ausnahme der Wintermonate) lassen im Boden nur wenig freies Nitrat zu und bedeuten somit eine geringe Auswaschungsgefahr. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich Chinaschilf besonders gut zum Anbau in Wasserschutzgebieten.

Im Februar / März findet die Ernte der trockenen Stängel statt, anschließend treiben die jungen Pflanzen innerhalb einer Woche wieder aus den Wurzelstöcken aus. Nach Ende der

Vegetationszeit abfallende Blätter bilden eine dicke Mulchauflage und schützen den Boden vor Erosion.

Genotypen tropischer und subtropischer Arten erreichen in der feuchtwarmen Klimazone Südostasiens Wuchshöhen von 5 m und darüber. Die Halme sind standfest und werden bis zu 2 cm stark. Daraus resultiert ein hohes Ertragspotential und ein im Vergleich zum Mais wesentlich höherer Brennwert.

Als Nutzung dieser Pflanze wäre in erster Linie die Gewinnung von Energie möglich, da die jährliche Produktion an Biomasse mit 15 – 25 t/ha vergleichsweise sehr hoch ist. Eine andere Möglichkeit ist die stoffliche Verwertung als Faserpflanze, in erster Linie in verschiedenen Formen als Torfersatzprodukt oder als Rohstoff für die Herstellung von Formteilen, Dämmstoffen u.a.

Die Bodenvorbereitung für die Pflanzung von Miscanthus sollte wie vor Maisanbau erfolgen. Der Boden sollte bis auf eine Tiefe von max. 10-15 cm vor der Saat gelockert werden. Als optimale Bestandesdichte für Miscanthus Bestände hat sich 1 Pflanze je m² erwiesen.

Im ersten Jahr ist eine Nutzung des Miscanthus Bestandes nicht sinnvoll. Miscanthus Pflanzen reifen ab Oktober ab und bleiben über den Winter stehen. Die Nährstoffe werden in das Rhizom eingezogen, was eine Kräftigung bewirkt und die Überwinterungssicherheit verbessert. Der Aufwuchs kann abgemulcht werden. Auch wenn er stehen bleibt, führt das zu keiner Behinderung des Neuaustriebs.

Der Erntezeitpunkt richtet sich nach dem Wassergehalt des Materials und beginnt theoretisch im Februar und kann noch erfolgen, wenn der Neuaustrieb der Rhizome beginnt.

(Quelle der Informationen : -<http://www.miscanthus.de>;
<http://www.energiering.com/uploads/media/Miscanthusanbau.pdf>; Zugriff im Mai 2007

Alle Vergleiche werden für den Monat November sowie für ein 2-jähriges, 60-minütiges Regenereignis simuliert.

Die veränderten Eingangsparameter für Lagerungsdichte, Erosionswiderstand, Rauheit und Bedeckungsgrad in Abhängigkeit von der Pflanzenart und dem Betrachtungsmonat bewirken unterschiedliche Nettoerosionen auf den Flächen.

Fläche A

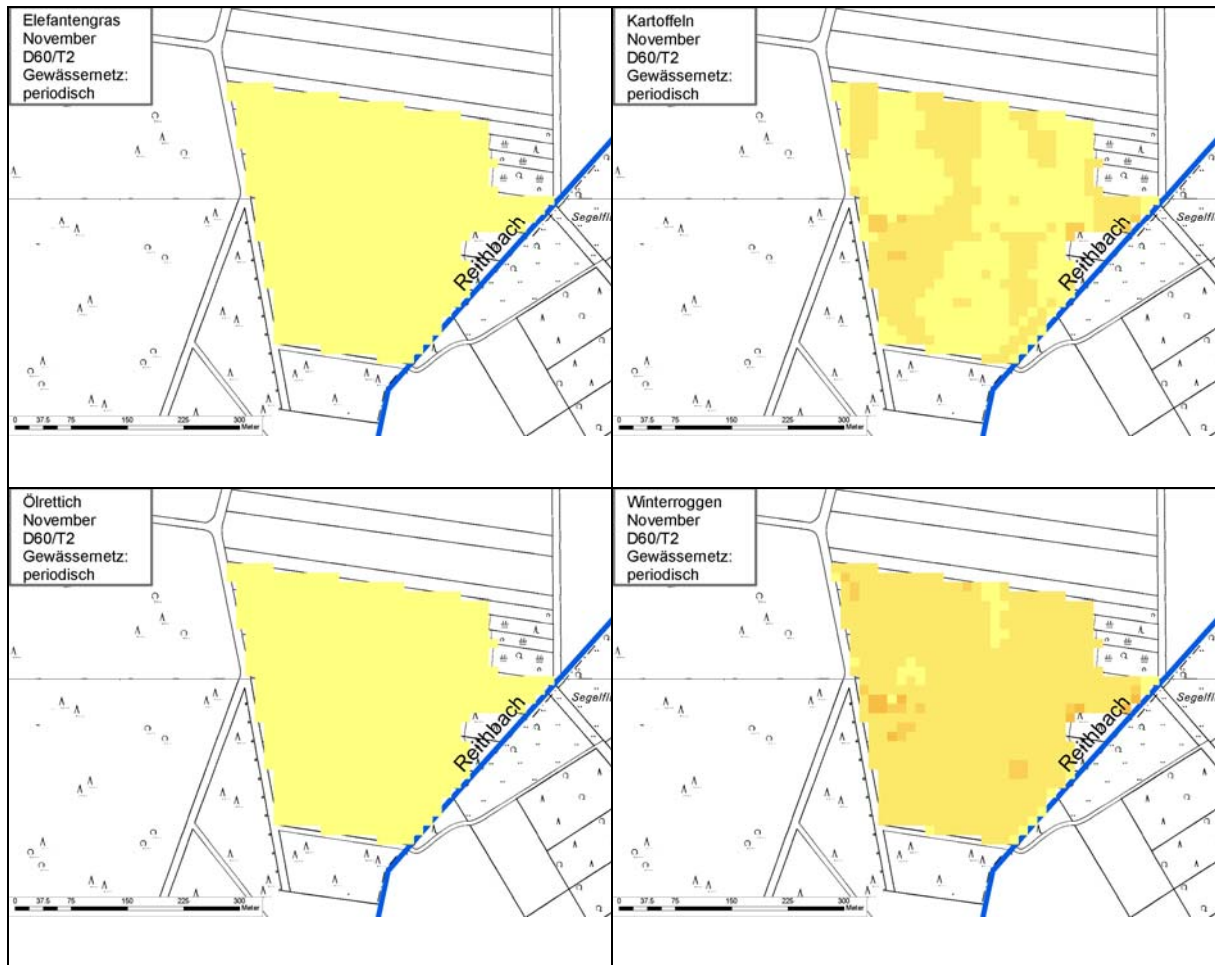


Abbildung 47 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche A)

Deutlich wird bei der Betrachtung der Nettoerosion auf der Fläche A, dass sowohl die Anpflanzung von Elefantengras als auch die Anpflanzung von Örettich als Zwischenfrucht für den November eine deutlich erosionsmindernde Wirkung hat.

Fläche B

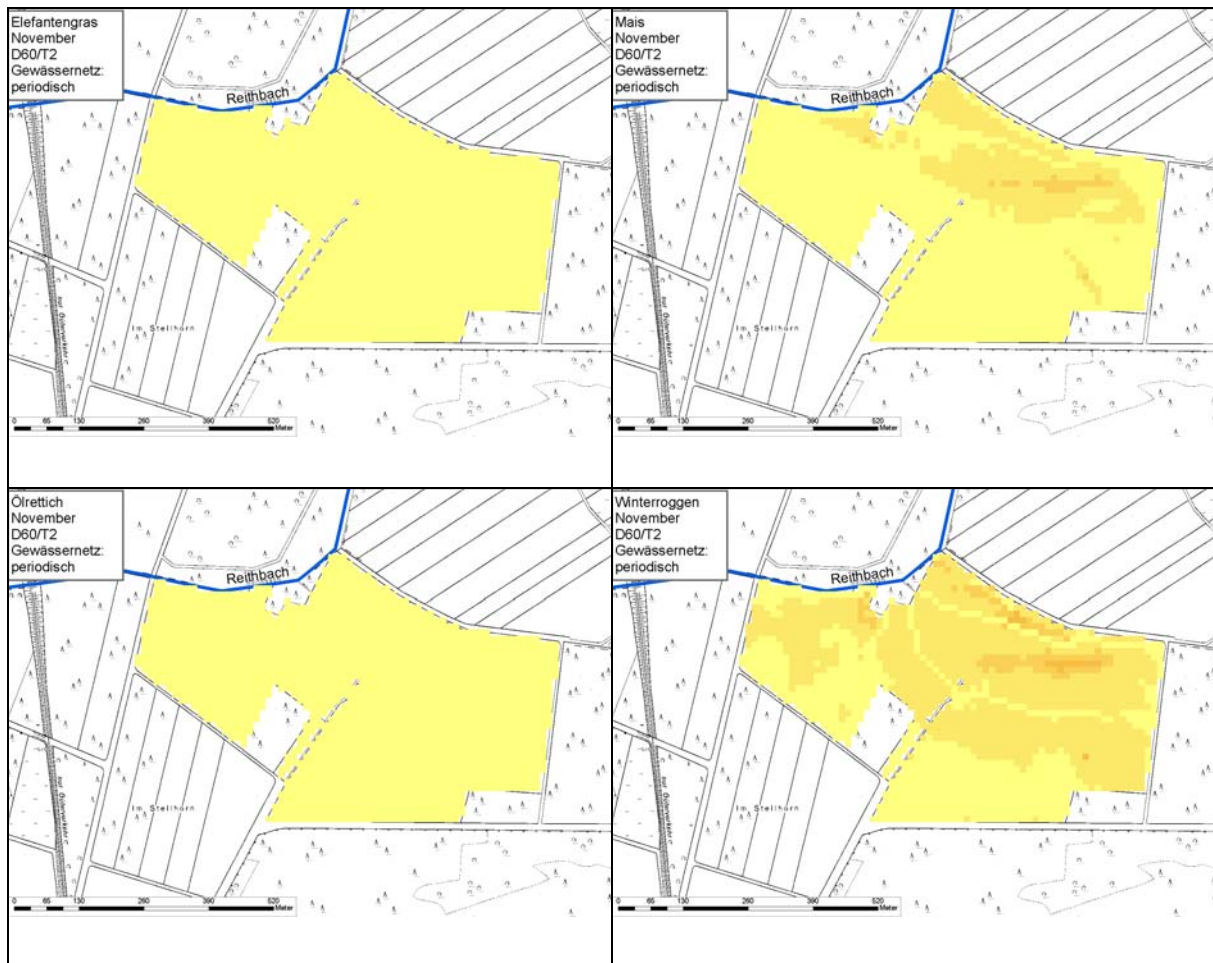


Abbildung 48 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche B)

Deutlich wird bei der Betrachtung der Nettoerosion auf der Fläche B, dass sowohl die Anpflanzung von Elephantengras als auch die Anpflanzung von Örettich als Zwischenfrucht für den November eine deutlich erosionsmindernde Wirkung hat. Interessanterweise stellt sich die Nettoerosion von Mais niedriger dar als von Winterroggen.

Fläche C1



Abbildung 49 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche C1)

Deutlich wird bei der Betrachtung der Nettoerosion auf der Fläche C1, dass sowohl die Anpflanzung von Elefantengras als auch die Anpflanzung von Ölrettich als Zwischenfrucht für den November eine deutlich erosionsmindernde Wirkung hat.

Fläche C2

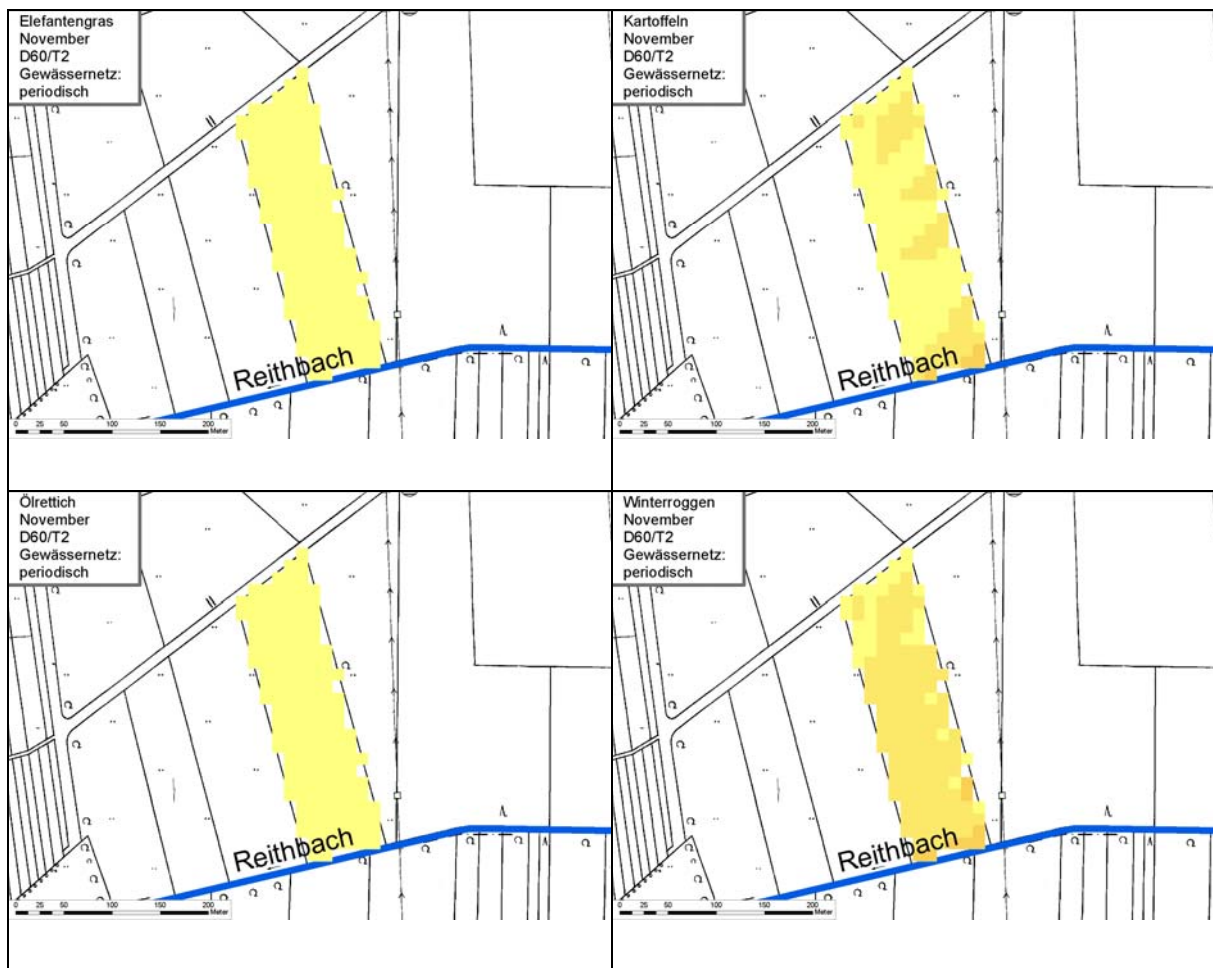


Abbildung 50 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche C2)

Deutlich wird bei der Betrachtung der Nettoerosion auf der Fläche C2, dass sowohl die Anpflanzung von Elefantengras als auch die Anpflanzung von Örettich als Zwischenfrucht für den November eine deutlich erosionsmindernde Wirkung hat.

Fläche D

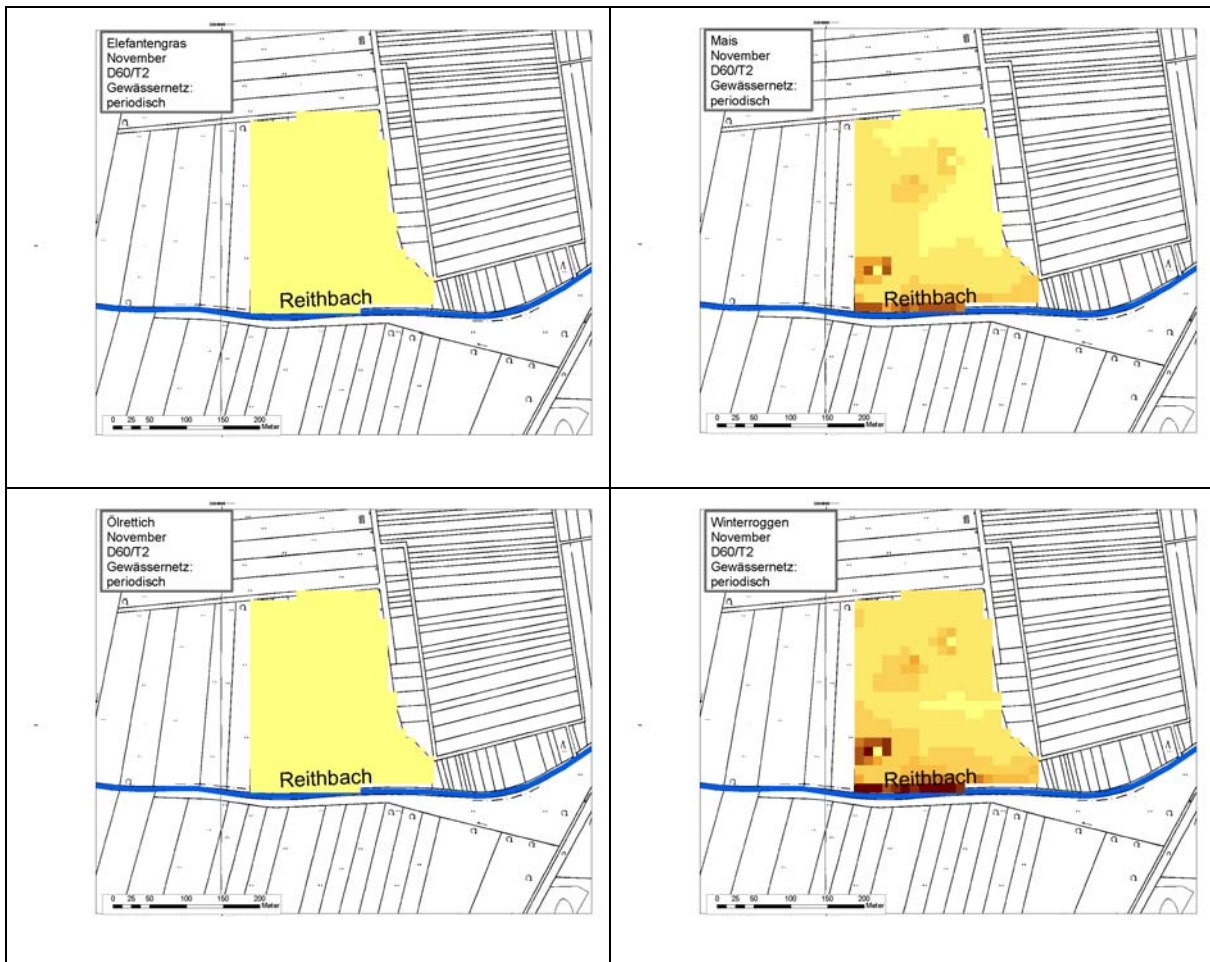


Abbildung 51 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche D)

Deutlich wird bei der Betrachtung der Nettoerosion auf der Fläche D, dass sowohl die Anpflanzung von Elefantengras als auch die Anpflanzung von Örrettich als Zwischenfrucht für den November eine deutlich erosionsmindernde Wirkung hat.

Auswirkungen der Ausweisung eines Randstreifens

Bei dieser Simulation wurde zwischen der landwirtschaftlichen Fläche ein Randstreifen von ca. 10 m eingebracht und mit den Parametern wie Grünland bewertet. Simuliert wurde dieser Randstreifen mit der Flächennutzung Mais.



Abbildung 52 : Reithbach : Auswirkungen der Ausweisung eines Randstreifens (Fläche D)

An der Fläche D ist deutlich erkennbar, dass die Nettoerosion im Randstreifen und damit direkt am Gewässer deutlich geringer ist. Eine solche Maßnahme eignet sich demnach besonders für die Reduktion des Sedimenteintrages bei gleich bleibender Flächennutzung.

Vergleich der Auswirkungen in unterschiedlichen Monaten

Auch wenn die Simulation unterschiedlicher Monate – November und Juni - keinen Einfluss auf die Wahl von Maßnahmen hat so ist das Ergebnis interessant. Bei gleicher Frucht ist jeweils der November der kritischere Monat, da hier der Bedeckungsgrad der Flächen wesentlich geringer ist. Die Nettoerosion ist demnach höher.

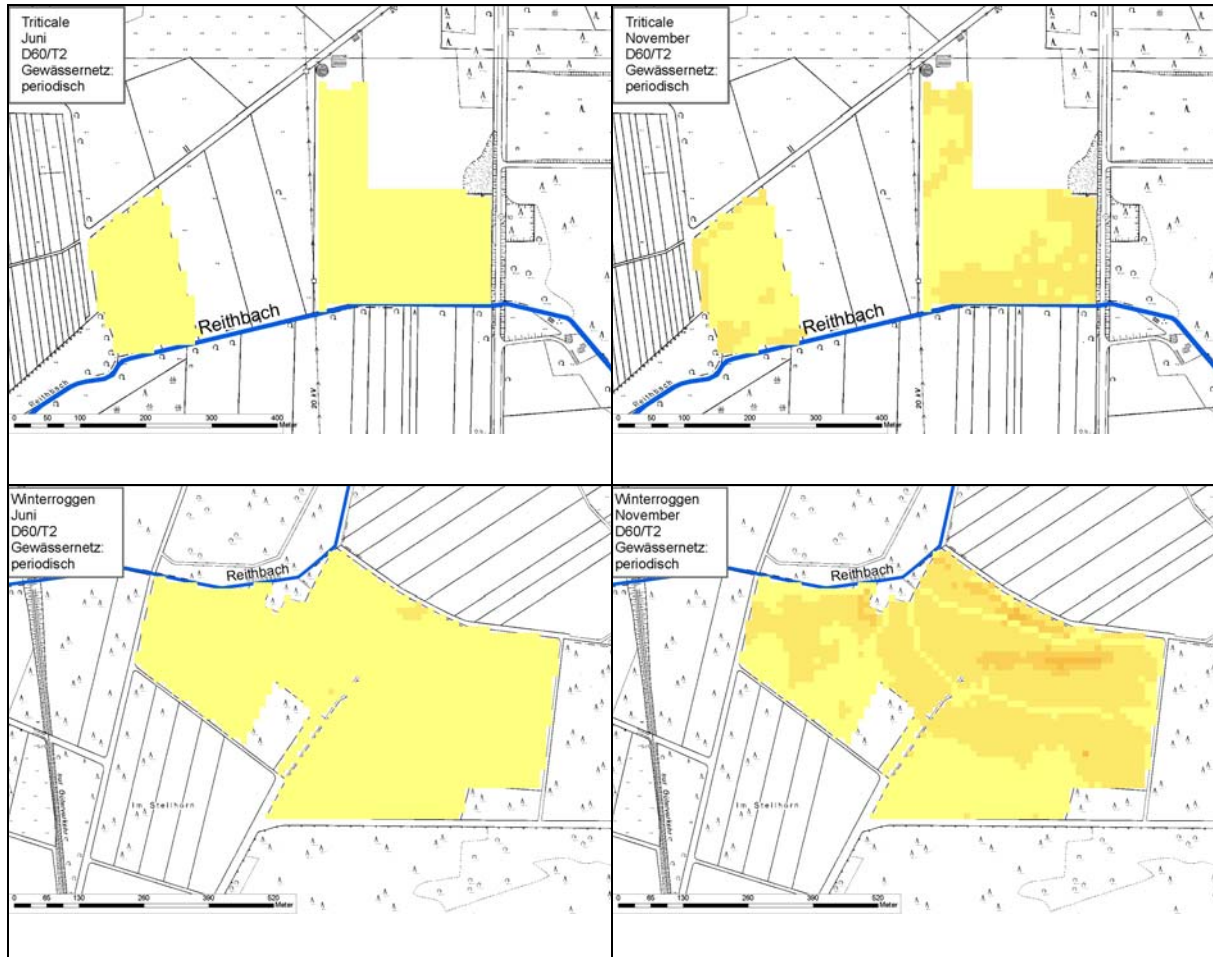


Abbildung 53 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen in unterschiedlichen Monaten (Fläche C1 [oben] und B [unten])

Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen

Auch die Simulation der unterschiedlichen Regenereignisse ist nicht maßnahmenrelevant, allerdings zeigt sich deutlich, dass das 2-jährige, 60-minütige Regenereignis das mit Abstand kritischste ist. Dieses Ereignis ergibt für Winterroggen und Sommerweizen eine erkennbar höhere Nettoerosion bei diesem Regenereignis (Abbildung 54 und Abbildung 55), nur bei dem Elefantengras ist kaum Veränderung sichtbar (Abbildung 56).

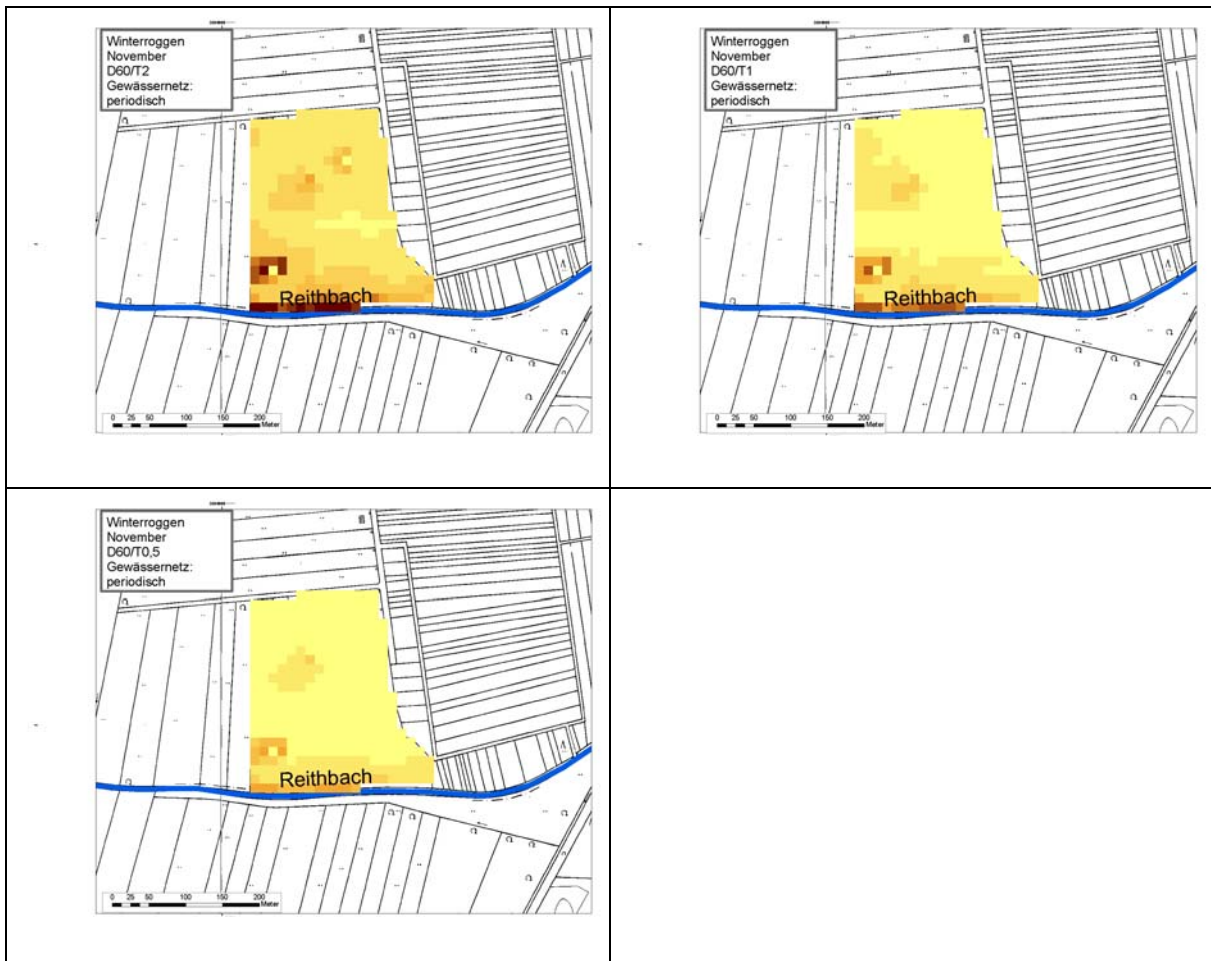


Abbildung 54 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Winterroggen)

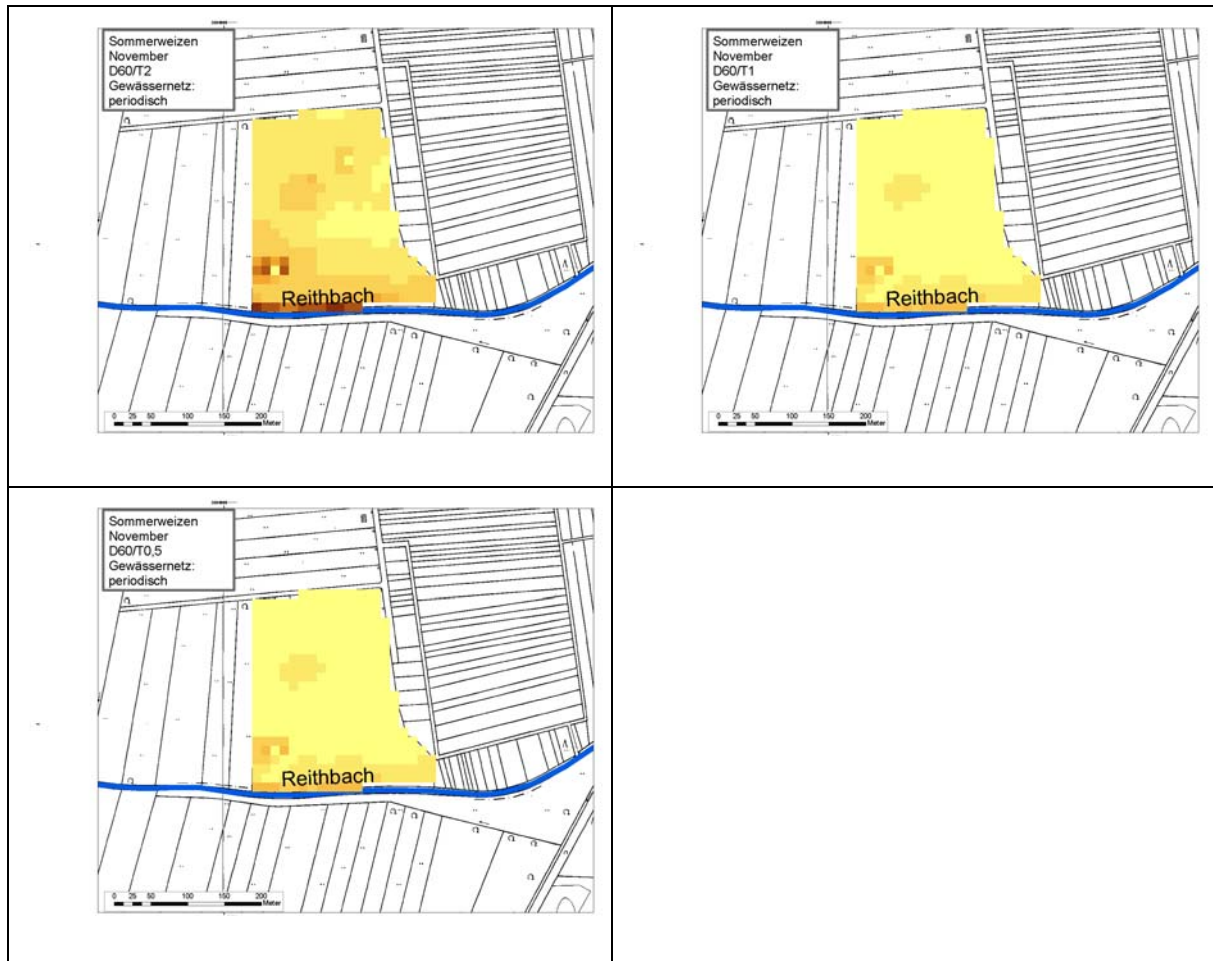


Abbildung 55 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Sommerweizen)

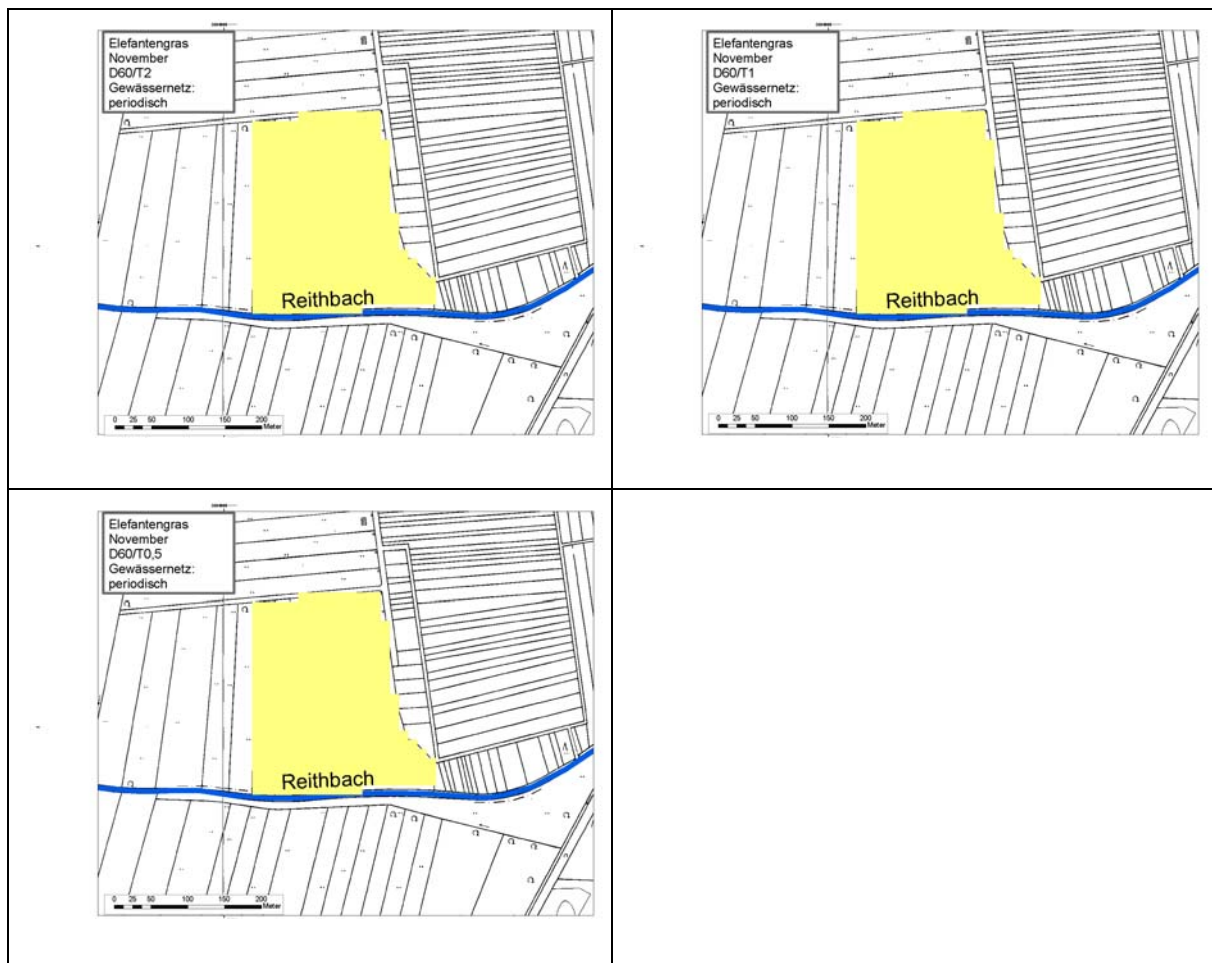


Abbildung 56 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Elefantengras)

5.1.3 Zusammenfassende Einschätzung zu flächenbezogenen Maßnahmen der Landwirtschaft

Der Anbau unterschiedlicher Fruchtarten hat – wie zu erwarten – einen deutlichen Einfluss auf die Erosion der landwirtschaftlichen Flächen, die Simulation zeigt große Unterschiede.

Elefantengras wäre aus Erosionsschutzgründen eine geeignete Alternative zum „Maisanbau als Energiepflanze“, der aufgrund seines geringen Bedeckungsgrades in allen Monaten überdurchschnittlich erosionsfördernd ist. Nicht betrachtet wurden in dieser Untersuchung die naturschutzfachlichen und ökonomischen Aspekte dieser Nutzpflanze.

Auch das Aufbringen einer Zwischenfrucht – wie Ölrettich – in den Herbst/Wintermonaten würde nach der Simulation eine deutliche Reduzierung der Sedimenteinträge in die Gewässer bewirken.

Wie erwartet zeigt auch diese Simulation die erosionsmindernde Wirkung von Randstreifen. Die Einrichtung von Randstreifen an den Fließgewässern sollte - auch deshalb - im Untersuchungsgebiet flächendeckend umgesetzt werden. Hierbei sollte zuerst der Konsens mit der Landwirtschaft gesucht werden, wobei deutlich gesagt werden muss, dass das Wasserrecht in Niedersachsen für Fließgewässer 2. Ordnung einen Randstreifen von 5 m verbindlich vorschreibt (siehe §§ 91a und b des Niedersächsischen Wassergesetzes) und somit auch Auflagen möglich wären.

Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, auf den simulierten Flächen gemeinsam mit den Landwirten Modellvorhaben zu starten, bei denen ausgewählte Maßnahmen realisiert und deren Wirkung evaluiert werden.

Die vorhergehende Simulation von anderen als für diese Studie ausgewählten Maßnahmen durch CE3D ist ebenso möglich wie die Ausdehnung der Untersuchungen auf andere Flächen im Untersuchungsgebiet.

5.2 Flächenbezogene Maßnahmen in den Siedlungsgebieten

Mögliche Maßnahmen in den Siedlungsgebieten lassen sich mit dem Begriff „dezentrale Regenwasserbewirtschaftung“ zusammenfassen. Diese Strategie geht davon aus, dass wo immer möglich das Regenwasser dezentral zurückgehalten, versickert und verdunstet wird und nicht über Gräben oder Kanäle in das nächstgelegene Fließgewässer abgeleitet wird. Hierdurch werden die unnatürlich hohen und zeitlich kurzen Spitzenabflüsse in den Gewässern deutlich vermindert (siehe Abbildung 37) und damit die hieraus resultierenden unnatürlich hohen Erosionswirkungen im Gewässerquerschnitt selbst.

Detaillierte Beispiele sind durch die „Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg, 2006“ sowie „Sieker, Kaiser, Sieker 2006“ beschrieben, den rechtlichen Rahmen und die technischen Regeln fasst das Arbeitsblatt „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser nach Arbeitsblatt DWA-A 138“ der DWA (2002) zusammen.

Möglich sind hier Maßnahmen wie

- Reduzierung der Versiegelung
- Wasserdurchlässige Flächenbefestigung
- Versickerung (z.B. Fläche, Mulde, Rigole)
- Dezentraler Rückhalt

Durch geeignete Maßnahmen der Vorreinigung ist dem Grundwasserschutz Rechnung zu tragen. Nach DWA (2002) kann Wasser von fast allen Oberflächen mit jeweils darauf angepassten Maßnahmen versickert werden.

Für die Siedlungsgebiete im Untersuchungsraum sollte geprüft werden, inwieweit die Erosion im Gewässer – wie vermutet – ursächlich mit erhöhten Regenwassereinleitungen zusammenhängt. Daraufhin sollte die Potentiale der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung systematisch erhoben und besonders bei Neubaumaßnahmen konsequent umgesetzt werden. Im Bestand ist besonders bei Umbau auf eine Anpassung an die neuen Regelungen zu achten.

5.3 Auswirkungsspezifische Maßnahmen zur Erosionsminderung am Fließgewässer

Unter auswirkungsspezifischen Maßnahmen werden im Folgenden Schritte zur Reduzierung der Belastung von Fließgewässern durch anthropogene Sande verstanden. Diese konzentrieren sich i.d.R. auf das unmittelbare Gewässerumfeld. Diesem Abschnitt werden auch die Sohl- und Uferstabilisierung als Maßnahmenvarianten zugeordnet. Sie haben zum Ziel, die Erosionsintensität an der eigentlichen Sedimentquelle zu reduzieren und wären demnach den ursachenspezifischen Maßnahmen zuzuordnen. Die eigentlichen Ursachen einer unnatürlich hohen Gerinneerosion liegen jedoch im Allgemeinen bei der Form der Gewässerunterhaltung, des Gewässerausbaus oder erhöhtem hydraulischen Druck sowie gegenseitigen Wechselwirkungen. Gerinnestabilisierende Maßnahmen werden daher, wie nachfolgend beschrieben, als auswirkungsspezifisch verstanden.

Uferstabilisierung durch Bewuchs

Die Begehung der Gewässer hat gezeigt, dass es häufig offene Uferböschungen gibt, die sehr erosionsanfällig sind (siehe z.B. Abbildung 34). Im gesamten Untersuchungsgebiet sollte geprüft werden, an welchen Stellen sich – im Zusammenhang mit der Ausweisung von Randstreifen – eine Uferstabilisierung durch Bewuchs realisiert werden sollte.

Weiter ist der Bestand an Erlen zu fördern. Durch ihre Wurzeln festigen die Erlen die Uferböschung und verhindern ein Versanden des Flussbettes.

Fischteiche

Die Wirkungsweise von Fischteichen wurde unter 4.2 beschrieben.

Eine mögliche Maßnahme ist die Anordnung eines Sandfangs zwischen Fischteich und Fließgewässer im Bereich des Ablaufs. Dies ist für die Fischteiche der Ortschaft Ehebrock durch Teilung eines Teiches ohne große Baumaßnahmen durchführbar.

Gewässerunterhaltung

Die Vorgaben zur Gewässerunterhaltung, im Speziellen zur Ufermahd, fördern die Erosions- bzw. Depositionsgefährdung im und am Fließgewässer. Die Ufermahd hat in den Monaten Oktober – Februar zu erfolgen, um die in der Uferregion lebenden Tiere weitestgehend zu schützen. Der Erosionsschutz macht aber gerade in den Wintermonaten einen dichten Bewuchs am Gewässerrand erforderlich, um einen übermäßigen Sandeintrag ins Fließgewässer zu verhindern. Bei der Unterhaltung der Böschung mit dem Mähkorb werden, ähnlich einer Grundräumung, Bestandteile der Gewässersohle entfernt und seitlich des Laufes abgelagert. Die Befragung des WABO – Teufelsmoor hat ergeben (siehe Kap. 3.2.1.1), dass dieses Sohlenmaterial nur bei Bedarf abgefahren oder eingeebnet wird. Unabhängig von der Schädigung, die das Gewässer durch eine Grundräumung oder Beschädigung der Sohle bei der Ufermahd erfährt, bildet das seitlich abgelagerte Material eine zusätzliche Belastung. In diesen Bereichen muss nach der durchgeführten Böschungsmahd mit erheblichen Belastungen des Gewässers durch Sandeintrag gerechnet werden.

Ziel muss die Verminderung bzw. Einstellung der Unterhaltung, besonders der Ufermahd sein. Einseitige oder wechselseitige Mahd können Richtungspunkte, aber nicht das Endziel sein.

Als vorläufige Maßnahme können anhand der Berechnungen mit dem CE3d Gefährdungsschwerpunkte lokalisiert und die Gewässerunterhaltung in diesen Bereichen eingestellt werden. Studien an der Wörpe haben gezeigt, dass durch eine Verringerung der Unterhaltung die hydraulische Kapazität des Fließgewässers nicht automatisch negativ beeinflusst wird. (siehe Dickhaut, Schwark, Franke 2006) Eine natürliche Verkräutung und damit einhergehende nahezu 100%ige Bodendeckung tragen entscheidend zum Schutz vor erhöhter Sandbelastung der Fließgewässer bei.

Viehtränken

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, erhöhen z.B. im Bereich des Hanstedter Mühlenbachs die dokumentierten Viehtränken den Sandeintrag der angeschlossenen Grünlandflächen um ein Vielfaches.

Durch „Trampelpfade“ bilden sich auf den Wiesen künstliche Erosionsrinnen oder –gräben, die schließlich in das Gewässer entwässern. Grundstückseigentümer oder Inhaber der tat-

sächlichen Gewalt, z.B. Pächter, sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser zu ergreifen (vgl. § 4 (2) BBodSchG).

Als Maßnahme wird ein Gespräch mit den verantwortlichen Landwirten empfohlen, um über die Gefährdungssituation aufzuklären. Die gewässernahen Viehtränken sollten zurückgebaut und durch z.B. gewässerferne Weidepumpen ersetzt werden.

Landwirtschaftliche Wege

Es gibt Hinweise darauf, dass die Entwässerung von ungefestigten landwirtschaftlichen Wegen in die Fließgewässer zu dem Sedimenteintrag beitragen.

Dieser Aspekt sollte systematisch erfasst und bewertet werden, ggf. sind dann entsprechende eintragsminimierende Maßnahmen zu konzipieren.

Teichartige Aufweitungen in Zuflüssen (Verlagerung der Zuständigkeit an den Quellen – Verursacherprinzip)

Die sedimenteintragende Wirkung von Zuflüssen ist exemplarisch in Kapitel 4.2 beschrieben worden.

Es wird empfohlen, eine systematische Kartierung der Zuläufe vorzunehmen.

An relevanten Zuflüssen könnte durch teichartige Aufweitungen – ähnlich einem Sandfang – vor Eintritt in das Fließgewässer eine Sedimentreduktion realisiert werden.

An der Lutter sind derartige Maßnahmen bereits realisiert und evaluiert worden, siehe hierzu Widrinka, F. (2004).

5.4 Hinweise zur Verbesserung der Sandfänge an Reithbach, Schmoor und Hanstedter Mühlenbach

Nach den Berechnungen im Rahmen dieser Studie sind die Sandfänge ausreichend dimensioniert (siehe Kapitel 3.2), ihre Lage wird am Rande der Geestkante als sinnvoll eingestuft. Ein zusätzlicher Bau von Sandfängen kann angesichts ihrer geringen Gesamtwirkung auf die Sedimentreduktion nicht empfohlen werden.

Eine Verbesserung der Wirksamkeit der Sandfänge lässt sich ggf. durch eine häufigere Leerung erreichen, die derzeit nur einmal pro Jahr erfolgt. Es wird empfohlen dies zu realisieren und die Wirkung zu beobachten und zu dokumentieren.

Im Zuge eines Gesamtkonzeptes zur Verbesserung der Durchgängigkeit der Fließgewässer sind auch die Sandfänge zu überprüfen. Herzustellen wären Sandfänge im Nebenschluss, ähnlich wie dies am Hanstedter Mühlenbach bereits geplant und auch realisiert wurde (siehe Kap. 3.2.3.6).

6 Ausblick

Die vorliegende Studie zeigt deutlich, dass der Sedimenteintrag in die Fließgewässer ein virulentes Problem darstellt und dass die Ursachen hierfür vielfältig sind. Deutlich wird auch, dass der Bau von Sandfängen kein Lösungsansatz sein kann, da er lediglich an den Symptomen aber nicht an den Ursachen des Eintragsproblems ansetzt (siehe Kapitel 4.3.)

Auf der anderen Seite können die Ursachen recht genau benannt und nachgewiesen werden (siehe Kapitel 4.1 und 4.2.). Auch gibt es reichlich Erkenntnisse über mögliche Maßnahmen zur Verminderung der Problematik (siehe Kapitel 5).

Wichtig wäre deshalb, zu einem systematischen und langfristigen Handeln zu kommen, das die zentralen Akteure – z.B. Landwirtschaft, Kommunen, Wasser- und Bodenverbände - einbezieht.

Aufgrund der jetzt vorliegenden Vorarbeiten in dem Untersuchungsgebiet erscheint es sinnvoll, das weitere Vorgehen als „Maßnahmenpaket mit Modellcharakter“ zu konzipieren. Das Gebiet eignet sich für die beispielhafte Umsetzung von Maßnahmen, die dann systematisch evaluiert werden können. Besonders die Datengrundlage im CE3D ermöglicht es, dass die zu entwickelnden Maßnahmen auf den landwirtschaftlichen Flächen vorher simuliert und auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden können. Die Einrichtung eines Modellgebietes und die daraus resultierenden Erkenntnisse in der praktischen Umsetzung könnten Vorbildcharakter für die Gestaltung von Maßnahmen an den norddeutschen Tieflandgewässern haben.

Es wird deshalb angeregt auf Basis dieser Studie einen Arbeitskreis unter Beteiligung der relevanten Akteure einzurichten, der sich die Konkretisierung von Maßnahmen als Aufgabe setzt.

7 Zusammenfassung

Die HafenCity Universität ist vom Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor beauftragt worden, drei Sandfänge im Einzugsgebiet der Hamme auf ihre Funktion zu überprüfen und die Gewässer und ihr Einzugsgebiet auf mögliche Sedimenteintragspfade zu untersuchen.

Grundsätzliche Problematik

Viele Fließgewässer des norddeutschen Tieflandes sind durch unnatürlich hohe Sedimentfrachten beeinträchtigt. Zur Reduktion von Sedimentfrachten in Fließgewässern wurden Maßnahmen ergriffen, in denen wasserwirtschaftliche Beweggründe im Vordergrund standen. Maßnahmen gegen Sedimenteinträge, die sich an den erhöhten ökologischen Anforderungen an die Gewässerbewirtschaftung und –unterhaltung orientieren, werden jedoch nur zögerlich ergriffen. Wissenschaftlich ist erwiesen, dass die anthropogen verursachte Übersandung von Fließgewässern über ein hohes ökologisches Schadenspotenzial verfügt. Die Gewässersohle bestimmt die Zusammensetzung der Gewässerfauna maßgeblich.

Untersuchungsgebiet und Methodik

Im Einzugsgebiet der Hamme sind neben anderen die Fließgewässer Reithbach, Schmoor und Hanstedter Mühlenbach von der Problematik einer unnatürlich hohen Sedimentfracht betroffen. Sie verfügen über Sandfänge, die schadhafte Auswirkungen abmildern sollen.

Der Untersuchungsrahmen lässt sich in drei Bereiche untergliedern:

- Zustandsaufnahme der Fließgewässer, des Sandfangs und der Gebietskenngrößen
- Ermittlung von Sedimentquellen und möglichen Übertrittsstellen in die Gewässer
- Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen

In der Untersuchung werden Erosionsvorgänge in den gewässernahen Flächen rechnergestützt nachgebildet. Es erfolgt eine qualitative Abschätzung der Erosionsgefährdung und, soweit möglich, eine weitergehende Identifizierung lokaler Übertrittsstellen und Erosionsbasen. Zur Anwendung kommt das empirisch-physikalisch basierte Erosionsmodell EROSION 3D und die empirische Bodenabtragsgleichung dABAG.

Für das gesamte Bearbeitungsgebiet wird hiermit ein „worst-case-Szenario“ bearbeitet, das für die ganzen landwirtschaftlichen Flächen die Maisnutzung festsetzt. Dies stellt sich in der Realität differenzierter dar. Für gemeinsam mit dem Auftraggeber ausgewählte Flächen am Reithbach wird auch die Realnutzung simuliert.

Ergebnisse der Bestandsaufnahmen und Simulation

Erkennbar ist, dass trotz des Baus der Sandfänge der Zustand der Gewässersohle nicht leitbildgerecht ist, sie ist dominiert durch mobile Sande.

Es soll deutlich darauf hingewiesen werden, dass der Zustand der Gewässersohle auch in den als „sandgeprägte Tieflandbäche (Typ 14)“ ausgewiesenen Unterläufen der Fließgewässer nach den Sandfängen nicht leitbildgerecht ist, da auch hier kiesige Bereiche zu erwarten sind und die sandigen Sohlen eher lagestabil ausgeprägt sein müssen. Erst recht fehlen diese Strukturen in den als „kiesgeprägte Tieflandbäche (Typ 16)“ ausgewiesenen Oberläufen der Fließgewässer (Abbildung 2), die kiesigen Substrate fehlen bzw. sind durch Sande überlagert. Hier ist aufgrund der Lage aber auch kein Einfluss der Sandfänge möglich.

Die Sandfänge sind auch nach den heutigen Maßstäben richtig dimensioniert.

Der schlechte Zustand der Sohle resultiert aus Sedimenteinträgen nach dem Sandfang, die folgende Quellen haben:

- Flächenerosion von Ackerflächen
- Eintrag ins Gewässer aufgrund fehlender Randstreifen
- Zuläufe zum Gewässer (Entwässerungsgräben, Verrohrungen, Felddrainagen)
- Fließgewässererosion im Bereich von Siedlungsentwässerung
- Sedimenteintrag durch Viehtritt
- Fischteiche

Quellen und Eintrittspfade werden im Rahmen der Studie wo immer möglich räumlich zugeordnet.

Empfehlungen für Maßnahmen und das weitere Vorgehen

Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

- flächenbezogenen Maßnahmen der Landwirtschaft
- flächenbezogene Maßnahmen in den Siedlungsgebieten
- Auswirkungsspezifische Maßnahmen zur Erosionsminderung am Fließgewässer
 - Uferstabilisierung durch Bewuchs
 - Fischteiche
 - Gewässerunterhaltung
 - Viehtränken
 - Landwirtschaftliche Wege
 - Teichartige Aufweitungen in Zuflüssen
 - Verbesserung der Sandfänge an Reithbach, Schmoor und Hanstedter Mühlentbach

Die Ursachen können recht genau benannt und nachgewiesen werden. Auch gibt es reichlich Erkenntnisse über mögliche Maßnahmen zur Verminderung der Problematik.

Wichtig wäre deshalb, zu einem systematischen und langfristigen Handeln zu kommen, das die zentralen Akteure – z.B. Landwirtschaft, Kommunen, Wasser- und Bodenverbände - einbezieht.

Aufgrund der jetzt vorliegenden Vorarbeiten in dem Untersuchungsgebiet erscheint es sinnvoll, das weitere Vorgehen als „Maßnahmenpaket mit Modellcharakter“ zu konzipieren. Das Gebiet eignet sich für die beispielhafte Umsetzung von Maßnahmen, die dann systematisch evaluiert werden können.

Besonders die Datengrundlage im Erosionsmodell EROSION 3D ermöglicht es, dass die zu entwickelnden Maßnahmen auf den landwirtschaftlichen Flächen vorher simuliert und auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden können. Die Einrichtung eines Modellgebietes und die daraus resultierenden Erkenntnisse in der praktischen Umsetzung könnten Vorbildcharakter für die Gestaltung von Maßnahmen an den norddeutschen Tieflandgewässern haben.

Es wird deshalb angeregt auf Basis dieser Studie einen Arbeitskreis unter Beteiligung der relevanten Akteure einzurichten, der sich die Konkretisierung von Maßnahmen als Aufgabe setzt.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Übersicht des Bearbeitungsgebiets..... | 4 |
| Abbildung 2: Gewässertypen im Bearbeitungsgebiet (Bezirksregierung Lüneburg - Außenstelle Verden, NLWK Betriebsstelle Verden, 2004)..... | 5 |
| Abbildung 3: Prozesse der Bodenerosion (DVWK, 1996)..... | 7 |
| Abbildung 4: Änderung des Erosionswiderstandes mit der Partikelgröße (Schmidt, J. 1996; S. 29) | 8 |
| Abbildung 5: Verlauf der Infiltrationsrate bei Beregnung eines ungesättigten Bodens (SCHMIDT, J. 1996; S. 29)..... | 9 |
| Abbildung 6: Formen der Wassererosion (Quelle: unbekannt) | 10 |
| Abbildung 9: Flächennutzung im Bearbeitungsgebiet (vergrößerte Darstellung in Anlage 3) | 17 |
| Abbildung 10: Digitales Geländemodell im Bearbeitungsgebiet (vergrößerte Darstellung in Anl. 4) | 17 |
| Abbildung 11: Eindruck eines typischen Reithbachprofils..... | 18 |
| Abbildung 12: Sandfang Reithbach – Konstruktionszeichnung und aktuelles Foto | 20 |
| Abbildung 13: Eindruck eines typischen Schmooprofils..... | 21 |
| Abbildung 14: Sandfang Schmoos – Konstruktionszeichnung und aktuelles Foto | 22 |
| Abbildung 15: Eindruck eines typischen Profils des Hanstedter Mühlenbachs..... | 23 |
| Abbildung 16: Sandfang Hanstedter Mühlenbach – Konstruktionszeichnung sowie altes und aktuelles Foto | 24 |
| Abbildung 17: Oberflächenerosion und Deposition im Bearbeitungsgebiet Schmoos, Reithbach und Hanstedter Mühlenbach (siehe auch vergrößerte Karte in Anlage 5) | 26 |
| Abbildung 18: Erosionsrinne im Acker und Sedimentablagerungen im Böschungsbereich am Reithbach (Mündungsbereich Schmoos)..... | 27 |
| Abbildung 19: Abbruchkanten am Reithbach, Blick in Fließrichtung (km 7+100)..... | 28 |
| Abbildung 20: Profilerhalt am Reithbach, Blick entgegen Fließrichtung (km 8+500) | 29 |
| Abbildung 21: Begradigter Lauf der Schmoos bei km 2+900..... | 30 |
| Abbildung 22: Zusammenfluss Schmoos/Reithbach bei km 6+000 | 30 |
| Abbildung 23: Ackerbauliche Nutzung bis an die Böschungsoberkante an der Schmoos bei km 7+500 | 31 |
| Abbildung 24: Erosionsübertrittsstelle an der Schmoos bei km 7+500 | 31 |
| Abbildung 25: Verlauf der Schmoos in Hepstedt (km 12+400) | 32 |
| Abbildung 26: Freigespülte Baumwurzel an der Schmoos in Hepstedt (km 12+600)..... | 33 |
| Abbildung 27: Ufererosion an der Schmoos (km 13+800) | 33 |
| Abbildung 28: Versandete Sohle und Uferstabilisierung durch Erlen (km 13+800) | 34 |
| Abbildung 29: Begradigter Verlauf des Hanstedter Mühlenbachs (km 2+100) | 35 |
| Abbildung 30: Einleitung Regenwasser in Hanstedt, ca. km 5,0..... | 36 |
| Abbildung 31: Sedimentablagerungen im Uferbereich (km 6+000)..... | 37 |
| Abbildung 32: Sedimenteintrag aus der Fläche (km 6+600) | 37 |
| Abbildung 33: Uferabbruch (km 6+700) | 38 |
| Abbildung 34: Erosionsanfällige Böschung am Mühlenbrooksbach (km 1+800) | 38 |
| Abbildung 35: Sedimente an einem Zulauf zum Hanstedter Mühlenbach | 40 |
| Abbildung 36: Eintritt von Sedimenten aus einer Drainage am Hanstedter Mühlenbach..... | 40 |
| Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Flächennutzung / Versiegelungsgrad und Hochwasserabfluss (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen)..... | 41 |
| Abbildung 38: Viehtränke im Gewässer Hanstedter Mühlenbach (km 6+800)..... | 42 |
| Abbildung 39: Viehtritt am Böschungsrand des Hanstedter Mühlenbach (Oberlauf) | 42 |
| Abbildung 40: Fischteiche Oberlauf Hanstedter Mühlenbach bei Ehebrock | 43 |
| Abbildung 41: sandige Sohle am Hanstedter Mühlenbach | 43 |
| Abbildung 42: Ableitung von Maßnahmen zur Reduktion von Bodenerosion (BVB 2004)..... | 46 |
| Abbildung 43: Lageplan : ausgewählte landwirtschaftliche Flächen für die Maßnahmensimulation am Reithbach | 50 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 44: Fruchtfolge auf den ausgewählten Flächen am Reithbach | 51 |
| Abbildung 45: Legende für die Nettoerosion der nachfolgenden Grafiken..... | 52 |
| Abbildung 46: Elefantengras; http://www.miscanthus.de | 53 |
| Abbildung 47 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche A) | 55 |
| Abbildung 49 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche C1) | 57 |
| Abbildung 50 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche C2) | 58 |
| Abbildung 51 : Reithbach : Auswirkungen des Anbaus unterschiedlicher Fruchtarten (Fläche D) | 59 |
| Abbildung 52 : Reithbach : Auswirkungen der Ausweisung eines Randstreifens (Fläche D) | 60 |
| Abbildung 53 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen in unterschiedlichen Monaten (Fläche C1 [oben] und B [unten])..... | 61 |
| Abbildung 54 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Winterroggen) | 62 |
| Abbildung 55 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Sommerweizen) | 63 |
| Abbildung 56 : Reithbach : Vergleich der Auswirkungen bei unterschiedlichen Regenereignissen (Fläche D - Elefantengras)..... | 64 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|---|
| Tabelle 1: Flächenbeschreibung | 5 |
| Tabelle 2: Naturraum, Klima, Infrastruktur | 6 |
| Tabelle 3: Gewässer | 6 |

Literaturverzeichnis

- ATV – A 118, 1999 : Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen; GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Hennef
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg, 2006 : Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung - Ein Leitfaden für Planer, Architekten, Ingenieure und Bauunternehmer; Hamburg
- Bezirksregierung Lüneburg - Außenstelle Verden, NLWK Betriebsstelle Verden 2004: Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie – Oberflächengewässer – Bearbeitungsgebiet Wümme
- Bossel, H. 1987: Systemdynamik, Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig
- Buhmann, Patrik; 2006: Sedimenteintrag in Fließgewässer – Quellen und Maßnahmen am Beispiel Hanstedter Mühlenbachs; Diplomarbeit an der HCU-Hamburg
- Bundesverband Boden (BVB) 2004: Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion; BVB-Merkblatt 1; St. Augustin
- Bundesverband Boden (BVB) e.V, 2004 : Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion; BVB-Merkblatt 1;.; St. Augustin
- CE3d 2005 Erosion-3D Ver. 3.11 Revision 0.90, 0.11.2005; Benutzerhandbuch; GeoGnostics Software
- Dickhaut, W., Schwark, A. 2006b : Modellprojekt zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie am Beispiel der Wümme; gefördert vom Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN-Verden), Abschlussbericht : Überprüfung der Leitbildzuordnung der Wümme, Hamburg
- Dickhaut, W., Schwark, A., Franke, K. 2006a : „Fließgewässerrenaturierung heute – auf dem Weg zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie“; ISBN 3-8334-4986-3; Hamburg
- DVWK 1996 : Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zu Erfassung aktueller Erosionsformen; DVWK Merkblätter Nr. 239; Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.; Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser Gas und Wasser mbH; Bonn
- DVWK 1996 : Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zu Erfassung aktueller Erosionsformen; DVWK Merkblätter Nr. 239; Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.; Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser Gas und Wasser mbH; Bonn
- DWA 2002 : Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) : „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser nach Arbeitsblatt DWA-A 138“
- DWD 2005 : KOSTRA-DWD-2000; Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2000); Grundlagenbericht; Abteilung Hydrometeorologie; Offenbach am Main
- EG-WRRL Bericht 2005 Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie; Oberflächengewässer; Bearbeitungsgebiet Wümme; Bez. Reg Lüneburg Außenstelle Verden; NLWK Betriebsstelle Verden
- EG-WRRL, 2000 Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, 23.10.2000
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) 2002: Stand: Neugefasst durch Bek. v. 19. 8.2002 I 3245; Fundstelle: BGBl I 1957, 1110, 1386
- Groß, B 1992 : Bachpartenschaften; Grundwissen Tätigkeiten Beispiele; Baubehörde Hamburg; Amt für Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit der Staatlichen Pressestelle; Hamburg
- Kern, K 1998 : Sohlenerosion und Aueauflandung; Empfehlungen zur Gewässerunterhaltung; DVWK-Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (GFG) mbH; Mainz
- Kreis Gütersloh 2006 : Gemeinschaft für Natur- und Umweltschutz im Kreis Gütersloh e.V., Internetseite: <http://www.gnu-gt.de>; Ansprechpartner: Michael Pieper; Datum Recherche: 11.12.06
- Kunstverein Fischerhude in Buthmanns Hof e.V. 2005 Die Wümme; Verlag Atelier im Bauernhaus

- Landwirtschaftskammer Hannover, Geographisches Institut der Universität Hannover, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL Braunschweig, Niedersächsisches Landesamt für Bodenerosion selber abschätzen 2004 : Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater in Niedersachsen; Thomas Mosimann und Sandra Sanders;
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, F. W. Becker GmbH, Arnsberg,
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie 2003 : Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen – Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung;; Abt. 1: Medienübergreifender Umweltschutz; Hildesheim 2003
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie 2003; Nachhaltiges Niedersachsen; Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen – Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung;; Abt. 1: Medienübergreifender Umweltschutz; Hildesheim
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1996 : Beiträge zum Fließgewässerschutz in Niedersachsen; Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen;; 16. Jg.; 5/96; Hannover
- Otter 2004 : Naturnahe Umgestaltung des Todtgrabens; Büro für angewandte Limnologie und Landschaftsökologie; Amt für Agrarstruktur Verden; Eitzer Str.34; 27283 Verden
- Parameterkatalog Sachsen : Erosion 2D/3D; Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser; Parameterkatalog Sachsen –Anwendungen; Anne Michael, Jürgen Schmidt, Walter A. Schmidt; Freiberg 1996
- Rasper, M 2001 : Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen; Leitbilder und Referenzgewässer; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Hildesheim
- Rasper, M 2001a : Gewässerstrukturgütekartierung in Niedersachsen; Detailverfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Hildesheim
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 (Wasser-Rahmenrichtlinie): Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1; Brüssel
- Ricking, M.; Schulze, T.; Winkler, A. Pekdeger, A. 2005: Richtlinie zur Probennahme und Probenbearbeitung – Sediment (Entwurf); UMWELTPROBENBANK des Bundes, verwaltet vom Umweltschutzamt; Freie Universität Berlin; Fachbereich Geowissenschaften; Berlin
- Schmidt, J. 1996 : Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen
- Schmidt, J. 1996 : Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen
- Schneider, K.-J. 2004 : Bautabellen für Ingenieure – mit Berechnungshinweisen und Beispielen; 16. Auflage; Klaus-Jürgen Schneider (Hrsg.); Werner Verlag; Minden
- Schütz, M 2003: Hydraulik; 2. Grundgesetzte; Vorlesungsskript zur Vorlesung „Hydromechanik“; HAW Hamburg (seit 01.01.2006 HCU)
- Sieker, Kaiser, Sieker 2006 : Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich Grundlagen und Ausführungsbeispiele, Hannover
- Tent, L 2005 : Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlenstrukturen und zur Verringerung unnatürlicher Sandfrachten an der Este; erschienen in: NNA-Bericht, Heft 1, Band 18; Schneverdingen
- Umweltprobenbank 2005 Richtlinie zur Probennahme und Probenbearbeitung; Sediment (Entwurf); M. Ricking, T. Schulze, A. Winkler, A. Pekdeger; Freie Universität Berlin; Fachbereich Geowissenschaften; Berlin
- Wantzen, M 1998 : Abschätzung der Umweltauswirkungen von anthropogen bedingter Bodenerosion auf Fließgewässer mittels Biomonitoring, Mato Grosso, Brasilien, GTZ (Gemeinschaft für technische Zusammenarbeit)
- Wasserblick 2007 : <http://wasserblick.bafg.de/servlet/is/27604/>, zugegriffen am 06.01.2007, „Gibt es überhaupt sandgeprägte Tieflandbäche?“
- WGH, 2002 : Wasserhaushaltsgesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes vom 19.08.2002

Widrinka, F. 2004 : Die Anlage von Sand- und Sedimentfängen an der Lutter im Landkreis Celle, Ingenieurgesellschaft Heidt & Peters mbH; Vortrag auf dem NNA-Seminar „Stoffliche Einträge in Fließgewässer - Probleme und Lösungsmöglichkeiten“ am 23.9.2004 in Schneverdingen
WWA Verden 1987 : Bauentwurf; Sandfang Hanstedter Mühlenbach; Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor; Unterverband Breddorf; Wasserwirtschaftsamt; Verden

Zusätzlich verwendete Computerprogramme

JGeoPro : Programm der HCU Hamburg zur Koordinatenberechnung und Verwaltung; zu beziehen über das Rechenzentrum City Nord der HCU Hamburg

ArcGis : Geoinformationssystem zur Auswertung und Darstellung von Kartenwerken und entsprechenden Datenbanken; verwendet wurden die Unterprogramme ArcMap, ArcCatalog, ArcScene, ArcToolbox

Anhang I - Simulationsergebnisse Detailflächen am Reithbach

| | | Berechnungsmonat | Regenerereignis | Raster (in "EinzelFIRASTER", Punkt) | Exeldat (in "EinzelFIRASTER", Punkt) | Ergebnis (nettoerosion) | Reduktion | |
|--------------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| PunktD | Schnackenberg | 5.42 [ha] | | | | t | % | |
| 10.20 [ha] | Winterroggen | Reithbach04 | November | D60/T2 | r04_per_net_d | 04_per_net_D | 18,41552 | |
| | Winterroggen | Reithbach05 | November | D60/T1 | r05_per_net_d | 05_per_net_D | 8,76362 | |
| | Winterroggen | Reithbach06 | November | D60/T0.5 | r06_per_net_d | 06_per_net_D | 5,05370 | |
| | Winterroggen | Reithbach07 | Juni | D60/T2 | r07_per_net_d | 07_per_net_D | 1,33645 | |
| | Winterroggen | Reithbach08 | Juni | D60/T1 | r08_per_net_d | 08_per_net_D | 0,49297 | |
| | Winterroggen | Reithbach09 | Juni | D60/T0.5 | r09_per_net_d | 09_per_net_D | 0,08798 | |
| | Mais | Reithbach16 | November | D60/T2 | r16_per_net_d | 16_per_net_d | 12,60577 | 31,55 bezogen auf Winterroggen |
| | Mais | Reithbach17 | November | D60/T1 | r17_per_net_d | 17_per_net_d | 6,29075 | 28,22 bezogen auf Winterroggen |
| | Mais | Reithbach18 | November | D60/T0.5 | r18_per_net_d | 18_per_net_d | 3,70930 | 26,60 bezogen auf Winterroggen |
| | Mais | Reithbach19 | Juni | D60/T2 | r19_per_net_d | 19_per_net_d | 7,35694 | -450,48 bezogen auf Winterroggen |
| | Mais | Reithbach20 | Juni | D60/T1 | r20_per_net_d | 20_per_net_d | 3,58834 | -627,90 bezogen auf Winterroggen |
| | Mais | Reithbach21 | Juni | D60/T0.5 | r21_per_net_d | 21_per_net_d | 1,87966 | -2036,35 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach46 | November | D60/T2 | r46_per_net_d | 46_per_net_d | 15,70922 | 14,70 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach47 | November | D60/T1 | r47_neu_net_d | NEU47_per_net_d | 7,20202 | 17,82 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach48 | November | D60/T0.5 | r48_per_net_d | 48_per_net_d | 4,00984 | 20,66 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach49 | Juni | D60/T2 | r49_per_net_d | 49_per_net_d | 4,76458 | -256,51 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach50 | Juni | D60/T1 | r50_per_net_d | 50_per_net_d | 1,85064 | -275,41 bezogen auf Winterroggen |
| | Sommerweizen | Reithbach51 | Juni | D60/T0.5 | r51_per_net_d | 51_per_net_d | 0,33658 | -282,54 bezogen auf Winterroggen |
| | Elefantengrass | Reithback52 | | D60/T2 | r52_per_net_d | 52_per_net_d | 0,07203 | 99,61 bezogen auf Winterroggen |
| | Elefantengrass | Reithback53 | | D60/T1 | r53_per_net_d | 53_per_net_d | 0,01206 | 99,86 bezogen auf Winterroggen |
| Elefantengrass | Reithback54 | | D60/T0.5 | r54_per_net_d | 54_per_net_d | 0,00109 | 99,98 bezogen auf Winterroggen | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback55 | November | D60/T2 | r55_per_net_d | 55_per_net_d | 10,55842 | 16,24 weniger als ohne Randstreifen | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback56 | November | D60/T1 | r56_per_net_d | 56_per_net_d | 4,83405 | 23,16 weniger als ohne Randstreifen | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback57 | November | D60/T0.5 | r57_per_net_d | 57_per_net_d | 2,76077 | 25,57 weniger als ohne Randstreifen | |
| Ölrettich | Reithback58 | | D60/T2 | r58_per_net_d | 58_per_net_d | 0,15334 | | |
| Ölrettich | Reithback59 | | D60/T1 | r59_per_net_d | 59_per_net_d | 0,02644 | | |
| Ölrettich | Reithback60 | | D60/T0.5 | r60_per_net_d | 60_per_net_d | 0,00423 | | |
| PunktC:Brüggemann | | 2.41 [ha] | | | | | | |
| | Kartoffeln | Reithbach22 | November | D60/T2 | r22_per_ne_cb | 22_per_ne_cb | 2,45013 | 29,99 bezogen auf Winterroggen |
| | Kartoffeln | Reithbach23 | November | D60/T1 | r23_per_ne_cb | 23_per_ne_cb | 0,04109 | 28,14 bezogen auf Winterroggen |
| | Kartoffeln | Reithbach24 | November | D60/T0.5 | r24_per_ne_cb | 24_per_ne_cb | 0,00000 | / bezogen auf Winterroggen |
| | Kartoffeln | Reithbach25 | Juni | D60/T2 | r25_per_ne_cb | 25_per_ne_cb | 0,89897 | -330,00 bezogen auf Winterroggen |
| | Kartoffeln | Reithbach26 | Juni | D60/T1 | r26_per_ne_cb | 26_per_ne_cb | 0,17794 | -188,38 bezogen auf Winterroggen |
| | Kartoffeln | Reithbach27 | Juni | D60/T0.5 | r27_per_ne_cb | 27_per_ne_cb | 0,00000 | / bezogen auf Winterroggen |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| Winterroggen | Reithbach04 | November | D60/T2 | r04_per_ne_cb | 04_per_ne_cb | 3,49952 | | | |
| Winterroggen | Reithbach05 | November | D60/T1 | r05_per_ne_cb | 05_per_ne_cb | 0,05719 | | | |
| Winterroggen | Reithbach06 | November | D60/T0.5 | r06_per_ne_cb | 06_per_ne_cb | 0,00000 | | | |
| Winterroggen | Reithbach07 | Juni | D60/T2 | r07_per_ne_cb | 07_per_ne_cb | 0,20906 | | | |
| Winterroggen | Reithbach08 | Juni | D60/T1 | r08_per_ne_cb | 08_per_ne_cb | 0,06170 | | | |
| Winterroggen | Reithbach09 | Juni | D60/T0.5 | r09_per_ne_cb | 09_per_ne_cb | keine Datei | | | |
| Winterweizen | Reithbach28 | November | D60/T2 | r28_per_ne_cb | 28_per_ne_cb | 1,50820 | 56,90 | bezogen auf Winterroggen | |
| Winterweizen | Reithbach29 | November | D60/T1 | r29_per_ne_cb | 29_per_ne_cb | 0,34234 | -498,63 | bezogen auf Winterroggen | |
| Winterweizen | Reithbach30 | November | D60/T0.5 | r30_per_ne_cb | 30_per_ne_cb | keine Datei | / | bezogen auf Winterroggen | |
| Winterweizen | Reithbach31 | Juni | D60/T2 | r31_per_ne_cb | 31_per_ne_cb | 0,23759 | -13,65 | bezogen auf Winterroggen | |
| Winterweizen | Reithbach32 | Juni | D60/T1 | r32_per_ne_cb | 32_per_ne_cb | 0,07914 | -28,26 | bezogen auf Winterroggen | |
| Winterweizen | Reithbach33 | Juni | D60/T0.5 | r33_per_ne_cb | 33_per_ne_cb | keine Datei | / | bezogen auf Winterroggen | |
| Elefantengras | Reithbach52 | | | r52_per_ne_cb | r52_per_ne_cb | 0,01189 | 99,66 | bezogen auf Winterroggen | |
| Elefantengras | Reithbach53 | | | r53_per_ne_cb | r53_per_ne_cb | 0,00184 | 96,78 | bezogen auf Winterroggen | |
| Elefantengras | Reithbach54 | | | r54_per_ne_cb | r54_per_ne_cb | keine Datei | / | bezogen auf Winterroggen | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback55 | November | D60/T2 | r55_per_ne_Cb | 55_per_ne_Cv | 2,30822 | | | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback56 | November | D60/T1 | r56_per_ne_cb | 56_per_ne_cb | 0,04109 | | | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback57 | November | D60/T0.5 | r57_per_ne_cb | 57_per_ne_cb | keine Datei | | | |
| Ölrettich | Reithback58 | | D60/T2 | r58_per_ne_cb | 58_per_ne_cb | 0,02577 | 99,26 | bezogen auf Winterroggen | |
| Ölrettich | Reithback59 | | D60/T1 | r59_per_ne_cb | 59_per_ne_cb | 0,00291 | 94,92 | bezogen auf Winterroggen | |
| Ölrettich | Reithback60 | | D60/T0.5 | r60_per_ne_cb | 60_per_ne_cb | keine Datei | / | bezogen auf Winterroggen | |
| PunktC:Viebrock | 8.58 [ha] | | | | | | | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach28 | November | D60/T2 | r28_per_ne_cv | 28_per_ne_cv | 8,10762 | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach29 | November | D60/T1 | r29_per_ne_cv | 29_per_ne_cv | 2,16395 | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach30 | November | D60/T0.5 | r30_per_ne_cv | 30_per_ne_cv | 0,24584 | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach31 | Juni | D60/T2 | r31_per_ne_cv | 31_per_ne_cv | 1,07291 | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach32 | Juni | D60/T1 | r32_per_ne_cv | 32_per_ne_cv | 0,41775 | | |
| (Triticale) | Winterweizen | Reithbach33 | Juni | D60/T0.5 | r33_per_ne_cv | 33_per_ne_cv | 0,04994 | | |
| | Raps | Reithbach40 | August(NOV) | D60/T2 | r40_per_ne_cv | 40_per_ne_cv | 8,04427 | 0,78 | bezogen auf Winterweizen |
| | Raps | Reithbach41 | August(NOV) | D60/T1 | r41_per_ne_cv | 41_per_ne_cv | 2,14608 | 0,83 | bezogen auf Winterweizen |
| | Raps | Reithbach42 | August(NOV) | D60/T0.5 | r42_per_ne_cv | 42_per_ne_cv | 0,24450 | 0,55 | bezogen auf Winterweizen |
| | Raps | Reithbach43 | März(JUNI) | D60/T2 | r43_per_ne_cv | 43_per_ne_cv | 1,20598 | -12,40 | bezogen auf Winterweizen |
| | Raps | Reithbach44 | März(JUNI) | D60/T1 | r44_per_ne_cv | 44_per_ne_cv | 0,50106 | -19,94 | bezogen auf Winterweizen |
| | Raps | Reithbach45 | März(JUNI) | D60/T0.5 | r45_per_ne_cv | 45_per_ne_cv | 0,05509 | -10,33 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach10 | November | D60/T2 | r10_per_ne_cv | 10_per_ne_cv | 4,82942 | 40,43 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach11 | November | D60/T1 | r11_per_ne_cv | 11_per_ne_cv | 1,28300 | 40,71 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach12 | November | D60/T0.5 | r12_per_ne_cv | 12_per_ne_cv | 0,14372 | 41,54 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach13 | Juni | D60/T2 | r13_per_ne_cv | 13_per_ne_cv | 0,39423 | 63,26 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach14 | Juni | D60/T1 | r14_per_ne_cv | 14_per_ne_cv | 0,13556 | 67,55 | bezogen auf Winterweizen |
| | Wintergerste | Reithbach15 | Juni | D60/T0.5 | r15_per_ne_cv | 15_per_ne_cv | 0,01719 | 65,58 | bezogen auf Winterweizen |
| | Elefantengras | Reithbach52 | | D60/T2 | r52_per_ne_cv | 52_per_ne_cv | 0,05717 | | |
| | Elefantengras | Reithbach53 | | D60/T1 | r53_per_ne_cv | 53_per_ne_cv | 0,01528 | | |
| | Elefantengras | Reithbach54 | | D60/T0.5 | r54_per_ne_cv | 54_per_ne_cv | 0,00298 | | |
| | Mais mit Randstreifen | Reithback55 | November | D60/T2 | r55_per_ne_Cv | 55_per_ne_Cv | 13,04905 | | |
| | Mais mit Randstreifen | Reithback56 | November | D60/T1 | r56_per_ne_cv | 56_per_ne_cv | 1,43817 | | |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------|----------|---------------|--------------|----------|------------------------------------|
| Mais mit Randstreifen | Reithbach57 | November | D60/T0.5 | r57_per_ne_cv | 57_per_ne_cv | 0,02662 | |
| Ölrettich | Reithbach58 | | D60/T2 | r58_per_ne_cv | 58_per_ne_cv | 0,12838 | |
| Ölrettich | Reithbach59 | | D60/T1 | r59_per_ne_cv | 59_per_ne_cv | 0,03144 | |
| Ölrettich | Reithbach60 | | D60/T0.5 | r60_per_ne_cv | 60_per_ne_cv | 0,00691 | |
| Winterweizen mit Randstreifen | Reithbach61 | November | D60/T2 | r61_per_ne_cv | 61_per_ne_cv | 7,61644 | 6,06 weniger als ohne Randstreifen |
| Winterweizen mit Randstreifen | Reithbach62 | November | D60/T1 | r62_per_ne_cv | 62_per_ne_cv | 2,10952 | 2,52 weniger als ohne Randstreifen |
| Winterweizen mit Randstreifen | Reithbach63 | November | D60/T0.5 | r63_per_ne_cv | 63_per_ne_cv | 0,22833 | 7,12 weniger als ohne Randstreifen |
| PunktB | <u>Detjen</u> | | | | | | |
| | | | | | | | 28.55 [ha] |
| Winterroggen | Reithbach04 | November | D60/T2 | r04_per_net_b | 04_per_net_b | 36,98381 | |
| Winterroggen | Reithbach05 | November | D60/T1 | r05_per_net_b | 05_per_net_b | 14,12700 | |
| Winterroggen | Reithbach06 | November | D60/T0.5 | r06_per_net_b | 06_per_net_b | 5,39314 | |
| Winterroggen | Reithbach07 | Juni | D60/T2 | r07_per_net_b | 07_per_net_b | 6,69206 | |
| Winterroggen | Reithbach08 | Juni | D60/T1 | r08_per_net_b | 08_per_net_b | 3,09342 | |
| Winterroggen | Reithbach09 | Juni | D60/T0.5 | r09_per_net_b | 09_per_net_b | 1,31639 | |
| Mais | Reithbach16 | November | D60/T2 | r16_per_net_b | 16_per_net_b | 17,10452 | 53,75 bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach17 | November | D60/T1 | r17_per_net_b | 17_per_net_b | 4,94723 | 64,98 bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach18 | November | D60/T0.5 | r18_per_net_b | 18_per_net_b | 1,10225 | 79,56 bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach19 | Juni | D60/T2 | r19_per_net_b | 19_per_net_b | 20,98758 | -213,62 bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach20 | Juni | D60/T1 | r20_per_net_b | 20_per_net_b | 9,54063 | -208,42 bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach21 | Juni | D60/T0.5 | r21_per_net_b | 21_per_net_b | 3,85756 | -193,04 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach22 | November | D60/T2 | r22_per_net_b | 22_per_net_b | 17,10452 | 53,75 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach23 | November | D60/T1 | r23_per_net_b | 23_per_net_b | 4,94723 | 64,98 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach24 | November | D60/T0.5 | r24_per_net_b | 24_per_net_b | 1,10225 | 79,56 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach25 | Juni | D60/T2 | r25_per_net_b | 25_per_net_b | 15,66439 | -134,07 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach26 | Juni | D60/T1 | r26_per_net_b | 26_per_net_b | 6,86258 | -121,84 bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach27 | Juni | D60/T0.5 | r27_per_net_b | 27_per_net_b | 2,66105 | -102,15 bezogen auf Winterroggen |
| Elefantengras | Reithbach52 | | D60/T2 | r52_per_net_b | 52_per_net_b | 0,71520 | |
| Elefantengras | Reithbach53 | | D60/T1 | r53_per_net_b | 53_per_net_b | 0,27644 | |
| Elefantengras | Reithbach54 | | D60/T0.5 | r54_per_net_b | 54_per_net_b | 0,08277 | |
| Mais mit Randstreifen | Reithbach55 | November | D60/T2 | r55_per_ne_Cb | 55_per_ne_Cb | 17,00600 | 0,58 weniger als ohne Randstreifen |
| Mais mit Randstreifen | Reithbach56 | November | D60/T1 | r56_per_ne_cb | 56_per_ne_cb | 4,91214 | 0,71 weniger als ohne Randstreifen |
| Mais mit Randstreifen | Reithbach57 | November | D60/T0.5 | r57_per_ne_cb | 57_per_ne_cb | 1,09117 | 1,01 weniger als ohne Randstreifen |
| Ölrettich | Reithbach58 | | D60/T2 | r58_per_net_b | 58_per_net_b | 1,46923 | |
| Ölrettich | Reithbach59 | | D60/T1 | r59_per_net_b | 59_per_net_b | 0,58373 | |
| Ölrettich | Reithbach60 | | D60/T0.5 | r60_per_net_b | 60_per_net_b | 0,17675 | |
| PunktA | <u>Haase</u> | | | | | | |
| | | | | | | | 10.20 [ha] |
| Wintergerste | Reithbach10 | November | D60/T2 | r10_per_net_a | 10_per_net_a | 4,01945 | 74,79 bezogen auf Winterroggen |
| Wintergerste | Reithbach11 | November | D60/T1 | r11_per_net_a | 11_per_net_a | 0,43042 | 60,79 bezogen auf Winterroggen |
| Wintergerste | Reithbach12 | November | D60/T0.5 | r12_per_net_a | 12_per_net_a | 0,08806 | 43,94 bezogen auf Winterroggen |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|----------|----------|---------------|--------------|-----------------|---------|-------------------------------|
| Wintergerste | Reithbach13 | Juni | D60/T2 | r13_per_net_a | 13_per_net_a | 0,53298 | 58,06 | bezogen auf Winterroggen |
| Wintergerste | Reithbach14 | Juni | D60/T1 | r14_per_net_a | 14_per_net_a | 0,14094 | 58,22 | bezogen auf Winterroggen |
| Wintergerste | Reithbach15 | Juni | D60/T0.5 | r15_per_net_a | 15_per_net_a | 0,00486 | 61,37 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterroggen | Reithbach04 | November | D60/T2 | r04_per_net_a | 04_per_net_a | 15,94456 | | |
| Winterroggen | Reithbach05 | November | D60/T1 | r05_per_net_a | 05_per_net_a | 1,09764 | | |
| Winterroggen | Reithbach06 | November | D60/T0.5 | r06_per_net_a | 06_per_net_a | 0,15709 | | |
| Winterroggen | Reithbach07 | Juni | D60/T2 | r07_per_net_a | 07_per_net_a | 1,27081 | | |
| Winterroggen | Reithbach08 | Juni | D60/T1 | r08_per_net_a | 08_per_net_a | 0,33730 | | |
| Winterroggen | Reithbach09 | Juni | D60/T0.5 | r09_per_net_a | 09_per_net_a | 0,01258 | | |
| Mais | Reithbach16 | November | D60/T2 | r16_per_net_a | 16_per_net_a | 11,30864 | 29,08 | bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach17 | November | D60/T1 | r17_per_net_a | 17_per_net_a | 0,63819 | 41,86 | bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach18 | November | D60/T0.5 | r18_per_net_a | 18_per_net_a | 0,03708 | 76,40 | bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach19 | Juni | D60/T2 | r19_per_net_a | 19_per_net_a | 6,07714 | -378,21 | bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach20 | Juni | D60/T1 | r20_per_net_a | 20_per_net_a | 0,65276 | -93,53 | bezogen auf Winterroggen |
| Mais | Reithbach21 | Juni | D60/T0.5 | r21_per_net_a | 21_per_net_a | 0,12533 | -896,40 | bezogen auf Winterroggen |
| <u>Brüggemann</u> | | | | | | | | |
| Kartoffeln | Reithbach22 | November | D60/T2 | r22_per_net_a | 22_per_net_a | 11,30864 | 29,08 | bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach23 | November | D60/T1 | r23_per_net_a | 23_per_net_a | 0,63819 | 41,86 | bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach24 | November | D60/T0.5 | r24_per_net_a | 24_per_net_a | 0,03708 | 76,40 | bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach25 | Juni | D60/T2 | r25_per_net_a | 25_per_net_a | 3,82848 | -201,26 | bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach26 | Juni | D60/T1 | r26_per_net_a | 26_per_net_a | 0,38284 | -13,50 | bezogen auf Winterroggen |
| Kartoffeln | Reithbach27 | Juni | D60/T0.5 | r27_per_net_a | 27_per_net_a | 0,07002 | | |
| Winterroggen | s.o. | | | | | | | |
| Winterweizen | Reithbach28 | November | D60/T2 | r28_per_net_a | 28_per_net_a | 6,63125 | 58,41 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterweizen | Reithbach29 | November | D60/T1 | r29_per_net_a | 29_per_net_a | 0,72198 | 34,22 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterweizen | Reithbach30 | November | D60/T0.5 | r30_per_net_a | 30_per_net_a | 0,13972 | 11,06 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterweizen | Reithbach31 | Juni | D60/T2 | r31_per_net_a | 31_per_net_a | 1,35003 | -6,23 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterweizen | Reithbach32 | Juni | D60/T1 | r32_per_net_a | 32_per_net_a | 0,39355 | -16,68 | bezogen auf Winterroggen |
| Winterweizen | Reithbach33 | Juni | D60/T0.5 | r33_per_net_a | 33_per_net_a | 0,01852 | -47,20 | bezogen auf Winterroggen |
| <u>Müller</u> | | | | | | | | |
| Mais | s.o. | | | | | | | |
| Winterweizen | s.o. | | | | | | | |
| Wintergerste | s.o. | | | | | | | |
| ELEFANTENGRAS | | | | | | | | |
| Elefantengras | Reithbach52 | | D60/T2 | r52_per_net_a | 52_per_net_a | 0,06125 | | |
| Elefantengras | Reithbach53 | | D60/T1 | r53_per_net_a | 53_per_net_a | 0,00547 | | |
| Elefantengras | Reithbach54 | | D60/T0.5 | r54_per_net_a | 54_per_net_a | 0,00077 | | |
| Mais mit Randstreifen | Reithback55 | November | D60/T2 | r55_per_net_a | 55_per_net_a | 11,64103 | -2,94 | weniger als ohne Randstreifen |
| Mais mit Randstreifen | Reithback56 | November | D60/T1 | r56_per_net_a | 56_per_net_a | 0,64694 | -1,37 | weniger als ohne Randstreifen |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------|----------|---------------|--------------|----------------|--|
| Mais mit Randstreifen | Reithback57 | November | D60/T0.5 | r57_per_net_a | 57_per_net_a | 0,03723 | -0,42 weniger als ohne Rand- streifen |
| Ölrettich | Reithback58 | | D60/T2 | r58_per_net_a | 58_per_net_a | 0,14216 | |
| Ölrettich | Reithback59 | | D60/T1 | r59_per_net_a | 59_per_net_a | 0,00853 | |
| Ölrettich | Reithback60 | | D60/T0.5 | r60_per_net_a | 60_per_net_a | 0,00092 | |