

Sedimentakkumulation Halligen II (SAHall II)

„Förderung der Sedimentation auf den Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness“

Endbericht

Forschungskooperation

zwischen dem

Geowissenschaftliches Zentrum (Abteilung Sedimentologie/Umweltgeologie) der Georg-August-Universität Göttingen Stiftung Öffentlichen Rechts

und dem

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MELUR), Referat Küstenschutz,

Dauer der Projektarbeiten: 01.10.2009 bis 30.09.2012

Vorlage des Zwischenberichtes: 30.06.2011

Abgabe des Endberichts: 10.12.2012

Verantwortliche Projektleitung

Dr. Matthias Deicke, Dr. Volker Karius, Prof. Dr. Hilmar von Eynatten

Universität Göttingen, Geowissenschaftliches Zentrum, Abtl. Sedimentologie/Umweltgeologie
Goldschmidtstr. 3, D-37077 Göttingen

Ansprechpartner: Dr. M. Deicke

Email: mdeicke@gwdg.de, Tel: 0551-39-22294

Inhaltsverzeichnis

0.	Zusammenfassung	2
1.	Zielsetzung	3
2.	Zeitlicher Ablauf von SAHall II	5
3.	Bestimmung des Oberflächenwachstums auf den Halligen	8
3.1	Bestimmung der Sedimentakkumulation mit Sedimentfallen	8
3.2	Bestimmung des Oberflächenwachstums von 2007 bis 2012 mit Sedimentation-Erosion-Bars (SEB)	9
3.2.1	Hooge	11
3.2.2	Langeness	12
3.2.3	Nordmarsch	14
3.2.4	Nordstrandischmoor	15
3.2.5	Süderoog	16
3.3	Vorläufige Schlussfolgerungen zum Oberflächenwachstum	17
4.	Gestaltung und Einrichtung der Versuchsfelder	18
4.1	Versuchsfeld A – Hooge	18
4.1.1	Maßnahme: Brache	19
4.1.2	Maßnahme: Umwallte Fläche mit oberirdischer Entwässerung	20
4.1.3	Maßnahme: Brachestreifen	22
4.2	Versuchsfeld B – Hooge	23
4.3	Versuchsfeld C – Nordmarsch	24
5.	Ausstattung der Versuchsfelder	27
5.1	Sedimentfallen	29
5.2	Sedimentation-Erosion-Bars	29
5.3	Sedimentation-Erosion-Plates	29
5.4	Tassenpegel	30
5.5	Trübungsmessgerät	31
6.	Probennahme und Analytik	34
7.	Ergebnisse	35
7.1	Hydrographie der Winter 2010/11 und 2011/12 auf Hooge und Nordmarsch	35
7.2	Sedimentakkumulation im Versuchsfeld A auf Hallig Hooge	39
7.2.1	Brachefläche (A 1)	42
7.2.2	Umwallte Fläche (A 3)	42
7.2.3	Brachestreifen (A 5)	44
7.2.4	Referenzfläche A 6	45
7.2.5	Gesamtbetrachtung des Versuchsfeldes A	45
7.3	Versuchsfeld B – Hooge	48
7.4	Versuchsfeld C – Nordmarsch	51
8.	Ausblick	56
9.	Literaturverzeichnis	58
	Anhang	

0. Zusammenfassung

Das Projekt SAHall II (10/2009 – 9/2012) beinhaltet neben dem fortgeführten Monitoring des Oberflächenwachstum auf den Halligen Hooe, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog (siehe Kapitel 3) vor allem die Einrichtung und Ausstattung von Versuchsfeldern auf den Halligen Hooe und Nordmarsch (Kapitel 4 und 5), sowie - als eigentlicher Kern des Projektes - das Messen von Sedimentaufwachsraten auf den unterschiedlichen Versuchs- und Referenzflächen (Kapitel 6 und 7). Die Versuchsfelder konnten erst zum Frühjahr/Sommer 2010 fertiggestellt werden, sodass für den überflutungsbedingten Sedimentaufwachs auf den Versuchs- und Referenzflächen bisher nur Daten aus zwei Winterhalbjahren (2010/11 und 2011/12) statt der ursprünglich anvisierten drei Winterhalbjahre vorliegen.

Während im Winterhalbjahr 2010/11 lediglich zwei Sturmfluten auftraten, kam es im Winterhalbjahr 2011/12 zu insgesamt 19 Überflutungen auf Hooe und 25 auf Nordmarsch, die aber größtenteils niedrige Wasserstände und in Folge wenig Sedimentzufuhr aufwiesen. Zudem waren einige der Versuchsflächen im Winterhalbjahr 2010/11 noch als problematisch einzustufen (geringe Vergetationsdecke, Erosionsschäden). Die im folgenden zusammengefassten Ergebnisse (Kapitel 7) sind daher als vorläufig zu betrachten. Ein weiteres Monitoring der Versuchsfelder ist notwendig, wird seitens des Geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen angestrebt, und ist für das Winterhalbjahr 2012/13 auch bereits sichergestellt.

Das Monitoring des Höhenwachstums auf den Halligen Hooe, Langeneß, Nordstrandischmoor und Süderoog seit mittlerweile fünf Jahren (2007-2012) lässt, trotz einiger Unwägbarkeiten, klar ableiten, dass Sedimentakkumulation und Höhenwachstum zumindest auf den großen Halligen (Hooe, Nordmarsch-Langeness) nicht ausreicht, um mit einem weiterhin steigenden Meeresspiegel mitzuhalten. Um die langfristige Existenz der Halligen zu gewährleisten, werden in Versuchsfeldern auf Hooe und Nordmarsch verschiedene Maßnahmen getestet, die den Prozess der natürlichen Sedimentakkumulation unterstützen sollen. Die getesteten Methoden verlangsamten das nach einer Überflutung von der Hallig strömende Wasser. Bei zwei von vier getesteten Maßnahmen deutet sich ein positiver Sedimentationseffekt an.

Bei der Maßnahme „Umwallung“ sind zwei Beobachtungsflächen von einem ca. 50cm hohen Wall umgeben. Bei den Überflutungen des Winterhalbjahres 2011/12 sind innerhalb der umwallten Flächen stärkere Sedimentakkumulationen erkennbar, vorausgesetzt die Umwallung wurde mit mindesten 25cm Wasserhöhe über der Oberkante des Walls überflutet. Bei niedrigeren Wasserständen wurde durch die Umwallung ein negativer Sedimentationseffekt erzeugt.

Auf Nordmarsch wurden durchlässige Steinbarrieren in einem Halligpriel installiert, die den Ablauf des Wassers nach einem Landunter verlangsamen. Im Einzugsgebiet dieses Halligpriel deutet sich ein positiver Effekt an, jedoch wurden die Messergebnisse unerwartet stark von Uferschutzbauwerken beeinträchtigt, sodass der durch diese Maßnahme erzielte Sedimentationseffekt noch nicht quantifiziert werden konnte.

In zwei Beobachtungsfeldern, in denen eine höher aufwachsende Vegetationsdecke eine Wasserberuhigung und in Folge einen positiven Sedimentationseffekt erzeugen soll, konnte bisher keine Förderung der Sedimentakkumulation nachgewiesen werden.

1. Zielsetzung

Vor dem Hintergrund eines global ansteigenden Meeresspiegels stellt sich die Frage, wie Schutzmaßnahmen auf den Nordfriesischen Halligen zukünftig gestaltet werden müssen, um Menschenleben und Sachwerte effektiv und nachhaltig vor den Gefahren zu schützen, die durch potentiell höher auflaufende Sturmfluten drohen. Die sich regelmäßig auf den Halligen ereignenden Überflutungen, die in Abhängigkeit der jeweiligen Uferschutzbauten in unterschiedlicher Höhe und Häufigkeit auftreten, hinterlassen nach dem Abflauen des Hochwassers Sedimente. Dieser Prozess lässt die Halligoberfläche langsam in die Höhe wachsen (siehe DEICKE et al. 2009, Abschlussbericht SAHall I). Somit besteht hier ein natürlicher Ausgleichsprozess bei einem steigenden Meeresspiegel.

Ein Mitwachsen der unbedeichten Halligmarschen ist für die langfristige Existenz der Halligen von großer Bedeutung. Zum einen bewirkt eine höhere Landoberfläche niedrigere Wasserstände bei Landunter, woraus ein verminderter Wellenaufbau innerhalb der Hallig und eine gedämpfte hydrodynamische Beanspruchung der Warften resultiert. Zum anderen ist ein Mitwachsen der Halligmarsch auch bedeutsam für die Grünlandnutzung sowie für bodenbrütende Vögel. Denn trotz der Abdämmung durch Sieltore, Sommerdeiche und erhöhter Uferdeckwerke sind die Halligen für das Meerwasser vergleichsweise offene Systeme. Wellenüberschlagswasser bei starken Westwinden führt häufig zur Überflutung ufernaher Bereiche (Kantenfluten), sowie zur vollständigen Füllung der Gräben und zur Vernässung bzw. Überflutung niedrig gelegener Flächen. Auf diese Weise sind schon Heuernten, sowie ganze Jahrespopulationen von Brutvögeln verlorengegangen.

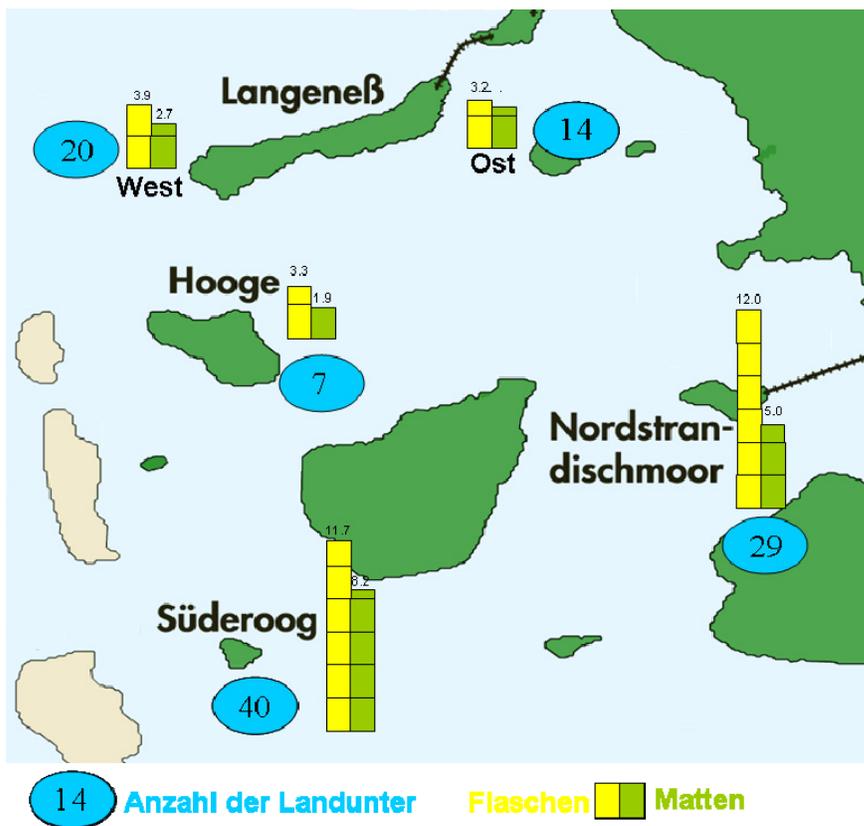


Abb. 1: Oberflächenwachstum (in mm) im Winterhalbjahr 2007/08 auf den Halligen Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog, quantifiziert mit Hilfe von Sedimentfallen (Flaschen und Matten). Nordmarsch entspricht dem Westen von Langeness (DEICKE et al. 2009).

Im Projekt SAHall I (DEICKE et al. 2009) konnte nachgewiesen werden, dass trotz einer überdurchschnittlichen Überflutungshäufigkeit im Winterhalbjahr 2007/08 auf den großflächigen Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness nicht ausreichend Sediment akkumulierte, um den lokalen Anstieg des mittleren Tidehochwassers (MTHW) zu kompensieren (**Abb. 1+ Tab. 1**).

Als Referenzwert wird dabei der Anstieg des MTHW und des Mean Sea Level (MSL) am Pegel Wyk (Föhr) herangezogen. Der Wyker Pegel ist zum einen aufgrund der geographischen Nähe zu den Halligen als Bezugspegel geeignet. Zum anderen aber auch, weil die Wasserstände am Pegelstandort Wyk von künstlichen Veränderungen der Küstenmorphologie nicht erkennbar beeinflusst worden sind, wie es z.B. am weiter östlich gelegenen Pegel Dagebüll zu beobachten ist. Der verfügbare Datensatz vom Pegel Wyk reicht bis in das Jahr 1952 zurück. Die Pegeldaten wurden vom LKN-SH zur Verfügung gestellt und von Herrn Dipl. Ing Arne Arns, Universität Siegen zu Jahresmittelwerten auf Basis von Kalenderjahren berechnet (MSL nach K-Wert Verfahren (JENSEN et al., 2011)). Die Zeitreihen von MTHW und MSL sind in **Abb. 2a-b** dargestellt

Die Jahresmittelwerte wurden geglättet durch die Bildung eines zentralen gleitenden 19-jähriger Durchschnittswertes. Das angewandte Verfahren beschreiben JENSEN & MUDERSBACH (2004). Um den Einfluss der Nodaltide zu berücksichtigen, sollten die untersuchten Zeitabschnitte einer Zeitreihe immer ein Vielfaches der Nodaltide ($T=18.61$ a) betragen. Unter Berücksichtigung dieser Maßgabe kann am Pegel Wyk ein kontinuierlicher Anstieg des MTHW im Zeitraum 1953-2008 beobachtet werden. Der MSL hingegen zeigt im Zeitraum 1953-1971 leicht abfallende Tendenz und steigt ab 1972-2008 fast kontinuierlich. Im vergleichbaren Zeitraum 1972-2008 beträgt der Anstieg des MTHW 5.5 mm/a, der des MSL nur 4,1 mm/a.

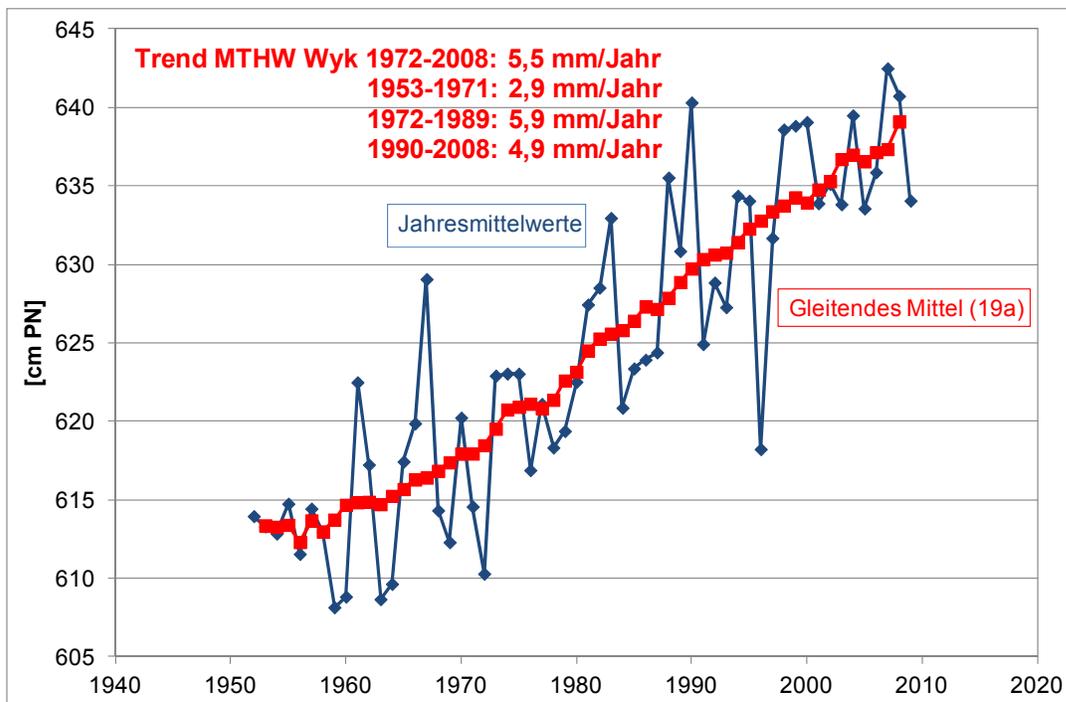


Abb. 2a: Jahresmittel des MTHW am Pegel Wyk von 1952-2009. Gleitendes 19-jähriges Mittel im Zeitraum 1953-2008. Trendberechnungen in unterschiedlichen Zeiträumen

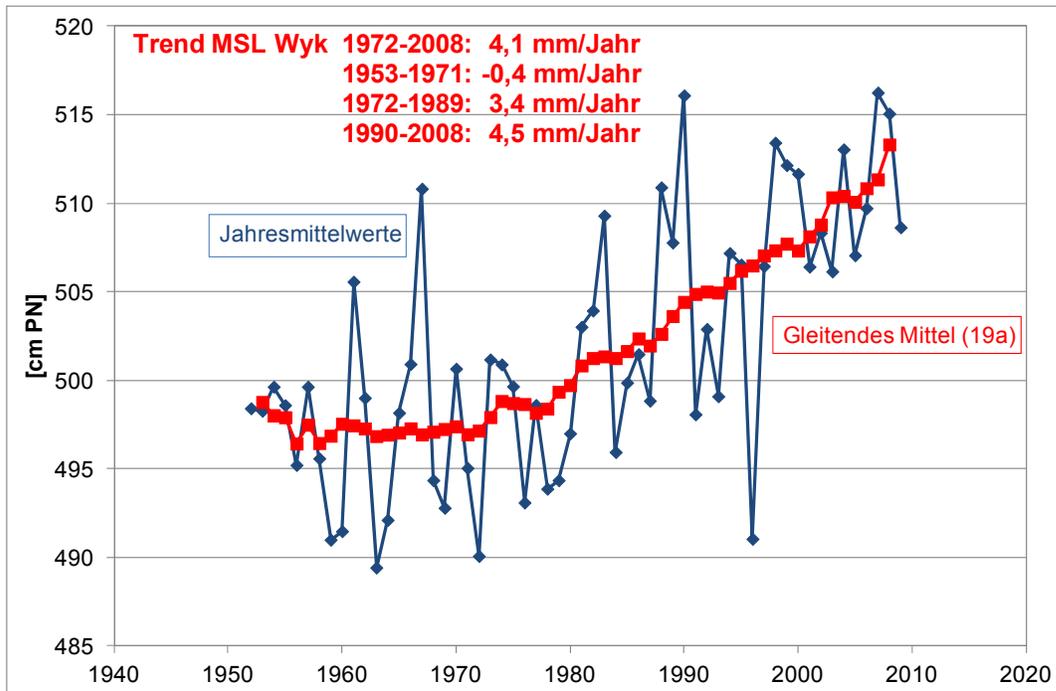


Abb. 2b: Jahresmittel des MSL am Pegel Wyk von 1952-2009. Gleitendes 19-jähriges Mittel im Zeitraum 1953-2008. Trendberechnungen in unterschiedlichen Zeiträumen

Betrachtet man die jeweils 19-Jährigen Zeitspannen für den MTHW/MSL von 1953-1971 (2.9/-0.49 mm/a), 1972-1989 (5.9/3.4 mm/a) und 1990-2008 (4.9/4.5 mm/a) getrennt voneinander, so wird deutlich, dass die Anstiegsraten generell schwanken und dass eine Beschleunigung des Anstiegs weder bei dem MTHW noch bei dem MSL am Pegel Wyk derzeit erkennbar ist. Der regionale MSL-Anstieg liegt deutlich höher als der globale Meeresspiegelanstieg von ca. 3.1 mm/a (ermittelt aus Satellitendaten im Zeitraum von 1993 bis 2012, <http://www.cmar.csiro.au/sealevel/index.html>).

Der stärkere Anstieg am Pegel Wyk kann hauptsächlich durch den gestiegenen Tidenhub in der Deutschen Bucht begründet werden, da die Entwicklung des mittleren Tideniedrigwassers (MTNW) einen schwächeren Anstieg aufweist als das MTHW. Die Ursachen für den gestiegenen Tidenhub sind unbekannt. Erkennbar ist auch, dass sich die Raten des MTHW- und MSL-Anstiegs in der letzten 19jährigen Periode angenähert haben.

An Bohrkernen der Halligen Hooe, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog wurden ^{137}Cs -Datierungen durchgeführt zur Ermittlung des langfristigen Höhenwachstums (**Tab. 1**). Für Zeitraum zwischen 1963 und 2007 konnte für die untersuchten Halligen ein durchschnittliches Oberflächenwachstum zwischen 1.8 und 3.8 mm pro Jahr nachgewiesen werden. Damit liegt das langfristige Oberflächenwachstum der kleinen Halligen Nordstrandischmoor (3.8 mm/a) und Süderoog (3.2 mm/a) leicht und das der großen Halligen Hooe (2.6 mm/a) und Nordmarsch-Langeness (1.8 mm/a) deutlich unter dem des regionalen MTHW- (5.5 mm/a) und MSL-Anstiegs (4.1 mm/a) im Zeitraum von 1972-2008.

Tab. 1: Durchschnittliches Oberflächenwachstum (in mm/a) auf den Halligen Hooge, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog ermittelt aus ¹³⁷Cs Datierungen an Bohrkernen im Zeitraum 1963-2007 (je zwei Bohrungen pro Hallig).

<i>Hooge</i>	<i>Langeness</i>	<i>Nordstrandischmoor</i>	<i>Süderoog</i>
2.6	1.8	3.8	3.2

Aus den in SAHALL I durchgeführten Untersuchungen in Verbindung mit den aktuellen Pegel­daten (Wyk) können im Wesentlichen folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

1. Die Sedimentaufwachsraten auf den kleineren Halligen Nordstrandischmoor und Süderoog sind derzeit ausreichend, um den aktuellen globalen Meeresspiegelanstieg (MSL) zu kompensieren, bleiben aber gegenüber dem regionalen MTHW- und MSL-Anstieg leicht zurück.
2. Die Sedimentaufwachsraten auf den größeren Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness reichen derzeit nicht aus, um den aktuellen Meeresspiegelanstieg vollständig zu kompensieren.
3. Der Sedimentationsprozess auf den Halligen ist grundsätzlich geeignet, um Meeresspiegelschwankungen auszugleichen und kann dazu beitragen, die Halligen mittelfristig gegen einen steigenden Meeresspiegel zu sichern. Auf den größeren Halligen muss die Sedimentation jedoch durch geeignete Maßnahmen unterstützt werden.

Neben dem fortgeführten Monitoring zum Oberflächenwachstums wurde im Projekt SaHall II begonnen, in künstlich gestalteten Versuchsfeldern Methoden zu testen, die zu einer Erhöhung der natürlichen, überflutungsbedingten Sedimentakkumulation beitragen sollen und dadurch zu einem stärkeren Wachstum der Halligoberfläche. Die Sedimentakkumulation soll dabei mit naturnahen Maßnahmen unterstützt werden, damit Beeinträchtigungen für die Umwelt und die Grünlandnutzung möglichst gering bleiben.

2. Zeitlicher Ablauf von SAHall II (01.10.2009 – 30.09.2012)

Der Projektbeginn im Herbst 2009 war geprägt von Planungen, sowie dem Einholen zahlreicher Genehmigungen für die Gestaltung der Versuchsfelder.

Anfang Oktober 2009 erfolgte ein Planungsgespräch mit dem LKN zur Einrichtung und baulichen Umsetzung der Versuchsfelder.

Im November 2009 wurden auf Hooge 1300m Grabenstrecke zwecks Gewinnung von Baumaterial ausgebaggert. Im restlichen Winter waren weitere Baumaßnahmen witterungsbeding­­t nicht durchführbar.

In der Sturmflutsaison 2009/10 wurden im Rahmen eines fortgeführten Monitorings in drei Bachelorarbeiten (MACHUNZE 2010, SANDER 2010, VOGT 2010) des geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen die Sedimentakkumulation auf den Halligen Hooge, Nordstrandischmoor, Nordmarsch-Langeness und Süderoog bestimmt. Die analytischen Labormethoden wurden in diesen Arbeiten weiterentwickelt. Darüber hinaus wurden an den in 2007 im Projekt SAHall I (DEICKE et al. 2009) installierten Sedimentation Erosion Bar (SEB)-Stationen Messungen zum Oberflächenwachstum der Halligen weitergeführt.

Von März bis Mai 2010 erfolgte die bauliche Gestaltung der Versuchsfelder A und B auf Hooge, sowie des Versuchsfelds C auf Nordmarsch, durch die vor Ort ansässigen Mitarbeiter des LKN.

Im April 2010 tagte der Arbeitskreis „Geographie der Meere und Küsten (AMK)“ auf der Hallig Hooge. Hier wurde das Projekt erstmals einem größerem Fachpublikum vorgestellt.

Nach der Vogelbrutzeit erfolgte im Sommer 2010 die Installation von Dauermessstationen (SEB und Sedimentation Erosion Plates (SEP)) in den Versuchsfeldern. Nach dem Einholen des Weideviehs wurden im Oktober 2010 Sedimentfallen ausgebracht. Im November erfolgte abschließend noch die Installation von Tassenpegeln in den Versuchsfeldern.

Es kam im Winterhalbjahr 2010/11 zu zwei Sturmfluten mit vollständiger Überflutung der Versuchsfelder. Die Sedimentfallen wurden nach jeder Sturmflut beprobt. Die hydrologischen Pegeldata zu diesen Ereignissen wurden vom LKN Husum zur Verfügung gestellt.

Mit der Schutzstation Wattenmeer wurden Kooperationsverträge für den Zeitraum vom 01.10.2010 bis zum 30.09.2012 abgeschlossen. Durch die Mitarbeiter der Schutzstation erfuhr das Projekt Unterstützung bei der Geländearbeit. Zahlreiche kleinere und auch einige größere Arbeiten auf Hooge und Nordmarsch wurden von den „Schutten“ auf Hooge selbstständig erledigt. Werkzeuge, Messgeräte und Probenbehälter konnten bei der Schutzstation gelagert werden.

Die Laborarbeit und Auswertung der Sedimentfallen dauerte von November bis April 2011.

Im März 2011 wurden wegen Beginn der Vogelbrut und der Beweidung die Sedimentfallen von den Flächen entfernt. Es erfolgte eine Messung an sämtlichen SEB- und SEP-Stationen. Durch die Sturmfluten an den Versuchsfeldern entstandene Schäden wurden behoben.

Im April 2011 erfolgte durch die Husumer LKN-Mitarbeiter die exakte Einmessung der Wälle, Tassenpegel und SEB-Pfosten.

Im sturmreichen Winterhalbjahr 2011/12 wurden Hooge 19mal und Nordmarsch 25mal überflutet. Die Versuchsfelder wurden in diesem Zeitraum fünfmal vollständig beprobt.

Vorläufige Ergebnisse wurden auf folgenden Tagungen präsentiert und diskutiert:

- Sitzung des Arbeitskreis „Hallig2050“ in Husum (März 2010)
- Tagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ auf Hooge (April 2010)
- Tagung der Deutsche Quartärvereinigung in Greifswald (September 2010)
- Sitzung des Arbeitskreis „Hallig2050“ in Husum (November 2010)
- Tagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ in Bremen (April 2011)
- Sitzung des Arbeitskreis „Hallig2050“ in Husum (Mai 2011)
- Tagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ in Mainz (April 2012)
- Sitzung des Arbeitskreis „Hallig2050“ in Husum (Juni 2012)
- Internationale Konferenz „IGCP 588: Preparing for Coastal Change“ in Kiel (September 2012) Exkursion und Vortrag

Darüber hinaus fanden bei Aufenthalten auf den Halligen Hooge und Langeness häufig öffentliche Vorträge für interessierte Bewohner und Gäste dieser Halligen statt.

3. Bestimmung des Oberflächenwachstums auf den Halligen seit 2007

Die Ermittlung des Oberflächenwachstums der Halligen Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog erfolgte in den Projekten SAHall I und II u.a. mit Hilfe von den im Jahr 2007 installierten SEBs. Darüberhinaus wurde das Oberflächenwachstum im Rahmen von Qualifikationsarbeiten mit Hilfe von Sedimentfallen bestimmt. Die erhobenen Daten wurden in repräsentativen Arealen der jeweiligen Hallig außerhalb von Versuchsfeldern gewonnen.

3.1 Bestimmung des Oberflächenwachstums mit Sedimentfallen

Als Sedimentfalle wird die seit 2005 bewährte Kombination aus 1 Liter PE-Flaschen und PVC-Fußabtretern verwendet (**Abb.3**). Die PE Flaschen werden bis zum Flaschenhals im Boden eingegraben und mit klarem Wasser aufgefüllt, um ein Aufschwimmen bei Landunter oder starkem Regen zu vermeiden. Unmittelbar daneben werden die PVC-Matten (20cm * 30cm) mit Nägeln im Boden befestigt (**Abb.4**).



Abb. 3: Sedimentfallekombination aus PVC-Fußmatte und 1 l-PE-Flasche

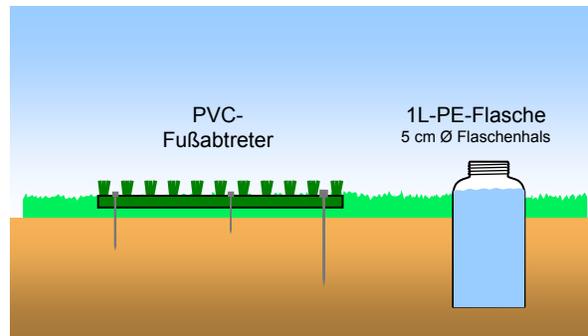


Abb. 4: Schematischer Schnitt durch die Sedimentfallekombination Matte/Flasche

Seit 2005 wurden auf der Hallig Hooge und seit 2007 auf den Halligen Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog mit Hilfe von Sedimentfallen die Sedimentakkumulationsraten bestimmt und daraus das Oberflächenwachstum abgeleitet.

Die Kombination aus Flaschen *und* Matten dient der gegenseitigen Überprüfung beider Fallentypen. Bei einem längeren Beprobungszeitraum fängt die Sedimentfalle Flasche etwas mehr Sediment, als die Sedimentfalle Matte, was darauf zurückzuführen ist, dass in den Flaschen abgelagertes Material nicht remobilisiert werden kann.

Die Verteilung der Sedimentfallen erfolgte entweder gleichmäßig über die jeweilige Hallig verteilt oder gruppiert an repräsentativen Standorten einer Hallig.

Auf den kleinflächigen Halligen Nordstrandischmoor und Süderoog wurde in den sturmreichen Winterhalbjahren 2007/08 und 2011/12 deutlich mehr Sediment akkumuliert als auf den größeren Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness. In den sturmflutarmen Winterhalbjahren 2009/10 und 2010/2011 ist der Unterschied zwischen den groß- und kleinflächigen Halligen weniger stark ausgeprägt. In den Winterhalbjahren 2005/06 und 2008/09 wurde Hallig Hooge gar nicht überflutet.

Tab. 2: Oberflächenwachstum (in mm) auf den Halligen Hooge, Langeness, Nordmarsch, Nordstrandischmoor und Süderoog ermittelt aus Sedimentfallen.

01.10. - 31.03.	Hooge		Langeness		Nordmarsch		Nordstr.moor		Süderoog	
	Flasche	Matte	Flasche	Matte	Flasche	Matte	Flasche	Matte	Flasche	Matte
2005/06	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2006/07	>1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007/08	3.3 ^a	1.9 ^a	3.2 ^a	2.4 ^a	3.9 ^a	2.7 ^a	12.0 ^a	5.0 ^a	11.7 ^a	8.2 ^a
2008/09	0.0	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	0,2	1.0	0,5
2009/10	0.5 ^b	0.3 ^b	1.8 ^c	1.4 ^c	1.4 ^c	0.5 ^c	1.5 ^d	-	0.7 ^d	-
2010/11	0.9	0.9	1.0 ^e	0.7 ^e	1.3 ^e	1.1 ^e	3.2 ^e	-	1.8 ^e	-
2011/12	2.5	2.5	2.4	2.0	2.6	3.2	9.0 ^e	2.1 ^e	7.7 ^e	2.2 ^e

a) aus Endbericht SAHall I (DEICKE et al. 2009); b) aus SANDER et al. 2010; c) aus VOGT et al. 2010; d) aus MACHUNZE 2010; e) aus SCHINDLER et al. (in prep.)

Im Beobachtungszeitraum wurden auf den großflächigen Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness kein Wachstumswert erreicht, der dem jüngsten (1990-2008) MTHW-Anstieg von 4.9 bzw. dem jüngsten MSL-Anstieg von 4.5 mm/a entspricht.

Ein Nachteil der Sedimentfallen ist, dass sie keine Erkenntnisse über potentielle Erosion oder über Bodensetzungsprozesse liefern können. D.h., dass Sedimentaufwachsraten, die mit Hilfe von Sedimentfallen erzeugt werden, stets höher ausfallen, als Aufwachsraten, die mit Hilfe von SEBs oder SEPs bestimmt werden.

3.2 Bestimmung des Oberflächenwachstums mit Sedimentation-Erosion-Bars (SEB)

Im Herbst 2007 wurden im Vorgängerprojekt SAHall I auf den Halligen Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog an jeweils 5 Standorten Sedimentation-Erosion-Bars (= SEB) installiert. Bei einem SEB handelt es sich um drei Kunststoffpfosten (Länge = 150 cm, Ø = 5 cm), die ca. 1 m tief in den Boden gerammt worden sind, so dass anfänglich noch ca. 50 cm aus dem Boden herausschauten (2009 wurde diese Länge auf ca. 20cm gekürzt). Die Pfosten stehen an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks mit jeweils 2m Kantenlänge. Die Oberseite der Pfosten bilden eine waagerechte Ebene (± 1 cm).

Für die Messung der Sedimentaufwachsrates wird zwischen den Pfosten eine Messleiste mit insgesamt 17 festgelegten Positionen aufgelegt (**Abb. 5**). An diesen unveränderlichen Positionen wird der Abstand zwischen der Messleiste und dem Boden gemessen. Auf diese Weise kann über einen Zeitraum von mehreren Jahren das Aufwachsen der Halligoberfläche bestimmt werden. An jeder SEB-Station werden pro Messung insgesamt 51 Messwerte gesammelt. Die topographischen Höhen der einzelnen SEB-Pfosten wurde von LKN-Mitarbeitern bestimmt. Diese Höhenbestimmung wurde an einigen SEB-Pfosten nach vier Jahren wiederholt. Dank dieser Überprüfung konnte potentieller Frosthubs an den Pfosten als Ursache für ein negatives Wachstum ausgeschlossen werden.



Abb. 5: Bestimmung des Oberflächenwachstums an einer SEB-Station auf Hallig Langeness

Es konnte festgestellt werden, dass Weidetiere die SEB-Pfosten zum Scheuern nutzten. Daraus resultierte eine Beschädigung teilweise sogar eine Zerstörung der Pfosten und ein verstärkter Viehtritt im Umfeld der Pfosten. Aus diesem Grunde wurde in 2009 die SEB-Pfosten auf den beweideten Flächen um ca. 30cm gekürzt. Nach der Kürzung traten keine weiteren Beschädigungen mehr auf. Bei jeder Messung werden die Pfosten hinsichtlich potentieller Lageveränderung durch Auflegen einer Wasserwaage auf die Messlatte überprüft.

Im folgenden sind Messwerte von den SEB-Stationen dargestellt, an denen eine kontinuierliche Beobachtung seit 2007 möglich war. Beschädigte SEB-Stationen wurden erneuert. Aufgrund des kürzeren Beobachtungszeitraumes sind die Ergebnisse von diesen Stationen nicht dargestellt.

Tab. 3: Veränderungen der Oberflächenhöhen an SEB-Stationen auf den Halligen Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog seit der Installation im September 2007 in mm.

SEB	Sept. 2007	März 2008	Okt. 2008	März 2009	Okt. 2009	März 2010	Okt. 2010	März 2011	Okt. 2011	März 2012	Aug. 2012
H o o g e											
SEB 1	0.0	2.4	-11.0	-6.7	1.5	0.5	n.b.	-10.9	-15.7	-13.7	-12.7
SEB 2	0.0	-7.3	n.b.	-7.6	-7.9	-8.4	n.b.	-11.5	-17.3	-24.7	n.b.
SEB 4	0.0	1.2	n.b.	1.1	-9.6	-7.8	-6.0	-12.1	-7.0	-5.2	-8.8
SEB 5	0.0	0.2	3.0	2.3	5.8	6.4	5.5	3.5	9.1	9.5	12.0
L a n g e n e s s											
SEB 1	0.0	n.b.	-3.9	-10.4	20.5	-6.5	-30.2	-26.6	-21.9	-26.7	-24.2
SEB 2	0.0	-1.1	-6.2	0.7	-3.9	-4.1	0.6	0.2	-2.7	-3.8	-2.9
SEB 3	0.0	n.b.	-33.5	-32.5	-1.8	-23.8	-35.0	-26.2	-17.4	-23.4	-16.9
N o r d m a r s c h											
SEB 5	0.0	0.1	-4.5	n.b.	-2.9	-3.0	-6.6	-6.6	-7.3	-5.9	-16.8
N o r d s t r a n d i s c h m o o r											
SEB 1	0.0	-0.1	-3.5	-0.2	5.2	5.1	4.8	5.0	5.1	9.2	13.3
SEB 2	0.0	-5.6	-18.8	-14.6	-0.8	13.5	-26.4	-26.2	-17.1	-16.7	-20.7
SEB 3	0.0	2.7	-2.9	0.0	-1.5	-1.4	-1.1	1.8	-0.3	-1.5	1.0
SEB 4	0.0	4.7	-3.2	-0.9	0.2	3.8	4.8	2.1	n.b.	n.b.	9.3
SEB 5	0.0	3.5	-3.5	-0.4	-0.6	-3.4	-1.5	-0.5	-0.3	-1.3	1.9
S ü d e r o o g											
SEB 2	0.0	3.3	-4.3	-0.7	-0.2	3.7	1.4	1.6	1.9	7.2	n.b.
SEB 5	0.0	6.7	-6.0	3.5	11.8	9.2	12.2	11.9	9.8	13.4	n.b.

Die Messungen ergaben kein kontinuierliches Wachstum der Oberfläche, sondern häufig auch Phasen mit einem negativen Trend. Die Ursachen dafür sind vielseitig. Beeinträchtigt wird die Oberflächenhöhe neben der jeweiligen Sedimentakkumulation von der Vegetationsdichte, von Bodenverdichtung durch Viehtritt, von möglichem Frosthub des Bodens und von Bodenschrumpfung bei Trockenheit. Auf diese Weise sind innerhalb eines Jahres Schwankungen im Zentimeterbereich möglich. Erst in der langjährigen Beobachtung wird das sedimentakkumulationsbedingte Oberflächenwachstum zuverlässig quantifizierbar sein.

3.2.1 Hooge

Auf der Hallig Hooge zeigen die SEB-Stationen mit Ausnahme von SEB 5 eine variierende und tendenziell abnehmende Höhenlage. Die Ursachen finden sich vermutlich in der jeweiligen Beweidungsintensität, sind aber nicht abschließend geklärt. SEB 5 liegt im relativ häufig überfluteten Hooger Westen. Dieser Standort unterscheidet sich von den anderen SEB-Stationen durch einen sandigen Untergrund und das Fehlen einer Beweidung seit 2007 (Brache). An den anderen SEB-Stationen besteht der Untergrund in den oberen Dezimetern hauptsächlich aus Silt und Ton, der durch Viehtritt leicht zu verdichten ist. Grundsätzlich zeichnet sich der Oberboden (bis 30cm Tiefe) auf der Hallig Hooge durch niedrige Dichten von $0.6 - 1.1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (KALLWEIT 2006, SCHINDLER et al. in prep.). Diese geringen Dichten sind vermutlich auf das Einsedimentieren der Grasnarbe zurückzuführen, die sich im Laufe der Zeit zersetzt und dadurch einen anfangs grobporigen Oberboden entstehen lässt. Dieser poröse Oberboden kann durch Viehtritt leicht verdichtet werden.



Abb. 6: Lage der SEB-Stationen auf Hallig Hooge

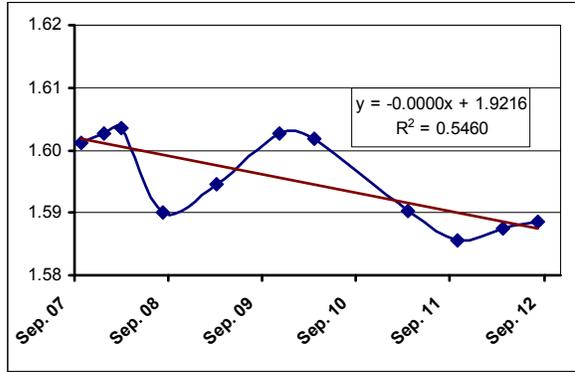


Abb. 7: Hooge SEB 1
R 3470649, H 6048188, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Extensive Rinderweide

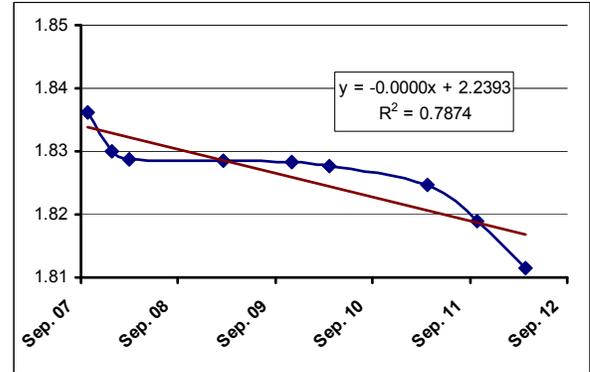


Abb.8: Hooge SEB 2
R 3470876, H 6049796, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Pferdekoppel

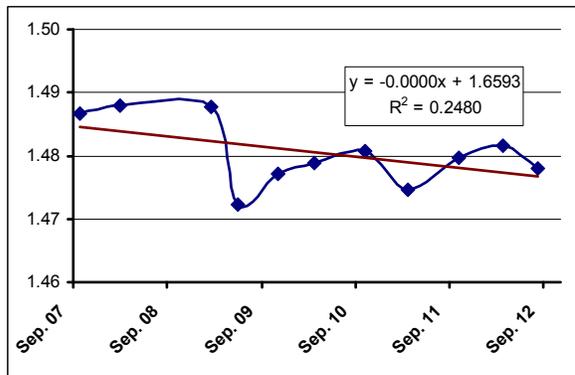


Abb.9: Hooge SEB 4
R 3471995, H 6048646, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Rinderweide

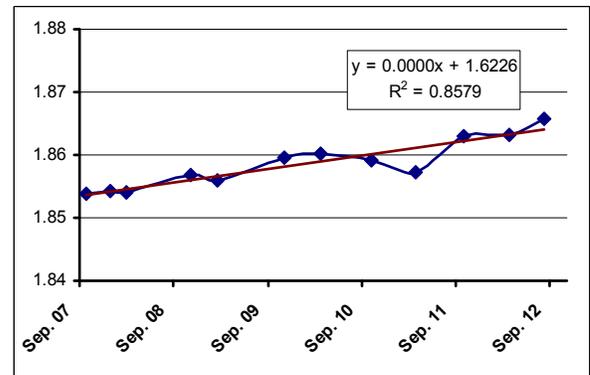


Abb. 10: Hooge SEB 5
R 3468910, H 6049696, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Keine (Brache)

Im Bereich der SEB-Station 2 ist auch eine leichte Erosion an der Oberfläche denkbar, da diese nahe zu einem exponierten Uferbereich gelegen ist, der bei Westwetterlagen frühzeitig überspült wird. Im Winterhalbjahr 2006/07 konnte beobachtet werden, dass durch schnell strömendes Wasser Teile der kurzen Grasnarbe (Pferdekoppel) abgeschält wurden.

SEB-Station 3 lag im Zentrum der Hallig Hooge und wurde durch Weidevieh zerstört. Diese Station wurde nicht wieder aufgebaut, da sich auf der angrenzenden Fläche das Versuchsfeld A mit insgesamt 12 SEB-Stationen befindet.

3.2.2 Langeness



Abb.11: Lage der SEB-Stationen auf Langeness

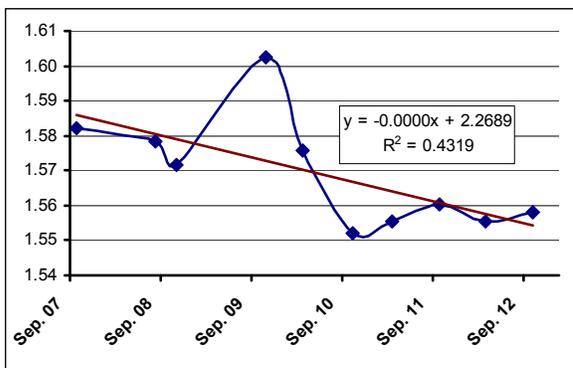


Abb. 12: Langeness SEB 1,
R 3476894, H 6056984, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Keine (Brache)

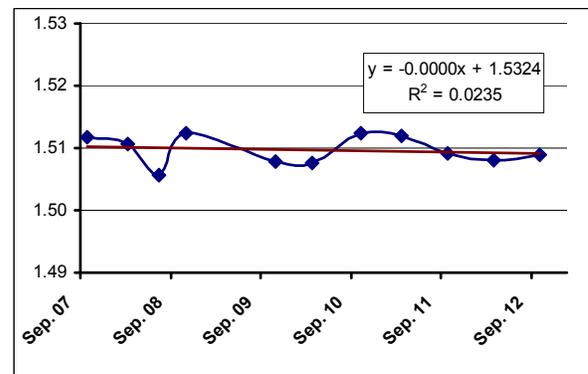


Abb. 13: Langeness SEB 2,
R 3476509, H 6056813, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Intensive Rinderweide

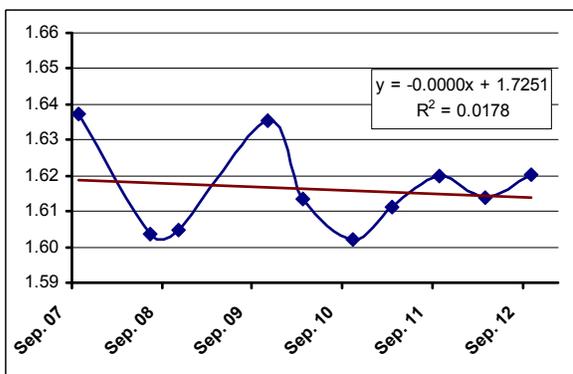


Abb. 14: Langeness SEB 3,
R 3476500, H 6056932, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Keine (Brache)

Die drei SEB-Stationen liegen im Bereich der „WWF-Fläche“ nahe der Peterswarf. In der WWF-Fläche wird die Auswirkung unterschiedlicher Beweidungsintensitäten auf Fauna und Flora untersucht. SEB 1 und 3 befinden sich in einer z.Zt. ungenutzten Brache mit einem dichten und bis zu 70cm hohen Grasbewuchs. Sowohl die dichte Vegetationdecke als auch der lockere Humushorizont erschweren die Erzeugung exakter Messwerte. Die starken Ausschläge in der graphischen Darstellung sind auf diese Unwägbarkeiten zurückzuführen.

SEB 2 befindet sich auf einer intensiv genutzten Rinderweide mit sehr kurzer Vegetation. Ein Oberflächenwachstum ist aber auch hier bisher nicht erkennbar.

3.2.3 Nordmarsch

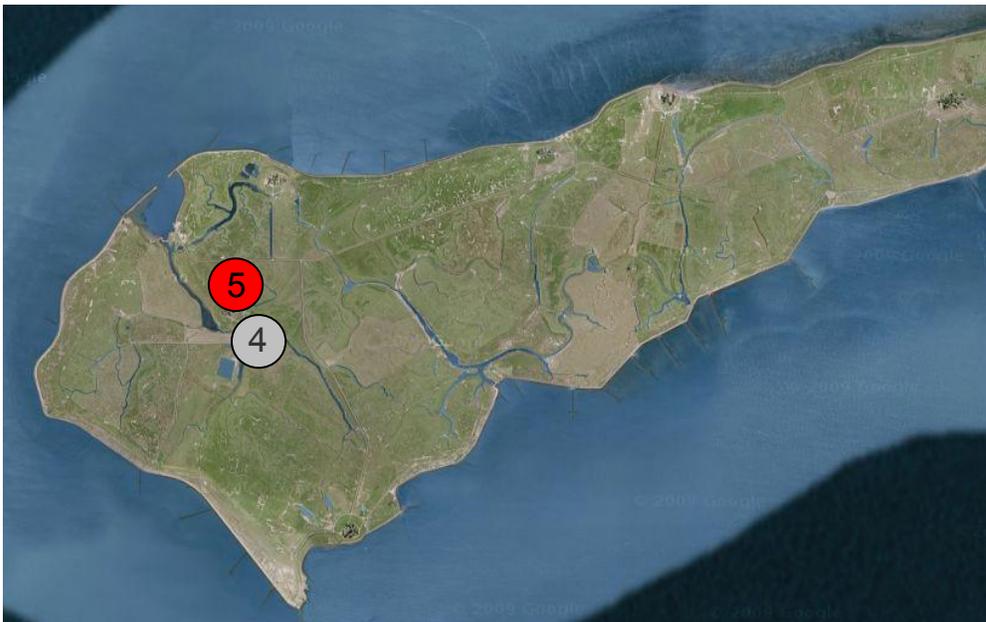
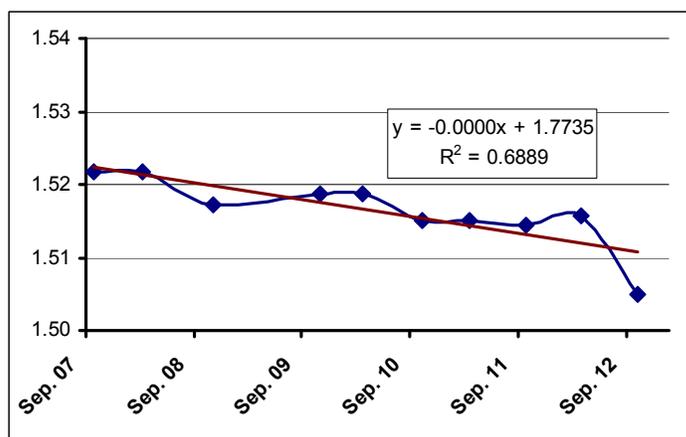


Abb. 15: Lage der SEB-Stationen auf Nordmarsch



SEB 5 auf Nordmarsch weist keinen Wachstumstrend auf. In 2012 wurde die Beweidung auf der Fläche intensiviert. SEB 4 wurde unbekannterweise entfernt.

Abb.16: Nordmarsch SEB 5
R 3470080, H 6055743, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Intensive Rinderweide

3.2.4 Nordstrandischmoor

Seit September 2008 weisen die meisten SEB-Stationen auf Nordstrandischmoor ein geringes, aber positives Wachstum auf. Das Minimum im Herbst 2008 ist vermutlich auf verstärkten Viehtritt im Umfeld, der in 2008 noch ungekürzten Pfosten zurückzuführen. Die stärksten Schwankungen zeigen sich wieder in der Brachefläche (SEB 2), was auf die dichte Vegetationsdecke aus Strandquecke und einer Lage von unzersetzter Organik zurückzuführen ist. Die Brachefläche um SEB 2 wird seit 2012 wieder als Weide genutzt, was auch die Absenkung des letzten Messwertes erklärt, während bei den anderen Stationen zuletzt ein Wachstum erkennbar ist. Die durch Weidevieh zerstörte SEB-Station 4 wurde rekonstruiert, sodass die Messung nach einer Unterbrechung weitergeführt werden konnte.



Abb. 17: Lage der SEB-Stationen auf Hallig Nordstrandischmoor

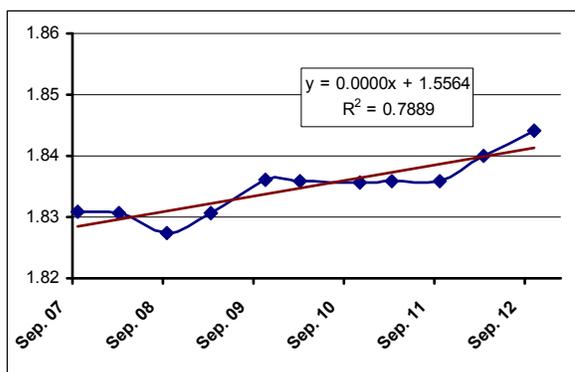


Abb. 18: Nordstrandischmoor SEB 1
R 3487249, H 6046759, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Rinderweide

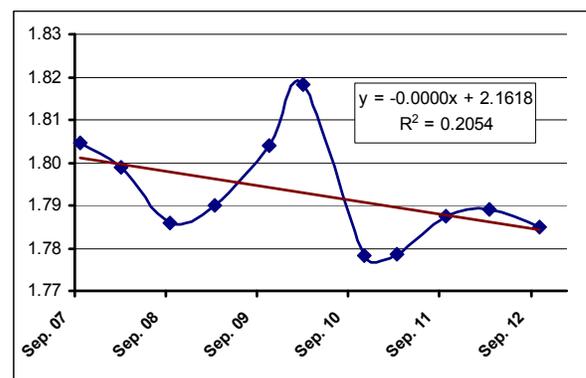


Abb. 19: Nordstrandischmoor SEB 2
R 3487797, H 60467080, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Brache, seit 2012 Weide

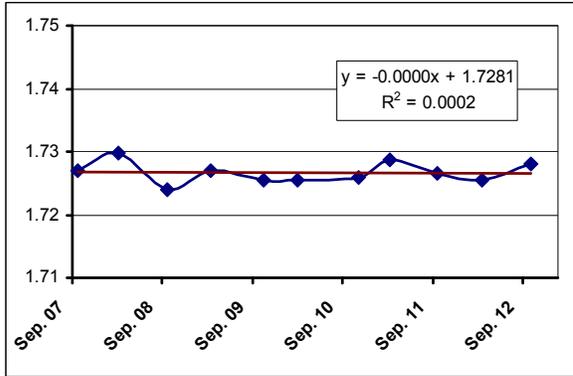


Abb. 20: Nordstrandischmoor SEB 3,
R 3488544, H 6046188, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Extensive Schafweide

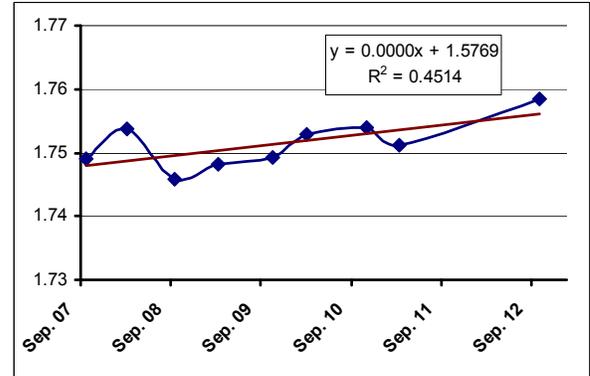


Abb. 21: Nordstrandischmoor SEB 4,
R 3487978, H 6046764, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Extensive Schafweide

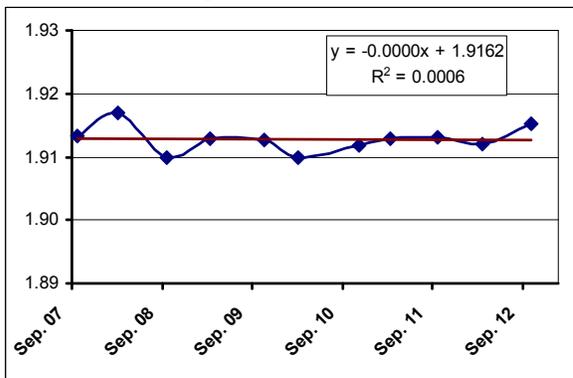


Abb. 22: Nordstrandischmoor SEB 5,
R 3487083, H 6047067, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Intensive Weide

3.2.5 Süderoog



Abb. 23: Lage der SEB-Stationen auf Hallig Süderoog

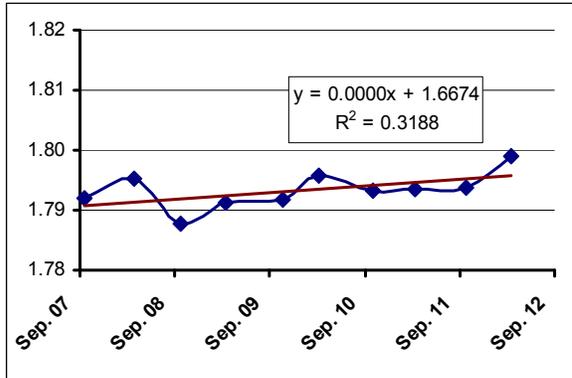


Abb. 24: Süderoog SEB 2

R 3471421, H 6037264, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Extensive Schafweide

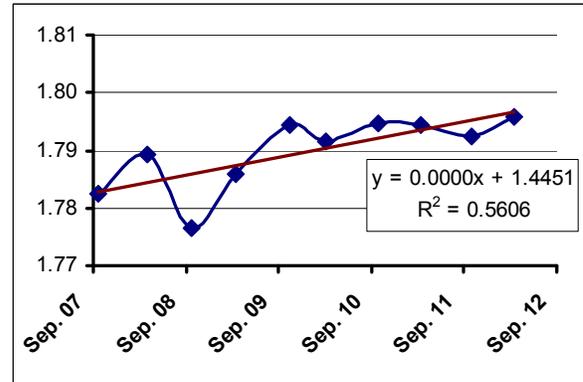


Abb. 25: Süderoog SEB 5

R 3471037, H 6037045, Höhe in m ü.NN
Nutzung: Unbeweidete Salzwiese

Die Entwicklung des Oberflächenwachstums auf Süderoog ähnelt der auf Nordstrandischmoor bei etwas höheren Wachstumsraten. Die durch Weidevieh zerstörten SEB-Stationen 1, 3 und 4 wurden wieder neu installiert.

3.3 Vorläufige Schlussfolgerung zum Oberflächenwachstum

Trotz voneinander abweichender Ergebnisse zeichnet sich bei den verwendeten Methoden (Sedimentfallen und SEB) ab, dass das Oberflächenwachstum auf den großflächigen Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness deutlich langsamer voranschreitet als der jüngste MTHW-/MSL-Anstieg ($4.9/4.5\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ in 1990-2008) im nordfriesischen Wattenmeer. Die bisherigen Beobachtungen reichen zwar nur bis ins Jahr 2007 zurück, doch traten in diesem Zeitraum zwei Winterhalbjahre (2007/08 und 2011/12) mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl von Überflutungen auf. Selbst in diesen Ausnahmewinterhalbjahren reichte die akkumulierte Sedimentmenge nicht aus, den jüngsten lokalen MTHW-/MSL-Anstieg zu kompensieren.

Zwischen 2007 und 2012 konnte bei keiner SEB-Station ein Wachstumswert von 4.9 bzw. 4.5 mm/a oder mehr festgestellt werden. Bei den kleinen Halligen Nordstrandischmoor und Süderoog fällt der Trend seit Herbst 2008 positiv aus, was bedingt durch die Pfostenkürzung vermutlich auf geringeren Viehtritt an den SEB-Pfosten zurückzuführen ist. Bei den großen Halligen zeigt nur SEB 5 auf Hooge mit ca. 2.4mm/a ein eindeutiges wenn auch nicht ausreichendes Wachstum.

Seit Herbst 2007 kam es zu zahlreichen Überflutungen, jedoch traten in diesem Zeitraum keine schweren Sturmfluten auf. Eventuell bewirken die seltenen, aber deutlich höheren Sturmfluten plötzliche Wachstumsschübe.

Es deutet sich an, dass der Zustand einer zu geringen Sedimentakkumulation auf den großen Halligen schon länger andauert. Genaue Vermessungen der Oberflächenhöhe ergaben, dass weite Teile von Hooge und Nordmarsch-Langeness mittlerweile so niedrig gelegen sind, dass diese beiden Halligen ohne Uferschutzbauwerke bereits bei einem mittleren Tidehochwasser vernässen würden (SCHINDLER et al. in prep.). Bei einem normalen Springtidehochwasser von ca. 30cm über MTHW würden diese Halligen größtenteils unter Wasser stehen.

Aus den bisherigen Beobachtungen lässt sich trotz zahlreicher Unwägbarkeiten ableiten, dass grundsätzlich die Notwendigkeit besteht, den Prozess der natürlichen Sedimentakkumulation zu unterstützen, um die langfristige Existenz der Halligen bei einem weiterhin steigenden Meeresspiegel zu gewährleisten.

4. Gestaltung und Einrichtung der Versuchsfelder

Die im Projekt eingerichteten Versuchsflächen zur Erhöhung der natürlichen, überflutungsbedingten Sedimentakkumulation besitzen eine methodische Gemeinsamkeit: Sämtliche Maßnahmen sollen das nach einem Landunter von der Hallig strömende Wasser bremsen. Insbesondere der Abstrom des Restwassers soll ausreichend genug verlangsamt werden, so dass sich Schwebstoffe absetzen können bzw. bereits locker abgelagertes Sediment nicht wieder resuspendiert wird.

Untersucht werden naturnahe Maßnahmen, die den natürlichen Sedimentationsprozess unterstützen sollen. Sie sollen weder die Grünlandnutzung noch die Interessen des Naturschutzes nachteilig beeinträchtigen.

Auf den Halligen Hooge und Nordmarsch werden in insgesamt 3 Versuchsfeldern (A, B und C) verschiedene Maßnahmen zwecks Erhöhung der Sedimentakkumulation getestet. Um die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen quantifizieren zu können, grenzen an die Maßnahmenflächen stets gleichartige Referenzflächen, in denen parallel die Sedimentakkumulation bestimmt wird.

Die baulichen Maßnahmen wurden Anfang Oktober 2009 zusammen mit Dieter Schultz (LKN) geplant. Die Umsetzung erfolgte durch die auf den Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness ansässigen Mitarbeiter des LKN im Frühjahr 2010.

4.1 Versuchsfeld A – Hooge

Das Versuchsfeld A befindet sich inmitten der Hallig Hooge (**Abb. 26**), welches von der Gemeinde Hooge für das Projekt kostenlos zur Verfügung gestellt wurde. Mit einer Länge von 640m und einer Breite von 70m bedeckt das Versuchsfeld A eine Fläche von ca. 4,5 ha. Es wird im Süden und im Norden von zwei parallel verlaufenden Gräben begrenzt. Der Rest eines Halligpriels verläuft etwa in der Mitte des Versuchsfeldes. Die zentrale Lage des Versuchsfeldes A innerhalb der Hallig Hooge bedeutet aufgrund der relativen Uferferne, dass das Areal in einem Bereich gelegen ist, in dem von Natur aus weniger Sediment abgelagert wird als auf der restlichen Hallig.

Bisher diente diese Fläche als extensives Grünland sowie im Jahr 2001 als Sodenentnahmestelle für Aufwartungen. Für das Projekt wurde das Versuchsfeld A in sechs etwa gleich große Flächen unterteilt; in 3 Maßnahmenflächen (A1, A3 und A5) sowie in 3 Referenzflächen (A2, A4 und A6) (**Abb.26**).

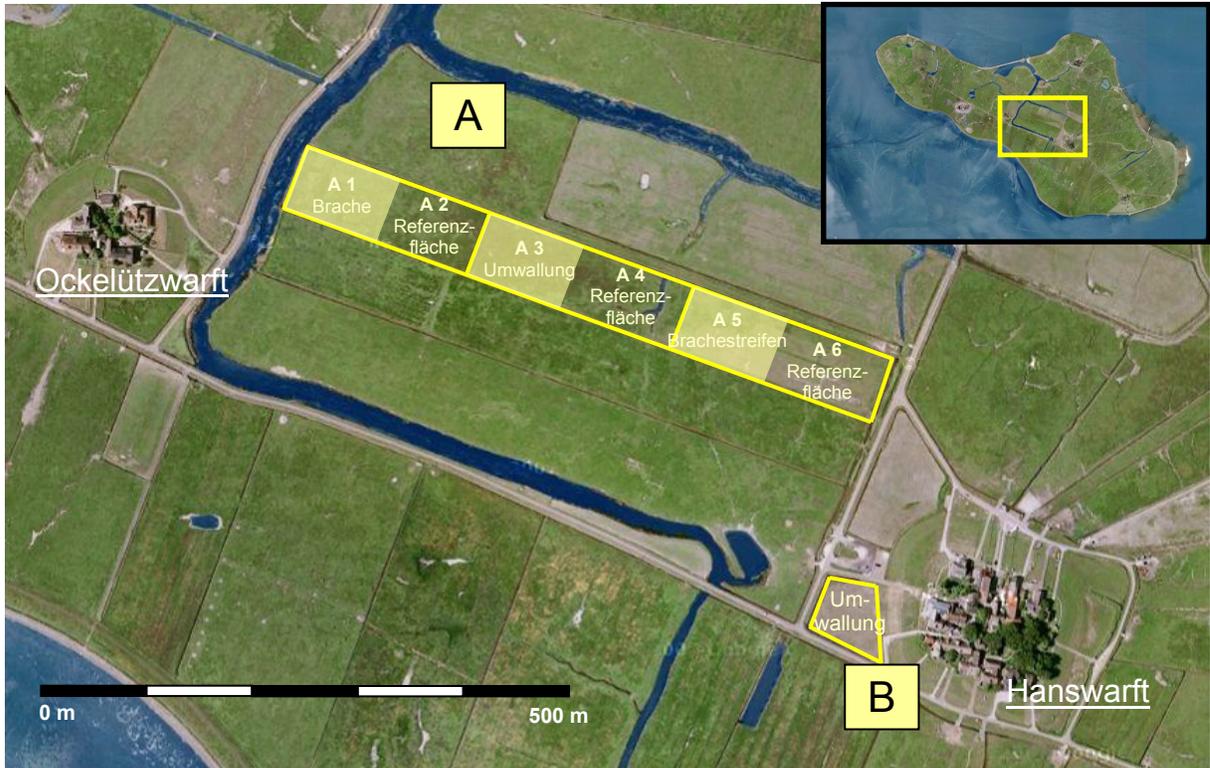


Abb. 26: Lage der Versuchsfelder A und B auf Hallig Hooge. Die Maßnahmenflächen in Versuchsfeld A sind gelb unterlegt.

4.1.1 Maßnahme: Brache (A 1)

Der westlichste Teil des Versuchsfeldes A wurde vollständig aus der Nutzung herausgenommen. Die Fläche ist durch einen Stacheldrahtzaun von der östlich angrenzenden, beweideten Referenzfläche abgetrennt. In der neugeschaffenen Brachefläche soll durch die höher aufwachsende Vegetation die Strömung in Bodennähe während einer Überflutung gebremst werden und auf diese Weise eine höhere Sedimentakkumulation bewirken als in der angrenzenden Referenzfläche.



Abb. 27: Zaun zwischen unbeweideter Brachefläche (links) und beweideter Referenzfläche (rechts) im Oktober 2010 auf Versuchsfeld A (Hooge).

Im Frühjahr und Sommer 2010 fielen auf den Halligen nur wenig Niederschläge, so dass sich die Vegetation nicht in dem Maße entwickeln konnte, wie es für eine repräsentative Untersuchung notwendig gewesen wäre. Die Vegetationshöhe in der Brachefläche unterschied sich im Herbst 2010 nur unwesentlich von der benachbarten, extensiv beweideten Referenzfläche (**Abb. 27**).

Die feuchte Witterung im Sommer 2011, wirkte sich positiv auf die Vegetationsentwicklung in der Brache aus, sodass sich zu Beginn des Herbst 2011 ein deutlicher Unterschied in der Vegetationshöhe und -dichte zwischen der Brache und der angrenzenden Referenzfläche ausprägte.

Die im äußersten Westen des Versuchsfeldes A gelegene Brachefläche wird im Westen durch den Halligpriel „Flieth“ begrenzt. Die Brachefläche befindet sich auf dem ca. 100m breiten Uferwall der Flieth in einer topographische Höhe von ca. 1.80m -2.10m ü.NN. Damit liegt diese Fläche bis zu 70cm höher als die östlich angrenzenden Maßnahmen- und Referenzflächen des Versuchsfeldes A. Die Brachefläche wird nur bei Binnenwasserständen von mehr als 2.10m ü. NN vollständig überflutet. Im sturmflutreichen Winterhalbjahr 2011/12 erfolgte eine vollständige Überflutung der Brachefläche nur 7 mal, während die restlichen Bereiche des Versuchsfeldes A bis zu 19mal überflutet worden sind.

4.1.2 Maßnahme: Umwallte Fläche mit oberirdischer Entwässerung (A 3)

Die Gestaltung des Maßnahmenfeldes „Umwallung“ erforderte einen größeren Aufwand. Dieses Versuchsfeld wurde von einem ca. 2 bis 3m breiten und 40-60cm hohen Erdwall mit einer Gesamtlänge von etwa 340m umgeben. Das Wallbaumaterial wurde bereits im November 2009 aus den 2 Gräben entnommen, die das Versuchsfeld A im Norden und Süden begrenzen. Es wurden dabei über 1300m Grabenstrecke ausgebaggert. Im April 2010 wurde das Baggergut zusammengetragen, daraus der Wall modelliert (**Abb.28**) und abschließend Gras eingesät.



Abb. 28: Modellierung der umwallten Maßnahmenfläche im Versuchsfeld A (Hooge) im April 2010

Die Entwässerung der umwallten Fläche im Versuchsfeld A erfolgt oberirdisch durch insgesamt 4 Durchlässe in die angrenzenden Gräben. Die Durchlässe sind jeweils etwa 4m breit und mit Holzpflocken und Faschinen ausgestattet (**Abb. 29**). Die Faschinen sollen das ablaufende Wasser

bremsen, so dass sich zum einen Schwebstoffe im umwallten Becken absetzen können und es zum anderen nicht zu Erosionserscheinungen an den Durchlässen kommt.



Abb. 29: Oberirdischer Durchlass zur Entwässerung der umwallten Maßnahmenfläche im September 2010



Abb. 30: Weitgehend vegetationsfreier Wall im Versuchsfeld A (Hooge) im Juli 2010

Neben der trockenen Witterung im Sommer 2010 behinderte das ausgasende faulschlammreiche Wallbaumaterial das Auflaufen der mehrfach ausgebrachten Grassaat, so dass die Grasnarbe auf dem Wall bis in den Herbst hinein lückenhaft blieb (**Abb. 30**). Im Herbst und Winter 2010/11 kam es zu zwei Sturmfluten, bei denen der Wall im Versuchsfeld A beim Überströmen und durch Wellenschlag an den vegetationsfreien Stellen stark beschädigt wurde (**Abb. 53**). Es kam glücklicherweise aber nicht zu einem vollständigen Bruch des Walls.

Bereits im März 2011 wurden die beschädigten Stellen wieder ausgebessert. Die erneute Graseinsaat erfolgte im April. Im Laufes des Sommers 2011 erfolgten mehrere Nachsaaten sowie künstliche Bewässerung, sodass zu Beginn des Herbstes 2011 der Wall von einer geschlossenen Grasnarbe bedeckt wurde. Ab September 2011 wurde die umwallte Maßnahmenflächen von Schafen beweidet. Bei den Überflutungen des Winterhalbjahres 2011/12 kam es zu keinen bedeutsamen Schäden an der Umwallung. Jedoch zeigen sich seit August 2012 bei den Auslässen die ersten Zersetzungserscheinungen an den Holzpfosten und Faschinenbündeln.

Das Top des Walls verläuft in einer topographischen Höhe von $2.01\text{m} \pm 0.03\text{m}$ ü. NN. Die mittlere Flächenhöhe liegt bei 1.50m bis 1.60m ü. NN. Eine Überströmung des Walls erfolgt erst bei Binnenwasserständen ab ca. 2.00m ü. NN. Ab 1.50m ü. NN strömt das Wasser über die oberirdischen Auslässe in die Fläche. Das Fluten der Fläche geht über diesen Weg jedoch so langsam vonstatten, dass die umwallte Fläche hauptsächlich durch Überströmen des Walls geflutet wurde, sofern ein Wasserstand von mehr als 2.00m ü. NN erreicht wurde. Im Winter 2011/12 wurde die umwallte Maßnahmenfläche 19mal überflutet; dabei strömte das Wasser jedoch nur 7mal über den Wall.

4.1.3 Maßnahme Brachestreifen (A 5)

In dieser Maßnahme wird ein ca. 2-3m breiter Streifen zwischen der Weide und den angrenzenden Gräben nicht beweidet (Abb. 31a). Die Grundidee dabei ist, dass die am Rand einer Weide hoch aufwachsende Vegetation das nach einem Landunter zum Graben ablaufende Restwasser bremst. Da das Versuchsfeld A mit Ausnahme der Brache beweidet wird, wurde es notwendig vor den Gräben einen Stacheldrahtzaun zu ziehen. Dieser zieht sich an den Grenzen zu den benachbarten Referenzflächen von den Gräben aus rechtwinklig noch ca. 20m in die Fläche hinein (Abb. 31b), um eine potentielle Entwässerung der Versuchsfläche über die angrenzenden Referenzflächen ebenfalls zu verlangsamen.



a



b

Abb. 31 a,b: Abgezügelter Bereich in der Maßnahmenfläche Brachestreifen im Versuchsfeld A (Hooge)

Wie bereits bei der Maßnahme „Brache“ erläutert, litt die Maßnahme „Brachestreifen“ ebenso unter den geringen Niederschlagsmengen in 2010. Die Vegetationshöhe des Brachestreifens unterschied sich im Herbst 2010 nur unwesentlich von dem beweideten Teil dieser Versuchsfläche. Erst im Sommer 2011 entwickelte sich eine deutlich höhere Vegetation in dem Brachestreifen als in der beweideten Fläche.



Abb. 32: Maßnahmenfeld A 5 („Brachestreifen“) bei ablaufenden Hochwasser im Januar 2012. Deutlich ist der höher aufgewachsene Vegetationsstreifen rechts des Zaunes erkennbar.

4.2 Versuchsfeld B – Hooge

Maßnahme: Umwallte Fläche mit unterirdischer Entwässerung

Das ca. 4000m² große Versuchsfeld B befindet sich inmitten der Hallig Hooge und grenzt östlich an die Hanswarft (Abb. 26, 33). Die Fläche ist im Norden, West und Süden von einem Graben umgeben. Bei dem Versuchsfeld B handelt es sich um eine weitere umwallte Fläche. Der Wall ist aufgrund der Unebenheit des Versuchsfeldes B zwischen 30cm und 70cm hoch und an seiner Basis jeweils zwischen 1.5m und 3.0m breit.



Abb. 33: Blick von Westen auf Versuchsfeld B (Hooge) im Juli 2010. Im Hintergrund Hanswarft.



Abb. 34: Blick von der Hanswarft auf Versuchsfeld B (Hooge) im Juli 2010.

Im Gegensatz zur umwallte Fläche im Versuchsfeld A erfolgt die Entwässerung in Versuchsfeld B unterirdisch mit Hilfe von Drainagerohren. Diese wurden in 30-60cm tiefen Gräben verlegt, die mit Schillsand verfüllt und abschließend mit Grassoden bedeckt wurden (Abb. 35 - 37). Der Grabenaushub wurden für den Bau der Umwallung verwendet.



Abb. 35: Aufschüttung des Walls in Versuchsfeld B und verlegen der Drainage im Mai 2010.



Abb. 36: Drainagerohre im offenen Graben.



Abb. 37: Mit Schillsand verfüllte Gräben.

Die im Mai 2010 aufgetragene Grassaat ging erfolgreich auf, sodass im Herbst 2010 der Wall von einer geschlossenen Grasnarbe bedeckt war. Im Winterhalbjahr 2010/11 kam es bei zwei Sturmfluten nur zu geringfügigen Schäden an der Umwallung, die im Sommer 2011 wieder behoben wurde.

Das Top des Walls von Versuchsfeld B verläuft in einer topographischen Höhe von $1.89\text{m} \pm 0.03\text{m}$ ü. NN. Die mittlere Flächenhöhe liegt bei 1.20m bis 1.60m ü. NN. Über die Drainagerohre gelangen nur sehr geringe Wassermengen in die Fläche.

Für das Versuchsfeld B konnte keine räumlich definierte Referenzfläche ausgewiesen werden. Als Referenzbereiche (B 2) dienen daher die Grünlandflächen, die die umwallte Maßnahmenfläche (B 1) nördlich, westlich und südlich umgeben (**Abb. 43**). Im Winterhalbjahr 2011/12 wurde die umwallte Fläche des Versuchsfeldes B neunmal überflutet; die umgebenden Referenzbereiche wurden 19mal überflutet.

Versuchsfeld B befindet sich in Privatbesitz und ist an einen Landwirt verpachtet. Die Fläche findet Verwendung als Schafweide oder zur Heuproduktion. Die umgebenden Referenzbereiche werden zur Heugewinnung, als Rinderweide sowie als Pferdekoppel genutzt.

4.3 Versuchsfeld C – Nordmarsch

Maßnahme: Steinbarrieren im Halligpriel

Im Winterhalbjahr 2007/08 konnte trotz der wesentlich häufigeren Überflutungen auf Nordmarsch (ca. 20 Landunter) und Langeness (ca. 14 Landunter) keine deutlichen Unterschiede bei der akkumulierten Sedimentmenge gegenüber Hooge (7 Landunter) festgestellt werden (**Abb. 1**). Die relativ geringe Sedimentakkumulation ist vermutlich auf die schnellere Entwässerung von Nordmarsch-Langeness nach einem Landunter zurückzuführen (**Abb. 53, Tab. 4**). Auf Hooge verlängern hochliegende Sieltore bzw. Spundwände vor den Sieltoren den Entwässerungszeitraum um mehrere Stunden. Auf Nordmarsch-Langeness fehlen vergleichbare Bauwerke in den Halligprieln.

Das Versuchsfeld C befindet sich im äußersten Westen von Nordmarsch, unmittelbar hinter dem Westufer (**Abb. 38**). Das Versuchsfeld C gliedert sich in eine Maßnahmenfläche (C 1) und in eine ca. 150 m nördlich gelegene Referenzfläche (C 2), die nicht unmittelbar aneinander grenzen (**Abb. 39**).

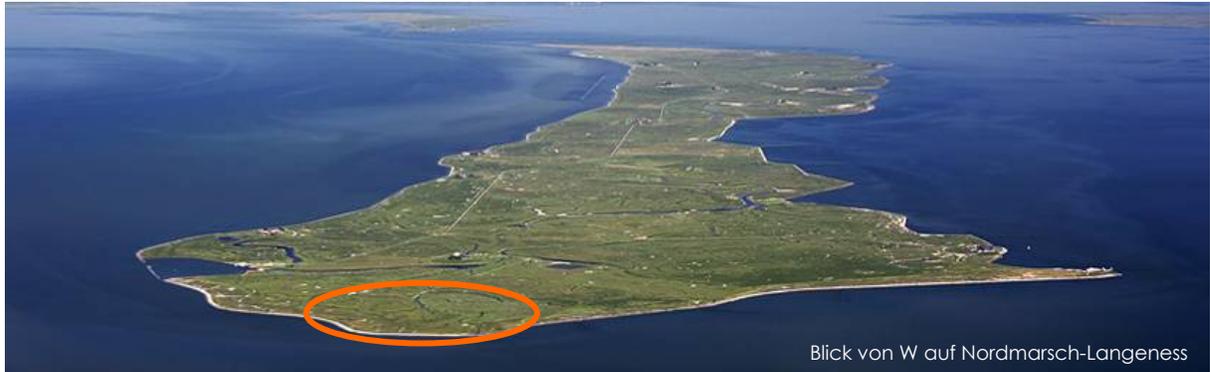


Abb. 38: Lage von Versuchsfeld C im äußersten Westen von Nordmarsch.

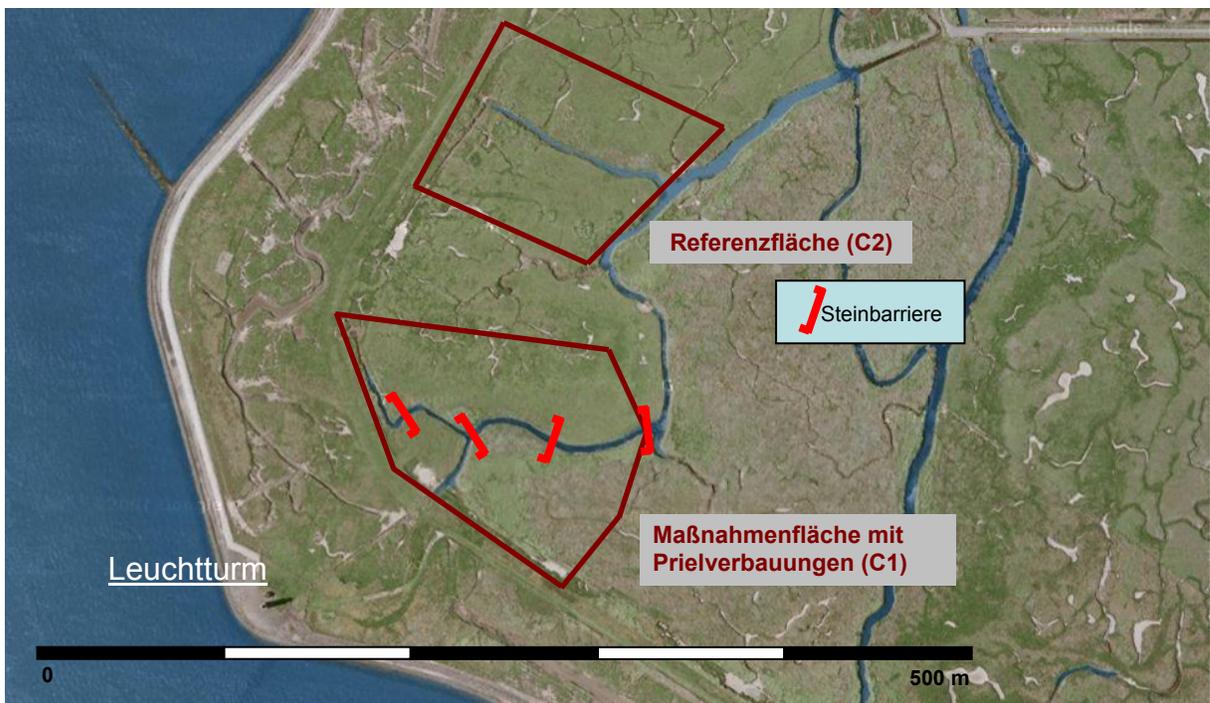


Abb. 39: Lage der Untersuchungsflächen im Versuchsfeld C

Die beiden Flächen sind randlich nicht scharf abgrenzbar. Sie verlaufen jeweils entlang eines 150m und 200m langen Halligpriels, die am Westdeich beginnend zunächst nach Osten Richtung Halligmitte fließen, um dann am östlichen Ende der Untersuchungsflächen in einen nach Nordosten strömenden Priel einmünden. Dieser entwässert über den Halligpriel „Jelf“ am Nordwestende von Nordmarsch ins Wattenmeer.

Im Priel der Maßnahmenfläche C1 wurden im März 2010 insgesamt 4 Steinbarrieren aus groben Gabbroblöcken (30-60cm Durchmesser) geschüttet, die das Durchflussprofil des Priels verkleinerten. Die Ausführung erfolgte im März 2010 zunächst in einer anderen Form, als es die Planung ursprünglich vorgesehen hatte (**Abb. 40**). Erst im Winter 2011 erfolgte dann die endgültige Gestaltung. Dabei wurde das Grabenprofil noch weiter eingeengt. Die Steinpackung wurde erhöht und mit einer internen Holzpfostenreihe stabilisiert (**Abb. 41**). Um die Durchlässigkeit für Kleinorganismen (Garnelen, Jungfische, etc.) zu ermöglichen wurde beim Bau der Steinbarrieren auf Fliese oder andere abdichtende Materialien verzichtet.



Abb. 40: Vorläufige Steinbarriere in der Maßnahmenfläche C 1 im März 2010.



Abb. 41: Erhöhte Steinbarriere mit interner Pfostenreihe seit Januar 2011.

Mit dieser Maßnahme soll erreicht werden, dass bei einem Landunter die Hauptwassermenge zunächst möglichst schnell über die Prielverbauung hinweg ablaufen kann. Erst das von der Fläche in Richtung des Priels abströmende Restwasser soll durch die Steinbarrieren gebremst werden. Der Bremseffekt soll sich möglichst nur auf das Restwasser auswirken. Dieses kann aufgrund sinkender Wasserstände im Halligpriel nicht mehr über die Steinbarrieren hinweg fließen, sondern es muss sich seinen Weg durch die Steinbarriere hindurch bahnen. Nach dem vollständigen Abfließen des Wassers soll in dem Halligpriel mit den Steinbarrieren ein vergleichbar niedriger Wasserstand vorherrschen, wie in dem unverbauten Referenzpriel.

Das Versuchsfeld C befindet sich im Privatbesitz zweier ortsansässiger Familien. Es wurde für das Forschungsprojekt kostenlos zur Verfügung gestellt. Die nördliche Hälfte der Maßnahmenfläche C1 wird als Weide genutzt. Die südlich dieses Prieles gelegene Flächenhälfte war eine ungenutzte Brache, die seit dem Sommer 2012 wieder beweidet wird. Die Referenzfläche C2 wird vollständig beweidet.

5. Ausstattung der Versuchsfelder

Die Versuchsfelder wurden in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 vollständig mit Sedimentfallen ausgestattet, mit der ursprünglichen Absicht sämtliche Überflutungen einzeln zu beproben. Darüber hinaus wurden „Sedimentation-Erosion-Bars“ (SEB) und „Sedimentation-Erosion-Plates“ (SEP) installiert, die als Messstationen für ein langfristig angelegtes Monitoring fungieren sollen. Im Gegensatz zu den Sedimentfallen können mit Hilfe der SEBs und SEPs auch Setzungprozesse in den oberen Dezimetern des Halligbodens, sowie potentielle Bodenerosion quantifiziert werden.

Dauerhaft installierte, modifizierte Tassenpegel sollen Einblicke in die vertikale Sedimentverteilung innerhalb der Wassersäule bei Überflutungen ermöglichen und damit Informationen über das Akkumulationspotential liefern.

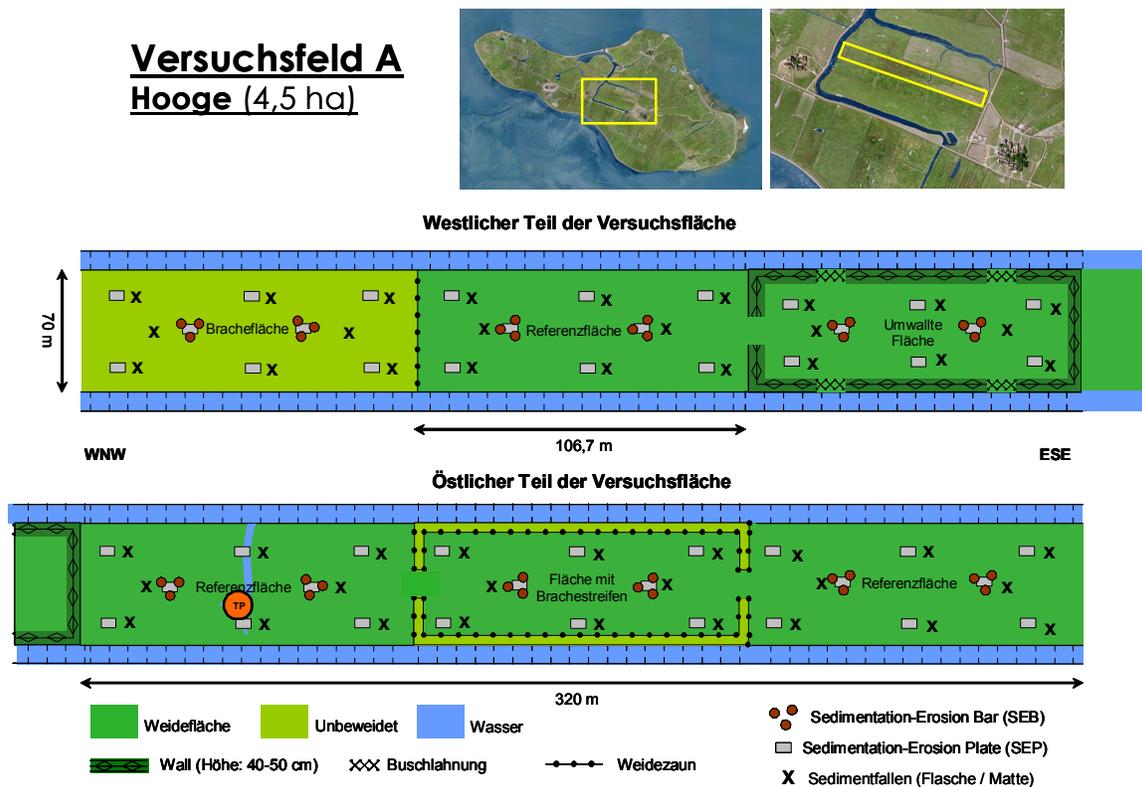


Abb. 42: Ausstattung des Versuchsfeldes A (Hooge) in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12.

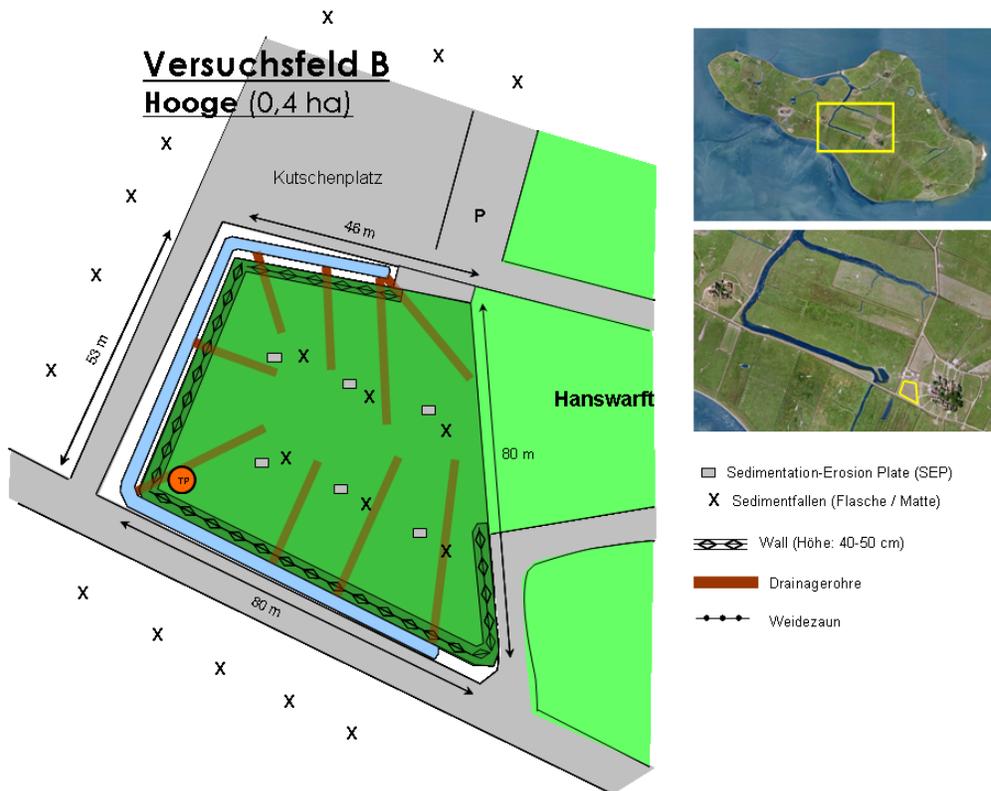


Abb. 43: Ausstattung des Versuchsfeldes B (Hooge) im Winterhalbjahr 2010/11. Im Winterhalbjahr 2011/12 wurde die Anzahl der Sedimentfallen innerhalb der Umwallung von 6 auf 9 erhöht.

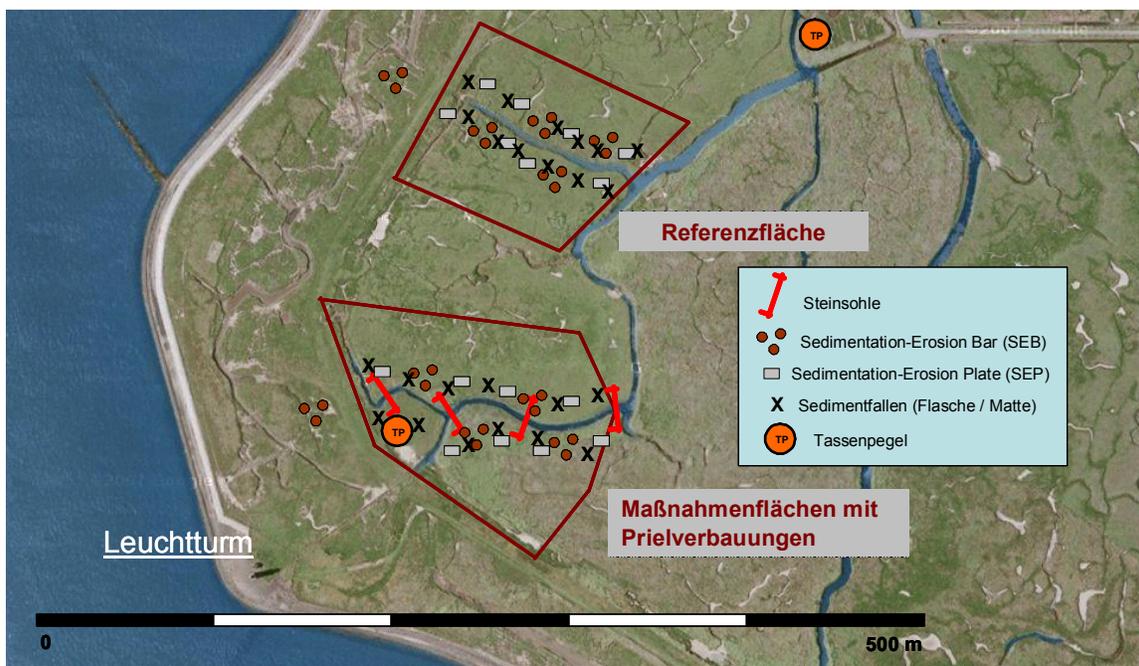


Abb. 44: Ausstattung des Versuchsfeldes C (Nordmarsch) im Winterhalbjahr 2010/11. Im Winterhalbjahr 2011/12 wurde die Anzahl der Sedimentfallen von 24 auf 30 erhöht.

5.1 Sedimentfallen

Von Oktober 2010 bis März 2011 waren auf Hooge und Langeness permanent 102 Fallen-Kombinationen installiert. Im Winterhalbjahr 2011/12 wurde die Anzahl auf 111 erhöht.

Im Versuchsfeld A waren insgesamt 48 Flaschen-Matten-Kombination installiert; jeweils 8 pro Maßnahmen- bzw. Referenzfläche. Diese wurden weitgehend gleichmäßig über die einzelnen Flächen angeordnet (**Abb. 42**). Innerhalb der umwallten Fläche des Versuchsfeldes B wurden 6 Sedimentfallen-Kombination installiert (erhöht auf 9 im Winterhalbjahr 2011/12), sowie 12 weitere Fallen-Kombinationen im umgebenden Referenzbereich positioniert (**Abb. 43**). Darüber hinaus wurden im Norden, Süden, Osten und Westen von Hooge in der Umgebung von den im Jahr 2007 installierten SEB-Stationen (**Abb. 6**) jeweils 3 Sedimentfallenkombinationen installiert. Auf Nordmarsch wurde das Versuchsfeld C im Winterhalbjahr 2010/11 mit 24 und im Winterhalbjahr 2011/12 mit insgesamt 30 Sedimentfallen-Kombinationen bestückt.

5.2 Sedimentation-Erosion-Bars (SEB)

Die Installation der SEB-Pfosten erfolgte im Juli 2010 nach Abschluss der Gestaltungsarbeiten auf den jeweiligen Versuchsfeldern. Unmittelbar danach wurde die erste Messung durchgeführt. Auf Hooge wurden im Versuchsfeld A insgesamt 12 SEB-Stationen eingerichtet; jeweils 2 pro Untersuchungsfläche. Durch Eisdrift wurde bei Sturmflut „Lukas“ eine SEB-Station innerhalb der Referenzfläche A 2 zerstört.

Im Versuchsfeld B wurden aufgrund von befürchteten Einschränkungen bei der Grünlandnutzung keine SEB-Stationen installiert.

Im Versuchsfeld C auf Nordmarsch wurden insgesamt 10 SEB-Stationen (5 pro Untersuchungsfläche) installiert. Die exakte Bestimmung der Höhenlage der im Projekt SAHall II neuinstallierten SEB-Pfosten erfolgte durch die Mitarbeiter des LKN Husum. Die erste SEB-Messung nach der Installationsmessung erfolgte im März 2011.

Mit dieser Messmethode sind brauchbare Aussagen zum Oberflächenwachstum der Halligen frühestens drei bis fünf Jahre nach der Installation möglich. Der Vorteil von SEBs gegenüber SEPs liegt in der größeren Fläche, deren Höhenwachstum pro Messdurchgang bestimmt werden kann.

5.3 Sedimentation-Erosion-Plates (SEP)

Die Sedimentation-Erosion-Plates sind an der Oberfläche nicht erkennbar und daher auch nicht von übermäßigem Viehtritt beeinträchtigt. Bei den Sedimentation-Erosion-Plates handelt es sich um 30cm*30cm große und 3mm starke Metallplatten, die in ca. 40 cm Bodentiefe horizontal installiert wurden (**Abb. 45, 46**). Die Bestimmung des Oberflächenwachstums erfolgt zweimal im Jahr mit Hilfe eines senkrecht in den Boden gedrückten Messstabes. Für das Wiederauffinden der vergrabenen Platten ist ein Metalldetektor notwendig (**Abb. 47**).

Im Versuchsfeld A wurden insgesamt 48 Platten vergraben; jeweils 8 pro Maßnahmen- bzw. Referenzfläche. Diese wurden weitgehend gleichmäßig über die einzelnen Flächen verteilt angeordnet. Im Maßnahmenbereich des Versuchsfeldes B wurden 6 Platten vergraben. Im Referenzbereich wurden aufgrund von Vorbehalten der Grundbesitzer bisher keine Platten installiert. Im Versuchsfeld C auf Nordmarsch wurden insgesamt 16 SEP-Stationen (8 pro Untersuchungsfläche) eingerichtet.



Abb. 45: Verlegung einer SEP-Platte



Abb. 46: Horizontal verlegte SEP-Platte.

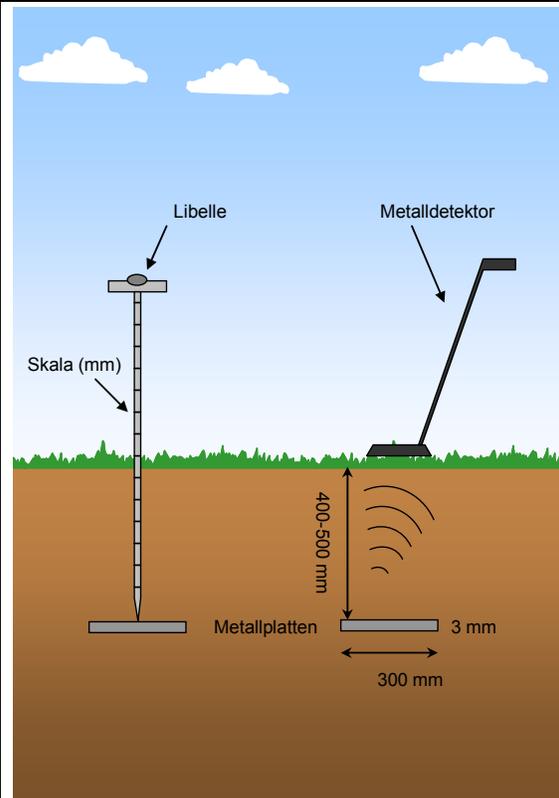


Abb. 47: Bestimmung des Sedimentmächtigkeit an einer SEP-Station. Auffinden der Platten mit Hilfe eines Metalldetektors

Das Verlegen der Platten erfolgte im Sommer 2010. Die erste Bestimmung der Sedimentmächtigkeit konnte erst nach Setzung des Bodenmaterials im März 2011 erfolgen. Es musste jedoch festgestellt werden, dass der Setzungsprozess noch bis in den Sommer 2012 andauerte. Demnach sind Aussagen zum Oberflächenwachstum mit dieser Methode frühestens ab 2013 möglich.

5.4 Tassenpegel

Bei den Tassenpegeln handelt es sich um eine Vorrichtung zum vertikalen Beprobieren der Sedimentfracht innerhalb der Wassersäule während einer Überflutung. Die Metallwerkstatt des geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen fertigte für das Forschungsprojekt insgesamt 4 Tassenpegel an. Die Außenausmaße der Tassenpegel betragen 300cm * 25cm * 25cm (**Abb. 48, 49**). Hinter der aufklappbaren Vorderseite befinden sich jeweils 29 übereinander angeordnete und austauschbare Kunststoffbecher mit 6,5cm Durchmesser, 6cm Höhe und 125 ml Fassungsvermögen (**Abb. 50**). Der Abstand von Becherboden zu Becherboden beträgt 10cm. Das Wasser kann über seitliche Öffnungen in den Tassenpegel eindringen.



Abb. 48: Tassenpegel im Versuchsfeld C auf Nordmarsch



Abb. 49: Tassenpegel im Versuchsfeld B mit geöffneten Frontklappen



Abb. 50: Probenahmebecher im Inneren eines Tassenpegels

Die Tassenpegel sind mit einem Stahlträger verschraubt, welcher mit einem Betonfundament im Halligboden verankert ist. Die exakte Höhe des Betonfundamentes wurde vom LKN Husum bestimmt. In Kombination mit den Wasserstandsdaten der jeweiligen Binnenpegel ist es möglich, neben der in einem Becher abgelagerten Sedimentmenge auch die Sedimentationsdauer in einer definierten Höhe auf die Minute genau zuzuweisen.

Jeweils ein Tassenpegel steht in den Versuchsfeldern A und B auf Hooge. Auf Nordmarsch befindet sich ein Tassenpegel in der Maßnahmenfläche des Versuchsfeldes C etwa 100m vom Ufer entfernt. Der vierte Tassenpegel steht abseits der Versuchsfelder und befindet sich auf Nordmarsch nahe der unbewohnten Neu-Peterswarf ca. 350m vom Ufer entfernt (**Abb. 42-44**).

Die Tassenpegel wurden Mitte November 2010 installiert. Nach Sturmflut „Lukas“ im Februar 2011 stellte sich heraus, dass die Becheröffnung mit 6,5cm Durchmesser zu groß war und durch Wellenschlag Sediment aus dem Becher remobilisiert werden konnte. Aus diesem Grunde wurde die Öffnung für die Folgezeit auf 2cm Durchmesser verkleinert.

5.5 Trübungsmessgerät

Ein Trübungsmessgerät Typ ASM IV-L der Firma Argus, Gesellschaft für Umweltmeßtechnik mbH (Ritterhude) kam während der Sturmflut Lukas im Winter 2010/11 auf der Referenzfläche A6 (R 3470826, H 6048813) zum Einsatz. Das Messgerät besteht aus 192 Sensoren, die in einer Edelstahlstange mit einer vertikalen Auflösung von 1cm angeordnet sind und die anorganische Trübstoffkonzentration (= suspendierte Sedimentkonzentration) des unmittelbar umgebenden Wassers messen. Das Meßprinzip beruht auf der Reflektion des ausgesendeten Infrarotlaserlichtes (850nm) an den suspendierten Teilchen. Das Gerät wurde vom Hersteller mit Schlick aus dem Hooger Hafen kalibriert.

Abbildung 51 zeigt die gemessenen Rohdaten während des Landunters am 05.02.2011 (Sturm Lukas).

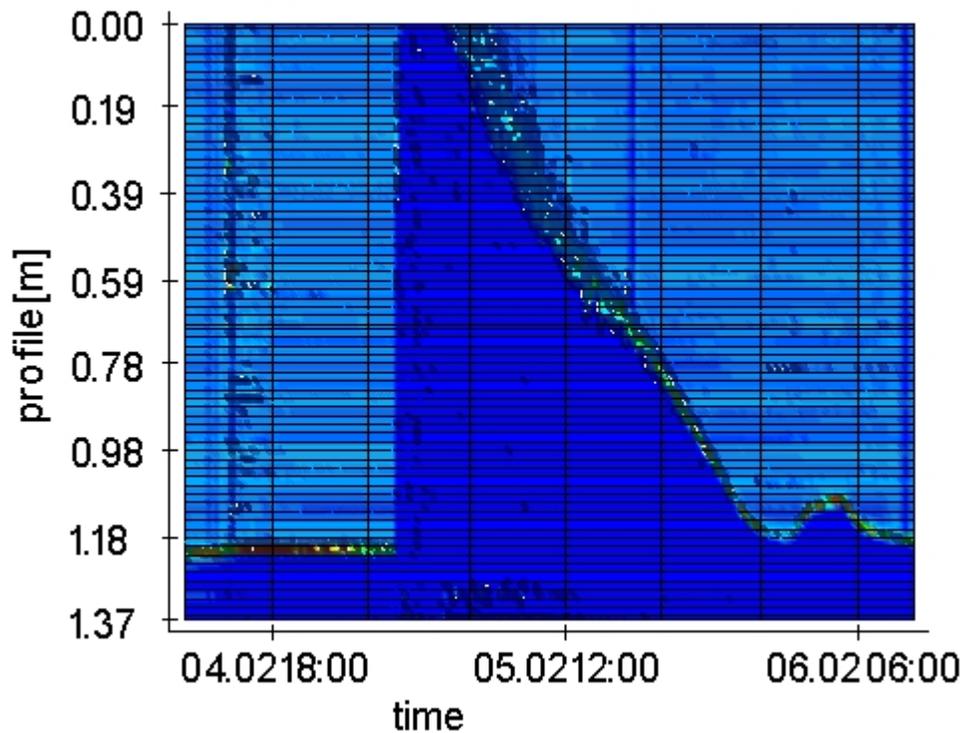


Abb. 51: Rohdaten des Trübesmesgerätes ASM IV-L während des Landunters am 05.02.2011 auf Hallig Hooge in der Referenzfläche A6 (Standort in einer wassergefüllten Depression, 137 Sensoren in Wasser oder Luft befindlich). Das Profil reicht von 0m (= oberster Sensor) bis 1.37m (Sensor an der Wasser-Bodengrenze) Die dunkelblaue Fläche zeigt die Phase der Wasserbedeckung. Innerhalb der blauen Fläche erkennbare Punkte zeigen von null abweichende Trübstoffkonzentrationen.

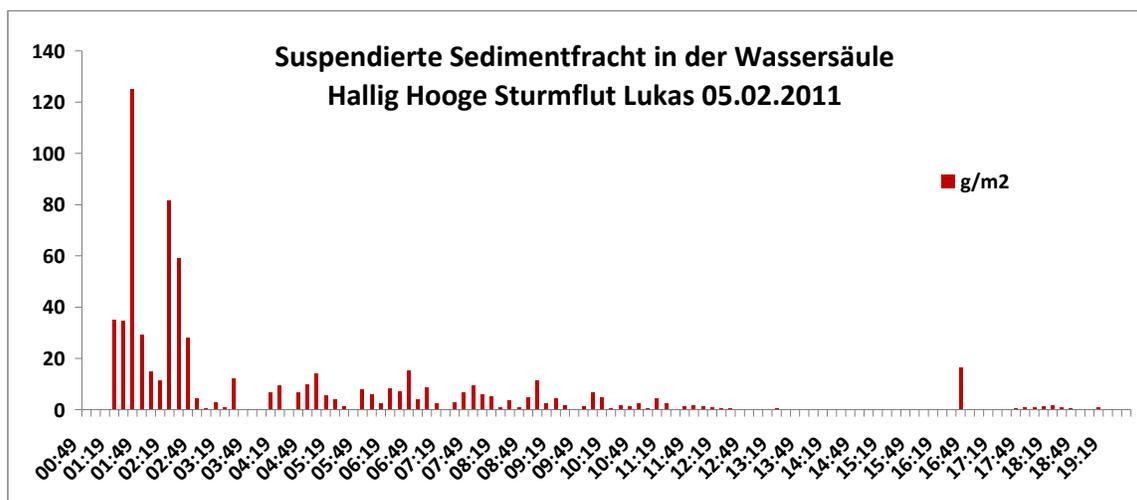


Abb. 52: Suspendierte Sedimentfracht gemessen mit dem Trübesmessgerät ASM IV-L während des Landunters am 05.02.2011 auf Hallig Hooge in der Referenzfläche A6

Die Trübstoffkonzentrationen während der Phase der Wasserbedeckung wurden aus dem Datensatz extrahiert und jeweils für eine Messperiode von 10 min über alle Sensoren summiert und auf die Fläche normiert. Die normierten Trübstoffkonzentrationen sind in **Abb. 52** dargestellt.

Da der ASM zeitweise vollständig überflutet war und somit nicht die gesamte Wassersäule gemessen werden konnte sind die ermittelten Sedimentfrachten als mindest Werte einzuschätzen. Es ist erkennbar, dass die höchsten Sedimentfrachten direkt nach Einsetzen des Landunters zur Verfügung stehen und in der Folge vermutlich bedingt durch Sedimentation rasch abnehmen. Am Ende des Landunters befinden sich keine nachweisbaren Sedimentmengen mehr in Suspension. Unter der Voraussetzung, dass die ermittelte Suspensionsfracht vollständig sedimentiert, ist die Sedimentfracht der Sedimentakkumulation gleichzusetzen. Hieraus kann nach der folgenden Formel der Sedimentaufwachs berechnet werden.

$$A = \frac{SA}{10000 \cdot TR} \cdot 10$$

mit:

A Sedimentakkumulation (Aufwachs) [mm]

SA Sedimentakkumulation [g/m²]

TR Trockenraumdichte des Bodens [g/cm³]

Ein Mindestsedimentaufwachs kann aus der maximal auftretenden Sedimentfracht berechnet werden, da davon auszugehen ist, dass sich diese im Zeitraum des Landunters vollständig absetzt. Die zeitliche Komponente der Sedimentation dagegen ist bedingt durch nicht quantifizierbare Parameter wie Strömung, Turbulenz durch Wellengang, Partikelgröße, Flockung etc. schwer fassbar. Insofern wird die tatsächlich abgelagerte Sedimentmenge durch Nachlieferung von Material während der Landunterphase vermutlich höher ausfallen.

Die maximale Sedimentfracht während der Sturmflut „Lukas“ und der daraus resultierende Sedimentaufwachs bei einer Bodendichte von 1.5 g/cm³ beträgt 125 g/m² bzw. 0.08 mm.

6. Probennahme und Analytik

Im Herbst/Winter 2010/11 kam es zu zwei Sturmfluten mit vollständiger Überflutung von Hooge und Nordmarsch-Langeness. Diese Ereignisse konnten vollständig einzeln beprobt werden.

Im Winterhalbjahr 2011/12 kam es auf Hooge zu 19 und auf Nordmarsch zu 25 Überflutungen; manchmal sogar zu zwei Überflutungen an einem Tag (**Tab. 4, 5**). Ein vollständiger Austausch von Sedimentfallen ist i.d.R. erst 3 bis 4 Tage nach einem Landunter möglich, da auch die flach am Boden befestigte Sedimentfalle „Matte“ zunächst vollständig abgetrocknet sein muss. Aus diesem Grund und aufgrund der schnellen Abfolge der Landunter war es daher nicht möglich, die Überflutungsereignisse einzeln zu beproben. Hinzu kam die Erkenntnis, dass bei Überflutungen mit niedrigen Wasserständen eine zu geringe Sedimentmenge akkumuliert, um den mehrtägigen Aufwand eines Sedimentfallenwechsels zu rechtfertigen.

Insofern erfolgte bei einem Fallenwechsel die Beprobung von mehreren Überflutungen. Insgesamt wurden im genannten Zeitraum 5 mal die Sedimentfallen vollständig gewechselt.

Die eingesammelten Matten wurden bei der Schutzstation Wattenmeer auf der Hallig Hooge luftgetrocknet und gewogen. Danach wurden sie gereinigt und wiederum getrocknet und gewogen. Aus der Differenz wurde die akkumulierte Sedimentmenge berechnet.

Die Flaschen wurden verschlossen und im Labor des Geowissenschaftlichen Zentrums an der Universität Göttingen bearbeitet.

Nach der Absiebung von grober organischer Substanz (Treibsel, Schafdung, etc.) erfolgte die Feststoffbestimmung. Aus den Proben wurde mit einer Unterdruckfiltrationsapparatur die Feststoffe abgetrennt. Diese wurden zunächst entsalzen, dann bei 105°C getrocknet und gewogen. Das getrocknete Filtrat wurde danach mit einer 35%igen H₂O₂-Lösung behandelt. In einer mehrtägigen Reaktion oxidierten die organischen Anteile der Probe. Die restliche, organikfreie Probe wurde wiederum bei 105°C getrocknet und gewogen. Aus der Differenz der jeweiligen Trockenmassen – vor und nach der Behandlung mit H₂O₂ – konnte neben der Gesamtmenge auch der organische Anteil für jede Probe berechnet werden.

Die bestimmten Sedimentmengen in den Flaschen und auf den Matten wurden in das Verhältnis zur Sedimentationsfläche der jeweiligen Sedimentfalle gesetzt. Daraus wurde unter Einbeziehung der Materialdichte das Oberflächenwachstum am Standort einer Sedimentfalle berechnet. Da die Flaschen und die Matten meist leicht unterschiedliche Sedimentmengen sammeln, werden bei der Betrachtung der Sedimentakkumulation stets beide Sedimentfallentypen nebeneinander aufgeführt.

Das Probenmaterial aus den Tassenpegeln wurde genauso behandelt wie das der Sedimentfalle Flasche.

7. Ergebnisse

7.1 Hydrographie der Winter 2010/11 und 2011/12 auf Hooge und Nordmarsch

Betrachtet werden die Überflutungen (=Landunter) der Winterhalbjahre 2010/11 und 2011/12, wobei nach eigener Definition ein Winterhalbjahr vom 01. Oktober bis zum 31. März dauert. Potentielle Sedimentakkumulationen in den Sommerhalbjahren wurden nicht berücksichtigt.

Als „Landunter“ wird für Hooge und Nordmarsch dabei folgende Definition verwendet:

Ein Landunter ist eine Phase steigender Wasserstände innerhalb der Hallig, oberhalb eines Binnenwasserstandes von 1.51m ü.NN auf Hooge und 1.43m ü.NN auf Nordmarsch

1.51m ü.NN auf Hooge und 1.43m ü.NN auf Nordmarsch entsprechen der jeweiligen mittleren Geländehöhe dieser beiden Halligen (WILLIM 2012), d.h. ab diesen Wasserständen ist ein Großteil der jeweiligen Halligmarsch überflutet. Wenn nach einer Überflutung die Hallig nicht wieder vollständig trockengefallen ist – und damit auch ein Binnenpegelstand von 1.51m bzw. 1.43m ü.NN nicht unterschritten wurde – und es folgt darauf eine erneute Phase mit steigendem Wasserstand, dann wird diese als weitere, eigenständige Überflutung gewertet. Nach dieser Methode zählen auch viele Halligbewohner die Anzahl der Landunter.

Nach dieser Definition ist ein Landunter eine Phase, bei der potentiell Sediment auf die breite Halligmarsch transportiert wird. Das bedeutet aber auch, dass eine „Kantenflut“, die nur die ufernahen Bereiche einer Hallig überflutet, aber einen Binnenpegelwert von 1.51m bzw. 1.43m ü.NN nicht überschreitet, nicht als Landunter gewertet wird, obwohl eine Kantenflut Sedimente auf ufernahe Flächen ablagern kann.

Von einer Sturmflut wird gesprochen, wenn am Außenpegel der Tidenhöchststand das mittlere Tidehochwasser um 1.50 Meter übersteigt. Das entspricht auf Hooge und Nordmarsch jeweils einem Außenpegelstand von 7.87m ü. PNP (= 2.87m ü.NN). Dieser Wert entspricht auch in ungefähr der mittleren Höhenlage des Hooger Sommerdeiches (2.90m ü.NN).

Das Deckwerk von Nordmarsch besteht aus einem mit Beton vergossener Wall aus Blockwerk, der lokal als „Igel“ bezeichnet wird (**Abb. 63**). Er verläuft in einer vergleichbaren Höhe wie der Sommerdeich auf Hooge, doch gibt es hier auch niedrigere Uferabschnitte, die ein frühzeitigeres Fluten der Hallig ermöglichen. Am Hafenbecken am Sieltor des „Jelf“ im Nordwesten von Nordmarsch, sowie am Südufer am „Ridd“ zwischen den Warften Hilligenley und Treuberg verläuft die Uferlinie auf mehr als hundert Metern Länge in einer Höhenlage von nur 2.15m ü.NN. Hier kann ein Hochwasser mit nur 80cm über MTHW bereits zu einem Fluten der Hallig führen.

Nordmarsch und Langeness sind ebenfalls von einem Sommerdeich umgeben, der sich morphologisch jedoch nur noch wenig vom umgebenden Gelände abhebt. Er verläuft im Westen von Nordmarsch in einer Höhe von ca. 2.40m ü.NN.

Im Winterhalbjahr 2010/11 kam es nur zu zwei Sturmfluten mit vollständiger Überflutung von Hooge und Nordmarsch-Langeness. Zwischen dem 26. November 2011 und dem 21. Januar 2012 kam es auf Hooge zu 19 und auf Nordmarsch zu 25 Überflutungen (**Tab. 4, 5**), obwohl Sturmflutwasserstände an den Außenpegeln nur in wenigen Fällen erreicht wurden. Der mittlere Außenwasserstand hätte bei vielen Stürmen des Winterhalbjahres 2011/12 nicht ausgereicht, um über das Halligufer zu strömen. Im Gegensatz zu den beiden Sturmfluten im Winterhalbjahr 2010/11 liefen im Winterhalbjahr 2011/12 die beiden Halligen nicht nur bei hohen Sturmflutwasserständen voll, sondern häufig auch nur durch „Überschlagswasser“. Damit sind Wellen gemeint, deren Kämme bei entsprechendem Wellengang über die Halligufer schlagen. Bei ausreichender Dauer kann sich allein durch überschlagende Wellen eine Hallig auf diese Weise vollständig füllen. Von den 19 Überflutungen Hooges im Winter 2011/12 wurde die Hallig 16mal

ausschließlich durch Überschlagswasser überflutet. Nur dreimal („Xaver I“ und „Friedhelm I und II“) war das Landunter die Folge einer Sturmflut.

Über die niedrigen Uferabschnitte Nordmarschs konnte Wasser bereits bei mittleren Sturmstärken auf die Hallig eindringen. So z.B. am 14.12.2011 („Hergen I“) und am 15.12.2011 („Iven“). Diese beiden Stürme führten zu Binnenwasserständen auf Nordmarsch von 2.71m bzw. 2.75m, während Überschlagswasser auf Hooge den Binnenpegel lediglich auf 1.78m bzw. 1.82m ansteigen ließ.

Auf Nordmarsch erfolgten im Winterhalbjahr 2011/12 fünf Überflutungen („Yoda III“, „Hergen II“, „Ulli“, „Andrea I und II“, „Elfriede II“), die auf Hooge vom Sommerdeich verhindert wurden.

Tab.4: Verlauf der Landunter auf Hallig Hooge in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 am Hooger Binnenpegel (Datenquelle LKN Husum). Die mittlere Hallighöhe beträgt 1.51m ü.NN.

Name des Sturmes	Beginn der Überflutung > 1.51m ü.NN	Max. Wasserstand		Ende der Überflutung < 1.51m ü.NN	Dauer	
		Zeit	m ü.NN		Stieg	Fall
Winterhalbjahr 2010/11						
Carmen II	12.11.2010, 15:13	16:34	3.29m	13.11.2010, 15:53	1h 21min	23h 19min
Lukas I	05.02.2011, 01:11	01:56	3.40m	05.02.2011, 22:29	45min	20h 33min
Winterhalbjahr 2011/12						
Xaver I	26.11.2011, 00:47	01:49	2.88m	26.11.2011, 21:38	1h 02min	19h 49min
Xaver III	26.11.2011, 23:45	03:34	1.62m	27.11.2011, 04:28	3h 49min	54min
Yoda I	27.11.2011, 14:11	16:24	2.34m	28.11.2011, 00:10**	2h 13min	7h 44min
Yoda II	28.11.2011, 00:10*	03:34	2.71m	28.11.2011, 20:22	3h 24m	16h 48min
Bob I	04.12.2011, 07:13	09:10	2.11m	04.12.2011, 18:19**	1h 57min	9h 09min
Bob II	04.12.2011, 18:19*	19:30	1.67m	04.12.2011, 22:18	1h 11m	2h 48min
Friedhelm I	09.12.2011, 11:26	13:35	2.57m	09.12.2011, 22:01**	2h 09min	8h 26min
Friedhelm II	09.12.2011, 22:01*	01:05	2.71m	10.12.2011, 21:14	3h 04min	20h 09min
Friedhelm III	10.12.2011, 23:35	01:56	1.58m	11.12.2011, 02:48	2h 27min	52min
Hergen I	14.12.2011, 04:08	05:29	1.78m	14.12.2011, 09:34	1h 21min	3h 55min
Iven	15.12.2011, 04:20	05:45	1.82m	15.12.2011, 10:28	1h 25min	4h 43min
Robert I	29.12.2011, 04:42	06:45	1.99m	29.12.2011, 12:52**	2h 03min	6h 07min
Robert II	29.12.2011, 12:52*	17:32	1.96m	30.12.2011, 01:38	4h 40min	8h 06min
Robert III	30.12.2011, 02:03	05:46	1.63m	30.12.2011, 07:03	3h 43min	1h 17min
Andrea III	05.01.2012, 20:41	23:06	2.04m	06.01.2012, 08:30**	2h 25min	9h 24min
Andrea VI	06.01.2012, 08:30*	09:50	1.67m	06.01.2012, 13:16	1h 20min	3h 26min
Elfriede I	13.01.2012, 03:48	05:28	1.82m	13.01.2012, 08:33	1h 40min	3h 05min
Gisela I	22.01.2012, 00:36	02:23	1.86m	22.01.2012, 07:50	1h 47min	5h 27min
Gisela II	22.01.2012, 09:13	12:49	1.65m	22.01.2012, 15:14	3h 36min	2h 25min

*) Die Überflutung startete bei >1.51m ü.NN, **) Die Überflutung endete bei >1.51m ü.NN

Tab. 5: Verlauf der Landunter auf Hallig Nordmarsch in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 am Binnenpegel Kirchhofswarf auf Nordmarsch (Datenquelle LKN Husum). Die mittlere Hallighöhe beträgt 1.43m ü. NN.

Name des Sturmes	Beginn der Überflutung > 1.43m ü.NN	Max. Wasserstand		Ende der Überflutung < 1.43m ü.NN	Dauer	
		Zeit	m ü.NN		Stieg	Fall
Winterhalbjahr 2010/11						
Carmen I	12.11.2010, 06:57	08:13	1.67m	12.11.2010, 11:25	1h 16min	3h 12min
Carmen II	12.11.2010, 13:15	16:50	3.24m	13.11.2010, 02:30**	3h 35min	9h 40min
Carmen III	13.11.2010, 02:30*	06:20	1.98m	13.11.2010, 11:44	3h 50min	5h 24min
Lukas I	05.02.2011, 00:26	02:20	3.29m	05.02.2011, 11:21	1h 53min	9h 01min
Lukas II	05.02.2011, 13:24	15:03	1.51m	05.02.2011, 16:33	1h 39min	1h 30min
Winterhalbjahr 2011/12						
Xaver I	26.11.2011, 00:04	01:25	3.05m	26.11.2011, 11:14	1h 21min	9h 49min
Xaver II	26.11.2011, 11:46	15:14	1.78m	26.11.2011, 18:05	3h 28min	2h 51min
Yoda I	27.11.2011, 13:37	14:43	2.85m	27.11.2011, 23:21**	1h 06min	8h 38min
Yoda II	27.11.2011, 23:21*	03:02	2.90m	28.11.2011, 13:41	3h 41min	10h 39min
Yoda III	28.11.2011, 14:27	15:28	1.50m	28.11.2011, 16:37	1h 21min	1h 09min
Bob I	04.12.2011, 05:54	07:32	2.85m	04.12.2011, 17:14	1h 38min	9h 36min
Bob II	04.12.2011, 19:03	20:41	1.53m	04.12.2011, 22:02	1h 38min	1h 22min
Friedhelm I	09.12.2011, 10:26	12:20	2.95m	09.12.2011, 21:01**	1h 54min	8h 41min
Friedhelm II	09.12.2011, 21:01*	00:29	2.89m	10.12.2011, 10:09	3h 28min	9h 40min
Friedhelm III	10.12.2011, 10:51	14:45	1.73m	10.12.2011, 16:50	2h 54min	2h 05min
Hergen I	14.12.2011, 02:16	03:33	2.71m	14.12.2011, 14:09**	1h 17min	10h 36min
Hergen II	14.12.2011, 14:09*	15:30	1.55m	14.12.2011, 17:19	1h 21min	1h 49min
Iven	15.12.2011, 02:45	03:50	2.75m	15.12.2011, 14:18	1h 05min	10h 28min
Robert I	29.12.2011, 03:27	04:44	2.85m	29.12.2011, 13:14	1h 17min	8h 30min
Robert II	29.12.2011, 13:30	16:51	2.70m	30.12.2011, 02:14	3h 28min	9h 23min
Robert III	30.12.2011, 02:46	05:55	1.67m	30.12.2011, 07:39	3h 09min	1h 44min
Ulli	04.01.2012, 07:14	09:24	1.90m	04.01.2012., 14:11	2h 10min	4h 47min
Andrea I	04.01.2012, 19:57	22:22	2.31m	05.01.2012, 04:34	2h 25min	6h 12min
Andrea II	05.01.2012, 06:28	11:57	1.59m	05.01.2012, 14:06	5h 29min	2h 09min
Andrea III	05.01.2012, 20:20	22:54	2.63m	06.01.2012, 08:28	2h 34min	9h 34min
Andrea IV	06.01.2012, 09:09	10:46	1.62m	06.01.2012, 13:11	1h 37min	2h 25min
Elfriede I	13.01.2012, 03:17	04:34	2.42m	13.01.2012, 12:20	1h 17min	7h 46min
Elfriede II	13.01.2012, 14:55	16:55	1.47m	13.01.2012, 17:40	2h 00min	45min
Gisela I	21.01.2012, 23:32	00:29	2.64m	22.01.2012, 09:20	57min	8h 51min
Gisela II	22.01.2012, 09:38	13:07	1.92m	22.01.2012, 18:45	3h 29min	5h 38min

*) Die Überflutung startete bei >1.43m ü.NN, **) Die Überflutung endete bei >1.43m ü.NN

Die Hydrographie von Nordmarsch unterscheidet sich von der auf Hooge ...

- a) durch eine höhere Anzahl von Überflutungen,
- b) Überflutungen setzen ca. 30-60 Minuten früher ein
- c) das Entwässern von Nordmarsch verläuft meist schneller als auf Hooge (z.B. **Abb. 53**).

Das schnelle Entwässern kommt besonders nach hohen Binnenwasserständen zur Geltung, so z.B. nach „Carmen I“, „Lukas I“, „Xaver I“, „Yoda II“ und „Friedhelm II“.

Generell lässt sich feststellen, dass auf Nordmarsch der Binnenwasserstand schneller auf den Außenwasserstand reagiert als es auf Hooge der Fall ist. Zurückzuführen ist das ...

- a) Auf den Hooger Sommerdeich, der kleinere Fluten verhindern bzw. mindern kann
- b) Hohe Wasserstände können auf Nordmarsch über niedrigere Uferabschnitte ablaufen
- c) Das weitgehende Fehlen von Prielverbauungen auf Nordmarsch bewirkt ein rasches Abfließen des restlichen Wassers über die Sieltore, führt aber auch zur Erosion und tiefem Einschneiden der Binnenpriele.

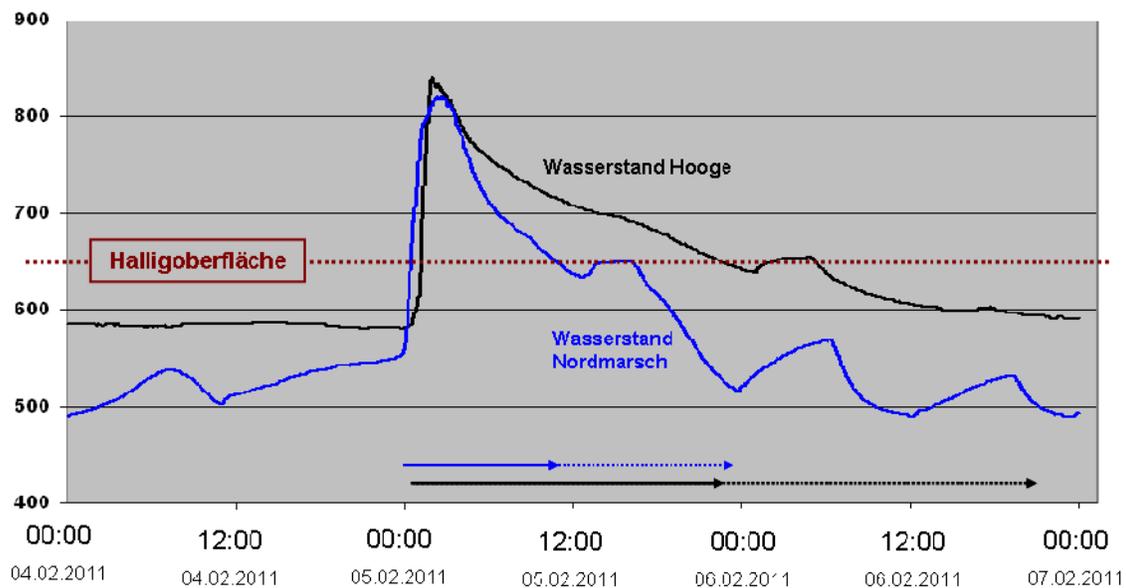


Abb. 53: Verlauf der Binnenwasserstände auf Hooge und Nordmarsch nach Sturmflut „Lukas“ am 05.02.2011. Die durchgezogenen Pfeile markieren die Landunter-Phase; die gestrichelten Pfeile markieren den restlichen Dauer bis zum Erreichen des ursprünglichen Wasserstandes.

7.2 Sedimentakkumulation im Versuchsfeld A auf Hallig Hooge

Im Versuchsfeld A konnten im Winterhalbjahr 2011/12 die Ablagerungen von 17 der insgesamt 19 Überflutungen mit der Sedimentfalle „Flasche“ beprobt werden. Die vom Sturmtief „Xaver“ verursachten zwei Überflutungen vom 26. und 27.11.2011 sind im Versuchsfeld A nicht mit der Sedimentfalle „Flasche“ erfasst worden. Mit der Sedimentfalle „Matte“ wurden alle 19 Überflutungen erfasst.

Tab. 6: Sedimentakkumulation (in mm) in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld A auf Hallig bestimmt durch die Sedimentfalle „Matte“.

Versuchsfeld A – Hallig Hooge							
Datum (Sturmname)	Max. Wasser- stand in m ü.NN (Binnen- pegel Hooge)	A 1 Brache- fläche 1.95 ± 0.15m ü.NN	A 2 Referenz- fläche 1.70 ± 0.10m ü.NN	A 3 Um- wallung Wallhöhe 2.01m ü.NN	A 4 Referenz- fläche 1.60 ± 0.10m ü.NN	A 5 Brache- streifen 1.50m ü.NN	A 6 Referenz- fläche 1.40m ü.NN
		Matte	Matte	Matte	Matte	Matte	Matte
Winter 2010/11							
12.11.2010, Carmen II	3.29m	0.20 ±0.04 (n=8)	0.79 ±0.39 (n=8)	1.22 ±0.16 (n=8)	0.50 ±0.30 (n=8)	0.28 ±0.03 (n=8)	0.51 ±0.16 (n=8)
05.02.2011, Lukas I	3.40m	0.25 ±0.09 (n=8)	0.56 ±0.28 (n=8)	2.81 ±0.79 (n=8)	0.20 ±0.10 (n=8)	0.26 ±0.05 (n=8)	0.35 ±0.11 (n=8)
Wachstum im Winter 2010/11		0.45mm	1.35mm	4.03mm	0.70mm	0.54mm	0.86mm
Anzahl untersuchter Überflutungen		2	2	2	2	2	2
Winter 2011/12							
26.11.2011, Xaver I	2.88m	1.01 ±0.63 (n=8)	2.36 ±0.15 (n=8)	3.78 ±1.35 (n=8)	1.52 ±0.46 (n=7)	1.80 ±0.36 (n=8)	0.85 ±0.25 (n=8)
27.11.2011, Xaver III	1.62m						
27.11.2011, Yoda I	2.34m						
28.11.2011, Yoda II	2.71m						
04.12.2011, Bob I	2.11m	0.12 ±0.04 (n=8)	0.33 ±0.09 (n=8)	0.29 ±0.12 (n=8)	0.33 ±0.18 (n=7)	0.24 ±0.06 (n=8)	0.23 ±0.07 (n=8)
04.12.2011, Bob II	1.67m						
09.12.2011, Friedhelm I	2.57m	0.25 ±0.10 (n=8)	0.45 ±0.11 (n=8)	0.56 ±0.06 (n=8)	0.50 ±0.26 (n=7)	0.60 ±0.23 (n=8)	0.75 ±0.23 (n=8)
10.12.2011, Friedhelm II	2.71m						
11.12.2011, Friedhelm III	1.58m						
14.12.2011, Hergen I	1.78m						
15.12.2011, Iven	1.82m						
29.12.2011, Robert I	1.99m	0.09 ±0.06 (n=8)	0.44 ±0.18 (n=8)	0.36 ±0.17 (n=8)	0.40 ±0.15 (n=7)	0.37 ±0.04 (n=8)	0.41 ±0.08 (n=8)
29.12.2011, Robert II	1.96m						
30.12.2011, Robert III	1.63m						
05.01.2012, Andrea II	2.04m						
06.01.2012, Andrea III	1.67m						
13.01.2012, Elfriede	1.82m						
22.01.2012, Gisela I	1.86m						
22.01.2012, Gisela II	1.65m	0.03 ±0.01 (n=8)	0.35 ±0.31 (n=8)	0.28 ±0.22 (n=8)	0.07 ±0.03 (n=8)	0.10 ±0.10 (n=8)	0.15 ±0.12 (n=8)
22.01.2012, Gisela II	1.65m						
Wachstum im Winter 2011/12		1.50mm	3.93mm	5.27mm	2.82mm	3.11mm	2.39mm
Anzahl untersuchter Überflutungen		9	14	7*	18	19	19

*) Entspricht der Anzahl von Überflutungen, die den Wall überstürmt haben

Tab. 7: Sedimentakkumulation (in mm) in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld A auf Hallig bestimmt durch die Sedimentfalle Flasche.

Versuchsfeld A – Hallig Hooge							
Datum (Sturmname)	Max. Wasser- stand in m ü.NN (Binnen- pegel Hooge)	A 1 Brache- fläche 1.95 ± 0.15m ü.NN	A 2 Referenz- fläche 1.70 ± 0.10m ü.NN	A 3 Um- wallung Wallhöhe 2.01m ü.NN	A 4 Referenz- fläche 1.60 ± 0.10m ü.NN	A 5 Brache- streifen 1.50m ü.NN	A 6 Referenz- fläche 1.40m ü.NN
		Flasche	Flasche	Flasche	Flasche	Flasche	Flasche
Winter 2010/11							
12.11.2010, Carmen II	3.29m	0.13 ±0.07 (n=8)	0.51 ±0.20 (n=8)	1.51 ±0.31 (n=8)	0.56 ±0.13 (n=8)	0.36 ±0.06 (n=8)	0.61 ±0.13 (n=8)
05.02.2011, Lukas I	3.40m	0.28 ±0.06 (n=7)	0.58 ±0.18 (n=8)	1.45 ±0.49 (n=8)	0.27 ±0.10 (n=6)	0.27 ±0.05 (n=8)	0.32 ±0.09 (n=7)
Wachstum im Winter 2010/11		0.41mm	1.09mm	2.96mm	0.83mm	0.63mm	0.93mm
Anzahl untersuchter Überflutungen		2	2	2	2	2	2
Winter 2011/12							
27.11.2011, Yoda I 28.11.2011, Yoda II	2.34m 2.71m	0.13 ±0.06 (n=7)	0.27 ±0.06 (n=8)	0.64 ±0.64 (n=6)	0.53 ±0.12 (n=6)	0.71 ±0.14 (n=8)	1.01 ±0.05 (n=8)
04.12.2011, Bob I 04.12.2011, Bob II	2.11m 1.67m	0.02 ±0.01 (n=8)	0.10 ±0.04 (n=8)	0.08 ±0.02 (n=8)	0.17 ±0.03 (n=7)	0.18 ±0.03 (n=8)	0.22 ±0.03 (n=8)
09.12.2011, Friedhelm I 10.12.2011, Friedhelm II 11.12.2011, Friedhelm III 14.12.2011, Hergen I 15.12.2011, Iven	2.57m 2.71m 1.58m 1.78m 1.82m	0.10 ±0.02 (n=8)	0.21 ±0.05 (n=8)	0.39 ±0.02 (n=8)	0.38 ±0.02 (n=7)	0.50 ±0.07 (n=8)	0.51 ±0.05 (n=8)
29.12.2011, Robert I 29.12.2011, Robert II 30.12.2011, Robert III 05.01.2012, Andrea II 06.01.2012, Andrea III 13.01.2012, Elfriede	1.99m 1.96m 1.63m 2.04m 1.67m 1.82m	0.04 ±0.04 (n=8)	0.26 ±0.12 (n=8)	0.18 ±0.06 (n=8)	0.31 ±0.10 (n=7)	0.33 ±0.06 (n=8)	0.44 ±0.06 (n=8)
22.01.2012, Gisela I 22.01.2012, Gisela II	1.86m 1.65m	0.02 (n=8)	0.05 ±0.02 (n=8)	0.04 ±0.02 (n=8)	0.04 (n=8)	0.05 (n=8)	0.06 ±0.06 (n=8)
Wachstum im Winter 2011/12		0.31mm	0.86mm	1.33mm	1.43mm	1.71mm	2.24mm
Anzahl untersuchter Überflutungen		8	12	6*	16	17	17

*) Entspricht der Anzahl von Überflutungen, die den Wall überströmt haben

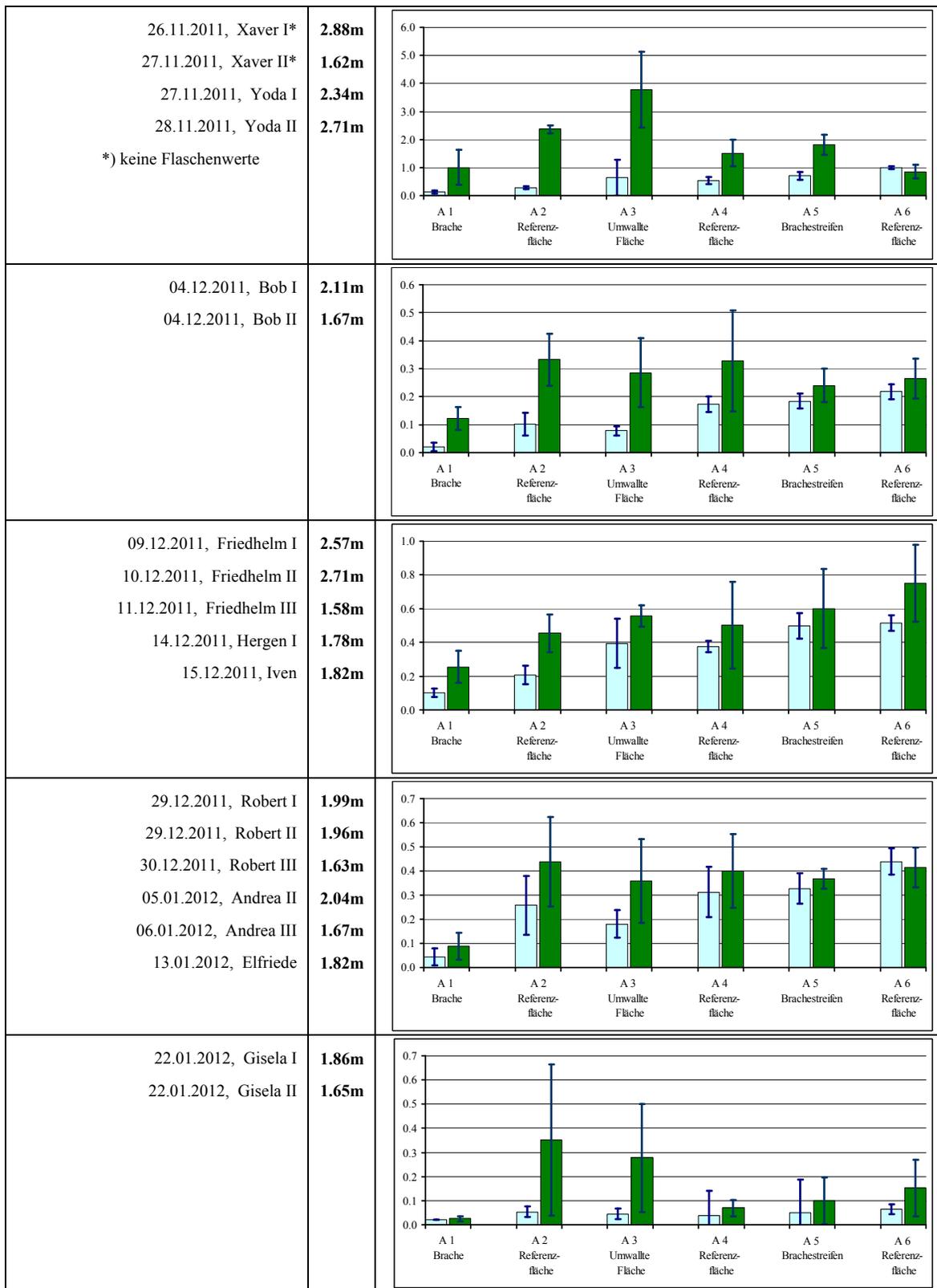


Abb. 54: Durchschnittliche Sedimentakkumulation (in mm) in den Beobachtungsflächen des Versuchsfeldes A auf Hallig Hooge im Winter 2011/12 (hellblau = Sedimentfalle Flasche; grün = Sedimentfalle „Matte“)

7.2.1 Maßnahmenfläche A 1: Brache

Die Auswirkung einer höheren und dichteren Vegetationsdecke auf die Sedimentakkumulation konnte im Maßnahmenfeld Brache im Winterhalbjahr 2010/11 nicht quantifiziert werden. Im vorhergehenden Sommer 2010 entwickelte sich aufgrund der Trockenheit die Vegetation nicht umfangreich genug, als dass sie sich von der angrenzenden und beweideten Referenzfläche A 2 deutlich unterschied.

Von den 19 Überflutungen der Hallig Hooge im Winter 2011/12 war die Brachefläche nur 9mal betroffen (**Tab. 5-6**). Der Grund dafür ist die erhöhte topographische Lage auf einem ehemaligen Uferwall. Die Brachefläche liegt in einem Höhenbereich von 1.80m-2.10m ü.NN. Selbst bei der höchsten Überflutung am 26.11.2011 (Sturmflut „Xaver I“) blieb die maximale Wassertiefe auf der Brachefläche bei unter einem Meter. Mit 1.50mm auf den Matten (bei 9 Überflutungen) und nur 0.27mm in den Flaschen (bei 8 Überflutungen) weist die Brachefläche das geringste Wachstum im Versuchsfeld A auf.

Das scheinbar starke Oberflächenwachstum von über zwei Zentimetern welches an den 2 SEB-Stationen zwischen Juli 2010 und August 2012 in der Brachefläche gemessen wurde (**Tab. 9**), ist hauptsächlich auf die ungestörte Vegetationsentwicklung zurückzuführen. So „wuchs“ die Oberfläche allein zwischen März 2012 und August 2012 um ca. 9mm, obwohl es in diesem Zeitraum keine Überflutungen gab. Brauchbare Aussagen zum tatsächlichen Sedimentwachstum sind mit dieser Methode erst nach weiteren Jahren der Beobachtung möglich.

7.2.2 Maßnahmenfläche A 3: Umwallung mit oberirdischer Drainage

Die Diskussion zur Wirksamkeit dieser Maßnahme beschränkt sich auf die Ergebnisse des Winterhalbjahres 2011/12. Im Winterhalbjahr 2010/11 wurde der Wall durch zwei Sturmfluten stark beschädigt (**Abb. 55**). Die lückenhafte Grasnarbe auf dem Wall im Herbst 2010 ist verantwortlich für starke Erosionschäden beim Überströmen des Walls sowie durch Wellenschlag bei sinkenden Wasserständen. Während sich bei Sturmflut „Carmen“ im November 2010 die Schäden am Wall noch in Grenzen hielten und nur zu oberflächen nahen Erosionserscheinungen führte, kam es während der Sturmflut „Lukas“ beim Überströmen des Walles zu massiven Auskolkungen an der inneren Wallböschung. Das erodierte Wallmaterial führten im Winter 2010/11 zu einer übermäßigen Sedimentation innerhalb der umwallten Fläche; aber auch nahegelegene Sedimentfallen der angrenzenden Referenzflächen A2 und A4 profitierten von der Wallerosion.



Abb. 55: Beschädigter Wall im Versuchsfeld A (Hooge) im März 2011

Trotz der genannten Probleme konnte beobachtet werden, dass die verzögerte Entwässerung der umwallten Fläche über die oberirdischen Auslässe problemlos vonstatten ging. Das vollständige Trockenfallen dieser Maßnahmenfläche dauerte ca. 10 – 15h länger als in den angrenzenden Referenzflächen (**Abb.56, 57**). Eine wallbedingte Vernässung der Fläche ist somit nicht zu erwarten.



Abb. 56: Umwallte Fläche im Versuchsfeld A nach Sturmflut „Carmen“ am 13.11.2010.



Abb. 57: Umwallte Fläche im Versuchsfeld A nach Sturmflut „Carmen“ am 13.11.2010. Die angrenzenden Flächen sind bereits trockengefallen

Im Winterhalbjahr 2011/12 stand die umwallte Fläche 19mal unter Wasser. Jedoch wurde der Wall davon aber nur 7mal überströmt (Wallhöhe $2.01\text{m} \pm 0.03\text{m}$). Das bedeutet, dass die Fläche 12mal durch Wasser geflutet wurde, welches über die Auslässe in die Fläche drang. Die Faschinenbündel in den Auslässen bremsen das ein- und ausströmende Wasser. Das sich dort verfangende Treibsel behindert die Durchlässigkeit sowohl für Wasser als auch insbesondere für Sediment.

Beprobungsblöcke mit Überflutungsereignissen deren maximale Wasserhöhe die Wallhöhe gar nicht oder nur wenig überschritt, weisen innerhalb der Umwallung eine geringere akkumulierte Sedimentmenge auf, als in den angrenzenden Referenzflächen. Lediglich bei den sehr niedrigen Überflutungen am 22.01.2012 („Gisela“) weist die umwallte Fläche auf der Sedimentfalle „Matte“ eine höhere Akkumulation auf, als die östlich angrenzende Referenzfläche A4 (**Tab. 6**).

Bei der Überflutung am 04.12.2011 („Bob I“) erreichte der maximale Wasserstand innerhalb der Hallig 2.11m ü.NN und lag damit ca. 10cm über dem Walltop. Die Sedimentakkumulation lag innerhalb der Umwallung mit 0.29mm auf den Matten und 0.08mm in den Flaschen noch unter denen der Referenzflächen mit jeweils 0.33mm auf den Matten und 0.10mm bzw. 0.17mm in den Flaschen (**Tab. 7**).

Bei den Beprobungsblöcken mit Ablagerungen von „echten“ Sturmfluten, deren maximaler Außenwasserstand das lokale MTHW um 1.50m überschritt, zeigt sich bei der umwallten Maßnahmenfläche im Versuchsfeld A ein positiver Effekt. Bei den Überflutungen vom 26. und 28.11.2011 („Xaver I“ und „Yoda II“) wurden am Binnenpegel Hooge Wasserstände von 2.88m bzw. 2.71m ü. NN erreicht. Mit der Sedimentfalle „Matte“ wurden diese beiden Überflutungen sowie zwei weitere niedrigere Überflutungen am 27.11.2011 erfasst. Die Sedimentfalle „Flasche“ kam leider erst ab dem 27.11. zum Einsatz und erfasste damit nur die Ablagerungen der vom Sturmtief „Yoda“ verursachten zwei Überflutungen. Mit mittleren $3.78\text{mm} (\pm 1.35\text{mm})$ auf der Sedimentfalle Matte innerhalb der Umwallung liegt das berechnete Oberflächenwachstum deutlich über denen der benachbarten Referenzflächen A2 und A4 mit $2.36\text{mm} (\pm 0.15\text{mm})$ bzw. $1.52\text{mm} (\pm 0.46\text{mm})$ (**Abb. 54**). Die Flaschen weisen bei „Yoda“ (ohne die Ablagerungen der Sturmflut „Xaver“) ebenfalls eine erhöhte Akkumulation innerhalb der Umwallung auf. Jedoch

zeigen die einzelnen Werte, gewonnen aus 6 Flaschen innerhalb der Umwallung, eine starke Streuung, sodass der gebildete Mittelwert eine Standardabweichung von nahezu 100% aufweist (Tab. 7).

Bei den Sturmfluten vom 09. und 10.12.2011 („Friedhelm I, II“) mit Binnenwasserständen von 2.57m bzw. 2.71m ü.NN zeigt sich relativ zu den Referenzflächen sowohl bei den Flaschen als auch bei den Matten eine leicht erhöhte Sedimentation innerhalb der Umwallung.

Aus den bisher gesammelten Beobachtungen im Versuchsfeld A deutet sich an, dass sich die Maßnahme Umwallung positiv auf die Sedimentakkumulation spätestens ab einem Binnenwasserstand von ca. 2.70m ü.NN auswirkt, was einer Überschreitung der Wallhöhe von ca. 70cm entspricht. Ob es sich hierbei um einen allgemein gültigen Wert handelt, kann abschließend erst durch die Untersuchung weiterer Überflutungen geklärt werden. Weitgehend sicher ist jedoch, dass sich die Umwallung bei niedrigen Binnenwasserständen nachteilig auf die Sedimentakkumulation auswirkt.

Trotz der Tatsache, dass im Winter 2011/12 nur 7 von 19 Überflutungen den Wall überstömten, weist die umwallte Fläche mit 5.27mm, ermittelt mit der Sedimentfalle „Matte“, das stärkste Oberflächenwachstum innerhalb des Versuchsfeldes auf.

Das starke Oberflächenwachstum, welches an den beiden SEB-Stationen der umwallten Fläche gemessen wurde dürfte neben der Sedimentakkumulation auch auf eine dichtere Vegetationsbedeckung zurückzuführen sein. Mit Ausnahme der Brache wurde das gesamte Versuchsfeld extensiv von Schafen beweidet. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Schafe im Sommer 2012 hauptsächlich in den östlichen Teilen von Versuchsfeld A aufgehalten haben. Die umwallte Fläche sowie die Referenzfläche A 2 wurden weniger stark beweidet.

7.2.3 Maßnahmenfläche A 5: Brachestreifen

Im Sommer 2010 entwickelte sich aufgrund der Trockenheit die Vegetation nicht so umfangreich, als dass sich die Vegetationshöhe im Brachestreifen und der dazugehörigen Weide von den angrenzenden Referenzflächen A4 und A6 unterschied. Insofern herrschten im Winterhalbjahr 2010/11 keine geeigneten Untersuchungsbedingungen für diese Maßnahme.

Im Sommer 2011 entwickelte sich die Vegetation im Brachestreifen ausreichend genug für geeignete Beobachtungsbedingungen. Im Winterhalbjahr 2011/12 lagen die akkumulierten Sedimentmengen in der Maßnahmenfläche „Brachestreifen“ meist zwischen denen der Referenzfläche A4 und A6, wobei sich in A4 meist etwas weniger als in A5 und in A6 meist etwas mehr Sediment als in A5 ablagert. Vermutlich ist die „Mittelage“ der Maßnahmenfläche A5 auf die mittlere topographische Höhe zurückzuführen. Referenzfläche A4 ist sehr uneben und weist eine mittlere Höhe von ca. 1.60m ü.NN auf; Maßnahmenfläche A5 liegt bei ca. 1.50m ü. NN und Fläche A6 bei nur 1.40m ü.NN. Für die Maßnahmenfläche Brachestreifen konnte mit der Sedimentfalle Matte bei den Überflutungen vom 26.-28.11.2011 mit $1.80\text{mm} \pm 0.36\text{mm}$ eine höhere Sedimentakkumulation festgestellt werden als in den angrenzenden Referenzflächen (A4: $1.52\text{mm} \pm 0.46\text{mm}$; A6: $0.85\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$). Ansonsten unterscheidet sich die Sedimentakkumulation nicht signifikant von denen der Referenzflächen A4 und A6.

7.2.4 Referenzfläche A 6

Die am östlichen Ende von Versuchsfeld A gelegene Referenzfläche A6 ist mit einer mittleren Flächenhöhe von ca. 1.40m ü.NN die niedrigste Beobachtungsfläche. Die zunächst als Referenzbereich vorgesehene Fläche A6 fällt durch eine meist höhere Sedimentakkumulation im Vergleich zur westlich angrenzenden Maßnahmenfläche „Brachestreifen“ auf. Diese Beobachtung könnte darauf zurückzuführen sein, dass diese Fläche im Jahr 2001 zur Grassodenentnahme verwendet wurde. Dabei wurde die Oberfläche dieser Weide um ca. 10cm tiefergelegt, jedoch nicht an den Grabenrändern. D.h. diese Fläche ist von einem ca. 3m breiten und etwa 10cm hohen Bankett umgeben, welches das Restwasser am Abfließen hindert, aber auch für eine Vernässung dieser Fläche verantwortlich ist. Es lässt sich noch nicht abschließend feststellen, ob die in A6 im Vergleich zu den Flächen A4 und A5 höhere Sedimentationsraten auf die niedrige Lage der Fläche oder das umlaufende Bankett zurückzuführen ist. Lediglich bei den Überflutungen vom 26.-28.11.2011 („Xaver“ und „Yoda“) fiel die akkumulierte Sedimentmenge auf den Matten in Fläche A6 niedriger aus als in der Maßnahmenfläche A5.

Einen weiteren Hinweis auf eine höhere Sedimentakkumulation in Referenzfläche A6 deutet sich beim Betrachten der SEB-Messwerte an. Die Flächen A4, A5 und A6 werden ähnlich intensiv beweidet, d.h. dass die Vegetationsdichte, welche die SEB-Messungen beeinträchtigen, ebenfalls gleichwertig ist. Für die Fläche A6 kann anhand der dortigen zwei SEB-Stationen ein Oberflächenwachstum von 17.6mm seit der Installation im Sommer 2010 festgestellt werden, gegenüber einem Wachstum von 10.1mm in Fläche A4 sowie 9.3mm in der Fläche A5.

7.2.5 Gesamtbetrachtung des Versuchsfeldes A

Wenn man die kumulierten Sedimentmengen betrachtet, die zwischen dem 27.11.2011 und dem 22.01.2012 in den Flaschen abgelagert worden sind, dann ist erkennbar, dass die Ergebnisse mit der stetig abnehmenden topographischen Höhe der Flächen von A1 (ca. 2.00m ü. NN) bis A6 (ca. 1.40m ü.NN) korrelieren. Die Ergebnisse des Versuchsfeldes A sind für den Winter 2011/12 in **Tab. 8** sowie in den **Abb. 58** und **59** dargestellt. Unter der Annahme, dass die gemessenen Sedimentakkumulationen auf den Referenzflächen den durch das Gefälle des Versuchsfeldes verursachten Trend angemessen repräsentieren, ergibt sich folgende Beurteilung: Ein positiver Effekt der sedimentationsfördernden Maßnahmen ist für die Maßnahme Umwallung im Fallentyp Matte zu erkennen. Ein schwacher positiver Effekt ist für die Maßnahme Umwallung im Fallentyp Flasche und für die Maßnahme Brachestreifen im Fallentyp Matte zu erkennen.

Mit dem Sedimentfallentyp „Matte“ konnten die Ablagerungen von allen 19 Überflutungen beprobt werden (inklusive derer von Sturmflut „Xaver“). Betrachtet man die kumulierten Sedimentmengen, die auf den Matten abgelagert worden sind dann zeichnet sich bei der Maßnahme „Umwallung“ ein sehr deutlicher und bei der Maßnahme „Brachestreifen“ ein leicht positiver Effekt ab. Obwohl die ersten beiden Überflutungen des Herbst 2011 im Versuchsfeld A nur mit der Sedimentfalle „Matte“ beprobt werden konnte, lässt sich feststellen, dass die Maßnahme „Umwallung“ bei der höchsten und suspensionsreichsten Sturmflut des Winterhalbjahres 2011/12 („Xaver“) die Sedimentakkumulation deutlich gesteigert hat.

Tab. 8: Kumulierte Sedimentakkumulation im Winterhalbjahr 2011/12 in Sedimentfallen in den Beobachtungsflächen des Versuchsfeldes A.

Fallentyp	A 1 Brache	A 2 Referenz	A 3 Umwallation	A 4 Referenz	A 5 Brachestreifen	A 6 Referenz
Flasche*	0.27 mm	0.86 mm	1.33 mm	1.43 mm	1.71 mm	2.24 mm
Matte*	1.50 mm	3.93 mm	5.27 mm	2.82 mm	3.11 mm	2.39 mm
Maßnahme	Brache	Referenz	Umwallation	Referenz	Brachestreifen	Referenz

*) Mit dem Sedimentfallentyp „Flasche“ wurden maximal 17 Überflutungen beprobt mit dem Sedimentfallentyp „Matte“ wurden maximal 19 Überflutungen beprobt.

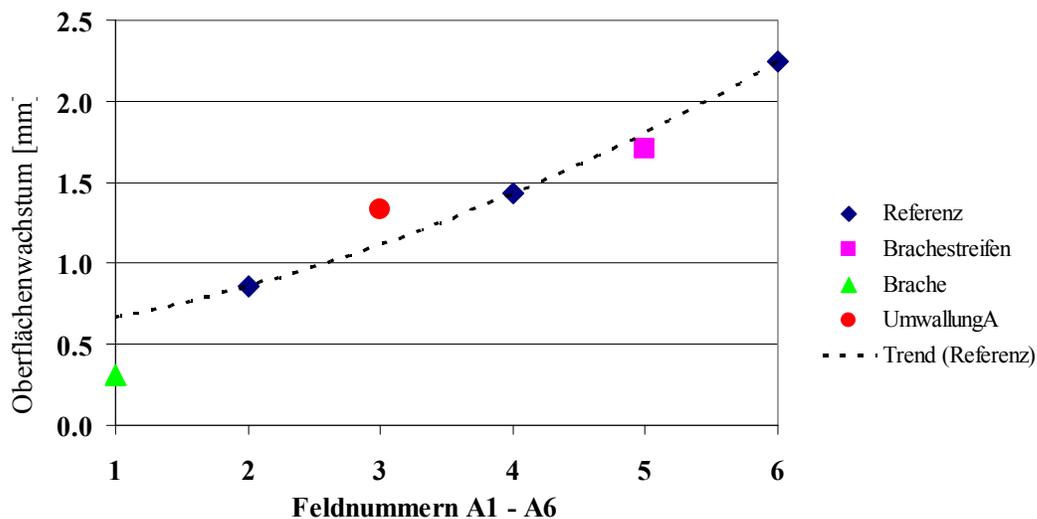


Abb. 58: Kumulierte Sedimentakkumulation im Winterhalbjahr 2011/12 im Sedimentfallentyp „Flasche“ in den Beobachtungsflächen des Versuchsfeldes A.

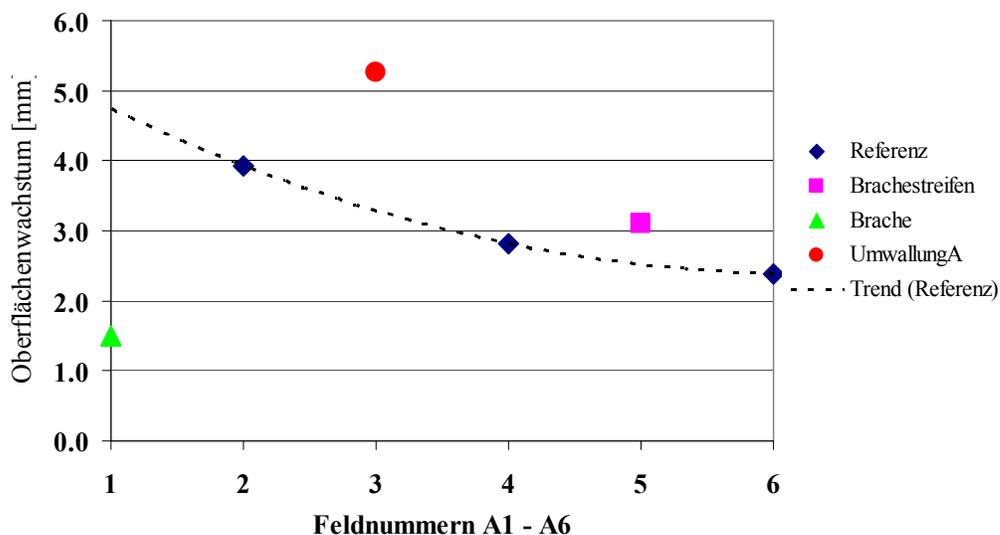


Abb. 59: Kumulierte Sedimentakkumulation im Winterhalbjahr 2011/12 im Sedimentfallentyp „Matte“ in den Beobachtungsflächen des Versuchsfeldes A.

Das Sturmflutereignis „Xaver“ hat im Winter 2011/12 mehr Sediment auf die Hallig Hooge gespült als die Sturmfluten „Carmen“ und „Lukas“ im vorhergehenden Winterhalbjahr. Dabei hatte „Xaver“ mit 2.88m ü.NN für eine Sturmflut keinen außergewöhnlich hohen Binnenwasserstand auf Hallig Hooge erreicht. Die mittlere Wassertiefe betrug in Abhängigkeit zur Hooger Topographie zwischen 0.80m und 1.60m. Bei den beiden Sturmfluten des vorhergehenden Winterhalbjahres fielen die Binnenwasserständen mit 3.29m ü.NN („Carmen“) und 3.40m ü.NN („Lukas“) deutlich höher aus.

Die halliginterne Wasserdynamik der Sturmfluten „Xaver“ und „Lukas“ unterscheiden sich bezüglich ihrer jeweiligen Steig- und Fallzeit kaum voneinander (**Tab. 5**). Trotzdem hat Sturmflut „Xaver“ wesentlich mehr Sediment auf die Hallig gespült als es bei Sturmflut „Lukas“ der Fall war, was aus 12 abseits der Versuchsfelder installierten Referenzsedimentfallen hervorgeht. Die Windrichtung während der 45minütigen Steigphase bei „Lukas“ sowie der 62minütigen Steigphase bei „Xaver“ wich nur wenige Grade voneinander ab. Mit Sicherheit herrschte bei „Lukas“ wegen der kürzeren Steigphase und dem höheren Endwasserstand eine stärkere Hydrodynamik als bei „Xaver“. Damit wäre eigentlich zu erwarten gewesen, dass mit dieser Sturmflut auch ein stärkerer Sedimenttransport auf die Hallig hätte einhergehen müssen. Die Ursache für die deutlich höhere Sedimentakkumulation durch Sturmflut „Xaver“ ist also weder durch die Hydrodynamik beim Fluten der Hallig, noch durch die Höhe des erreichten Binnenwasserstandes oder durch die Windrichtung zu erklären. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Suspensionsfracht bei Sturmflut „Xaver“ bereits vor der Überflutung Hooges außergewöhnlich hoch gewesen sein muss.

Tab. 9: Veränderung der Oberflächenhöhe in den Beobachtungsflächen an den SEB-Stationen des Versuchsfeldes A auf Hallig Hooge seit der Installation im Juli 2010. Angaben in mm.

SEB in Fläche	Juli 2010	März 2011	Juli 2011	März 2012	August 2012
A1 Brachefläche	0.00	5.87	7.99	12.61	21.40
A2 Referenzfläche	0.00	4.25	4.84	11.04	20.49
A3 Umwallung	0.00	8.29	9.89	18.08	20.52
A4 Referenzfläche	0.00	n.b.	7.44	9.06	10.06
A5 Brachestreifen	0.00	n.b.	3.53	9.57	9.26
A6 Referenzfläche	0.00	n.b.	8.73	19.62	17.63

Das mit Hilfe der SEBs bestimmte Oberflächenwachstum ist in anbetracht des kurzen Beobachtungszeitraumes mit großer Vorsicht zu bewerten. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass zum Installationszeitpunkt (im Juli 2010) sich die Vegetationsdecke nach der starken Beanspruchung durch Baufahrzeuge in einer frühen Phase der Erholung befand. Seitdem wurde das Versuchsfeld nur extensiv von meist weniger als einem Dutzend Schafen beweidet. Dabei konnte beobachtet werden, dass sich die Schafe überwiegend im östlichen Teil des Versuchsfeldes aufhalten in den Flächen A4, A5 und A6.

Das an den SEB-Stationen gemessene Oberflächenwachstum ist stark von der unterschiedlichen Vegetationsentwicklung innerhalb des Versuchsfeldes A beeinflusst. Das gilt insbesondere für das scheinbare „Wachstum“ zwischen März und August 2012. Betrachtet man das

Oberflächenwachstum nur bis zum März 2012, dann fallen die umwallte Fläche, sowie die Referenzfläche A6 durch eine hohe Wachstumsrate auf.

Für die Herausbildung von eindeutigen Trends mit dieser Methode ist eine fortgeführtes Monitoring über mehrere Jahre die Voraussetzung.

Die mit der SEP-Methode erzeugten Messwerte ergeben noch keine klaren Ergebnisse, da die Bodensetzung oberhalb der in 2010 installierten Platten erst im Sommer 2012 zum Stillstand kam.

7.3 Sedimentakkumulation in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld B auf Hallig Hooge

Der Wall des Versuchsfeldes B war im Untersuchungszeitraum von einer geschlossenen Grasnarbe bedeckt und zeigte kaum Erosionsschäden. Die Entwässerung dieser Maßnahmenfläche erfolgte unterirdisch über Drainageleitungen, welche das vollständige Trockenfallen nach den Sturmfluten im Winter 2010/11 um ca. einen Tag verzögerten.

Im Winter 2011/12 dauerte der Entwässerungsvorgang zunehmend länger. Insbesondere durch die rasche Abfolge von Überflutungen fiel die Fläche manchmal für mehrere Wochen nicht mehr vollständig trocken (**Abb. 60**). Aufgrund der Befürchtung, dass das Weidegras geschädigt werden könnte, wurde eine Drainageleitung an der tiefsten Stelle der Fläche aufgestochen. Der dadurch entstandene Gulli (ca. 30cm*30cm) entwässerte die Fläche innerhalb eines Tages. Die Ursache der verzögerten Drainage findet sich in den oberen Zentimetern des Halligbodens. Die Poren sind dort durch Sedimenteintrag weniger durchlässig geworden. Unter Umständen spielen auch Kolmationseffekte durch feine organische Partikel eine Rolle. Der in den Gräben oberhalb der Drainagerohre gefüllte Schillsand ist hingegen durchlässig geblieben.



Abb. 60: Das noch von Wasser bedeckte Versuchsfeld B (im Vordergrund) am 11.12.2011 nach Sturmflut „Friedhelm“.

Tab. 10: Sedimentakkumulation (in mm) in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld B auf Hallig Hooge.

Versuchsfeld B Hallig Hooge		Sedimentfallen			
		Flasche		Matte	
Datum (Sturmname)	Maximaler Wasser- stand in m ü.NN (Binnenpegel Hooge)	B 1	B 2	B 1	B 2
		Umwallte Fläche Wallhöhe: 1.89m ü.NN	Referenz- Bereich Flächenhöhe: 1.45m ü.NN	Umwallte Fläche Wallhöhe: 1.89m ü.NN	Referenz- Bereich Flächenhöhe: 1.45m ü.NN
Winter 2010/11					
12.11.2010, Carmen II	3.29m	0.21 ±0.02 (n=6)	0.26 ±0.09 (n=12)	0.19 ±0.02 (n=6)	0.25 ±0.09 (n=12)
05.02.201, Lukas I	3.40m	0.25 ±0.06 (n=6)	0.20 ±0.08 (n=12)	0.25 ±0.06 (n=6)	0.26 ±0.07 (n=12)
Wachstum im Winter 2010/11		0.46mm	0.46mm	0.44mm	0.51mm
Anzahl der Überflutungen		2	2	2	2
Winter 2011/12					
26.11.2011, Xaver I	2.88m	1.41 ±0.36 (n=8)	1.03 ±0.25 (n=10)	0.95 ±0.35 (n=7)	0.62 ±0.18 (n=9)
27.11.2011, Xaver II*	1.62m				
27.11.2011, Yoda I	2.34m				
28.11.2011, Yoda II	2.71m				
04.12.2011, Bob I	2.11m	0.19 ±0.13 (n=7)	0.16 ±0.04 (n=10)	0.28 ±0.07 (n=6)	0.29 ±0.25 (n=12)
04.12.2011, Bob II*	1.67m				
09.12.2011, Friedhelm I	2.57m	0.60 ±0.17 (n=7)	0.50 ±0.20 (n=11)	1.01 ±0.40 (n=7)	0.56 ±0.31 (n=12)
10.12.2011, Friedhelm II	2.71m				
11.12.2011, Friedhelm III*	1.58m				
14.12.2011, Hergen I*	1.78m				
15.12.2011, Iven *	1.82m				
29.12.2011, Robert I	1.99m	0.12 ±0.01 (n=6)	0.35 ±0.18 (n=12)	0.24 ±0.12 (n=7)	0.56 ±0.40 (n=12)
29.12.2011, Robert II	1.96m				
30.12.2011, Robert III*	1.63m				
05.01.2012, Andrea III	2.04m				
06.01.2012, Andrea IV*	1.67m				
13.01.2012, Elfriede I*	1.82m				
22.01.2012, Gisela I*	1.86m	0.00 ±0.00 (n=9)	0.09 ±0.02 (n=9)	0.00 ±0.00 (n=9)	0.13 ±0.07 (n=9)
22.01.2012, Gisela II*	1.65m				
Wachstum im Winter 2011/12		2.32mm	2.13mm	2.48mm	2.26mm
Anzahl der Überflutungen		9	19	9	19

*) Diese Überflutungen haben nicht die umwallte Maßnahmenfläche überflutet

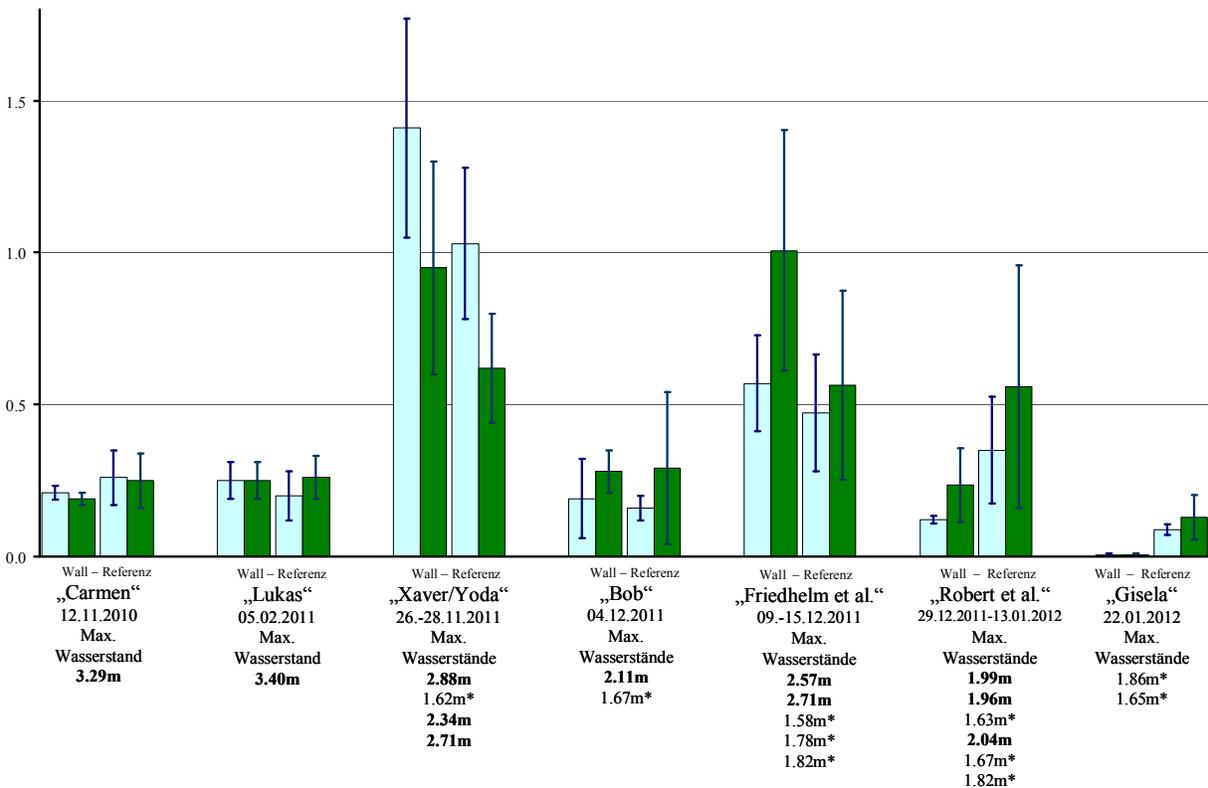


Abb. 61: Sedimentakkumulation in Sedimentfallen (Flaschen = hellblau. Matten = grün) in der umwallten Fläche und dem Referenzbereich des Versuchsfeldes B gegliedert nach Beprobungsblöcken der Winterhalbjahre 2010/11 und 2011/12. Dargestellt als Oberflächenwachstum und Standardabweichung in mm. Die mit einem * markierten Überflutungen erreichten nicht die umwallte Maßnahmenfläche.

Im Winterhalbjahr 2011/12 sind bei den höheren Überflutungen (ab ca. 2.71m ü.NN) stärkere Sedimentakkumulationen innerhalb der umwallten Fläche feststellbar. So konnte mit der Sedimentfalle „Flasche“ bei den Überflutungen der Stürme „Xaver/Yoda“ eine um ca. 40% und mit den Matten eine um ca. 50% stärkere Akkumulation nachgewiesen werden (**Tab. 10**).

Ein weiteres positives Ergebnis zeigt sich für den Beprobungsblock vom 09.-15.12.2011. Hier fällt die Akkumulation innerhalb der Umwallung um 20% („Flaschen“) bzw. um 90% („Matten“) höher aus. Wäre es möglich gewesen nur die Ablagerungen der beiden Sturmfluten („Friedhelm“) vom 9. und 10.12.2011 isoliert zu betrachten, dann würde der Unterschied noch stärker zur Geltung kommen. Denn zwischen dem 09. und dem 15.12.2011 wurde die umwallte Maßnahmenfläche nur zweimal überflutet, der umgebende Referenzbereich dagegen fünfmal. Die Sedimentfallen im Referenzbereich erhielten also noch durch drei weitere Überflutungen zusätzliches Sediment. Es ist allerdings davon auszugehen, dass aufgrund der niedrigen Wasserstände diese Menge vergleichsweise gering war.

Für die Überflutungen am 04.12.2012 („Bob I“, 2.11m ü.NN) zeigt sich ein weitgehend ausgeglichenes Ergebnis zwischen dem Maßnahmen- und dem Referenzbereich. Der maximale Wasserstand bei „Bob I“ überstieg die Wallhöhe (1.89m ü.NN) um ca. 22cm. Im Versuchsfeld A überstieg „Bob I“ den Wall um ca. 10cm und führte dort zu einer geringeren Sedimentation innerhalb der Umwallung.

Eine niedrigere Sedimentationsrate zeigt sich innerhalb der Umwallung des Versuchsfeldes B bei den Überflutungen vom 29.12.2011 („Robert“) und am 05.01.2012 („Andrea“). Überflutung „Andrea“ überstieg mit einem maximalen Wasserstand von 2.04m ü.NN den Wall um ca. 15cm, „Robert“ um ca. 10cm. Sturmtief „Robert“ verursachte zwei Überflutungen Hooges am 29.12.2011. Die umwallte Fläche blieb nach der ersten Überflutung am 29.12. gefüllt, während der Referenzbereich wieder weitgehend trocken fiel. Die zweite Überflutung am 29.12.2011 konnte mit einem Binnenpegelstand von 1.96m ü.NN bei der Überströmung des Walls dementsprechend nur wenig Sediment in die noch gefüllte Fläche transportieren.

Das kumulierte Ergebnis zeigt für Versuchsfeld B im Winterhalbjahr 2011/12 bei beiden Sedimentfallentypen eine um ca. 10% höhere Sedimentakkumulation innerhalb der umwallten Fläche als im umgebenden Referenzbereich, obwohl der Referenzbereich 19mal überflutet wurde und die umwallte Fläche nur neunmal. Es deutet sich somit an, dass Überflutungen die den Wall um ca. 70cm Höhe (bei Sturmflut „Friedhelm“) überströmen zu einer positiven Sedimentbilanz innerhalb der umwallten Fläche führen. Der Scheitelpunkt, ab dem innerhalb der umwallten Fläche eine höhere Sedimentakkumulation erfolgt als außerhalb, könnte demnach bei ca. 20-25cm über dem Wall liegen (Sturm „Bob“). Betrachtet man allein den Winter 2011/12, so liegt die Schlussfolgerung nahe, dass sich die Maßnahme ab einer Wallüberströmungshöhe von ca. 70cm vorteilhaft auf die Sedimentakkumulation auswirkt und sich der positive Effekt mit zunehmenden Wasserständen noch weiter steigert.

Vergleicht man die Ergebnisse von Versuchsfeld B mit denen des aus Winterhalbjahres 2010/11 dann fällt die etwas geringere Sedimentakkumulation innerhalb der Umwallung bei Sturmflut „Carmen“ auf und dem in etwa ausgeglichenem Ergebnis bei der noch höheren Sturmflut „Lukas“, trotz den deutlich höheren Wasserständen in diesen beiden Sturmfluten gegenüber denen vom Winterhalbjahr 2011/12. „Carmen“ und „Lukas“ überströmten den Wall mit 140cm bzw 151cm.

Dass die Sturmfluten im Winter 2010/11 weniger Sediment auf den Halligen abgelagert haben als in 2011/12 wurde bereits in Kapitel 7.2.5 erwähnt. Die höhere Sedimentmenge außerhalb der umwallten Fläche ist eventuell auf den Umstand zurückzuführen, dass in 2010 auf Hooge zahlreiche Gräben ausgebagert worden sind und im Winterhalbjahr 2010/11 hunderte Anhäufungen von Grabenaushub auf der Hallig verteilt lagerten, die bei den Überflutungen der Erosion ausgesetzt waren. Die zum Versuchsfeld B nahegelegensten Baggerhaufen befanden sich in einem Abstand von weniger als 100m. Vermutlich profitierten die Sedimentfallen außerhalb der Umwallung von der Erosion des Baggergutes.

7.4 Sedimentakkumulation in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld C auf Hallig Nordmarsch

Eine Förderung der Sedimentakkumulation durch Steinbarrieren in einem Halligpriel im Versuchsfeld C auf Nordmarsch konnte durch die bisherige Untersuchung nicht abschließend untersucht werden. Erst während der Untersuchung stellte sich heraus, dass die Sedimentation im Versuchsfeld C sehr stark von unterschiedlichen Deckwerkshöhen im westlich angrenzenden Uferbereich beeinträchtigt wird.

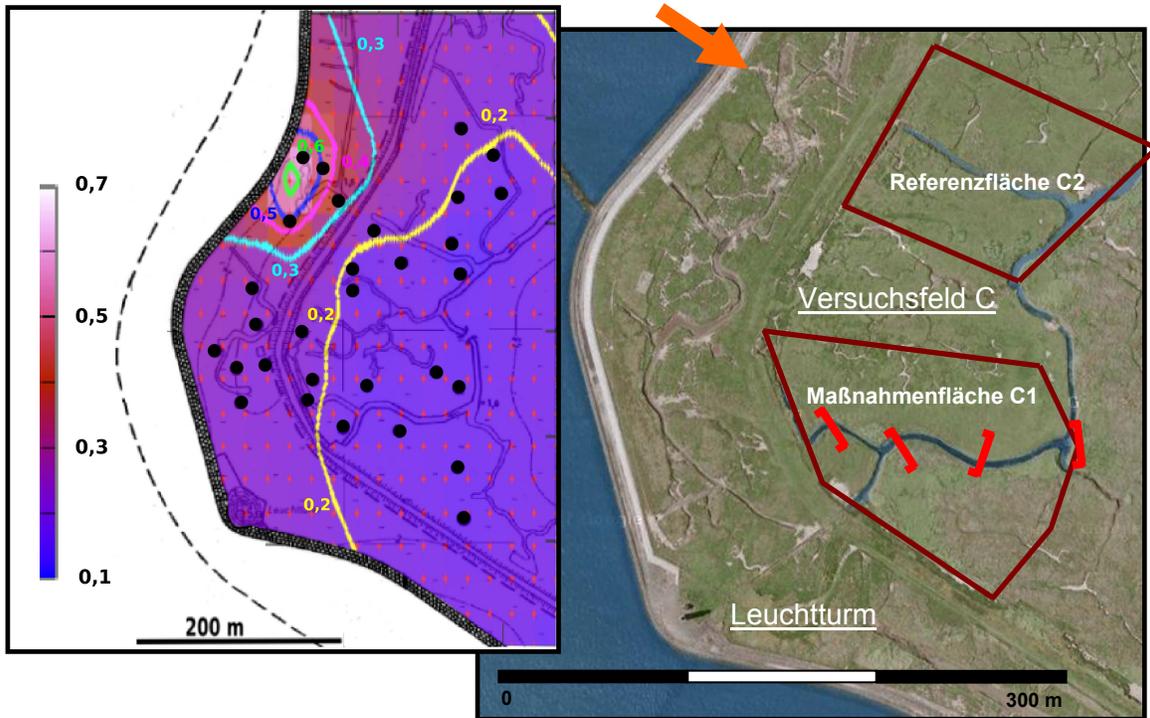


Abb. 62: Links: Sedimentakkumulation (in mm) im Winterhalbjahr 2009/10 im Bereich des Versuchsfeldes C im äußersten Westen von Nordmarsch (aus VOGT 2010). Rechts: Lage der Beobachtungsflächen im Versuchsfeld C und der Anomalie (Pfeil).

Bei Voruntersuchungen zur Findung eines geeigneten Untersuchungsareals für das Versuchsfeld C zeigte sich im überflutungsarmen Winterhalbjahr 2009/2010 in unmittelbarer Ufernähe eine deutliche Sedimentanreicherung (**Abb. 62**), ca. 100 m westlich der Referenzfläche C2. Da die vorgesehenen Beobachtungsflächen von dieser Anomalie im Winterhalbjahr 2009/10 nicht beeinträchtigt wurden, sprach nichts gegen die Eignung der ausgewählten Flächen für den geplanten Feldversuch.



Abb. 63: Unterschiedliche Deckwerkshöhen am Westufer von Nordmarsch im Bereich der Anomalie von **Abb. 62**. Der linke Deckwerksabschnitt ist ca. 60cm als höher als der rechts angrenzende

Die Ursache für die Anomalie in **Abb. 62** ist auf eine ca. 60cm niedrigere Deckwerkshöhe in diesem Bereich zurückzuführen (**Abb.63**). Das Uferdeckwerk westlich des Versuchsfeldes C besteht aus einem wasserundurchlässigen, mit Beton vergossenem Wall aus Blockwerk, der vom Leuchtturm im Süden bis in den Bereich der Referenzfläche C2 eine Höhe von ca. 2.95m besitzt und ab dort mit einer geringeren Höhe von 2.35m weiter nach Nordosten verläuft.

Tab. 11: Sedimentakkumulation (in mm) in den Winterhalbjahren 2010/11 und 2011/12 im Versuchsfeld C auf Nordmarsch.

Versuchsfeld C Hallig Nordmarsch		S e d i m e n t f a l l e n			
		Flasche		Matte	
Datum (Sturmname)	Maximaler Wasserstand in m ü.NN (Binnenpegel Nordmarsch)	C 1 Barrieren im Priel	C 2 Referenz- Bereich	C 1 Barrieren im Priel	C 2 Referenz- Bereich
Winterhalbjahr 2010/11					
12.11.2010, Carmen I	1.67m	0.31 ±0.10 (n=12)	0.53 ±0.17 (n=12)	0.36 ±0.06 (n=12)	0.54 ±0.07 (n=12)
12.11.2010, Carmen II	3.13m				
13.11.2010, Carmen III	1.98m				
Umbau der Steinbarrieren zwischen den Sturmfluten					
05.02.2011, Lukas I	3.22m	0.66 ±0.11 (n=12)	0.71 ±0.17 (n=12)	0.69 ±0.19 (n=12)	0.62 ±0.13 (n=12)
05.02.2011, Lukas II	1.51m				
Winterhalbjahr 2011/12					
26.11.2011, Xaver I	3.05m	0.42 ±0.07 (n=16)	1.01 ±0.22 (n=14)	0.54 ±0.09 (n=16)	1.30 ±0.45 (n=14)
27.11.2011, Xaver III	1.78m				
27.11.2011, Yoda I	2.85m				
28.11.2011, Yoda II	2.90m				
28.11.2011, Yoda III	1.50m				
04.12.2011, Bob I	2.85m	0.11 ±0.01 (n=16)	0.22 ±0.04 (n=14)	0.19 ±0.05 (n=16)	0.21 ±0.10 (n=14)
04.12.2011, Bob II	1.53m				
09.12.2011, Friedhelm I	2.95m	0.71 ±0.23 (n=16)	0.97 ±0.23 (n=14)	0.94 ±0.35 (n=16)	0.98 ±0.30 (n=14)
10.12.2011, Friedhelm II	2.89m				
11.12.2011, Friedhelm III	1.73m				
14.12.2011, Hergen I	2.71m				
14.12.2011, Hergen II	1.55m				
15.12.2011, Iven	2.75m				
29.12.2011, Robert I	2.85m	0.52 ±0.13 (n=16)	0.87 ±0.20 (n=14)	0.66 ±0.20 (n=16)	1.09 ±0.47 (n=14)
29.12.2011, Robert II	2.75m				
30.12.2011, Robert III	1.67m				
04.01.2012, Ulli	1.90m				
04.01.2012, Andrea I	2.31m				
05.01.2012, Andrea II	1.59m				
05.01.2012, Andrea III	2.63m				
05.01.2012, Andrea IV	1.62m				
13.01.2012, Elfriede I	2.42m				
13.01.2012, Elfriede II	1.47m				
22.01.2012, Gisela I	2.64m	0.12 ±0.04 (n=16)	0.25 ±0.07 (n=14)	0.21 ±0.04 (n=16)	0.40 ±0.15 (n=13)
22.01.2012, Gisela II	1.92m				
Wachstum im Winterhalbjahr 2011/12		1.98mm	3.32mm	2.54mm	3.98mm
Anzahl der Überflutungen		25	25	25	25

Die Sedimentakkumulation fällt im Bereich des mit vier Steinbarrieren ausgestatteten Priels der Maßnahmenfläche (C1) stets niedriger aus, als in der Referenzfläche (C2) mit dem baulich unveränderten Priel (**Tab. 11**). Eine Ausnahme bilden die Ablagerungen der höchsten Sturmflut im Beobachtungszeitraum („Lukas“). Hier ist die Sedimentakkumulation im Maßnahmen- und Referenzbereich nahezu ausgeglichen.

Es deutet sich an, dass die Unterschiede zwischen Maßnahmen- und Referenzbereich größer werden, je niedriger der Wasserstand bei den Überflutungen war. Bei Sturmtief „Gisela“ am 22.01.2012 erreichten die Binnenwasserstände auf Nordmarsch nur 2.64m ü.NN. Das bedeutet, dass der vorgelagerte nördliche, niedrigere Deckwerksabschnitt überströmt wurde, während der südliche, höhere Deckwerksabschnitt vermutlich nur von hohen Wellen überschlagen wurde. In der nördlichen Beobachtungsfläche C2 lagerte sich am 22.01.2012 doppelt soviel Sediment ab, wie in der südlichen Fläche C1.

Aus den Beobachtungen zu „Lukas“ und „Gisela“ wird deutlich, dass die Sedimentakkumulation im Versuchsfeld C von dem westlich vorgelagerten Deckwerk so stark beeinträchtigt wird, dass die Auswirkung von Steinbarrieren im Priel auf die Sedimentakkumulation kaum zu quantifizieren ist.

Eine Förderung der Sedimentakkumulation durch Steinbarrieren im Halligpriel, deutet sich beim Vergleich der Sturmfluten „Carmen“ und „Lukas“ an. Die maximalen Binnenwasserstände von Carmen II (3.13m ü. NN) und Lukas I (3.22m ü.NN) unterscheiden sich um nur 9cm. In beiden Fällen ist anhand der erreichten Binnenwasserstände (**Tab. 5**) davon auszugehen, dass das westlich vorgelagerte Deckwerk vollständig überspült wurde.

Bei Sturmflut „Carmen“ wurde in der Referenzfläche C2 etwa 70% mehr Sediment abgelagert als in der Maßnahmenfläche. Bei Sturmflut „Lukas“ wurde im gesamten Versuchsfeld C mehr Sediment akkumuliert als bei „Carmen“ und in den beiden Beobachtungsflächen in etwa jeweils die gleiche Menge (**Tab. 11**).

Die eine mögliche Erklärung wäre, dass die um 9cm höheren Wasserstände bei Lukas, die Beeinträchtigung durch das vorgelagerte Deckwerk egalisiert haben.

Die andere mögliche Erklärung ist eine Unterstützung der Sedimentakkumulation durch die Prielverbauungen in der Maßnahmenfläche. Denn zwischen den Sturmfluten „Carmen“ im November 2010 und „Lukas“ im Februar 2011 erfolgte eine bauliche Veränderung der Steinbarrieren im Versuchsfeld C (**Abb. 40, 41**). Durch diese bauliche Veränderung der Steinbarrieren wurde bei Sturmflut „Lukas“ ein stärkerer Bremseffekt erzeugt, als es beim Abfließen des Wassers nach Sturmflut „Carmen“ noch der Fall gewesen war. Sofern die vorherrschende Windrichtung und die daraus resultierende Überflutungsrichtung als entscheidendes Kriterium für die unterschiedlichen Akkumulationsmengen ausgeschlossen werden können, deutet sich an, dass die modifizierten Steinbarrieren zu einer Erhöhung der Sedimentationsrate im Einzugsgebiet dieses Halligprieles beigetragen haben. Sollte diese Deutung die Zutreffende sein, dann müsste sie bei einer weiteren noch höheren Sturmflut Bestätigung finden.



Abb. 64: Oberflächenwachstum an SEB-Stationen im Versuchsfeld C und kumulierte Sedimentakkumulation in den Sedimentfallen zwischen Oktober 2011 und April 2012. Änderung der Deckwerkshöhe (Pfeil).

Die Beobachtungsflächen C1 und C2 sind mit jeweils 4 SEB-Stationen ausgestattet. Darüber hinaus befindet sich jeweils eine weitere SEB-Station zwischen den Beobachtungsflächen und dem Westufer (Abb. 64). Im Zeitraum zwischen Oktober 2011 und April 2012 zeigten die beiden westlich den Beobachtungsflächen vorgelagerten SEB-Stationen mit 1.86mm hinter dem hohen Uferdeckwerk und 6.33mm hinter dem niedrigerem Deckwerk stark voneinander abweichende Ergebnisse. Entsprechend unterschiedlich fällt jeweils auch das mit SEBs und Sedimentfallen ermittelte Oberflächenwachstum in den östlich angrenzenden Beobachtungsflächen aus.

Im Referenzfeld C2 zeigt sich recht deutlich eine abnehmende Sedimentmenge bei zunehmender Uferentfernung, in der Form wie sie bereits im Projekt SAHall I beschrieben wurde (DEICKE et al. 2009). Dieser Trend ist im Maßnahmenfeld nicht klar erkennbar. Es fällt auf, dass das mit Sedimentfallen bestimmte mittlere Oberflächenwachstum im Maßnahmenfeld C1 (1.98mm bzw. 2.54mm) nicht unter dem der ufernahen SEB-Station liegt (1.86mm). Dagegen liegt im Referenzfeld C2 das mit den Sedimentfallen bestimmte mittlere Wachstum (3.32mm bzw. 3.98mm) um ca. 40% niedriger als am westlich vorgelagerten SEB (6.33mm). Die relativ zur vorgelagerten SEB-Station höhere Sedimentakkumulation in den Sedimentfallen der Maßnahmenfläche C1 könnte also auf den Bremseffekt in dem mit Steinbarrieren verbauten Halligpriele zurückzuführen sein.

Mit den SEB-Stationen innerhalb der Maßnahmenfläche kann dieser Zusammenhang nicht sicher bestätigt werden, da die SEB-Messwerte in C1 eine starke Streuung aufweisen.

Um die Wirksamkeit der Maßnahme „Barrieren im Halligpriel“ am Standort des Versuchsfeldes C sicher quantifizieren zu können, ist es notwendig, dass der Bereich zwischen dem Uferdeckwerk und den Beobachtungsflächen mit einem dichten Netz von Sedimentfallen bestückt wird. Erst dann lässt sich die Beeinträchtigung der Sedimentakkumulation durch die unterschiedlichen Deckwerkshöhen rechnerisch eliminieren.

8. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die im Projekt SAHall II gewonnenen Erkenntnisse können nur als vorläufig gewertet werden. Sie bedürfen der Überprüfung durch die Untersuchung weiterer Überflutungen. Darüber hinaus sind zahlreiche Dauermessstationen eingerichtet worden, die Trends zum Oberflächenwachstum erst nach weiteren Jahren der Beobachtung ermöglichen werden.

Sämtliche Maßnahmen zur Förderung der Sedimentakkumulation konnten in Hinblick auf ihre Wirksamkeit noch nicht abschließend getestet werden. Insofern ist eine Diskussion über das Verhältnis von Aufwand und Nutzen einer Maßnahme zur Zeit noch nicht angebracht.

Wie bereits im Vorprojekt SAHall I konnte keine Verstärkung der Sedimentakkumulation durch eine höher aufwachsende Vegetationsdecke nachgewiesen werden (Maßnahme „Brachefläche“). Auch zeichnet sich durch die Maßnahme „Brachestreifen“ bisher noch keine klare Beeinflussung der Sedimentation ab.

Die Maßnahme „Umwallung“ zeigte im Winterhalbjahr 2011/12 einen positiven Sedimentationseffekt bei Überflutungen mit Wasserständen von mehr als 25 cm über der Walloberkante. Bei Überflutungen mit niedrigen Wasserständen wirkt sich eine Umwallung für die Sedimentakkumulation negativ aus. Die optimale Höhe für einen Wall muss noch ermittelt werden. Auch gibt es noch Innovationsbedarf bei der Be- und Entwässerung einer umwallten Fläche.

Die Wirksamkeit der Maßnahme „Umwallung“ sollte auch auf anderen Halligen getestet werden, da Hooge mit seinem Sommerdeich selbst eine übergeordnete Form einer umwallten Fläche mit verlangsamten Abfluss darstellt. Es ist wahrscheinlich, dass die sedimentakkumulationsfördernde Wirkung einer umwallten Fenne auf einer Hallig mit schneller Entwässerung (z.B. Nordmarsch, Nordstrandischmoor) noch stärker zur Geltung kommt. Da sich andeutet, dass sich die Wirksamkeit einer Umwallung mit zunehmenden Binnenwasserständen weiter steigert, werden positive Sedimentationseffekte auch von schweren Sturmfluten erwartet.

Wenn man eine umwallte Fläche als ein Modell für eine Hallig betrachtet, dann erscheint es grundsätzlich sinnvoll, das Ufer mit einem Wall – hier Sommerdeich oder „Igel“ – zu versehen. Jedoch muss die optimale Höhe dieses Uferschutzwerkes ermittelt werden. Ist ein Wall zu hoch, gelangt zu wenig Sediment auf die Hallig. Ist er zu niedrig, dann erfolgen Überflutungen auch bei niedrigen Außenwasserständen, die erfahrungsgemäß kaum Sediment auf der Hallig ablagern.

Im Versuchsfeld C auf Nordmarsch deutet sich auf den Flächen, die von einem Priel mit künstlichen Steinbarrieren entwässert werden, eine Verstärkung der Sedimentakkumulation an. Der Sedimentationseffekt dieser Maßnahme konnte aber noch nicht quantifiziert werden, da bei Überflutungen der Wasserzutritt (und damit auch die Sedimentation) im Versuchsfeld C sehr stark von einem in unterschiedlicher Höhenlage verlaufenden Uferdeckwerk geprägt wird. Ein dichtes Netz von Sedimentfallen im Bereich dieses Halligigels ist für den Winter 2012/13 bereits installiert und wird es ermöglichen, die Beeinträchtigung der Sedimentakkumulation durch die unterschiedlichen Deckwerkshöhen rechnerisch zu eliminieren.

Wenn sich für die untersuchte Maßnahme im Versuchsfeld C eine deutliche Verstärkung der Sedimentakkumulation nachweisen lässt, dann sollten auf Nordmarsch-Langeness weitere

Halligpriele mit Steinbarrieren bestückt werden und/oder – so wie auf Hooge – Spundwände binnenseitig vor den Sieltoren installiert werden, um den Entwässerungszeitraum um mehrere Stunden zu verlängern.

Wie bereits im kleineren Maßstab bei der Maßnahme „Umwallung“ beobachtet werden konnte, wurde bei den Untersuchungen zum Versuchsfeld C deutlich, dass hohe Uferschutzbauwerke ein primäres Hindernis für den Transport von Sediment auf die Hallig darstellen. Dieser Aspekt sollte bei künftigen Planungen und Untersuchungen berücksichtigt werden.

Obwohl bisher nicht bei allen untersuchten Maßnahmen eine Förderung der Sedimentakkumulation abschließend nachgewiesen werden konnte, ist es grundsätzlich als sinnvoll zu erachten, das von einer Hallig ablaufende Restwasser ausreichend zu verlangsamen, so dass es zu keiner Remobilisierung von bereits abgelagerten Material kommt. Die Hauptwassermenge sollte auch weiterhin schnell von einer Hallig strömen können, die restlichen 30 bis 50cm sollten deutlich langsamer abfließen. Ob dieser Prozess auf einzelnen Flächen einer Hallig oder auf der ganzen Hallig durchgeführt werden sollte, muss noch weiter evaluiert und diskutiert werden. Eine höhere Akzeptanz bei der Halligbevölkerung für eine längere Verweildauer des Restwassers auf der Hallig nach einem Landunter könnte eine Höherlegung der Verkehrswege um 30-50cm bewirken.

9. Literaturverzeichnis

- DEICKE, M.; KARIUS, V. & v.EYNATTEN, H. (2009): Bestimmung der Sedimentaufwachsraten auf den Halligen Hooe, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog – Sedimentakkumulation Halligen (SAHALL) – Endbericht, 46 S., 25 Abb., 26 Tab., Anhang; Göttingen-Kiel (unveröff.).
- JENSEN, J. & MUDERSBACH, C. (2004): Zeitliche Änderungen in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Küsten. In: GÖNNERT, G. et al. (Hrsg.): Klimaänderung und Küstenschutz, Proceedings zur Fachtagung vom 29. bis 30. November 2004 in Hamburg, S. 1 - 15.
- JENSEN, J., FRANK, T., WAHL, T. & DANGENDORF, S. (2011): Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste (AMSeL), Projektbericht WBL 199D, Universität Siegen, Forschungsinstitut Wasser und Umwelt
- KALLWEIT, W. (2006): Verteilung von organischem und karbonatischem Kohlenstoff in ausgewählten Sturmflutsedimentprofilen auf Hallig Hooe. - BSc.-Arb., Univ. Göttingen, 43 S., 28 Abb., 6 Tab., Anhang; Göttingen (unveröff.).
- MACHUNZE, C. (2010): Entwicklung einer Feldmethode zur Bestimmung des Feststoffgehaltes von Brackwassersuspension - BSc.-Arb., Univ. Göttingen, 48 S., 23 Abb., 12 Tab., Anhang; Göttingen (unveröff.).
- SANDER, A.K. (2010): Sedimentologische Untersuchungen der Sturmflutablagerungen auf der Hallig Hooe im Winter 2009/10. - BSc.-Arb., Univ. Göttingen, 54 S., 37 Abb., 6 Tab., Anhang; Göttingen (unveröff.).
- SANDER, A.K., DEICKE, M. & KARIUS, V. (2011): Bestimmung der Sedimentakkumulation auf Hallig Hooe im Winter 2009/10. - In: KARIUS, V. et al. (Hrsg.): Dynamische Küsten – Grundlagen, Zusammenhänge und Auswirkungen im Spiegel angewandter Küstenforschung.- Coastline Reports 2011-17, S.19-32.
- SCHINDLER, M., et al. (in prep.): Kumulative Dissertation, Univ. Göttingen.
- VOGT, M. (2010): Bestimmung der Sedimentakkumulation auf Hallig Langeness im Winter 2009/10 - BSc.-Arb., Univ. Göttingen, 43 S., 22 Abb., 10 Tab., Anhang; Göttingen (unveröff.).
- VOGT, M.; DEICKE, M. & KARIUS, V. (2011): Bestimmung der Sedimentakkumulation auf Hallig Langeness im Winter 2009/10. - In: KARIUS, V. et al. (Hrsg.): Dynamische Küsten – Grundlagen, Zusammenhänge und Auswirkungen im Spiegel angewandter Küstenforschung.- Coastline Reports 2011-17, S.49-58.
- WILLIM, K. (2012): Langjährige Sturmfluthäufigkeit auf den Halligen Hooe, Langeness und Nordstrandischmoor -Berechnung von Pegelschwellenwerten für eintretende Landunter-Ereignisse. - BSc.-Arb., Univ. Göttingen, 38 S., 16 Abb., 9 Tab., Anhang; Göttingen (unveröff.).

Anhang

Akkumulierte Sedimentmengen in einzelnen Sedimentfallen (Matten/Flaschen) der Winterhalbjahre 2010/11 und 2011/12 geliedert nach den Versuchsfeldern A, B und C und dem Zeitpunkt der Probennahme.

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 12.11.-15.11.2010

Überflutungen: "Carmen II" am 13.11.2010

			Matten		Flaschen	
			<u>Wachstum</u>	<u>gesamt</u>	<u>Wachstum</u>	
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(mm)</u>	
Maßnahme "Brache"						
A11	3470330	6048991	3.7	0.27	0.39	0.13
A12	3470353	6048985	2.5	0.18	0.14	0.05
A13	3470378	6048978	3.0	0.22	0.44	0.15
A14	3470337	6048975	2.1	0.16	0.44	0.15
A15	3470361	6048968	2.5	0.18	0.36	0.12
A16	3470320	6048967	3.0	0.22	0.20	0.07
A17	3470345	6048959	2.1	0.15	0.24	0.08
A18	3470367	6048950	3.3	0.24	0.82	0.28
A 1		Mittelwert:	2.78	0.20	0.38	0.13
A 1		Stabw:	0.56	0.04	0.21	0.07
Referenzfläche						
A21	3470428	6048961	6.7	0.49	0.82	0.28
A22	3470454	6048951	6.2	0.45	0.82	0.28
A23	3470477	6048942	6.5	0.48	1.47	0.50
A24	3470436	6048940	9.8	0.72	1.54	0.52
A25	3470460	6048930	6.8	0.50	1.19	0.41
A26	3470418	6048928	20.2	1.48	2.07	0.70
A27	3470444	6048918	13.2	0.97	1.45	0.49
A28	3470466	6048912	16.3	1.20	2.56	0.87
A 2		Mittelwert:	10.70	0.79	1.49	0.51
A 2		Stabw:	5.30	0.39	0.59	0.20
Maßnahme "Umwallung A"						
A31	3470523	6048926	20.2	1.48	4.39	1.49
A32	3470548	6048915	16.3	1.20	5.43	1.84
A33	3470574	6048905	18.7	1.38	5.02	1.70
A34	3470531	6048907	13.4	0.99	3.75	1.27
A35	3470556	6048898	17.2	1.26	5.89	2.00
A36	3470514	6048897	17.2	1.26	4.11	1.40
A37	3470539	6048890	15.1	1.11	3.62	1.23
A38	3470565	6048880	15.2	1.11	3.31	1.12
A 3		Mittelwert:	16.65	1.22	4.44	1.51
A 3		Stabw:	2.16	0.16	0.92	0.31

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 12.11.-15.11.2010

Überflutungen: "Carmen II" am 13.11.2010

			Matten		Flaschen	
			<u>Wachstum</u>		<u>gesamt</u>	<u>Wachstum</u>
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>		<u>(g)</u>	<u>(mm)</u>
Referenzfläche						
A41	3470629	6048887	5.2	0.38	1.64	0.56
A42	3470649	6048875	4.6	0.34	2.03	0.69
A43	3470675	6048866	3.9	0.29	1.16	0.39
A44	3470623	6048873	13.4	0.98	2.00	0.68
A45	3470672	6048848	4.2	0.31	1.21	0.41
A46	3470603	6048855	13.6	1.00	2.18	0.74
A47	3470642	6048857	5.4	0.40	1.54	0.52
A48	3470663	6048839	4.4	0.32	1.33	0.45
A 4		Mittelwert:	6.85	0.50	1.64	0.56
A 4		Stabw:	4.14	0.30	0.40	0.13
Maßnahme "Brachestreifen"						
A51	3470723	6048850	3.8	0.28	0.92	0.31
A52	3470751	6048840	3.8	0.28	0.79	0.27
A53	3470776	6048831	3.8	0.28	1.19	0.41
A54	3470725	6048830	3.5	0.26	0.99	0.34
A55	3470759	6048820	3.5	0.26	1.04	0.35
A56	3470713	6048821	3.3	0.24	0.97	0.33
A57	3470743	6048810	4.8	0.35	1.21	0.41
A58	3470767	6048800	3.5	0.26	1.33	0.45
A 5		Mittelwert:	3.75	0.28	1.06	0.36
A 5		Stabw:	0.45	0.03	0.18	0.06
Referenzfläche						
A61	3470821	6048819	5.9	0.43	2.05	0.70
A62	3470842	6048807	5.7	0.42	1.71	0.58
A63	3470873	6048795	6.1	0.45	1.30	0.44
A64	3470822	6048797	5.4	0.39	2.05	0.70
A65	3470855	6048784	6.8	0.50	1.74	0.59
A66	3470810	6048786	5.5	0.41	1.72	0.59
A67	3470836	6048777	8.3	0.61	2.46	0.83
A68	3470855	6048766	11.8	0.87	1.42	0.48
A 6		Mittelwert:	6.93	0.51	1.81	0.61
A 6		Stabw:	2.19	0.16	0.37	0.13

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 02.02.-07.02.2011

Überflutungen: "Lukas I" am 05.02.2011

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Brache"										
A11	3470330	6048991	5.2	0.38	1.148	0.098	7.9	92.1	0.42	0.39
A12	3470353	6048985	3.2	0.24	0.678	0.077	10.2	89.8	0.26	0.23
A13	3470378	6048978	3.6	0.27	0.826	0.097	10.5	89.5	0.31	0.28
A14	3470337	6048975	2.3	0.17	0.698	0.092	11.6	88.4	0.27	0.24
A15	3470361	6048968	1.9	0.14	0.693	0.071	9.3	90.7	0.26	0.24
A16	3470320	6048967	5.0	0.37	0.000	0.000				
A17	3470345	6048959	2.0	0.15	0.736	0.074	9.1	90.9	0.27	0.25
A18	3470367	6048950	3.8	0.28	1.015	0.104	9.3	90.7	0.38	0.34
A 1		Mittelwert:	3.37	0.25	0.72	0.08	9.7	90.3	0.31	0.28
A 1		Stabw:	1.28	0.09	0.34	0.03	1.20	1.20	0.07	0.06
Referenzfläche										
A21	3470428	6048961	2.6	0.19	1.101	0.093	7.8	92.2	0.41	0.37
A22	3470454	6048951	4.4	0.32	1.343	0.097	6.7	93.3	0.49	0.46
A23	3470477	6048942	6.0	0.44	1.675	0.091	5.1	94.9	0.60	0.57
A24	3470436	6048940	5.9	0.43	1.157	0.099	7.9	92.1	0.43	0.39
A25	3470460	6048930	6.2	0.45	1.968	0.123	5.9	94.1	0.71	0.67
A26	3470418	6048928	14.0	1.03	1.941	0.122	5.9	94.1	0.70	0.66
A27	3470444	6048918	10.8	0.79	1.834	0.143	7.3	92.7	0.67	0.62
A28	3470466	6048912	10.8	0.79	2.732	0.136	4.8	95.2	0.97	0.93
A 2		Mittelwert:	7.58	0.56	1.72	0.11	6.4	93.6	0.62	0.58
A 2		Stabw:	3.86	0.28	0.53	0.02	1.18	1.18	0.19	0.18
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470523	6048926	49.9	3.66	6.669	0.883	11.7	88.3	2.56	2.26
A32	3470548	6048915	33.5	2.46	4.711	0.204	4.2	95.8	1.67	1.60
A33	3470574	6048905	38.9	2.86	4.835	0.205	4.1	95.9	1.71	1.64
A34	3470531	6048907	35.5	2.61	4.151	0.131	3.1	96.9	1.45	1.41
A35	3470556	6048898	22.4	1.64	2.581	0.128	4.7	95.3	0.92	0.88
A36	3470514	6048897	43.8	3.22	3.309	0.114	3.3	96.7	1.16	1.12
A37	3470539	6048890	54.1	3.97	5.355	0.141	2.6	97.4	1.87	1.82
A38	3470565	6048880	27.5	2.02	2.480	0.112	4.3	95.7	0.88	0.84
A 3		Mittelwert:	38.19	2.81	4.26	0.24	4.7	95.3	1.53	1.45
A 3		Stabw:	10.79	0.79	1.44	0.26	2.90	2.90	0.56	0.49

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 02.02.-07.02.2011

Überflutungen: "Lukas I" am 05.02.2011

				Matten			Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Referenzfläche										
A41	3470629	6048887	2.4	0.18	0.000	0.000				
A42	3470649	6048875	2.7	0.20	0.738	0.092	11.1	88.9	0.28	
A43	3470675	6048866	2.6	0.19	1.322	0.111	7.7	92.3	0.49	
A44	3470623	6048873	2.3	0.17	0.000	0.000				
A45	3470672	6048848	3.2	0.24	0.000	0.000				
A46	3470603	6048855	5.8	0.42	0.709	0.091	11.4	88.6	0.27	
A47	3470642	6048857	2.7	0.20	0.674	0.090	11.8	88.2	0.26	
A48	3470663	6048839	0.6	0.04	0.574	0.084	12.7	87.3	0.22	
A 4		Mittelwert:	2.78	0.20	0.50	0.06	10.9	89.1	0.30	
A 4		Stabw:	1.42	0.10	0.47	0.05	1.90	1.90	0.10	
Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470723	6048850	3.5	0.26	0.724	0.084	10.4	89.6	0.27	
A52	3470751	6048840	3.2	0.24	0.649	0.085	11.6	88.4	0.25	
A53	3470776	6048831	2.6	0.19	1.109	0.101	8.3	91.7	0.41	
A54	3470725	6048830	3.7	0.27	0.782	0.086	10.0	90.0	0.29	
A55	3470759	6048820	3.6	0.26	0.739	0.087	10.5	89.5	0.28	
A56	3470713	6048821	3.1	0.23	0.729	0.090	11.0	89.0	0.28	
A57	3470743	6048810	3.4	0.25	0.724	0.087	10.7	89.3	0.28	
A58	3470767	6048800	4.8	0.35	0.832	0.100	10.7	89.3	0.32	
A 5		Mittelwert:	3.48	0.26	0.79	0.09	10.4	89.6	0.30	
A 5		Stabw:	0.64	0.05	0.14	0.01	0.95	0.95	0.05	
Referenzfläche										
A61	3470821	6048819	4.7	0.34	0.793	0.043	5.1	94.9	0.28	
A62	3470842	6048807	3.8	0.28	0.721	0.079	9.9	90.1	0.27	
A63	3470873	6048795	7.0	0.52	1.415	0.127	8.2	91.8	0.52	
A64	3470822	6048797	4.1	0.30	0.000	0.000				
A65	3470855	6048784	4.7	0.34	0.877	0.109	11.0	89.0	0.33	
A66	3470810	6048786	3.0	0.22	0.730	0.095	11.5	88.5	0.28	
A67	3470836	6048777	4.1	0.30	0.971	0.107	9.9	90.1	0.37	
A68	3470855	6048766	7.1	0.52	1.157	0.116	9.1	90.9	0.43	
A 6		Mittelwert:	4.80	0.35	0.83	0.08	9.3	90.7	0.36	
A 6		Stabw:	1.50	0.11	0.41	0.04	2.14	2.14	0.09	

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 26.11.-30.11.2011 (Matten), 27.11.-30.11.2011 (Flaschen)

Überflutungen: "Xaver I und III" am 26.11.2011 (nur Matten), "Yoda I und II" 27.-28.11.2011 (Flaschen und Matten)

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Brache"										
A11	3470334	6048992	8.14	0.60						
A12	3470356	6048989	9.84	0.73	0.202	0.017	7.8	92.2	0.07	0.07
A13	3470389	6048979	17.70	1.31	0.279	0.018	6.2	93.8	0.10	0.09
A14	3470341	6048963	6.02	0.45	0.325	0.065	16.7	83.3	0.13	0.11
A15	3470363	6048963	17.03	1.26	0.288	0.005	1.7	98.3	0.10	0.10
A16	3470318	6048960	9.58	0.71	0.610	0.037	5.7	94.3	0.22	0.21
A17	3470342	6048949	8.50	0.63	0.285	0.019	6.4	93.6	0.10	0.10
A18	3470366	6048943	31.91	2.36	0.594	0.009	1.5	98.5	0.20	0.20
A 1		Mittelwert:	13.59	1.01	0.37	0.02	6.6	93.4	0.13	0.13
A 1		Stabw:	8.51	0.63	0.16	0.02	5.10	5.10	0.06	0.06
Referenzfläche										
A21	3470413	6048972	33.22	2.46	0.202	0.017	7.8	92.2	0.24	0.23
A22	3470454	6048958	32.35	2.40	0.279	0.018	6.2	93.8	0.25	0.21
A23	3470497	6048943	33.56	2.49	0.325	0.065	16.7	83.3	0.34	0.33
A24	3470437	6048938	30.25	2.24	0.288	0.005	1.7	98.3	0.25	0.25
A25	3470461	6048927	32.22	2.39	0.610	0.037	5.7	94.3	0.24	0.23
A26	3470424	6048927	34.12	2.53	0.285	0.019	6.4	93.6	0.28	0.27
A27	3470444	6048915	28.12	2.08	0.594	0.009	1.5	98.5	0.31	0.29
A28	3470473	6048903	31.43	2.33	1.096	0.125	10.2	89.8	0.41	0.37
A 2		Mittelwert:	31.91	2.36	0.46	0.04	7.0	93.0	0.29	0.27
A 2		Stabw:	1.96	0.15	0.30	0.04	4.89	4.89	0.06	0.06
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470519	6048925	60.95	4.51	5.679	0.129	2.2	97.8	1.97	1.93
A32	3470551	6048913	47.07	3.49						
A33	3470585	6048904	49.33	3.65	1.465	0.075	4.9	95.1	0.52	0.50
A34	3470536	6048904	88.70	6.57	0.980	0.047	4.6	95.4	0.35	0.33
A35	3470561	6048894	57.03	4.22	1.209	0.061	4.8	95.2	0.43	0.41
A36	3470509	6048893	35.08	2.60	0.960	0.024	2.4	97.6	0.33	0.33
A37	3470539	6048886	34.42	2.55	0.960	0.073	7.0	93.0	0.35	0.33
A38	3470572	6048876	35.68	2.64						
A 3		Mittelwert:	51.03	3.78	1.88	0.07	4.3	95.7	0.66	0.64
A 3		Stabw:	18.27	1.35	1.87	0.04	1.79	1.79	0.65	0.64

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 26.11.-30.11.2011 (Matten), 27.11.-30.11.2011 (Flaschen)

Überflutungen: "Xaver I und III" am 26.11.2011 (nur Matten), "Yoda I und II" 27.-28.11.2011 (Flaschen und Matten)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Referenzfläche										
A41	3470617	6048891	22.10	1.64	0.993	0.073	6.9	93.1	0.36	0.34
A42	3470645	6048887	27.10	2.01						
A43	3470680	6048872	19.90	1.47	1.701	0.140	7.6	92.4	0.62	0.58
A44	3470628	6048868								
A45	3470678	6048850	17.63	1.31	1.466	0.084	5.5	94.5	0.53	0.50
A46	3470606	6048853	29.03	2.15	1.964	0.095	4.6	95.4	0.70	0.67
A47	3470642	6048848	16.86	1.25	1.916	0.080	4.0	96.0	0.68	0.65
A48	3470668	6048838	10.80	0.80	1.393	0.081	5.5	94.5	0.50	0.47
A 4		Mittelwert:	20.49	1.52	1.57	0.09	5.7	94.3	0.57	0.53
A 4		Stabw:	6.26	0.46	0.37	0.02	1.35	1.35	0.13	0.12

Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470719	6048854	22.64	1.68	1.720	0.092	5.1	94.9	0.61	0.58
A52	3470748	6048840	21.06	1.56	1.765	0.025	1.4	98.6	0.61	0.60
A53	3470785	6048831	22.02	1.63	2.365	0.018	0.7	99.3	0.81	0.80
A54	3470731	6048830	26.38	1.95	1.864	0.075	3.9	96.1	0.66	0.63
A55	3470763	6048819	29.77	2.21	1.976	0.091	4.4	95.6	0.70	0.67
A56	3470708	6048823	19.98	1.48	1.734	0.065	3.6	96.4	0.61	0.59
A57	3470742	6048812	32.92	2.44	2.765	0.091	3.2	96.8	0.97	0.94
A58	3470769	6048800	20.04	1.48	2.554	0.086	3.3	96.7	0.90	0.87
A 5		Mittelwert:	24.35	1.80	2.09	0.07	3.2	96.8	0.73	0.71
A 5		Stabw:	4.84	0.36	0.41	0.03	1.46	1.46	0.14	0.14

Referenzfläche										
A61	3470817	6048821	18.68	1.38	3.098	0.115	3.6	96.4	1.09	1.05
A62	3470851	6048807	10.88	0.81	3.061	0.044	1.4	98.6	1.05	1.04
A63	3470875	6048793	8.44	0.63	3.099	0.057	1.8	98.2	1.07	1.05
A64	3470828	6048795	11.24	0.83	2.865	0.056	1.9	98.1	0.99	0.97
A65	3470859	6048782	10.08	0.75	2.765	0.055	1.9	98.1	0.96	0.94
A66	3470808	6048788	14.15	1.05	3.077	0.071	2.3	97.7	1.07	1.04
A67	3470829	6048783	9.63	0.71	2.934	0.058	1.9	98.1	1.02	1.00
A68	3470862	6048775	9.01	0.67	2.789	0.062	2.2	97.8	0.97	0.95
A 6		Mittelwert:	11.51	0.85	2.96	0.06	2.1	97.9	1.03	1.01
A 6		Stabw:	3.38	0.25	0.14	0.02	0.64	0.64	0.05	0.05

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 30.11.-08.12.2011

Überflutungen: "Bob I und II" am 04.12.2011

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Brache"										
A11	3470334	6048992	2.12	0.16	0.100	0.008	7.0	93.0	0.04	0.03
A12	3470356	6048989	0.71	0.05	0.008	0.003	25.7	74.3	0.00	0.00
A13	3470389	6048979	0.99	0.07	0.074	0.005	6.4	93.6	0.03	0.03
A14	3470341	6048963	2.14	0.16	0.023	0.003	10.5	89.5	0.01	0.01
A15	3470363	6048963	2.07	0.15	0.030	0.002	5.7	94.3	0.01	0.01
A16	3470318	6048960	1.75	0.13	0.090	0.010	9.7	90.3	0.03	0.03
A17	3470342	6048949	1.49	0.11	0.029	0.000	1.7	98.3	0.01	0.01
A18	3470366	6048943	1.90	0.14	0.122	0.009	6.6	93.4	0.04	0.04
A 1		Mittelwert:	1.65	0.12	0.06	0.00	9.2	90.8	0.02	0.02
A 1		Stabw:	0.54	0.04	0.04	0.00	7.19	7.19	0.02	0.01
Referenzfläche										
A21	3470413	6048972	3.36	0.25	0.165	0.014	8.1	91.9	0.06	0.06
A22	3470454	6048958	2.58	0.19	0.180	0.013	6.6	93.4	0.07	0.06
A23	3470497	6048943	6.02	0.45	0.434	0.005	1.3	98.7	0.15	0.15
A24	3470437	6048938	3.81	0.28	0.253	0.018	6.5	93.5	0.09	0.09
A25	3470461	6048927	4.03	0.30	0.236	0.016	6.5	93.5	0.09	0.08
A26	3470424	6048927	4.76	0.35	0.279	0.020	6.7	93.3	0.10	0.09
A27	3470444	6048915	5.72	0.42	0.326	0.020	5.7	94.3	0.12	0.11
A28	3470473	6048903	5.68	0.42	0.512	0.027	5.0	95.0	0.18	0.17
A 2		Mittelwert:	4.49	0.33	0.30	0.02	5.8	94.2	0.11	0.10
A 2		Stabw:	1.25	0.09	0.12	0.01	2.03	2.03	0.04	0.04
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470519	6048925	7.47	0.55	0.313	0.019	5.8	94.2	0.11	0.11
A32	3470551	6048913	3.30	0.24	0.267	0.022	7.8	92.2	0.10	0.09
A33	3470585	6048904	2.62	0.19	0.224	0.016	6.7	93.3	0.08	0.08
A34	3470536	6048904	4.96	0.37	0.242	0.008	3.2	96.8	0.08	0.08
A35	3470561	6048894	3.84	0.28	0.191	0.013	6.5	93.5	0.07	0.06
A36	3470509	6048893	3.10	0.23	0.202	0.015	7.0	93.0	0.07	0.07
A37	3470539	6048886	3.01	0.22	0.174	0.022	11.4	88.6	0.07	0.06
A38	3470572	6048876	2.49	0.18						
A 3		Mittelwert:	3.85	0.29	0.23	0.02	6.9	93.1	0.08	0.08
A 3		Stabw:	1.66	0.12	0.05	0.01	2.47	2.47	0.02	0.02

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 30.11.-08.12.2011

Überflutungen: "Bob I und II" am 04.12.2011

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Referenzfläche										
A41	3470617	6048891	2.79	0.21	0.541	0.049	8.3	91.7	0.20	0.18
A42	3470645	6048887	3.58	0.26	0.404	0.025	5.8	94.2	0.15	0.14
A43	3470680	6048872	4.44	0.33	0.447	0.033	6.9	93.1	0.16	0.15
A44	3470628	6048868								
A45	3470678	6048850	2.57	0.19	0.507	0.007	1.3	98.7	0.17	0.17
A46	3470606	6048853	9.66	0.72	0.648	0.034	4.9	95.1	0.23	0.22
A47	3470642	6048848	4.50	0.33	0.557	0.028	4.9	95.1	0.20	0.19
A48	3470668	6048838	3.44	0.26	0.470	0.007	1.4	98.6	0.16	0.16
A 4		Mittelwert:	4.43	0.33	0.51	0.03	4.8	95.2	0.18	0.17
A 4		Stabw:	2.42	0.18	0.08	0.02	2.64	2.64	0.03	0.03
Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470719	6048854	4.52	0.34	0.412	0.024	5.4	94.6	0.15	0.14
A52	3470748	6048840	2.52	0.19	0.505	0.032	5.9	94.1	0.18	0.17
A53	3470785	6048831	3.62	0.27	0.498	0.031	5.8	94.2	0.18	0.17
A54	3470731	6048830	2.41	0.18	0.543	0.045	7.7	92.3	0.20	0.18
A55	3470763	6048819	2.30	0.17	0.528	0.035	6.2	93.8	0.19	0.18
A56	3470708	6048823	2.95	0.22	0.583	0.041	6.6	93.4	0.21	0.20
A57	3470742	6048812	3.81	0.28	0.608	0.041	6.3	93.7	0.22	0.21
A58	3470769	6048800	3.80	0.28	0.660	0.048	6.7	93.3	0.24	0.22
A 5		Mittelwert:	3.24	0.24	0.54	0.04	6.3	93.7	0.20	0.18
A 5		Stabw:	0.81	0.06	0.08	0.01	0.70	0.70	0.03	0.03
Referenzfläche										
A61	3470817	6048821	4.35	0.32	0.562	0.011	2.0	98.0	0.19	0.19
A62	3470851	6048807	2.89	0.21	0.600	0.033	5.2	94.8	0.21	0.20
A63	3470875	6048793	2.90	0.21	0.657	0.044	6.3	93.7	0.24	0.22
A64	3470828	6048795	2.55	0.19	0.678	0.033	4.6	95.4	0.24	0.23
A65	3470859	6048782	4.79	0.35	0.504	0.037	6.7	93.3	0.18	0.17
A66	3470808	6048788	4.73	0.35	0.724	0.031	4.1	95.9	0.26	0.25
A67	3470829	6048783	3.76	0.28	0.745	0.033	4.3	95.7	0.26	0.25
A68	3470862	6048775	2.61	0.19	0.659	0.045	6.4	93.6	0.24	0.22
A 6		Mittelwert:	3.57	0.26	0.64	0.03	5.0	95.0	0.23	0.22
A 6		Stabw:	0.95	0.07	0.08	0.01	1.57	1.57	0.03	0.03

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 08.12.-17.12.2011

Überflutungen: "Friedhelm I, II und III" (09.-11.12.2011), "Hergen I" (14.12.2011), "Iven" (15.12.2011)

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Brache"										
A11	3470334	6048992	2.98	0.22	0.428	0.023	5.2	94.8	0.15	0.15
A12	3470356	6048989	2.32	0.17	0.232	0.018	7.2	92.8	0.08	0.08
A13	3470389	6048979	2.95	0.22	0.273	0.082	23.1	76.9	0.12	0.09
A14	3470341	6048963	2.69	0.20	0.245	0.013	5.0	95.0	0.09	0.08
A15	3470363	6048963	3.21	0.24	0.280	0.019	6.3	93.7	0.10	0.10
A16	3470318	6048960	2.63	0.19	0.385	0.032	7.6	92.4	0.14	0.13
A17	3470342	6048949	6.11	0.45	0.236	0.014	5.6	94.4	0.08	0.08
A18	3470366	6048943	4.65	0.34	0.334	0.019	5.4	94.6	0.12	0.11
A 1		Mittelwert:	3.44	0.25	0.30	0.03	8.2	91.8	0.11	0.10
A 1		Stabw:	1.28	0.10	0.07	0.02	6.13	6.13	0.03	0.02
Referenzfläche										
A21	3470413	6048972	4.34	0.32	0.529	0.028	5.0	95.0	0.19	0.18
A22	3470454	6048958	7.04	0.52	0.491	0.025	4.9	95.1	0.18	0.17
A23	3470497	6048943			0.698	0.037	5.0	95.0	0.25	0.24
A24	3470437	6048938	5.06	0.37	0.452	0.027	5.7	94.3	0.16	0.15
A25	3470461	6048927	6.87	0.51	0.505	0.031	5.8	94.2	0.18	0.17
A26	3470424	6048927	5.13	0.38	0.523	0.022	4.1	95.9	0.19	0.18
A27	3470444	6048915	8.32	0.62	0.868	0.068	7.3	92.7	0.32	0.29
A28	3470473	6048903			0.811	0.035	4.1	95.9	0.29	0.28
A 2		Mittelwert:	6.13	0.45	0.61	0.03	5.2	94.8	0.22	0.21
A 2		Stabw:	1.52	0.11	0.16	0.01	1.05	1.05	0.06	0.05
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470519	6048925	8.11	0.60	1.545	0.046	2.9	97.1	0.54	0.52
A32	3470551	6048913	7.98	0.59	1.573	0.090	5.4	94.6	0.56	0.53
A33	3470585	6048904	7.68	0.57	1.121	0.053	4.5	95.5	0.40	0.38
A34	3470536	6048904	8.84	0.65	1.160	0.153	11.7	88.3	0.45	0.39
A35	3470561	6048894	6.82	0.51	1.519	0.139	8.4	91.6	0.56	0.52
A36	3470509	6048893	7.00	0.52	0.611	0.062	9.2	90.8	0.23	0.21
A37	3470539	6048886	7.68	0.57	0.570	0.045	7.3	92.7	0.21	0.19
A38	3470572	6048876	6.15	0.46	0.651	0.058	8.2	91.8	0.24	0.22
A 3		Mittelwert:	7.53	0.56	1.09	0.08	7.2	92.8	0.40	0.37
A 3		Stabw:	0.84	0.06	0.43	0.04	2.81	2.81	0.15	0.15

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 08.12.-17.12.2011

Überflutungen: "Friedhelm I, II und III" (09.-11.12.2011), "Hergen I" (14.12.2011), "Iven" (15.12.2011)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Referenzfläche										
A41	3470617	6048891	4.13	0.31	1.021	0.065	6.0	94.0	0.37	0.35
A42	3470645	6048887	2.56	0.19	0.938	0.055	5.6	94.4	0.34	0.32
A43	3470680	6048872	3.67	0.27	1.189	0.070	5.6	94.4	0.43	0.40
A44	3470628	6048868								
A45	3470678	6048850	7.66	0.57	1.152	0.072	5.9	94.1	0.42	0.39
A46	3470606	6048853	11.81	0.87	1.205	0.063	5.0	95.0	0.43	0.41
A47	3470642	6048848	7.67	0.57	1.120	0.077	6.4	93.6	0.41	0.38
A48	3470668	6048838	10.06	0.75	1.136	0.060	5.0	95.0	0.41	0.39
A 4		Mittelwert:	6.80	0.50	1.11	0.07	5.6	94.4	0.40	0.38
A 4		Stabw:	3.47	0.26	0.10	0.01	0.52	0.52	0.03	0.03
Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470719	6048854	14.91	1.10	1.231	0.066	5.1	94.9	0.44	0.42
A52	3470748	6048840	4.75	0.35	1.378	0.048	3.4	96.6	0.48	0.47
A53	3470785	6048831	8.62	0.64	1.303	0.056	4.1	95.9	0.46	0.44
A54	3470731	6048830	5.10	0.38	1.445	0.075	4.9	95.1	0.52	0.49
A55	3470763	6048819	7.97	0.59	1.364	0.061	4.3	95.7	0.48	0.46
A56	3470708	6048823	6.98	0.52	1.416	0.088	5.9	94.1	0.51	0.48
A57	3470742	6048812	9.19	0.68	1.877	0.072	3.7	96.3	0.66	0.64
A58	3470769	6048800	7.40	0.55	1.714	0.054	3.0	97.0	0.60	0.58
A 5		Mittelwert:	8.11	0.60	1.47	0.07	4.3	95.7	0.52	0.50
A 5		Stabw:	3.16	0.23	0.22	0.01	0.95	0.95	0.07	0.07
Referenzfläche										
A61	3470817	6048821	14.27	1.06	1.312	0.055	4.0	96.0	0.46	0.45
A62	3470851	6048807	9.10	0.67	1.633	0.061	3.6	96.4	0.58	0.55
A63	3470875	6048793	6.99	0.52	1.485	0.074	4.8	95.2	0.53	0.50
A64	3470828	6048795	8.74	0.65	1.602	0.072	4.3	95.7	0.57	0.54
A65	3470859	6048782	8.49	0.63	1.346	0.056	4.0	96.0	0.48	0.46
A66	3470808	6048788	8.12	0.60	1.550	0.031	2.0	98.0	0.54	0.53
A67	3470829	6048783	15.61	1.16	1.698	0.065	3.7	96.3	0.60	0.58
A68	3470862	6048775	9.76	0.72	1.468	0.069	4.5	95.5	0.52	0.50
A 6		Mittelwert:	10.14	0.75	1.51	0.06	3.8	96.2	0.53	0.51
A 6		Stabw:	3.09	0.23	0.14	0.01	0.85	0.85	0.05	0.05

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 17.12.2011-15.01.2012

Überflutungen: "Robert I, II und III" (29.-30.12.2011), "Andrea III und IV" (05.01.-06.01.2012) und "Elfriede I" (13.01.2012)

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Brache"										
A11	3470334	6048992	1.27	0.09	0.210	0.016	7.3	92.7	0.08	0.07
A12	3470356	6048989	0.39	0.03	0.040	0.000	0.3	99.7	0.01	0.01
A13	3470389	6048979	2.18	0.16	0.175	0.021	10.7	89.3	0.07	0.06
A14	3470341	6048963	0.38	0.03	0.026	0.004	12.4	87.6	0.01	0.01
A15	3470363	6048963	0.86	0.06	0.058	0.011	16.5	83.5	0.02	0.02
A16	3470318	6048960	1.31	0.10	0.287	0.033	10.3	89.7	0.11	0.10
A17	3470342	6048949	0.78	0.06	0.017	0.000	1.7	98.3	0.01	0.01
A18	3470366	6048943	2.42	0.18	0.212	0.024	10.3	89.7	0.08	0.07
A 1		Mittelwert:	1.20	0.09	0.13	0.01	8.68	91.3	0.05	0.04
A 1		Stabw:	0.77	0.06	0.10	0.01	5.42	5.42	0.04	0.04
Referenzfläche										
A21	3470413	6048972	10.43	0.77	0.489	0.029	5.6	94.4	0.18	0.17
A22	3470454	6048958	4.52	0.33	0.493	0.028	5.4	94.6	0.18	0.17
A23	3470497	6048943	7.76	0.58	1.137	0.059	4.9	95.1	0.41	0.39
A24	3470437	6048938	2.34	0.17	0.476	0.029	5.8	94.2	0.17	0.16
A25	3470461	6048927	5.86	0.43	0.613	0.035	5.4	94.6	0.22	0.21
A26	3470424	6048927	3.85	0.29	0.537	0.025	4.5	95.5	0.19	0.18
A27	3470444	6048915	5.86	0.43	0.912	0.045	4.7	95.3	0.32	0.31
A28	3470473	6048903	6.71	0.50	1.423	0.037	2.5	97.5	0.50	0.48
A 2		Mittelwert:	5.92	0.44	0.76	0.04	4.86	95.1	0.27	0.26
A 2		Stabw:	2.49	0.18	0.36	0.01	1.03	1.03	0.12	0.12
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470519	6048925	9.97	0.74	0.734	0.037	4.7	95.3	0.26	0.25
A32	3470551	6048913	6.07	0.45	0.774	0.047	5.7	94.3	0.28	0.26
A33	3470585	6048904	3.75	0.28	0.444	0.021	4.5	95.5	0.16	0.15
A34	3470536	6048904	5.38	0.40	0.394	0.019	4.5	95.5	0.14	0.13
A35	3470561	6048894	2.87	0.21	0.356	0.026	6.7	93.3	0.13	0.12
A36	3470509	6048893	4.09	0.30	0.602	0.033	5.2	94.8	0.22	0.20
A37	3470539	6048886	3.69	0.27	0.413	0.028	6.3	93.7	0.15	0.14
A38	3470572	6048876	2.96	0.22	0.565	0.036	5.9	94.1	0.20	0.19
A 3		Mittelwert:	4.85	0.36	0.54	0.03	5.5	94.5	0.19	0.18
A 3		Stabw:	2.35	0.17	0.16	0.01	0.83	0.83	0.06	0.05

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 17.12.2011-15.01.2012

Überflutungen: "Robert I, II und III" (29.-30.12.2011), "Andrea III und IV" (05.01.-06.01.2012) und "Elfriede I" (13.01.2012)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Referenzfläche										
A41	3470617	6048891	4.35	0.32	1.459	0.081	5.2	94.8	0.52	0.50
A42	3470645	6048887	4.06	0.30	0.830	0.036	4.1	95.9	0.29	0.28
A43	3470680	6048872	4.27	0.32	0.714	0.028	3.8	96.2	0.25	0.24
A44	3470628	6048868								
A45	3470678	6048850	6.17	0.46	0.795	0.037	4.5	95.5	0.28	0.27
A46	3470606	6048853	9.75	0.72	1.225	0.046	3.6	96.4	0.43	0.42
A47	3470642	6048848	5.25	0.39	0.827	0.047	5.4	94.6	0.30	0.28
A48	3470668	6048838	3.95	0.29	0.589	0.029	4.7	95.3	0.21	0.20
A 4		Mittelwert:	5.40	0.40	0.92	0.04	4.5	95.5	0.33	0.31
A 4		Stabw:	2.08	0.15	0.31	0.02	0.68	0.68	0.11	0.10

Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470719	6048854	4.68	0.35	0.667	0.030	4.3	95.7	0.24	0.23
A52	3470748	6048840	4.64	0.34	0.795	0.033	4.0	96.0	0.28	0.27
A53	3470785	6048831	5.29	0.39	0.961	0.062	6.1	93.9	0.35	0.33
A54	3470731	6048830	3.90	0.29	0.903	0.048	5.0	95.0	0.32	0.31
A55	3470763	6048819	5.67	0.42	0.960	0.064	6.2	93.8	0.35	0.33
A56	3470708	6048823	4.82	0.36	1.046	0.058	5.2	94.8	0.37	0.36
A57	3470742	6048812	5.28	0.39	1.243	0.071	5.4	94.6	0.45	0.42
A58	3470769	6048800	5.33	0.39	1.142	0.062	5.2	94.8	0.41	0.39
A 5		Mittelwert:	4.95	0.37	0.96	0.05	5.2	94.8	0.35	0.33
A 5		Stabw:	0.56	0.04	0.18	0.02	0.79	0.79	0.07	0.06

Referenzfläche										
A61	3470817	6048821	7.32	0.54	1.191	0.071	5.6	94.4	0.43	0.40
A62	3470851	6048807	5.27	0.39	1.224	0.089	6.8	93.2	0.45	0.42
A63	3470875	6048793	5.73	0.42	1.207	0.071	5.5	94.5	0.43	0.41
A64	3470828	6048795	6.10	0.45	1.511	0.081	5.1	94.9	0.54	0.51
A65	3470859	6048782	3.67	0.27	1.027	0.060	5.5	94.5	0.37	0.35
A66	3470808	6048788	5.51	0.41	1.318	0.072	5.2	94.8	0.47	0.45
A67	3470829	6048783	4.69	0.35	1.479	0.084	5.4	94.6	0.53	0.50
A68	3470862	6048775	6.42	0.48	1.388	0.092	6.2	93.8	0.50	0.47
A 6		Mittelwert:	5.59	0.41	1.29	0.08	5.7	94.3	0.47	0.44
A 6		Stabw:	1.11	0.08	0.16	0.01	0.57	0.57	0.06	0.06

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 15.01.2012-23.01.2012

Überflutungen: "Gisela I und II" (22.01.2012)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm) gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Brache"										
A11	3470334	6048992	0.10	0.01	Mischprobe aus A 11 - A 18					
A12	3470356	6048989	0.30	0.02						
A13	3470389	6048979	0.40	0.03						
A14	3470341	6048963	0.20	0.01						
A15	3470363	6048963	0.30	0.02						
A16	3470318	6048960	0.40	0.03						
A17	3470342	6048949	0.50	0.04						
A18	3470366	6048943	0.50	0.04						
A 1		Mittelwert:	0.34	0.03						
A 1		Stabw:	0.14	0.01						
Referenzfläche										
A21	3470413	6048972	11.96	0.89	0.141	0.008	5.6	94.4	0.05	0.05
A22	3470454	6048958	0.80	0.06	0.124	0.013	9.6	90.4	0.05	0.04
A23	3470497	6048943	9.10	0.67	0.248	0.016	6.1	93.9	0.09	0.08
A24	3470437	6048938	0.70	0.05	0.084	0.012	12.2	87.8	0.03	0.03
A25	3470461	6048927	3.96	0.29	0.089	0.012	11.6	88.4	0.03	0.03
A26	3470424	6048927	3.22	0.24	0.127	0.010	7.6	92.4	0.05	0.04
A27	3470444	6048915	7.15	0.53	0.212	0.014	6.4	93.6	0.08	0.07
A28	3470473	6048903	0.99	0.07	0.226	0.013	5.3	94.7	0.08	0.08
A 2		Mittelwert:	4.74	0.35	0.16	0.01	8.0	92.0	0.06	0.05
A 2		Stabw:	4.24	0.31	0.06	0.00	2.73	2.73	0.02	0.02
Maßnahme "Umwallung A"										
A31	3470519	6048925	8.04	0.60	0.097	0.007	6.8	93.2	0.04	0.03
A32	3470551	6048913	3.69	0.27	0.170	0.013	7.3	92.7	0.06	0.06
A33	3470585	6048904	0.79	0.06	0.149	0.014	8.7	91.3	0.06	0.05
A34	3470536	6048904	8.34	0.62	0.068	0.007	9.1	90.9	0.03	0.02
A35	3470561	6048894	0.91	0.07	0.074	0.009	10.8	89.2	0.03	0.02
A36	3470509	6048893	2.89	0.21	0.258	0.018	6.4	93.6	0.09	0.09
A37	3470539	6048886	4.08	0.30	0.108	0.010	8.7	91.3	0.04	0.04
A38	3470572	6048876	1.20	0.09	0.120	0.013	9.4	90.6	0.05	0.04
A 3		Mittelwert:	3.74	0.28	0.13	0.01	8.4	91.6	0.05	0.04
A 3		Stabw:	3.02	0.22	0.06	0.00	1.48	1.48	0.02	0.02

Hooge - Versuchsfeld A

Beprobungszeitraum: 15.01.2012-23.01.2012

Überflutungen: "Gisela I und II" (22.01.2012)

			Matten		Flaschen					
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Referenzfläche										
A41	3470617	6048891	0.69	0.05	Mischprobe aus A 41 - A 48					
A42	3470645	6048887	0.60	0.04						
A43	3470680	6048872	0.60	0.04						
A44	3470628	6048868	1.00	0.07						
A45	3470678	6048850	1.91	0.14						
A46	3470606	6048853	1.31	0.10						
A47	3470642	6048848	0.70	0.05						
A48	3470668	6048838	0.70	0.05						
A 4		Mittelwert:	0.94	0.07						
A 4		Stabw:	0.46	0.03						
Maßnahme "Brachestreifen"										
A51	3470719	6048854	0.91	0.07	Mischprobe aus A 51 - A 58					
A52	3470748	6048840	-0.60	-0.04						
A53	3470785	6048831	1.76	0.13						
A54	3470731	6048830	1.01	0.07						
A55	3470763	6048819	4.03	0.30						
A56	3470708	6048823	1.61	0.12						
A57	3470742	6048812	0.90	0.07						
A58	3470769	6048800	1.11	0.08						
A 5		Mittelwert:	1.34	0.10						
A 5		Stabw:	1.30	0.10						
Referenzfläche										
A61	3470817	6048821	5.29	0.39	0.171	0.028	14.1	85.9	0.07	0.06
A62	3470851	6048807	1.51	0.11	0.129	0.022	14.5	85.5	0.05	0.04
A63	3470875	6048793	0.80	0.06	0.286	0.019	6.4	93.6	0.10	0.10
A64	3470828	6048795	1.19	0.09						
A65	3470859	6048782	0.79	0.06	0.134	0.014	9.5	90.5	0.05	0.05
A66	3470808	6048788	2.82	0.21	0.242	0.022	8.3	91.7	0.09	0.08
A67	3470829	6048783	0.91	0.07	0.164	0.015	8.5	91.5	0.06	0.06
A68	3470862	6048775	3.02	0.22	0.196	0.022	10.2	89.8	0.07	0.07
A 6		Mittelwert:	2.04	0.15	0.19	0.02	10.2	89.8	0.07	0.06
A 6		Stabw:	1.58	0.12	0.06	0.00	3.05	3.05	0.02	0.02

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 12.11.-15.11.2010

Überflutungen: "Carmen II" am 13.11.2010

		Matten		Flaschen		
		<u>Wachstum</u>		<u>gesamt</u>	<u>Wachstum</u>	
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(mm)</u>	
Maßnahme "Umwallung B"						
B 1-1	3470836	6048564	2.4	0.17	0.70	0.24
B 1-2	3470848	6048562	2.1	0.15	0.61	0.21
B 1-3	3470862	6048560	2.5	0.18	0.92	0.31
B 1-4	3470834	6048549	2.5	0.18	0.73	0.25
B 1-5	3470849	6048542	3.0	0.22	1.18	0.40
B 1-6	3470866	6048537	2.9	0.21	0.31	0.10
B 1	Mittelwert:	2.55	0.19	0.74	0.25	
B 1	Stabw:	0.33	0.02	0.29	0.10	

Referenzbereich						
B 2-2	3470842	6048488	3.1	0.23	0.65	0.22
B 2-3	3470810	6048503	3.6	0.26	0.65	0.22
B 2-4	3470763	6048521	2.1	0.16	0.53	0.18
B 2-5	3470748	6048498	3.7	0.27	0.79	0.27
B 2-6	3470742	6048535	2.7	0.20	0.79	0.27
B 2-7	3470795	6048571	4.1	0.30	0.75	0.25
B 2-8	3470792	6048609	4.9	0.36	0.87	0.30
B 2-9	3470802	6048635	5.5	0.40	0.90	0.31
B 2-10	3470874	6048642	1.6	0.12	0.51	0.17
B 2-11	3470892	6048658	2.6	0.19	0.58	0.20
B 2-12	3470893	6048634	2.1	0.16	0.55	0.19
B 2	Mittelwert:	3.28	0.24	0.69	0.23	
B 2	Stabw:	1.22	0.09	0.14	0.05	

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 02.02.-07.02.2011

Überflutungen: "Lukas I" am 05.02.2011

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Umwallung B"										
B 1-1	3470836	6048564	1.8	0.13	0.559	0.076	11.9	88.1	0.22	0.19
B 1-2	3470848	6048562	2.4	0.18	0.651	0.100	13.3	86.7	0.25	0.22
B 1-3	3470862	6048560	3.2	0.23	0.755	0.102	11.9	88.1	0.29	0.26
B 1-4	3470834	6048549	2.1	0.15	0.607	0.073	10.7	89.3	0.23	0.21
B 1-5	3470849	6048542	4.5	0.33	1.006	0.089	8.2	91.8	0.37	0.34
B 1-6	3470866	6048537	4.1	0.30	0.834	0.096	10.3	89.7	0.32	0.28
B 1		Mittelwert:	3.00	0.22	0.74	0.09	11.0	89.0	0.28	0.25
B 1		Stabw:	1.10	0.08	0.17	0.01	1.75	1.75	0.06	0.06

Referenzbereich										
B 2-1	3470862	6048475	1.9	0.14	0.635	0.088	12.2	87.8	0.25	0.22
B 2-2	3470842	6048488	1.7	0.12	0.591	0.076	11.4	88.6	0.23	0.20
B 2-3	3470810	6048503	4.7	0.35	0.572	0.076	11.7	88.3	0.22	0.19
B 2-4	3470763	6048521	2.9	0.21	0.989	0.085	7.9	92.1	0.36	0.34
B 2-5	3470748	6048498	3.0	0.22	0.810	0.069	7.9	92.1	0.30	0.28
B 2-6	3470742	6048535	1.0	0.07	0.661	0.083	11.2	88.8	0.25	0.22
B 2-7	3470795	6048571	1.3	0.10	0.475	0.072	13.1	86.9	0.19	0.16
B 2-8	3470792	6048609	3.0	0.22	0.731	0.087	10.6	89.4	0.28	0.25
B 2-9	3470802	6048635	3.7	0.27	0.809	0.081	9.1	90.9	0.30	0.27
B 2-10	3470874	6048642	6.0	0.44	0.805	0.089	10.0	90.0	0.30	0.27
B 2-11	3470892	6048658	3.5	0.26	0.957	0.082	7.9	92.1	0.35	0.32
B 2-12	3470893	6048634	4.7	0.35	1.173	0.088	7.0	93.0	0.43	0.40
B 2		Mittelwert:	3.12	0.23	0.77	0.08	10.0	90.0	0.29	0.28
B 2		Stabw:	1.52	0.11	0.20	0.01	2.02	2.02	0.07	0.07

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 26.11.-30.11.2011

Überflutungen: "Xaver I und III" am 26.11.2011, "Yoda I und II" 27.-28.11.2011

			Matten				Flaschen				
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>			
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>		
Maßnahme "Umwallung B"											
B 1-1	3470880	6048573		5.030	0.288	5.4	94.6	1.81	1.71		
B 1-2	3470875	6048548	20.25	1.50	5.973	0.230	3.7	96.3	2.11	2.03	
B 1-3	3470873	6048525	16.86	1.25	4.150	0.151	3.5	96.5	1.46	1.41	
B 1-4	3470856	6048553	13.76	1.02	4.446	0.311	6.5	93.5	1.62	1.51	
B 1-5	3470851	6048531	12.68	0.94	3.144	0.220	6.5	93.5	1.14	1.07	
B 1-6	3470845	6048565	7.00	0.52	3.213	0.207	6.1	93.9	1.16	1.09	
B 1-7	3470837	6048554	8.45	0.63	2.880	0.413	12.5	87.5	1.12	0.98	
B 1-8	3470833	6048540	10.39	0.77	4.336	0.345	7.4	92.6	1.59	1.47	
B 1-9	3470858	6048568									
B 1	Mittelwert:		12.77	0.95	4.15	0.27	6.5	93.5	1.50	1.41	
B 1	Stabw:		4.68	0.35	1.05	0.08	2.81	2.81	0.35	0.36	
Referenzbereich											
B 2-1	3470868	6048486	8.02	0.59							
B 2-2	3470853	6048491	7.48	0.55							
B 2-3	3470841	6048491	9.70	0.72	2.375	0.203	7.9	92.1	0.88	0.81	
B 2-4	3470814	6048511	8.70	0.64	2.477	0.164	6.2	93.8	0.90	0.84	
B 2-5	3470791	6048558	10.04	0.74	2.926	0.161	5.2	94.8	1.05	0.99	
B 2-6	3470794	6048574	7.30	0.54	2.567	0.130	4.8	95.2	0.92	0.87	
B 2-7	3470816	6048632	13.17	0.98	3.092	0.116	3.6	96.4	1.09	1.05	
B 2-8	3470829	6048668	5.64	0.42	3.151	0.085	2.6	97.4	1.10	1.07	
B 2-9	3470857	6048640	5.32	0.39	4.539	0.119	2.5	97.5	1.58	1.54	
B 2-10	3470863	6048631	13.81	1.02	4.105	0.157	3.7	96.3	1.45	1.39	
B 2-11	3470881	6048624	12.86	0.95	2.438	0.069	2.8	97.2	0.85	0.83	
B 2-12	3470885	6048631	12.77	0.95	2.662	0.076	2.8	97.2	0.93	0.90	
B 2	Mittelwert:		9.57	0.71	3.03	0.13	4.2	95.8	1.07	1.03	
B 2	Stabw:		2.99	0.22	0.74	0.04	1.79	1.79	0.25	0.25	

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 30.11.-08.12.2011

Überflutungen: "Bob I und II" am 04.12.2011

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Umwallung B"										
B 1-1	3470880	6048573		0.619	0.055	8.1	91.9	0.23	0.21	
B 1-2	3470875	6048548		1.359	0.104	7.1	92.9	0.50	0.46	
B 1-3	3470873	6048525	1.89	0.14	0.414	0.030	6.8	93.2	0.15	
B 1-4	3470856	6048553	4.20	0.31	0.354	0.036	9.2	90.8	0.13	
B 1-5	3470851	6048531	4.11	0.30						
B 1-6	3470845	6048565	3.60	0.27	0.303	0.023	7.2	92.8	0.11	
B 1-7	3470837	6048554	4.14	0.31	0.362	0.028	7.1	92.9	0.13	
B 1-8	3470833	6048540	4.47	0.33	0.502	0.032	6.1	93.9	0.18	
B 1-9	3470858	6048568								
B 1	Mittelwert:	3.73	0.28	0.56	0.04	7.4	92.6	0.20	0.19	
B 1	Stabw:	0.95	0.07	0.37	0.03	1.01	1.01	0.13	0.13	
Referenzbereich										
B 2-1	3470868	6048486	0.93	0.07	0.352	0.044	11.1	88.9	0.13	
B 2-2	3470853	6048491	1.92	0.14	0.368	0.024	6.1	93.9	0.13	
B 2-3	3470841	6048491	3.86	0.29	0.307	0.025	7.4	92.6	0.11	
B 2-4	3470814	6048511	1.95	0.14	0.436	0.028	6.0	94.0	0.16	
B 2-5	3470791	6048558	1.63	0.12	0.530	0.042	7.4	92.6	0.19	
B 2-6	3470794	6048574	1.98	0.15	0.442	0.040	8.2	91.8	0.16	
B 2-7	3470816	6048632	2.83	0.21	0.560	0.061	9.8	90.2	0.21	
B 2-8	3470829	6048668	1.98	0.15	0.550	0.050	8.4	91.6	0.20	
B 2-9	3470857	6048640	1.75	0.13	0.609	0.051	7.7	92.3	0.22	
B 2-10	3470863	6048631	7.65	0.57	0.667	0.042	5.9	94.1	0.24	
B 2-11	3470881	6048624	9.58	0.71	0.453	0.026	5.4	94.6	0.16	
B 2-12	3470885	6048631	10.36	0.77	0.444	0.030	6.3	93.7	0.16	
B 2	Mittelwert:	3.87	0.29	0.48	0.04	7.5	92.5	0.17	0.18	
B 2	Stabw:	3.34	0.25	0.11	0.01	1.72	1.72	0.04	0.03	

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 08.12.-17.12.2011

Überflutungen: "Friedhelm I, II und III" (09.-11.12.2011), "Hergen I" (14.12.2011), "Iven" (15.12.2011)

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Umwallung B"										
B 1-1	3470880	6048573								
B 1-2	3470875	6048548	19.66	1.46	2.265	0.135	5.6	94.4	0.81	
B 1-3	3470873	6048525	11.62	0.86	1.662	0.110	6.2	93.8	0.60	
B 1-4	3470856	6048553	13.96	1.03	1.998	0.078	3.8	96.2	0.70	
B 1-5	3470851	6048531	20.38	1.51	1.992	0.129	6.1	93.9	0.72	
B 1-6	3470845	6048565	5.42	0.40	1.014	0.059	5.5	94.5	0.36	
B 1-7	3470837	6048554	9.52	0.71	1.120	0.037	3.2	96.8	0.39	
B 1-8	3470833	6048540	14.54	1.08	1.691	0.157	8.5	91.5	0.63	
B 1-9	3470858	6048568								
B 1	Mittelwert:	13.59	1.01	1.68	0.10	5.6	94.4	0.60	0.57	
B 1	Stabw:	5.34	0.40	0.46	0.04	1.73	1.73	0.17	0.16	
Referenzbereich										
B 2-1	3470868	6048486	4.96	0.37	0.769	0.070	8.3	91.7	0.28	
B 2-2	3470853	6048491	4.32	0.32	0.954	0.049	4.9	95.1	0.34	
B 2-3	3470841	6048491	6.23	0.46						
B 2-4	3470814	6048511	4.76	0.35	0.805	0.045	5.3	94.7	0.29	
B 2-5	3470791	6048558	5.24	0.39	1.238	0.069	5.3	94.7	0.44	
B 2-6	3470794	6048574	6.31	0.47	1.352	0.093	6.4	93.6	0.49	
B 2-7	3470816	6048632	14.28	1.06	1.980	0.122	5.8	94.2	0.71	
B 2-8	3470829	6048668	2.29	0.17	0.589	0.033	5.2	94.8	0.21	
B 2-9	3470857	6048640	6.41	0.47	1.662	0.087	5.0	95.0	0.59	
B 2-10	3470863	6048631	12.06	0.89	2.276	0.070	3.0	97.0	0.80	
B 2-11	3470881	6048624	8.83	0.65	1.719	0.079	4.4	95.6	0.61	
B 2-12	3470885	6048631	15.62	1.16	1.959	0.069	3.4	96.6	0.69	
B 2	Mittelwert:	7.61	0.56	1.39	0.07	5.2	94.8	0.50	0.47	
B 2	Stabw:	4.21	0.31	0.57	0.02	1.44	1.44	0.20	0.19	

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 17.12.2011-15.01.2012

Überflutungen: "Robert I, II und III" (29.-30.12.2011), "Andrea III und IV" (05.01.-06.01.2012) und "Elfriede I" (13.01.2012)

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Umwallung B"										
B 1-1	3470875	6048558								
B 1-2	3470875	6048545	5.22	0.39	0.375	0.031	7.7	92.3	0.14	0.13
B 1-3	3470873	6048525	3.47	0.26	0.312	0.048	13.3	86.7	0.12	0.11
B 1-4	3470856	6048553	5.18	0.38	0.407	0.041	9.2	90.8	0.15	0.14
B 1-5	3470851	6048531	1.76	0.13						
B 1-6	3470839	6048566	2.10	0.16	0.358	0.030	7.8	92.2	0.13	0.12
B 1-7	3470837	6048554	3.55	0.26	0.321	0.031	8.7	91.3	0.12	0.11
B 1-8	3470833	6048540	1.06	0.08	0.366	0.031	7.9	92.1	0.14	0.12
B 1-9	3470858	6048568								
B 1	Mittelwert:		3.19	0.24	0.36	0.04	9.1	90.9	0.13	0.12
B 1	Stabw:		1.64	0.12	0.04	0.01	2.13	2.13	0.01	0.01
Referenzbereich										
B 2-1	3470868	6048486	5.19	0.38	1.395	0.081	5.5	94.5	0.50	0.47
B 2-2	3470853	6048491	7.09	0.53	1.451	0.103	6.6	93.4	0.53	0.49
B 2-3	3470833	6048499	8.69	0.64	1.318	0.076	5.5	94.5	0.47	0.45
B 2-4	3470807	6048515	5.98	0.44	1.324	0.073	5.2	94.8	0.47	0.45
B 2-5	3470791	6048558	3.87	0.29	0.367	0.030	7.5	92.5	0.13	0.12
B 2-6	3470794	6048571	3.63	0.27	1.174	0.067	5.4	94.6	0.42	0.40
B 2-7	3470801	6048589	6.80	0.50	1.973	0.125	6.0	94.0	0.71	0.67
B 2-8	3470813	6048627	3.60	0.27	1.085	0.089	7.6	92.4	0.40	0.37
B 2-9	3470827	6048662	3.52	0.26	1.001	0.091	8.3	91.7	0.37	0.34
B 2-10	3470859	6048642	9.86	0.73	0.465	0.009	2.0	98.0	0.16	0.16
B 2-11	3470870	6048638	23.09	1.71	0.394	0.017	4.1	95.9	0.14	0.13
B 2-12	3470885	6048631	9.11	0.67	0.406	0.022	5.1	94.9	0.15	0.14
B 2	Mittelwert:		7.54	0.56	1.03	0.07	5.7	94.3	0.37	0.35
B 2	Stabw:		5.39	0.40	0.52	0.04	1.71	1.71	0.19	0.18

Hooge - Versuchsfeld B

Beprobungszeitraum: 15.01.2012-23.01.2012

Überflutungen: "Gisela I und II" (22.01.2012)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Umwallung B"										
B 1-1	3470875	6048558	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-2	3470875	6048545	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-3	3470873	6048525	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-4	3470856	6048553	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-5	3470851	6048531	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-6	3470839	6048566	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-7	3470837	6048554	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-8	3470833	6048540	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1-9	3470858	6048568	0.00	0.00	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1		Mittelwert:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00
B 1		Stabw:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Referenzbereich										
B 2-1	3470868	6048486	1.20	0.09					0.15	
B 2-2	3470853	6048491	0.30	0.02	0.329	0.019	5.3	94.7	0.12	0.11
B 2-3	3470833	6048499	3.09	0.23					0.12	
B 2-4	3470807	6048515	3.52	0.26					0.19	
B 2-5	3470791	6048558	1.29	0.10	0.238	0.024	9.0	91.0	0.09	0.08
B 2-6	3470794	6048571	1.49	0.11					0.09	
B 2-7	3470801	6048589	1.61	0.12					0.16	
B 2-8	3470813	6048627	1.50	0.11	0.206	0.022	9.7	90.3	0.08	0.07
B 2-9	3470827	6048662	1.70	0.13	0.259	0.039	13.0	87.0	0.10	0.09
B 2-10	3470859	6048642								
B 2-11	3470870	6048638								
B 2-12	3470885	6048631								
B 2		Mittelwert:	1.74	0.13	0.26	0.03	9.3	90.7	0.12	0.09
B 2		Stabw:	0.98	0.07	0.05	0.01	3.16	3.16	0.04	0.02

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 12.11.-15.11.2010

Überflutungen: "Carmen I, II und III" am 12.-13.11.2010

			Matten		Flaschen	
			<u>Wachstum</u>	<u>gesamt</u>	<u>Wachstum</u>	
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(mm)</u>	
Maßnahme "Steinbarrieren"						
C1-01	3469821	6055299	5.3	0.39	1.25	0.42
C1-02	3469832	6055312	5.2	0.39	0.77	0.26
C1-03	3469853	6055315	6.2	0.45	0.58	0.20
C1-04	3469876	6055298	5.1	0.37	0.61	0.21
C1-05	3469902	6055297	4.2	0.31	0.92	0.31
C1-06	3469920	6055314	3.9	0.29	0.65	0.22
C1-07	3469813	6055318	5.4	0.39	1.26	0.43
C1-08	3469781	6055352	5.3	0.39	1.18	0.40
C1-09	3469805	6055341	5.4	0.40	1.35	0.46
C1-10	3469841	6055351	4.7	0.35	1.02	0.35
C1-11	3469883	6055336	4.6	0.34	0.72	0.24
C1-12	3469909	6055345	3.2	0.23	0.73	0.25
C 1	Mittelwert:	4.87	0.36	0.92	0.31	
C 1	Stabw:	0.81	0.06	0.28	0.10	

Referenzfläche						
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum</u>	<u>gesamt</u>	<u>Wachstum</u>	
			<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(mm)</u>	
C2-02	3469857	6055471	8.1	0.60	2.17	0.74
C2-03	3469871	6055462	7.1	0.52	1.98	0.67
C2-04	3469886	6055468	7.1	0.52	1.79	0.61
C2-05	3469900	6055453	6.4	0.47	1.14	0.39
C2-06	3469917	6055458	5.6	0.41	0.91	0.31
C2-07	3469853	6055524	8.0	0.59	1.78	0.60
C2-08	3469866	6055499	8.8	0.65	0.53	0.18
C2-09	3469887	6055506	6.8	0.50	1.90	0.64
C2-10	3469902	6055490	8.1	0.59	1.55	0.53
C2-11	3469918	6055493	6.1	0.45	1.38	0.47
C2-12	3469931	6055476	7.3	0.54	1.57	0.53
C 2	Mittelwert:	7.22	0.53	1.52	0.52	
C 2	Stabw:	0.97	0.07	0.49	0.17	

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 02.02.-07.02.2011

Überflutungen: "Lukas I und II" am 05.02.2011

			Matten				Flaschen			
			<u>Wachstum</u>	<u>mineral.</u>	<u>organ.</u>	<u>organ.</u>	<u>mineral.</u>	<u>Wachstum (mm)</u>		
<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>(mm)</u>	<u>(g)</u>	<u>(g)</u>	<u>(%)</u>	<u>(%)</u>	<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Steinbarrieren"										
C1-01	3469821	6055299	11.6	0.85	2.127	0.058	2.7	97.3	0.74	0.72
C1-02	3469832	6055312	12.9	0.95	2.355	0.085	3.5	96.5	0.83	0.80
C1-03	3469853	6055315	9.0	0.66	1.719	0.078	4.4	95.6	0.61	0.58
C1-04	3469876	6055298	12.6	0.93	2.075	0.065	3.0	97.0	0.73	0.70
C1-05	3469902	6055297	10.9	0.80	1.953	0.083	4.1	95.9	0.69	0.66
C1-06	3469920	6055314	10.2	0.75	1.842	0.105	5.4	94.6	0.66	0.63
C1-07	3469813	6055318	11.3	0.83	2.155	0.068	3.1	96.9	0.75	0.73
C1-08	3469781	6055352	6.8	0.50	1.800	0.075	4.0	96.0	0.64	0.61
C1-09	3469805	6055341	7.2	0.53	2.581	0.128	4.7	95.3	0.92	0.88
C1-10	3469841	6055351	8.5	0.63	1.609	0.063	3.8	96.2	0.57	0.55
C1-11	3469883	6055336	6.0	0.44	1.528	0.055	3.5	96.5	0.54	0.52
C1-12	3469909	6055345	5.5	0.40	1.542	0.064	4.0	96.0	0.55	0.52
C 1		Mittelwert:	9.36	0.69	1.94	0.08	3.8	96.2	0.69	0.66
C 1		Stabw:	2.59	0.19	0.33	0.02	0.77	0.77	0.12	0.11

Referenzfläche										
C2-02	3469857	6055471	9.2	0.68	2.827	0.042	1.5	98.5	0.97	0.96
C2-03	3469871	6055462	7.5	0.55	2.457	0.045	1.8	98.2	0.85	0.83
C2-04	3469886	6055468	8.7	0.64	2.112	0.049	2.2	97.8	0.73	0.72
C2-05	3469900	6055453	8.8	0.65	1.948	0.055	2.7	97.3	0.68	0.66
C2-06	3469917	6055458	7.0	0.51	2.119	0.068	3.1	96.9	0.74	0.72
C2-07	3469853	6055524	9.1	0.67	1.373	0.067	4.6	95.4	0.49	0.47
C2-08	3469866	6055499	10.3	0.76	1.495	0.047	3.0	97.0	0.52	0.51
C2-09	3469887	6055506	7.4	0.54	1.967	0.044	2.2	97.8	0.68	0.67
C2-10	3469902	6055490	7.4	0.55	2.282	0.049	2.1	97.9	0.79	0.77
C2-11	3469918	6055493	6.3	0.47	1.739	0.059	3.3	96.7	0.61	0.59
C2-12	3469931	6055476	7.6	0.56	1.659	0.039	2.3	97.7	0.58	0.56
C 2		Mittelwert:	8.13	0.60	2.00	0.05	2.6	97.4	0.70	0.68
C 2		Stabw:	1.19	0.09	0.43	0.01	0.87	0.87	0.14	0.15

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 26.11.-01.12.2011

Überflutungen: "Xaver I und II" am 26.11.2011, "Yoda I, II und III" 27.-28.11.2011

			Matten				Flaschen				
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm) gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
Maßnahme "Steinbarrieren"											
C1-01	3469808	6055315	7.82	0.58	1.252	0.057	4.4	95.6	0.44	0.43	
C1-02	3469792	6055353	6.93	0.51	1.474	0.018	1.2	98.8	0.51	0.50	
C1-03	3469816	6055365	7.58	0.56	1.620	0.040	2.4	97.6	0.56	0.55	
C1-04	3469846	6055343	5.65	0.42	1.200	0.040	3.2	96.8	0.42	0.41	
C1-05	3469867	6055373	7.03	0.52	1.589	0.017	1.0	99.0	0.55	0.54	
C1-06	3469879	6055330	6.81	0.50	1.236	0.051	4.0	96.0	0.44	0.42	
C1-07	3469914	6055336	5.88	0.44	1.142	0.043	3.7	96.3	0.40	0.39	
C1-08	3469925	6055375	6.13	0.45	1.354	0.016	1.1	98.9	0.47	0.46	
C1-09	3469827	6055291	6.73	0.50	1.197	0.040	3.2	96.8	0.42	0.41	
C1-10	3469847	6055312	7.23	0.54	1.183	0.037	3.0	97.0	0.41	0.40	
C1-11	3469856	6055294	8.35	0.62	0.891	0.044	4.7	95.3	0.32	0.30	
C1-12	3469978	6055306	8.42	0.62	0.959	0.034	3.4	96.6	0.34	0.33	
C1-13	3469884	6055283	9.71	0.72	1.105	0.033	2.9	97.1	0.39	0.38	
C1-14	3469894	6055298	8.41	0.62	1.006	0.048	4.5	95.5	0.36	0.34	
C1-15	3469908	6055293	7.99	0.59	1.133	0.051	4.3	95.7	0.40	0.38	
C1-16	3469915	6055313	5.04	0.37	0.936	0.055	5.5	94.5	0.34	0.32	
C 1		Mittelwert:	7.23	0.54	1.20	0.04	3.3	96.7	0.42	0.41	
C 1		Stabw:	1.21	0.09	0.22	0.01	1.33	1.33	0.07	0.07	

Referenzfläche											
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm) gesamt</u>	<u>nur miner.</u>	
C2-01	3469842	6055457	24.34	1.80	3.462	0.046	1.3	98.7	1.19	1.18	
C2-02	3469852	6055482	28.94	2.14	4.319	-0.001	0.0	100.0	1.47	1.47	
C2-03	3469867	6055471	16.23	1.20	3.331	0.050	1.5	98.5	1.15	1.13	
C2-04	3469858	6055446	23.12	1.71	3.271	0.000	0.0	100.0	1.11	1.11	
C2-05	3469890	6055457	13.18	0.98	2.732	0.004	0.1	99.9	0.93	0.93	
C2-06	3469912	6055439	26.41	1.96	3.747	0.039	1.0	99.0	1.29	1.27	
C2-07	3469876	6055428	20.50	1.52	3.249	0.027	0.8	99.2	1.11	1.10	
C2-08	3469868	6055539	11.45	0.85	2.656	0.031	1.2	98.8	0.91	0.90	
C2-09	3469860	6055507	16.12	1.19	2.773	0.043	1.5	98.5	0.96	0.94	
C2-10	3469884	6055522	12.15	0.90	2.365	0.033	1.4	98.6	0.81	0.80	
C2-11	3469888	6055496	15.86	1.17	2.188	0.042	1.9	98.1	0.76	0.74	
C2-12	3469930	6055505	10.48	0.78	2.015	0.044	2.1	97.9	0.70	0.68	
C2-13	3469916	6055488	13.60	1.01	2.513	0.079	3.0	97.0	0.88	0.85	
C2-14	3469951	6055487	13.20	0.98	2.457	0.016	0.6	99.4	0.84	0.83	
C 2		Mittelwert:	17.54	1.30	2.93	0.03	1.2	98.8	1.01	1.00	
C 2		Stabw:	6.02	0.45	0.65	0.02	0.85	0.85	0.22	0.22	

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 01.12.-07.12.2011

Überflutungen: "Bob I und II" am 04.12.2011

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Steinbarrieren"										
C1-01	3469808	6055315	2.48	0.18						
C1-02	3469792	6055353	3.50	0.26	0.374	0.010	2.5	97.5	0.13	0.13
C1-03	3469816	6055365	2.76	0.20	0.386	0.011	2.7	97.3	0.13	0.13
C1-04	3469846	6055343	1.25	0.09	0.294	0.006	2.0	98.0	0.10	0.10
C1-05	3469867	6055373	3.13	0.23	0.394	0.013	3.3	96.7	0.14	0.13
C1-06	3469879	6055330	1.88	0.14	0.349	0.007	2.1	97.9	0.12	0.12
C1-07	3469914	6055336	1.96	0.15	0.313	0.008	2.5	97.5	0.11	0.11
C1-08	3469925	6055375	1.89	0.14	0.388	0.009	2.4	97.6	0.13	0.13
C1-09	3469827	6055291	2.40	0.18	0.313	0.009	2.8	97.2	0.11	0.11
C1-10	3469847	6055312	2.27	0.17	0.320	0.009	2.8	97.2	0.11	0.11
C1-11	3469856	6055294	2.39	0.18	0.280	0.006	2.0	98.0	0.10	0.10
C1-12	3469978	6055306	3.26	0.24	0.269	0.010	3.6	96.4	0.09	0.09
C1-13	3469884	6055283	3.43	0.25	0.335	0.009	2.7	97.3	0.12	0.11
C1-14	3469894	6055298	3.10	0.23	0.373	0.015	3.8	96.2	0.13	0.13
C1-15	3469908	6055293	2.86	0.21	0.366	0.005	1.2	98.8	0.13	0.12
C1-16	3469915	6055313	2.10	0.16	0.297	0.004	1.2	98.8	0.10	0.10
C 1		Mittelwert:	2.54	0.19	0.34	0.01	2.5	97.5	0.12	0.11
C 1		Stabw:	0.64	0.05	0.04	0.00	0.75	0.75	0.01	0.01

Referenzfläche										
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
C2-01	3469842	6055457	3.31	0.25	0.666	0.007	1.1	98.9	0.23	0.23
C2-02	3469852	6055482	4.21	0.31	0.876	0.016	1.8	98.2	0.30	0.30
C2-03	3469867	6055471	2.34	0.17	0.665	0.013	1.9	98.1	0.23	0.23
C2-04	3469858	6055446	2.39	0.18	0.795	0.010	1.3	98.7	0.27	0.27
C2-05	3469890	6055457	2.19	0.16	0.568	0.007	1.2	98.8	0.20	0.19
C2-06	3469912	6055439	6.57	0.49	0.861	0.013	1.4	98.6	0.30	0.29
C2-07	3469876	6055428	1.23	0.09	0.638	0.012	1.9	98.1	0.22	0.22
C2-08	3469868	6055539	1.92	0.14	0.604	0.022	3.6	96.4	0.21	0.21
C2-09	3469860	6055507	2.56	0.19	0.606	0.010	1.5	98.5	0.21	0.21
C2-10	3469884	6055522	2.35	0.17	0.532	0.013	2.3	97.7	0.18	0.18
C2-11	3469888	6055496	2.23	0.17	0.507	0.011	2.0	98.0	0.18	0.17
C2-12	3469930	6055505	2.15	0.16	0.555	0.009	1.6	98.4	0.19	0.19
C2-13	3469916	6055488	3.31	0.25	0.576	0.008	1.4	98.6	0.20	0.20
C2-14	3469951	6055487	2.96	0.22	0.573	0.012	2.1	97.9	0.20	0.19
C 2		Mittelwert:	2.84	0.21	0.64	0.01	1.8	98.2	0.22	0.22
C 2		Stabw:	1.29	0.10	0.12	0.00	0.62	0.62	0.04	0.04

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 07.12.-19.12.2011

Überflutungen: "Friedhelm I, II und III" (09.-11.12.2011), "Hergen I und II" (14.12.2011), "Iven" (15.12.2011)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Steinbarrieren"										
C1-01	3469808	6055315	16.05	1.19	2.492	0.046	1.8	98.2	0.86	0.85
C1-02	3469792	6055353	6.54	0.48	1.883	0.015	0.8	99.2	0.64	0.64
C1-03	3469816	6055365	10.70	0.79	0.046	0.002	3.6	96.4	0.02	0.02
C1-04	3469846	6055343	9.74	0.72	2.202	0.020	0.9	99.1	0.75	0.75
C1-05	3469867	6055373	9.37	0.69	2.054	0.051	2.4	97.6	0.71	0.70
C1-06	3469879	6055330	8.54	0.63	2.137	0.051	2.3	97.7	0.74	0.73
C1-07	3469914	6055336	11.40	0.84	3.196	0.031	1.0	99.0	1.10	1.09
C1-08	3469925	6055375	8.94	0.66	2.279	0.030	1.3	98.7	0.78	0.77
C1-09	3469827	6055291	10.82	0.80	1.735	0.031	1.8	98.2	0.60	0.59
C1-10	3469847	6055312	11.63	0.86	1.496	0.027	1.8	98.2	0.52	0.51
C1-11	3469856	6055294	20.63	1.53	1.863	0.048	2.5	97.5	0.65	0.63
C1-12	3469978	6055306	11.91	0.88	2.369	0.005	0.2	99.8	0.81	0.80
C1-13	3469884	6055283	20.79	1.54	2.497	0.018	0.7	99.3	0.85	0.85
C1-14	3469894	6055298	15.02	1.11	2.332	0.028	1.2	98.8	0.80	0.79
C1-15	3469908	6055293	21.68	1.61	2.831	0.093	3.2	96.8	0.99	0.96
C1-16	3469915	6055313	9.95	0.74	2.273	0.033	1.4	98.6	0.78	0.77
C 1		Mittelwert:	12.73	0.94	2.11	0.03	1.7	98.3	0.73	0.71
C 1		Stabw:	4.71	0.35	0.69	0.02	0.93	0.93	0.24	0.23

Referenzfläche										
C2-01	3469842	6055457	15.75	1.17	3.269	0.033	1.0	99.0	1.12	1.11
C2-02	3469852	6055482	22.19	1.64	3.778	0.021	0.5	99.5	1.29	1.28
C2-03	3469867	6055471	11.06	0.82	3.406	0.037	1.1	98.9	1.17	1.16
C2-04	3469858	6055446	18.90	1.40	3.174	0.055	1.7	98.3	1.10	1.08
C2-05	3469890	6055457	11.51	0.85	2.643	0.042	1.6	98.4	0.91	0.90
C2-06	3469912	6055439	16.21	1.20	2.609	0.045	1.7	98.3	0.90	0.89
C2-07	3469876	6055428	16.69	1.24	3.687	0.017	0.5	99.5	1.26	1.25
C2-08	3469868	6055539	10.32	0.76	2.781	0.020	0.7	99.3	0.95	0.94
C2-09	3469860	6055507	9.98	0.74	2.987	0.035	1.1	98.9	1.03	1.01
C2-10	3469884	6055522	12.17	0.90	2.772	0.035	1.2	98.8	0.95	0.94
C2-11	3469888	6055496	9.41	0.70	2.486	0.034	1.3	98.7	0.86	0.84
C2-12	3469930	6055505	10.56	0.78	2.633	0.043	1.6	98.4	0.91	0.89
C2-13	3469916	6055488	10.52	0.78	2.774	0.049	1.7	98.3	0.96	0.94
C2-14	3469951	6055487	10.04	0.74	0.983	0.032	3.2	96.8	0.34	0.33
C 2		Mittelwert:	13.24	0.98	2.86	0.04	1.4	98.6	0.98	0.97
C 2		Stabw:	3.99	0.30	0.68	0.01	0.68	0.68	0.23	0.23

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 19.12.2011-19.01.2012

Überflutungen: "Robert I, II und III" (29.-30.12.2011), "Ulli" (04.01.2012),
Andrea I, II, III und IV (05.01.-06.01.2012) und "Elfriede I und II" (13.01.2012)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Steinbarrieren"										
C1-01	3469808	6055315	10.34	0.77	1.756	0.006	0.3	99.7	0.60	0.60
C1-02	3469792	6055353	5.52	0.41	1.448	0.008	0.6	99.4	0.49	0.49
C1-03	3469816	6055365	9.74	0.72	2.237	0.010	0.5	99.5	0.76	0.76
C1-04	3469846	6055343	5.99	0.44	1.525	0.016	1.0	99.0	0.52	0.52
C1-05	3469867	6055373	8.55	0.63	2.175	0.011	0.5	99.5	0.74	0.74
C1-06	3469879	6055330	7.28	0.54	1.502	0.014	0.9	99.1	0.51	0.51
C1-07	3469914	6055336	9.54	0.71	1.576	0.024	1.5	98.5	0.54	0.53
C1-08	3469925	6055375	11.10	0.82	2.170	0.011	0.5	99.5	0.74	0.74
C1-09	3469827	6055291	6.61	0.49	1.013	0.011	1.1	98.9	0.35	0.34
C1-10	3469847	6055312	8.46	0.63	1.210	0.013	1.0	99.0	0.42	0.41
C1-11	3469856	6055294	8.06	0.60	0.977	0.011	1.1	98.9	0.34	0.33
C1-12	3469978	6055306	7.54	0.56	1.314	0.006	0.4	99.6	0.45	0.45
C1-13	3469884	6055283	11.12	0.82	1.424	0.017	1.2	98.8	0.49	0.48
C1-14	3469894	6055298	9.18	0.68	1.381	0.005	0.4	99.6	0.47	0.47
C1-15	3469908	6055293	16.88	1.25	1.434	0.011	0.8	99.2	0.49	0.49
C1-16	3469915	6055313	7.61	0.56	1.322	0.018	1.3	98.7	0.45	0.45
C 1		Mittelwert:	8.97	0.66	1.53	0.01	0.8	99.2	0.52	0.52
C 1		Stabw:	2.69	0.20	0.38	0.00	0.37	0.37	0.13	0.13

Referenzfläche										
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
C2-02	3469852	6055482	25.27	1.87	3.734	0.063	1.7	98.3	1.29	1.27
C2-03	3469867	6055471	12.56	0.93	2.866	0.016	0.6	99.4	0.98	0.97
C2-04	3469858	6055446	24.45	1.81	3.499	0.021	0.6	99.4	1.19	1.19
C2-05	3469890	6055457	11.61	0.86	2.440	0.011	0.4	99.6	0.83	0.83
C2-06	3469912	6055439	22.88	1.70	3.105	0.008	0.3	99.7	1.06	1.05
C2-07	3469876	6055428	20.35	1.51	2.762	0.007	0.3	99.7	0.94	0.94
C2-08	3469868	6055539	11.74	0.87	2.006	0.006	0.3	99.7	0.68	0.68
C2-09	3469860	6055507	11.47	0.85	2.086	0.021	1.0	99.0	0.72	0.71
C2-10	3469884	6055522	11.10	0.82	2.026	0.024	1.2	98.8	0.70	0.69
C2-11	3469888	6055496	11.96	0.89	1.842	0.006	0.3	99.7	0.63	0.63
C2-12	3469930	6055505	4.91	0.36	2.243	0.010	0.5	99.5	0.76	0.76
C2-13	3469916	6055488	9.43	0.70	2.019	0.008	0.4	99.6	0.69	0.69
C2-14	3469951	6055487	10.35	0.77	2.495	0.012	0.5	99.5	0.85	0.85
C 2		Mittelwert:	14.47	1.07	2.55	0.02	0.6	99.4	0.87	0.87
C 2		Stabw:	6.46	0.48	0.61	0.02	0.42	0.42	0.21	0.21

Nordmarsch - Versuchsfeld C

Beprobungszeitraum: 19.01.-24.01.2012

Überflutungen: "Gisela I und II" (22.01.2012)

			Matten				Flaschen			
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
Maßnahme "Steinbarrieren"										
C1-01	3469808	6055315	3.52	0.26	0.408	0.014	3.3	96.7	0.14	0.14
C1-02	3469792	6055353	1.99	0.15	0.394	0.005	1.2	98.8	0.14	0.13
C1-03	3469816	6055365	3.47	0.26	0.562	0.007	1.3	98.7	0.19	0.19
C1-04	3469846	6055343	1.98	0.15	0.336	0.007	2.0	98.0	0.12	0.11
C1-05	3469867	6055373	3.41	0.25	0.570	0.009	1.6	98.4	0.20	0.19
C1-06	3469879	6055330	2.43	0.18	0.352	0.007	2.0	98.0	0.12	0.12
C1-07	3469914	6055336	3.48	0.26	0.356	0.010	2.8	97.2	0.12	0.12
C1-08	3469925	6055375	3.07	0.23	0.516	0.046	8.1	91.9	0.19	0.18
C1-09	3469827	6055291	1.82	0.13	0.247	0.031	11.0	89.0	0.09	0.08
C1-10	3469847	6055312	3.05	0.23	0.330	0.010	2.8	97.2	0.12	0.11
C1-11	3469856	6055294	2.50	0.19	0.300	0.011	3.5	96.5	0.11	0.10
C1-12	3469978	6055306	3.41	0.25	0.344	0.017	4.8	95.2	0.12	0.12
C1-13	3469884	6055283	2.35	0.17	0.288	0.010	3.4	96.6	0.10	0.10
C1-14	3469894	6055298	2.81	0.21	0.287	0.018	5.9	94.1	0.10	0.10
C1-15	3469908	6055293	3.43	0.25	0.270	0.011	3.8	96.2	0.10	0.09
C1-16	3469915	6055313	2.52	0.19	0.250	0.013	5.1	94.9	0.09	0.08
C 1		Mittelwert:	2.83	0.21	0.36	0.01	3.9	96.1	0.13	0.12
C 1		Stabw:	0.60	0.04	0.10	0.01	2.65	2.65	0.04	0.04

Referenzfläche										
	<u>Rechts</u>	<u>Hoch</u>	<u>Netto (g)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	<u>mineral. (g)</u>	<u>organ. (g)</u>	<u>organ. (%)</u>	<u>mineral. (%)</u>	<u>Wachstum (mm)</u>	
									<u>gesamt</u>	<u>nur miner.</u>
C2-02	3469852	6055482	9.67	0.72	1.124	0.017	1.5	98.5	0.39	0.38
C2-03	3469867	6055471	5.85	0.43	0.856	0.015	1.7	98.3	0.30	0.29
C2-04	3469858	6055446	7.60	0.56	0.967	0.014	1.4	98.6	0.33	0.33
C2-05	3469890	6055457	4.51	0.33	0.681	0.011	1.6	98.4	0.23	0.23
C2-06	3469912	6055439	7.38	0.55	0.932	0.010	1.1	98.9	0.32	0.32
C2-07	3469876	6055428	7.03	0.52	0.905	0.009	1.0	99.0	0.31	0.31
C2-08	3469868	6055539	4.00	0.30						
C2-09	3469860	6055507	4.53	0.34	0.639	0.018	2.7	97.3	0.22	0.22
C2-10	3469884	6055522	2.97	0.22	0.501	0.018	3.5	96.5	0.18	0.17
C2-11	3469888	6055496	2.97	0.22	0.499	0.013	2.4	97.6	0.17	0.17
C2-12	3469930	6055505	4.16	0.31	0.592	0.013	2.1	97.9	0.21	0.20
C2-13	3469916	6055488	3.77	0.28	0.529	0.008	1.5	98.5	0.18	0.18
C2-14	3469951	6055487	3.95	0.29	0.631	0.010	1.5	98.5	0.22	0.21
C 2		Mittelwert:	5.26	0.39	0.74	0.01	1.8	98.2	0.25	0.25
C 2		Stabw:	2.06	0.15	0.21	0.00	0.74	0.74	0.07	0.07