

Bestimmung der Sedimentaufwachsraten auf den Halligen Hooge, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog Sedimentakkumulation Halligen (SAHALL)

Endbericht

Forschungskooperation

zwischen dem

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

und dem

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
(MLUR), Referat Küstenschutz, Hochwasserschutz und Häfen

Dauer der Projektarbeiten: 01.09.2007 bis 30.11.2008

Vorlage des Zwischenberichts: 28.02.2008

1. Abgabe des Endberichts: 02.12.2008

Überarbeitete Fassung: 26.01.2009

Verantwortliche Projektleitung:

Dr. Matthias Deicke

Dr. Volker Karius

Prof. Dr. Hilmar von Eynatten

I. Inhaltsverzeichnis

I.	INHALTSVERZEICHNIS.....	I
II.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
III.	TABELLENVERZEICHNIS	V
1	ZIELSETZUNG.....	1
2	INFORMATION DER HALLIGBEWOHNER.....	5
3	MESSUNG DER HISTORISCHEN SEDIMENTAUFWACHSRATEN.....	5
3.1	Material und Methoden	5
3.1.1	Entnahme der Bohrkerne	5
3.1.2	Laborarbeiten	7
3.1.3	OSL-Datierung	7
3.1.4	¹³⁷ Cs-Datierung	9
3.1.5	Korngrößenanalytik.....	10
3.1.6	Kohlenstoffanalytik.....	10
3.1.7	Bestimmung der Trockensubstanz- und des Wassergehaltes	10
3.1.8	Kernkorrelation.....	11
3.1.9	Fehlerbetrachtung	11
3.2	Ergebnisse	12
3.2.1	Datierungen.....	12
3.2.2	Korngrößenuntersuchungen	15
4	MESSUNG DER HEUTIGEN SEDIMENTAUFWACHSRATEN (WINTER 2007/2008).....	16
4.1	Methodik.....	16
4.2	Bewertung der Methodik	17
4.3	Ermittlung des Oberflächenwachstums	19
4.4	Einzelergebnisse der Sedimentfallenuntersuchungen	20

4.4.1	Hallig Hooge.....	20
4.4.1.1	Hydrographie und Topographie	21
4.4.1.2	Sedimentakkumulation	24
4.4.2	Hallig Nordstrandischmoor.....	25
4.4.2.1	Hydrographie und Topographie	25
4.4.2.2	Sedimentakkumulation	26
4.4.3	Hallig Süderoog.....	28
4.4.3.1	Hydrographie und Topographie	28
4.4.3.2	Sedimentakkumulation	29
4.4.4	Hallig Nordmarsch-Langeness	31
4.4.4.1	Hydrographie und Topographie	31
4.4.4.2	Sedimentakkumulation	33
4.5	Sedimentation steuernde Parameter auf einer Hallig.....	36
5	BESTIMMUNG DER SEDIMENTAUFWACHSRATE MIT SEDIMENTATION-EROSION-BARS (SEBS)	39
6	ZUSAMMENFASSUNG	40
7	SCHLUßFOLGERUNG	42
8	AUSBLICK	42
9	LITERATURVERZEICHNIS	44
10	ANHANG	45

II. Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: LAGE DER UNTERSUCHTEN HALLIGEN IM NORDFRIESISCHEN WATTENMEER	1
ABB. 2: LAGE DER RAMMKERNBOHRUNGEN (BLAU), SEDIMENTFALLEN (GRÜN) UND SEDIMENTATION EROSION BARS (ROT) AUF SÜDEROOG (KARTENGRUNDLAGE DGK 1:5000 BLATT SÜDEROOG)	3
ABB. 3: LAGE DER RAMMKERNBOHRUNGEN (BLAU), SEDIMENTFALLEN (GRÜN) UND SEDIMENTATION EROSION BARS (ROT) AUF NORDSTRANDISCHMOOR (KARTENGRUNDLAGE TK 25, BLATT NORDSTRANDISCHMOOR, NR. 1418)	3
ABB. 4: LAGE DER RAMMKERNBOHRUNGEN (BLAU), SEDIMENTFALLEN (GRÜN) UND SEDIMENTATION EROSION BARS (ROT) AUF HOOGE (KARTENGRUNDLAGE TK 25, BLATT PELLWORM, NR. 1417)	4
ABB. 5: LAGE DER RAMMKERNBOHRUNGEN (BLAU), SEDIMENTFALLEN (GRÜN) UND SEDIMENTATION EROSION BARS (ROT) AUF LANGENESS (KARTENGRUNDLAGE TK 25, BLATT WYK (FÖHR), NR. 1317)	4
ABB. 6: ABTEUFEN DER RAMMKERNBOHRUNG SÜDEROOG-1	6
ABB. 7: VERSCHLIEßEN DER KERNLINER MIT KAPPEN UND KLEBEBAND	6
ABB. 8: DATIERUNG DER LETZTEN BELICHTUNG MIT OSL. DAS UNTER LICHTABSCHLUSS DURCH DIE IONISIERENDE STRAHLUNG ERWORBENE LATENTE LUMINESZENZSIGNAL DER MINERALE WIRD DURCH BELICHTUNG VOR UND WÄHREND DER ABLAGERUNG GEBLEICHT UND AUF NULL ODER NAHEZU NULL GESETZT. BEI ERNEUTEM LICHTABSCHLUSS (BEDECKUNG DES SEDIMENTS) BAUT SICH DAS LATENTE LUMINESZENZSIGNAL IM LAUFE DER ZEIT WIEDER AUF. DAS LATENTE LUMINESZENZSIGNAL EINER PROBE KANN IM LABOR OPTISCH STIMULIERT UND GEMESSEN WERDEN. DIE INTENSITÄT DES OSL-SIGNALS IST EIN MAß DAFÜR, WIE LANGE EINE PROBE SEIT IHRER ABLAGERUNG LICHTDICHT BEDECKT WAR.....	8
ABB. 9: BEISPIELKURVE DES ¹³⁷ CÄSIUM GEHALTES IN DEN OBEREN SEDIMENTSCHICHTEN DER HALLIG NORDSTRANDISCHMOOR	10
ABB. 10: MITTLERE SEDIMENTAUFWACHSRATEN VOM JEWELIGEN MESSPUNKT BIS 2007.(OSL + 137 Cs DATEN).....	12
ABB. 11: MITTLERE SEDIMENTAUFWACHSRATEN FÜR DIE ZEITRÄUME ZWISCHEN DEN MESSPUNKTEN. JEDER MESSPUNKT STELLT DIE UNTERGRENZE DES JEWELIGEN ZEITRAUMES DAR. (OSL + 137 Cs DATEN) .	12
ABB. 12: MITTLERE SEDIMENTAKKUMULATIONSRATE (SILIKATISCHER ANTEIL VOM JEWELIGEN MESSPUNKT BIS 2007. (OSL + 137 Cs DATEN)	13
ABB. 13: MITTLERE SEDIMENTAKKUMULATIONS-RATEN(SILIKATISCHER ANTEIL) FÜR DIE ZEITRÄUME ZWISCHEN DEN MESSPUNKTEN. JEDER MESSPUNKT STELLT DIE UNTERGRENZE DES JEWELIGEN ZEITRAUMES DAR. (OSL + 137 Cs DATEN)	13
ABB. 14: MEDIAN DER GEMITTELTEN KORNERTEILUNGEN ALLER SEDIMENTFALLEN (FLASCHEN UND MATTEN) UND BOHRUNGEN PRO HALLIG	15
ABB. 15: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MEDIANER KORNGRÖßE UND HALLIGABSTAND ZUM FESTLAND, DARGESTELLT SOWOHL FÜR DIE HEUTIGEN SEDIMENTE (FLASCHEN) ALS AUCH FÜR DIE HISTORISCHEN SEDIMENTE (BOHRUNG)	16
ABB. 16: SEDIMENTFALLEN.....	17
ABB. 17: HALLIG HOOGE. AUSSCHNITT AUS DER TK 25 NR. 1417, BLATT PELLWORM.....	21

ABB. 18: BLICK VON HANSWARFT (HOOGE) NACH SÜDEN RICHTUNG NORDEROOG AM 19.03. (OBEN) UND AM 20.03.2007 (UNTEN). DIE ERHÖHTE UFERZONE FÄLLT NACH EINEM LAND UNTER ALS ERSTES WIEDER TROCKEN.	23
ABB. 19 :GANGLINIEN DES HOOGER AUßEN- UND BINNENPEGELS FÜR DEN ZEITRAUM VOM 26.02. BIS ZUM 03.03.2008. ROT = GANGLINIE AUßENPEGEL; BLAU = GANGLINIE BINNENPEGEL (DATENQUELLE LKN HUSUM 2008).....	23
ABB. 20: GANGLINIEN DES AUßEN- UND BINNENPEGELS VON NORDSTRANDISCHMOOR FÜR DEN ZEITRAUM VOM 22.01. BIS 29.01.2008. ROT = GANGLINIE AUßENPEGEL; BLAU = GANGLINIE BINNENPEGEL (DATENQUELLE LKN HUSUM, 2008)	26
ABB. 21: HALLIG NORDMARSCH-LANGENESS. AUSSCHNITT AUS DER TK 25 NR. 1317, BLATT WYK (FÖHR) .	32
ABB. 22: EINFLUSS DES UFERABSTANDES AUF DAS SEDIMENTWACHSTUM (FLASCHEN) AUF SÜDEROOG, NORDSTRANDISCHMOOR, HOOGE, LANGENESS UND NORDMARSCH.....	37
ABB. 23: EINFLUSS DES UFERABSTANDES AUF DIE MEDIANE KORNGRÖßE (FLASCHEN) AUF SÜDEROOG, NORDSTRANDISCHMOOR, HOOGE, LANGENESS UND NORDMARSCH.....	37
ABB. 24: EINFLUSS DES UFERABSTANDES AUF DEN KARBONATGEHALT (FLASCHEN) AUF SÜDEROOG, NORDSTRANDISCHMOOR, HOOGE, LANGENESS UND NORDMARSCH.....	38
ABB. 25: EINFLUSS DER TOPOGRAPHISCHE HÖHE AUF DAS SEDIMENTWACHSTUM (FLASCHEN) AUF SÜDEROOG, NORDSTRANDISCHMOOR, HOOGE, LANGENESS UND NORDMARSCH.....	38
ABB. 26: EINFLUSS DER VEGETATIONSHÖHE AUF DAS SEDIMENTWACHSTUM (FLASCHEN) AUF SÜDEROOG, NORDSTRANDISCHMOOR, HOOGE, LANGENESS UND NORDMARSCH.....	39
ABB. 27: MESSUNG AN EINEM SEB AUF LANGENESS	40
ABB. 28: MITTLERE SEDIMENTAUFWACHSRATEN DER JÜNGEREN VERGANGENHEIT (1963-2007) UND HEUTIGE MEDIANE SEDIMENTAUFWACHSRATEN IN RELATION ZU AKTUELLEN MEERESPIEGELANSTIEGSRATEN	42

III. Tabellenverzeichnis

TAB. 1: GAUSS-KRÜGER KOORDINATEN DER BOHRLOKATIONEN AUF HOOGE, NORDSTRANDISCHMOOR, SÜDEROOG UND LANGENESS IN 2007	5
TAB. 2: MITTLERE SEDIMENTAUFWACHSRATEN VON 1731-2007.	14
TAB. 3: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF HALLIG HOOGE, NORDMARSCH-LANGENESS, NORDSTRANDISCHMOOR UND SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE	18
TAB. 4: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF HALLIG HOOGE, NORDMARSCH-LANGENESS, NORDSTRANDISCHMOOR UND SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE	19
TAB. 5: SEDIMENTAKKUMULATION IM WINTER 07/08 GEMITTELT ÜBER ALLE ERGEBNISSE DER HALLIGEN HOOGE, NORDMARSCH-LANGENESS, NORDSTRANDISCHMOOR UND SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	20
TAB. 6: TOPOGRAPHISCHE DATEN DER SEDIMENTFALLEN AUF HOOGE UND ANZAHL DER "LAND UNTER" 2007/2008	21
TAB. 7: SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF HOOGE BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS FLASCHE UND MATTE	24
TAB. 8: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF HOOGE BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS FLASCHE UND MATTE	24
TAB. 9: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF HOOGE BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS FLASCHE UND MATTE	24
TAB. 10: TOPOGRAPHISCHE DATEN DER SEDIMENTFALLEN AUF NORDSTRANDISCHMOOR UND ANZAHL DER "LAND UNTER" 2007/2008.....	26
TAB. 11: SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF NORDSTRANDISCHMOOR BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	27
TAB. 12: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF NORDSTRANDISCHMOOR BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE	27
TAB. 13: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF NORDSTRANDISCHMOOR BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE	27
TAB. 14: TOPOGRAPHISCHE DATEN DER SEDIMENTFALLEN AUF SÜDEROOG UND ANZAHL DER "LAND UNTER" 2007/2008.....	29
TAB. 15: SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	29
TAB. 16: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	29
TAB. 17: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF SÜDEROOG BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE	29
TAB. 18: TOPOGRAPHISCHE DATEN DER SEDIMENTFALLEN AUF NORDMARSCH UND ANZAHL DER "LAND UNTER" 2007/2008.....	32

TAB. 19: TOPOGRAPHISCHE DATEN DER SEDIMENTFALLEN AUF LANGENESS UND ANZAHL DER "LAND UNTER" 2007/2008.....	33
TAB. 20: SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF NORDMARSCH BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	33
TAB. 21: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF NORDMARSCH BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	33
TAB. 22: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF NORDMARSCH BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	34
TAB. 23: SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF LANGENESS BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	35
TAB. 24: SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG IM WINTER 07/08 AUF LANGENESS BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	35
TAB. 25: KORNGRÖßENVERTEILUNG DER SEDIMENTE IM WINTER 07/08 AUF LANGENESS BESTIMMT ANHAND DES SEDIMENTFALLENTYPS PE-FLASCHE UND PVC-MATTE.....	35
TAB. 26: AKKUMULIERTE SEDIMENTMENGEN UND SEDIMENTAUFWACHS IM WINTER 07/08 AUF DEN HALLIGEN HOOGE, NORDSTRANDISCHMOOR, SÜDEROOG UND NORDMARSCH-LANGENESS.	36

1 Zielsetzung

Vor dem Hintergrund eines zunehmend schneller steigenden Meeresspiegels und der damit verbundenen Bedrohung der nordfriesischen Halligen, wird im laufenden Projekt die natürliche Sedimentation auf den Halligen untersucht. Sedimentakkumulation erfolgt auf den Halligen während der Überflutungen, so genannte „Land unter“, insbesondere während der Wintermonate. Dieser natürliche Prozess führt zu einem Wachstum der Halligoberfläche und wirkt damit der Bedrohung durch den ansteigenden Meeresspiegel entgegen. Die Effektivität dieses Prozesses hängt von einer Reihe von Faktoren wie z.B. der Anzahl der Überflutungen, Verweildauer des Wassers auf der Hallig und der Sedimentfracht des Wassers ab. Je mehr Sediment in Suspension befindlich ist und je länger das Wasser benötigt, um nach einem "Land unter" abzulaufen, desto mehr Zeit steht für die Sedimentation der enthaltenen Sedimentfracht zur Verfügung und desto größer ist das Halligwachstum pro "Land unter". Häufige Überflutungen können den Prozess verstärken, allerdings sind hierbei Fragen der Landnutzung und der möglicherweise verstärkten Erosion unkonsolidierter Sedimente abzuwägen. Diese und weitere Einflussfaktoren in ihrer Wechselwirkung zu untersuchen und das resultierende Halligwachstum unter verschiedenen Randbedingungen zu quantifizieren, ist Gegenstand der vorliegenden Studie.



Abb. 1: Lage der untersuchten Halligen im Nordfriesischen Wattenmeer

Für das laufende Projekt wurden die Halligen Hooge, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog ausgewählt (Abb. 1). Diese unterscheiden sich untereinander hinsichtlich der das Sedimentationsgeschehen steuernden Parameter: Größe, Exposition, Vegetation, Protektion, Überflutungshäufigkeit und Verweildauer des Wassers auf der Hallig. Nordmarsch-Langeness, Hooge und Süderoog liegen im Westen des Wattenmeeres am

nächsten zur offenen Nordsee exponiert, wobei Süderoog und Hooge im Gegensatz zu Nordmarsch-Langeness durch Außensände geschützt sind. Nordstrandischmoor liegt in Festlandsnähe und wird gleichzeitig von Pellworm und Nordstrand vor westlichen und südlichen Winden geschützt. Mit den vier Halligen wurden sowohl sehr kleine (Süderoog) als auch sehr große Halligen (Langeness) ausgewählt. Hinsichtlich der Protektion unterscheiden sich die Halligen durch das Vorhandensein (Hooge, Langeness) und Fehlen (Süderoog, Nordstrandischmoor) von Sommerdeichen und der Länge anderer Schutzbauten (Igeldeckwerk). Die Vegetation besteht in der Regel aus beweidetem 5-10 cm hohem Grasfilz, welcher von verschiedenen Salzwiesenpflanzen mehr oder weniger stark durchsetzt ist. Vereinzelt kommen lokal aber auch höher (40-50 cm) gewachsene Brachflächen vor.

Innerhalb einer 12-tägigen Geländekampagne vom 24. September bis zum 5. Oktober 2007 wurden von einem 8-köpfigen Team (2 Wissenschaftler, 2 Diplomanden, 4 studentische Hilfskräfte) auf den Halligen Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooge und Langeness an jeweils zwei Lokationen Bohrkerne entnommen, insgesamt 110 Sedimentfallen und 20 dauerhafte Messstationen (Sedimentation-Erosion-Bars, kurz: SEB) installiert. Die Bearbeitung der Bohrkerne und der Sedimentfallen erfolgt im Rahmen von zwei geowissenschaftlichen Diplomarbeiten. Die Kandidaten Frau B.Sc. Silke Langer (Bestimmung der heutigen Sedimentaufwachsraten) und Herr B.Sc. Alexander Michler (Bestimmung der historischen Sedimentaufwachsraten) konnten frühzeitig gewonnen werden. Die Diplomarbeiten liegen seit Anfang 2009 vor.

Die Lage der Sedimentfallen, SEBs und Bohrungen ist in Abb. 2 - Abb. 5 dargestellt.

Übergeordnetes Ziel ist es, festzustellen, ob der Prozess der "Land unter" Sedimentation geeignet ist, den Fortbestand der Halligen auch bei weiter steigendem Meeresspiegel zu sichern.

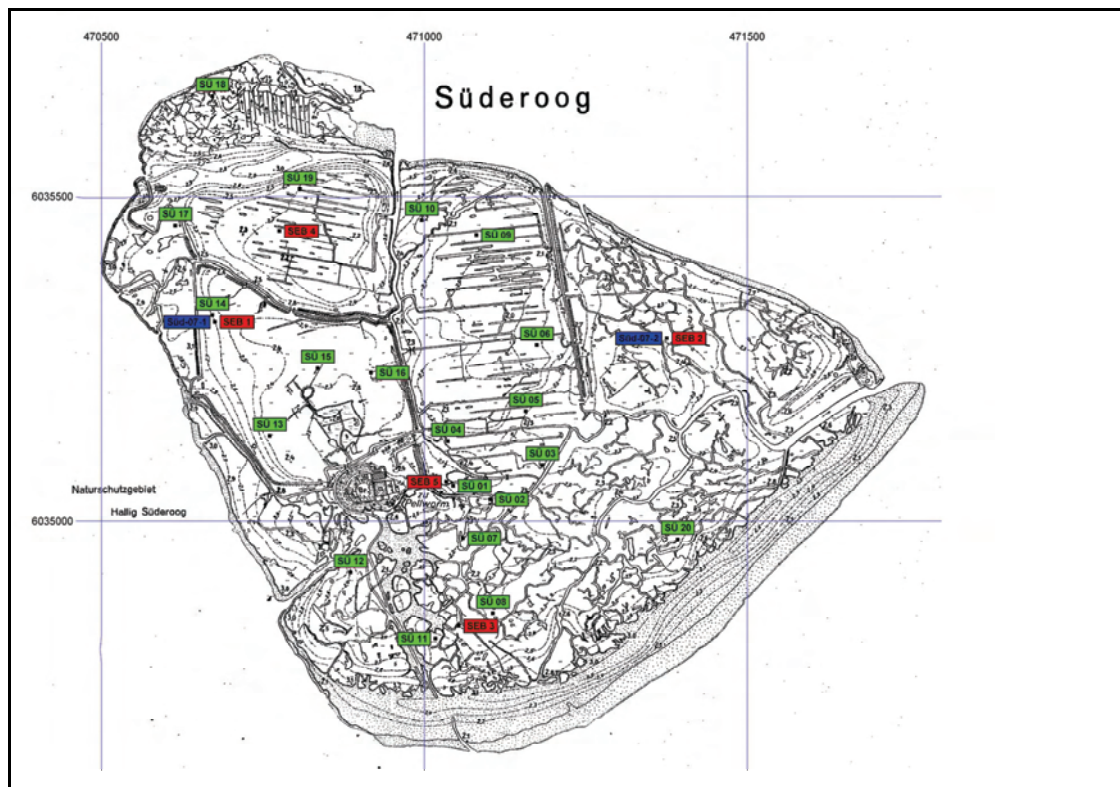


Abb. 2: Lage der Rammkernbohrungen (blau), Sedimentfallen (grün) und Sedimentation Erosion Bars (rot) auf Süderoog (Kartengrundlage DGK 1:5000 Blatt Süderoog)

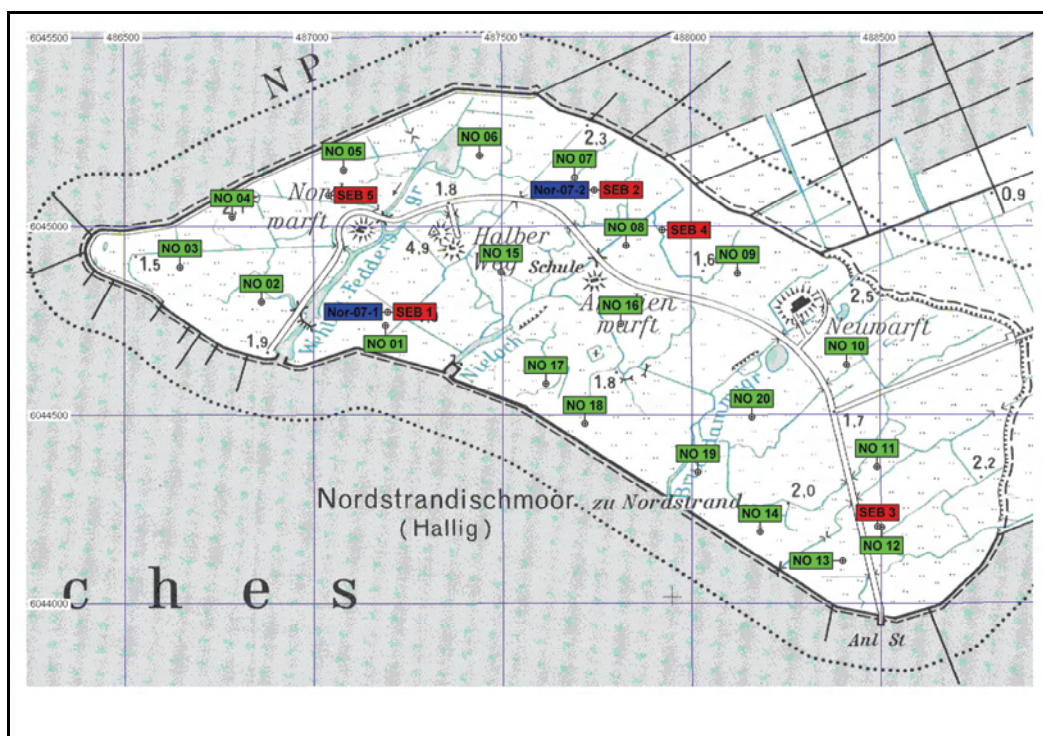


Abb. 3: Lage der Rammkernbohrungen (blau), Sedimentfallen (grün) und Sedimentation Erosion Bars (rot) auf Nordstrandischmoor (Kartengrundlage TK 25, Blatt Nordstrandischmoor, Nr. 1418)

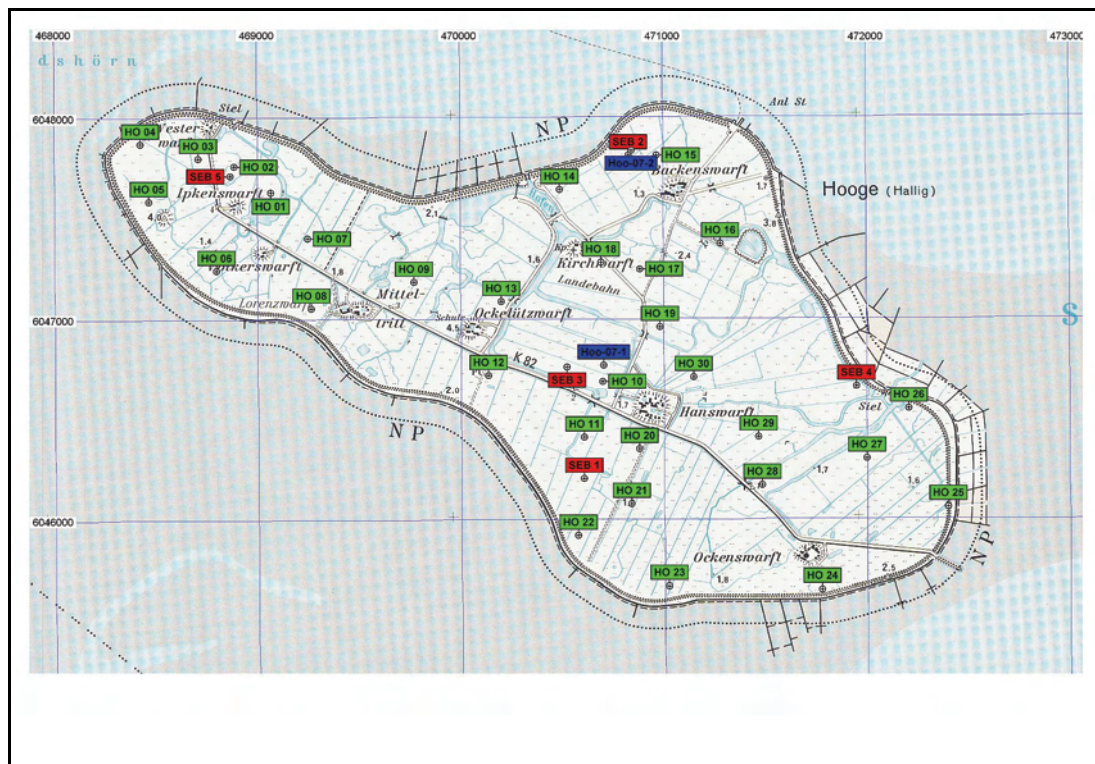


Abb. 4: Lage der Rammkernbohrungen (blau), Sedimentfallen (grün) und Sedimentation Erosion Bars (rot) auf Hooge (Kartengrundlage TK 25, Blatt Pellworm, Nr. 1417)

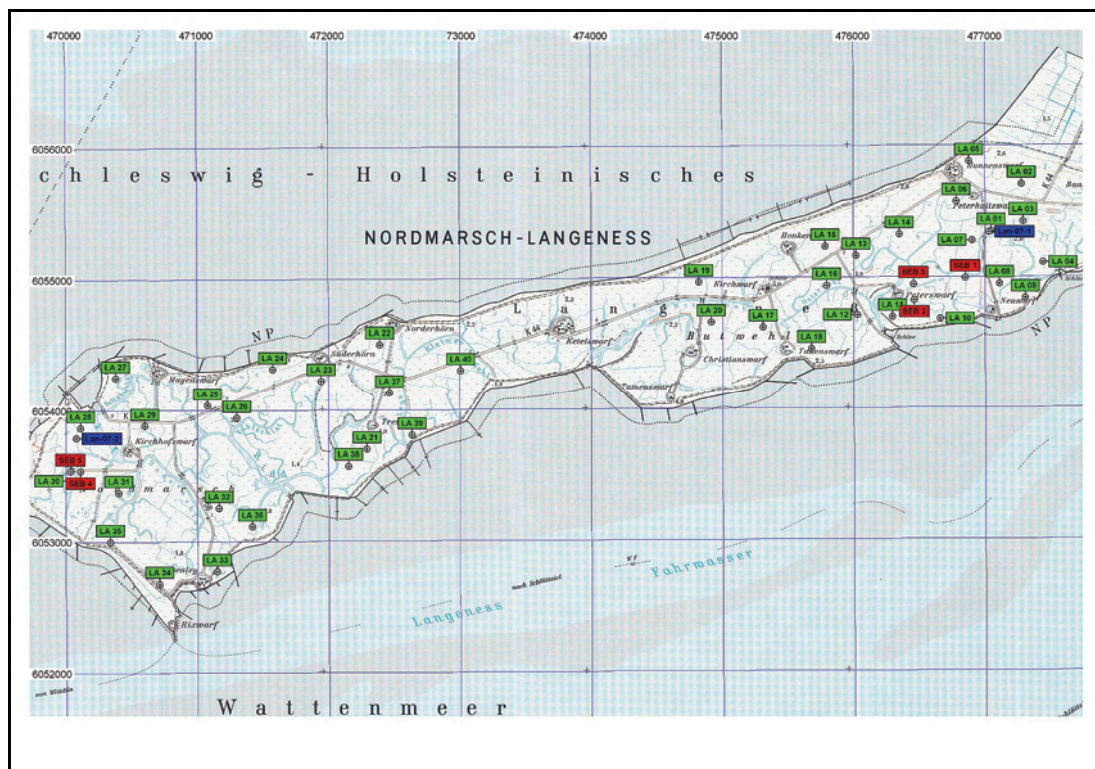


Abb. 5: Lage der Rammkernbohrungen (blau), Sedimentfallen (grün) und Sedimentation Erosion Bars (rot) auf Langeness (Kartengrundlage TK 25, Blatt Wyk (Föhr), Nr. 1317)

2 Information der Halligbewohner

Im Vorfeld der Geländekampagne wurde durch öffentliche Vorträge, Informationsbriefe sowie zahlreiche Einzelgespräche um das Vertrauen der Halligbewohner geworben, um deren private Landflächen für die geplanten Untersuchungen nutzen zu dürfen. Die Halligbewohner wurden durch Informationsbriefe und Vorträge über den Stand der Untersuchungen und Maßnahmen auf dem Laufenden gehalten. Die Akzeptanz und das Interesse der Halligbewohner gegenüber dem Forschungsprojekt war sehr groß; wichtige Unterstützung und viele hilfreiche Hinweise kamen von den Bewohnern vor Ort.

3 Messung der historischen Sedimentaufwachsraten

3.1 Material und Methoden

Zur Bestimmung der historischen Sedimentaufwachsraten wurden während der Geländekampagne im Herbst 2007 auf jeder Hallig an jeweils zwei Lokationen durch ein Rammkernverfahren weitgehend ungestörtes Probenmaterial gewonnen. Die Lage der Bohrlokationen sind in Abb. 2 bis Abb. 5 dargestellt. Rechts und Hochwerte der Bohrungen sind in Tab. 1 dargestellt. Die Bohrkerne wurden mit Optisch Stimulierter Lumineszenz (OSL) und Gammastrahlungsmessung von ^{137}Cs datiert und die Sedimentaufwachsraten berechnet.

Tab. 1: Gauss-Krüger Koordinaten der Bohrlokationen auf Hooge, Nordstrandischmoor, Süderoog und Langeness in 2007

Name	Rechtswert	Hochwert
Hoo-07-1	3470749	6048758
Hoo-07-2	3470887	6049821
Nor-07-1	3487249	6046759
Nor-07-2	3487797	6047080
Süd-07-1	3470722	6037290
Süd-07-2	3471421	6037264
Lan-07-1	3477077	6057330
Lan-07-2	3470121	6055779

3.1.1 Entnahme der Bohrkerne

Die Bohrhülse wurde jeweils mit einem Kunststoffliner (HT-Rohr) von 1 m Länge bei einem Durchmesser von 50 mm bestückt und mit einem Bohrhammer in den Untergrund getrieben. Nach dem Ziehen des Bohrgerätes wurde der Liner entnommen, die ungefüllten Bereiche der Liner abgesägt und die offenen Enden mit Blumensteckschaum verfüllt und mit Kunststoffkappen und Klebeband verschlossen (Abb. 6+Abb. 7).



Abb. 6: Abteufen der Rammkernbohrung Süderoog-1

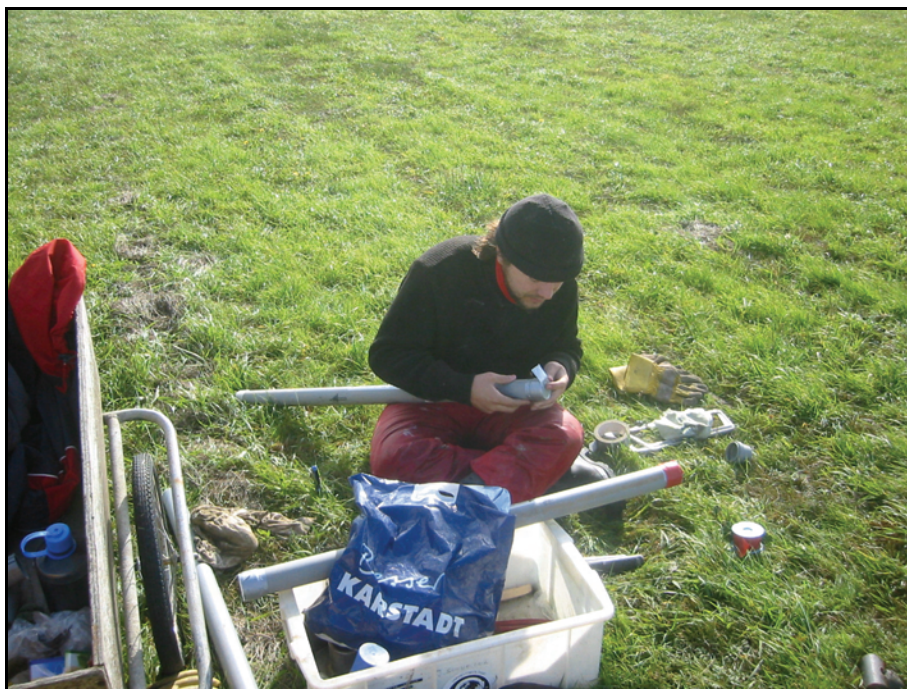


Abb. 7: Verschließen der Kernliner mit Kappen und Klebeband

Auf diese Weise wurden an jeder Lokation vier Bohrungen in einem quadratischen Raster mit 30 cm Abstand durchgeführt. Dabei wurde nach folgendem Schema vorgegangen: Bohrloch A) 0-100 cm + 100-200 cm, Bohrloch B) 0-50 cm + 50-150 cm, Bohrloch C) 0-100 cm + 100-200 cm, Bohrloch D) 0-50 cm + 50-150 cm. Die Kerne wurden nach Abschluss der Geländearbeiten nach Göttingen transportiert und dort im Geowissenschaftlichen Zentrum bei 4°C im Kühlraum eingelagert.

Die Kerne der Bohrlöcher A+B wurden in der 45-46 KW 2007 geöffnet, beschrieben und photographiert. Die Schichtenverzeichnisse befinden sich im Anhang A 4. An diesen Kernen wurden ^{137}Cs Datierungen, Korngrößen- und Kohlenstoffanalysen durchgeführt. Weiterhin wurden an den Kernen A+B die Probenpunkte für die OSL-Datierung ausgewählt.

Das Material für die Datierungen musste unter Dunkelkammerbedingungen aus den Kernen C+D entnommen werden. Es wurden jeweils an einer Bohrlokation pro Hallig max. 5 OSL-Proben über 2 m Teufe verteilt. Dabei wurden bevorzugt markante Sedimentationswechsel ausgewählt. An der jeweils zweiten Bohrlokation wurde nur eine Probe aus einer Teufe von ca. 1,90 m vorgesehen. Dieses Verfahren garantiert eine größtmögliche zeitliche Auflösung der Sedimentaufwachsrate bei gleichzeitiger Doppelbestimmung der durchschnittlichen Rate. Die Parallelkerne C+D blieben bis zur Datierung lichtdicht verschlossen.

3.1.2 Laborarbeiten

Die Laborarbeiten wurden, soweit sie nicht fremd vergeben wurden, sämtlich von Herrn B.Sc. Alexander Michler unter der Anleitung von Herrn Dr. Volker Karius durchgeführt.

3.1.3 OSL-Datierung

Minerale wie Quarz und Feldspat haben die Eigenschaft Energie von natürlicher ionisierender Strahlung (U, Th, K) aufzunehmen und in so genannten "Elektronenfallen" für eine gewisse Zeit zu speichern. Diese Minerale fungieren gleichsam als Strahlendosimeter. Durch Stimulation mit sichtbarem Licht kann diese Energie in Form von Lumineszenz wieder freigesetzt werden. Die bei der Lumineszenzerscheinung abgegebene Lichtenergie ist ein Maß dafür, wie lange die Probe seit der letzten optischen Stimulation der natürlichen ionisierenden Strahlung ausgesetzt war. Dieser Umstand wird bei der OSL-Datierung ausgenutzt, um das letzte Ablagerungsereignis eines Sediments zu datieren. Bei Erosion, Um- und Ablagerung wird das Sediment in der Regel belichtet. Dadurch wird das latente Lumineszenzsignal der Minerale gelöscht und die geochronologische Uhr auf Null gestellt. Das Auslösen oder Löschen des latenten Lumineszenzsignals wird als Bleichen bezeichnet. Wird das abgelagerte Sediment von weiterem Sediment lichtdicht überlagert, beginnt der Aufbau des latenten Lumineszenzsignals von neuem (Abb. 8).

Mit diesem Verfahren können Alter im Bereich zwischen wenigen Jahren bis zu ca. einer Million Jahren datiert werden.

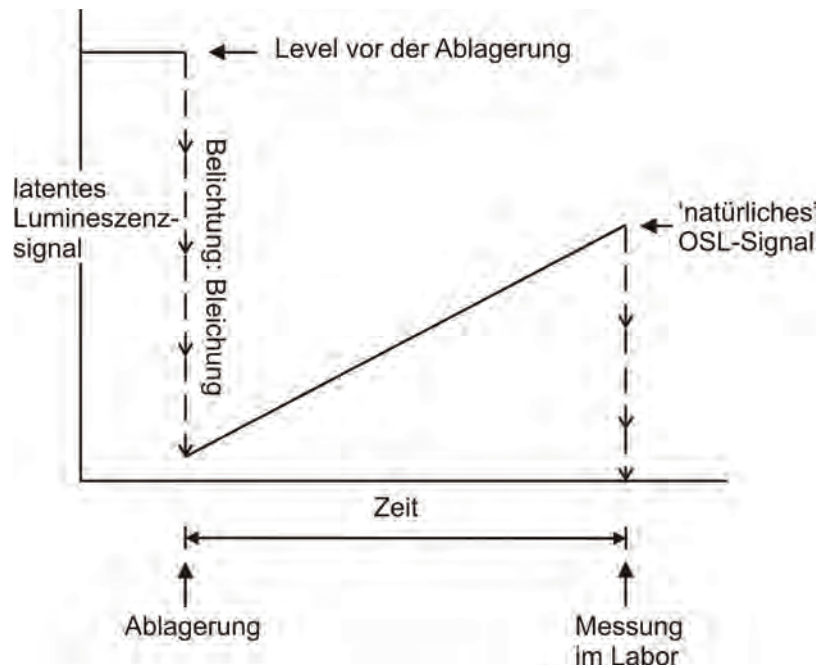


Abb. 8: Datierung der letzten Belichtung mit OSL. Das unter Lichtabschluss durch die ionisierende Strahlung erworbene latente Lumineszenzsignal der Minerale wird durch Belichtung vor und während der Ablagerung gebleicht und auf Null oder nahezu Null gesetzt. Bei erneutem Lichtabschluss (Bedeckung des Sediments) baut sich das latente Lumineszenzsignal im Laufe der Zeit wieder auf. Das latente Lumineszenzsignal einer Probe kann im Labor optisch stimuliert und gemessen werden. Die Intensität des OSL-Signals ist ein Maß dafür, wie lange eine Probe seit ihrer Ablagerung lichtdicht bedeckt war.

Zur Altersdatierung müssen drei Größen bestimmt werden: Lumineszenz, Äquivalentdosis und Dosisrate. Das latente Lumineszenzsignal einer Probe wird im Labor durch Stimulation mit meist grünem Licht freigesetzt und durch Photonenzählung quantifiziert. Die künstliche Strahlendosis, die das natürliche Lumineszenz-Signal reproduziert, wird Äquivalenzdosis (D_e) oder Paläodosis genannt. Aus dem Radionuklidgehalt oder der Aktivität der Radionuklide einer Probe lässt sich die Dosisrate bzw. Dosisleistung (D) bestimmen. Die in die Dosisrate eingehende kosmische Strahlung wird in Abhängigkeit von geographischer Lage und Versenkungstiefe einer Probe bestimmt. Unter der Dosisrate versteht man die aus natürlicher, ionisierender Strahlung resultierende Energie, die pro Zeiteinheit von der Probe absorbiert wird. Aus dem Quotienten von Äquivalenzdosis und Dosisrate ergibt sich das Alter einer Probe seit der letzten Belichtung:

$$\text{Alter} = \frac{\text{Paleodosis}(D_e)}{\text{Dosisrate}(D)}$$

Die OSL-Datierungen wurden an der Universität Köln, Geographisches Institut, Prof. Dr. U. Radtke durchgeführt. Dort besteht eine langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der OSL-Datierungen, weiterhin konnte hier eine relativ schnelle Bearbeitung zu günstigen Konditionen realisiert werden. Die entsprechenden Bohrkerne wurden am 12.12.2007 nach Köln transportiert. In der 8-9 KW 2008 wurden die Kerne C+D in Köln unter Dunkelkammerbedingungen von B.Sc. A. Michler geöffnet. Unter Anleitung von Frau Dr. Alexandra Hilgers wurden den Kernen je Probenpunkt 3-4 cm zur Messung der Paleodosis

(D_e) sowie 10-30 cm oberhalb und unterhalb der Probenpunkte zur Bestimmung der Dosisleistung (D) entnommen und für die OSL-Datierung aufbereitet.

Die berechneten Alter beziehen sich auf die mittlere Teufe der Paleodosispobe. Es wurden jeweils zwei Alter pro D_e -Probe mit jeweils unterhalb bzw. oberhalb von D_e gemessenem D berechnet und anschließend gemittelt. In zwei Fällen wurden die Aktivitäten der beiden Dosisleistungsproben zur Berechnung einer Dosisleistung gemittelt und mit der Paleodosispobe zu einem Alter verrechnet. Die Mittelung von Altern bzw. Aktivitäten ergibt abweichende Ergebnisse. Die Abweichung ist umso größer, je stärker unterschiedlich die Aktivitäten oberhalb und unterhalb der Paleodosispobe sind. Grundsätzlich gilt, dass die Mittelung der Aktivitäten immer ein jüngerer Alter ergibt, als die Mittelung der Alter. Die Aktivitäten zu mitteln, ist in den Fällen sinnvoller, wenn auf Grund der Lithologie vermutet werden kann, dass die Aktivität der Paleodosispobe höher liegt als die geringere der Aktivitäten der beiden angrenzenden Dosisleistungsproben. In diesen Fällen führt der Einfluss der nur wenige Zentimeter weit reichenden Betastrahlung zu einer höheren Dosisleistung und damit zu einem jüngerem Alter.

Die Messungen erfolgten im Zeitraum zwischen April und November 2008. Weitergehende Beschreibungen der recht umfänglichen Methodik können der Literatur entnommen werden (Aitken, 1998; Preusser et al., 2008, Wagner, 1995). Alle Ergebnisse der OSL-Datierungen sind im Anhang A 1 aufgeführt. Zur Fehlerbetrachtung vergleiche Kap. 3.1.9.

3.1.4 ^{137}Cs -Datierung

Zur Überprüfung und Ergänzung der OSL-Daten wurden zusätzlich Gammaspektrometriemessungen an den oberen max. 60 cm der B-Kerne mit einer Auflösung von 1 cm durchgeführt. Dabei wurden insbesondere ^{137}Cs und ^{210}Pb gemessen. Diese Messungen wurden wegen des hohen Zeitbedarfs in verschiedenen Laboratorien parallel durchgeführt:

1. Isotopenlaboratorium am Institut für Physikalische Chemie, Universität Göttingen, Prof. Dr. G. Eckold.

2. Zentrum für Strahlenschutz und Radioökologie, Universität Hannover, Prof. Dr. R. Michel.

Die ^{137}Cs Messungen lieferten in der Regel zwei Peaks, die dem Fallout von Tschernobyl (1986) bzw. dem Maximum der oberirdischen Atomwaffentests (1963) zugeordnet wurden (Abb. 9).

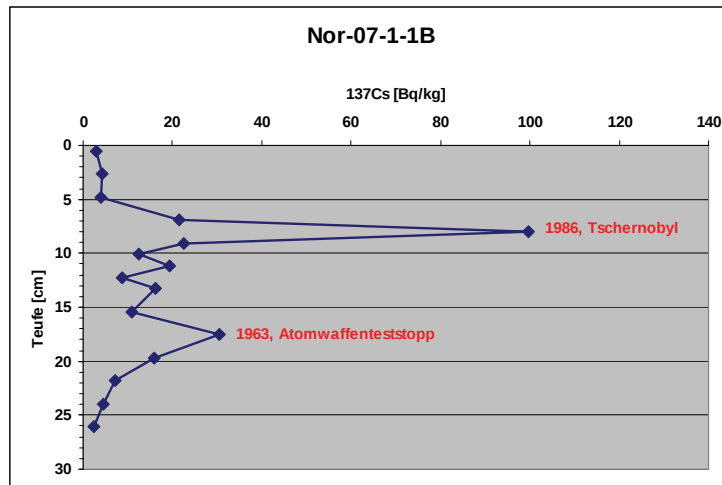


Abb. 9: Beispielkurve des ¹³⁷Cäsium Gehaltes in den oberen Sedimentschichten der Hallig Nordstrandischmoor

Für ²¹⁰Pb konnten mit der vorliegenden geringen Probenmenge keine plausiblen Ergebnisse erzielt werden. Grund hierfür ist die extrem niedrige Aktivität von <100 Bq/kg im Sediment. Die Ergebnisse der ¹³⁷Cs Datierungen sind im Anhang A 1 aufgeführt.

3.1.5 Korngrößenanalytik

Die Korngrößenanalytik wurde an den A-Kernen durchgeführt. Hierbei wurden ca. alle 10 cm Kernabschnitte von 0.5 cm entnommen und mit einem Laser Particle Sizer der Fa. Beckman/Coulter (LS 13320) analysiert. Die statistischen Kenngrößen der Kornverteilungen sind im Anhang A 2 aufgeführt. Die Kenngrößen der Kornverteilung sind überwiegend in phi-Werten angegeben. Die phi-Skala basiert auf einer Logarithmierung der Korngröße zur Basis 2. Die Zunahme des phi-Wertes um eins bedeutet eine Halbierung der Korngröße (z.B. phi 4 ≈ 63 µm, phi 6 ≈ 16 µm).

3.1.6 Kohlenstoffanalytik

Die Kohlenstoffanalytik wurde an den A-Kernen an denselben Proben durchgeführt, an denen auch die Kornverteilung bestimmt wurde. Die Proben wurden mit einem C/S-Analysator der Fa. Eltra (CS 800) analysiert. Die Ergebnisse der Kohlenstoffanalytik wurden interpoliert, um eine Übereinstimmung mit den Proben zur Bestimmung des Trockensubstanz- und Wassergehaltes zu erreichen. Die interpolierten Werte sind im Anhang A 3 aufgeführt.

3.1.7 Bestimmung der Trockensubstanz- und des Wassergehaltes

Den A-Kernen wurden im Abstand von ca. 10 cm Spritzenproben von 1-2 cm³ entnommen, getrocknet und ausgewogen. Die Werte für Wassergehalt und Trockensubstanz finden sich im Anhang A 3.

3.1.8 Kernkorrelation

An den A- und B-Kernen konnte durch XRF-Scanning von verschiedenen Hauptelementen und Messung der magnetischen Suszeptibilität (Universität Bremen, Institut für Geographie, Prof. Dr. B. Zolitschka) gezeigt werden, dass die einzelnen Kernsegmente mit vernachlässigbar geringem Versatz korreliert werden können. Allerdings wurden die einzelnen Segmente durch das Rammkernverfahren unterschiedlich stark gestaucht. Um von Kerntiefe auf Teufe unter Geländeoberkante umrechnen zu können, wurden Stauchungsfaktoren (Soll-Kernlänge/Ist-Kernlänge) für jedes Kernsegment berechnet, mit denen die Kerntiefen multipliziert wurden.

3.1.9 Fehlerbetrachtung

Systematische, nicht quantifizierbare Unsicherheiten der OSL-Methode können aus ungenügender Belichtung der Sedimente während der Ablagerung herrühren, die zu überhöhten Altern führt. Dieser Faktor sollte auf den Halligen eigentlich nur eine untergeordnete Rolle spielen, da "Land unter" Sedimente in der Regel spätestens nach dem Abfließen des Wassers für mehrere Tage bis Wochen dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Allerdings konnten während der Messung der Paleodoses bei sechs Proben festgestellt werden, dass die Bleichung der Sedimente vermutlich ungenügend war. Ursachen dafür können in stärkerer Akkumulation von Sediment während eines oder mehrerer "Land unter" bestehen oder in Material welches aus der Wand eines Grabens oder Prieles, der zu der betreffenden Zeit am Bohrpunkt vorhanden war, verstürzt ist. Die betreffenden Proben sind im Anhang mit aufgeführt, werden bei der Interpretation aber nicht berücksichtigt.

Weiterhin kann ein durch Radonemanation verursachtes radioaktives Ungleichgewicht im Sediment zu einer Unterbestimmung des Alters führen. Für die Radonemanation gilt, je feinkörniger das Sediment ist und je höher der Wassergehalt ist, desto geringer ist die Radonemanation. Aufgrund der Verhältnisse auf den Halligen ist von einem eher geringen Einfluss der Radonemanation auf die Altersbestimmung auszugehen.

Weitere zufällige Fehlerquellen betreffen die analytische Bestimmung der für die Datierung notwendigen Parameter wie z.B. Wassergehalt, Radionuklidgehalt, Korngröße. Diese zufälligen Fehler wurden im Rahmen der Altersberechnung, die durch das Programm ADELE erfolgte zu einem Altersfehler (1σ) zusammengefasst. Die Fehlerberechnung der Sedimentaufwachsraten und Sedimentakkumulationsraten erfolgte nach den Regeln der Gauss'schen Fehlerfortpflanzungstheorie. Hierbei wurden zusätzlich zum Altersfehler z.B. der Fehler der Teufe bzw. der Teufe und der Trockenraumdichte berücksichtigt.

Bei der ^{137}Cs -Datierung wurden der Fehler der Teufe sowie Altersfehler berücksichtigt, die durch die Auflösung der den Kernen entnommenen Proben bedingt sind.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Datierungen

Um die Sedimentaufwachsraten zu berechnen, wurden die gemessenen Alter durch die entsprechenden Teufen geteilt. Die Sedimentaufwachsraten sind in Abb. 10 dargestellt. Diese Werte geben jeweils den durchschnittlichen Sedimentaufwachs pro Jahr für den Zeitraum ab dem Messpunkt bis 2007 an. Die Sedimentaufwachsraten für unterschiedliche Zeiträume in der Vergangenheit sind in Abb. 11 dargestellt. Durch Multiplikation der Teufe mit der Trockenraumdichte des silikatischen Anteils des Sedimentes wurde die silikatische Sedimentakkumulationsrate berechnet und in gleicher Weise wie die Sedimentaufwachsraten dargestellt (Abb. 12+ Abb. 13).

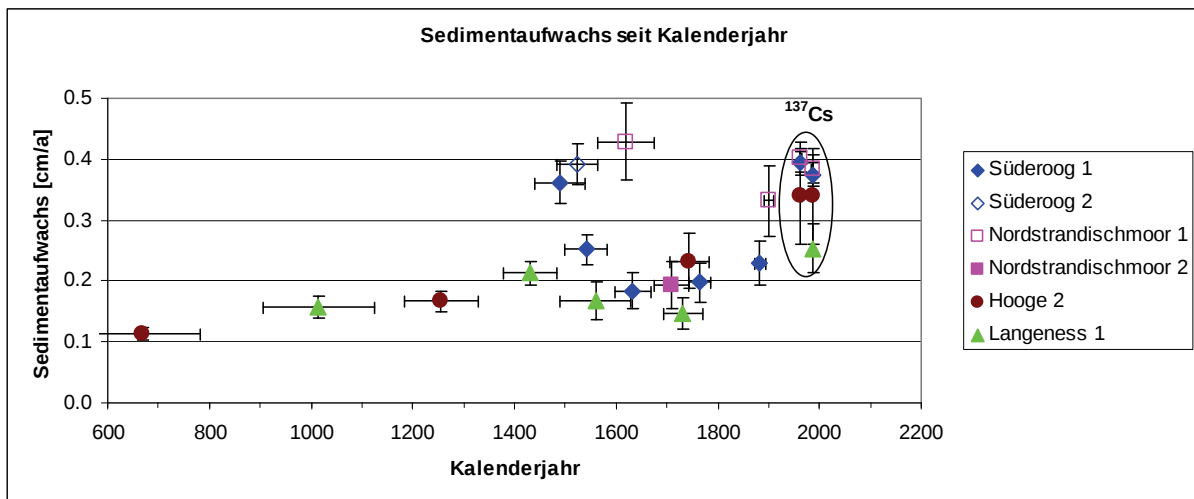


Abb. 10: Mittlere Sedimentaufwachsraten vom jeweiligen Messpunkt bis 2007. (OSL + ^{137}Cs Daten)

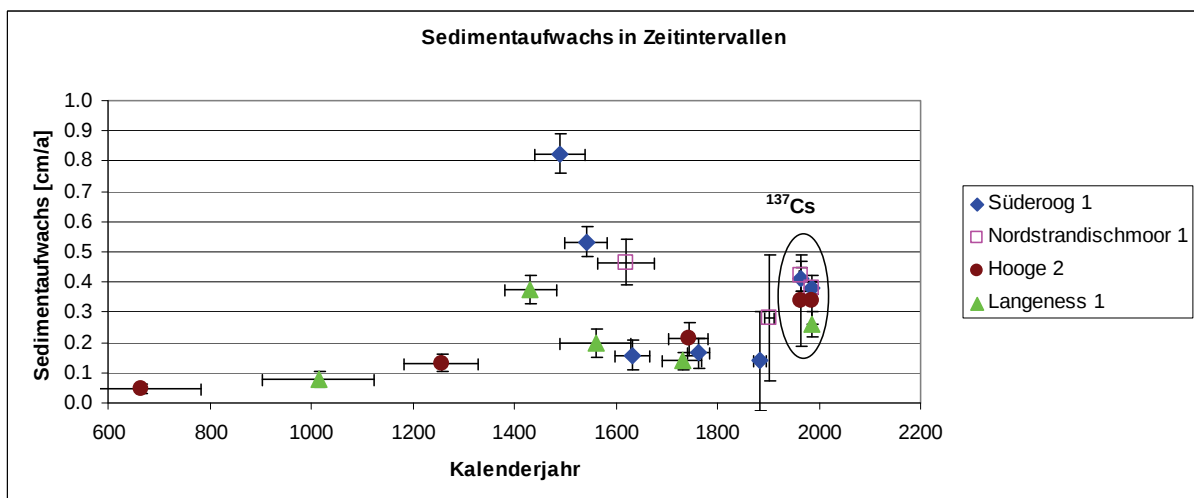


Abb. 11: Mittlere Sedimentaufwachsraten für die Zeiträume zwischen den Messpunkten. Jeder Messpunkt stellt die Untergrenze des jeweiligen Zeitraumes dar. (OSL + ^{137}Cs Daten)

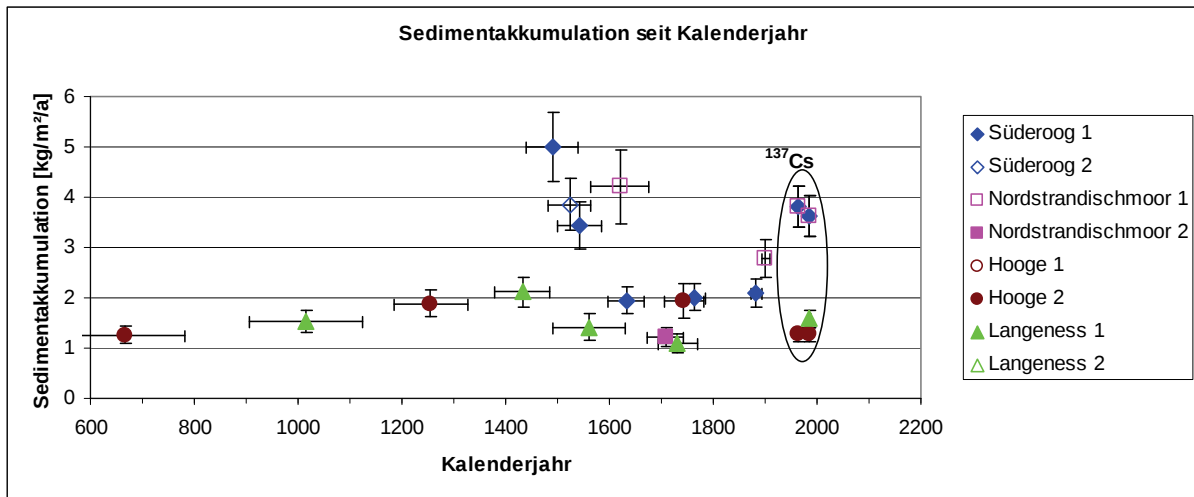


Abb. 12: Mittlere Sedimentakkumulationsrate (silikatischer Anteil vom jeweiligen Messpunkt bis 2007. (OSL + ^{137}Cs Daten)

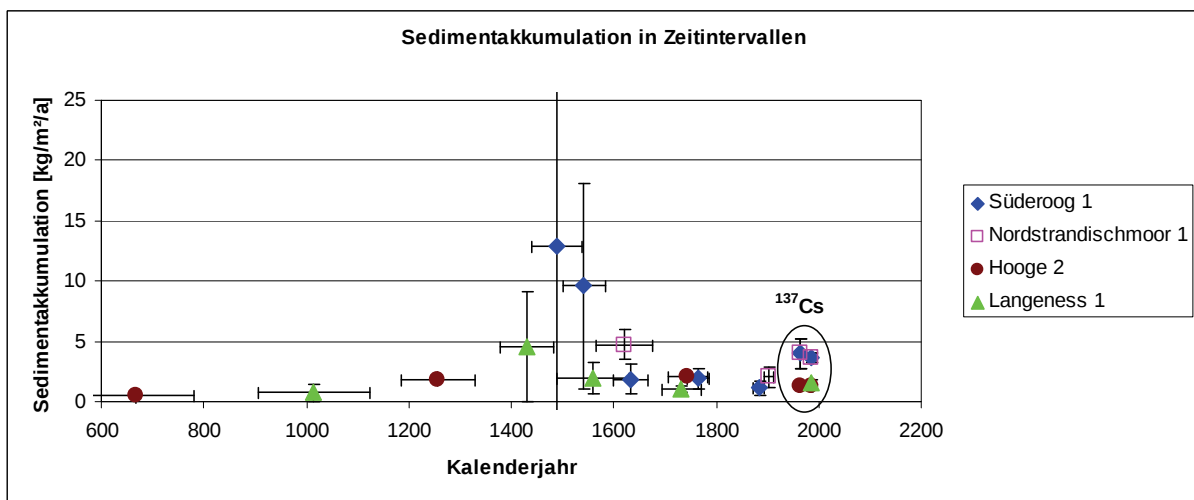


Abb. 13: Mittlere Sedimentakkumulationsraten (silikatischer Anteil) für die Zeiträume zwischen den Messpunkten. Jeder Messpunkt stellt die Untergrenze des jeweiligen Zeitraumes dar. (OSL + ^{137}Cs Daten)

Alle Altersdaten sind im Anhang A 1 aufgeführt. Vergleicht man Sedimentaufwachs und Sedimentakkumulation für die einzelnen Halligen, so zeigen beide Parameter für die Zeit vor 1963 den gleichen Trend, dies gilt auf allen untersuchten Halligen. Unterschiede bestehen allerdings für Zeit von 1963-2007. Für Süderoog und Nordstrandischmoor besteht weiterhin ein gleichlaufender Trend. Für Hooqe und Langeness ist in diesem Zeitintervall zwar der Sedimentaufwachs gegenüber dem vorhergehenden Zeitintervall angestiegen, die Sedimentakkumulation ist jedoch zurückgegangen (Hooqe) bzw. nur leicht angestiegen (Langeness). Das bedeutet, dass Anstiege im Sedimentwachstum, wie sie nach 1900 auftreten, für die Halligen Süderoog und Nordstrandischmoor mit hoher Wahrscheinlichkeit durch erhöhte Sedimentation und nicht durch schwächere Verdichtung der Halligoberflächen im oberen Bereich bedingt sind. Für die Halligen Hooqe und Langeness muss nach Ursachen für die im Vergleich geringere Sedimentakkumulation gesucht werden. Der Rückgang der angelieferten Sedimentmengen könnte eine Ursache sein. Eine höhere

Erosionsrate wäre eine andere Möglichkeit. Denkbar ist auch ein Zusammenhang mit der Vegetation. Die Sedimentkerne weisen für Hooge und Langeness eine deutlich höhere Humusauflage auf als für die anderen Halligen. Dies deutet auf eine höhere Vegetationsdichte hin. Bei einer insgesamt höheren Vegetationsdichte müssen die Trockenraumdichten im oberen, durchwurzelten Bereich wegen des Anteil an spezifisch leichter Organik zwangsläufig niedriger sein, als bei einer geringeren Vegetationsdichte. Dies führt wahrscheinlich zu einer höheren Erosionsanfälligkeit und damit in der Folge zu geringeren Sedimentakkumulationsraten. Welcher Einfluss entscheidend ist, kann erst dann sicher beurteilt werden, wenn die angelieferten Sedimentmengen durch Sedimentfallen über mehrere Jahre hinweg bestimmt worden sind.

Es zeigt sich eine generelle Übereinstimmung der Sedimentaufwachsraten mit den Meeresspiegelkurven der südlichen Nordsee von Hofstede (1991) und Behre (2003). Gemäß dieser Autoren ist eine Transgression von ca. 1000 AD bis 1450 AD belegt, gefolgt von einer Regression bis ca. 1650 und einer neuerlichen, bis heute anhaltenden Transgression. Die auf den Halligen Hooge und Langeness bestimmten Sedimentaufwachsraten von 0.11 - 0.16 cm/a seit 667 bzw. 1015 AD stimmen sehr gut überein mit dem von Behre (2003) angegebenen mittleren Meeresspiegelanstieg (bezogen auf MTHw) von 0.11 m/Jahrhundert im Zeitintervall 1000-2000 AD. Eine neuere Arbeit gibt für den MTHw Anstieg in der Deutschen Bucht Werte an von 1.8 mm/a (Inseln) und 2.1 mm/a (Küste) (ca. 1880-2001) bzw. 3.5 mm/a (Inseln) und 4.2 mm/a (Küste) (1965-2001) (Jensen & Mudersbach, 2006). Gemäß dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) betrug der Anstieg des MTHw bezogen auf den Durchschnitt der Pegel List, Husum, Cuxhaven, Dagebüll, Büsum und St. Pauli 2.8 mm/a (1900-2000) (MLUR, 2001). Im Zeitraum ca. 1960 - 2000 zeigten gemäß der selben Studie alle Pegel einen deutlich beschleunigten Anstieg des MTHw. Die in vergleichbaren Zeiträumen ermittelten Sedimentaufwachsraten der Halligen sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Mittlere Sedimentaufwachsraten von 1731-2007.

Methode	Süderoog	Nordstrandischmoor	Hooge	Langeness
137 Cs	3.9 ± 0.2 mm/a (1963-2007)	4.0 ± 0.2 mm/a (1963-2007)	3.4 ± 0.8 mm/a (1963-2007)	2.6 ± 0.4 mm/a (1986-2007)
OSL	2.3 ± 0.4 mm/a (1883-2007)	3.3 ± 0.6 mm/a (1902-2007)	2.3 ± 0.5 mm/a (1743-2007)	1.5 ± 0.3 mm/a (1731-2007)

Es zeigt sich, dass grundsätzlich der Sedimentaufwachs in der Größenordnung des Meeresspiegelanstiegs liegt. Allerdings können lokale Verhältnisse deutlich von den oben genannten Mittelwerten abweichen. In der Bandbreite liegt der Sedimentaufwachs in der jüngsten datierten Periode seit 1963 (2.6-4.0 mm/a) leicht unterhalb des Meeresspiegelanstiegs (3.5-4.2 mm/a). Dies wird insbesondere deutlich, wenn man den Anstieg des MTHw am Pegel Wyk auf Föhr von ca. 5.5 mm/a (1976-2007) berücksichtigt (Datenquelle LKN Husum 2008).

3.2.2 Korngrößenuntersuchungen

Die Korngrößenuntersuchungen können zum Vergleich der Sedimentfallen untereinander und mit den Bohrungen herangezogen werden. Die Kornverteilungen der Bohrproben repräsentieren die Sedimente, die langfristig auf der Hallig abgelagert werden. Wenn man davon ausgeht, dass die Suspensionsfracht des Wattenmeeres an einer Hallig über die Zeit eine konstante Korngrößenverteilung aufweist, so müssen die Korngrößenverteilungen auf dieser Hallig über die Tiefe denen über die Fläche verteilten entsprechen. In Abb. 14 sind die gemittelten Mediane der Kornverteilungen aller Flaschen und Matten einer Hallig gegen die gemittelten Mediane aller gemessenen Kornverteilungen aus den Bohrkernen einer Hallig dargestellt. Die Mediane der Flaschen sind hoch und positiv korreliert mit den Medianen der Bohrungen. Das Verhältnis der Mediane von Flaschen und Bohrungen liegt zwischen 0.8 und 1.1. Die Matten dagegen korrelieren schwach und negativ mit den Bohrungen. Das Verhältnis der Mediane streut zwischen 0.7 und 1.4. Das heißt, die Sedimente, die in den Flaschen gefangen werden, entsprechen weitgehend den Sedimenten, die dauerhaft auf den Halligen abgelagert werden, während die Sedimente, die auf den Matten zu liegen kommen mehr oder weniger stark fraktioniert werden (vergl. Kap. 4.2).

Generell nimmt die Korngröße entsprechend der Energieabnahme mit Annäherung an das Festland und der zunehmenden Entfernung zu den Außensänden ab. D.h. je näher eine Hallig am Festland liegt, desto feiner ist das Sediment (höhere phi-Werte) (Abb. 15).

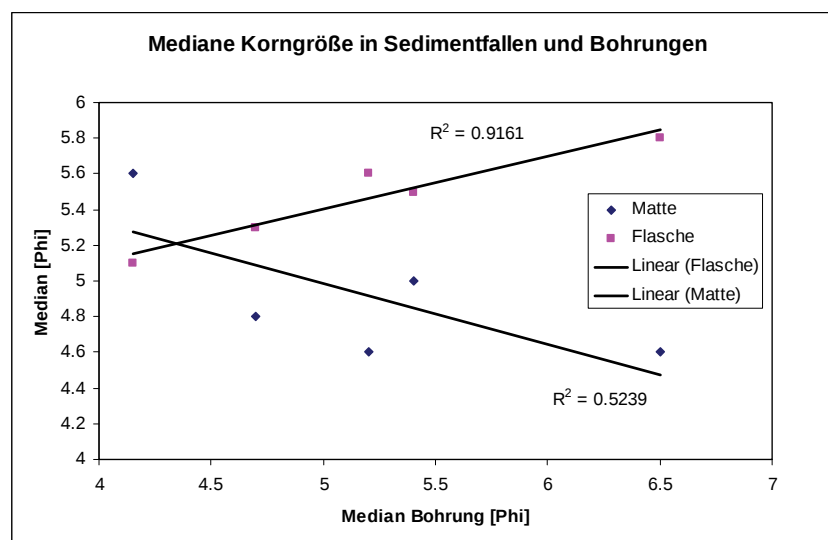


Abb. 14: Median der gemittelten Kornverteilungen aller Sedimentfallen (Flaschen und Matten) und Bohrungen pro Hallig

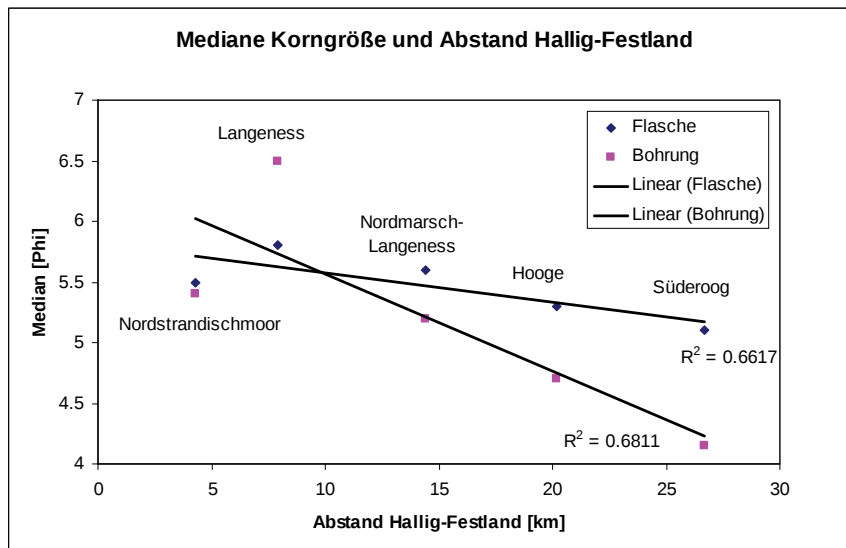


Abb. 15: Zusammenhang zwischen medianer Korngröße und Halligabstand zum Festland, dargestellt sowohl für die heutigen Sedimente (Flaschen) als auch für die historischen Sedimente (Bohrung)

4 Messung der heutigen Sedimentaufwachsraten (Winter 2007/2008)

4.1 Methodik

Die Sedimentaufwachsrates sowie die Art des Sedimentes wurde in der Sturmflutseason 2007/08 mit Hilfe von Sedimentfallen bestimmt. Dazu wurden Sedimentfallen im Zeitraum vom 25.09. bis 03.10.2007 installiert und im Zeitraum vom 09. bis 29. März 2008 zur Beprobung wieder entfernt.

Bei den verwendeten Sedimentfallen handelte es sich jeweils um eine Kombination aus einer Keramikfliese (15cm*15cm), einer PVC-Fußmatte (20cm*30cm) sowie einer 1l LDPE-Weithalsschraubflasche (Abb. 16).

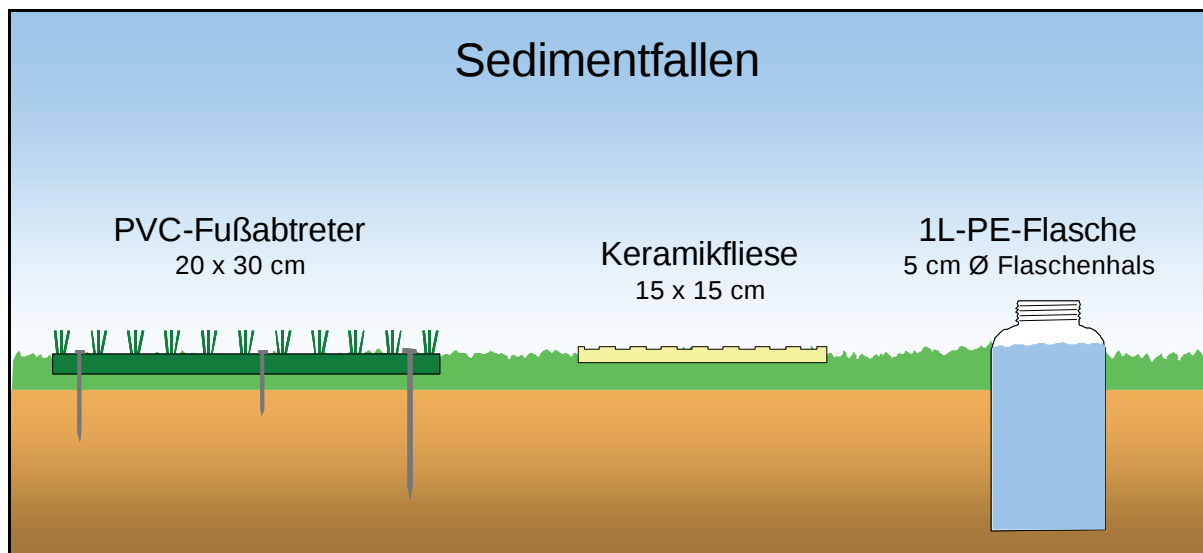


Abb. 16: Sedimentfallen

Die Fliesen und die Fußmatten sind auf dem Boden waagrecht befestigt worden. Die Fußmatten und die Flaschen wurde bereits im Winter 2006/07 auf Hallig Hooge zur Bestimmung der Sedimentaufwachsraten erfolgreich eingesetzt. Bei den Matten verfängt sich das Sediment in den Körbchen zwischen den einzelnen Borsten. Für die eingesetzten Keramikfliesen fehlten bisher eigene Erfahrungswerte.

Die geöffneten Flaschen wurden mit der Öffnung nach oben bis zum Flaschenhals im Boden versenkt und mit klarem Wasser gefüllt, um ein Aufschwimmen der Flasche bei Überflutung der Hallig zu vermeiden. Während eines „Land unter“ lagert sich Sediment aus der Wassersäule in der Flasche ab, welches von dort nicht mehr remobilisiert werden kann. Die gefangene Sedimentmenge wird proportional zur Fläche der Flaschenöffnung ($\varnothing = 5\text{cm}$) berechnet. Auch diese Methode wurde bereits im Winter 2006/07 auf der Hallig Hooge erfolgreich eingesetzt.

Die drei beschriebenen Sedimentfallentypen wurden stets dicht nebeneinander auf ca. 1 m^2 Grundfläche installiert. Auf Süderoog und Nordstrandischmoor wurden an jeweils 20 Stellen Sedimentfallen installiert. Auf Hooge wurde an 30 und auf Nordmarsch-Langeness wurde an 40 Stellen Sedimentfallen installiert. Es wurde auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Sedimentfallen geachtet. Bei der Installation der Fallen wurde an den jeweiligen Standorten die Nutzung und die Höhe der Vegetation mit berücksichtigt.

Während der Auswertung von Sedimentfallen auf der Hallig Hooge vom Winter 2006/07 zeigte sich, dass das Kleinrelief die abgelagerte Sedimentmenge beeinflussen kann. Aus diesem Grund wurde darauf geachtet, dass die Sedimentfallen nur in ebenen Gelände installiert werden. Darüber hinaus wurde von den Mitarbeitern des Landesbetriebs für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (LKN) die Höhenlage der jeweiligen Sedimentfallen, sowie deren näheres Umfeld exakt eingemessen.

Die Sedimentfallen wurden zwischen Mitte und Ende März 2008 "geerntet". Die nähere Untersuchung der aufgefangenen Sedimente erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit durch Frau B.Sc. Silke Langer. Neben der Quantifizierung der Sedimentmenge erfolgt eine Bestimmung der Korngrößen sowie des C_{karb} - und C_{org} - Gehaltes.

4.2 Bewertung der Methodik

Die Bestimmung der aktuellen Sedimentakkumulation auf den Halligen erfolgte anhand der Proben, die mit Hilfe der Flaschen und der Matten aufgefangen wurden. Die Fliesen haben sich als ungeeignet herausgestellt. Sofern die Fliesen nicht durch Viehtritt zerstört worden waren, fanden sich auf ihnen nur selten eine Sedimentmenge, die für eine weitere Bearbeitung ausgereicht hätte. Meist war das auf den Fliesen abgelagerte Material vom Regen wieder abgespült worden. Nur in Arealen mit sehr hoher Vegetation verblieb das Material auf der Fliese.

Bei den Matten trat das Problem auf, dass das abgelagerte Material bei starken Regenfällen wieder von der Matte gespült wurde. Nicht davon betroffen war allerdings das Sediment in den einzelnen Mattenkörbchen. Die verwendeten Matten haben eine Grundfläche von jeweils 600 cm², wovon die einzelnen Körbchen 90.71 cm² einnehmen. Daher wurde die summierte Grundfläche der einzelnen Körbchen als Sedimentationsfläche zu Grunde gelegt (90.71 cm²). In Einzelfällen bedeckte das Sediment gleichmäßig die gesamte Matte. In diesen Fällen wurde die Grundfläche der gesamten Matte abzüglich der Löcher zur Berechnung des Sedimentaufwachses herangezogen.

Bei der Sedimentfalle Flasche wurde die Fläche der Flaschenöffnung (19.63 cm²) für die Berechnung des Sedimentwachstums verwendet. Für die Flaschen gilt, dass einmal abgelagertes Material nicht mehr aus der Flasche remobilisiert werden kann. Das bedeutet, dass in den Flaschen mehr Sediment akkumuliert werden kann, als es auf der Halligoberfläche der Fall ist, von der abgelagertes Material auch wieder abgespült werden kann. Dieser Effekt macht sich dadurch bemerkbar, dass im Durchschnitt in den Flaschen ca. 40% mehr Sediment akkumuliert wird als auf den Matten (Tab. 4).

Größere Sedimentanteile werden bodennah bewegt. Sie werden verstärkt auf den Matten abgelagert, da die Flaschenöffnung 5 cm über der Bodenoberfläche herausragte. Im Durchschnitt ist die mittlere Korngröße auf den Matten um ca. 35% gröber als in den Flaschen (Tab. 3). Weiterhin werden die auf den Matten abgelagerten Sedimente durch das ablaufende Wasser und Regenfälle teilweise erodiert, wobei eine Vergröberung des Materials eintritt (vergl. 3.2.2, Abb. 14).

Dieser Trend spiegelt sich auch bei den abgelagerten Karbonaten wieder. Karbonatisches Material wird in Form von Molluskenschill auf die Hallig geschwemmt. Molluskenschill ist meist gröber und auch geringfügig dichter als die siliziklastische Sedimentfracht und wird entsprechend häufiger auf den Matten abgelagert. Dagegen wurden die leichter erodierbaren organischen Partikel stärker in den Flaschen fixiert (Tab. 4).

Tab. 3: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Hallig Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	8.6	67.5	23.9	27	5.8	63.8	30.3	37
Median	7.2	68.1	23.4	23	5.6	66.7	26.4	31
Min	2.4	36.9	2.0	7	1.8	18.0	2.0	10
Max	19.0	91.8	60.7	124	14.7	91.0	80.2	161

Tab. 4: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Hallig Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	11.2	87.3	1.8	10.9	7.9	88.4	4.1	7.4
Median	8.4	87.6	1.6	10.1	5.9	88.1	3.4	7.0
Min	2.2	67.7	0.2	1.9	1.1	66.8	0.7	0.6
Max	46.7	95.8	7.7	31.5	56.9	97.6	24.2	30.0

4.3 Ermittlung des Oberflächenwachstums

Für die Berechnung des Halligoberflächenwachstums wurde einmal das Gesamtsediment und einmal nur der siliziklastische Sedimentanteil herangezogen (Tab. 5). Das in Sedimentfallen akkumulierte Material besteht durchschnittlich zu 7-11 % aus organischer Substanz. Es handelt sich dabei meist um Treibsel aus Gräsern, Blättern und Tierdung, die bereits nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten zersetzt sein werden. Entsprechend konnten in den Bohrkernen keine oder nur sehr geringe Gehalte an organischem Kohlenstoff bestimmt werden (vergl. Anhang A 3). Bereits bei den ersten Voruntersuchungen auf der Hallig Hooge wurden in den Aufschlüssen und Bohrkernen keine nennenswerten Gehalte von organischer Substanz nachgewiesen (Kallweit, 2006; Reyer 2006; Rebens 2007; Jahnke 2007). Das in den Sedimentfallen gefangene organische Material ist nicht vergleichbar mit dem Torf, der dicht unter der Oberfläche von Nordstrandischmoor angetroffen wurde. Dort handelt es sich um gewachsenen Torf, also um cellulosereiche und proteinarme organische Substanz, die von Natur aus schwer zersetzbar ist und im reduzierenden Milieu der Halligmarsch gar nicht zersetzt wird.

Die karbonatische Komponente macht in den Flaschen ca. 1.7 % und in den Matten 3.4 bis 4.1 % der Gesamtsedimentmenge aus. Es handelt sich dabei ausschließlich um Molluskenschill.

Die karbonatische Komponente wird im hiesigen Klima langfristig aufgelöst. Je nach Korngröße kann dies jedoch Jahre bis Jahrhunderte benötigen. Der Sedimentaufwachs wird also langfristig nur aus dem siliziklastischen Anteil bestehen.

Für die Berechnung des Sedimentaufwachses wurde eine Sedimentdichte von 1.5 g*cm⁻³ zugrunde gelegt.

Berechnung des Halligoberflächenwachstums:

$$(M / F) / D = W$$

M = siliziklastische Sedimentmenge [g]

F = Fläche der Flaschenöffnung oder der Mattenkörbchen [cm²]

D = Dichte des Sedimentes [1.5 g*cm⁻³]

W = Wachstum der Oberfläche [cm]

Durch die Verwendung einer Bodendichte von $1.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ werden künftige Sedimentsetzungen bereits berücksichtigt. Setzungen der Halligmarsch werden verursacht durch die natürliche Kompaktion des Sedimentes durch Viehtritt oder überlagernde Sedimente. Die Auflösung von Karbonaten sowie die Zersetzung von organischer Substanz führt zu einer weiteren Schrumpfung der Sedimentsäule.

Nach der beschriebenen Methode konnte für die untersuchten Halligen im Zeitraum von Oktober 2007 bis März 2008 ein mittleres Wachstum der Oberfläche von 6.6 mm (Flasche) bzw. 4.6 mm (Matte) bestimmt werden. Da an einigen wenigen Stationen sehr viel Sediment akkumuliert wurde, erscheint es sinnvoller für die Gesamtbeurteilung die Medianwerte zu betrachten. Danach betrug das Wachstum 4.7 mm (Flaschen) und 3.5 mm (Matten) (Tab. 5). Die akkumulierten Mengen auf den vier untersuchten Halligen weichen teilweise stark voneinander ab und werden daher im folgenden im einzelnen betrachtet.

Tab. 5: Sedimentakkumulation im Winter 07/08 gemittelt über alle Ergebnisse der Halligen Hooge, Nordmarsch-Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Höhe Falle [m ü NN]	Uferabstand [m]	"Land unter" [Anzahl]	Wachstum [mm]			
				Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizykl.	Matte Silizykl.
Mittelwert	1.744	256	21	7.5	5.3	6.6	4.6
Median	1.725	225	20	5.6	3.9	4.7	3.5
Min	1.034	30	7	1.5	0.7	1.3	0.6
Max	2.446	780	40	31.1	38.0	28.9	30.3

4.4 Einzelergebnisse der Sedimentfallenuntersuchungen

Die Ergebnisse der Sedimentfallenuntersuchung sind in den folgenden Kapiteln zumeist tabellarisch dargestellt. Thematische Karten zu den Parametern topographische Höhe, Sedimentaufwachs, Korngrößenverteilung und Kohlenstoffgehalt befinden sich im Anhang B 6 - B 10 jeweils für die Halligen Hooge, Nordstrandischmoor, Süderoog, Nordmarsch und Langeness getrennt.

4.4.1 Hallig Hooge

Die Hallig Hooge liegt ca. 20 km westlich der Schleswig-Holsteinischen Westküste und bedeckt eine Fläche von 574 ha. Auf den 10 bewohnten Warften leben dauerhaft etwa 110 Einwohner. Im Norden grenzt Hooge an den Wattstrom Süderau, im Süden wird Hooge vom Wattstrom Rummelloch berührt. Drei Kilometer westlich vor Hooge liegt der Außensand „Japsand“, der nur bei Sturmfluten überspült wird, und Hooge vor starkem Seegang aus westlicher Richtung schützt.

4.4.1.1 Hydrographie und Topographie

Hooge wurde im Untersuchungszeitraum insgesamt 7 mal vollständig überflutet (Tab. 6). Im Zeitraum von 1978 bis 2007 erfolgte auf Hooge eine vollständige Überflutung durchschnittlich 4.7 mal pro Jahr (Mittl. LKN Husum, 2008). Das mittlere Tidehochwasser lag am Pegel Hooge zwischen dem 01.11.07 und dem 31.03.08 bei 1.47m ü.NN. Von 1998 bis 2007 lag das MTHw in diesen Monaten bei 1.37 m ü.NN (Mitt. LKN Husum, 2008)

Der westliche Teil von Hooge sowie die westlich von Backenswarft und um Ockenswarft gelegenen Bereiche werden etwas häufiger überflutet als der zentrale Teil der Hallig. Die im Vergleich zu den anderen Halligen auffallend geringe Anzahl von "Land unter" ist auf den 1914 fertig gestellten Sommerdeich zurückzuführen. Die Deichkrone verläuft in einer Höhe zwischen 2.50 m ü.NN im Osten und ca. 3.10 m ü.NN im Westen der Hallig. Die Hooger Marsch liegt in einer topographischen Höhe von ca. 1.40 m ü.NN in den zentral und östlich gelegenen Bereichen und bis 2.10 m ü.NN in den Randbereichen sowie im Westen von Hooge. Ohne den Deich würden große Teile von Hooge bereits bei Springtidehochwasser (ca. 1.60 m ü.NN) überschwemmt werden.

Tab. 6: Topographische Daten der Sedimentfallen auf Hooge und Anzahl der "Land unter" 2007/2008.

	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	"Land unter" [Anzahl]
	Umfeld	Falle	Abweichung		
Mittelwert	1.612	1.628	0.02	339	7
Median	1.563	1.571	0.02	300	7
Min	1.369	1.352	-0.09	60	7
Max	1.962	2.044	0.12	780	7

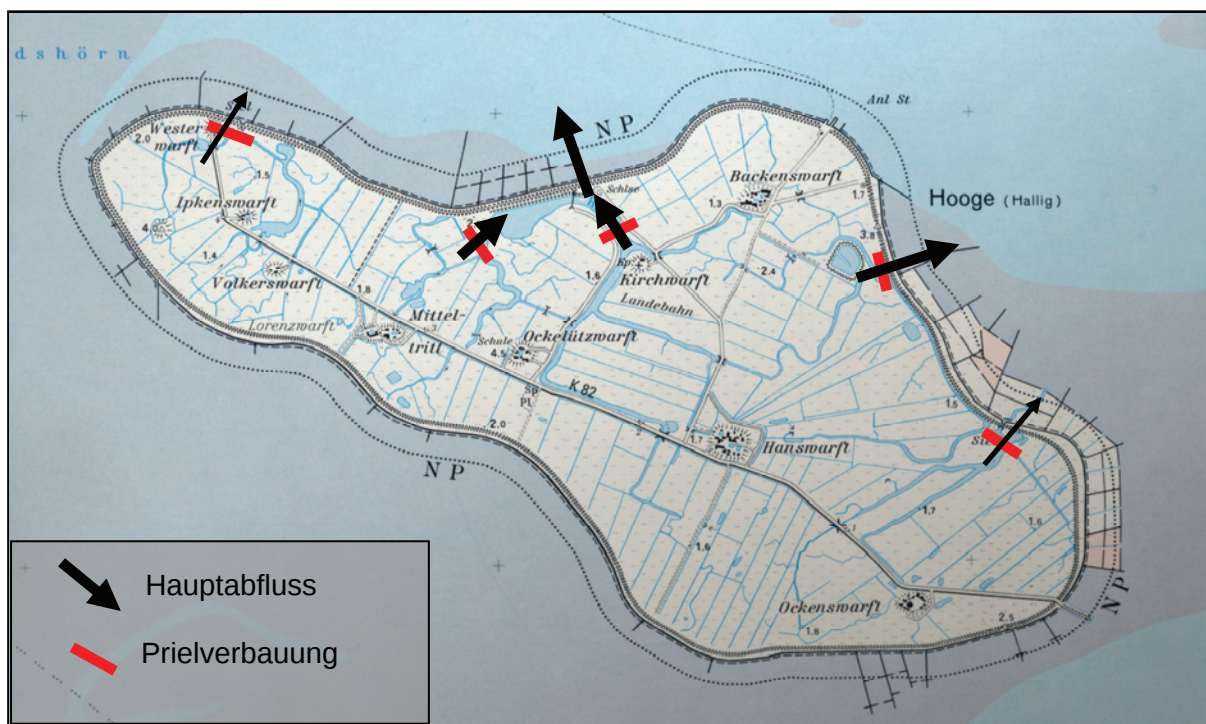


Abb. 17: Hallig Hooge. Ausschnitt aus der TK 25 Nr. 1417, Blatt Pellworm

Hooge entwässert nur über 4 Auslässe in Richtung Nordosten (Abb. 17). Der Wasserstand in den Priel und Gräben der Hallig Hooge wird auf künstlich erhöhtem Niveau gehalten. Durch Spundwände vor den Auslässen unterschreitet der Wasserspiegel in den Gräben nicht eine Höhe von 0.90 m ü.NN. Das hat zur Folge, dass die Gräben schnell verschlickt und im Abstand von mehreren Jahren ausgebaggert werden müssen.

Das Relief der Hallig Hooge kommt besonders deutlich bei ablaufendem Wasser nach einem Land unter zur Geltung. Während die Randbereiche und der Westen der Hallig bereits wieder trocken gefallen sind, stehen die Areale um und östlich der Hanswarft noch stundenlang unter Wasser (Abb. 18).



Abb. 18: Blick von Hanswarft (Hooge) nach Süden Richtung Norderoog am 19.03. (oben) und am 20.03.2007 (unten). Die erhöhte Uferzone fällt nach einem Land unter als erstes wieder trocken.

Der Sommerdeich, die geringe Anzahl von Auslässen, sowie die Spundwände in den Gräben bewirken, dass Hooge nach einem "Land unter" deutlich langsamer wieder trocken fällt als die anderen Halligen. Nach eigenen Beobachtungen verweilt das Wasser auf Hooge in etwa einen Tag länger als beispielsweise auf Nordmarsch-Langeness.

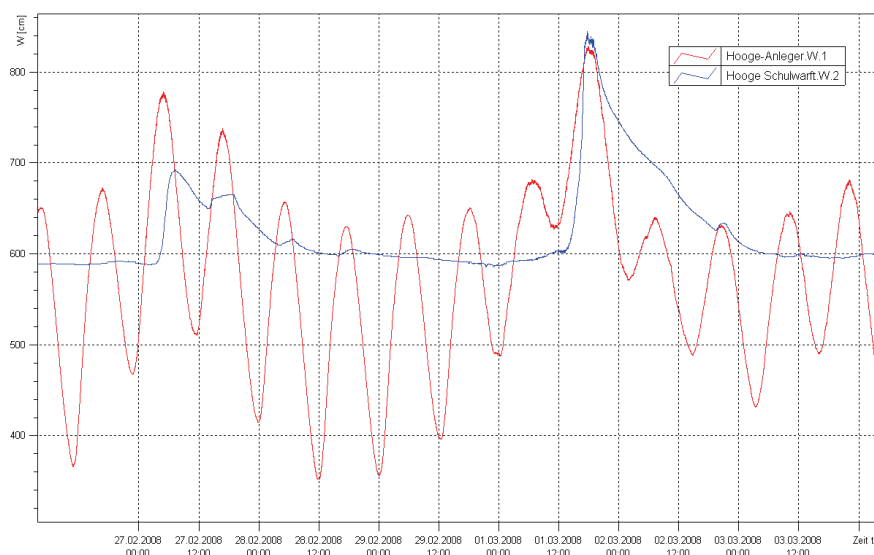


Abb. 19 :Ganglinien des Hooger Außen- und Binnenpegels für den Zeitraum vom 26.02. bis zum 03.03.2008. Rot = Ganglinie Außenpegel; blau = Ganglinie Binnenpegel (Datenquelle LKN Husum 2008)

In Abb. 19 sind die Ganglinien des Hooger Außen- und Binnenpegels dargestellt. Der Außenpegel befindet sich am Hooger Anleger in der Süderau, der Binnenpegel im Zentrum

der Hallig nahe Schulwarft (Ockelützwarft). Deutlich erkennbar ist der Zeitraum, den das Wasser auf der Hallig Hooge benötigt, um nach den Überflutungen am 27.02.2008 und am 01.03.2008 wieder von der Hallig zu fließen. Auf den anderen untersuchten Halligen strömt das Wasser in wesentlich kürzerer Zeit wieder von der Hallig.

4.4.1.2 Sedimentakkumulation

Auf Hooge wurden insgesamt an 30 Stationen Sedimentfallen installiert. Im März 2008 konnten alle 30 Fußmatten sowie 27 Flaschen "geerntet" werden. Drei Flaschen waren durch das Überfahren mit Baumaschinen und Traktoren unbrauchbar geworden.

Tab. 7: Sedimentaufwachs im Winter 07/08 auf Hooge bestimmt anhand des Sedimentfallentyps Flasche und Matte

	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
Mittelwert	4.9	3.5	4.2	3.1
Median	3.7	2.3	3.3	1.9
Min	1.5	0.7	1.3	0.6
Max	12.5	19.9	11.4	19.1

Tab. 8: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Hooge bestimmt anhand des Sedimentfallentyps Flasche und Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	7.3	86.6	1.2	12.2	5.3	85.8	2.8	11.3
Median	5.6	86.4	1.1	12.8	3.5	84.8	2.7	10.8
Min	2.2	75.4	0.2	4.8	1.1	66.8	0.7	0.7
Max	18.7	93.6	1.9	23.3	29.8	97.5	5.3	30.0

Tab. 9: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Hooge bestimmt anhand des Sedimentfallentyps Flasche und Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	9.7	62.2	28.1	31	5.8	60.4	33.8	39
Median	9.4	62.2	27.3	30	5.5	64.6	29.3	31
Min	3.2	43.0	4.9	10	2.5	26.4	9.5	11
Max	17.2	86.5	53.8	86	11.8	81.0	71.1	98

Das berechnete Oberflächenwachstum auf der Hallig Hooge betrug im Untersuchungszeitraum 3.3 mm (Flasche) bzw. 1.9 mm (Matte) im Median und im Mittelwert 4.2 mm (Flasche) bzw. 3.1 mm (Matte) (Tab. 7). Das gefangene Sediment setzt sich zu ca. 85 % aus siliziklastischem Material zusammen. Der karbonatische Anteil ist vernachlässigbar gering. Im Vergleich zu den anderen Halligen ist der Anteil an organischer Substanz mit 11-13 % in den Hooger Sedimentfallen etwas erhöht (Tab. 8). Die dominierenden Korngrößen liegen im Mittelsilt- bis Feinsandbereich (Tab. 9).

Der erhöhte Sandanteil in den Matten der Proben 04, 22, 23, 24 und 25 ist auf die ufernahe Lage zurückzuführen (wenige Zehnermeter Entfernung). Die Sandfraktion kommt in den Randbereichen schnell zur Ablagerung. Daraus resultiert zum einen die erhöhte Akkumulationsrate in den Uferzonen der Halligen und zum anderen die gegenüber den uferferneren Bereichen erhöhte Topographie.

Eine erhöhte Sedimentakkumulation (Proben 14, 15) tritt auch westlich der Backenswarft auf. Hier stößt der aus westlicher Richtung kommende Wattstrom Süderau auf die Hallig. Das Wasser schlägt hier bereits bei mittleren Westwinden über den Deich.

Der erhöhte Sandgehalt in der Probe 19 (Matte) hat anthropogene Ursachen. Nahe der Sedimentfalle wurde ein Graben ausgebaggt, die dort installierte Flasche wurde von den Baumaschinen zerstört. Probe 10 liegt im Zentrum von Hallig Hooge. Der außergewöhnlich hohe Anteil von Mittel- und Grobsand (22 und 15 %) sowie die hohe Gesamtakkumulation in der Flasche haben vermutlich ebenfalls eine anthropogene Ursache. Dafür spricht, dass die dort installierte Matte einen „normalen“ Sandanteil ohne Mittel- und Grobsandanteile aufweist. Ebenso ist die Gesamtakkumulation auf der Matte deutlich geringer.

4.4.2 Hallig Nordstrandischmoor

Hallig Nordstrandischmoor erstreckt sich über eine Fläche von 175 ha. Auf den vier besiedelten Warften leben insgesamt 27 Einwohner. Nordstrandischmoor liegt am nordöstlichen Ende der Norderhever etwa drei Kilometer westlich vor dem Außendeich des Beltringharder Kooges. Die Hallig ist über einen Lorendamm mit dem Festland verbunden. Im Osten grenzen ausgedehnte Lahnungsfelder an die Hallig.

4.4.2.1 Hydrographie und Topographie

Nach den Aufzeichnungen des Binnenpegels von Nordstrandischmoor wurde die Hallig im Untersuchungszeitraum insgesamt 29 mal vollständig überflutet (Tab. 10). Zwischen 1984 bis 2007 erfolgten vollständige Überflutungen durchschnittlich 27,4 mal pro Jahr. Das mittlere Tidehochwasser lag am Pegel Nordstrandischmoor zwischen dem 01.11.07 und dem 31.03.08 bei 1,68 m ü.NN. Von 1998 bis 2007 lag das MTHw in diesen Monaten bei 1,56 m ü.NN (Mittl. LKN Husum, 2008).

Nach den aufgezeichneten Beobachtungen der Einwohner von Nordstrandischmoor traten "Land unter" im Untersuchungszeitraum 29 mal auf. Im langjährigen Mittel (seit 1983) traten zwischen dem 01.11. und dem 31.03. jährlich 22,4 "Land unter" auf. Die geringere Anzahl von beobachteten Überflutungen gegenüber den am Pegel registrierten Überschreitungen hat vermutlich zwei Ursachen. Zum einen wird von den Einwohnern eine Überflutung, die sich zeitlich über mehrere Hochwässer erstreckt, als ein einzelnes "Land unter" gewertet. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass in der "dunklen" Jahreszeit nicht alle Überflutungen bemerkt worden sind.

Die Uferbereiche von Nordstrandischmoor liegen in einer Höhe 2.10 m bis 2.30 m ü.NN. Der zentrale Bereich, in dem auch die Straße verläuft liegt in einer Höhe von 1.70 m bis 1.90 m ü.NN. Nach einer Überflutung fällt die 1964 angelegte und seitdem nicht mehr erhöhte Straße als letztes wieder trocken. Nordstrandischmoor ist nicht von einem Deich und nur unvollständig von einem „Igel“ umgeben. Bereits bei einer Wasserhöhe von 2.30 m ü.NN (= 7.30 m PNP) wird Nordstrandischmoor vollständig überflutet. Die Hallig entwässert nach Süden über drei Gräben. Ähnlich wie auf Hooge wird durch Verbauungen in den meisten Gräben und Halligprieln das Wasser auf einen Minimalstand von 0.90 m ü.NN gehalten.

Tab. 10: Topographische Daten der Sedimentfallen auf Nordstrandischmoor und Anzahl der "Land unter" 2007/2008.

	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	"Land unter" [Anzahl]
	Umfeld	Falle	Abweichung		
Mittelwert	1.965	2.005	0.04	168	29
Median	1.955	1.971	0.05	165	29
Min	1.679	1.743	-0.01	45	29
Max	2.281	2.338	0.08	360	29

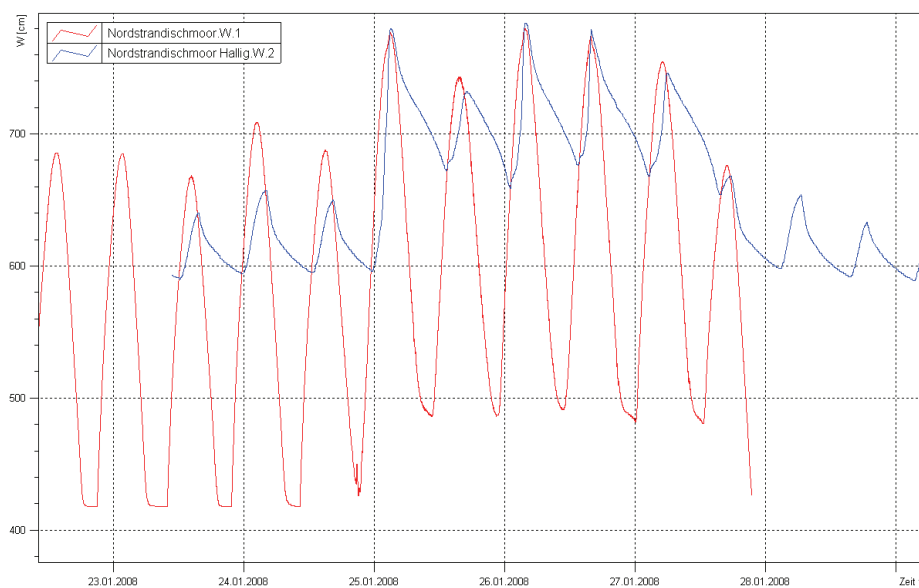


Abb. 20: Ganglinien des Außen- und Binnenpegels von Nordstrandischmoor für den Zeitraum vom 22.01. bis 29.01.2008. Rot = Ganglinie Außenpegel; blau = Ganglinie Binnenpegel (Datenquelle LKN Husum, 2008)

4.4.2.2 Sedimentakkumulation

Auf Nordstrandischmoor wurden an insgesamt an 20 Stationen Sedimentfallen installiert. Im März 2008 konnten alle 20 Fußmatten sowie 18 Flaschen "geerntet" werden. Zwei Flaschen waren durch das Überfahren mit Baumaschinen und Traktoren unbrauchbar geworden.

Tab. 11: Sedimentaufwuchs im Winter 07/08 auf Nordstrandischmoor bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
Mittelwert	12.2	6.4	10.9	5.8
Median	12.9	5.6	12.0	5.0
Min	8.3	4.2	7.5	3.5
Max	15.3	12.5	13.9	11.2

Tab. 12: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Nordstrandischmoor bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m ²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	18.4	89.3	2.1	8.6	9.5	90.2	6.0	3.8
Median	19.4	89.1	2.0	8.3	8.4	90.6	6.2	3.6
Min	12.4	78.9	0.8	4.0	6.3	84.0	3.1	0.6
Max	22.9	93.5	3.8	20.3	18.7	95.4	8.4	8.6

Tab. 13: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Nordstrandischmoor bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Ton	Flasche Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Matte Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	5.6	74.3	20.2	24	5.3	66.3	28.4	35
Median	5.4	76.3	18.3	21	5.7	69.3	24.5	28
Min	2.5	47.6	2.3	11	2.5	37.7	16.0	21
Max	10.5	87.3	49.9	63	6.8	77.5	59.8	75

Das berechnete Oberflächenwachstum auf der Hallig Nordstrandischmoor betrug für den Untersuchungszeitraum 12.0 mm (Flasche) bzw. 5.8 mm (Matte) im Median und im Mittelwert 10.9 mm (Flasche) bzw. 5.8 mm (Matte) (Tab. 11). Auf Nordstrandischmoor klaffen die akkumulierten Sedimentmengen aus den beiden Sedimentfallentypen weit auseinander. Eine Ursache ist nicht bekannt.

Das aufgefangene Sediment setzt sich zu ca. 90 % aus siliziklastischem Material zusammen. Der karbonatische und organische Anteil machen zusammen etwa 10% aus (Tab. 12). Die dominierenden Korngrößen liegen im Grobsiltbereich (Tab. 13).

Für Nordstrandischmoor fällt es schwer, Gesetzmäßigkeiten zur Sedimentakkumulation abzuleiten. Die Art und Menge des akkumulierten Sedimentes unterscheidet sich im zentralen Bereich der Hallig nicht nennenswert von den Sedimentfallen aus Ufernähe. Lediglich die ufernahen Fallen 05, 17 und 18 fallen durch erhöhte Sandgehalte auf. Auch die in den brach liegenden Flächen (Fallen 07, 11) mit sehr hoher und dichter Vegetation (> 50 cm) steigt die akkumulierte Sedimentmenge nicht nennenswert über die der restlichen Hallig.

4.4.3 Hallig Süderoog

Die Hallig Süderoog liegt ca. fünf Kilometer südwestlich von Pellworm und ist mit 63 ha die kleinste der untersuchten Halligen. Auf der einzigen Warft leben zwei Einwohner. 1.5 km südlich von Süderoog verläuft die Norderhever. Vier Kilometer westlich vor Süderoog liegt der Außensand „Süderoogsand“, der nur bei Sturmfluten überspült wird. Ähnlich wie bei Hooge vermindert der vorgelagerte Außensand den Seegang des Wassers bei stürmischen Westwetterlagen.

4.4.3.1 Hydrographie und Topographie

Abgesehen von seiner Nordostseite ist Süderoog von einem ein Meter hohen, dammähnlichen Igel umgeben. Das Gelände der hufeisenförmigen Hallig fällt von den befestigten Ufern im Westen und Südosten mit einer Höhe von bis zu 3.00 m ü.NN in Richtung Nordosten ein. Das niedrigere Nordostufer (ca.1.80 m ü.NN) geht im Lee der Hallig in die vorgelagerten Lahnungsfelder über. Entsprechend dem Relief verlaufen die beiden großen Halligpriele in Richtung Südwest-Nordost und münden im Nordosten der Hallig ins Wattenmeer.

Am Anleger von Süderoog befindet sich ein analoger Pegelschreiber, dessen Daten bei Anfertigung des Berichts noch nicht vorlagen. Insofern ist die Anzahl der Überflutungen im Untersuchungszeitraum nicht gesichert. Nach Einschätzungen der beiden Einwohner traten in diesem Zeitraum ca. 40 "Land unter" auf (Tab. 14). Da die Beobachtungen der Einheimischen i.d.R. sehr dicht an der Realität liegen, wurde bereits zu Nordstrandischmoor erläutert.

Aufgrund fehlender Prielverbauungen reagiert der Wasserstand in dem größeren Halligpriel sofort auf Wasserstandsschwankungen im Wattenmeer. Dieser fällt bei Niedrigwasser vollständig trocken. Die gelegentlich schnelle Strömung in diesem Priel führt zur Erosion der Prielkanten. Bei auflaufendem Wasser wird aber auch sedimentreiche Fracht über diesen Priel auf die Hallig transportiert, was sich u.a. durch schwach ausgeprägte Uferwälle entlang der beiden großen Priele bemerkbar macht.

Im Luftbild ist die ehemalige Begrüppung der Hallig noch gut erkennbar. Mit der Eingliederung Süderoogs in den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer in den 1980er Jahren wurde die Gruppenpflege auf Süderoog aufgegeben. Süderoog ist vollständig von Salzwiesen bedeckt, die in unterschiedlicher Intensität aber grundsätzlich extensiv beweidet werden.

Tab. 14: Topographische Daten der Sedimentfallen auf Süderoog und Anzahl der "Land unter" 2007/2008.

	Umfeld	Höhe [m ü NN] Falle	Abweichung	Uferabstand [m]	"Land unter" [Anzahl]
Mittelwert	1.916	1.940	0.02	179	40
Median	1.858	1.882	0.04	125	40
Min	1.676	1.722	-0.10	30	40
Max	2.227	2.245	0.10	370	40

4.4.3.2 Sedimentakkumulation

Auf Süderoog wurden an insgesamt 20 Stationen Matten installiert, aber nur 11 Flaschen. Die Bewohner befürchten durch die Flaschen eine Verletzungsgefahr für ihre Schafe. Im März 2008 konnten 19 Fußmatten sowie 11 Flaschen "geerntet" werden. An der Station zwei war der Sedimentaufwuchs derart stark, dass die installierte Matte unter der frischen Sedimentschicht nicht wieder gefunden wurde.

Tab. 15: Sedimentaufwuchs im Winter 07/08 auf Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
Mittelwert	15.4	11.1	13.2	9.3
Median	13.6	9.7	11.7	8.2
Min	5.5	2.0	4.7	1.8
Max	31.1	38.0	28.9	30.3

Tab. 16: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	23.0	86.5	1.8	11.7	16.7	85.2	6.1	8.7
Median	20.4	86.2	1.1	11.5	14.6	84.4	5.7	8.3
Min	8.3	76.3	0.9	4.4	3.0	73.2	1.6	0.8
Max	46.7	92.7	7.7	22.7	56.9	97.6	24.2	17.8

Tab. 17: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Süderoog bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	4.6	70.6	24.7	36	7.7	71.8	20.5	32
Median	4.5	70.4	25.4	30	8.1	78.9	12.6	17
Min	2.4	36.9	2.0	15	1.8	18.0	2.0	10
Max	7.1	91.8	60.7	124	14.7	91.0	80.2	161

Das berechnete Oberflächenwachstum betrug auf der Hallig Süderoog im Untersuchungszeitraum im Mittelwert 13.2 mm (Flasche) und 9.3 mm (Matte), sowie 11.7 mm (Flasche) und 8.2 mm (Matte) im Median (Tab. 15).

Das aufgefangene Sediment setzt sich zu ca. 85 % aus siliziklastischem Material zusammen. Der organische Anteil ist mit knapp 12 % in den Flaschen etwas größer als auf den Matten mit 8.7 %. Dafür ist der karbonatische Sedimentanteil mit ca. 6 % auf den Matten deutlich höher als in den Flaschen mit durchschnittlich 1.8 % (Tab. 16). Die dominierende Korngröße liegt im Mittelsilt bis unteren Grobsiltbereich (Tab. 17).

Die stärkste Sedimentakkumulation fand zwischen den beiden großen Halligprielen im zentralen Bereich der Hallig statt. Bereits bei der Betrachtung des Luftbildes fällt auf, dass dieser Bereich im Gegensatz zur umgebenden Hallig keine Lücken in der Vegetationsbedeckung aufweist. Es handelt sich hierbei um eine vollständig ungenutzte Zone, die aufgrund der umlaufenden Gräben für Weidevieh nicht zugänglich ist. Wegen der Beobachtung eines – wenn auch nur schwach ausgeprägten – Uferwalls entlang des großen Halligpriels, ist sicher gestellt, dass der Sedimenttransport auf die Hallig Süderoog nicht ausschließlich über die äußeren Ufer erfolgt.

Die Vegetation ist in der ungenutzten Zone in weiten Teilen über 50 cm hoch. Es ist naheliegend, dass die Vegetation den Sedimentfang begünstigt hat. Die Station 4 liegt in dieser Zone. Sie weist mit 22 mm (Flasche) bzw. 30 mm (Matte) Wachstum eine der stärksten Sedimentaufwächse auf. Hinzu kommt, dass sich Station 4 in einer ca. 10 cm tiefen Senke befindet. Durch die hohe Vegetation wurde bei der Falleninstallation nicht erkannt, dass das Gelände uneben ist. Durch das Relief kann auch der außergewöhnlich hohe Sandanteil (Flasche) im Zentrum der Hallig erklärt werden (Sand wurde am Boden der Senke zusammengespült). Der hohe Anteil von organischer Substanz an den Stationen 3, 4 und 5 dürfte ebenfalls auf die hohe Vegetation zurückzuführen sein. Nur 180 m nordwestlich von Station 4 liegt Station 16. Dort beträgt die Vegetationshöhe nur 15 cm und die Station 16 liegt auf einem morphologischen Buckel, der sein Umfeld um ca. 10 cm überragt. Der Sedimentaufwachs ist hier mit 13 mm (Flasche) bzw. 6 mm (Matte) deutlich niedriger als an Station 4.

Weitere hohe Sedimentakkumulationen treten bei der ufernahen und von hoher Vegetation umgebenen Station 18 auf. Entsprechend liegen dort die dominierenden Korngrößen im Grobsilt- bis Feinsandbereich.

Die Stationen 8, 11, 12, 13 und 14 liegen zwar nur ca. 120 m vom Ufer entfernt, aber die Vegetationshöhe ist niedriger als auf der restlichen Hallig. Das Sedimentwachstum ist an diesen Stationen mit 3 - 5 mm entsprechend niedrig. Der Sandanteil ist in diesen Stationen mit durchschnittlich 23 % gegenüber der restlichen Hallig leicht erhöht.

Im Unterschied zur Hallig Hooge, wo der Abstand zum Ufer das entscheidende Kriterium für den Sedimentaufwachs ist, übt auf Süderoog anscheinend die Vegetationshöhe den größeren Einfluss aus. Es ist davon auszugehen, dass wegen der nach Nordosten geneigten

Oberfläche und fehlender Küstenschutzbauten im Nordosten von Süderoog das ablaufende Wasser die Hallig schnell wieder verlässt. Insofern hat die bremsende Wirkung der Vegetation im abfließenden Wasser eine entscheidende Bedeutung für die Sedimentakkumulation. Im Vergleich zu Süderoog verhält sich die überflutete Hallig Hooge durch die Uferschutzbauten wie ein großes Becken, in der die bremsende Wirkung der Vegetation keinen nennenswerten Einfluss auf das ohnehin langsam abfließende Wasser mehr nehmen kann.

4.4.4 Hallig Nordmarsch-Langeness

Bei der Hallig Nordmarsch-Langeness handelt es sich um die drei zusammen gewachsenen Halligen Nordmarsch im äußeren Westen, Butwehl im Südosten und Langeness im östlichen Teil der Hallig. Nordmarsch-Langeness ist mit einer Längserstreckung von 11 km und einer Fläche von 956 ha die größte Hallig. Auf 16 bewohnten Warften leben insgesamt 125 Einwohner. Nordmarsch-Langeness liegt zwischen den Wattströmen Norderaue im Norden und der Süderau im Süden. Die Hallig ist über einen Lorendamm mit Hallig Oland und dem Festland verbunden. Im Osten grenzen ausgedehnte Lahnungsfelder an Langeness.

4.4.4.1 Hydrographie und Topographie

Nordmarsch-Langeness wurde im Untersuchungszeitraum vermutlich insgesamt 14 mal vollständig überflutet. Der exponierte Westen (Nordmarsch) wurde vermutlich sogar 20 mal überflutet, da Nordmarsch nur ca. 1.50 m ü.NN liegt (Langeness ca. 1.70 m ü.NN) (Tab. 18 + Tab. 19) und durch die anbrandende Dünung im Westen es weit häufiger zu Kantenfluten kommt als im Osten der Hallig. Auf der gesamten Hallig Nordmarsch-Langeness existiert kein funktionstüchtiger Außen- oder Binnenpegel. Die vorliegenden Zahlen über "Land unter" Ereignisse stammen von Aufzeichnungen der Halligbewohner und sind mit entsprechenden Ungenauigkeiten verbunden. Es ist davon auszugehen, dass wie die Halligen Hooge und Nordstrandischmoor, Nordmarsch-Langeness im Winter 07/08 leicht überdurchschnittlich häufig überflutet wurde. Diese Annahme wird von den Einwohnern Nordmarsch-Langeness bestätigt. Für eine genauere Beurteilung der Überflutungshäufigkeit auf Nordmarsch-Langeness müssten die Daten des benachbarten Pegel Gröde herangezogen werden, der bei der Anfertigung dieses Berichts nicht vorlag.

Das Relief von Nordmarsch-Langeness fällt vom Nordufer nach Süden hin ein. Das Nordufer liegt in einer Höhe von 2.20 m bis 2.40 m ü.NN, der Süden bei ca. 1.70 m ü.NN. Entsprechend entwässern die meisten Halligpriele in Richtung Süderau. Einzige Ausnahme bildet auf Nordmarsch der Hallipriel „Jelf“, der an der Nordwestspitze in das Wattenmeer mündet. Die Topographie wurde dadurch geprägt, dass die Überflutungen größtenteils von der Norderaue her erfolgen. Das Relief von Nordmarsch-Langeness kommt besonders deutlich bei ablaufendem Wasser nach einem "Land unter" zum Vorschein, wenn die Hallig von Norden nach Süden trocken fällt.

Nordmarsch-Langeness entwässert – abgesehen vom Halligpriel „Jelf“ – über fünf größere Priele nach Süden in die Süderau. Einströmendes Wasser wird durch Sieltore behindert. Im Gegensatz zur Hallig Hooge fehlen auf Nordmarsch-Langeness Graben- und Prielverbauungen fast vollständig (Abb. 21). Dieser Umstand hat mehrere Folgen. Zum einen fallen bei Niedrigwasser zahlreiche Halligpriele vollständig trocken. Ebenso fällt nach einem "Land unter" der Wasserspiegel auf Nordmarsch-Langeness wesentlich rascher als auf Hooge. Durch das ungebremst ablaufende Wasser kommt es in den Halligpriele zu starken Einschneidungen und weiteren Erosionserscheinungen (gut zu beobachten im Einzugsgebiet des Halligpriele „Ridd“ auf Nordmarsch). Die Erosion in den Gräben hat auch zur Folge, dass im Gegensatz zu Hooge auf Nordmarsch-Langeness die Gräben wesentlich seltener bzw. gar nicht ausgebaggert werden müssen.

	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand	"Land unter"
	Umfeld	Falle	Abweichung	Ufer [m]	[Anzahl]
Mittelwert	1.488	1.487	0.00	223	20
Median	1.454	1.452	0.00	205	20
Min	1.063	1.034	-0.05	30	16
Max	1.762	1.767	0.04	500	20

Tab. 19: Topographische Daten der Sedimentfallen auf Langeness und Anzahl der "Land unter" 2007/2008.

	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	"Land unter" [Anzahl]
	Umfeld	Falle	Abweichung		
Mittelwert	1.708	1.717	0.01	333	16
Median	1.626	1.626	0.00	300	16
Min	1.378	1.407	-0.02	30	16
Max	2.438	2.446	0.08	670	16

4.4.4.2 Sedimentakkumulation

Auf Nordmarsch und auf Langeness wurden an jeweils 20 Stationen Matten Sedimentfallen installiert. Nur eine Flasche ging verloren. Aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Topographie, Exposition, Überflutungsanzahl) wurden Nordmarsch und Langeness getrennt voneinander ausgewertet.

Nordmarsch

Das berechnete Oberflächenwachstum betrug auf Nordmarsch im Untersuchungszeitraum im Mittelwert 4.5 mm (Flasche) und 2.9 mm (Matte), sowie 3.9 mm (Flasche) und 2.7 mm (Matte) im Median (Tab. 20).

Das aufgefangene Sediment setzt sich zu 85-91 % aus siliziklastischem Material zusammen. Der organische Anteil ist mit knapp 11.5 % in den Flaschen etwa doppelt so groß als auf den Matten mit ca. 6 %. Der karbonatische Sedimentanteil ist mit 2 - 3 % gering (Tab. 21). Die dominierenden Korngrößen liegen im Mittelsilt- bis unteren Grobsiltbereich (Tab. 22).

Tab. 20: Sedimentaufwachs im Winter 07/08 auf Nordmarsch bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
Mittelwert	5.2	3.2	4.5	2.9
Median	4.5	3.0	3.9	2.7
Min	2.5	1.1	2.2	0.9
Max	12.6	5.9	11.8	5.6

Tab. 21: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Nordmarsch bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	7.8	86.3	2.2	11.5	4.8	90.8	3.3	5.9
Median	6.8	86.3	2.0	11.6	4.5	90.4	3.2	6.3
Min	3.8	67.7	0.8	3.3	1.6	84.6	1.8	0.7
Max	18.9	94.1	4.7	31.5	8.9	97.5	5.8	12.2

Tab. 22: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Nordmarsch bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Ton	Flasche Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Matte Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	10.7	65.1	24.2	24	5.7	65.0	29.3	32
Median	9.9	66.6	20.8	17	5.7	68.0	26.1	27
Min	4.9	41.2	7.8	11	3.3	37.5	9.6	12
Max	17.0	82.8	53.0	88	8.7	81.7	59.2	78

Die akkumulierte Gesamtsedimentmenge ist im Vergleich zu den anderen Halligen eher gering. Dieses ist ungewöhnlich, da Nordmarsch zwischen zwei Wattströmen liegt, die bei Westwetterlagen einen starken Seegang aufweisen, der an Nordmarschs Ufer brandet und dort häufig Kantenfluten verursacht. Außerdem fehlt der Schutz eines vorgelagerten Außensandes. Die Exposition von Hallig Nordmarsch hätte eine höhere Akkumulationsrate, ein relativ grobes Sediment und erhöhte Karbonatgehalte erwarten lassen. Dem ist nicht so. Die geringe mittlere Sedimentakkumulation erklärt aber die im Vergleich zu den anderen Halligen niedrige mittlere topographische Höhe von Nordmarsch von knapp 1.50 m ü.NN.

Gegenüber dem Halligdurchschnitt erhöhte Wachstumsraten konnten für die ufernahen Stationen 24, 27, 28 und 33 beobachtet werden. Die Ursache für die unerwartet geringe Sedimentakkumulation auf Nordmarsch könnte in der alten Deichlinie zu finden sein.

Die alte Deichlinie verläuft in einem Abstand von mehreren Zehnermetern bis zu 200 m binnenseitig hinter dem „Igel“. Der Deich ist in der Topographischen Karte Abb. 21 deutlich erkennbar. Zwischen Igel und Deich befindet sich damit ein regelrechtes Sedimentfangbecken. Dieser Bereich wird über Rohrleitungen nach außen ins Wattenmeer entwässert. Es ist davon auszugehen, dass ein nicht unerheblicher Teil des auf Nordmarsch geschwemmten Sedimentes über die Rohrleitung wieder ins Watt gespült wird und damit für den Sedimentaufwuchs auf der Hallig nicht zur Verfügung steht. Durch die starke Sedimentakkumulation zwischen „Igel“ und Deich hat sich dieser Bereich gegenüber der Halligmarsch deutlich erhöht. Station 33 war in diesem Bereich installiert und fällt mit der topographischen Höhe (1.62 m ü.NN) und dem erhöhten Sedimentaufwuchs von 6.2 mm (Flasche) und 5.3 mm (Matte) deutlich aus dem Rahmen.

Station 27 liegt innerhalb des Deiches und weist ebenfalls ein sehr hohes Wachstum auf. Hier ist das „Becken“ zwischen Igel und Deich bereits vollständig gefüllt und kann kein weiteres Sediment mehr aufnehmen. Hier wird das Sediment bis über den Deich getragen. Der große Unterschied in der Akkumulation zwischen Flasche (11.8 mm) und Matte (4.5 mm) an diesem Standort dürfte in den hohen Strömungsgeschwindigkeiten des auf die Hallig tretenden Wassers zu suchen sein, wodurch Material von der Matte wieder erodiert wird.

Auf Nordmarsch korreliert die Sedimentakkumulation mit der topographischen Höhe und dem Abstand zum Ufer. Eine Korrelation zwischen Vegetationshöhe und Sedimentakkumulation ist nicht erkennbar.

Langeness

Das berechnete Oberflächenwachstum betrug auf Langeness im Untersuchungszeitraum durchschnittlich 3,9 mm (Flaschen) und 3,0 mm (Matten), sowie 3,2 mm (Flaschen) und 2,4 mm (Matten) im Median (Tab. 23).

Das aufgefangene Sediment setzt sich zu 88-91 % aus siliziklastischem Material zusammen. Der organische Anteil beträgt 6-10 %, der karbonatische Sedimentanteil mit 2-3 % (Tab. 24). Die Mittel- und Grobsiltfraktion sind die dominierenden Korngrößen (Tab. 25).

Auf Langeness korreliert die Sedimentakkumulation deutlich negativ mit dem Abstand zum Ufer. Je geringer der Abstand zum Ufer ist, um so höher ist die Sedimentakkumulation. Die Topographie korreliert ebenfalls mit der Sedimentakkumulation und dem Abstand zum Ufer. Die höchsten Bereiche liegen Ufernah und weisen die stärkste Sedimentakkumulation auf. Das gilt sowohl für das Nordufer, als auch für das Südufer.

Die ufernahen Stationen 5, 10 und 19 weisen auf den Matten gegenüber anderen ufernahen Stationen erhöhte Sandgehalte auf. Im Gegensatz zu den anderen ufernahen Stationen existiert bei den Stationen 5, 10 und 19 bisher noch kein „Igel“.

Außergewöhnlich hohe Akkumulationen von organischem oder karbonatischem Material trat an keiner Station von Langeness auf.

Tab. 23: Sedimentaufwachs im Winter 07/08 auf Langeness bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
Mittelwert	4.4	3.3	3.9	3.0
Median	3.8	2.6	3.2	2.4
Min	2.8	1.3	2.4	1.2
Max	8.5	9.9	8.1	9.4

Tab. 24: Sedimentzusammensetzung im Winter 07/08 auf Langeness bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]	Gesamt [kg/m²]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org. [%]
Mittelwert	6.6	87.9	2.0	10.1	4.9	91.3	3.1	5.6
Median	5.7	87.8	1.6	9.7	3.8	91.0	3.2	5.5
Min	4.1	80.7	0.7	1.9	2.0	84.9	1.5	0.6
Max	12.7	95.8	5.6	18.2	14.8	97.5	4.8	12.3

Tab. 25: Korngrößenverteilung der Sedimente im Winter 07/08 auf Langeness bestimmt anhand des Sedimentfallentyps PE-Flasche und PVC-Matte

	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
Mittelwert	10.3	69.4	20.4	21	4.7	57.8	37.5	43
Median	8.1	72.6	17.4	20	4.8	60.8	34.5	37
Min	5.0	42.7	7.8	7	2.1	23.2	18.7	18
Max	19.0	80.4	52.3	66	7.6	73.7	74.7	88

4.5 Sedimentation steuernde Parameter auf einer Hallig

Neben den meteorologischen und hydrographischen Rahmenbedingungen wird die Sedimentakkumulation auf einer Hallig von verschiedenen Faktoren gesteuert.

Dazu zählen:

- a) das Verhältnis von der Uferlänge zur Flächengröße einer Hallig,
- b) der Abstand zum Ufer,
- c) die Halligtopographie,
- d) die nutzungsbedingte Vegetation,
- e) Uferschutzbauten,
- f) die halliginterne Hydrographie.

a) Das Verhältnis von der Uferlänge zur Flächengröße einer Hallig ist für die Sedimentakkumulation von großer Bedeutung. Grundsätzlich gilt, je kleiner eine Hallig ist, um so größer ist das Verhältnis von Umfang zu Fläche. Das bedeutet, dass das in Abhängigkeit von der Uferlänge auf die Hallig gebrachte Sediment auf einer immer kleineren Fläche verteilt werden muss. Tatsächlich weisen die flächenmäßig kleinen Halligen Süderoog und Nordstrandischmoor eine deutlich stärkere Sedimentation auf, als die großflächigen Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness (Tab. 26).

Tab. 26: Akkumulierte Sedimentmengen und Sedimentaufwachs im Winter 07/08 auf den Halligen Hooge, Nordstrandischmoor, Süderoog und Nordmarsch-Langeness.

	Fläche [ha]	Akkumulierte Menge [t/ha]		medianer siliziklastischer Sedimentaufwachs [mm]	
		Flasche	Matte	Flasche	Matte
Hooge	63	48.4	29.4	3.3	1.9
Nordstrandischmoor	175	173.1	76.1	12.0	5.0
Süderoog	574	175.7	123.1	11.7	8.2
Nordmarsch-Langeness	956	54.9	36.1	3.7	2.5

b) Der Abstand zum Ufer hat einen starken Einfluss auf die Sedimentverteilung auf einer Hallig. Grundsätzlich lässt sich für die großen Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness feststellen, dass sowohl die Sedimentakkumulation als auch die mediane Korngröße und der Karbonatgehalt (ebenfalls Korngrößeneffekt!) vom Ufer in Richtung Halligmitte abnehmen (Abb. 22 - Abb. 24). Von dieser Regel gibt es aber diverse Ausnahmen, da das Wasser bei einer Sturmflut nicht von allen Seiten gleichmäßig auf eine Hallig strömt. Wenn das Wasser während einer Sturmflut auf die Hallig tritt, verliert es schlagartig an Transportkraft, bedingt durch die geringere Wassertiefe, die bremsende Wirkung der Vegetation und durch Uferschutzbauten (z.B. „Igel“). Das bewirkt, dass Sedimentanteile die sich in der stürmischen See außerhalb der Hallig gerade noch in der Wassersäule halten können, auf der Hallig sehr schnell abgelagert werden.

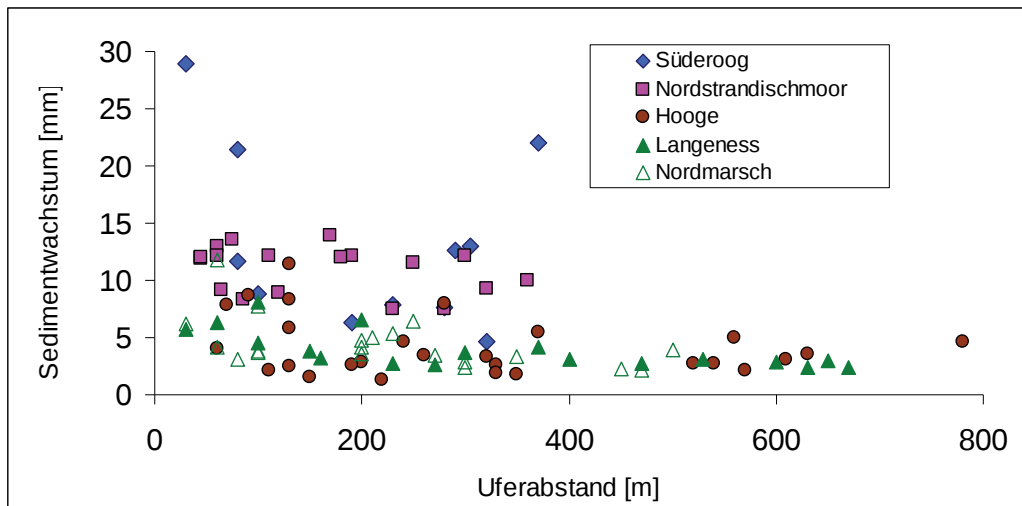


Abb. 22: Einfluss des Uferabstandes auf das Sedimentwachstum (Flaschen) auf Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooge, Langeness und Nordmarsch

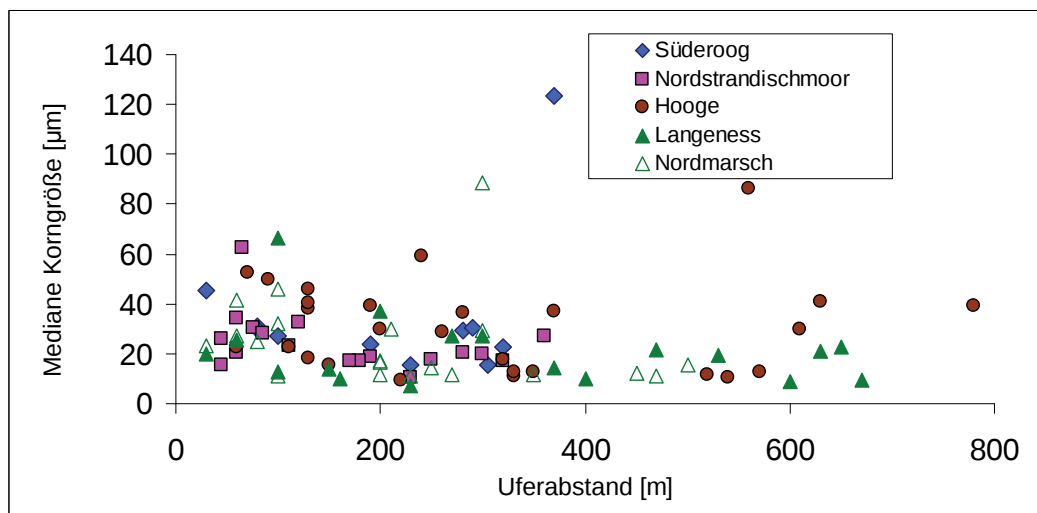


Abb. 23: Einfluss des Uferabstandes auf die Mediane Korngröße (Flaschen) auf Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooge, Langeness und Nordmarsch

Die verstärkte Sedimentakkumulation in den Uferzonen ist auch auf die so genannten Kantenfluten zurückzuführen. Es handelt sich dabei um Überschlagswasser, das bei starker Wellendynamik auf die Hallig gespült wird, ohne dass dabei die Hallig vollständig überflutet wird. Auf der Hallig Hooge konnte beobachtet werden, dass suspensionsreiches Wasser über den Sommerdeich schlug. Es durchströmte auf wenige Zehnermeter die angrenzenden Wiesen und lief dann als klares Wasser in die Gräben ab. Hier bewirkt die Vegetation eine effektive Filterleistung.

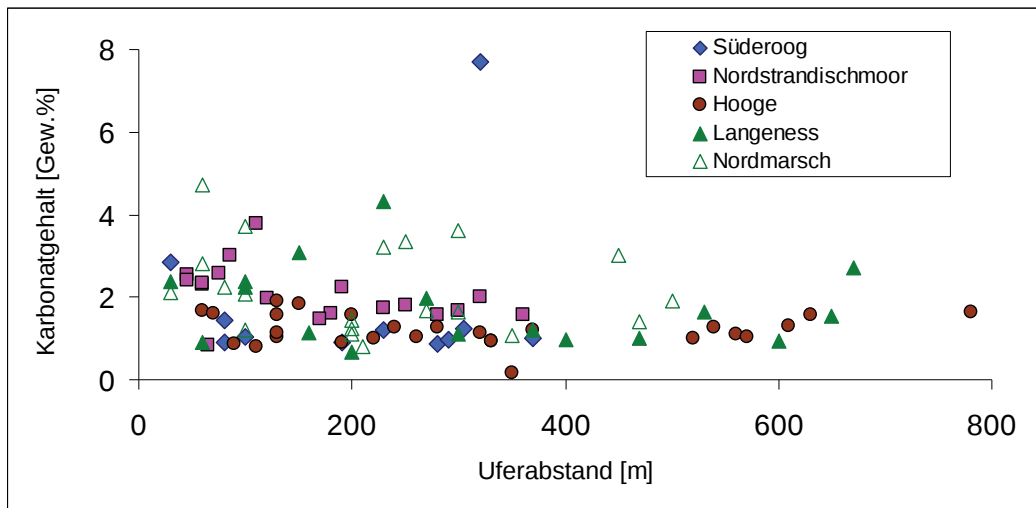


Abb. 24: Einfluss des Uferabstandes auf den Karbonatgehalt (Flaschen) auf Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooge, Langeness und Nordmarsch

c) Die **Topographie** einer Hallig wird maßgeblich von der verstärkten Akkumulation in den Uferzonen geprägt. Die topographische Höhe liegt in den luvseitigen Uferzonen deutlich über der des Halligzentrums. Es ist zu beobachten, dass die abgelagerten Sedimentmengen positiv mit der topographischen Höhe korrelieren (Abb. 25).

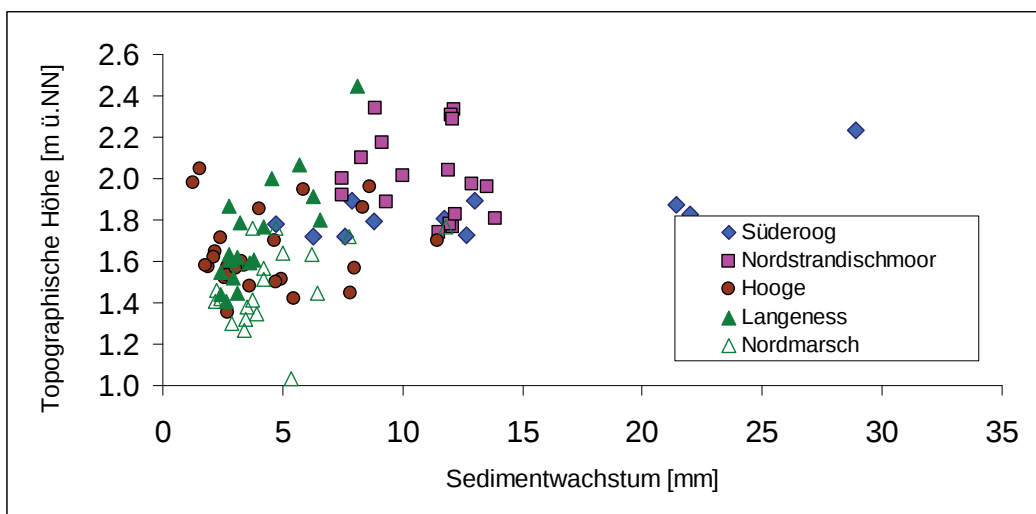


Abb. 25: Einfluss der Topographische Höhe auf das Sedimentwachstum (Flaschen) auf Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooge, Langeness und Nordmarsch

Die Reliefunterschiede (hohe Uferzonen, niedrige Halligkerne) dürften sich in Zukunft noch weiter verstärken, da durch die im 20. Jh. erfolgten Uferbefestigungen eine Rückverlagerung der Ufer nicht mehr erfolgt.

Von den Mitarbeitern des LKN wurde die Topographie der Sedimentfallen sowie des Umfeldes mit differentiellem GPS auf wenige cm genau vermessen. Ziel war es, herauszubekommen, wie stark des Kleinrelief die Sedimentakkumulation beeinträchtigt. Im Jahr zuvor wurde auf der Hallig Hooge festgestellt, dass eine in einer Senke (ca. 40 cm tiefer als das Umfeld) installierte Sedimentfalle eine deutlich höhere Sedimentakkumulation zeigte als in der ebenso untersuchten Umgebung (Deicke et al., 2008). Aufgrund dieser

Beobachtung wurde im Herbst 2007 vor Ort darauf geachtet, dass – nach eigener Einschätzung – die Sedimentfallen nicht in einer vom Umfeld abweichenden Topographie installiert wurden. Eine Beeinflussung der Sedimentakkumulation durch das vermessene Kleinrelief im Sedimentfallenumfeld konnte nicht nachgewiesen werden. Vermutlich fällt durch die bewusste Auswahl ebener Sedimentfallenstandorte die Beeinflussung des Sedimentationsverhaltens durch das Kleinrelief in seiner Bedeutung hinter der anderer steuernder Parameter zurück.

d) Die **Vegetation** wirkt sich während eines "Land unter" beruhigend auf die Hydrodynamik aus (vgl. Süderoog). Entscheidend ist dabei vermutlich die Höhe und besonders die Dichte der Vegetation und nur untergeordnet die Art der Vegetation (Salzwiese, Grünland, etc.). Eine positive Korrelation zwischen Vegetationshöhe und Sedimentakkumulation ist in diesem Datensatz nicht erkennbar. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Der steuernde Effekt durch die Vegetation kann teilweise vom Effekt des Uferabstandes überlagert werden. Weiterhin ist die Anzahl der Proben in höherer Vegetation sehr eingeschränkt.

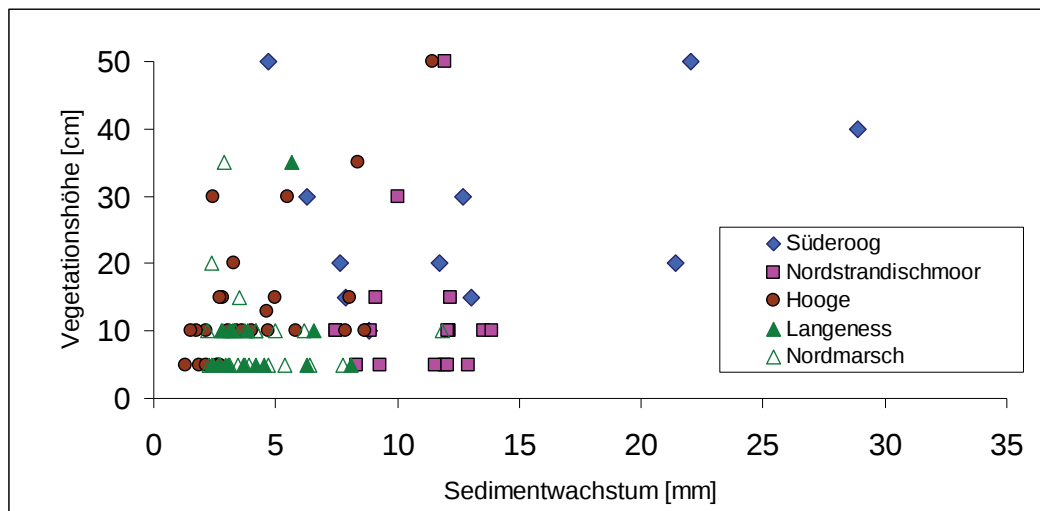


Abb. 26: Einfluss der Vegetationshöhe auf das Sedimentwachstum (Flaschen) auf Süderoog, Nordstrandischmoor, Hooe, Langeness und Nordmarsch

e) Die halligspezifischen **Uferschutzbauten** und **f)** die **halliginterne Hydrographie** sowie deren Auswirkungen auf die Sedimentakkumulation können nicht generalisiert betrachtet werden und wurden daher bei den jeweiligen Halligen erläutert (vergl. 4.4).

5 Bestimmung der Sedimentaufwachsrates mit Sedimentation-Erosion-Bars (SEBs)

Auf den untersuchten Halligen wurde an jeweils 5 Standorten Sedimentation-Erosion-Bars installiert (Abb. 27). Bei einem SEB handelt es sich jeweils um drei Kunststoffpfosten (Länge = 150 cm, $\varnothing$ = 5 cm), die ca. 1 m tief in den Boden gerammt worden sind, so dass noch ca. 50 cm aus dem Boden heraussehen. Die Pfosten stehen jeweils an den Eckpunkten eines

gleichseitigen Dreiecks mit 2 m Seitenlänge. Die Oberseite der Pfosten bilden eine waagerechte Ebene (± 1 cm). Für die Messung der Sedimentaufwachsrate wird zwischen den Pfosten eine Messleiste mit insgesamt 17 festgelegten Positionen aufgelegt. 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 54 Messwerte gesammelt. Die topographische Höhe der einzelnen SEBs sowie das Kleinrelief im Umfeld der SEBs wurde von Mitarbeitern des LKN vermessen. Plausible Messergebnisse sind von diesen Stationen erst in einigen Jahren zu erwarten.



Abb. 27: Messung an einem SEB auf Langeness

Es konnte festgestellt werden, dass Weidetiere die SEB-Pfosten zum Scheuern nutzen. Es erfolgt anscheinend zwar keine Beschädigung oder Lageveränderung der Pfosten, allerdings führt ein verstärkter Viehtritt im Umfeld der Pfosten zur Beeinträchtigung kommender Messergebnisse. Nach Absprache mit den Landwirten planen wir einzelne SEBs einzuzäunen.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes **Sediment Akkumulation Halligen** (SAHALL) wurden insgesamt 110 Sedimentfallen auf den Halligen Hooge, Langeness, Nordstrandischmoor und Süderoog von Oktober 2007 bis März 2008 installiert. Mit den Fallen wurde die heutige auf den Halligen akkumulierende Sedimentmenge gemessen und in eine Sedimentaufwachsrate umgerechnet. Weiterhin wurden auf jeder der vier Halligen zwei Rammkernbohrungen bis zu einer Teufe von 2m niedergebracht. An den Bohrungen wurden Altersbestimmungen vorgenommen. Insgesamt wurden 26 OSL Datierungen und vier ^{137}Cs Datierungen durchgeführt. Mit Hilfe der Altersdatierungen wurden Sedimentaufwachsraten und

Sedimentakkumulationsraten für die vergangenen ca. 1000 Jahre bestimmt. Es wurden außerdem Korngrößenverteilungen an allen Proben gemessen und der Gehalt an organischem sowie karbonatischem Kohlenstoff bestimmt. Die jeweils bestimmten Sedimentmengen wurden um den Karbonat- und Organikanteil korrigiert, da davon auszugehen ist, dass dieser abgebaut wird und nur vernachlässigbar gering zum langfristigen Sedimentwachstum beiträgt. Die Kornverteilungen wurden dazu benutzt, um die unterschiedlichen Sedimentfallentypen zu validieren. Dabei zeigte sich, dass die PE Flaschen besser geeignet sind, die langfristig auf der Hallig verbleibende Sedimentzusammensetzung abzubilden, als die ebenfalls eingesetzten Matten. Die Sedimentaufwachsraten wurden mit rekonstruierten Meeresspiegelkurven des Holozäns und verschiedenen Pegelraten in der Deutschen Bucht verglichen.

Die Sedimentaufwachsraten für die "Land unter" Saison 2007/2008 betragen [mm/a]: Hooge 1.9 - 3.3, Nordstrandischmoor 5.0 - 12.0, Süderoog 8.2 - 11.7 und Langeness 2.5 - 3.7.

Die aus den Datierungen bestimmten Sedimentaufwachsraten [mm/a] betragen für den jeweils längsten datierten Zeitraum im Mittel für Hooge 1.1 ± 0.1 (667 AD), Nordstrandischmoor 4.3 ± 0.6 (1620 AD), Süderoog 3.6 ± 0.3 (1490 AD) und Langeness 1.6 ± 0.2 (1015 AD)

Für den Zeitraum 1963-2007 betragen die Sedimentaufwachsraten [mm/a] für Hooge 3.4 ± 0.8 , Nordstrandischmoor 4.0 ± 0.2 , Süderoog 3.9 ± 0.2 und Langeness (1986-2007) 2.6 ± 0.4 .

Der Vergleich der Daten zeigt, dass das heutige Sedimentwachstum (Flaschen) für Hooge und Langeness in etwa übereinstimmt mit den Aufwachsraten der jüngeren Vergangenheit. Für Süderoog und Nordstrandischmoor wurde aktuell eine ca. 3 fach erhöhte Sedimentaufwachsraten bestimmt. Es wird vermutet, dass auf diesen Halligen Erosionsvorgänge dazu führen, dass langfristig weniger Sediment abgelagert wird, als zur Verfügung stünde. Insgesamt gilt, dass für die Vergangenheit ein Gleichgewicht zwischen Sedimentaufwachsraten und Meeresspiegelschwankungen bestand. In wieweit dieses Gleichgewicht in der Zukunft Bestand haben wird, kann aus den vorliegenden Daten nicht endgültig abgeleitet werden. Der Vergleich der Sedimentaufwachsraten der jüngeren Vergangenheit mit den entsprechenden Pegelraten für das MTHw zeigt allerdings, dass die Werte für das Sedimentwachstum für Langeness und Hooge derzeit am unteren Rand des Unsicherheitsbereiches liegen, der für den Meeresspiegelanstieg bezogen auf MTHw im Nordfriesischen Wattenmeer derzeit mit 3.5 - 5.5 mm/a beziffert werden kann. In Abb. 28 sind die wesentlichen Daten zusammengefasst.

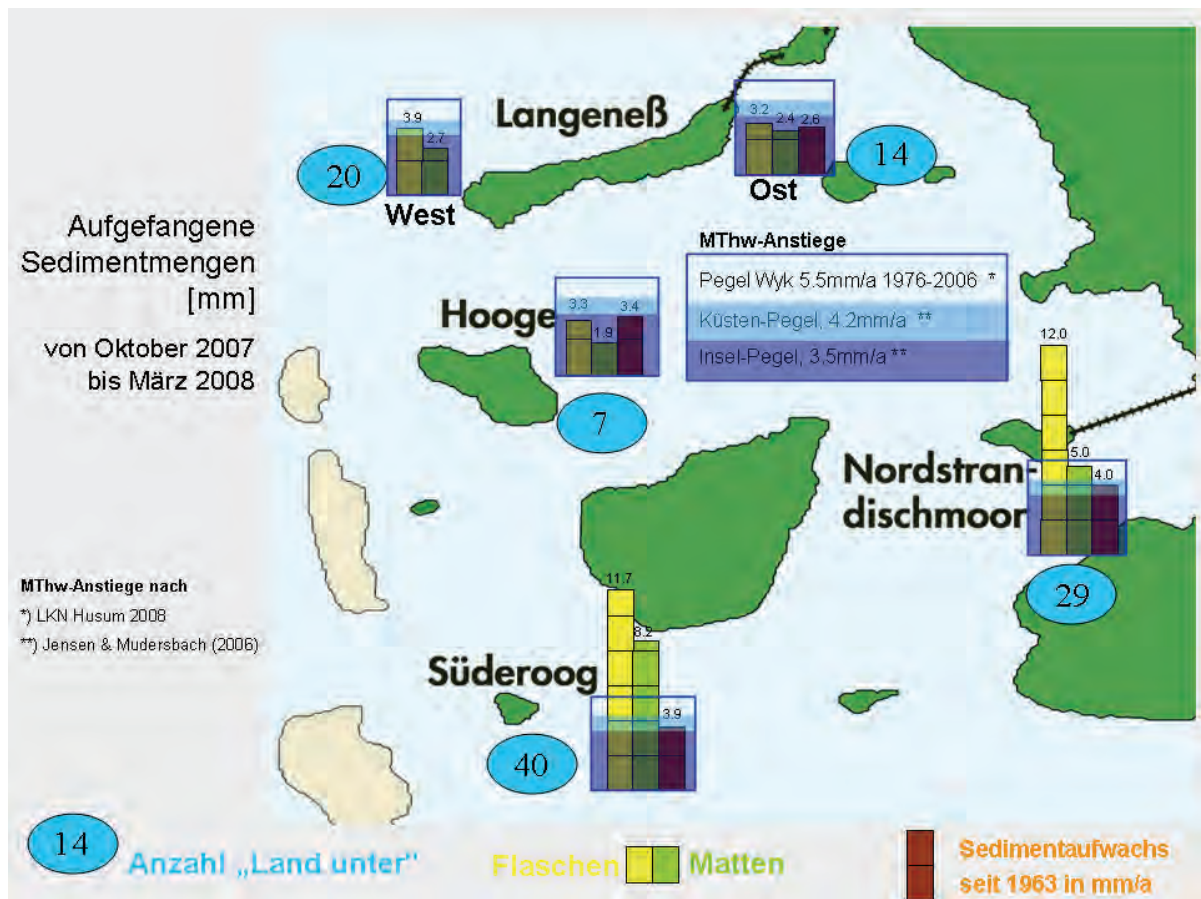


Abb. 28: Mittlere Sedimentaufwachsraten der jüngeren Vergangenheit (1963-2007) und heutige mediane Sedimentaufwachsraten in Relation zu aktuellen Meeresspiegelanstiegsraten

7 Schlußfolgerung

Die eingesetzten Methoden erbrachten plausible Ergebnisse. Der Prozess der "Land unter" Sedimentation sorgte in der Vergangenheit dafür, dass die Halligoberfläche bei Meeresspiegelanstiegen ausreichend erhöht wurde. Der Prozess ist daher geeignet, in das Sicherungskonzept der Halligen mit einbezogen zu werden. Da die aktuellen Sedimentaufwachsraten nur knapp bzw. lokal nicht ausreichen, um den aktuellen Meeresspiegelanstieg auszugleichen, erscheint es sinnvoll, sedimentationsfördernde Maßnahmen auf den größeren Halligen Hooge und Nordmarsch-Langeness zu erproben, um das natürliche Aufwachsen der Halligoberfläche zu verstärken.

8 Ausblick

Zukünftige Untersuchungen sollten zwei Zielrichtungen verfolgen.

1. Messung der jährlichen Sedimentmengen

Die auf den Halligen abgelagerten Sedimentmengen sollten weiterhin mit Hilfe von optimierten Sedimentfallen bestimmt werden, da hier von Jahr zu Jahr nicht unerhebliche Schwankungen zu erwarten sind. Um hier Kontinuität zu gewährleisten, sind bereits

Sedimentfallen auf allen vier zu untersuchenden Halligen für den Winter 2008/2009 installiert worden.

2. Erprobung von Maßnahmen zur Förderung der Sedimentation

Langfristige Maßnahmen zum Erhalt der Halligen müssen einen Kompromiss zwischen Interessen der Landnutzung, Effektivität der Schutzwirkung, Naturschutz, Nachhaltigkeit und den aufzubringenden Kosten herstellen. Die Förderung der natürlichen "Land unter" Sedimentation bietet unter diesem Gesichtspunkt einen viel versprechenden Ansatz.

Es gibt bereits unterschiedliche Ideen, die in Zusammenarbeit mit Halligbewohnern entwickelt wurden. Die darauf basierenden Konzepte zur Sedimentationsförderung sollten möglichst zeitnah in einem mehrjährigen Feldversuch getestet werden. Alle Verfahren basieren auf der Grundidee, dass erhebliche Sedimentmengen nach einem "Land unter" mit dem von der Hallig ablaufenden Wasser "ungenutzt" wieder ins Wattenmeer gespült werden. Es gilt, dass um so mehr Sediment abgelagert wird je häufiger und länger das Wasser auf der Hallig steht und je langsamer es wieder abläuft. Die daraus abzuleitende Forderung, dass Wasser möglichst lange auf der Hallig zu halten steht allerdings im Widerspruch mit dem Interesse, eine Hallig nach einem "Land unter" möglichst schnell wieder betretbar und nutzbar zu machen. Daher sollten unterschiedliche Verfahren zeitgleich erprobt werden, um den besten Kompromiss zwischen Effektivität und wirtschaftlichem Interesse zu finden.

Angedacht ist eine parzellierte Versuchsfläche, auf der wenigstens drei unterschiedliche Verfahren zur Sedimentationsförderung erprobt werden (Konzepte "Wechselnutzung", "Umwallung" und "Ungenutzter Randstreifen"). Parallel wird jeweils in Kontrollparzellen die unbeeinflusste Sedimentakkumulation gemessen.

Bei der Erprobung von entsprechenden Verfahren erscheint es sinnvoll, sich auf Hallig Hooge und Hallig Langeness zu konzentrieren, da hier das Verhältnis von Halligwachstum zu Meeresspiegelanstieg am ungünstigsten ist.

Entsprechende Vorgespräche mit Halligbewohnern haben bereits stattgefunden, um die Möglichkeiten für die Bereitstellung von Versuchsflächen auszuloten. Vorbehaltlich einer noch zu schließenden verbindlichen Abmachung wurden geeignete Flächen auf Hallig Hooge gefunden und zugesichert.

Die Feldversuche zur Sedimentationsförderung werden detailliert im Rahmen der AG Hallig 2050 vorgestellt und könnten vorbehaltlich der Finanzierung durch das MLUR im Laufe des Jahres 2009 gestartet werden. Angesichts der zeitlich stark variablen Anzahl von "Land untern" und der Tatsache, dass Verfahren, welche Vegetationsfaktoren enthalten, einige Jahre brauchen um zu greifen, sollte mit einem Versuchszeitraum von ca. sechs Jahren gerechnet werden. Zwischenergebnisse wären bei dieser Vorgehensweise bis Ende 2012, abschließende Ergebnisse bis Ende 2015 zu erwarten.

9 Literaturverzeichnis

- Aitken, M. (1998): An introduction to optical dating. Oxford: Oxford University Press, 267 p.
- Behre, K.-E. (2003): Eine neue Meeresspiegelkurve für die südliche Nordsee. Probleme der Küstenforschung, 28, 9-61.
- Deicke, M., Karius, V., Jahnke, W., Kallweit, W., Rebens, M., Reyer, D. (2007): Charakterisierung von Sturmflutablagerungen auf Hallig Hooge - Quantifizierung des Sedimentwachstums seit 1914 -. Coastline Report 9: 93-102.
- Hofstede, J. L. A. (1991): Sea Level Rise in the Inner German Bight (Germany) since AD 600 and its Implications upon Tidal Flats Geomorphology. In: From the North Sea to the Indian Ocean - Ergebnisse der 8. Jahrestagung des Arbeitskreises "Geographie der Meere und Küsten, 13. - 15. Juni 1990, Düsseldorf, S. 12-27. Franz Steiner Verlag Stuttgart.
- Jensen, J., Mudersbach, C. (2006): Zeitliche Änderungen in den Wasserstandsreihen an den Deutschen Küsten. In : Gönner, G., Grassl, H., Kelletat, D., Kunz, H., Probst, B., von Storch, H., Sündermann, J. (Hrsg.): Klimaänderung und Küstenschutz, S. 1-15.
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (Hrsg) (2001): Generalplan Küstenschutz - Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein.
- Preusser, F., Degering, D., Fuchs, M., Hilgers, A., Kadereit, A., Klasen, N., Krebetschek, M., Richter, R., Spencer, J.Q.G (2008): Luminescence dating: basics, methods and applications. In: Preusser, F., Hajdas, I., Ivy-Ochs, S. (Guest Eds.), Recent progress in Quaternary dating methods. Eiszeitalter und Gegenwart - Quaternary Science Journal, 57,1/2, 95-149.
- Wagner, G. A. (1995): Altersbestimmung von jungen Gesteinen und Artefakten. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Unveröffentlichte Arbeiten

- Datenquelle LKN Husum (2008): Pegeldata des LKN von Frau S. Dibbern zur Verfügung gestellt.
- Jahnke, W. (2007): Korngrößenverteilung an Hallig- und Wattsedimenten auf Hallig Hooge. - B.Sc.-Arb. Univ. Göttingen: 34 S., 22 Abb., 4 Tab., Anhang
- Kallweit, W. (2006): Verteilung von organischem und karbonatischem Kohlenstoff in ausgewählten Sturmflutsedimentprofilen auf Hallig Hooge. - B.Sc.-Arb. Univ. Göttingen: 43 S., 28 Abb., 6 Tab., Anhang
- Rebens, M. (2007): Smear-Slide-Analysen an Hallig- und Wattsedimenten von Hallig Hooge. - B.Sc.-Arb. Univ. Göttingen: 39 S., 29 Abb., 1 Tab., Anhang
- Reyer, D. (2006): Korngrößenverteilung und Tonmineralogie in ausgewählten Sturmflutsedimentprofilen auf der Hallig Hooge. - B.Sc.-Arb. Univ. Göttingen: 44 S., 24 Abb., 5 Tab., Anhang

10 Anhang

A 1: ERGEBNISSE DER OSL UND ¹³⁷ Cs DATIERUNGEN.....	46
A 2: KORNGRÖßENVERTEILUNGEN BOHRUNGEN	48
A 3: KARBONAT- + ORGANIK-, TROCKENSUBSTANZ-, SILIKAT- UND WASSERGEHALT	52
A 4: BOHRPROFILE UND SCHICHTENVERZEICHNISSE MIT DATIERUNGEN.....	55
B 1: SEDIMENTFALLEN HOOGE	59
B 2: SEDIMENTFALLEN NORDSTRANDISCHMOOR.....	61
B 3: SEDIMENTFALLEN SÜDEROOG	62
B 4: SEDIMENTFALLEN NORDERMARSCH.....	64
B 5: SEDIMENTFALLEN LANGENESS	65
B 6: KARTEN HOOGE	67
B 7: KARTEN NORDSTRANDISCHMOOR.....	69
B 8: KARTEN SÜDEROOG	71
B 9: KARTEN NORDMARSCH	73
B 10: KARTEN LANGENESS.....	75

A 1: Ergebnisse der OSL und ¹³⁷Cs Datierungen

Kern	Probe	Methode	Korn	H2O [%TS]	Alter [ka]	Δ Alter [ka]	Jahr	Anmerkungen	Kerntiefe Tiefe	Teufe [cm]	Δ Teufe [cm]	mittl. Top-Höhe [m ü NN, 2007]	SF []
Süderoog													
Süd-07-1-1A	S8	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.021	0.001	1986	-	7.50	7.87	0.35	1.88	1.05
Süd-07-1-1A	S17	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.044	0.002	1963	-	16.50	17.31	0.78	1.71	1.05
Süd-07-1-1C	38.5	OSL	100-200 Quarz	26.97	0.124	0.012	1883	Alter gemittelt	24.00	28.40	3.72	1.60	1.18
Süd-07-1-1C	55	OSL	100-200 Quarz	19.95	0.243	0.022	1764	Alter gemittelt	40.50	47.93	6.28	1.40	1.18
Süd-07-1-1C	72.5	OSL	100-200 Quarz	19.95	0.374	0.035	1633	Alter gemittelt	58.00	68.64	8.99	1.19	1.18
Süd-07-1-2C	16	OSL	100-200 Quarz	24.39	0.465	0.042	1542	Alter gemittelt	120.50	117.00	3.38	0.71	1.00
Süd-07-1-2C	86	OSL	100-200 Quarz	23.59	0.518	0.049	1490	Alter gemittelt	190.50	187.00	3.38	0.01	1.00
Süd-07-2-2C	88	OSL	100-200 Quarz	30.27	0.483	0.041	1524	Alter gemittelt	188.00	189.56	1.55	-0.02	1.01
Nordstrandischmoor													
Nor-07-1-1B	N8	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.021	0.001	1986	-	7.50	8.06	0.53	1.97	1.08
Nor-07-1-1B	N17	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.044	0.002	1963	-	16.50	17.74	1.16	1.79	1.08
Nor-07-1-1C	26.5	OSL	100-200 Quarz	39.02	0.106	0.009	1902	Alter gemittelt	28.50	34.97	5.27	1.62	1.23
Nor-07-1-1C	41	OSL	k.A.	k.A.	0.106	0.010	k.A.	Probl. Bleichung	43.00	52.76	7.96	1.44	1.23
Nor-07-1-1C	61	OSL	100-200 Quarz	39.30	0.119	0.012	k.A.	Probl. Bleichung	63.00	77.30	11.66	1.20	1.23
Nor-07-1-2C	20	OSL	k.A.	k.A.	0.241	0.016	k.A.	Probl. Bleichung, nur eine Dosisleistung	125.00	121.00	3.84	0.76	1.00
Nor-07-1-2C	65	OSL	Feinkorn 4-11	61.36	0.387	0.056	1620	Alter gemittelt	170.00	166.00	3.84	0.31	1.00
Nor-07-2-1C	44	OSL	Feinkorn 4-11	49.18	0.299	0.034	1708	Nur eine Dosisleistung	46.00	58.01	9.52	1.39	1.26
Nor-07-2-2C	91	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	De fehlt	196.00	192.50	3.38	0.04	1.00
Hooge													
Hoo-07-1-2C	74	OSL	63-100 Quarz	44.83	0.860	0.092	k.A.	Probl. Bleichung	179.00	181.43	2.40	-0.24	1.01
Hoo-07-2-1A	H6	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.021	0.001	1986	-	5.50	7.13	1.26	1.50	1.30
Hoo-07-2-1A	H12	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.044	0.002	1963	-	11.50	14.92	2.63	1.42	1.30
Hoo-07-2-1C	13	OSL	k.A.	k.A.	0.098	0.020	k.A.	Probl. Bleichung, kein central age model	15.00	17.71	2.30	1.39	1.18
Hoo-07-2-1C	32	OSL	100-200 Quarz	29.42	0.247	0.028	k.A.	Probl. Bleichung	34.00	40.14	5.20	1.17	1.18
Hoo-07-2-1C	50	OSL	63-100 Quarz	29.28	0.264	0.038	1743	Alter gemittelt	52.00	61.39	7.96	0.96	1.18
Hoo-07-2-2C	24	OSL	Feinkorn 4-11		0.751	0.072	1256	Nur eine Dosisleistung	129.00	125.50	3.38	0.32	1.00
Hoo-07-2-2C	51	OSL	100-200 Quarz	36.04	1.341	0.115	667	ungewöhnlich hohe De	156.00	152.50	3.38	0.05	1.00
Hoo-07-2-2C	82	OSL	Feinkorn 4-11	49.85	k.A.	k.A.	k.A.	De fehlt	187.00	183.50	3.38	-0.27	1.00
Langeness													
Lan-07-1-1A	L5	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	0.021	0.001	1986	-	4.50	5.33	0.70	1.63	1.18
Lan-07-1-1A	k.A.	¹³⁷ Cs	bulk	getrocknet	k.A.	k.A.	1963	kein Peak aufgetreten	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Lan-07-1-1C	34	OSL	Feinkorn 4-11	35.66	0.276	0.039	1731	Dosisleistung gemittelt	36.00	40.59	4.07	1.22	1.13
Lan-07-1-1C	64	OSL	Feinkorn 4-11	k.A.	0.447	0.070	1560	Nur eine Dosisleistung	66.00	74.41	7.46	0.89	1.13
Lan-07-1-2C	20	OSL	63-100 Quarz	59.04	0.575	0.052	1432	Alter gemittelt	125.00	122.50	2.44	0.41	1.00
Lan-07-1-2C	53	OSL	100-200 Quarz	65.92	0.992	0.110	1015	Dosisleistung gemittelt	158.00	155.50	2.44	0.08	1.00
Lan-07-1-2C	80	OSL	Feinkorn 4-11	63.39	k.A.	k.A.	k.A.	De fehlt	185.00	182.50	2.44	-0.20	1.00
Lan-07-2-2C	80	OSL	63-100 Quarz	42.647966	0.589	0.076	k.A.	Probl. Bleichung, nur eine Dosisleistung	185	185.96	0.9536	-0.229585492	1.01
Abkürzungen													
SF	Stauchungsfaktor												
k.A.	keine Angabe												

Kursiv gedruckte Proben haben zweifelhafte Altersdaten geliefert und sind nicht zur Auswertung herangezogen worden.

Fortsetzung (Ergebnisse der OSL und ¹³⁷Cs Datierungen)

Kern	Probe	Methode	Jahr	SWR (kum) [cm/a]	Δ SWR (kum)	SW (Seq) [cm/a]	ΔSW (Seq)	SA (kum) [g/cm ²]	Δ SA (kum) (10%)	SAR (kum) [kg/m ² /a]	Δ SAR (kum)	SAR (Seq) [kg/m ² /a]	Δ SAR (Seq)
Süderoog													
Süd-07-1-1A	S8	¹³⁷ Cs	1986	0.37	0.02	0.38	0.02	7.62	0.76	3.63	0.40	3.63	0.40
Süd-07-1-1A	S17	¹³⁷ Cs	1963	0.39	0.02	0.41	0.04	16.77	1.68	3.81	0.42	3.98	1.18
Süd-07-1-1C	38.5	OSL	1883	0.23	0.04	0.14	0.16	25.92	2.59	2.09	0.29	1.14	0.57
Süd-07-1-1C	55	OSL	1764	0.20	0.03	0.16	0.05	48.97	4.90	2.02	0.27	1.94	0.83
Süd-07-1-1C	72.5	OSL	1633	0.18	0.03	0.16	0.05	73.00	7.30	1.95	0.27	1.83	1.23
Süd-07-1-2C	16	OSL	1542	0.25	0.02	0.53	0.05	160.23	16.02	3.45	0.46	9.59	8.48
Süd-07-1-2C	86	OSL	1490	0.36	0.03	0.82	0.06	258.04	25.80	4.99	0.69	12.89	33.12
Süd-07-2-2C	88	OSL	1524	0.39	0.03	k.A.	k.A.	186.27	18.63	3.86	0.51	3.86	0.51
Nordstrandischmoor													
Nor-07-1-1B	N8	¹³⁷ Cs	1986	0.38	0.02	0.38	0.02	7.63	0.76	3.63	0.40	3.63	0.40
Nor-07-1-1B	N17	¹³⁷ Cs	1963	0.40	0.02	0.42	0.05	16.78	1.68	3.81	0.42	3.98	1.18
Nor-07-1-1C	26.5	OSL	1902	0.33	0.06	0.28	0.21	29.32	2.93	2.78	0.37	2.04	0.83
Nor-07-1-1C	41	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Nor-07-1-1C	61	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Nor-07-1-2C	20	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Nor-07-1-2C	65	OSL	1620	0.43	0.06	0.47	0.08	162.93	16.29	4.21	0.74	4.75	1.29
Nor-07-2-1C	44	OSL	1708	0.19	0.04	k.A.	k.A.	36.31	3.63	1.21	0.18	1.21	0.18
Nor-07-2-2C	91	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hooge													
Hoo-07-1-2C	74	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hoo-07-2-1A	H6	¹³⁷ Cs	1986	0.34	0.08	0.34	0.08	2.67	0.27	1.27	0.14	1.27	0.14
Hoo-07-2-1A	H12	¹³⁷ Cs	1963	0.34	0.08	0.34	0.15	5.58	0.56	1.27	0.14	1.27	0.39
Hoo-07-2-1C	13	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hoo-07-2-1C	32	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hoo-07-2-1C	50	OSL	1743	0.23	0.05	0.21	0.05	51.01	5.10	1.93	0.34	2.07	0.46
Hoo-07-2-2C	24	OSL	1256	0.17	0.02	0.13	0.03	141.27	14.13	1.88	0.26	1.85	0.58
Hoo-07-2-2C	51	OSL	667	0.11	0.01	0.05	0.02	168.83	16.88	1.26	0.17	0.47	0.55
Hoo-07-2-2C	82	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Langeness													
Lan-07-1-1A	L5	¹³⁷ Cs	1986	0.25	0.04	0.26	0.04	3.33	0.33	1.59	0.18	1.59	0.18
Lan-07-1-1A	k.A.	¹³⁷ Cs	1963	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Lan-07-1-1C	34	OSL	1731	0.15	0.03	0.14	0.03	30.01	3.00	1.09	0.19	1.05	0.24
Lan-07-1-1C	64	OSL	1560	0.17	0.03	0.20	0.05	63.36	6.34	1.42	0.26	1.95	1.35
Lan-07-1-2C	20	OSL	1432	0.21	0.02	0.38	0.05	121.42	12.14	2.11	0.29	4.54	4.57
Lan-07-1-2C	53	OSL	1015	0.16	0.02	0.08	0.03	151.96	15.20	1.53	0.23	0.73	0.72
Lan-07-1-2C	80	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Lan-07-2-2C	80	OSL	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Abkürzungen													
SF	Stauchungsfaktor												
SWR	Sedimentwachstumsrate												
SA	Sedimentakkumulation (silikatisch)												
SAR	Sedimentakkumulationsrate												
(kum)	kumulativ												
(Seq)	Sequentiell												

Kursiv gedruckte Proben haben zweifelhafte Altersdaten geliefert und sind nicht zur Auswertung herangezogen worden.

A 2: Korngrößenverteilungen Bohrungen

Hooqe 1

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	5.8	5.22	4.86	1.88	0.33	1.01	4.18	26.8	34.5	55.1
15	17.3	5.39	5.06	1.89	0.30	0.97	4.45	23.8	29.9	45.8
25	28.9	6.55	6.25	2.50	0.22	0.98	4.72	10.7	13.1	38.0
35	40.4	5.46	4.65	2.47	0.54	1.06	3.51	22.7	39.7	87.9
45	52.0	4.99	4.34	2.10	0.55	1.40	3.78	31.5	49.5	72.9
55	63.5	5.18	4.43	2.09	0.54	0.92	3.78	27.5	46.4	72.9
65	75.1	5.60	4.66	2.51	0.59	1.02	4.05	20.6	39.4	60.5
75	86.6	5.72	5.00	2.43	0.46	0.84	4.18	19.0	31.2	55.1
85	104.5	5.57	5.28	2.07	0.24	0.86	4.18	21.0	25.7	55.1
95	114.4	5.31	4.92	2.42	0.30	0.78	2.84	25.2	32.9	140.1
105	124.3	5.14	4.84	2.07	0.28	0.86	2.97	28.4	34.9	127.6
115	134.1	3.08	2.91	0.98	0.55	2.68	2.84	118.6	133.2	140.1
125	144.0	5.62	5.42	2.24	0.14	1.03	4.72	20.3	23.3	38.0
135	153.9	4.79	4.51	1.43	0.40	1.40	4.18	36.2	43.8	55.1
145	163.8	4.61	4.38	1.39	0.38	1.44	4.18	41.1	48.0	55.1
155	173.7	4.30	4.22	2.71	0.09	0.89	2.70	50.6	53.5	153.8
165	183.5	4.49	4.30	1.40	0.33	1.46	4.18	44.6	50.6	55.1
175	193.4	4.29	4.01	1.66	0.34	1.12	3.24	51.1	62.0	105.9

Hooqe 2

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	6.5	4.91	4.51	1.75	0.40	1.03	3.64	33.2	43.9	80.1
15	19.5	4.85	4.52	1.74	0.36	1.05	3.37	34.6	43.6	96.5
19	24.6	4.61	4.11	1.73	0.50	1.15	3.37	40.8	58.0	96.5
29	37.6	5.11	4.34	2.13	0.54	1.18	3.91	29.0	49.4	66.4
39	50.6	5.08	4.49	1.92	0.49	0.99	3.64	29.5	44.4	80.1
49	63.6	5.29	4.73	2.19	0.41	0.95	4.32	25.6	37.6	50.2
59	76.5	6.69	6.66	2.60	0.01	1.20	7.41	9.7	9.9	5.9
69	89.5	5.39	4.84	2.41	0.36	0.73	2.97	23.8	34.9	127.6
78	106.2	5.59	5.34	2.19	0.21	0.76	3.24	20.8	24.7	105.9
88	116.0	6.30	5.62	2.63	0.40	0.87	4.45	12.7	20.3	45.8
98	125.7	5.19	4.35	2.39	0.54	0.97	3.24	27.4	49.1	105.9
108	135.5	5.26	4.70	2.22	0.40	0.80	3.10	26.0	38.5	116.3
118	145.3	5.33	4.47	2.48	0.56	0.98	3.37	24.8	45.0	96.5
128	155.1	5.84	5.60	1.78	0.23	0.96	4.72	17.5	20.7	38.0
138	164.9	3.99	3.86	1.81	0.16	1.37	3.91	62.7	69.1	66.4
148	174.6	4.33	4.12	1.80	0.24	1.18	4.18	49.8	57.6	55.1
158	184.4	4.62	4.41	2.02	0.14	1.30	4.32	40.7	46.9	50.2

Nordstrandischmoor 1

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	6.2	5.65	4.85	2.29	0.54	0.94	4.18	20.0	34.6	55.1
14.5	17.9	5.30	4.51	2.23	0.55	0.97	3.91	25.4	43.8	66.4
26.5	32.7	5.54	4.69	2.51	0.55	0.99	3.78	21.5	38.9	72.9
36	44.4	5.27	4.48	2.18	0.59	1.23	4.05	26.0	44.8	60.5
49	60.4	5.82	5.01	2.34	0.55	0.95	4.18	17.7	31.1	55.1
58	71.5	5.63	4.82	2.24	0.58	1.07	4.18	20.2	35.3	55.1
66	81.4	5.76	4.90	2.34	0.60	1.13	4.18	18.5	33.5	55.1
75	92.5	5.94	5.17	2.31	0.54	1.04	4.45	16.3	27.9	45.8
85	118.1	5.93	5.44	2.43	0.33	1.00	4.58	16.4	23.0	41.7
95	128.8	6.73	6.11	2.68	0.36	0.87	4.58	9.4	14.5	41.7
105	139.4	7.31	6.84	2.52	0.30	0.87	4.85	6.3	8.7	34.6
115	150.1	7.12	6.74	2.53	0.26	0.90	4.85	7.2	9.4	34.6
125	160.7	7.12	7.00	2.41	0.15	0.93	4.72	7.2	7.8	38.0
130	166.1	7.08	7.05	2.21	0.12	1.01	7.41	7.4	7.5	5.9

Nordstrandischmoor 2

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	6.6	5.58	4.83	2.35	0.51	1.06	4.18	21.0	35.2	55.1
15	19.9	5.54	4.78	2.35	0.54	1.14	4.05	21.5	36.3	60.5
25	33.1	5.98	5.17	2.40	0.54	0.99	4.32	15.9	27.8	50.2
35	46.4	6.62	6.08	2.42	0.38	0.92	4.72	10.2	14.8	38.0
45	59.6	6.12	5.42	2.47	0.46	0.97	4.45	14.4	23.4	45.8

Süderoog 1

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
10	10.5	5.07	4.16	2.51	0.57	1.01	3.51	29.8	55.8	87.9
20	21.0	4.73	3.85	2.62	0.56	1.07	2.70	37.7	69.4	153.8
30	31.5	3.76	3.25	1.88	0.61	1.79	2.70	73.6	104.8	153.8
40	42.0	4.73	4.14	2.35	0.50	1.42	2.84	37.7	56.9	140.1
51	53.5	3.87	3.22	2.10	0.62	1.41	2.57	68.2	107.6	168.9
59	61.9	5.02	4.33	2.61	0.47	1.14	3.91	30.7	49.6	66.4
70	73.5	3.59	3.05	1.86	0.63	1.61	2.43	83.1	120.9	185.4
80	83.9	2.72	2.57	1.16	0.59	3.71	2.43	151.6	168.4	185.4
90	94.4	2.74	2.57	1.00	0.52	2.36	2.43	150.0	168.5	185.4
100	106.6	2.39	2.37	0.66	0.21	1.81	2.30	190.5	193.1	203.5
110	116.6	2.46	2.42	0.81	0.31	2.23	2.43	181.4	186.9	185.4
120	126.6	2.47	2.45	0.62	0.34	2.11	2.43	180.2	183.1	185.4
130	136.6	2.66	2.52	1.00	0.54	2.91	2.43	158.8	174.9	185.4
140	146.6	2.62	2.56	0.68	0.38	1.89	2.43	163.0	170.2	185.4
150	156.6	2.42	2.41	0.56	0.16	1.51	2.43	187.2	188.8	185.4
160	166.6	2.59	2.55	0.51	0.27	1.38	2.43	166.6	171.2	185.4
170	176.6	4.77	3.50	2.69	0.69	0.77	2.70	36.8	88.5	153.8
180	186.6	3.92	2.80	2.32	0.78	1.38	2.43	66.1	143.8	185.4
190	196.6	2.57	2.51	0.95	0.48	3.55	2.43	168.5	175.3	185.4

Süderoog 2

Kerntiefe		[phi]						[µm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
10	13.7	7.02	6.89	2.46	0.14	0.90	4.72	7.7	8.4	38.0
20	27.4	5.96	5.35	2.74	0.37	0.95	4.58	16.0	24.5	41.7
30	41.2	6.02	5.32	2.79	0.39	0.95	4.18	15.4	25.1	55.1
40	54.9	5.41	4.47	2.46	0.61	1.11	3.91	23.5	45.2	66.4
50	68.6	6.81	6.71	2.57	0.13	0.83	4.32	8.9	9.5	50.2
60	82.3	7.59	7.17	2.52	0.25	0.83	5.12	5.2	6.9	28.7
70	104.9	6.85	6.39	2.64	0.27	0.91	4.85	8.7	11.9	34.6
80	115.0	6.62	6.12	2.55	0.33	0.91	4.45	10.2	14.4	45.8
90	125.1	7.17	6.81	2.86	0.18	0.86	5.80	7.0	8.9	18.0
100	135.2	8.00	7.61	2.49	0.22	0.82	5.93	3.9	5.1	16.4
110	145.2	6.19	5.46	2.68	0.40	0.96	4.45	13.7	22.7	45.8
120	155.3	5.32	4.89	2.76	0.30	0.75	2.57	25.1	33.8	168.9
130	165.4	4.27	2.95	2.52	0.77	0.99	2.43	51.9	129.3	185.4
140	175.5	2.67	2.49	1.27	0.61	4.16	2.43	157.3	177.8	185.4
150	185.6	2.84	2.59	1.36	0.66	4.03	2.43	140.0	166.3	185.4
160	195.7	4.19	2.81	2.48	0.82	1.22	2.57	54.7	142.6	168.9

Langeness 1

Kerntiefe		[phi]						[μm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	5.9	6.37	6.31	2.12	0.12	1.00	4.72	12.1	12.6	38.0
10	11.8	5.86	5.43	2.14	0.35	0.91	4.45	17.2	23.2	45.8
15	17.8	6.91	6.76	2.11	0.20	0.99	5.12	8.3	9.2	28.7
19.5	23.1	6.40	5.98	2.40	0.31	0.96	4.85	11.8	15.9	34.6
25	29.6	6.26	5.74	2.51	0.36	0.91	4.72	13.0	18.8	38.0
30	35.5	6.47	6.02	2.51	0.31	0.92	4.72	11.3	15.5	38.0
35	41.4	6.91	6.71	2.25	0.22	0.92	4.85	8.3	9.5	34.6
40	47.3	6.52	6.31	2.45	0.21	0.90	4.58	10.9	12.6	41.7
45	53.3	7.26	7.21	2.23	0.12	0.96	7.68	6.5	6.8	4.9
50	59.2	6.79	6.74	2.23	0.13	0.95	4.72	9.1	9.3	38.0
55	65.1	7.07	7.00	2.37	0.11	0.99	7.55	7.4	7.8	5.4
60	71.0	6.91	6.41	2.51	0.32	0.97	4.99	8.3	11.7	31.5
65	76.9	6.94	6.83	2.34	0.15	0.94	4.85	8.1	8.8	34.6
70	82.8	6.81	6.64	2.20	0.20	0.96	4.85	8.9	10.0	34.6
75	88.8	6.78	6.57	2.42	0.20	0.93	4.85	9.1	10.6	34.6
79	93.5	6.99	6.84	2.43	0.16	0.92	4.85	7.9	8.7	34.6
85	104.6	6.62	6.34	2.49	0.23	0.91	4.58	10.1	12.3	41.7
90	109.4	7.23	6.62	2.64	0.34	0.88	4.85	6.7	10.2	34.6
95	114.3	7.46	6.87	2.67	0.31	0.86	4.99	5.7	8.5	31.5
99	118.1	6.69	6.06	2.67	0.37	0.88	3.91	9.7	14.9	66.4
104	123.0	6.78	6.20	2.74	0.34	0.88	3.78	9.1	13.6	72.9
109	127.8	5.51	4.62	2.52	0.59	1.03	3.51	21.9	40.7	87.9
114	132.7	6.09	5.30	2.62	0.49	0.94	3.78	14.7	25.4	72.9
119	137.5	7.00	6.46	2.64	0.31	0.87	4.85	7.8	11.3	34.6
124	142.4	7.10	6.71	2.64	0.23	0.88	4.72	7.3	9.5	38.0
129	147.2	7.15	6.96	2.49	0.17	0.90	4.72	7.0	8.0	38.0
135	153.1	7.02	6.77	2.60	0.19	0.88	4.72	7.7	9.2	38.0
140	157.9	7.12	7.04	2.48	0.12	0.92	4.85	7.2	7.6	34.6
145	162.8	6.72	6.55	2.46	0.19	0.90	4.72	9.5	10.7	38.0
150	167.6	6.79	6.70	2.06	0.16	1.04	5.53	9.1	9.6	21.7
155	172.5	6.08	5.91	2.22	0.19	0.89	4.58	14.7	16.6	41.7
160	177.3	6.31	6.18	2.25	0.18	0.90	4.45	12.6	13.8	45.8
165	182.2	4.15	3.34	1.73	0.75	1.57	3.10	56.4	98.9	116.3
171	188.0	5.67	5.39	2.26	0.25	0.78	3.37	19.6	23.9	96.5
176	192.8	6.37	6.40	2.32	0.09	0.93	3.51	12.1	11.8	87.9

Langeness 2

Kerntiefe		[phi]						[μm]		
[cm]	Teufe [cm]	mean	median	sorting	skewness	kurtosis	mode	mean	median	mode
5	6.9	5.68	4.99	2.57	0.46	0.94	3.37	19.5	31.6	96.5
15.5	21.3	5.27	4.53	2.27	0.53	0.96	3.37	26.0	43.3	96.5
25	34.3	6.02	5.28	2.39	0.51	0.98	4.45	15.4	25.8	45.8
33.5	46.0	6.10	5.50	2.38	0.42	0.94	4.58	14.6	22.1	41.7
45	61.8	6.64	6.28	2.38	0.29	0.91	4.72	10.0	12.9	38.0
56	76.9	6.74	6.50	2.45	0.21	0.89	4.58	9.4	11.1	41.7
65	89.3	7.14	6.82	2.48	0.24	0.88	4.85	7.1	8.9	34.6
75	105.6	6.69	6.23	2.51	0.32	0.86	4.58	9.7	13.3	41.7
85	115.3	6.60	5.98	2.63	0.37	0.87	4.58	10.3	15.8	41.7
95	125.0	6.27	5.76	2.58	0.34	0.86	4.32	13.0	18.4	50.2
105	134.7	5.71	4.87	2.63	0.51	1.00	3.51	19.1	34.1	87.9
115	144.4	5.63	4.84	2.53	0.52	0.99	3.37	20.2	35.0	96.5
125	154.1	5.96	5.44	2.63	0.36	0.87	3.24	16.1	23.1	105.9
135	163.8	4.75	3.63	2.36	0.73	1.08	3.10	37.2	80.5	116.3
145	173.5	4.91	3.85	2.40	0.68	0.98	3.10	33.3	69.4	116.3
155	183.2	5.32	4.39	2.43	0.60	0.86	3.37	25.0	47.8	96.5
164	192.0	5.21	4.23	2.44	0.63	0.92	3.37	27.1	53.2	96.5

A 3: Karbonat- + Organik-, Trockensubstanz-, Silikat- und Wassergehalt

Hooge 1

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.15			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	11.5	8.08	0.53	0.49	87.3
25	28.7	4.11	1.08	1.04	38.8
45	51.7	0.84	1.44	1.43	24.9
65	74.7	0.85	1.32	1.31	35.2
85	97.7	0.90	1.28	1.27	42.2
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		0.99			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
127	125.7	16.35	1.21	1.01	42.4
147	145.5	10.57	1.15	1.03	55.4
169	167.3	7.70	0.93	0.85	64.7
184	182.1	7.70	0.94	0.87	59.4
195	193.0	7.70	0.52	0.48	161.4

Hooge 2

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.30			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	13.0	8.42	0.84	0.77	77.1
30	39.0	1.68	1.35	1.32	28.4
50	64.9	1.99	1.36	1.33	33.3
70	90.9	0.95	1.26	1.25	42.7
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		0.98			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
115	112.7	1.00	1.38	1.37	38.0
135	132.3	10.11	1.66	1.49	27.0
155	151.9	13.98	1.41	1.21	33.9
175	171.5	13.98	0.92	0.79	73.3
195	191.1	13.98	1.07	0.92	58.7

Nordstrandischmoor 1

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.23			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	12.3	5.90	1.08	1.02	38.9
30	37.0	2.81	1.09	1.06	34.9
50	61.7	2.44	1.33	1.30	25.1
70	86.4	2.05	0.95	0.93	37.0
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.07			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
110	117.3	5.29	0.96	0.91	67.2
130	138.6	7.77	0.94	0.87	66.6
150	159.9	7.77	0.91	0.84	80.3
170	181.2	7.77	0.62	0.58	111.9
190	202.5	7.77	0.19	0.17	345.5

Nordstrandischmoor 2

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.33			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	13.3	4.63	0.69	0.66	60.9
30	40.0	3.08	1.04	1.01	41.8
55	73.3	3.08	0.13	0.12	1034.7
74	98.7	3.08	0.15	0.14	815.3
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.02			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
115	116.8	3.08	0.13	0.13	854.6
145	147.3	3.08	0.16	0.16	570.4
165	167.6	3.08	0.16	0.15	688.6
185	187.9	3.08	0.20	0.19	475.7
194	197.0	3.08	0.96	0.93	65.3

Süderoog 1

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.05			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	10.5	5.69	1.08	1.02	32.3
30	31.6	1.38	1.42	1.40	15.3
50	52.6	1.12	1.39	1.37	27.8
70	73.6	0.46	1.48	1.48	19.5
90	94.7	0.23	1.53	1.53	19.3
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		0.99			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
110	108.9	0.15	1.39	1.39	19.6
130	128.7	0.15	1.46	1.46	17.8
150	148.5	0.09	1.39	1.39	17.9
170	168.3	2.26	1.36	1.33	21.0
190	188.1	1.48	1.46	1.44	19.6

Süderoog 2

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.37			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	13.7	6.54	1.11	1.04	36.3
30	41.1	2.11	1.27	1.24	29.7
50	68.5	1.79	1.20	1.18	33.7
70	95.9	2.19	0.86	0.84	50.7
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.01			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
110	111.1	2.35	0.92	0.90	60.5
130	131.4	1.74	0.63	0.62	59.7
150	151.6	1.04	0.69	0.69	50.9
170	171.8	1.04	1.38	1.37	25.8
190	192.0	1.04	1.22	1.21	33.9

Langeness 1

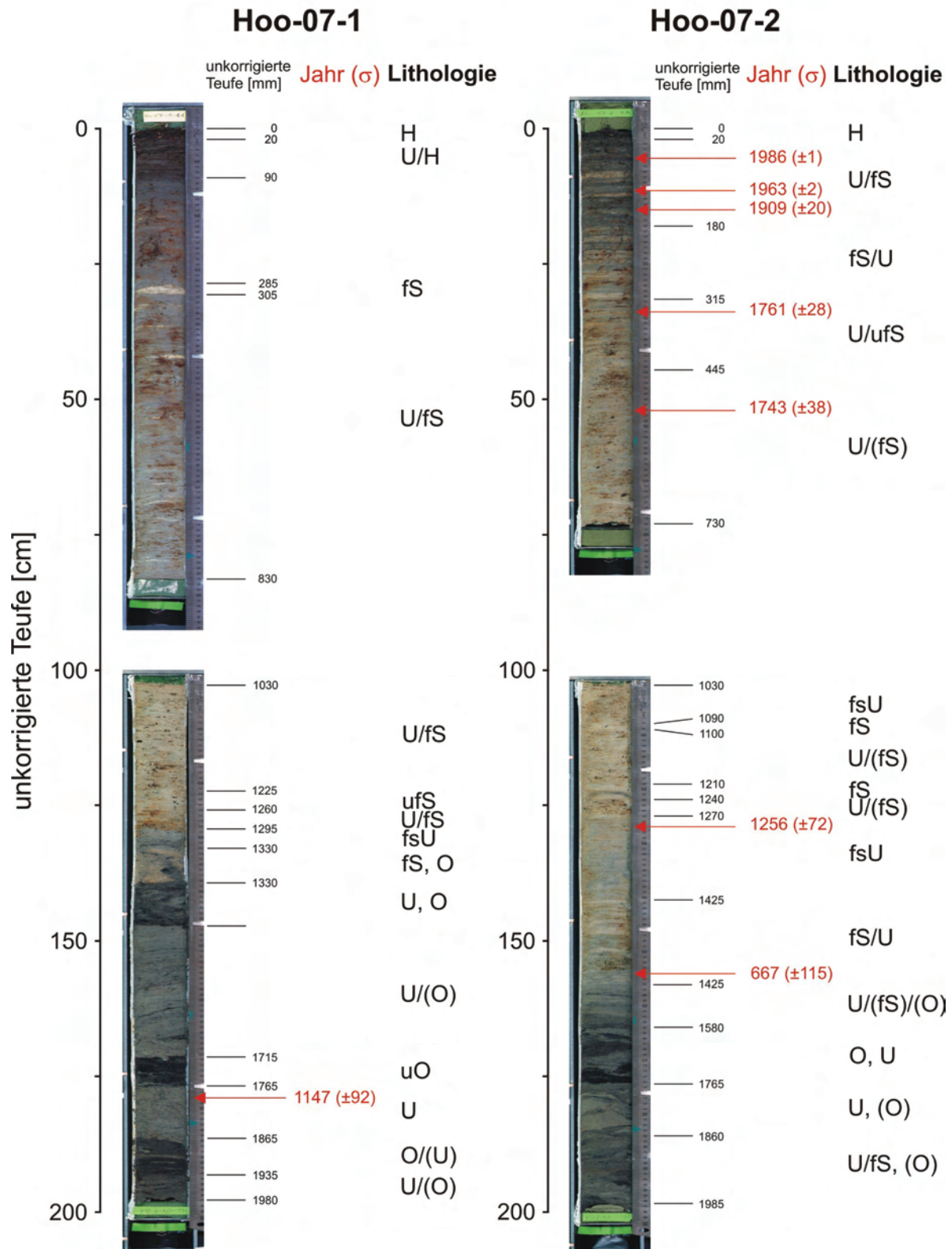
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.19			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	11.9	10.78	0.83	0.74	60.0
37	44.0	2.70	1.04	1.01	41.6
50	59.5	2.69	1.20	1.17	39.6
66	78.6	1.88	1.12	1.10	50.3
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		0.97			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
120	116.4	1.94	1.00	0.98	56.1
140	135.8	3.68	0.96	0.93	49.2
160	155.2	3.95	0.88	0.84	65.9
190	184.3	3.95	1.06	1.01	52.0

Langeness 2

Kernlängenfaktor [soll/ist]:		1.37			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
10	13.7	5.81	1.19	1.12	31.5
30	41.1	2.66	1.30	1.27	29.3
50	68.5	2.11	1.32	1.29	35.2
70	95.9	1.52	1.16	1.14	41.0
Kernlängenfaktor [soll/ist]:		0.97			
Kerntiefe [cm]	Teufe [cm]	%Ca-Karb+Org interpol	TS [g/cm ³]	TS-Silikat[g/cm ³]	H2O [%TS]
110	106.7	1.97	1.13	1.11	46.4
130	126.1	2.06	1.01	0.99	47.1
150	145.5	2.40	1.10	1.08	50.5
170	164.9	2.40	1.22	1.19	32.9
190	184.3	2.40	1.2191	1.19	31.0

A 4: Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse mit Datierungen

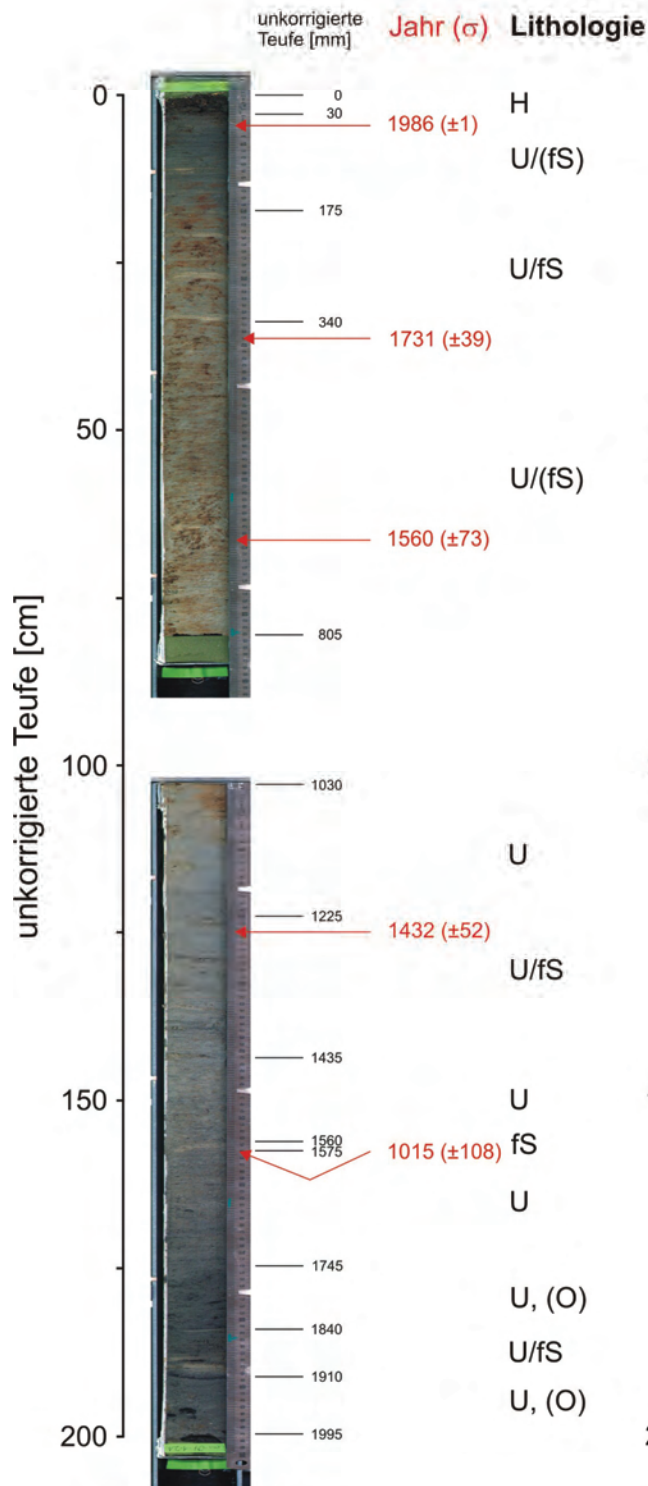
Hooge



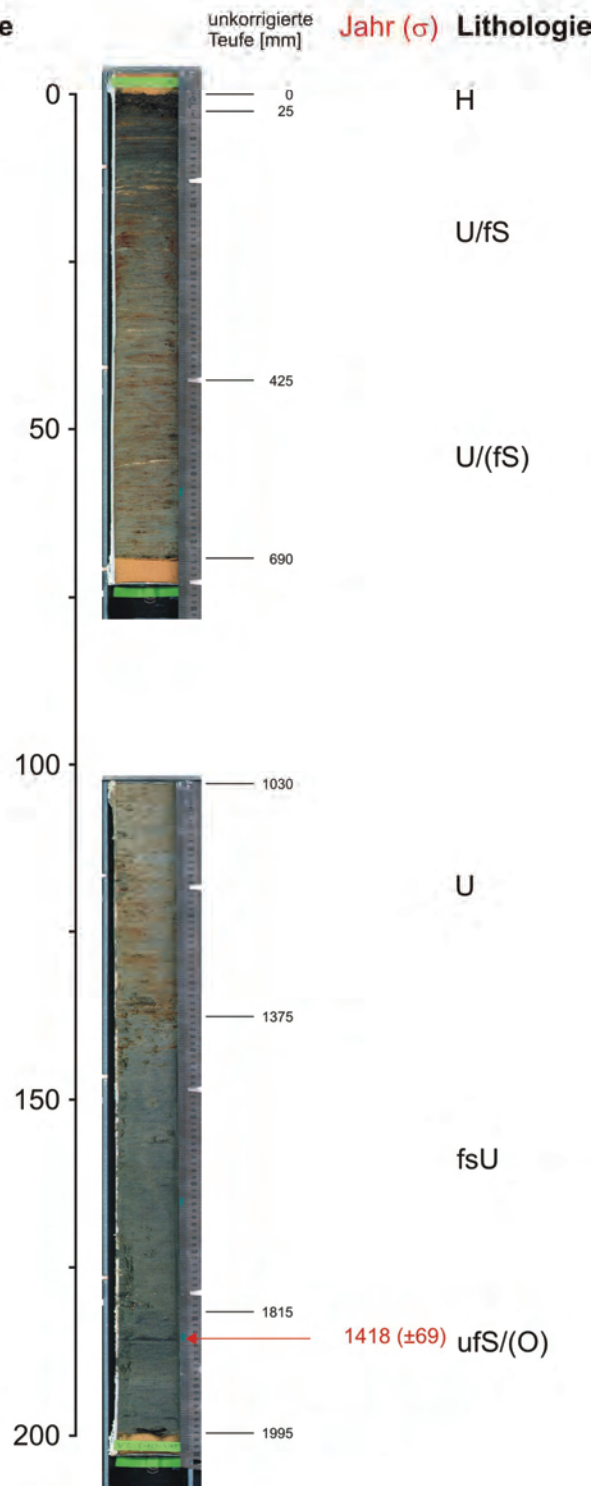
Legende:	H: Humus	..., ..: ungeschichtet
	O: organikreiche Lagen	.../...: Wechsellagerung
	T: Torf	(...): nur geringmächtige
	fS: Feinsand	Laminae < 5 mm,
	U: Silt	nicht dominant
	fs: feinsandig	
	u: siltig	

Langeness

Lan-07-1



Lan-07-2

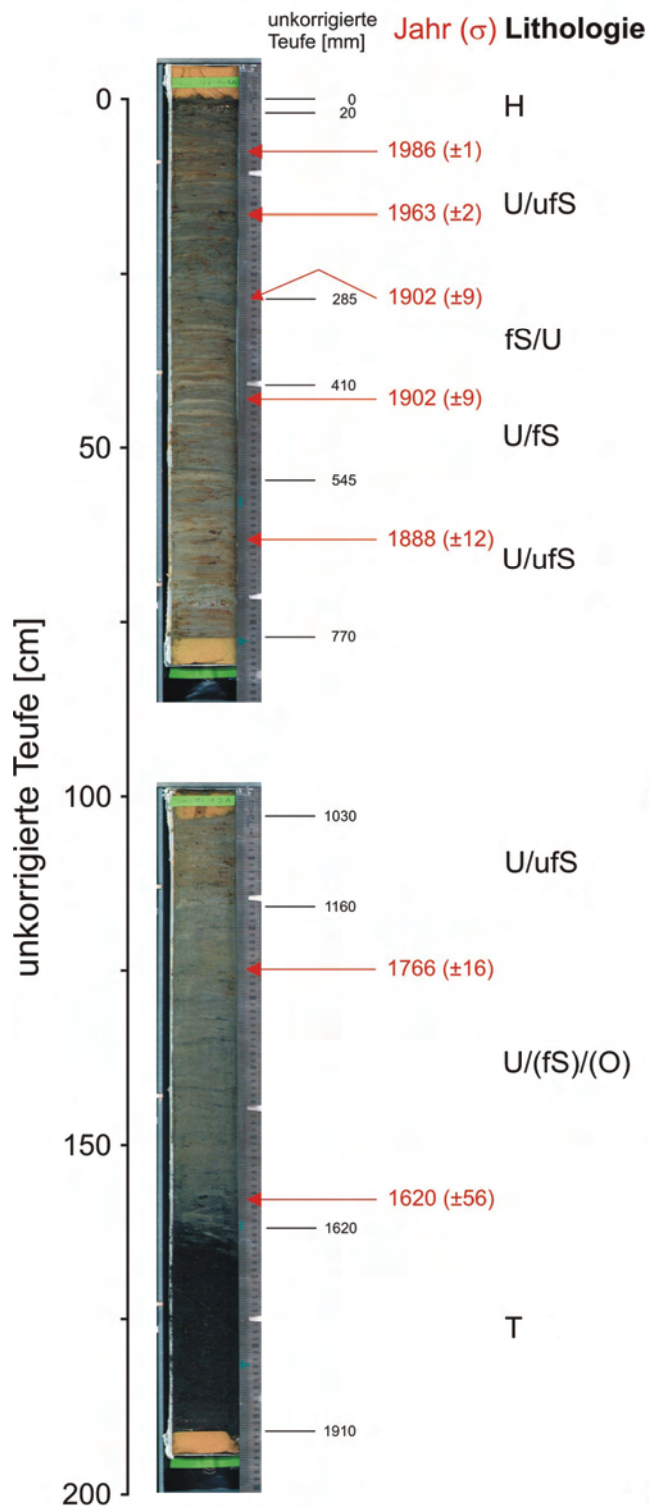


Legende: H: Humus
O: organikreiche Lagen
T: Torf
fS: Feinsand fs: feinsandig
U: Silt u: siltig

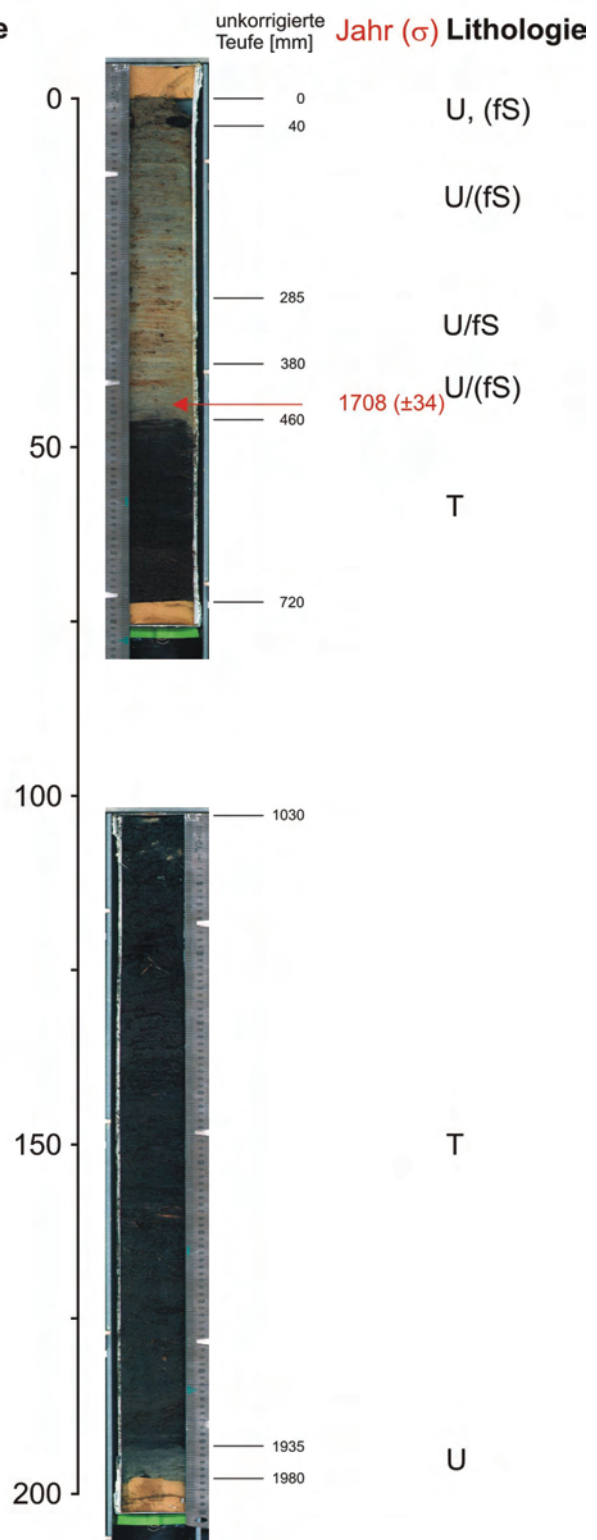
..., ...: ungeschichtet
.../...: Wechsellagerung
(...): nur geringmächtige
Laminae < 5 mm,
nicht dominant

Nordstrandischmoor

Nor-07-1



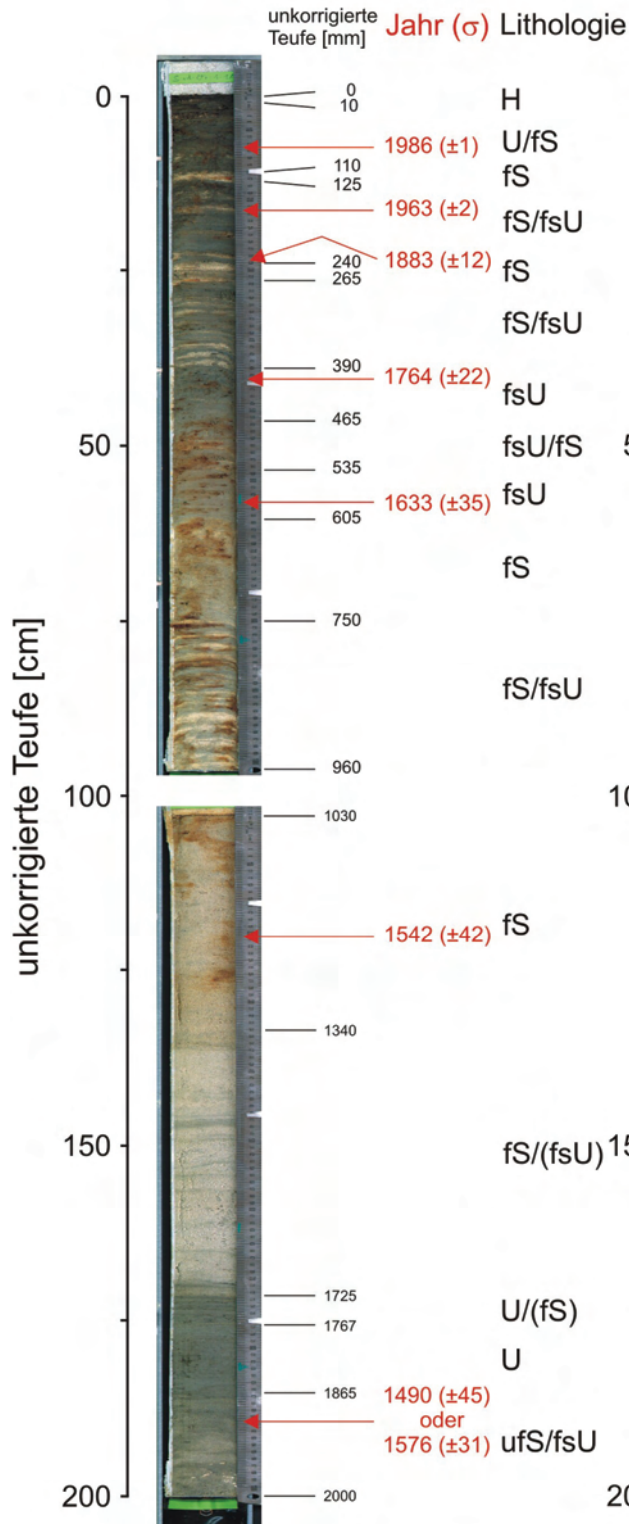
Nor-07-2



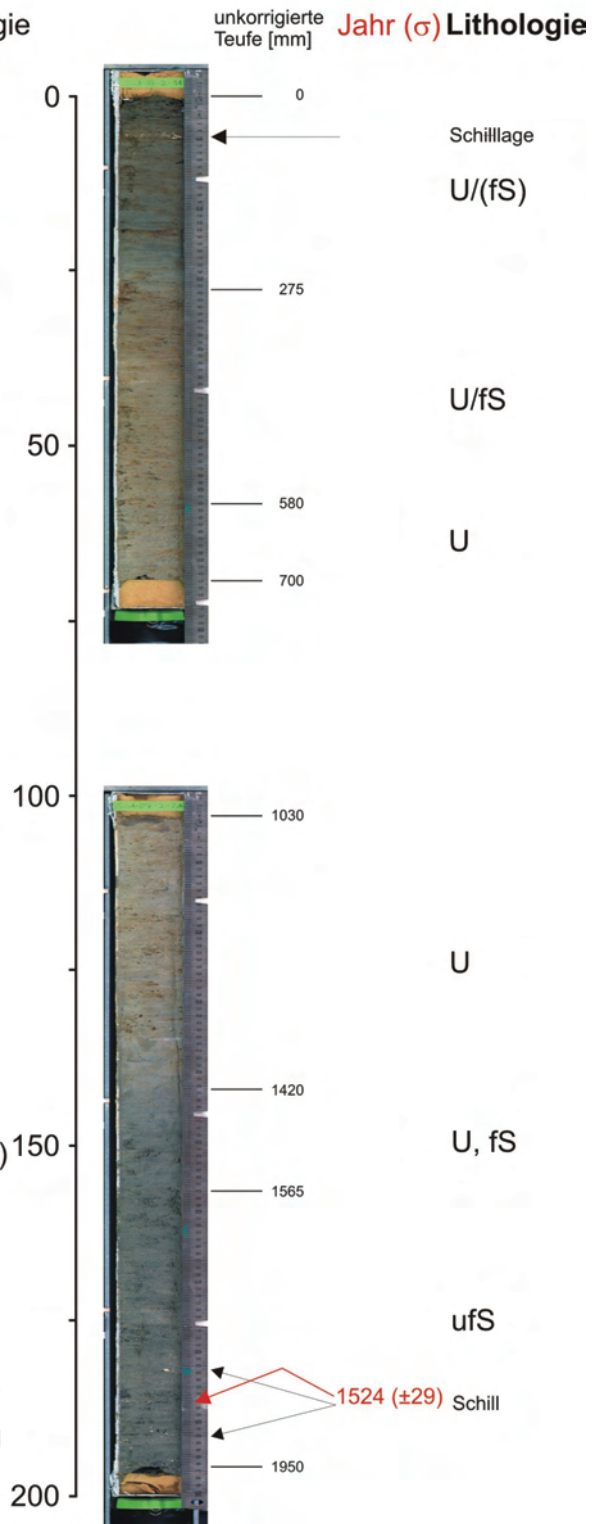
Legende: H: Humus
 O: organikreiche Lagen
 T: Torf
 fs: Feinsand fs: feinsandig
 U: Silt u: siltig
 ..., ..: ungeschichtet
 .../...: Wechsellagerung
 (...): nur geringmächtige Laminæ < 5 mm, nicht dominant

Süderoog

Süd-07-1



Süd-07-2



Legende:

H: Humus	..., ..: ungeschichtet
O: organikreiche Lagen	.../...: Wechsellagerung
T: Torf	(...): nur geringmächtige Laminae < 5 mm, nicht dominant
fs: Feinsand	fs: feinsandig
U: Silt	u: siltig

B 1: Sedimentfallen Hooge

Nr.	Rechts	Hoch	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	Veg.Höhe cm	"Land unter" [Anzahl]
			Umfeld	Falle	Abweichung			
1	3469103	6049616	1.577	1.578	0.00	260	10	7
2	3468921	6049742	1.586	1.554	-0.03	200	15	7
3	3468747	6049786	1.667	1.703	0.04	240	13	7
4	3468461	6049856	1.884	1.858	-0.03	130	35	7
5	3468500	6049569	1.714	1.716	0.00	130	30	7
6	3468832	6049230	1.554	1.572	0.02	190	5	7
7	3469280	6049386	1.540	1.523	-0.02	330	5	7
8	3469296	6049042	1.628	1.647	0.02	110	10	7
9	3469805	6049170	1.407	1.529	0.12	430	10	7
10	3470735	6048671	1.507	1.512	0.01	560	15	7
11	3470640	6048393	1.553	1.570	0.02	330	5	7
12	3470170	6048706	1.962	1.982	0.02	220	5	7
13	3470235	6049073	1.559	1.617	0.06	570	5	7
14	3470526	6049624	1.932	1.945	0.01	130	10	7
15	3471005	6049792	1.561	1.565	0.00	280	15	7
16	3471319	6049359	1.574	1.600	0.03	320	20	7
17	3470918	6049232	1.435	1.457	0.02	650	5	7
18	3470727	6049268	1.492	1.531	0.04	540	15	7
19	3471019	6048944	1.424	1.479	0.06	780	10	7
20	3470909	6048333	1.369	1.352	-0.02	520	5	7
21	3470874	6048066	1.575	1.583	0.01	350	10	7
22	3470609	6047907	1.832	1.850	0.02	60	10	7
23	3471058	6047653	1.960	2.044	0.08	150	10	7
24	3471811	6047640	1.944	1.958	0.01	90	10	7
25	3472436	6048043	1.790	1.703	-0.09	130	50	7
26	3472238	6048527	1.414	1.444	0.03	70	10	7
27	3472035	6048285	1.398	1.417	0.02	370	30	7
28	3471518	6048156	1.564	1.566	0.00	610	10	7
29	3471496	6048396	1.463	1.477	0.01	630	10	7
30	3471180	6048697	1.488	1.503	0.02	780	10	7

Nr.	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]
1	11.0	91.3	1.0	7.6	20.7	86.7	4.1	9.3
2	9.4	88.6	1.6	9.8	33.0	84.5	5.3	10.2
3	15.9	85.9	1.3	12.8	71.2	86.9	4.0	9.2
4	26.3	93.6	1.6	4.8	166.4	96.0	3.0	1.1
5	7.8	92.4	1.1	6.5	36.3	84.7	5.1	10.2
6	9.2	86.0	0.9	13.1	20.2	87.1	4.0	8.9
7	9.0	85.4	0.9	13.7	26.5	87.3	2.7	10.0
8	7.4	86.4	0.8	12.8	35.7	80.0	1.1	18.9
9					30.1	81.4	3.0	15.6
10	16.9	86.5	1.1	12.4	32.8	83.6	2.5	13.9
11	6.5	85.2	1.0	13.8	16.0	80.6	2.7	16.7
12	4.4	85.6	1.0	13.4	9.8	84.7	1.8	13.5
13	7.1	88.5	1.0	10.4	11.9	83.5	3.9	12.5
14	19.5	88.5	1.1	10.4	48.5	91.9	4.1	4.0
15	31.3	75.4	1.3	23.3	126.5	68.7	2.8	28.5
16	11.8	82.1	1.1	16.7	33.9	84.9	1.5	13.6
17					26.3	84.5	2.0	13.5
18	9.2	87.6	1.3	11.1	22.3	86.1	4.0	9.9
19					41.7	66.8	3.1	30.0
20	9.5	85.0	1.0	14.0	20.2	81.2	2.0	16.8
21	6.1	84.5	0.2	15.3	13.9	87.9	0.7	11.4
22	12.9	91.5	1.7	6.9	35.7	95.9	2.6	1.5
23	5.2	88.0	1.8	10.2	14.9	94.3	1.4	4.3
24	28.1	90.7	0.9	8.5	270.6	96.2	1.5	2.3
25	36.8	91.5	1.9	6.6	110.7	97.5	1.8	0.7
26	26.0	88.8	1.6	9.6	62.4	94.8	2.6	2.6
27	19.4	83.1	1.2	15.7	35.1	86.6	4.7	8.8
28	10.4	85.9	1.3	12.8	26.9	83.7	2.6	13.7
29	12.9	82.4	1.6	16.0	22.0	84.3	1.8	14.0
30	17.7	78.1	1.6	20.3	18.5	82.5	3.2	14.3

Nr.	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche			Median		Matte		Median [µm]
	Ton	Silt	Sand	[µm]	Ton	Silt	Sand	
1	4.4	62.1	33.5	29	6.4	76.4	17.2	21
2	10.6	65.7	23.7	30	9.5	81.0	9.5	11
3	6.7	45.1	48.2	59	5.7	46.8	47.5	56
4	10.4	57.6	32.0	38	3.2	36.0	60.8	80
5	9.2	63.6	27.3	40	7.5	75.7	16.8	16
6	9.5	51.7	38.8	39	5.1	62.4	32.5	34
7	15.2	68.4	16.4	11	6.4	72.4	21.2	20
8	11.7	71.1	17.2	22	5.2	58.8	36.0	31
9					11.2	79.1	9.7	12
10	3.2	43.0	53.8	86	11.8	66.5	21.7	21
11	7.3	86.5	6.2	13	11.6	77.2	11.2	13
12	16.1	79.0	4.9	10	5.9	69.4	24.7	24
13	12.8	74.0	13.2	13	5.7	69.1	25.2	26
14	14.8	60.2	25.0	18	5.2	50.2	44.6	52
15	4.4	53.7	41.9	37	6.3	50.7	43.0	48
16	14.4	62.2	23.4	17	6.9	66.7	26.4	20
17					4.8	59.4	35.8	35
18	17.2	75.0	7.8	11	5.7	73.2	21.1	27
19					3.2	44.0	52.8	72
20	9.4	72.7	17.9	12	4.0	51.3	44.7	50
21	12.9	81.0	6.1	13	5.2	69.5	25.3	27
22	12.9	63.4	23.7	23	3.8	48.6	47.6	59
23	8.3	74.8	17.0	15	2.9	37.1	60.0	85
24	9.4	46.4	44.2	50	2.5	30.3	67.3	98
25	4.3	54.9	40.9	46	2.5	26.4	71.1	90
26	3.7	50.6	45.7	52	5.4	68.9	25.7	31
27	9.1	54.7	36.2	37	5.1	62.8	32.1	35
28	4.9	63.5	31.6	30	5.8	71.9	22.3	24
29	9.5	48.4	42.1	41	5.6	69.5	24.9	25
30	9.0	49.9	41.2	39	4.9	61.3	33.8	35

Nr.	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
1	3.7	1.5	3.4	1.3
2	3.2	2.4	2.8	2.0
3	5.4	5.2	4.6	4.5
4	8.9	12.2	8.4	11.7
5	2.6	2.7	2.4	2.3
6	3.1	1.5	2.7	1.3
7	3.1	1.9	2.6	1.7
8	2.5	2.6	2.2	2.1
9		2.2		1.8
10	5.7	2.4	5.0	2.0
11	2.2	1.2	1.9	0.9
12	1.5	0.7	1.3	0.6
13	2.4	0.9	2.1	0.7
14	6.6	3.6	5.9	3.3
15	10.6	9.3	8.0	6.4
16	4.0	2.5	3.3	2.1
17		1.9		1.6
18	3.1	1.6	2.7	1.4
19		3.1		2.0
20	3.2	1.5	2.7	1.2
21	2.1	1.0	1.8	0.9
22	4.4	2.6	4.0	2.5
23	1.8	1.1	1.6	1.0
24	9.5	19.9	8.7	19.1
25	12.5	8.1	11.4	7.9
26	8.8	4.6	7.8	4.3
27	6.6	2.6	5.5	2.2
28	3.5	2.0	3.0	1.7
29	4.4	1.6	3.6	1.4
30	6.0	1.4	4.7	1.1

B 2: Sedimentfallen Nordstrandischmoor

Nr.	Rechts	Hoch	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	Veg.Höhe cm	"Land unter" [Anzahl]
			Umfeld	Falle	Abweichung			
1	3487236	6046725	1.966	1.959	-0.01	75	10	29
2	3486905	6046781	1.940	1.969	0.03	160	10	29
3	3486692	6046877	2.107	2.101	-0.01	85	5	29
4	3486828	6047012	1.964	2.040	0.08	45	5	29
5	3487121	6047131	1.972	1.972	0.00	60	5	29
6	3487482	6047173	1.710	1.764	0.05	190	10	29
7	3487735	6047119	1.793	1.779	-0.01	180	50	29
8	3487872	6046935	1.864	1.921	0.06	280	10	29
9	3488165	6046861	1.762	1.807	0.04	170	10	29
10	3488444	6046631	1.880	1.874	-0.01	250	10	29
11	3488530	6046356	1.969	2.011	0.04	360	30	29
12	3488548	6046186	1.946	2.002	0.06	230	10	29
13	3488444	6046098	2.256	2.338	0.08	120	10	29
14	3488229	6046173	2.264	2.335	0.07	60	10	29
15	3487540	6046864	1.679	1.743	0.06	250	5	29
16	3487858	6046725	1.827	1.885	0.06	320	5	29
17	3487656	6046568	2.152	2.171	0.02	65	15	29
18	3487763	6046463	2.281	2.310	0.03	45	5	29
19	3488062	6046335	2.200	2.285	0.08	110	10	29
20	3488206	6046479	1.760	1.827	0.07	300	15	29

Nr.	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]
1	43.6	91.3	2.6	6.2	89.5	91.6	6.6	1.9
2					72.65	91.8	5.9	2.3
3	27.5	89.0	3.0	8.0	169.8	89.9	5.6	4.5
4	37.6	93.5	2.6	4.0	129.6	94.4	3.9	1.7
5	41.6	91.4	2.3	6.3	110.0	95.4	3.1	1.5
6	40.0	89.3	2.3	8.5	79.6	84.4	8.4	7.2
7	39.7	88.7	1.6	9.7	118.3	87.6	6.4	5.9
8	24.9	88.6	1.6	9.8	70.1	86.0	7.8	6.3
9	45.0	90.9	1.5	7.6	72.5	91.3	6.0	2.7
10					69.6	87.5	6.7	5.8
11	34.0	86.9	1.6	11.5	57.0	84.0	7.4	8.6
12	24.4	90.1	1.7	8.2	77.2	88.3	6.7	5.0
13	29.8	87.9	2.0	10.1	68.4	91.7	5.6	2.7
14	39.7	90.0	2.3	7.6	92.0	94.1	4.8	1.1
15	38.2	88.9	1.8	9.3	70.7	88.5	6.7	4.8
16	30.9	88.7	2.0	9.2	65.6	87.1	7.0	5.9
17	34.1	78.9	0.8	20.3	80.3	93.7	4.9	1.4
18	38.1	93.2	2.4	4.4	98.4	94.8	4.6	0.6
19	38.6	92.2	3.8	4.1	75.2	93.8	4.7	1.5
20	41.0	87.5	1.7	10.8	65.1	87.2	7.5	5.3

Nr.	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
1	4.7	67.7	27.6	30	6.3	73.0	20.8	28
2					4.77	68.83	26.4	38
3	4.9	63.3	31.8	28	4.8	60.6	34.6	38
4	8.7	67.6	23.7	16	4.4	58.4	37.2	45
5	4.1	63.4	32.5	34	3.4	43.6	53.0	68
6	5.9	83.8	10.3	19	6.1	75.9	18.0	24
7	5.69	82.71	11.6	17	6.7	68.8	24.5	23
8	5.4	79.5	15.1	20	6.1	74.3	19.6	24
9	6.3	79.1	14.6	17	6.4	76.5	17.1	22
10					6.1	72.8	21.1	24
11	4.21	67.69	28.1	27	5.8	69.7	24.5	27
12	10.5	87.2	2.3	11	6.5	77.5	16.0	21
13	4.3	66.7	29	32	5.7	75.4	19.0	28
14	5.37	77.43	17.2	21	4.7	64.5	30.8	40
15	6.0	86.4	7.6	18	6.8	77.0	16.2	21
16	5.8	87.3	6.9	17	6.1	73.4	20.6	24
17	2.54	47.56	49.9	63	4.6	61.1	34.3	44
18	5.1	67.7	27.2	26	2.5	37.7	59.8	75
19	5.5	75.1	19.4	23	4.1	53.6	42.3	52
20	5.33	86.57	8.1	20	5.0	63.5	31.5	34

Nr.	Wachstum [mm]			
	Flasche	Matte	Flasche	Matte
	Gesamt	Gesamt	Silizikl.	Silizikl.
1	14.8	6.6	13.5	6.0
2		5.3		4.9
3	9.3	12.5	8.3	11.2
4	12.8	9.5	11.9	9.0
5	14.1	8.1	12.9	7.7
6	13.6	5.9	12.1	4.9
7	13.5	8.7	12.0	7.6
8	8.4	5.2	7.5	4.4
9	15.3	5.3	13.9	4.9
10		5.1		4.5
11	11.5	4.2	10.0	3.5
12	8.3	5.7	7.5	5.0
13	10.1	5.0	8.9	4.6
14	13.5	6.8	12.1	6.4
15	13.0	5.2	11.5	4.6
16	10.5	4.8	9.3	4.2
17	11.6	5.9	9.1	5.5
18	12.9	7.2	12.0	6.9
19	13.1	5.5	12.1	5.2
20	13.9	4.8	12.2	4.2

B 3: Sedimentfallen Süderoog

Nr.	Rechts	Hoch	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	Veg.Höhe cm	"Land unter" [Anzahl]
			Umfeld	Falle	Abweichung			
1	3471084	6037038	1.811	1.779	-0.03	320	50	40
2	3471148	6037043	1.769	1.765	0.00	280	50	40
3	3471220	6037064	1.714	1.723	0.01	280	20	40
4	3471072	6037111	1.924	1.824	-0.10	370	50	40
5	3471193	6037151	1.676	1.726	0.05	290	30	40
6	3471208	6037251	1.729	1.722	-0.01	190	30	40
7	3471096	6036956	1.760	1.739	-0.02	240	10	40
8	3471144	6036840	1.883	1.954	0.07	125	15	40
9	3471121	6037420	1.726	1.808	0.08	80	20	40
10	3471037	6037446	1.839	1.870	0.03	80	20	40
11	3471063	6036806	2.118	2.174	0.06	125	10	40
12	3470922	6036902	2.127	2.193	0.07	125	20	40
13	3470800	6037121	2.083	2.131	0.05	110	25	40
14	3470712	6037302	2.129	2.170	0.04	115	25	40
15	3470874	6037218	1.876	1.894	0.02	230	15	40
16	3470956	6037212	1.800	1.896	0.10	305	15	40
17	3470653	6037440	2.201	2.152	-0.05	125	30	40
18	3470709	6037638	2.192	2.232	0.04	30	40	40
19	3470847	6037492	1.728	1.794	0.07	100	10	40
20	3471430	6036953	2.227	2.245	0.02	60	15	40

Nr.	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]
1	16.2	85.2	7.7	7.1	191.9	81.9	6.7	11.4
2								
3	25.6	87.6	0.9	11.5	140.9	79.5	5.1	15.4
4	85.0	76.3	1.0	22.7	516.5	79.8	3.9	16.4
5	43.4	85.9	1.0	13.1	290.9	81.5	6.2	12.3
6	20.6	90.2	0.9	8.9	132.3	84.1	6.3	9.6
7					234.3	82.0	4.6	13.4
8					71.0	87.5	5.7	6.8
9	40.0	86.2	1.5	12.3	259.3	84.4	6.7	8.9
10	76.4	82.6	0.9	16.5	157.9	85.4	6.7	7.9
11					59.6	91.0	4.0	5.0
12					27.4	87.9	4.2	7.9
13					80.3	79.1	3.1	17.8
14					45.4	93.4	3.1	3.6
15	26.1	89.0	1.2	9.8	63.6	84.4	7.3	8.3
16	42.4	90.3	1.2	8.5	93.7	86.0	6.9	7.0
17					101.2	73.2	24.2	2.6
18	91.7	92.7	2.8	4.4	164.9	97.6	1.6	0.8
19	30.4	85.3	1.1	13.7	133.7	83.6	6.9	9.5
20					108.4	96.0	2.9	1.2

Nr.	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
1	4.9	78.2	16.9	23	8.1	88.7	3.2	14
2								
3	4.6	66.0	29.5	30	9.4	86.7	4.0	11
4	2.4	36.9	60.7	124	8.7	80.6	10.8	14
5	4.5	69.8	25.7	30	6.4	91.0	2.6	19
6	4.6	79.4	16.0	24	10.5	87.5	2.0	10
7					8.6	84.7	6.7	13
8					7.8	72.6	19.6	18
9	4.4	70.2	25.4	31	6.0	81.4	12.6	20
10	4.3	71.6	24.1	30	10.6	76.3	13.1	12
11					5.6	68.3	26.1	38
12					7.3	83.9	8.8	15
13					8.1	54.7	37.2	37
14					9.7	66.1	24.2	17
15	6.2	91.8	2.0	16	9.8	86.4	3.8	11
16	7.1	88.0	4.9	15	14.7	76.2	9.1	10
17					4.4	57.5	38.1	38
18	4.2	54.7	41.1	45	1.8	18.0	80.2	161
19	3.9	70.4	25.7	27	6.1	78.9	15.0	18
20					3.3	23.9	72.8	128

Nr.	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
1	5.5	14.1	4.7	11.6
2				
3	8.7	10.4	7.6	8.2
4	28.9	38.0	22.0	30.3
5	14.7	21.4	12.7	17.4
6	7.0	9.7	6.3	8.2
7		17.2		14.1
8		5.2		4.6
9	13.6	19.1	11.7	16.1
10	25.9	11.6	21.4	9.9
11		4.4		4.0
12		2.0		1.8
13		5.9		4.7
14		3.3		3.1
15	8.9	4.7	7.9	3.9
16	14.4	6.9	13.0	5.9
17		7.4		5.4
18	31.1	12.1	28.9	11.8
19	10.3	9.8	8.8	8.2
20		8.0		7.6

B 4: Sedimentfallen Nordermarsch

Nr.	Rechts	Hoch	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	Veg.Höhe cm	"Land unter" [Anzahl]
			Umfeld	Falle	Abweichung			
21	3472327	6055686	1.339	1.381	0.04	200	15	16
22	3472430	6056494	1.729	1.760	0.03	200	5	20
23	3471981	6056212	1.063	1.034	-0.03	230	5	20
24	3471612	6056305	1.742	1.717	-0.02	100	5	20
25	3471115	6056025	1.402	1.446	0.04	250	5	20
26	3471339	6055931	1.442	1.421	-0.02	300	20	20
27	3470418	6056242	1.739	1.767	0.03	60	10	20
28	3470146	6055854	1.630	1.641	0.01	210	10	20
29	3470636	6055871	1.378	1.345	-0.03	500	5	20
30	3470055	6055460	1.346	1.302	-0.04	300	35	20
31	3470436	6055359	1.466	1.458	-0.01	450	5	20
32	3471199	6055246	1.246	1.265	0.02	350	10	20
33	3471187	6054758	1.619	1.632	0.01	30	10	20
34	3470746	6054663	1.762	1.759	0.00	100	10	20
35	3470370	6054990	1.559	1.511	-0.05	60	10	20
36	3471455	6055099	1.410	1.412	0.00	100	5	20
37	3472503	6056126	1.415	1.409	-0.01	470	10	20
38	3472191	6055564	1.559	1.565	0.01	200	10	20
39	3472669	6055795	1.581	1.591	0.01	80	5	20
40	3473039	6056293	1.330	1.320	-0.01	270	5	20

Nr.	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]	Gesamt [g]	Silizikl. [%]	Karb. [%]	Org [%]
21	12.2	85.3	1.3	13.4	26.2	84.9	2.9	12.2
22	15.6	88.8	1.1	10.1	39.5	96.1	2.6	1.3
23	17.7	89.2	3.2	7.5	80.9	95.0	2.9	2.1
24	24.2	94.1	2.1	3.8	75.4	97.5	1.8	0.7
25	20.9	90.6	3.3	6.1	54.5	94.9	2.9	2.1
26	8.1	86.9	3.6	9.5	42.2	86.7	5.2	8.1
27	37.1	93.9	2.8	3.3	63.7	95.4	2.6	2.0
28	21.7	67.7	0.8	31.5	56.8	91.9	2.0	6.1
29	13.4	86.2	1.9	11.9	26.8	88.1	3.9	8.1
30	10.3	82.2	1.6	16.1	53.2	90.2	3.4	6.4
31	7.7	85.7	3.0	11.3	14.6	86.0	5.8	8.2
32	11.6	85.3	1.1	13.7	18.6	85.7	3.5	10.8
33	21.2	85.9	2.1	12.0	76.8	93.8	2.1	4.1
34	12.7	87.6	3.7	8.7	29.0	94.7	3.2	2.2
35	14.0	88.0	4.7	7.2	27.0	93.6	3.3	3.1
36	13.3	82.7	1.2	16.1	32.7	90.5	3.2	6.2
37	7.5	85.7	1.4	12.8	47.7	84.6	4.3	11.1
38	14.4	85.5	1.4	13.0	47.3	88.8	4.5	6.7
39	10.3	88.3	2.2	9.4	26.3	90.1	2.8	7.0
40	11.8	86.4	1.7	12.0	27.9	88.2	3.3	8.5

Nr.	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche		Median		Matte		Median	
	Ton	Silt	Sand	[µm]	Ton	Silt	Sand	[µm]
21	8.6	70.4	21.0	17	8.1	78.4	13.5	14
22	10.6	65.7	23.7	17	4.8	56.1	39.1	44
23	16.8	64.6	18.6	11	6.1	67.7	26.2	25
24	10.3	47.2	42.5	46	3.7	43.4	52.9	69
25	14.0	65.5	20.5	14	4.7	58.8	36.5	43
26	5.3	76.0	18.7	30	5.8	69.4	24.8	27
27	4.9	55.7	39.4	41	3.3	37.5	59.2	78
28	8.6	54.5	36.9	30	5.5	68.6	25.9	26
29	7.8	79.3	12.9	15	8.7	81.7	9.6	12
30	5.8	41.2	53.0	88	4.9	62.0	33.1	37
31	9.5	82.8	7.8	12	6.9	75.5	17.6	20
32	16.1	63.9	20.0	12	5.2	63.9	31.0	32
33	8.8	63.6	27.6	23	6.6	68.2	25.2	24
34	5.2	68.3	26.5	32	5.3	63.0	31.7	35
35	12.2	56.7	31.1	27	5.5	62.1	32.4	32
36	16.1	69.7	14.2	11	6.1	70.1	23.8	25
37	17.0	67.9	15.1	11	5.8	68.3	25.9	27
38	15.1	68.4	16.5	12	6.0	70.2	23.8	25
39	5.5	73.4	21.1	25	6.0	70.3	23.7	23
40	16.3	67.5	16.2	12	5.3	64.4	30.3	31

Nr.	Wachstum [mm]			
	Flasche	Matte	Flasche	Matte
	Gesamt	Gesamt	Silizikl.	Silizikl.
21	4.1	1.9	3.5	1.6
22	5.3	2.9	4.7	2.8
23	6.0	5.9	5.4	5.6
24	8.2	5.5	7.7	5.4
25	7.1	4.0	6.4	3.8
26	2.8	3.1	2.4	2.7
27	12.6	4.7	11.8	4.5
28	7.4	4.2	5.0	3.8
29	4.6	2.0	3.9	1.7
30	3.5	3.9	2.9	3.5
31	2.6	1.1	2.3	0.9
32	3.9	1.4	3.4	1.2
33	7.2	5.6	6.2	5.3
34	4.3	2.1	3.8	2.0
35	4.8	2.0	4.2	1.9
36	4.5	2.4	3.7	2.2
37	2.5	3.5	2.2	3.0
38	4.9	3.5	4.2	3.1
39	3.5	1.9	3.1	1.7
40	4.0	2.0	3.5	1.8

B 5: Sedimentfallen Langeness

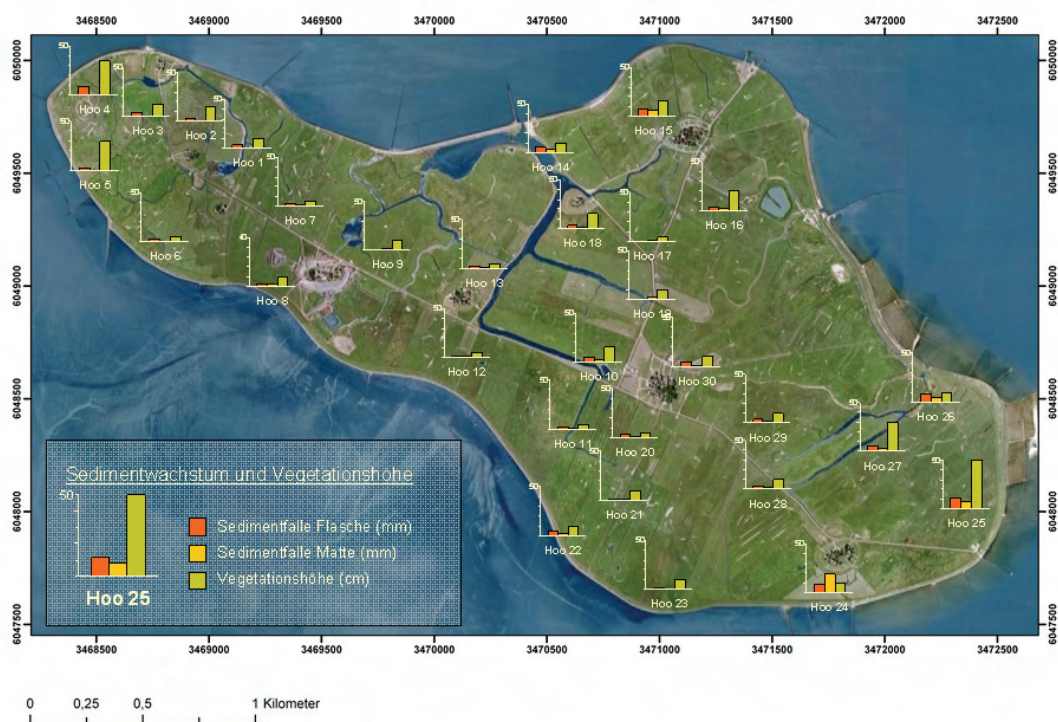
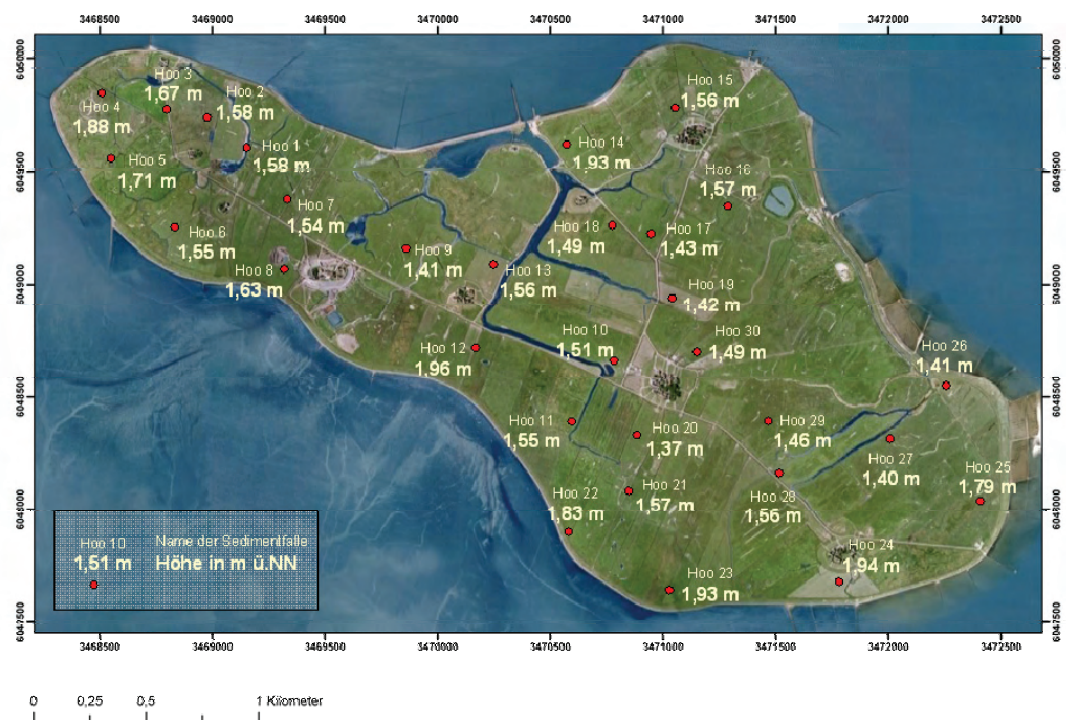
Nr.	Rechts	Hoch	Topographische Höhe [m ü NN]			Abstand Ufer [m]	Veg.Höhe cm	"Land unter" [Anzahl]
			Umfeld	Falle	Abweichung			
1	3477084	6057344	1.493	1.548	0.06	630	5	16
2	3477318	6057698	1.849	1.864	0.02	470	5	16
3	3477332	6057411	1.434	1.518	0.08	650	5	16
4	3477481	6057103	1.605	1.605	0.00	150	10	16
5	3476918	6057866	2.438	2.446	0.01	100	5	16
6	3476818	6057565	1.767	1.768	0.00	370	5	16
7	3476934	6057273	1.434	1.437	0.00	670	5	16
8	3477150	6056937	1.629	1.631	0.00	230	10	16
9	3477345	6056828	1.925	1.915	-0.01	60	5	16
10	3476697	6056668	2.087	2.064	-0.02	30	35	16
11	3476333	6056686	1.982	1.999	0.02	100	5	16
12	3476065	6056699	1.586	1.590	0.00	300	5	16
13	3476054	6057149	1.615	1.612	0.00	430	15	16
14	3476383	6057319	1.620	1.620	0.00	400	5	16
15	3475816	6057222	1.665	1.676	0.01	300	10	16
16	3475832	6056928	1.622	1.608	-0.01	600	10	16
17	3475346	6056606	1.378	1.407	0.03	270	5	16
18	3475714	6056448	1.786	1.784	0.00	160	10	16
19	3474856	6056959	1.805	1.801	0.00	200	10	16
20	3474954	6056649	1.435	1.447	0.01	530	10	16

Nr.	Sediment Flasche				Sediment Matte			
	Gesamt	Silizikl.	Karb.	Org	Gesamt	Silizikl.	Karb.	Org
	[g]	[%]	[%]	[%]	[g]	[%]	[%]	[%]
1	8.4	84.8	5.6	9.6	21.0	89.6	3.2	7.1
2	9.9	82.1	1.0	16.9	24.6	89.6	3.2	7.2
3	10.7	81.1	1.5	17.4	18.1	88.8	3.9	7.3
4	12.6	89.7	3.1	7.2	28.7	93.1	3.1	3.8
5	24.9	95.8	2.2	1.9	91.0	97.5	2.0	0.6
6	13.7	89.7	1.2	9.1	33.3	94.5	2.7	2.8
7	8.1	87.1	2.7	10.2	24.6	85.5	4.8	9.7
8	9.3	86.7	4.3	9.0	23.0	89.6	4.1	6.3
9	19.9	93.0	0.9	6.1	51.4	96.2	3.0	0.8
10	18.3	91.3	2.4	6.3	134.2	94.8	3.3	1.9
11	14.8	89.7	2.4	8.0	36.1	94.9	3.3	1.8
12	12.1	89.2	1.1	9.7	36.4	92.3	3.0	4.7
13					40.5	85.7	3.0	11.3
14	10.4	87.4	1.0	11.7	56.3	88.1	3.5	8.4
15					56.9	95.0	3.3	1.7
16	9.5	88.0	0.9	11.0	30.9	88.2	3.4	8.3
17	9.0	87.5	2.0	10.5	21.9	84.9	3.5	11.6
18	11.9	80.7	1.1	18.2	40.0	95.8	1.5	2.8
19	20.9	92.8	0.7	6.5	86.0	96.9	2.2	0.9
20	10.6	86.6	1.6	11.8	31.5	85.7	2.0	12.3

Nr.	Korngrößenverteilung [%]							
	Flasche				Matte			
	Ton	Silt	Sand	Median [µm]	Ton	Silt	Sand	Median [µm]
1	7.0	76.1	16.9	21	4.7	64.1	31.2	36
2	6.3	80.4	13.3	21	4.3	58.4	37.3	42
3	6.2	76.0	17.8	23	4.8	64.3	30.9	34
4	8.3	77.9	13.8	14	4.8	59.4	35.9	39
5	5.0	42.7	52.3	66	2.1	23.2	74.7	88
6	8.4	78.5	13.1	14	5.3	66.6	28.2	33
7	18.0	72.1	9.9	10	5.3	68.1	26.6	29
8	18.9	73.1	8.0	7	5.1	66.0	28.9	32
9	6.2	66.7	27.1	25	4.1	49.7	46.2	55
10	7.9	64.5	27.6	20	3.8	43.6	52.6	68
11	14.8	61.8	23.4	13	4.0	48.0	48.0	59
12	5.2	70.7	24.1	27	4.9	63.5	31.6	34
13					3.4	49.9	46.7	57
14	13.9	75.9	10.2	10	5.9	70.5	23.6	23
15					4.1	55.9	40.0	49
16	19.0	73.2	7.8	9	6.2	69.8	24.0	24
17	6.0	64.3	29.7	27	4.8	62.2	33.0	36
18	15.7	70.6	13.7	10	4.8	58.6	36.6	38
19	11.3	51.0	37.7	37	3.2	41.6	55.2	71
20	7.0	73.1	19.9	19	7.6	73.7	18.7	18

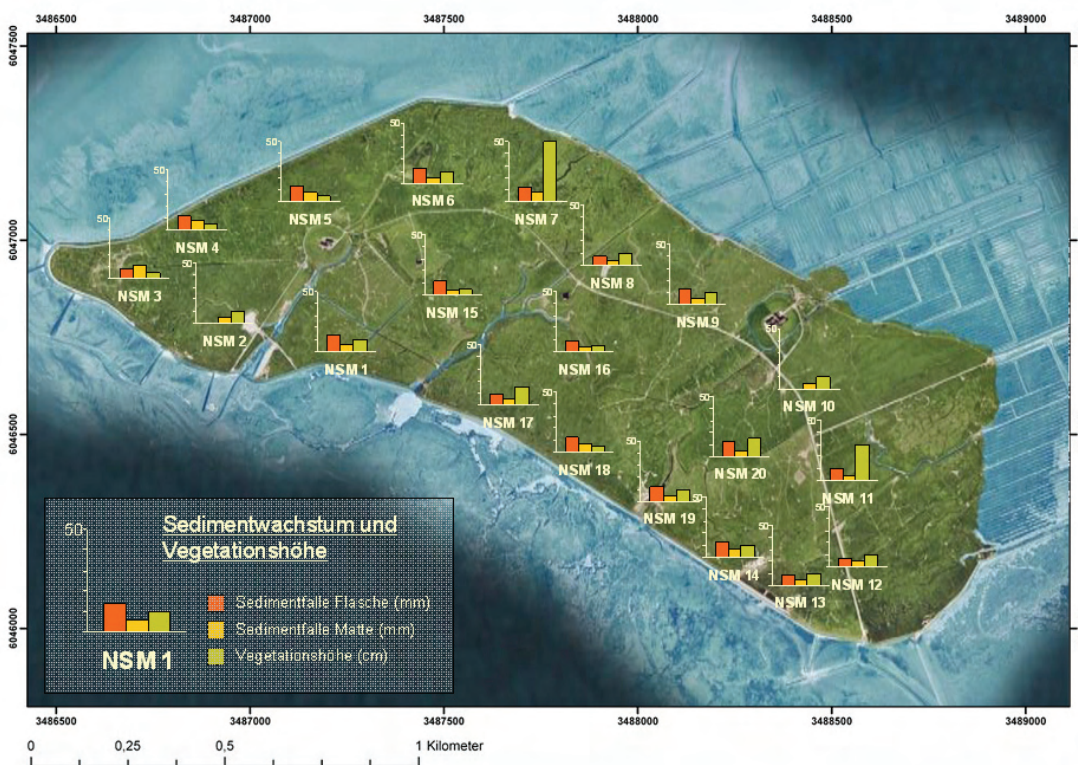
Nr.	Wachstum [mm]			
	Flasche Gesamt	Matte Gesamt	Flasche Silizikl.	Matte Silizikl.
1	2.9	1.5	2.4	1.4
2	3.3	1.8	2.7	1.6
3	3.6	1.3	2.9	1.2
4	4.3	2.1	3.8	2.0
5	8.5	6.7	8.1	6.5
6	4.7	2.4	4.2	2.3
7	2.8	1.8	2.4	1.5
8	3.2	1.7	2.7	1.5
9	6.7	3.8	6.3	3.6
10	6.2	9.9	5.7	9.4
11	5.0	2.7	4.5	2.5
12	4.1	2.7	3.7	2.5
13		3.0		2.6
14	3.5	4.1	3.1	3.6
15		4.2		4.0
16	3.2	2.3	2.8	2.0
17	3.0	1.6	2.7	1.4
18	4.0	2.9	3.2	2.8
19	7.1	6.3	6.6	6.1
20	3.6	2.3	3.1	2.0

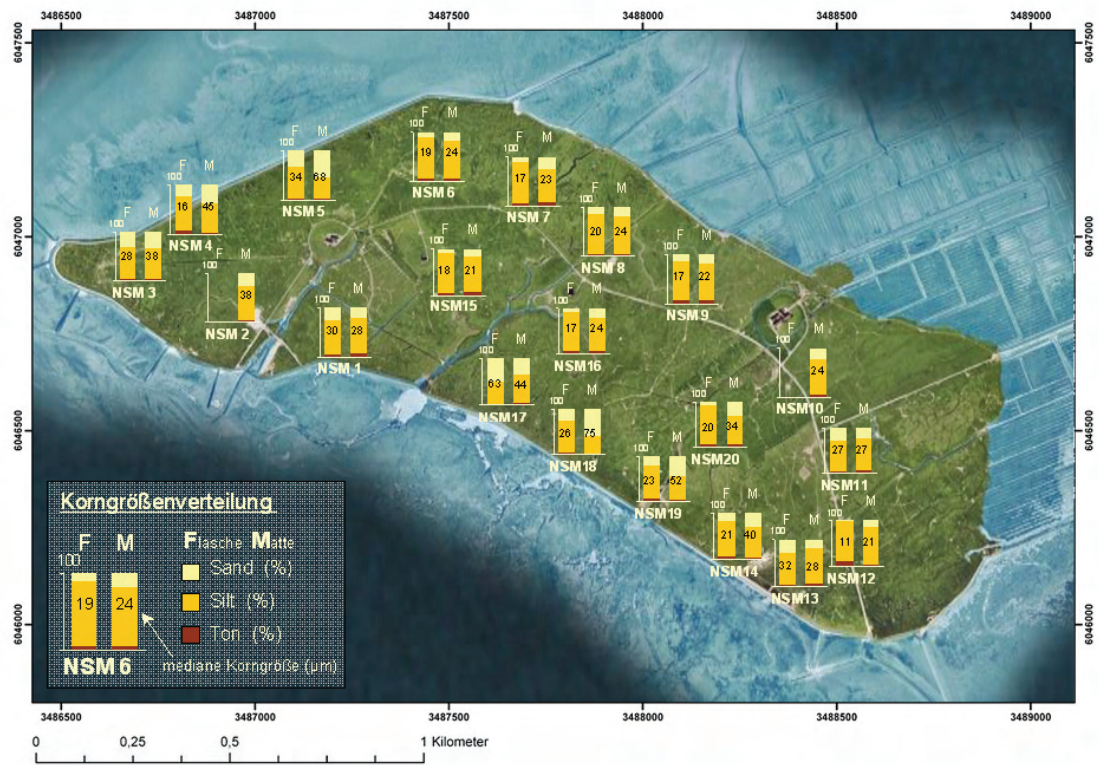
B 6: Karten Hooge



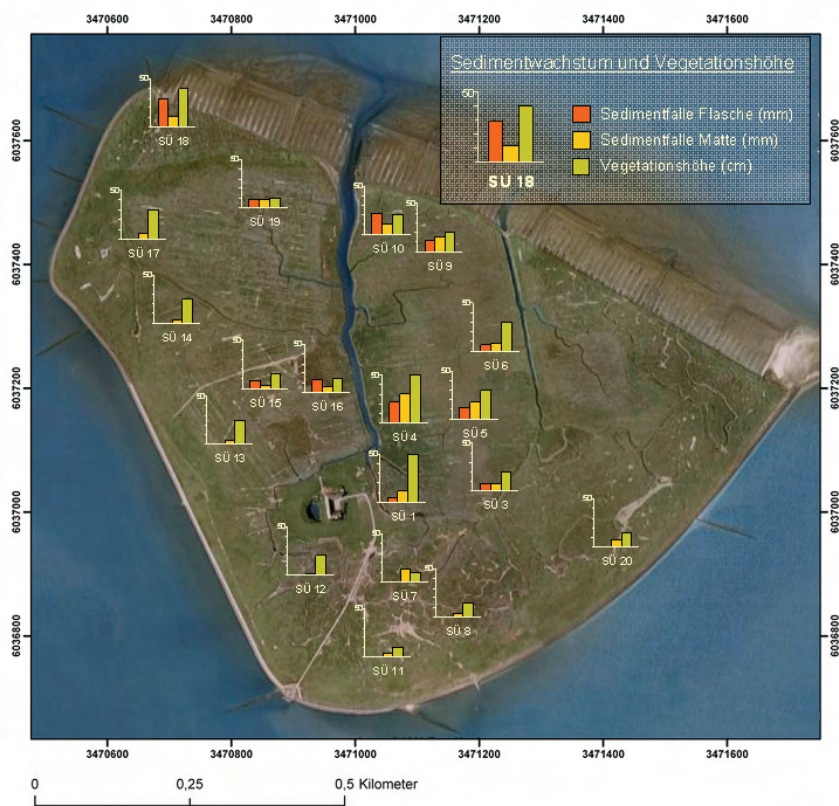
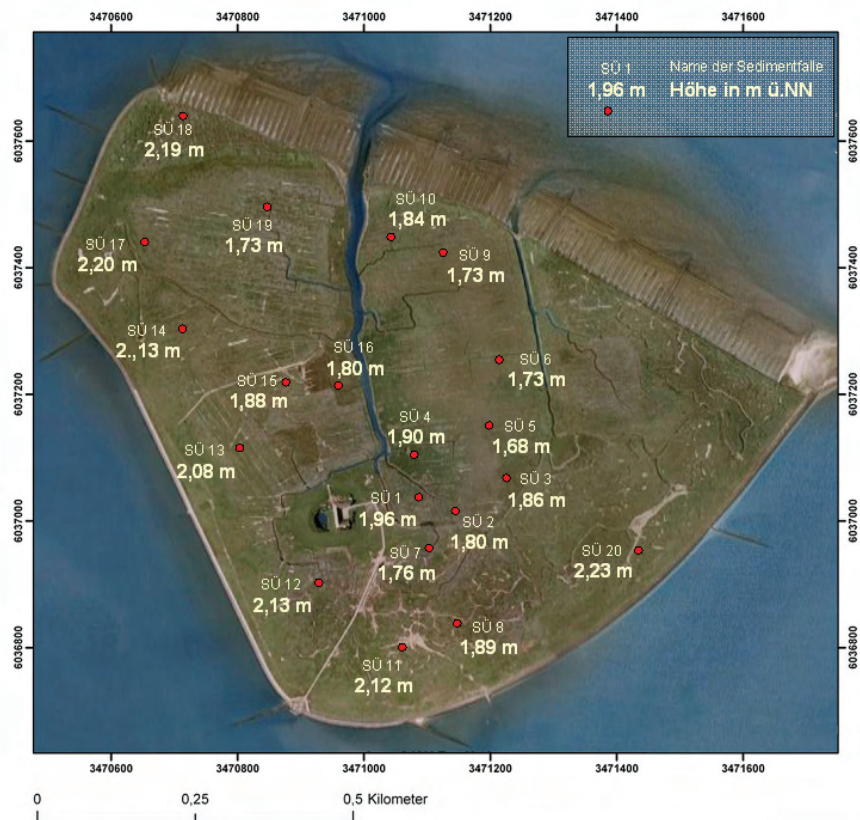


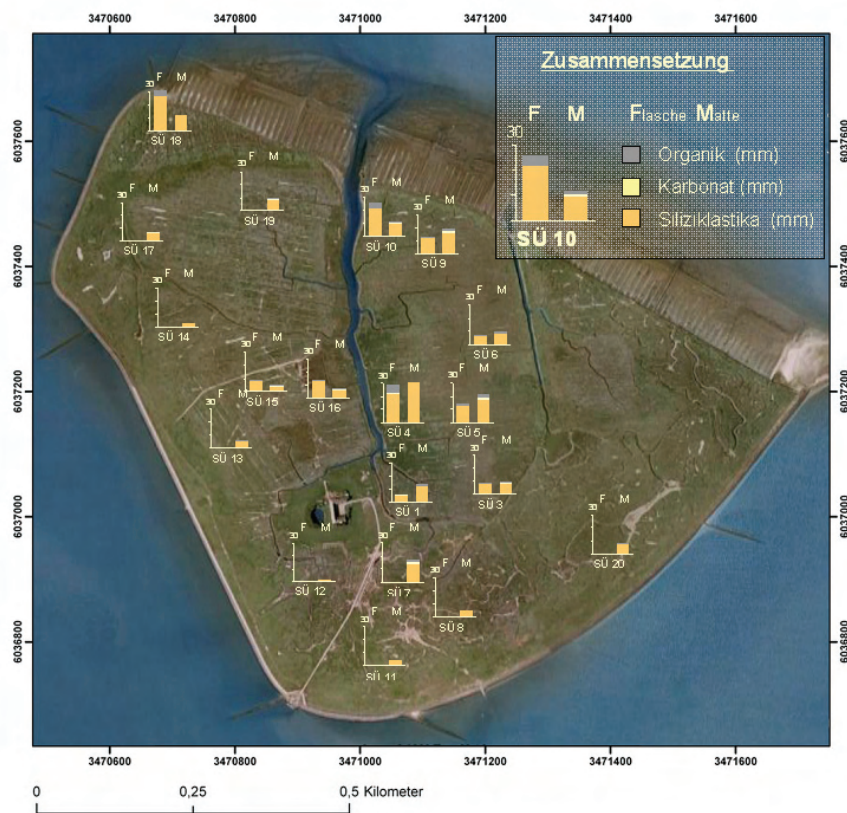
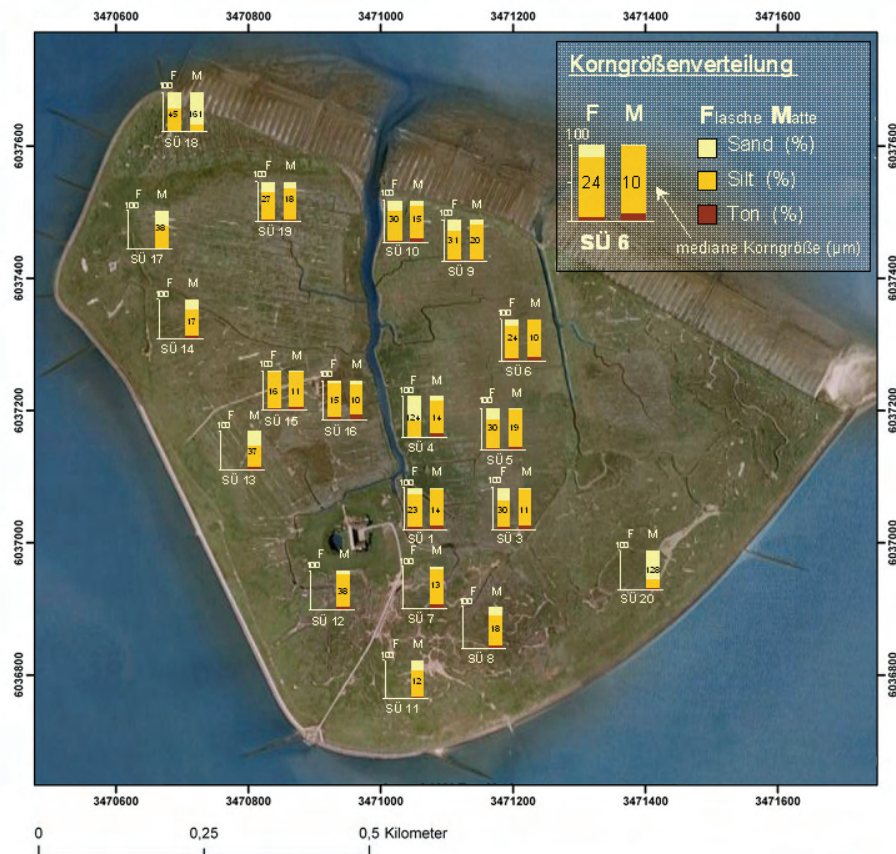
B 7: Karten Nordstrandischmoor



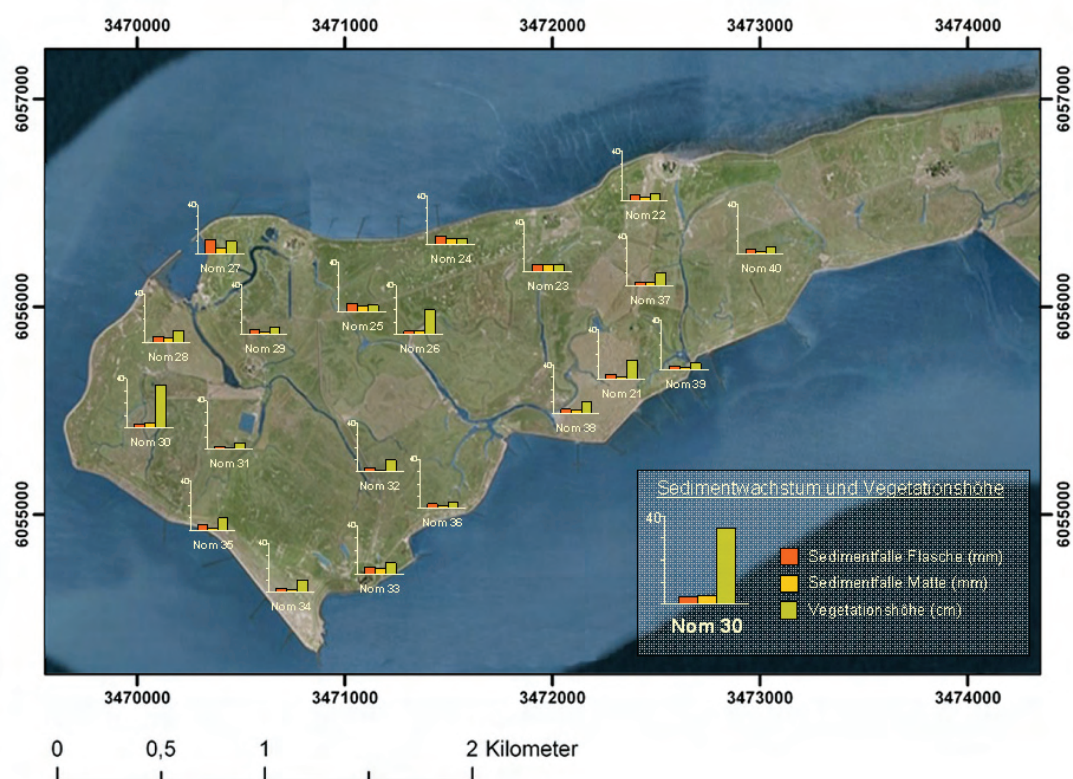
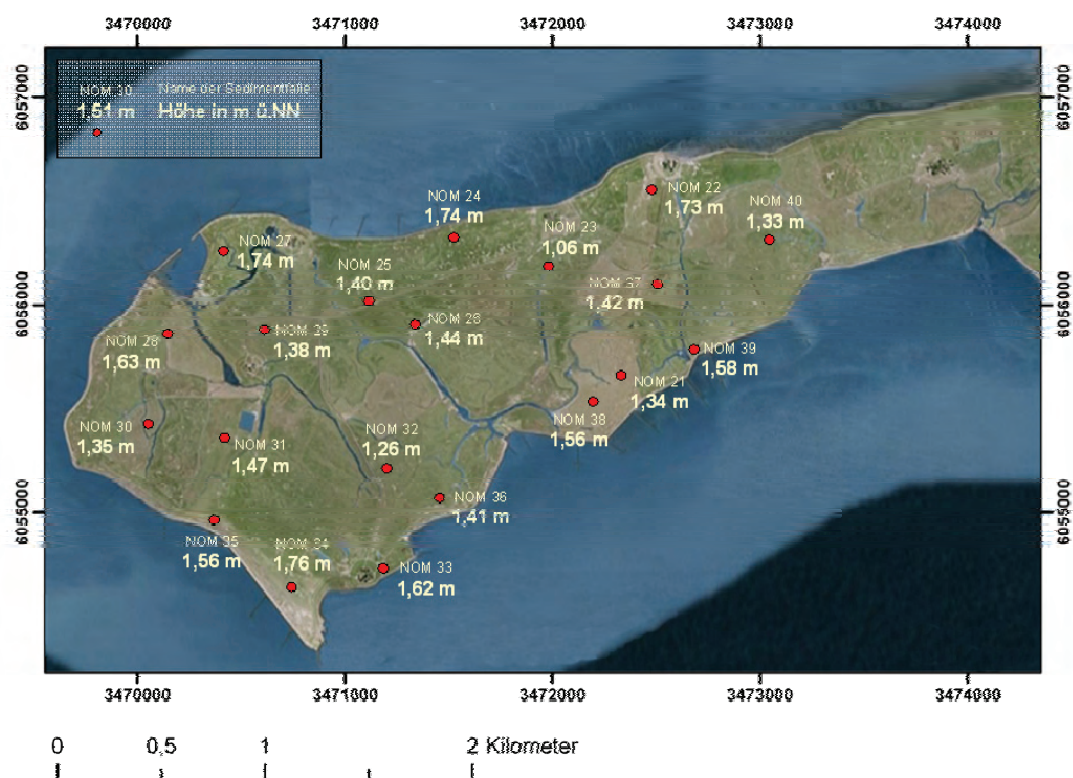


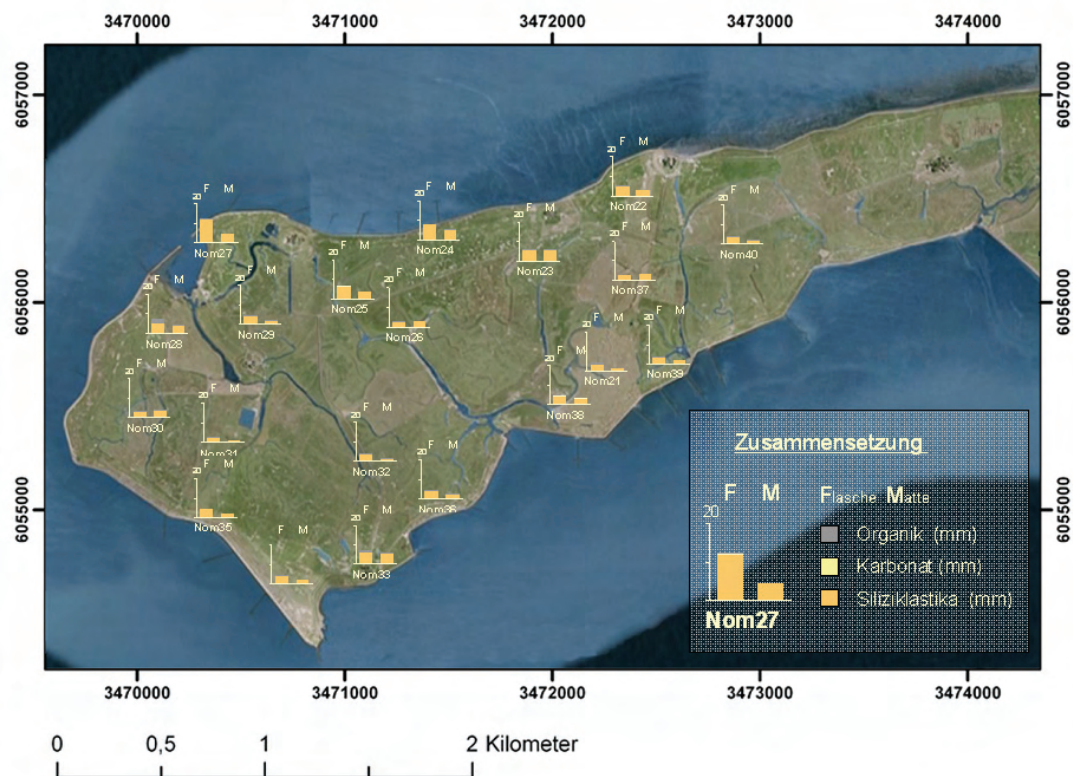
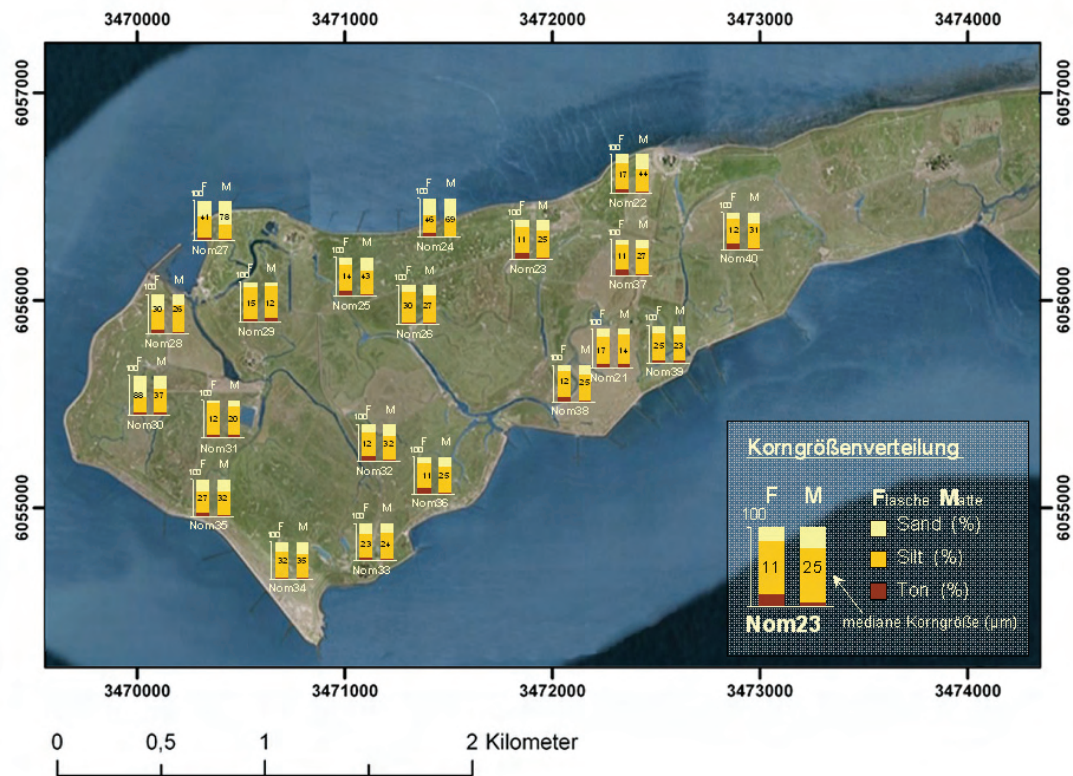
B 8: Karten Süderoog





B 9: Karten Nordmarsch





B 10: Karten Langeness

