


**Regionale Infrastrukturmaßnahme Ems
Flexibilisierung der Staufunktion des Emssperrwerks /
Umsetzung von Artikel 18 Masterplan Ems 2050**


Unterlage I

**Anlagenband 1
Bodensalzgehalte an ausgewählten Auwaldstandorten im Vorland
der Tideems**

**Antragssteller:
Landkreis Emsland**



Rev.-Nr. 2-0	15.01.2020	D. Wolters	D. Wolters
Version	Datum	geprüft	freigegeben 

Antragssteller			
	Landkreis Emsland Ordeniederung 1 49716 Meppen	Ansprechpartner AG	M. Kruse
		Tel.:	+49 (0)5931 44-4014
		E-Mail:	martina.kruse@emsland.de

Auftragnehmer			
	IBL Umweltplanung GmbH Bahnhofstraße 14a 26122 Oldenburg Tel.: +49 (0)441 505017-10 www.ibl-umweltplanung.de	Zust. Abteilungsleitung	D. Wolters
		Projektleitung:	Dr. C. Hinz, D. Wolters
		Bearbeitung:	C. Mieth, Dr. C. Hinz, Dr. J. Stecher, A. Buck, A. Look
		Projekt-Nr.:	1297

Inhalt

1	Anlass und Aufgabenstellung	1
2	Methodik	1
3	Ergebnisse	7
4	Diskussion.....	10
4.1	Auwaldstandorte Nüttermoor bis Borsum.....	12
4.2	Salz- und Chloridgehalte im Verlauf der Tideems (Auwaldstandorte)	16
5	Literatur.....	18
6	Anhang	19

Abbildungen

Abbildung 2-1	Lage der untersuchten Auwaldstandorte	2
Abbildung 2-2:	Beispiel eines Beprobungspunktes mit Probenahmeloch (hier: Auwaldstandort Coldam)	3
Abbildung 2-3:	Lage- und Höhenvermessung der Beprobungspunkte mit hochauflösenden GPS-Gerät (Trimble SCS985).....	4
Abbildung 3-1	Überschreitung von Tidescheitelwasserständen an den Pegeln Terborg, Leerort, Weener und Papenburg im Jahresmittel von 2009 bis 2018	8

Tabellen

Tabelle 2-1	Übersicht über die Geländehöhe (m NHN) an den Beprobungspunkten	5
Tabelle 2-2	Übersicht über die an den sieben Auwaldstandorten untersuchten Höhenklassen A bis E mit Anzahl der untersuchten Proben/Höhenklasse ..	6
Tabelle 3-1:	Salzgehalt und Chlorid an den Standorten Nüttermoor, Esklum, Coldam und Weener	9
Tabelle 3-2:	Salzgehalt und Chlorid an den Standorten Nesseborg, Vellage, und Borsum	10
Tabelle 4-1	Salz- und Chloridgehalte der am höchsten gelegenen Probenahmepunkte von Nüttermoor bis Borsum	17
Tabelle 4-2	Salzgehalte im Bereich der Höhenklasse B von Nüttermoor bis Borsum ..	17

Anhang

Anhangsabbildungen

Anhangsabbildung 6-1:	Standort Nüttermoor - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte	19
Anhangsabbildung 6-2:	Standort Esklum - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte ..	19
Anhangsabbildung 6-3:	Standort Coldam - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte..	20
Anhangsabbildung 6-4:	Standort Weener - Lage der fünf Beprobungspunkte mit Bezeichnung	20
Anhangsabbildung 6-5:	Standort Nesseburg - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte	21
Anhangsabbildung 6-6:	Standort Vellage - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte ..	21
Anhangsabbildung 6-7:	Standort Borsum - Lage der fünf Beprobungspunkte mit Bezeichnung	22

1 Anlass und Aufgabenstellung

Um die Überführungssicherheit für bereits beauftragte und - als Folge erfolgreicher Akquisebemühungen - zu erwartende Neubauten zu gewährleisten, wird die Änderung der Nebenbestimmung A.II.2.2.2b des Sperrwerksbeschluss zum Salzgehalt in der Stauhaltung erforderlich.

Diese Unterlage liefert Basisdaten zu den Salzgehalten in Vorlandböden des Untersuchungsgebietes. Der Fokus liegt auf den Auwaldbeständen an der Tideems.

2 Methodik

Untersuchte Auwaldbestände

Untersucht wurden die Böden in insgesamt sieben Vorkommen des prioritären FFH-Lebensraumtyps Erlen-Eschen-Auwälder (LRT 91E0*). Insoweit handelt es sich um einen Beitrag zur Charakterisierung der Auwald-Standorte im Emsästuar.

- Die Standorte Nüttermoor, Esklum und Coldam liegen im FFH-Gebiet „Unterems und Außenems“ (DE 2507-331, Nr. 002) bzw. im NSG Unterems (WE 292).
- Die Standorte Vellage und Borsum liegen im FFH-Gebiet „Ems“ (DE 2809-331, Nr. 013) bzw. im NSG „Emsauen zwischen Herbrum und Vellage“ (WE 268).
- Die Standorte Weener und Nesseborg liegen in dem nicht als Schutzgebiet ausgewiesenen Teil der Ems zwischen dem vorgennannten Schutzgebieten.

Weitere Informationen zu den genannten Schutzgebieten finden sich in Unterlage D (FFH-VU). Das am weitesten oberstrom gelegene Vorkommen bei Borsum (am Borsumer Außensiel, in der Nähe des Tidewehrs Herbrum) liegt außerhalb des in den Antragsunterlagen begründet abgegrenzten Untersuchungsgebietes (UG).

Untersucht wurden folgende Auwaldstandorte:

1. Nüttermoor (Abk. Nüt, rechtsemsisch, Höhe Ems-km 20,5 bis 21)
2. Esklum (Abk. Esk, links der Leda, ca. 1,5 km oberhalb der Mündung in die Tideems Ems-km 14,5),
3. Coldam (Abk. Col, linksemsisch, Höhe Ems-km 13,5),
4. Weener (Abk. We, linksemsisch, Höhe Ems-km 6),
5. Nesseborg (Abk. Nes, linksemsisch, Höhe Ems-km 1,5),
6. Vellage¹ (Abk. Vel, linksemsisch, Höhe DEK-km 225,5) sowie
7. Borsum (Abk. Bor, linksemsisch, Höhe DEK-km 212,5).

Abbildung 2-1 zeigt die Lage der untersuchten Auwaldstandorte in der Übersicht.

¹ Der Standort Vellage (Vel) liegt nicht im Bereich des Vellager Altarms, sondern linksemsisch unterhalb der Halter Brücke (K158) und damit außerhalb des NSG "Emsauen zwischen Herbrum und Vellage".

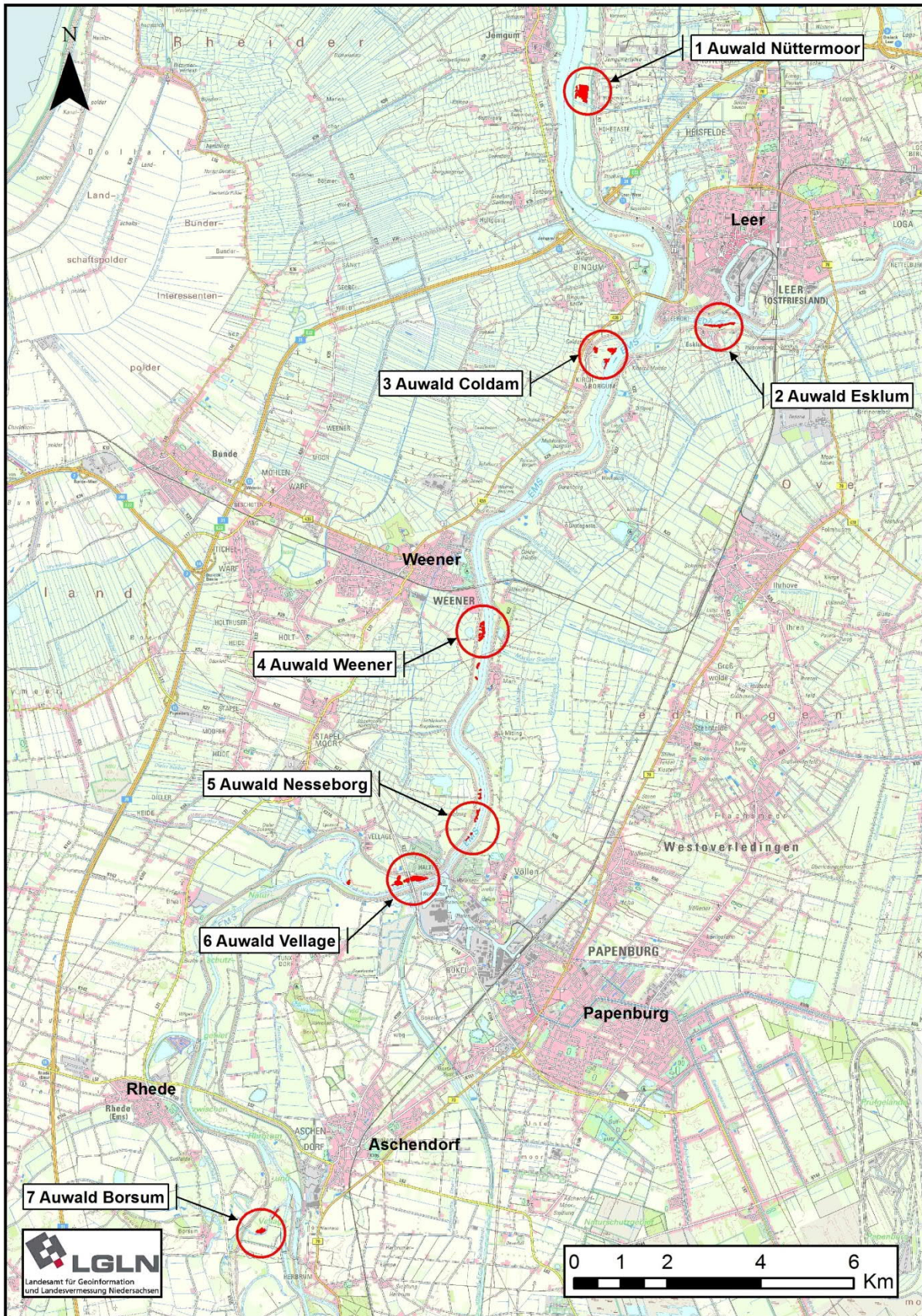


Abbildung 2-1 Lage der untersuchten Auwaldstandorte

Probennahme im Gelände

Je Auwaldstandort wurden fünf Beprobungspunkte untersucht. Die Beprobungspunkte im Gelände wurden mit einem farbigen, mit Beprobungspunktbezeichnung beschrifteten Holzpflock und einem im Boden versenkten Permanentmagnet gekennzeichnet. Die Anhangsabbildungen 6-1ff. zeigen die untersuchten Auwaldbestände im Luftbild sowie die Lage der Probenahmepunkte in den Beständen.

Die Probennahmen erfolgten in einem Umkreis von zwei Metern um den markierten Beprobungspunkt jeweils in einer Tiefe von ca. 30 cm unterhalb der Humusaufgabe. Für die Probenahme wurde mittels eines Spatens jeweils ein Loch im 2 m-Umkreis gegraben. Die entnommenen Bodenproben hatten jeweils ein Gewicht von ca. 300 – 1.000 g.



Abbildung 2-2: Beispiel eines Beprobungspunktes mit Probenahmeloch (hier: Auwaldstandort Coldam)

Es wurde versucht vor Ort einheitlich erscheinende Flächen bzw. Bodenverhältnisse zu beproben. Dies konnte jedoch nicht durchweg gewährleistet werden, da die Bodenverhältnisse teils, überwiegend aufgrund anthropogenen Einflusses, wenig einheitlich sind. Dies gilt insbesondere am Standort 1 Nüstermoor (dort stehen Auftragsböden uneinheitlicher Zusammensetzung an) aber auch am Standort 3 Coldam (jahrzehntelange landwirtschaftliche Nutzung, Anlage einer Zuwegung etc.).

Die Bezeichnung der Probennummern erfolgte nach dem Auwaldstandort (Kürzel) und der Nummerierung des Beprobungspunktes (1-5), nach Möglichkeit jeweils vom höchstgelegenen zum niedrigstgelegenen Punkt (Standortname-1, -2, -3...).

Untersuchte Geländehöhen

Lage und Höhe der Beprobungspunkte wurden mit einem hochgenauen GPS-Gerät (Gerätetyp Trimble SCS985) eingemessen². Die erzielte Höhengenaugigkeit war durchweg gut (überwiegend <5 cm, teils 5-10 cm), es gab nur wenige Ausreißer. Einschränkungen bei der Höhenaufnahme mittels GPS traten durch die hochwüchsige, teils windbewegte Vegetation auf. Zudem sind die Standorte Nesseborg und Vellage nur eingeschränkt begehbar, so dass dort die Gerätenutzung / -aufstellung problematisch war.

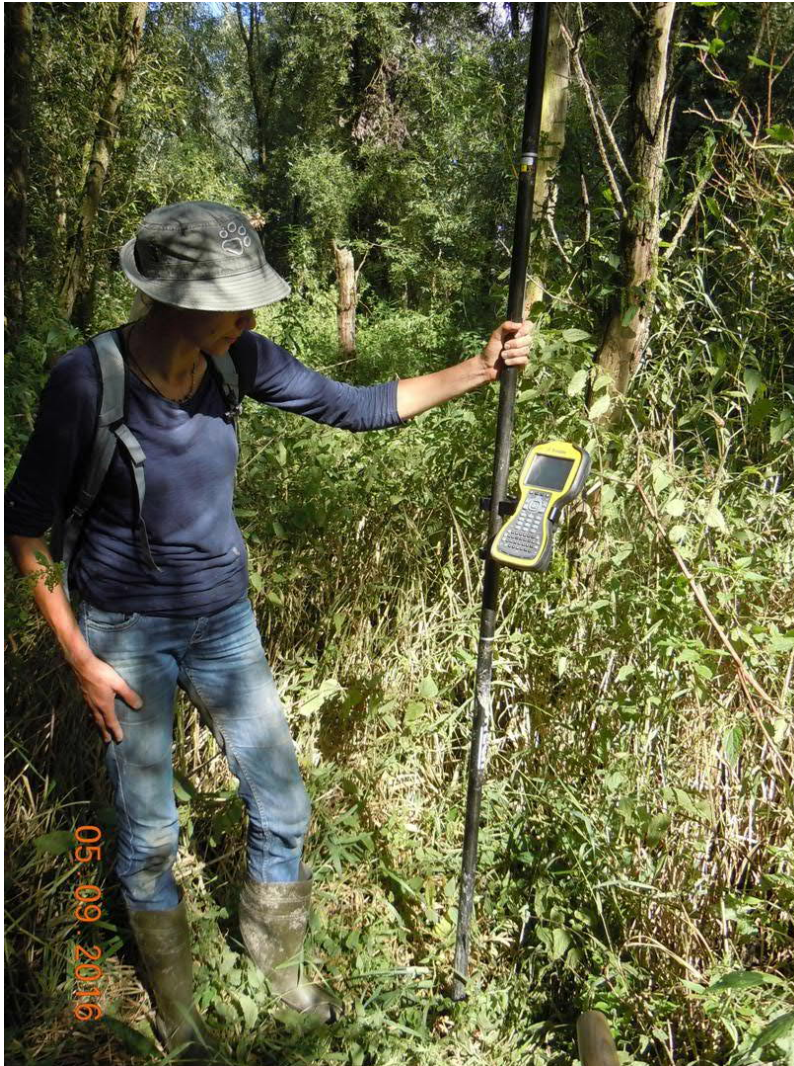


Abbildung 2-3: Lage- und Höhenvermessung der Beprobungspunkte mit hochauflösenden GPS-Gerät (Trimble SCS985)

An einigen Standorten wurden voneinander unabhängige Höhenaufnahmen im September 2016 und im März 2017 durchgeführt. Bei letzterer Aufnahme war die Höhengenaugigkeit durchweg besser (Winterhalbjahr, Bäume nicht belaubt). Es wird in dieser Unterlage jeweils die Höhenangabe mit der besten Höhengenaugigkeit verwendet. Bei deutlich differierenden Messungen mit vergleichbarer Höhengenaugigkeit (abweichende Geräteaufstellung) wurde der Mittelwert aus zwei Höhenaufnahmen gebildet.

² Es treten Abweichungen zu den von NLWKN (2020) verwendeten Höhenangaben auf (digitales Geländemodell, basierend auf Laserscan-Befliegung). Die für diese Unterlage vor Ort ermittelten Höhenangaben dürften einen geringeren Fehler aufweisen und werden verwendet.

Die Tabelle 2-1 gibt die konkreten Geländehöhen im Bereich (2 m-Umkreis) der einzelnen Beprobungspunkte an. Angestrebt wurde an den einzelnen Standorten eine Abnahme der Geländehöhen jeweils im Verlauf der Probenahmepunkte -1 bis -5. Dies war nicht durchweg erreichbar (s.u.)

Tabelle 2-1 Übersicht über die Geländehöhe (m NHN) an den Beprobungspunkten

Standort	Nüttermoor ¹	Esklum ¹	Coldam	Weener ¹	Nesseborg	Vellage	Borsum
Probepunkt	Geländehöhe (m über NHN)						
-1	3,41	2,44	2,98	2,23	2,23 ²⁾	2,45	2,67
-2	2,79	2,07	2,52	2,16	1,99 ²⁾	2,02	2,18
-3	2,38	1,81	2,25	2,00	2,02	2,13 ²⁾	1,94
-4	2,03	1,82	2,11 ²⁾	1,94	2,12 ²⁾	1,98	1,91
-5	1,63 ³⁾	1,76 ³⁾	1,93	1,87	1,89 ²⁾	2,15 ²⁾	1,80

Erläuterungen:

¹⁾ Nur eine Höhenaufnahme vorliegend (September 2016)

²⁾ Mittelwert aus zwei differierenden Messungen mit vergleichbarer Höhengenaugigkeit.

³⁾ Schilfbestand (Probenahmepunkt unter MThw)

Die Beprobungspunkte werden der besseren Übersicht halber fünf gewählten Höhenklassen A, B, C, D, E zugeordnet (Tabelle 2-2). Die Höhenklassen orientieren sich an der üblichen Ermittlung von Überschreitungshäufigkeiten bestimmter Tidescheitelwasserstände in Dezimeterschritten (siehe Abbildung 3-1). Alle Höhen in dieser Unterlage sind in Metern über NHN angegeben. Eine gleichmäßige Verteilung der Probenahmepunkte auf die fünf Höhenklassen war nicht erreichbar, denn entsprechende Geländehöhen sind

- im Vorland der Tideems nicht durchweg vorhanden,
- am jeweiligen Auwaldstandort nicht vorhanden oder
- es konnte auf einer bestimmten Höhenstufe kein geeigneter Beprobungspunkt festgelegt werden.

Untersucht wurden (nach Möglichkeit / Vorhandensein) die gewählten Höhenklassen wie folgt:

Höhenklasse	Anzahl Proben (2016 - 2019)
A ≤1,80 m NHN	15 (3 Probenahmepunkte x 5 Proben)
B >1,80 - 2,1 m NHN	75 (15 Probenahmepunkte x 5 Proben)
C >2,1 - 2,4 m NHN	50 (10 Probenahmepunkte x 5 Proben)
D >2,4 - 2,7 m NHN	20 (4 Probenahmepunkte x 5 Proben)
E >2,7 m NHN	15 (3 Probenahmepunkte x 5 Proben)

Die Anzahl der Proben / Höhenklasse variiert von 15 bis 75 Proben und somit um den Faktor 5. Somit ist die Belastbarkeit höhenbezogener Aussagen unterschiedlich.

Es wird zudem deutlich, dass Weichholzauwald an der Tideems bevorzugt im Bereich der Höhenstufen B und C anzutreffen ist, mithin im Bereich 1,8 - 2,4 m NHN. Höher gelegene Bereiche sind unterhalb von Leer (NSG "Unter- und Außenems") kaum vorhanden, das Gelände liegt dort meist tiefer. Der Auwaldstandort Nüttermoor stockt auf einem ehemaligen Spülfeld.

Oberhalb / südlich von Leer (bis Papenburg kein Schutzgebiet, weiter oberhalb NSG "Emsauen von Herbrum bis Vellage") gehen höher gelegene Bereiche oftmals in den Deichfuß über oder sind landwirtschaftlich genutzt. Erst zwischen Rhede und Herbrum treten wieder Geländehöhen um 2,7 m und höher mit Auwald auf (Auwaldstandort Borsum, Bereiche >2,7 m NHN wurden nicht beprobt).

Tabelle 2-2 Übersicht über die an den sieben Auwaldstandorten untersuchten Höhenklassen A bis E mit Anzahl der untersuchten Proben/Höhenklasse

Standort	Nüttermoor (Nüt)	Esklum (Esk)	Coldam (Col)	Weener (We)	Nesseborg (Nes)	Vellage (Vel)	Borsum (Bor)	Anzahl Proben / Höhenklasse
Höhenklasse (NHN)	Anzahl Proben / Höhenklasse und Standort							
A ≤1,8 m	5	5	-	-	-	-	5	15
B >1,8 - 2,1 m	5	15	5	15	15	10	10	75
C >2,1 - 2,4 m	5	-	10	10	10	10	5	50
D >2,4 - 2,7 m	-	5	5	-	-	5	5	20
E >2,7 m	10	-	5	-	-	-		15
Gesamtanzahl Proben	25	25	25	25	25	25	25	175

Erläuterungen:

Die Tabelle gibt an, wie viele Proben pro Standort und Höhenklasse untersucht werden konnten. Pro Probenahmeort wurden jeweils fünf Proben untersucht, die an vier verschiedenen Zeitpunkten entnommen wurden.

¹⁾ Höhenklasse um/unter MThw, für Auwald nicht geeignet / an der unteren Tideems kein Auwaldbestand in diesem Bereich.

Untersuchungszeitraum

Bodenproben wurden an fünf Terminen im Zeitraum von September 2016 bis Juli 2019 entnommen und untersucht. Die jeweils zwei Bodenuntersuchungen im September 2016 und März 2017 erfolgten vor und nach Stauffällen (hier: Genting Dream 17./19.9.2016, Norwegian Joy 26/27.03.2017).

Zur Überführung der Genting Dream liegt ein Bericht vor (NLWKN Aurich 2018). Die Ausgangssalzgehalte waren hoch; die 2 PSU-Isohaline erreichte sohnlah etwa Ems-km 7 (Weener). Zur Überführung der Norwegian Joy liegt kein Bericht vor. Die Ausgangssalzgehalte waren niedrig; die 2 PSU-Isohaline erreichte sohnlah "etwa Ems-km 11,5", mithin etwa die Weekeborger Bucht / Middelsten-Borgum (schriftl. Mitt. NLWKN Aurich, 27.08.19). Die sohnlahen Salzgehalte an der Halter Brücke veränderten sich während der Stauffälle nicht, die maximalen Salzgehalte betragen dort (wie vor Einleitung der Stauffälle) 0,8 und 0,4 PSU.

Laboruntersuchungen

Die Bodenproben wurden durch die LUFA Nord-West (Oldenburg) im Labor untersucht. Dabei wurden Standardverfahren gem. VDLUFA Methodenbuch Bd.1 (1991) angewandt. Bestimmt wurden diverse bodenkundliche Parameter, hier wird auf den Bodensalzgehalt sowie den Chloridgehalt abgestellt.³

³ Einige orientierende Untersuchungen wurden an weiteren Terminen vorgenommen. Dabei handelte es sich um Messungen der Elektrischen Leitfähigkeit in Bodenwasser (teils nicht vorhanden, im Juli 2019 wurde an keinem Probenahmeort Bodenwasser vorgefunden), über der Bodenoberfläche stehendem Wasser etc. Diese Messungen sind zwangsläufig mit div. Fehlern behaftet (Verdunstung, Regenfälle etc.) und nicht belastbar.

3 Ergebnisse

Vorbemerkungen

Mit einer Ausnahme werden die untersuchten Vorlandbereiche bei zunehmender Geländehöhe mit abnehmender Häufigkeit jährlich mehrere hundert Mal bis ca. zehn- bis zwanzig Mal überflutet (Abbildung 3-1). Ursächlich dafür sind überwiegend die wechselnden Witterungsverhältnisse über dem Nordatlantik und der Nordsee. Die dort auftretenden Tiefdruckgebiete mit vorherrschenden Winden aus westlicher Richtung lösen Tidescheitelwasserstände aus, die deutlich über MThw eintreten können (Wind- und Sturmfluten). Der Probenahmepunkt Nüt-1 auf NHN+3,41 m wird nur im Abstand von mehreren Jahren überflutet.

Die Tideems im UG unterliegt dem Einfluss der Nordsee sowie einem in Richtung Dollart abnehmenden Oberwassereinfluss. Sturmfluten mit zu erwartenden Wasserständen von NHN >3,7 m werden am Emssperrwerk gekehrt. Windfluten mit zu erwartenden Wasserständen von MThw +50 cm werden am Ledasperrwerk gekehrt. Die Brackwassergrenze (0,5 PSU) befindet sich in der Tideems am Tidewehr Herbrum (Salzeinfluss von oberstrom). In den Jahren 2018 und 2019 sind dort staufallunabhängig Salzgehalte um 1 PSU aufgetreten; an der Halter Brücke (bei Papenburg) sind staufallunabhängig Salzgehalte um 2 PSU aufgetreten. Bereits bei Leer treten staufallunabhängig maximale Salzgehalte um 10 PSU auf, beim Standort Nüttermoor etwa 15 PSU. Die genannten Salzgehalte können bei Wasserständen über MThw ausufernd. Auch in der Leda unterhalb des Ledasperrwerkes (Standort Esklum) treten staufallunabhängig hohe Salzgehalte von maximal um 7 PSU auf.

Untersuchte Vorlandbereiche bis zu einer Geländehöhe von NHN +2,7 m unterhalb von Leer und +2,8 m oberhalb von Leer können zudem im Zeitraum 16.09. bis 31.03. eines jeden Jahres maximal zweimal infolge von Schiffsüberführungen überstaut (überflutet) werden. Die meisten bislang durchgeführten Überführungen benötigten jedoch nur niedrigere Wasserstände. Bei allen Stauffällen ufern etwa die Salzgehalte aus, die bei Einleitung des Stauffalls ohnehin (staufallunabhängig) in der Ems gegeben sind. Lediglich im Emsabschnitt Papenburg bis Leer kann es infolge der Durchfahrt des Überführungsschiffes oberflächennah kurzfristig zu einem vorübergehenden Anstieg der Salzgehalte kommen. Ein Eindringen derart erhöhter Salzgehalte in das Vorland ist nur ufernah, kurzfristig und unter selten auftretenden Bedingungen möglich (siehe dazu Unterlage C 5).

Die Bodensalzgehalte an den untersuchten Standorten sind durch deren Lage im Verlauf der Ems, der gegebenen Geländehöhe und damit der Überflutungshäufigkeit sowie dem anstehenden Boden bedingt. Am Standort Nüttermoor handelt es sich, mit Ausnahme von Nüt-5, um einen anthropogenen Auftragsboden (Spülfeld für die Aufspülung von Baggergut) unterschiedlicher Zusammensetzung. In Borsum steht Sand an, der mit abnehmender Geländehöhe jedoch unregelmäßig zunehmend eine Schlickauflage von maximal ca. 2 dm Mächtigkeit aufweist. Die Proben wurden dort, wie an den anderen Standorten auch, in ca. 30 cm Tiefe und somit unter der Schlickauflage entnommen. Der Standort Coldam befand sich viele Jahrzehnte in landwirtschaftlicher Nutzung. Fallweise ist dort eine anthropogene Beeinflussung der anstehenden Böden anzunehmen (insbes. Col-1). Alle anderen Standorte wiesen ausschließlich Kleiböden auf.

Die Überflutungshäufigkeit bestimmter Höhenstufen im Verlauf der Ems wird in Abbildung 3-1 (aus Unterlage C3) dargestellt. Aufgeführt ist die Überschreitung von Tidescheitelwasserständen an den Pegeln Terborg, Leerort, Weener und Papenburg im Jahresmittel von 2009 bis 2018. Daraus ergibt sich die Überflutungshäufigkeit bestimmter Geländehöhen. Die ausgewählten Pegel können zur Einordnung der untersuchten Auwaldstandorte wie folgt herangezogen werden:

Pegel	Farbe	Auwaldstandort
Terborg	grün	1 Nüttermoor
Leerort	blau	2 Esklum, 3 Coldam
Weener	grau	4 Weener
Papenburg	rot	5 Nesseborg, 6 Vellage, (7 Borsum)

Der Standort 7 Borsum liegt deutlich oberhalb des Pegels Papenburg; die Überschreitungshäufigkeit ist dort auf gleicher Geländehöhe höher als im Bereich des Pegels Papenburg.

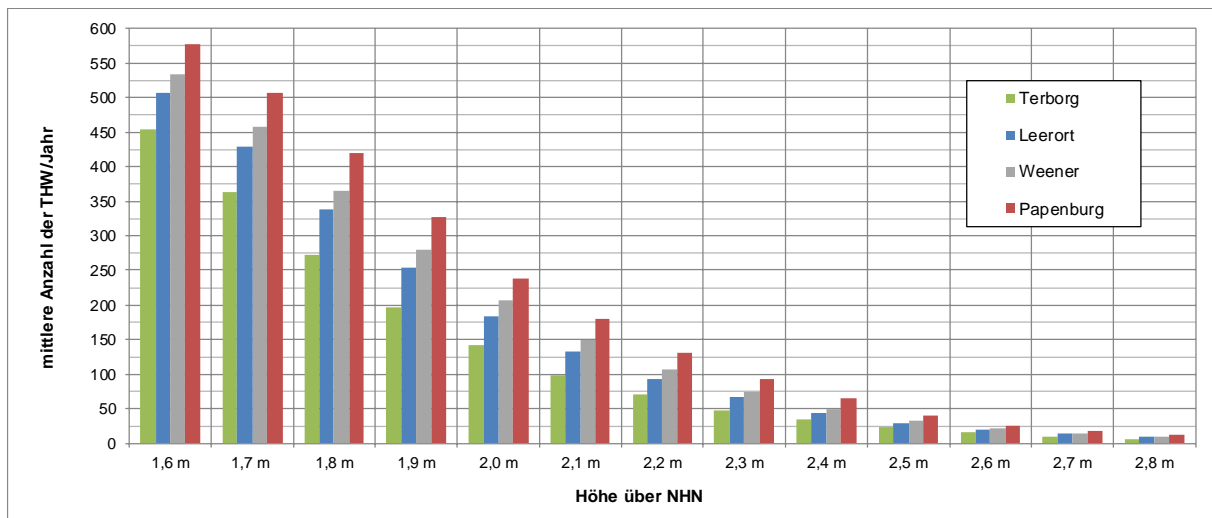


Abbildung 3-1 Überschreitung von Tidescheitelwasserständen an den Pegeln Terborg, Leerort, Weener und Papenburg im Jahresmittel von 2009 bis 2018

Quelle: WSA Emden (2019)

Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Eine Übersicht mit den Gesamtdaten der Parameter Salzgehalt und Chlorid geben Tabelle 3-1 und

Tabelle 3-2. Die unterschiedlichen Maßeinheiten sind zu beachten: der Salzgehalt ist in g/100 g (in %) angegeben, Chlorid ist in mg/100 g angegeben. Der Salzgehalt in ‰ (Salzgehalt in g/100 g * 10) entspricht ca. PSU = Practical Salinity Units.⁴

Baumschäden durch hohe Chloridgehalte betreffend hat Markus-Michalczyk (2014) bei *Salix alba* und *S. viminalis* eine "Salztoleranz ... bis zu oligohalinen Bedingungen" ermittelt (die Autorin bezieht sich auf den Salzgehalt im Bodenwasser). Über den häufigen Hybrid *Salix x rubens* finden sich keine Informationen, dieser dürfte ähnlich einzuordnen sein. Über die übrigen an der Tideems vorkommenden Weidenarten (zumindest *S. caprea*, *S. viminalis*, *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. triandra*) liegt keine konkrete Information zur Salztoleranz vor. Die Untersuchungsergebnisse von Markus-Michalczyk (2014) können als maßgeblich für das Untersuchungsgebiet und die hier zu beurteilenden Salzgehalte im Boden herangezogen werden. Auf die Untersuchungsergebnisse von Markus-Michalczyk (2014) bezugnehmend wird im Folgenden vorsorglich ein Schadgrenzwert für die Baumweiden *Salix alba* und *Salix fragilis* von 2 PSU (entsprechend 2 ‰) im Boden angenommen.

⁴ 35 PSU entsprechen einer Kalium-Chlorid-Lösung von 32.4356 g/kg (g/kg = ‰). Dementsprechend entsprechen 2 PSU = 1,85 ‰ einer Kalium-Chlorid-Lösung. Da es sich bei den Bodensalzgehalten um eine Mischung verschiedener Salze handelt, wird hier ‰ = PSU verwendet.

Nach Ellenberg & Leuschner (2010, dort uneindeutige Angaben / Skalierung) charakterisiert ≥ 100 mg/100 g (entsprechend 0,1 % Chlorid) den Übergang zu oligohalinen Böden (0,05–0,3 % Cl⁻).

Um eine visuelle Einordnung zu erleichtern sind in den beiden nachfolgenden Tabellen Chloridgehalte ≥ 100 mg/100 g (entsprechend 0,1 % Chlorid) **gelb** markiert. Oberhalb des Auwaldstandortes Weener treten Chloridgehalte > 100 mg/100 g nicht auf. Nach oberstrom nehmen die Gehalte an den Standorten Nesseborg → Vellage → Borsum weiter ab.

Salzgehalte $\geq 0,2$ g/100 g (entsprechen 2 ‰) sind in den beiden nachfolgenden Tabellen **orange** markiert. Die Korrelation mit hohen (=markierten) Chloridgehalten ist recht hoch. Oberhalb des Auwaldstandortes Weener treten Salzgehalte $\geq 0,2$ g nur in 2 Einzelfällen auf. Nach oberstrom nehmen die Chloridgehalte an den Standorten Nesseborg → Vellage → Borsum weiter ab.

Tabelle 3-1: Salzgehalt und Chlorid an den Standorten Nüttermoor, Esklum, Coldam und Weener

	September 2016					September 2016					März 2017					März 2017					Juli 2019				
	Nüt-1	Nüt-2	Nüt-3	Nüt-4	Nüt-5	Nüt-1	Nüt-2	Nüt-3	Nüt-4	Nüt-5	Nüt-1-3	Nüt-2-3	Nüt-3-3	Nüt-4-3	Nüt-5-3	Nüt-1	Nüt-2	Nüt-3	Nüt-4	Nüt-5	Nüt-1	Nüt-2	Nüt-3	Nüt-4	Nüt-5
Nüttermoor																									
Höhenklasse	F	F	C	B	A	F	F	C	B	A	F	F	C	B	A	F	F	C	B	A	F	F	C	B	A
Salzgehalt (g/100g)	0,02	0,01	0,20	0,43	0,66	0,07	0,02	0,35	0,59	0,55	0,03	0,04	0,16	0,30	0,60	0,03	0,04	0,11	0,30	0,49	0,02	0,06	0,32	0,45	0,45
Chlorid (mg/100g)	6	3	66	182	270	28	10	149	258	261	11	10	52	106	222	<5	21	44	101	210	<10	17	96	164	180
Esklum																									
Höhenklasse	D	B	B	B	A	D	B	B	B	A	D	B	B	B	A	D	B	B	B	A	D	B	B	B	A
Salzgehalt (g/100g)	0,16	0,24	0,23	0,16	0,25	0,24	0,32	0,27	0,25	0,38	0,13	0,21	0,09	0,15	0,32	0,12	0,08	0,18	0,14	0,31	0,40	0,29	0,19	0,39	0,48
Chlorid (mg/100g)	40	67	93	46	92	<5	85	103	81	151	25	64	11	46	107	28	17	62	41	125	153	91	64	150	185
Coldam																									
Höhenklasse	F	D	C	C	B	F	D	C	C	B	F	D	C	C	B	F	D	C	C	B	F	D	C	C	B
Salzgehalt (g/100g)	0,03	0,07	0,21	0,17	0,18	0,03	0,11	0,25	0,32	0,28	0,02	0,03	0,12	0,20	0,13	0,02	0,03	0,14	0,19	0,10	0,02	0,20	0,20	0,18	0,22
Chlorid (mg/100g)	4	24	54	36	35	<5	32	82	121	95	<5	7	23	61	31	10	10	32	62	25	<10	55	43	39	40

Weener	September 2016					September 2016					März 2017					März 2017					Juli 2019				
	We-1	We-2	We-3	We-4	We-5	We-1	We-2	We-3	We-4	We-5	We-1	We-2	We-3	We-4	We-5	We-1	We-2	We-3	We-4	We-5	We-1	We-2	We-3	We-4	We-5
Höhenklasse	C	C	B	B	B	C	C	B	B	B	C	C	B	B	B	C	C	B	B	B	C	C	B	B	B
Salzgehalt (g/100g)	0,17	0,18	0,14	0,19	0,18	0,36	0,42	0,31	0,26	0,22	0,12	0,11	0,14	0,15	0,15	0,14	0,11	0,13	0,17	0,13	0,26	0,29	0,34	0,33	0,25
Chlorid (mg/100g)	52	58	31	55	42	152	180	115	92	63	23	20	35	39	39	25	12	27	40	24	81	106	120	112	88

Tabelle 3-2: Salzgehalt und Chlorid an den Standorten Nesseborg, Vellage, und Borsum

Nesseborg	September 2016					September 2016					März 2017					März 2017					Juli 2019				
	Nes-1	Nes-2	Nes-3	Nes-4	Nes-5	Nes-1	Nes-2	Nes-3	Nes-4	Nes-5	Nes-1	Nes-2	Nes-3	Nes-4	Nes-5	Nes-1	Nes-2	Nes-3	Nes-4	Nes-5	Nes-1	Nes-2	Nes-3	Nes-4	Nes-5
Höhenklasse	C	B	B	C	B	C	B	B	C	B	C	B	B	C	B	C	B	B	C	B	C	B	B	C	B
Salzgehalt (g/100g)	0,13	0,12	0,12	0,11	0,07	0,18	0,15	0,14	0,13	0,17	0,11	0,11	0,11	0,11	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,04	0,21	0,18	0,26	0,09	0,09
Chlorid (mg/100g)	29	28	24	17	12	56	37	31	26	43	16	19	17	15	17	8	18	20	19	5	64	50	93	19	23
Vellage	Vel-1	Vel-2	Vel-3	Vel-4	Vel-5	Vel-1	Vel-2	Vel-3	Vel-4	Vel-5	Vel-1	Vel-2	Vel-3	Vel-4	Vel-5	Vel-1	Vel-2	Vel-3	Vel-4	Vel-5	Vel-1	Vel-2	Vel-3	Vel-4	Vel-5
Höhenklasse	D	B	C	B	C	D	B	C	B	C	D	B	C	B	C	D	B	C	B	C	D	B	C	B	C
Salzgehalt (g/100g)	0,20	0,15	0,12	0,10	0,11	0,18	0,16	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	0,11	0,10	0,10	0,15	0,10	0,11	0,09	0,11	0,14	0,16	0,14	0,13	0,12
Chlorid (mg/100g)	32	39	11	19	10	21	41	13	27	23	15	48	19	15	13	14	9	13	9	13	23	39	32	26	14
Borsum	Bor-1	Bor-2	Bor-3	Bor-4	Bor-5	Bor-1	Bor-2	Bor-3	Bor-4	Bor-5	Bor-1	Bor-2	Bor-3	Bor-4	Bor-5	Bor-1	Bor-2	Bor-3	Bor-4	Bor-5	Bor-1	Bor-2	Bor-3	Bor-4	Bor-5
Höhenklasse	D	C	B	B	A	D	C	B	B	A	D	C	B	B	A	D	C	B	B	A	D	C	B	B	A
Salzgehalt (g/100g)	0,04	0,05	0,06	0,07	0,14	0,03	0,06	0,06	0,08	0,13	0,03	0,02	0,03	0,04	0,10	0,02	0,02	0,03	0,03	0,10	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05
Chlorid (mg/100g)	9	7	13	12	30	6	10	17	15	28	5	5	6	6	20	<5	<5	<5	<5	13	<10	<10	<10	<10	<10

4 Diskussion

Vorbemerkungen zur Interpretierbarkeit der Ergebnisse

Insgesamt wurde ein Datenkollektiv von 7 Standorten x 5 Probenahmepunkten x 5 Probenahmen = 175 Messungen der Bodensalzgehalte erzeugt. Von den einzelnen Probenahmepunkten liegen jeweils nur fünf Messwerte vor, so dass eine statistische Behandlung der Daten nicht möglich ist. Gleichwohl sind zumindest orientierende Aussagen möglich.

Zunächst ist ein Blick auf die Datenqualität bzw. die Belastbarkeit eines einzelnen Messwertes zu werfen. Es wurde bereits oben festgestellt, dass an einigen Standorten die (anthropogen beeinflussten)

Bodenverhältnisse variieren und über die Variation der Bodenverhältnisse im Umkreis um den markierten Beprobungspunkt sowie damit auch die Variation der untersuchten Parameter nur eingeschränkt Aussagen gemacht werden können.

Auch die tatsächliche Anzahl der Überflutungen im Verlauf der Datenerhebung kann nur ungefähr ermittelt werden. Dies ist durch den Umstand bedingt, dass die Höhenlinien im Vorland nur selten vom Deichfuß zum Ufer der Ems hin stetig abfallen. Infolge unregelmäßig verlaufener Höhenlinien, vorhandener Gräben und Priele, Uferwälle etc. kann in dem unwegsamen Gebiet nicht zuverlässig angegeben werden, ob und wie lange ein konkreter Punkt im Vorland (mit bekannter Höhenlage) bei einem bestimmten Wasserstand überflutet wird oder nicht. Die pegelorientierten Überschreitungshäufigkeiten bestimmter Wasserstände (Abbildung 3-1) geben eine orientierende Information.⁵

Als weitgehend nicht salzbeeinflusste Referenzen können

1. am Standort Nüttermoor Probenahmepunkt Nüt-1 (NHN +3,41 m),
2. am Standort Coldam Probenahmepunkt Col-1 (NHN +2,98 m) sowie
3. am Standort Borsum Probenahmepunkt Bor-1 (NHN +2,67 m) herangezogen werden.

Nüt-1, Col-1 und Bor-1 werden nur von hoch auflaufenden Sturmtiden erreicht. Dies ist selten der Fall, siehe Abbildung 3-1 sowie Unterlage C 3.1.1.3.2.. Borsum liegt etwas tiefer, jedoch im inneren Ästuar dicht unterhalb des Tidewehrs. Salzeinfluss von unterstrom tritt dort nicht auf; zu beachten ist jedoch, dass dort Wasser von oberstrom mit ca. 1 PSU Salzgehalt ausufernd kann. Stauffallbedingt können die drei Punkte nicht von Wasser mit erhöhten Salzgehalten erreicht werden. Zunächst werden diese Probenahmepunkte betrachtet, um weitergehende Informationen über die Aussagefähigkeit der Daten und eine mögliche Referenz (Boden ohne Chloridbelastung) machen zu können.

1. Auwaldstandort Nüttermoor, Beprobungspunkt Nüt-1 auf NHN +3,41 m. Vegetation: Weiden-Auwald. Anthropogener Auftragsboden mit sehr hohem Sandanteil. Der Beprobungspunkt wird von Stauffällen nicht und von Sturmtiden nur äußerst selten erreicht. Der bei fünf Probenahmen ermittelte Salzgehalt variiert beachtlich zwischen 0,02 g /100 g und 0,07 g/100g, also um den Faktor 3,5. Der Chloridgehalt variiert erheblich zwischen <5 mg/100g und 28 mg/100g, mithin etwa um den Faktor 6. Die Bodenverhältnisse sind inhomogen; Nüt-1 ist als Referenz nicht geeignet.
2. Auwaldstandort Coldam, Beprobungspunkt Col-1 auf NHN +2,98 m. Vegetation: Übergang Grasflur / Weiden-Auwald. Vermutlich anthropogen beeinflusste Bodenverhältnisse (sehr hoher Sandanteil). Der Beprobungspunkt wird von Stauffällen nicht und von Sturmtiden nur sehr selten erreicht. Der bei fünf Probenahmen ermittelte Salzgehalt variiert gering zwischen 0,02 g /100 g und 0,03 g/100g, also lediglich um den Faktor 0,5. Der Chloridgehalt variiert zwischen 4 mg/100g und 10 mg/100g, mithin etwa um den Faktor 2,5. Die Gehalte sind kennzeichnend für Böden in NW-Deutschland ohne Chlorid-Belastung.
3. Auwaldstandort Borsum, Beprobungspunkt Bor-1 auf NHN +2,67 m. Vegetation: Weiden-Auwald (Altbestand). Sandiger Boden ("Emssand"). Der Beprobungspunkt wird von stauffallbedingten Überflutungen nicht und von durch Sturmtiden bedingten Überflutungen nur selten erreicht. Der bei fünf Probenahmen ermittelte Bodensalzgehalt variiert gering zwischen 0,02 g /100 g und 0,04 g/100g, also um den Faktor 2. Der Chloridgehalt variiert zwischen <5 mg/100g und 9 mg/100g, mithin etwa um den Faktor 2. Die Gehalte sind kennzeichnend für Böden in NW-Deutschland ohne Chlorid-Belastung.

Im 2 m-Umkreis um den Probenahmepunkte liegen bei Col-1 und Bor-1 offensichtlich homogenere Bodenverhältnisse als bei Nüt-1 und anderen Probenahmepunkten vor. Im Bereich variierender

⁵ Niederschlagssummen, Verdunstungs- und Versickerungsraten in den Auwaldstandorten bzw. konkret an den Probenahmepunkten sind nicht bekannt und könnten allenfalls ungefähr ermittelt werden.

Bodenverhältnisse weichen die Salzgehalte dicht beieinanderliegender Punkte deutlich voneinander ab. Als zusätzlicher Beleg wurde bei Nüt-3 im Juli 2019 neben der ersten Probe eine weitere in wenigen Dezimeter Entfernung genommen (Nüt-3a). Ein Spatenaufschluss hatte dort abweichende Bodenverhältnisse (höherer Sandanteil) gezeigt. Auch die Ergebnisse der Laboruntersuchung waren deutlich abweichend:

	Salzgehalt (g/100 g)	Chlorid (mg/100 g)
Nüt-3 (7/2019)	0,32	96
Nüt-3a (7/2019)	0,18	66

Nüt-3 wird um die 50-mal/Jahr überflutet, bei hohem Sandanteil (geringeres Adsorptionsvermögen) ist auf gleicher Geländehöhe der Salzgehalt geringer.

Insgesamt wird deutlich, dass Aussagen zu einzelnen Parametern an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit nur wenig belastbar möglich sind. Belastbar möglich sind orientierende Aussagen zu den Bodensalzgehalten im Verlauf der Tideems auf einer bestimmten Höhenstufe sowie (mit Einschränkungen) zu den Bodensalzgehalten an einem Standort auf unterschiedlichen Geländehöhen. Die Einschränkungen ergeben sich daraus, dass (s. Beispiel über diesem Absatz) an einem Standort nicht nur eine kleinräumige Variation im 2 m-Umkreis um einen Probenahmepunkt auftritt, sondern auch im Bereich mehrerer zehn Meter auf einer Höhenstufe (vgl. z.B. die Ergebnisse von Esk-3 und Esk-4).

Nachfolgend werden zunächst die untersuchten Auwaldstandorte separat betrachtet. Anschließend werden die Salzgehalte im Verlauf der Tideems in den unterschiedenen Höhenklassen betrachtet.

4.1 Auwaldstandorte Nütermoor bis Borsum

Auwaldstandort Nütermoor

Es liegen (Tabelle 3-1) je fünf Proben aus den Höhenklassen A ($\leq 1,80$ m, Nüt-5), B ($> 1,8 - 2,1$ m, Nüt-4) und C ($> 2,1 - 2,4$ m, Nüt-3) vor. Aus der Höhenklasse E ($> 2,7$ m, Nüt-1, Nüt-2) liegen zehn Proben vor, keine aus der Höhenklasse D ($> 2,4 - 2,7$ m). Der Bereich von Nüt-1 und Nüt-2 weist einen hohen Sandanteil auf, an den anderen Probenahmepunkten steht ein lehmiger Boden an (Nüt 3 und -4 noch mit Feinsandanteilen). Bei Nüt-5 steht ein vermutlich vom ehemaligen Spülfeld unbeeinflusster Kleiboden an.

Am Probenahmepunkt Nüt-5 (Höhenklasse A) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 5,5‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist gering.

Am Probenahmepunkt Nüt-4 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 4,1‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (etwa Faktor 2). Wie bei Nüt-5 treten Chloridgehalte von teils > 250 mg/100 g Boden auf.

Am Probenahmepunkt Nüt-3 (Höhenklasse C), beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 2,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (Faktor 3).

An den Probenahmepunkten Nüt-1 und Nüt-2 (Höhenklasse E) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im jeweiligen Umkreis um die beiden Probepunkte ist erheblich (Faktor 6), der sandige Auftragsboden offensichtlich inhomogen. Nur an diesen Punkten treten Chloridgehalte < 50 mg/100 g Boden auf.

Im Auwaldstandort Nütermoor weisen die Böden im Bereich der Höhenklassen A ($\leq 1,80$ m) und B ($1,8$ m - $2,1$ m) mit Salzgehalten von im Mittel $4,1 - 5,5$ ‰ eine deutliche Salzbelastung auf. Auch im Bereich der Höhenklasse B ($> 2,1 - 2,4$) wurde noch ein mittlerer Salzgehalt von 2,3‰ festgestellt,

während in der Höhenklasse E (>2,7 m) die Salzgehalte deutlich geringer sind (im Mittel 0,3‰). Zur Höhenklasse D (>2,4 - 2,7 m) kann, ausgehend von Nüt-3 (2,38 m, mittlerer Salzgehalt 2,3‰), die Aussage gemacht werden, dass dort mindestens in Teilbereichen Salzgehalte um 2‰ auftreten dürften (Tidescheitelwasserstände von 2,4 m und 2,5 m werden bei Nüttermoor ca. 25 bis 50-mal/Jahr überschritten).

Der mittlere Salzgehalt in tiefliegenden Bereichen (5,5‰) ist am Standort Nüttermoor etwa 18-mal so groß wie in den hochliegenden Bereichen (0,3‰). An den tiefliegenden Punkten Nüt-4 und -5 treten bei allen Probenahmen Chloridgehalte >100 mg/l auf; der Maximalwert beträgt 270 mg/100 g. Nur der Bereich der Höhenklasse E (>2,7 m) dürfte dauerhaft für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet sein.

Auwaldstandort Esklum

Es liegen (Tabelle 3-1) fünf Proben aus der Höhenklasse A (\leq 1,80 m, Esk-5), 15 Proben aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, Esk-2, -3, -4) und fünf Proben aus der Höhenklasse D (>2,4 - 2,7 m, Esk-1) vor. Aus der Höhenklasse E (>2,7 m), liegen keine Proben vor. An allen Probenahmepunkten steht Kleiboden an.

Am Probenahmepunkt Esk-5 (Höhenklasse A) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 3,5‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2).

An den Probenahmepunkten Esk-2, -3, -4 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 2,1‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2-3).

Am Probenahmepunkt Esk-1 (Höhenklasse D), beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 2,1‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (Faktor 3,3).

Im Auwaldstandort Esklum weisen die Böden im Bereich der Höhenklassen A (\leq 1,80 m) mit Salzgehalten von im Mittel 3,5‰ eine deutliche Salzbelastung auf. Auch im Bereich der Höhenklasse B (>2,1 - 2,4) und D (>2,4 - 2,7 m) wurde noch ein mittlerer Salzgehalt von 2,1‰ festgestellt. Maximale Salzgehalte wurden mit fast 5‰ festgestellt; höher gelegene Bereiche (Höhenklassen D und E) sind am Standort Esklum nicht vorhanden.

Der mittlere Salzgehalt in tiefliegenden Bereichen (3,5‰) ist am Standort Esklum nur 1,6-mal so groß wie in den hochliegenden Bereichen (2,1‰); der tiefliegende Standort ist insgesamt versalzen. An allen Probenahmepunkten treten Chloridgehalte <50 mg/100 g Boden nur vereinzelt auf. Chloridgehalte >100 mg/100g treten mehrfach auf. Dauerhaft dürfte der auf niedriger Geländehöhe gelegene Standort Esklum nur eingeschränkt für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet sein.

Auwaldstandort Coldam

Es liegen (Tabelle 3-1) fünf Proben aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, Col-5), zehn Proben aus der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m, Col-3, Col-4), fünf Proben aus der Höhenklasse D (>2,4 - 2,7 m) sowie fünf Proben aus der Höhenklasse E (>2,7 m) vor. Aus der Höhenklasse A (<1,8 m) liegen keine Proben vor. Im Bereich von Col-1 steht ein hoher Sandanteil an, an den anderen Probenahmepunkten Kleiboden.

Am Probenahmepunkt Col-5 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 1,8‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist im Verlauf der Probenahme beachtlich (Faktor 2,8).

An den Probenahmepunkten Col-3 und -4 (Höhenklasse C) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 2‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2-3).

Am Probenahmepunkt Col-2 (Höhenklasse D), beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,9‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist erheblich (Faktor 6,7).

Am Probenahmepunkt Col-1 (Höhenklasse E), beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,2‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um den Probepunkt ist gering (Faktor 1,5).

Im Auwaldstandort Coldam sind die Böden im Bereich der Höhenklassen B (>1,8 - 2,1 m) und C (>2,1 - 2,4 m) mit Salzgehalten von im Mittel 2‰ und 1,8‰ versalzen. Im Bereich der Höhenklasse D (>2,4 - 2,7 m) sind die Salzgehalte mit im Mittel 0,9‰ deutlich geringer; im Bereich der Höhenklasse E (>2,7 m) sind die Salzgehalte mit im Mittel 0,2‰ unbeachtlich.

Der mittlere Salzgehalt in tiefliegenden Bereichen (2‰) ist am Standort Coldam etwa 10-mal so groß wie in den hochliegenden Bereichen >2,7 m (0,2‰). Letztere weisen keinen feststellbaren Salzeinfluss auf. Die Chloridgehalte sind am höher gelegenen und teils uferfernen Standort Coldam insgesamt deutlich geringer als am Standort Esklum; Chloridgehalte <50 mg/100 g Boden treten jedoch nur an den Probenahmepunkten Col 1 (und Col-2) durchgehend auf.

Der Bereich der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4) wird im Ist-Zustand im Mittel um die 90-mal/Jahr überflutet. Dabei treten staufallunabhängig maximale Salzgehalte bis ca. 9 PSU auf. Dauerhaft für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet ist der Auwaldstandort Coldam nur in Bereichen mit Geländehöhen >2,4 m.

Auwaldstandort Weener

Es liegen (Tabelle 3-1) 15 Proben aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, We-3, -4, -5) und zehn Proben aus der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m, We-1, -2) vor. Aus den Höhenklasse A, D und E liegen keine Proben vor. An allen Probenahmepunkten steht Kleiboden an.

An den Probenahmepunkten We-3, -4, -5 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 2,1‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2,6).

An den Probenahmepunkten We-1 und -2 (Höhenklasse C) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 2,2‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist beachtlich (Faktor 3,8).

Chloridgehalte <50 mg/100 g Boden treten nur selten auf. Die Maximalgehalte betragen 180 mg/100g.

Am Auwaldstandort Weener sind, ausgehend von den untersuchten Probenahmepunkten, die Böden im Bereich der Höhenklassen B (>1,8 - 2,1 m) und C (>2,1 - 2,4 m) mit Salzgehalten von im Mittel 2,1 und 2,2‰ salzbelastet. Tiefer gelegene Bereiche (Höhenklasse A, <1,8 m) werden von Schilfröhricht eingenommen. Höher gelegene Bereiche (Höhenklassen D >2,4 - 2,7 m und E >2,7 m) sind kaum vorhanden bzw. werden von Grünland eingenommen.

Ähnlich wie an dem ebenfalls tief gelegenen Auwaldstandort Esklum sind die mittleren Salzgehalte in dem insgesamt tiefliegenden Standort Weener mit 2,1‰ und 2,2‰ durchweg beachtlich; der Standort weist insgesamt eine deutliche Salzbelastung auf. Hohe Chloridgehalte sind ebenfalls denen am Standort Esklum vergleichbar; die Spreizung der Chloridgehalte ist jedoch hoch (12 - 180 mg/100 g Boden). Der Bereich der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m) wird bereits im Ist-Zustand im Mittel bereits um die 280-mal/Jahr überflutet, der Bereich der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m) um die 100-mal. Dabei treten im Ist-Zustand staufallunabhängig maximale Salzgehalte bis ca. 5 PSU auf (Pegel Weener). Dauerhaft für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet ist der Auwaldstandort Weener kaum.

Auwaldstandort Nesseborg

Es liegen (Tabelle 3-1) 15 Proben aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, Nes-2, -3, -4) und zehn Proben aus der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m, Nes-1, -4) vor. Aus den Höhenklasse A, D und E liegen keine Proben vor. An allen Probenahmepunkten steht Kleiboden an.

An den Probenahmepunkten Nes-2, -3, -4 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 1,2‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist erheblich (ca. Faktor 7).

An den Probenahmepunkten Nes-1 und -4 (Höhenklasse C) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 1,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2,6).

Am Auwaldstandort Nesseborg sind, ausgehend von den untersuchten Probenahmepunkten, die Böden im Bereich der Höhenklassen B (>1,8 - 2,1 m) und C (>2,1 - 2,4 m) mit Salzgehalten von im Mittel 1,2 – 1,3‰ nur gering salzbelastet. Die Chloridgehalte sind am Standort Nesseborg insgesamt deutlich geringer als am Standort Weener; Chloridgehalte >50 mg/100 g Boden treten nur wenige Mal auf. Die Variation ist jedoch beachtlich. Der Bereich der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m) wird im Mittel bereits um die 300-mal/Jahr überflutet, der Bereich der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m) ca. 120-mal. Dabei treten im Ist-Zustand staufallunabhängig maximale Salzgehalte um die 3 bis maximal 5 PSU auf (Papenburg 2,8, Weener 4,6). Höher gelegene Bereiche sind nicht vorhanden. Der Auwaldstandort Nesseborg ist aufgrund der tiefen Lage eingeschränkt für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet.

Auwaldstandort Vellage

Es liegen zehn Proben aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, Vel-2, -4) und zehn Proben aus der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m, Vel-3, -5) vor (Tabelle 3-2). Aus der Höhenklasse D (2,4 - 2,7 m, Vel-1) liegen fünf Proben vor. Aus der Höhenklasse A und E liegen keine Proben vor. An allen Probenahmepunkten steht Kleiboden an.

An den Probenahmepunkten Vel-2, -4 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 1,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist gering (ca. Faktor 1,7).

An den Probenahmepunkten Vel-3 und -5 (Höhenklasse C) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 1,2‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist sehr gering (Faktor 1,4).

Am Probenahmepunkt Vel-1 (Höhenklasse D) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 1,6‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist sehr gering (Faktor 1,4).

Am Auwaldstandort Vellage sind, ausgehend von den untersuchten Probenahmepunkten, die Böden im Bereich der Höhenklassen B (>1,8 - 2,1 m) und C (>2,1 - 2,4 m) mit Salzgehalten von im Mittel 1,2 – 1,3‰ nur gering versalzen, im Bereich der Höhenklasse D (2,4 - 2,7 m) sind die Salzgehalte etwas höher. Der Bereich der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m) wird im Mittel bereits ca. 325-mal/Jahr überflutet der Bereich der Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m) ca. 130-mal. Dabei treten im Ist-Zustand staufallunabhängig maximale Salzgehalte bis 2,8 PSU (Pegel Papenburg) auf. Die Chloridgehalte sind am Standort Vellage insgesamt geringer als am Standort Nesseborg; Chloridgehalte <50 mg/100 g Boden sind durchgehend vorhanden. Der Auwaldstandort Vellage ist für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet.

Auwaldstandort Borsum

Es liegen fünf Proben aus der Höhenklasse A (\leq 1,80 m, Bor-5) vor (Tabelle 3-2). Aus der Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m, Bor-3, -4) liegen zehn Proben vor, aus den Höhenklasse C (>2,1 - 2,4 m, Bor-2) und D (>2,4 - 2,7 m, Bor-1) je fünf Proben. Aus der Höhenklasse E liegen keine Proben vor. Das im Bereich

von Bor-1 und Bor-2 bis unter die Humusaufgabe anstehende sandige Substrat wird mit abnehmender Geländehöhe zunehmend von Klei überdeckt.

Am Probenahmepunkt Bor-5 (Höhenklasse A) beträgt der Salzgehalt im Boden (in der Tabelle in g/100 g entsprechend einer Prozentangabe) im Mittel 1‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt ist beachtlich (Faktor 2,8).

An den Probenahmepunkten Bor-3, -4 (Höhenklasse B) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,4‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt im Verlauf der Probenahmen ist erheblich (ca. Faktor 7).

Am Probenahmepunkt Bor-2 (Höhenklasse C) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt im Verlauf der Probenahmen ist erheblich (Faktor 6).

Am Probenahmepunkt Bor-1 (Höhenklasse D) beträgt der Salzgehalt im Boden im Mittel 0,3‰; die Variation in der Zeit bzw. im Umkreis um einen Probepunkt im Verlauf der Probenahmen ist gering (Faktor 2).

Am Auwaldstandort Borsum sind, ausgehend von den untersuchten Probenahmepunkten, nur die Böden im Bereich der Höhenklasse A (<1,8 m) mit Salzgehalten von im Mittel 1‰ gering versalzen. Im Bereich der anderen Höhenklassen (>1,8 - 2,7 m) weisen die Böden keinen Salzeinfluss auf. Die Chloridgehalte sind am Standort Borsum insgesamt deutlich geringer als an den anderen Standorten. Chloridgehalte <<50 mg/100 g Boden sind die Regel. Nur an diesem Standort überwiegen Chloridgehalte <15 mg/100g. Lediglich dieser Standort kann im Hinblick auf Chlorid als unbelastete Referenz herangezogen werden. Der Auwaldstandort Borsum ist dauerhaft für einen Bewuchs mit Weidenauwald geeignet.

4.2 Salz- und Chloridgehalte im Verlauf der Tideems (Auwaldstandorte)

Von Interesse ist die Veränderung der Salzgehalte im Verlauf der Tideems auf einer bestimmten Höhenstufe. Jedoch sind die gewählten fünf Höhenstufen weder durchweg an einem Auwaldstandort (siehe oben) noch durchweg entlang der Tideems vorhanden. Lediglich die Höheklasse B mit Geländehöhen 1,80 - 2,1 m NHN kommt an allen untersuchten Auwaldstandorten vor. Untersucht wird der Verlauf der Salzgehalte an den sieben untersuchten Auwaldstandorten im Verlauf der Tideems

1. anhand der mittleren Salz- und Chloridgehalte der jeweils vorhandenen am höchsten gelegenen Probenahmepunkte und
2. anhand der mittleren Salz- und Chloridgehalte der Höhenklasse B.

Salzgehalte und Chloridgehalte in den am höchsten gelegenen Probenahmepunkten von Nüttermoor bis Borsum

Tabelle 4-1 zeigt die mittleren Salz- und Chloridgehalte der in den beprobten Auwaldstandorten von Nüttermoor bis Borsum jeweils am höchsten gelegenen Probenahmepunkte. Diese weisen untereinander beachtliche Höhendifferenzen auf. Gleichwohl wird deutlich, dass hochgelegene Bereiche (um 2,7 m NHN und höher) ohne Salz- bzw. Chlorideinfluss nur in den Auwaldstandorten Nüttermoor, Coldam und Borsum zu finden sind.

Tabelle 4-1 Salz- und Chloridgehalte der am höchsten gelegenen Probenahmepunkte von Nüttermoor bis Borsum

Standort und Probenahmepunkt	Nüttermoor Nüt-1	Esklum Esk-1	Coldam Col-1	Weener We-1	Nesseborg Nes-1	Vellage Vel-1	Borsum Bor-1
Höhe über NHN	3,41	2,44	2,98	2,23	2,23	2,45	2,67
Mittl. Salzgehalt (g/100 g)	0,03	0,21	0,02	0,22	0,13	0,16	0,03
Mitt. Chloridgehalt ¹⁾ (mg/100g)	12	50	7	67	35	21	7

Erläuterungen: ¹⁾ Da bei Chlorid in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 wiederholt Werte "kleiner als" auftreten, sind gerundete Chloridgehalte angegeben.

Ab einem Salzgehalt von 0,2g/100g Boden wird auf Basis von Markus-Michalczyk (2014) vorsorglich angenommen, dass Baumweiden *Salix alba* und *Salix fragilis* geschädigt werden.

Nach Ellenberg & Leuschner (2010, dort uneindeutige Angaben / Skalierung) charakterisiert ≥ 50 bzw. 100 mg/100 g (entsprechend 0,05 bzw. 0,1 % Chlorid) den Übergang zu oligohalinen Böden (0,05–0,3 % Cl⁻).

Salzgehalte der Höhenklasse B von Nüttermoor bis Borsum

Tabelle 4-2 zeigt die mittleren Salz- und Chloridgehalte an den Probenahmepunkten der in allen beprobten Auwaldstandorten von Nüttermoor bis Borsum vorhandenen und beprobten Höhenklasse B (>1,8 - 2,1 m). Zur Orientierung ist eine durchgehende Kilometrierung ausgehend vom Auwaldstandort Borsum (entsprechend etwa Herbrum) angegeben.

Vorlandbereiche mit einer Geländehöhe von 1,8 bis 2,1 m NHN werden an der Tideems, abhängig von ihrer Lage entlang des Flusses nach oberstrom hin mit zunehmender Häufigkeit überflutet (bei Borsum ca. 500 / 250-mal/Jahr). Ein Salz- und Chlorideinfluss ist, mit Ausnahme des Standortes Borsum, im Bereich 1,8 bis 2,1 m NHN im durchweg gegeben. Deutlich wird, dass die mittleren Salzgehalte in dieser häufig landunter gehenden Höhenklasse nach oberstrom hin von Nüttermoor bis Borsum deutlich abfallen, bis bei Borsum nur noch ca. ein Zehntel des bei Nüttermoor festgestellten mittleren Salzgehaltes bzw. ein Sechzehntel des entsprechenden Chloridgehaltes festzustellen ist.

Tabelle 4-2 Salzgehalte im Bereich der Höhenklasse B von Nüttermoor bis Borsum

Standort	Nüttermoor	Esklum	Coldam	Weener	Nesseborg	Vellage	Borsum
ca. km ab Borsum	35	28	27	19	15	13	0
Mittl. Salzgehalt (g/100 g)	0,41	0,21	0,18	0,21	0,12	0,13	0,04
Mitt. Chloridgehalt ¹⁾ (mg/100g)	162	68	45	61	34	27	10

Erläuterungen: ¹⁾ Da bei Chlorid in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 wiederholt Werte "kleiner als" auftreten, sind gerundete Chloridgehalte angegeben.

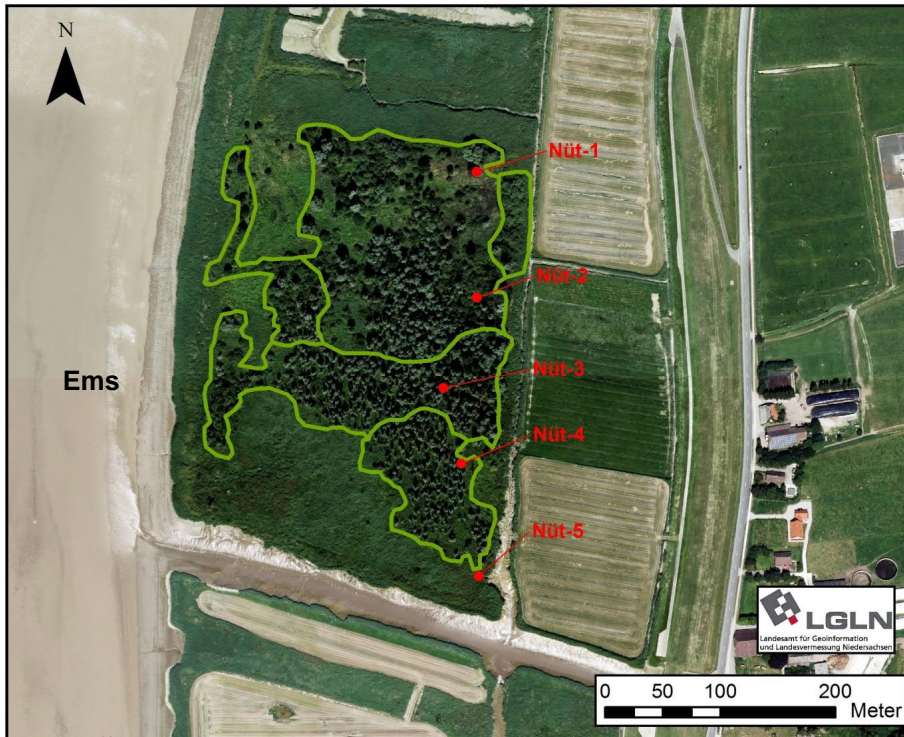
Ab einem Salzgehalt von 0,2g/100g Boden wird auf Basis von Markus-Michalczyk (2014) vorsorglich angenommen, dass Baumweiden *Salix alba* und *Salix fragilis* geschädigt werden.

Nach Ellenberg & Leuschner (2010, dort uneindeutige Angaben / Skalierung) charakterisiert ≥ 50 bzw. 100 mg/100 g (entsprechend 0,05 bzw. 0,1 % Chlorid) den Übergang zu oligohalinen Böden (0,05–0,3 % Cl⁻).

5 Literatur

- Ellenberg, H., Leuschner, C., 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht.
- Markus-Michalczyk, H., 2014. Willows in Tidal Wetlands in Times of Climate Change: Ecological Niches in Estuarine Environments (. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften Fachbereich Biologie der Universität Hamburg vorgelegt von Heike Markus-Michalczyk). Hamburg.
- NLWKN, 2020. Naturschutzfachliches Gutachten zur Erhaltung- und Entwicklung der Tide-Weiden-Auwälder im Emsästuar. Beitrag zur zukünftigen Managementplanung für den LRT 91E0* im FFH-Gebiet 002 (Entwurf).
- NLWKN Aurich, 2018. Emssperrwerk Gandersum: Überführung der Genting Dream von Papenburg nach Gandersum 17. bis 19.09.2016.
- VDLUFA, 1991. VDLUFA Methodenbuch. Band I - Die Untersuchung von Böden. Verband Deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.
- WSA Emden, 2019. Wasserstände für Pegel im Bezirk des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Datenlieferung des WSA Emden (Frau Schlachter, Herr Krebs) per E-Mail am 01.03.2019 und am 04.03.2019.

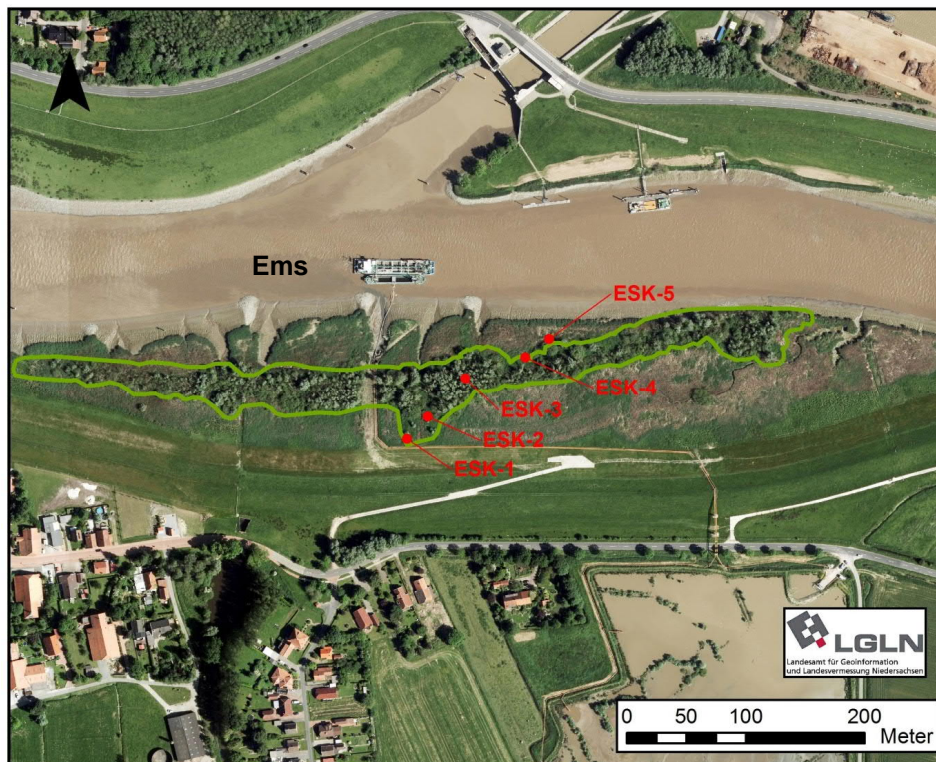
6 Anhang



Anhangsabbildung 6-1: Standort Nüttermoor - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte

Erläuterung:

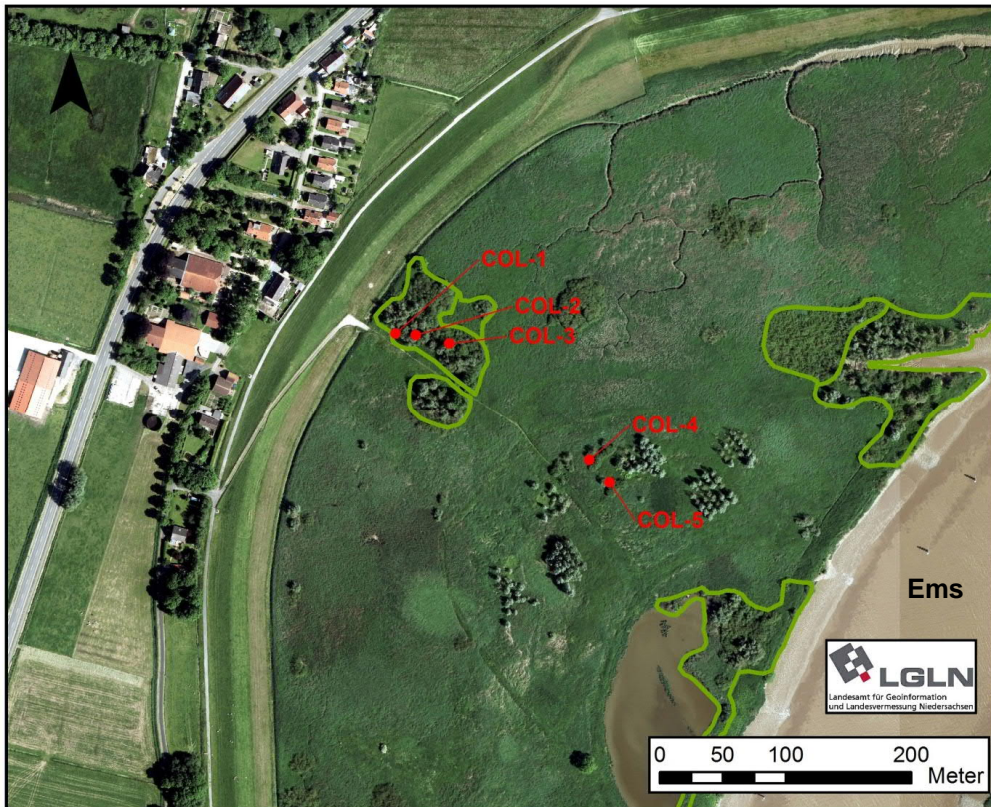
Dunkelgrün dargestellt sind die im Jahr 2016 als LRT 91E0* abgegrenzten Gehölzbestände. Im Jahr 2019 wurden nur marginale Änderungen der Abgrenzung festgestellt. Die Beprobungspunkte wurden im Bereich von Weidenauwäldern, Weidengebüschen oder unmittelbar an diese direkt angrenzenden Röhrichte gesetzt.



Anhangsabbildung 6-2: Standort Esklum - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte

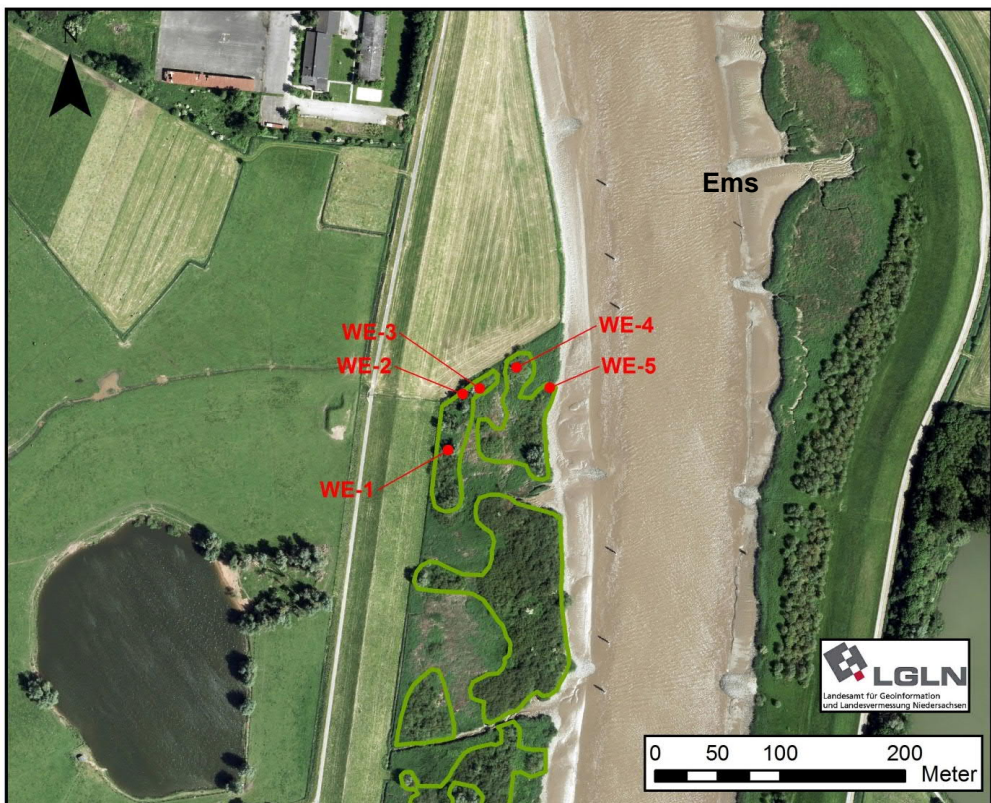
Erläuterung:

siehe Anhangsabbildung 6-1



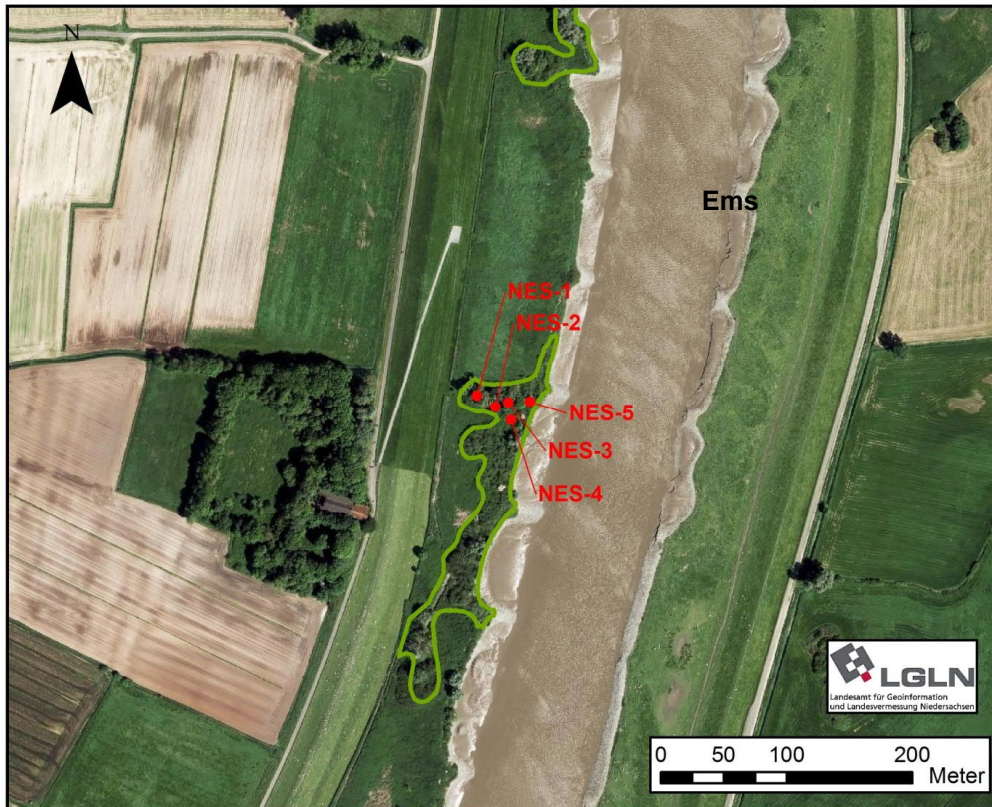
Anhangsabbildung 6-3: Standort Coldam - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte

Erläuterung: siehe Anhangsabbildung 6-1



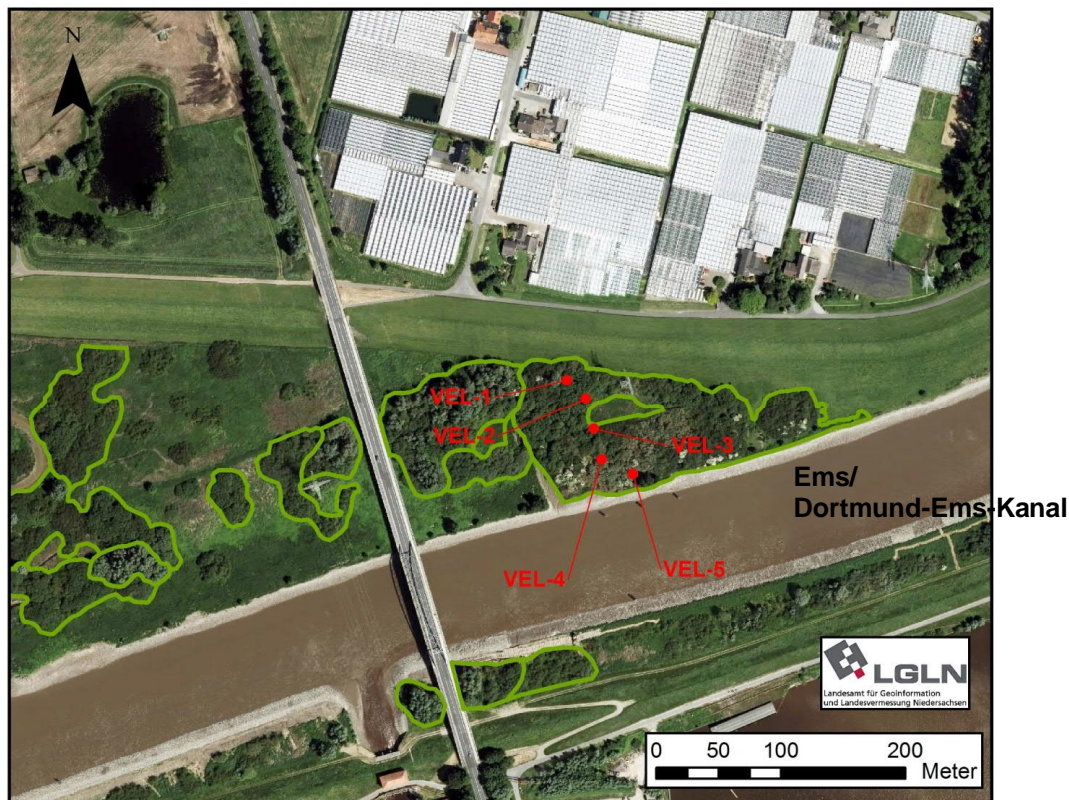
Anhangsabbildung 6-4: Standort Weener - Lage der fünf Beprobungspunkte mit Bezeichnung

Erläuterung: siehe Anhangsabbildung 6-1



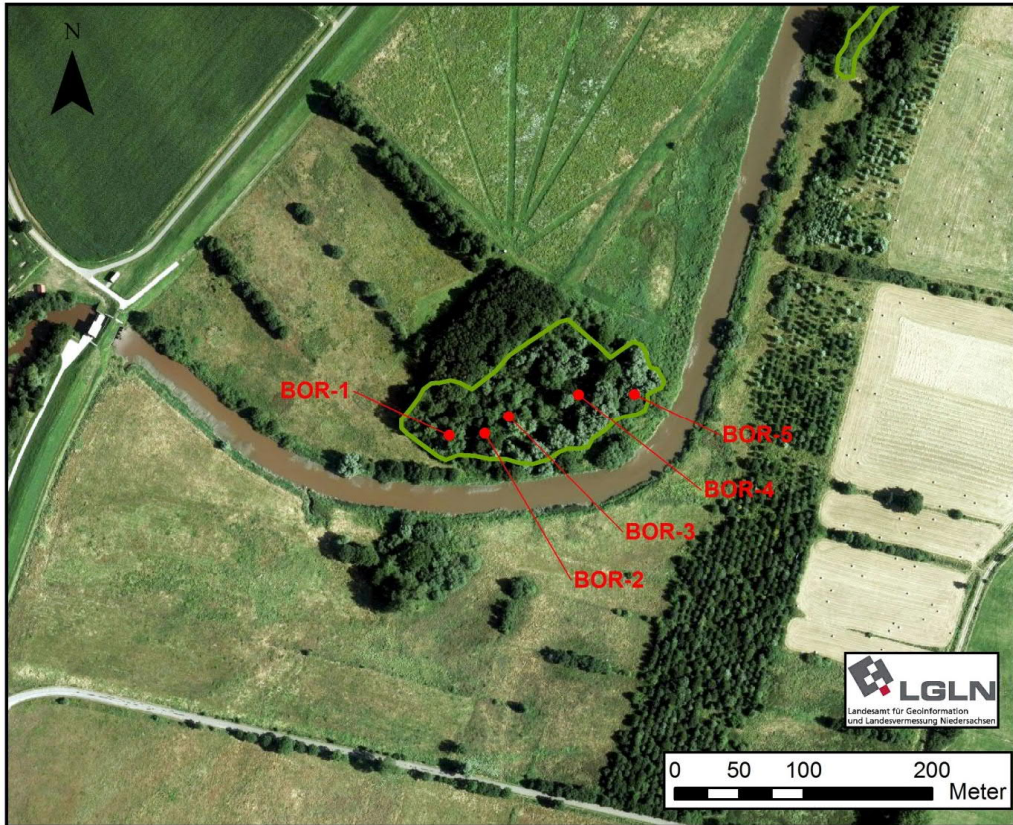
Anhangsabbildung 6-5: Standort Nesselburg - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte

Erläuterung: siehe Anhangsabbildung 6-1



Anhangsabbildung 6-6: Standort Vellage - Lage und Bezeichnung der Probenahmepunkte

Erläuterung: siehe Anhangsabbildung 6-1



Anhangsabbildung 6-7: Standort Borsum - Lage der fünf Beprobungspunkte mit Bezeichnung
Erläuterung: siehe Anhangsabbildung 6-1