



**Ersatzmaßnahme für den Liegeplatz 4, Hafen Cuxhaven auf einer
Brachlandfläche in Hemmoor.
Hier: Gutachten zu Untersuchungen von Bodenproben**

Auftrag vom 30.09.2011, NPorts, Niederlassung Cuxhaven.

Dipl. Ing. Egon Prexl



**Unabhängiger Sachverständiger
für Wasser und Abfall**

Akazienweg 4

21762 Otterndorf

Tel. 04751-9049466

Mobil 0172-4267830

NPorts GmbH & Co. KG
Niederlassung Cuxhaven
Am Schleusenpriel 2
27472 Cuxhaven

Otterndorf, 14.11.2011

**Ersatzmaßnahme für den Liegeplatz 4, Hafen Cuxhaven auf einer
Brachlandfläche in Hemmoor.**

Hier: Gutachten zu Untersuchungen von Bodenproben

Auftrag vom 30.09.2011, NPorts, Niederlassung Cuxhaven.

1	Vorbemerkungen	5	
2	Veranlassung	5	
3	Anmerkungen über Torf	6	
3.1	Vorhandene pleistozän-altholozäne Großmorphologie	8	
3.2	Sturmflutschäden	9	
3.3	Setzungen der verschiedenen Sedimentkörper	9	
3.4	Torfnutzungen	9	
3.5	Einige umweltrelevante chemisch/physikalische Reaktionen	10	
4	Arbeitsziele	13	
5	Rechtliche Rahmenbedingungen	16	
6	Untersuchungsgebiet	18	
7	Beschreibung der Probenahmestellen	18	
7.1	Details zu den Probenahmestellen und der Probenahme	19	
7.2	Datenlage und Methodik	20	
7.2.1	Geologische Grundlagen		20
8	Ergebnisse der Schlitzsondierungen zur ersten Orientierung	21	
8.1	Probenahmen	21	
8.2	Analysenergebnisse	22	
8.2.1	Ergebnisse der Mutterbodenmischprobe, der Lehm/Lösbodenmischprobe und der Kleibodenmischprobe		24
8.2.2	Ergebnisse der Torfmischprobe		25
8.2.3	Ergebnisse zur Verwertbarkeit der Kleimischprobe		26
8.2.4	Ergebnisse der Oberflächenwasserproben		26
8.2.5	Messergebnisse in den dortigen Oberflächengewässer		27
9	Wirkfaktoren der Umlagerung des Bodenaushubs	28	
9.1	Grundlagen zur Klärung des Eingriffstatbestandes	30	
9.2	Beschreibung der Schutzgüter	30	

9.3	Grundwasser	30	
9.4	Oberflächenwasser	31	
9.5	Grundlagen zur Bewertung der Wirkung der Umlagerung	31	
9.6	Wirkung auf die Bodenstruktur	32	
9.7	Wirkung durch Schadstoffgehalte	32	
9.8	Wirkungen auf die Hydrologie	33	
9.8.1	Wasserhaushalt		33
9.8.2	Wirkungen auf das Grundwasser		34
9.8.3	Wassermenge		35
9.8.4	Wassergüte		35
9.8.5	Wirkungen auf die Oberflächengewässer		36
9.8.6	Wirkung durch Verwehungen		36
9.8.7	Weiterer Untersuchungsbedarf		36
9.8.8	Empfehlungen zu Sicherungsmaßnahmen		37
10	Zusammenfassung	38	
11	Literaturverzeichnis	40	
12	Anlagenverzeichnis	46	

1 Vorbemerkungen

Um das Gutachten allgemeinverständlich und gerichtsfest zu schreiben, sind einige Ausführungen umfangreicher gestaltet worden, als dies für die Anforderungen der Fachbereiche notwendig wäre.

2 Veranlassung

Im Zusammenhang mit den Hafenerweiterungen des Liegeplatzes 4 in Cuxhaven, ist entsprechend dem NNatG die Vornahme von Ersatzmaßnahmen durchzuführen. So beabsichtigt NPorts GmbH & Co. KG, Niederlassung Cuxhaven durch das Planungsbüro ARSU GmbH, Oldenburg in Hemmoor auf einer Brachfläche von ca. 40 ha - ein Feuchtgebiet - mit Teichen, Grabenerweiterungen und Aufschüttungen anlegen zu lassen. Der dabei anfallende geogener Erdaushub soll verwertet werden ggf. an einer Stelle angehäuft werden, um ggf. bei Überschwemmungen Warften für Vieh und Wildtiere als Überlebensraum zu schaffen. Nach den geologischen Karten des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover (LBEG) besteht der oberflächennahe Boden teilweise aus Mutterboden, Torf, Mudde und Klei. Da nach neuesten Forschungsergebnissen der Universität Bremen geogener Torf und Mudde potentiell saurer Böden sind, die nach Oxidation durch Luftsauerstoff schweflige - und Schwefelsäure bilden, muss der Schädigungsgrad des ggf. anfallenden Bodenaushubs nach den neuesten Handlungsempfehlungen [68] untersucht und beurteilt werden. Auf dem zu schaffenden, modifizierten Naturschutzraum sollen Vögel wie z. B. Rohrdommeln angesiedelt werden.

3 Anmerkungen über Torf

Seit 2010 hat das Nds. Umweltministerium aufgrund einer wissenschaftlichen Arbeit von Gröger J., Universität Bremen [68] die Gefahren von sulfatsauren Sedimenten durch Mobilisierung von im Boden befindlichen Metallen nach Oxidation erkannt. Die Verfahrensweisen zur Vermeidung der Versauerung sind in Niedersachsen seitdem zu befolgen.

Da in Niedersachsen 9,1 % der gesamten Fläche aus Hoch- und Niedermooren (4.345 km²) bestehen, ist das Problem besonders in Marschen all gegenwärtig. Die Niedermoore belegen davon 47,2 %.

Bei der geplanten Ersatzmaßnahme für den Liegeplatz 4, Cuxhaven soll in Hemmoor gutachterlich untersucht werden, ob durch die geplanten Baumaßnahmen eine Mobilisierung von Metallen durch entstehende Säuren relevant sind.

Nachfolgend wird versucht redundant die Problematik verständlich darzustellen. Im Vergleich mit den anderen Bundesländern ist in Niedersachsen der Anteil an „Moorflächen“ am größten [58].

Torf ist ein organisches Sediment, das in Mooren entsteht. Im getrockneten Zustand ist er brennbar. Er bildet sich aus der Ansammlung nicht oder nur unvollständig zersetzter pflanzlicher Substanz und stellt die erste Stufe der Inkohlung dar. Torf besitzt eine große wirtschaftliche Bedeutung und wird deshalb noch an einigen Stellen in Niedersachsen abgebaut.

Ab einem Gehalt an organischer Substanz von 30 % (Rest Wasser und Mineralien) spricht man von Torf; Gehalte unter 30 % bezeichnet man als Feuchthumus oder (etwas veraltet) als Moorerde. Man unterscheidet Niedermoortorf, der sich in Niedermooren bildet, von Hochmoortorf, der ausschließlich in Hochmooren durch die Teilverrottung durch Moose gebildet wird. Einige Wissenschaftler klassifizieren auch Übergangstorf, der in seinen Eigenschaften zwischen dem Nieder- und dem Hochmoortorf vermittelt.

Bei Hochmoortorfen unterscheidet man nach dem Grad der Verdichtung und dem entsprechend nach dem Heizwert. Die Variation reicht vom Weisstorf über den Brauntorf bis zum Schwarztorf. Der helle Weisstorf lässt die Struktur der Pflanzen

noch deutlich erkennen, bei weiterer Zersetzung entsteht ein homogener, wenigstens bei Betrachtung mit bloßem Auge strukturloser Körper, Brauntorf oder auch Bunttorf genannt. Die älteste Torfschicht ist der so genannte Schwarztorf. Die unteren Schichten eines Torflagers sind dabei (weil älter, größerem Druck ausgesetzt und während der Entstehung auch durchlüftet) in der Zersetzung weiter fortgeschritten als die oberen.

Weitere je nach dem Grad der Zersetzung verwendete Begriffe sind: Rasen-, Faser- und Pechtorf. Rasentorf ist die jüngste Bildung und besteht aus wenig veränderten, noch gut erkennbaren Pflanzenresten. Er ist gelbbraun und lockerer. Fasertorf besteht aus brauner, bereits strukturlos gewordener Masse und ist mit Fasern schwer zersetzbar. Pechtorf ist dunkler und kompakter als Fasertorf. Er ist der älteste, schwerste Torf und zeigt kaum noch erkennbare Pflanzenreste.

Weisstorf wird als Düngertorf zur Auflockerung von Pflanzenerde verwendet, die Bezeichnung ist irreführend, da der Gehalt an düngenden Mineralien keine hinreichend breite Zusammensetzung zur ausgewogenen Anreicherung von Mangelböden bietet. Vorerst entsteht ein nährstoffreiches Niedermoor mit Niedermoorortf. Bei geeigneten Bedingungen koppelt sich die Oberfläche des Moores durch Auflagerungen allmählich vom stehenden Grundwasser in der Senke ab. Das Moorwasser hat nun einen niedrigen pH-Wert (um die 3,4 – 3,7) und kaum noch Nährstoffe. Im umgebenden Wasser ist kein Sauerstoff gelöst, so dass im anaeroben Milieu die aerobe Zersetzung pflanzlicher und faunischer Substanzen gehemmt ist [27].

Die Pflanzen, die zur Vermoorung und Vertorfung führen, sind solche, welche in großer Anzahl vorkommen und stark wuchern, besonders aber verfilzte Wurzeltriebe aufweisen, wie die Heiden /Besenheide, Glocken-Heide), Sauergräser (besonders Seggen-Arten und Wollgräser und Simsen), Binsen, Schwarz-Erlen, vor allem aber Torfmoose (Sphagnum). [27].

Da Torf ein Vielfaches seines Eigengewichtes an Wasser speichern kann, wird er je nach dem benötigten Milieu, welche die verschiedenen Pflanzen benötigen, mit Kalk neutralisiert, mit Nährsalzen und weiteren Zuschlagstoffen wie Ton oder Sand aufgemischt und so zum Kultursubstrat weiterverarbeitet. Der Vorteil des Torfs ist, dass der pH-Wert nach dem Bedarf der verschiedenen Kulturpflanzen mit Kalk eingestellt

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

werden kann. Einige Pflanzen wie z. B. Azaleen und Rhododendren benötigen einen sauren Boden und so dient die Beimischung von Torf üblicherweise auch zur präzisen Regelung des Säurehaushaltes des Bodens. In der Berufsgärtnerei gibt es in diesem Bereich kaum Ersatzmöglichkeiten für Torf. Kritisiert wird von Naturschützern insbesondere der Einsatz von Torf im privaten Garten. Von Hobbygärtnern werden jedes Jahr zur Bodenverbesserung rund 2,3 Millionen Kubikmeter Torf ausgebracht. Ohne vorhergehendes Neutralisieren und Düngen kann dieser lediglich die Durchlüftung des Bodens verbessern, sonst jedoch durchaus die Bodenqualität verschlechtern [27].

Die ökonomische Bedeutung ist zugunsten der ökologischen Neubewertung nasser Moorflächen erheblich verändert. Auch die Themen der ökologischen Bewertung haben sich kurzfristig durch die aktuelle Diskussion um die Erderwärmung von dem Medium Wasser auf die relevanten gasförmigen Emissionen erweitert [28].

Die Entwicklung und der Aufbau der norddeutschen Marschen, d. h. die Entwicklung des Küstenholozäns im eingedeichten Gebiet sind in einer Reihe vorwiegend morphologischer Faktoren abhängig.

3.1 Vorhandene pleistozän-altholozäne Großmorphologie

Die in die Geestfläche eingeschnittenen Rinnen gestalten eine frühzeitige Nordsee-Ingression, folglich finden sich in ihnen Calais-Ablagerungen. Höhenlage und Nordneigung der Geestoberfläche bestimmten, wann die Ingression bei steigendem Nordseespiegel bestimmte Geestgebiete erreichen konnte. Die Sedimentation begann deshalb hier meist erst Ende Calais/Anfang Dünkirchen Eiszeit.

Kleinmorphologie der Geestoberfläche bestimmte die Lage des Geestrandes und der diesem vorgelagerten kleineren Geestinseln, also das Ausmaß der maximalen Nordsee-Überflutung und die Gestaltung der Uferlinie. Sie bestimmte ferner die fazielle Ausbildung des Küstenholozäns, das unterschiedliche Wachstum des Küstenrandmoores und die Verbreitung der Schilfdickichte im Wattgebiet.

Lage der seewärtigen Wattenmeer-Grenze während des Calais wie Lage der Platteninseln während des Dünkirchen bestimmten weitgehend Korngröße und Chemismus der Wattsedimente wie Salinität des ablagernden Wassers.

3.2 Sturmflutschäden

Veränderungen im Gefolge von Sturmfluten (z. B. 1362) führten zu Erosion, Torfaufschwimmen und nachfolgender Überdeckung mit jungen kalkhaltigen, meist sandigeren Sedimenten, die nach Bedeichung gute Ackerböden abgaben. Die Marsch außerhalb dieser Einbrüche weist dagegen meist tonigere kalkarme Böden auf. Die darauf basierende frühere genetische Unterscheidung von „junger Marsch“ mit kalkhaltigen sandigeren Böden und „alter Marsch“ mit tonigeren kalkarmen bis kalkfreien Böden (SCHUCHT 1898) ist aufgrund neuerer sediment- und bodengenetischer Erkenntnisse überholt.

3.3 Setzungen der verschiedenen Sedimentkörper

Bekannt ist die frühdiagenetische Alterung, die mit Zunahme ihres Tongehaltes ebenfalls zunimmt. Die Setzung beruht auf Porenwasserabgabe und damit Volumenschwund des Sedimentes und wird durch Auflast, d. h. Bedeckung mit jüngeren Sedimente, erheblich beschleunigt (Schlick → Klei). Starke tonige Kleie und vor allem Niedermoortorfe zeigen die größten Setzungsbeträge, während Sande kaum sacken. Unterschiedliche Setzungsbeträge werden in den Profilen durch das Küstenholozän sichtbar. Eine alterseinheitliche, im Profil schwebende Torflage nimmt nicht mehr das bei Ihrer Bildung ± ebene Niveau ein, sondern zeigt einen z. T. stark welligen Verlauf, wobei ihre „Tieflagen“ durch stark setzungsfähige Ablagerungen ihrer Unterlage bedingt sind. Solche Profile müssen erst „entzerrt“ werden, wenn aus ihnen Beziehungen zwischen Ablagerungstiefe und Nordseespiegel-Stand abgeleitet werden sollen. [26]

3.4 Torfnutzungen

Traditionell wurde Torf vor allem als Heizmaterial verwendet. Da Moore heute als erhaltenswerte Biotope angesehen werden, findet in Deutschland ein Abbau von intakten Mooren nicht mehr statt, es werden vornehmlich bereits in Vergangenheit trocken gelegte ehemalige Moore als Torflagerstätten genutzt. Über die Nutzung als

Brennstoff wird Torf heute noch zur Whisky-Herstellung, Filtermaterial und im Wesentlichen als Kultursubstrat verwendet.

Torf wird vielfach in der Medizin und Körperpflege eingesetzt, vor allem als Moorbad, Moorpackungen und sogar als Torfsauna. Badetorf unterscheidet sich von normalem Torf durch seine geringe Zahl an gesundheitlich gefährdenden Mikroorganismen. Die heilende Wirkung des Torfes ist noch nicht vollständig erforscht. Balneologen vermuten eine heilende Wirkung, wenn der Torf als dickflüssiger Moorerde mit Temperaturen von 38 ° C bis 40 ° C auf die Haut aufgebracht wird. Insbesondere von der damit verbundenen Wärmebehandlung, daneben auch von den enthaltenen Huminsäuren, verspricht man sich einen positiven Einfluss auf das Endokrine System und die Förderung der Durchblutung des Körpers. Eine besonders positive Eigenschaft haben die milden Huminsäuren, die im Schwarztorf mehr als im Weisstorf enthalten sind. Die Huminsäuren bewirken eine bessere Durchblutung der Haut und lassen diese weich wirken. Die Huminsäuren liegen im schwach sauren Bereich pH um 5,7. Der Torf für die äußeren Anwendungen wird aus landwirtschaftlich ungenutzten Abbaufeldern gewonnen. Die geeignetsten Abbauebenen für schweren Schwarztorf zur Herstellung von Moorbädern und Packungen ist Ostfriesland [27].

3.5 Einige umweltrelevante chemisch/physikalische Reaktionen

Torf entsteht unter Luft- und somit unter Sauerstoffabschluss. Dabei werden bei den verschiedenen Torfarten Reste von Gräsern, Sumpfpflanzen, Moose hinsichtlich der organischen Substanz unvollständig zersetzt. Torf enthält noch freie Pflanzen, Moose und anderes, u. a. auch Zellulose und, wie schon erwähnt, bis zu 96 % an Wasser. So bilden Torfe gegenüber Wasser ein Verhalten ähnlich einem Schwamm. Durch den Luftabschluss wird der Verrottungsprozess bzw. die Vererdung gestoppt. Gerade allerdings dieser anaerob gelagerte Torf in Kontakt mit Luft-Sauerstoff, so reagiert dieser und vererdet. D. h. die organische Substanz, die auch als Bodenverbesserer genutzt wird, wird durch biochemische Prozesse in den Bereichen, die belüftet werden können - also tiefenabhängig - umgewandelt. Die Kohlenstoffverbindungen werden langsam zu CO₂ veratmet. Leicht oxidierbare Verbindungen und Elemente wie z. B. Sulfide und Huminstoffe werden zu mehr oder minder starken Säuren umgewandelt,

was seit langem bekannt ist und in den häufig in Niedersachsen vorkommenden sauer reagierenden Wässern natürlich vorkommen [27].

In Abhängigkeit vom Wassergehalt, Temperatur, dem C/N – Verhältnis, unter meso- bis eutrophen sowie günstigen Bedingungen für die Methan bildenden Bakterien entsteht natürlich das vorgenannte Gas. Hinsichtlich des klimaschädlichen Effekts weist Methan den ca. 21 fach Wert vergleichsweise mit Kohlendioxyd auf [28]. Die Bildung des besonders klimaschädlichen Gases kann durch Manipulation der vorgenannten Abhängigkeiten verringert werden [28].

Neben den organischen Verbindungen können die verschiedenen Torfe je nach Standort u. a. auch Stickstoff und Schwefel in unterschiedlichen Konzentrationen beinhalten. Diese Verbindungen liegen natürlicherweise im anaeroben Zustand in der reduzierten Form vor. Tritt nun eine Milieuveränderung von der sauerstoffarmen- in die sauerstoffreiche Zone ein, so verändern sich durch mikrobiologischen Prozesse die Torfe. Während unter Luftabschluss die acetogenen Bakterien, die Huminsäuren bis letztlich zur Essigsäuren umbauen, wird durch die Methanbakterien, die eng mit den acetogenen Bakterien aus reaktionsgenetischen Gründen vergesellschaftet sein müssen, das Methan gebildet. Die Freisetzung des Treibhausgases ist stark temperaturabhängig [50]. Nach [28] entstehen pro Hektar und Jahr 236 kg Methan C, entsprechend 101 kg C-Äquivalente/ha x a.

Gelangt der Torf von der anaeroben Zone in die aerobe Zone, d. h. bei der Umlagerung ca. die äußerste Schicht des Haufwerkes in der Tiefe um die 30 cm, so setzt eine maßgebliche Absenkung des pH-Wertes insbesondere während der warmen Sommermonate ein. Es ist anzunehmen, dass wie bei der Stickstoff die Oxidation bei $< 5^{\circ} \text{C}$ nicht stattfindet. Dies wurde bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen belegt und ist somit seit langem bekannt [37].

Als Ursache für die Salinität der pH-Wert-Absenkung wurde von den meisten Autoren die Anwesenheit von organischen und anorganischen Säuren genannt.

Organische Säuren werden durch die Humifizierung der organischen Ausgangsstoffe gebildet. Die Beeinflussung des pH-Wertes durch organische Säuren ist auf die Existenz von funktionellen Gruppen überwiegend in den Huminsäuren zurückzuführen, die in Abhängigkeit vom pH-Wert die austretenden Wässer protonieren, d. h. der pH-Wert wird abgesenkt. In huminstoffreichem Wasser wird der pH-Wert zwischen 3,8 und

4,2 durch die Carboxyl-Gruppe gepuffert. Beträgt der pH-Wert $< 3,8$ liegen die funktionellen Gruppen überwiegend protoniert vor und tragen nicht zur freien H_3O^+ - Konzentration bei. In Gewässern mit einem pH-Wert von $> 4,2$ liegen die funktionellen Gruppen dagegen dissoziiert (getrennt) vor und fungieren somit als Säurequellen. Neben den organischen Säuren, die als Puffer vorliegen und sogenannte schwache Säuren sind, können durch die Oxidation mit Luftsauerstoff anorganische Säuren entstehen [20, 22, 23, 37].

Wie bei vereinzelt organoleptischen Befunden während der Probenahme in Hemmoor festzustellen war, trat Schwefelwasserstoff aus dem umgelagerten Torf als H_2S gasförmig aus. Dieser Schwefel entstand in seiner reduzierten Form u. a. aus Eisensulfid, aus Eiweiß des organischen Materials und durch das Sulfat aus dem fluvialen Einfluss aus dem Meerwasser. Diese säure bildende Reaktionen sind stark temperaturabhängig und verlaufen im Wesentlichen in den Sommermonaten [58] durch die Bildung der freien H_3O^+ -Ionen. Dadurch können – falls vorhanden - Metalle mobilisiert werden und z. B. mit Sickerwasser transportiert werden.

Neben diesen zwei Hauptreaktionen laufen eine Vielzahl von Reaktionen mit den Huminstoffen ab, wie den Chelatbildungen, wo Ionen, insbesondere die Kationen in der organischen Matrix festlegen werden. Neben der chemischen Festlegung von polaren Verbindungen ist eine physikalische Adsorption höchstwahrscheinlich.

Weiter laufen noch chemische Prozesse mit den Stickstoffverbindungen ab, so dass man von einem sehr komplexen System sprechen kann, insbesondere, wenn die Inhaltstoffe der verschiedenen Torfarten unterschiedlicher Art sind.

Aussagen, dass Schwefelsäuren in der Natur aus dem Torf fließen und den Rohstoff Torf zum gefährlichen „Sondermüll“ deklassieren (z. B. Presse Ostfriesische Zeitung vom 16.11.2009), können aus chemischer Sicht nicht geteilt werden. Schwefelsäure weist einen pH-Wert deutlich unter pH 1 auf. Derart niedrige pH-Werte wurden in der gesamten Literatur [39] bisher nie gemessen. D. h. also neben dieser Säurebildung sind andere chemische Prozesse noch maßgeblich, die das Lösen der Schadstoffe im Wasser verändern oder verhindern.

Anzumerken ist, dass aus Sicht des Analytikers, der die Emissionen von Schadstoffen beurteilen soll, die Ermittlung nur des Messwertes pH eine unvollständige Analyse ist. Dieser hat alleine - ohne die Analysenwerte Säure- oder Basenbindungsvermögen - hinsichtlich der Reaktionsstärke nur geringe Aussagekraft. D. h. die Tabellen, die in den meisten gesetzlichen Regelungen (z. B. unter Punkt 5 aufgeführt-außer der Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

BBSchV) sind, nur für reine und verdünnte Stoffsysteme und nicht für Stoffgemenge vollständige Aussagekraft [23].

Die Mobilisierung von den sog. Schadstoffen ist stark von den Temperaturen abhängig [39, 24, 23, 21]. So ist in den Sommermonaten eine besondere Absenkung des pH-Wertes und somit auch des Potentials der Metall-Lösungen gegeben [37], während in der kalten Jahreszeit aufgrund der geringen Geschwindigkeit der meisten relevanten chemischen und biochemischen Reaktionen kaum Umsetzungen erfolgen.

Neben der Funktionsgröße Temperatur ist für die ablaufenden Prozesse neben dem Wassergehalt, die durchlüftete und oxydierbare Schichtstärke des Torfhauwerks heranzuziehen. D. h. es ist davon auszugehen, dass nur ein geringer Teil des Torfs an der unmittelbaren Oberfläche reagiert und nicht in der gesamten Tiefe.

4 Arbeitsziele

Aufgrund der Auswirkungen, die durch die Baumaßnahmen am Liegeplatz 4, Cuxhaven, auf Flora und Fauna entstehen, müssen nach dem NNatG Ersatzmaßnahmen geschaffen werden. Nach der Vorplanung von ARSU, Oldenburg sollen diese auf von NPorts gekauften landwirtschaftlichen Flächen in Hemmoor vorgenommen werden. Dazu sind Bodenumlagerungen auf der Ersatzfläche notwendig.

Nach neuer Lesart können, wie voran geschildert, bei der Umlagerung von Torf und Mude Probleme durch Luft-Oxidation entstehen. Nach Möglichkeit sind Flächen zu sondieren in denen nur geringe Mengen an Torf im Bereich der zu gründenden Teiche vorhanden sind. Für die Umlagerung von Torf sind schadlose Maßnahmen zur Umlagerung zu empfehlen.

In dem Gutachten sollten nach Auftrag von NPorts, Niederlassung Cuxhaven die vermeintlich relevanten Stoffausträge aus dem umgelagerten Torf und Boden in das Oberflächen-, Stau- und Grundwasser abgeschätzt werden.

Bei den Untersuchungen aus chemischer Sicht sollten die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit berücksichtigt werden.

Die Gefährdungsabschätzung soll einfach handhabbar, treffsicher, einfach verständlich und transparent sein.

Bei der Bewertung der möglichen Gefahren muss berücksichtigt werden, auf welchen Emissionspfad umweltbelastende Stoffe von der Quelle, also der Torfablagerung, zu den verschiedenen Schutzgütern gelangen können. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Schutzgüter und die in der Praxis relevanten Emissionspfade, auf denen Schadstoffe die Schutzgüter erreichen:

Schutzgut:	Emissionspfad, Schutzgut:
Grundwasser	unterirdische Sickerwasseraustritte, oberirdische Sickerwasseraustritte, Austrag flüssiger Schadstoffe
Oberflächengewässer	oberirdische Sickerwasseraustritte, Austrag flüssiger Schadstoffe, Abschwemmung, Ausspülung, Rutschungen; Wasser in den Gräben
Boden	Bodenaufbau (Sondierungen) Analyse des auf den ursprünglichen Boden aufgetragenen Bodens
Flora	Vorhandene schützenswerte Pflanzen
Fauna	Erkannte Tiere im Bereich der Ersatzmaßnahme

Um über sinnvolle Sicherungsmaßnahmen entscheiden zu können, ist in der Regel ein hoher Erkundungsaufwand notwendig. Im Zuge dieser Erkundungsmaßnahmen muss sich zeigen, ob sich der durch die allgemeinen Annahmen begründete Anfangsverdacht bestätigt oder ob er entkräftet werden kann. Die Beurteilung wird nach

geltendem Recht, insbesondere nach der Bundesbodenschutzverordnung (BBSchV) und dem Bundesbodenschutzgesetz (BBSchG), vorgenommen.

Bei ggf. auftretenden umweltrelevanten Auswirkungen der Baumaßnahme sollten Lösungsvorschläge zur Abstellung derselben getroffen werden.

Anhand der physikalischen und chemischen Untersuchungsergebnisse des dortigen:

- Bodens
- des abfließenden Oberflächenwassers
- des anstehenden Stau-, Sicker- und Grundwassers

ist ein Zustandsbericht mit der möglichen Auswirkungsprognose gutachtlich zu erstellen. Dabei soll abgeschätzt werden, ob – und ggf. welche Boden- und Grundwasserveränderung nach dem derzeit verbindlichen BBSchG und der BBSchV durch die Umlagerung von Torf und Boden aufgetreten sind.

Maßnahmen zur sicheren Betriebsführung der Verwertungsstätte sind vorzuschlagen.

Nachfolgend wird eine „Begutachtung von Ergebnissen der physikalisch/chemischen Orientierungsuntersuchungen an der Umlagerungsstätte von Torf im Bereich der Ersatzmaßnahme Hemmoor“ im Bedarfsfalle mit folgenden signifikanten Aussagen erstellt:

Analysen der dort vorkommenden und umzulagernden Böden:

- Prüfung auf Verwertbarkeit
- Analysen des oberflächlich ablaufenden Wassers
- Untersuchungsergebnisse und Bewertung
- Wirkfaktoren der Umlagerung
- Wirkung durch Schadstoffgehalte

5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), Ausfertigungsdatum: 17.03.1998, geändert am 09.Dezember 2004

Bundes-Bodenschutz- und Altlastverordnung (BBodSchV), Ausfertigungsdatum: 12.07.1999

BGB, § 324 und § 326

EU-Richtlinie 92/43/EG (Fauna-Flora-Habitat-(FFH)).

Richtlinie zur Prüfung der Umweltauswirkungen entsprechend 2001/42/EG i. V. m. dem

BNatSchG und dem UVPG.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG), letztes Ausfertigungsdatum: 01.07.2005

TR LAGA i. d. R. anzuwenden. Nicht veröffentlicht! Ausfertigungsdatum: 05.11.2004. Rechtsunsicherheit über Anforderungen an Boden- und Grundwasserschutz [7].

Niedersächsisches Naturschutzgesetz (NNatG) vom 11.April 1994; aktuelle Fassung vom 11.11.2009

Bundesberggesetz (BBergG), vom 13.08.1980; geändert am 31.07.2009
Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens aktualisiert am 01.01.2008

Bauproduktengesetz von 1992 EU Richtlinie umgesetzt in nationales Recht

Abwasserverordnung; Anhang 51 Stand 17.06.2004

EU-Abfall-Richtlinie 75/442/EWG:

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

Dipl. Ing. E. Prexl, Akazienweg 4, 21762 Otterndorf

§ 3 Abs. 1: Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss (unabhängig von der Schadstoffbelastung)

§ 3 Abs. 3: Der Wille zur Entledigung ist hinsichtlich solcher beweglichen Sachen anzunehmen, deren ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne dass ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt.

6 Untersuchungsgebiet

Das gesamte Untersuchungsgebiet (Anlage 1) liegt in den sogenannten Moorwiesen nahe Hemmoor und ist ca. 32 ha groß.

Der nördliche Bereich dieser Fläche etwa 14 ha, ist Gegenstand der Untersuchungen. Dieser liegt unmittelbar am Deich der Oste und nahe der Schwebefähre. Es grenzt nordöstlich an den Deich der Oste und südwestlich an den Mittelgraben, welcher das Grundstück teilt. Die Eisenbahnstrecke befindet sich ca. 320 m vom Mittelgraben südwestlich entfernt. Überwiegend besteht das Gelände aus feuchten Wiesen, welche mit Entwässerungsgräben durchzogen sind. Die östliche Hälfte des zu untersuchenden Bereichs ist wild mit hüfthohen Gräsern und Sträuchern bewachsen. Bei den Probenahmen wurden zufällig folgende Tiere und Auffälligkeiten anhand von Spuren augenscheinlich festgestellt:

Fasane, Kleingetier, Spuren von Paarhufern (etwa so groß wie von Wildschweinen) und von Fressresten von einem Vogel.

7 Beschreibung der Probenahmestellen

Anhand des Übersichtsplans (Anlage 2) ist nach Angaben von ARSU, Oldenburg zur Ergründung der dortigen Bodenformationen 30 Sondierbohrungen bis zu 3 m u. O. G. durchgeführt worden.

Das Wasser in den dortigen Randgräben ist mittels Elektroden auf pH-Werte, Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoffgehalt untersucht worden (siehe Tabelle 3). Aus dem Randgraben G1 bis G 3 ist ein Wasser- Mischproben aus dem oberflächlich anstehenden Wasser entnommen worden.

7.1 Details zu den Probenahmestellen und der Probenahme

Die 30 Schlitzsondierungen sind mit einer 20 mm Schlitzsonde durchgeführt worden. Der probengewinnende Teil ist 1 m lang und die Probenahme wurden jeweils in 1 m Abschnitten mit dem Pürkhammer in den Boden gerammt. Endpunkt der Sondierung war 300 cm unterhalb der Geländeoberfläche.

Maximal sollen die Teiche eine aus Gründen des Frostschutzes 1,50 m sein.

Die Ergebnisse der Sondierungen sind unter Anlagen 6 und 7 mit Schichtenverzeichnis und zeichnerischen Darstellungen nach DIN 4023 zu sehen. Die Probenahmepunkte sind mittels DGPS ein gemessen worden (Anlage 4). Weitere Details sind dem Protokoll Anlage 5 zu entnehmen.

Auf der Ersatzfläche sind zur Entwässerung wasserführende Gräben vorhandene. Aus zwei ist zur Orientierung eine Mischprobe zur Untersuchung entnommen worden (Ergebnisse in Anlage 12).

7.2 Datenlage und Methodik

Es liegt ein Bericht vor [8], sowie eine geologische Karte, die eine Beurteilung der Auswirkungen nach [10] allerdings nicht ermöglichen. Die geologischen Formationen sind in diesem Gebiet sehr kleinräumig und stark wechselnd. Deshalb sollte bei den geplanten Baumaßnahmen nach den bereits erfolgten Untersuchungen gezielt in die Tiefe nachsondiert werden, um ggf. eine ausreichende Deckschicht durch Klei zum ggf. gespannten Grundwasser zu erkunden.

7.2.1 Geologische Grundlagen

Das Marschland ist insbesondere durch die Elster-Eiszeit gestaltet worden. Grundmoränen haben diese Gegend durch Ablagerungen insbesondere von Klei, Torf und im geringeren Maße durch Silt (Klei, Löß) geprägt. Löß/Lehm ist ein wenig verfestigter Grobsilt mit hohem Anteil an Aluminiumsilikaten, geringeren feldspatkarbonatischen Gesteinsbruchstücken und Glimmer. Der Tonmineralanteil besteht in mitteleuropäischen Lössen aus Illit mit geringen Mengen an Kaolinit und seltener etwas Smektit mit charakteristischen Calcium-Karbonatgehalten. Der Löß/Lehm weist ursprünglich eine blass gelbe Farbe auf, wird allerdings durch den fluvialen Einfluss grau bis dunkelgrau und ist, bevor er verwittert, sehr porös und nimmt Wasser bis zu einem Sättigungsgrad gut auf. Danach wirkt der Löß als sehr gutes Dichtungsmaterial – hier z. B. gegenüber dem ggf. tieferliegenden Grundwasserstock. Der Löß/Lehm verwittert, wird durch den ausgewaschenen Kalkgehalt noch feiner und entwickelt sich von den mittleren Korngrößen zwischen 20 µm und 50 µm zu den Feinstanteilen < 2 µm.

Auf dem ursprünglichen Geschiebe können sich Rückstandsseen mit reichhaltiger Vegetation bilden, die durch bakterielle anaerobe Humifizierung zu Mooren wurden und u. U. werden. Torfe sind häufig die Ablagerungen der Moore, sie sind sedentärer Entstehung. Sedimentär gebildet wurden die Torfmudden (Gyttjen).

Die die Torfe bildenden Moore wurden unterteilt in an das Grundwasser gebundenen (topogene), nährstoffreiche (eutrophe) Nieder- oder Flachmoore und in vom Regenwasser gespeiste (ombrogene), nährstoffarme (oligotrophe) Hochmoore [4, 10].

8 Ergebnisse der Schlitzsondierungen zur ersten Orientierung

8.1 Probenahmen

Um die geologischen Verhältnisse zu erkunden, sind bisher in dem Bereich der Ersatzmaßnahme 30 Schlitzrohrsondierungen nach Vorgaben des Büros „ARSU“, Oldenburg durchgeführt worden (Anlage 2 und 4). Die Bohrungen wurden mit einer 2 cm Schlitzsonde mittels eines Pürkhammer meterweise bis zu einer Tiefe von 3,0 m getrieben. Die verschiedenen Bodenformationen wurden in der vertikalen Ausdehnung gemessen. Dabei wurden in dem Bereich folgende vier Bodenformationen per Augenschein festgestellt:

- Mutterboden
- Lehm/Lös
- Klei
- Torf/Mudde und

Die Bohrkern der verschiedenen Bodenarten wurden getrennt in 5 l PE-Gefäßen als Mischprobe gesammelt und dem Labor Dr. Döring, Bremen zur Untersuchung nach den Anforderungen der BBSchV gebracht.

Eine Kleimischprobe ist parallel zur Orientierungsuntersuchungen dem Ingenieur Büro Steinfeld und Partner, Hamburg übergeben worden. Dieses sollte den Klei auf Eignung für den Deichbau untersuchen (Anlage 11).

Aus dem Mittelgraben wurde eine Oberflächenwassermischprobe (Anlage 12) entnommen und untersucht.

Vor Ort wurden in den dortigen Randgräben Messungen auf pH-Werte, Leitfähigkeiten, Sauerstoffgehalte und Temperatur durchgeführt (Tabelle 3).

8.2 Analyseergebnisse

Die chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden durch das Labor Dr. Döring, Bremen, das Ingenieurbüro Steinfeld und Partner und dem Gutachter durchgeführt. Darüber hinaus sind die Probenahmen protokolliert und in den Anlagen 4 und 5 zu sehen.

Wie in den Anlagen 6 und 7 der Schichtenverzeichnisse bzw. den zeichnerischen Darstellungen der Schlitzrohrsondierungen nach DIN 4023 zu erkennen ist, wurden wie in der Anlage 9 zusammengestellt in 21 Bohrkernen der Sondierungen, nach einer durchschnittlichen Schicht Stärke von 24 cm Mutterboden und in einer durchschnittlichen Stärke von 260 cm - überwiegend Klei vorgefunden. Lehm und Torf wurden in dem Bereich der 21 Bohrungen nur vereinzelt in 5 Bohrungen ermittelt. Die durchschnittliche Schichtstärke für Torf betrug 16 cm und für Lehm/Löss 53 cm. Der Bereich der vorgeschlagenen 30 Sondierungen wurde aufgrund des geringeren Vorkommens an Torf auf 21 Sondierungen eingegrenzt, um einmal ein Maximum an verwertbarem Klei zum anderen ein Minimum an Torf vorzuschlagen und auszuweisen.

In den untersuchten 30 Bohrungen bis zu einer Tiefe von 3,0 m wurden wie Anlage 8 ausgewiesen, überwiegend Klei, geringe Mengen an Mutterboden, bereichsweise deutliche Mengen an Lös/Lehm und Torf / Mudde festgestellt.

Fast man die Ergebnisse der 21 Bohrungen zusammen, die augenscheinlich in Bereichen von geringen Torfvorkommen gegründet sind, so ergeben sich grob abschätzbar die Massen, die in der Tabelle 1 ausgewiesen sind.

Der Analysenumfang der Torf Probe ist im Wesentlichen auf die Beweissicherung des Bodenaushubs auf potentiell saure Böden nach [10] ausgeführt worden (Anlage 11).

Um die dortigen Säure/Baseneigenschaften stichprobenartig zu analysieren.

Da im Bereich der Ersatzmaßnahme kein Verdacht auf Altlasten vorliegt, (Altlastkataster [73]) sind nach dem Screening Verfahren entsprechend der BBodSchV unter 1.4 die drei weiteren Bodenmischproben

- MP Klei 1.4
- MP Mutterboden und
- MP Lehm

untersucht worden.

Aufgrund der geologischen Verhältnisse am Standort des Vorhabens, die fluvial und durch die Eiszeiten geprägt sind, fallen aufgrund der Ergebnisse von 21 ausgewählten Schlitzsondierungen bis zu einer Tiefe von 3,0 m u. G. im Bereich des zu schaffenden Teichs (Anlage 2 und 9) nach sehr grober Schätzung folgende Anteile an:

Tabelle 1

Formation	Geschätzter Anteil [%]	Mengen ca. [m ³] OS	Bemerkungen
Mutterboden	8,5	10.000	
Torf (Mudde)	1,7	2.000	
Klei	84,7	100.000	
Lehm	5,1	6.000	

Die o. a. Zahlen sind wahrscheinlich mit großen Fehlern behaftet, da das Raster der Proben sehr grob war und die verschiedenen Bodenformationen im kleinen Raum sehr unterschiedlich sein können. Trotzdem wird klar, dass bei Eignung eine Verwertung insbesondere des Kleis, weiter des Mutterbodens und des Lehms für verschiedene Einsatzmöglichkeiten ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist. Der Klei ist für Deponie Dichtungen und für den Bau von Deichen ein rarer und wertvoller Baustoff. Bis auf den Torf, der nach Möglichkeit nicht in aerobe Bereiche umgelagert werden soll, sind übrigen Formationen zu verwerten.

Die Analyseergebnisse der drei Bodenmischproben sind in der nachfolgenden Tabelle im Vergleich zu den Prüfwerten der BBSchV zusammengestellt.

Tabelle 2

	Dimension	BBSchV 1.4	MP Klei 1	MP MU 1	MP Lehm
		1)			
Trockenmasse	%		48,7	68,5	78,4
Arsen	mg/kg TS	25	<1	<1	<1
Blei	mg/kg TS	200	17	24	16
Cadmium	mg/kg TS	2	0,2	0,3	0,2
Chrom	mg/kg TS	200	36	40	29
Nickel	mg/kg TS	70	24	22	18
Quecksilber	mg/kg TS	10	<1	<1	<1
Aldrin	mg/kg TS	2	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	2	0,002	0,005	0,013
DDT	mg/kg TS	40	<0,001	<0,001	<0,001
Hexachlorbenzol	mg/kg TS	4	<0,001	<0,001	<0,001
Pentachlorphenol	mg/kg TS	-	<0,001	<0,001	<0,001
∑ PCB ²⁾	mg/kg TS	-	n.n.	n.n.	n.n.
∑ HCH	mg/kg TS	-	n.n.	n.n.	n.n.
∑ DDE/D/T	mg/kg TS	-	n.n.	n.n.	n.n.
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	50	<0,05	<0,05	<0,05

Zeichenerklärung: 1) Niedrigste Prüfwerte für Kinderspielflächen

2) 6 Congenere nach TVO

8.2.1 Ergebnisse der Mutterbodenmischprobe, der

Lehm/Lösbodenmischprobe und der Kleibodenmischprobe

Wie die Gegenüberstellung der Analysenwerte mit den Prüfwerten der BBSchV für Kinderspielplätze zeigen, liegen alle Messwerte der Mischproben deutlich unterhalb.

Alle Analysenwerte - auch die vorsorglich zusätzlich untersuchten - lagen erwartungsgemäß in Bereichen, *die häufig natürlich vorkommen* (Kloke). Diese Böden können ohne Einschränkungen aus chemischer Sicht umgelagert werden. Weitere Untersuchungen, wie etwa die Auslaugbarkeit, erübrigen sich deshalb. Die Kornanalysen entnehmen Sie bitte den Anlagen unter 10 und 11.

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

Dipl. Ing. E. Prexl, Akazienweg 4, 21762 Otterndorf

8.2.2 Ergebnisse der Torfmischprobe

Wie im Prüfbericht 1710115B Labornummer 6587 zu sehen ist, weist die Torf Mischprobe ein Säurebildungspotential von 586 mmol/kg TS auf. Das entspricht theoretisch der maximalen Bildung von 48 g/kg TS an schwefliger - und 57 g/kg TS an Schwefelsäure. In praxi wird diese zwar weitgehend durch den Torf gepuffert, jedoch ist bei einer 100%igen Oxidation das Säurebildungspotential als erheblich anzunehmen. Deshalb sollte der Torf bei höheren Temperaturen nicht längere Zeit Luftsaurestoff ausgesetzt sein. Dieser sollte in anaerobe Aushubbereiche umgelagert und ggf. mit mindestens 0,30 m Kleischicht abgedeckt werden.

Maßnahmen der Umlagerung sollte fachgerecht überwacht werden.

8.2.3 Ergebnisse zur Verwertbarkeit der Kleimischprobe

Der Stellungnahme des Ingenieurbüros ist zu entnehmen (Anlage 11), dass der Klei aufgrund des zu hohen Wassergehalts von im Mittel ca. 65 % (Anlagen 10 und 11) nach *Hamburger Maßstäbe* nicht direkt im Deichbau zu verwerten ist. Falls eine Trocknung des Kleis unter 40 % möglich ist, stehen die übrig gemessenen Parameter einer Verwertung im Deichbau nicht entgegen.

Als Material zur Dichtung ist der Klei nach dem Analysenbefunden Bu. Nr. 6586/2011, Anlage 10 und 11, geeignet, da dieser einen kf-Wert von 10-9 - bis 10-10 m/s auf (nach Einschätzung von Herr Dipl. Ing. Janus Prof. Ritzkalla, Hannover) aufweist.

Trotz der Einwände der Ingenieure des Büros Steinfeld und Partner ist der Klei ein wertvolles Gut. Die praxisnahe Verwertung - ggf. nach Behandlung - sollten deshalb geprüft und eruiert werden.

8.2.4 Ergebnisse der Oberflächenwasserproben

Aus den dortigen Entwässerungsgräben ist eine Mischprobe aus den Gräben (Gruppen) zur beweissichernden Untersuchung auf pH-Wert und dessen Stabilität entnommen worden.

Wie anhand der Analyse (Anlage 12) zu erkennen war, reagierte der pH-Wert im gering sauren Bereich und war aufgrund der vorgefundenen Basenkapazität stabil. Der Gesamttrockenrückstand war mit ca. 0,02 Gew. % unauffällig. Eine signifikante Biochemische Sauerstoffzehrung war aufgrund des geringen Bedarfs von < 3 mg O₂/l x 5d nicht gegeben.

Da keine Auffälligkeiten erwartungsgemäß ermittelt wurden, sind die weiter durchgeführten Messungen mit Elektroden auf pH-Werte, Leitfähigkeiten, Sauerstoffgehalt und Temperatur Vorort zur Beweissicherung und Charakterisierung ausreichend.

8.2.5 Messergebnisse in den dortigen Oberflächengewässern

Am 22.10.2011 ist mit dem Dreikanal Multiparametermessgerät 3430 von WTW im Bereich der Sondierungen und aus der Oste folgende Messergebnisse zur Beweissicherung ermittelt:

Tabelle 3

Parameter	Dimension	Messstellen Bezeichnung					
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
O₂ Gehalt	<i>mg/l</i>	7,4	7,4	5,6	5,0	9,2	8,3
pH-Wert	<i>[1]</i>	6,1	6,4	6,4	6,1	6,8	7,2
Leitfähigkeit	<i>µS/cm</i>	509	484	505	483	532	452
Temperatur	<i>°C</i>	7,0	7,1	7,1	7,0	7,7	9,2
DGPS 3510-	<i>X</i>	607	555	532	245	548	507
DGPS 595-	<i>Y</i>	1808	1869	1892	2015	2420	2772

Die Proben M1 bis M 4 sind aus dem Mittelgraben, die Probe M 5 aus direkt am Pumpenhaus und die Probe M 6 ist am Hafen aus der Oste bei mittlerem abfließendem Wasser entnommen worden.

Wie anhand der o. a. Messwerte zu sehen ist, betrug der Sauerstoffgehalt in den Gräben im Mittel ca. 54 %, in der Probe M 5 80 % und in der Oste 75 % der möglichen Sauerstoffsättigung.

Die pH-Werte in den Gräben waren mit 6,1 bis 6,4 im leicht sauren Bereich, während die Messungen in der Probe am Pumpenhaus wie in der Oste einen neutralen pH-Wert aufwiesen.

Die Messwerte der Leitfähigkeiten lagen um 500 µS/cm in unauffälligen Bereichen vor.

9 Wirkfaktoren der Umlagerung des Bodenaushubs

Die mit den Umlagerungen von Torf verbundenen Umwelteinwirkungen sind in der jüngeren Vergangenheit in verschiedenen Arbeiten u. a. der Deutschen Gesellschaft Für Moor- und Torfkunde (DGMT e. V.) untersucht und in der Buchreihe TELMA seit 1971 dokumentiert worden.

Die durch den zu Tage tretende Torf, den Auswirkungen des Torfabbaus und den seit Generationen in Niedersachsen naturgegebenen und anderen relevanten Wirkfaktoren sind:

- Wirkung durch die Veränderung des anaeroben und aeroben Milieus (Redoxvorgänge)

Der Mechanismus der weitaus meisten Redox-Vorgänge ist recht kompliziert und auf alle Fälle viel schwieriger zu ermitteln, als ihre Stöchiometrie und Thermodynamik. Während nämlich sowohl Stöchiometrie wie Thermodynamik einzig auf analytischen und energetischen Messdaten beruhen und unabhängig von Modellvorstellungen gültig sind, beruhen mechanistische Angaben auf Modellen, spiegeln also den heutigen Stand der Erkenntnisse wieder und werden sich entsprechend der Erweiterung unseres Wissens wandeln. Heute steht die Forschung der Mechanismen solcher Reaktionen in einem Brennpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Neben Untersuchungen über die Kinetik, über die Aktivierungsenergien und – Entropien und von katalytischen Effekten bestimmter Substanzen, haben insbesondere Arbeiten mit durch Isotopen markierten Substanzen und Untersuchungen über kinetische Isotopeneffekte mancherlei Aufschlüsse über den Ablauf von Redox-Reaktionen gebracht.

Redox-Reaktionen zwischen einem Kation wie dem H_3O^+ und einem Anion OH^- geschehen wohl stets über den Weg von Liganden Substitutionen (SN_2 -Reaktionen). Der Torf scheint mit seiner Matrix und den polaren Huminstoffen wie Huminsäuren ein idealer Ligand zu sein, wobei dieser mithilft, die Elektronen auf das Zentralion zu übertragen [20, 23].

Eine wesentliche Frage, die noch aus wissenschaftlichem Interesse zu beantworten ist: bis zu welcher Schichttiefe reagiert die Oxydation und in welchen Schichten ist der anaerobe Zustand beständig. Schließt man von den Erfahrungen der Agrarwissenschaftler von dem Naturboden auf den Torf, so wird hier die aerobe

Schicht bis zu einer Tiefe von ca. 30 cm angenommen. Nach dieser These heißt das, dass nur die oberste Schicht durch besondere Ausbildung von Säuren wirkt, während im unteren Bereich die Verhältnisse hinsichtlich der Säurebildung stabil bleiben.

Wichtig in dem Zusammenhang ist, ob einmal oxydierter Torf und saurer Torf reversibel ist, d. h. ob sich die Säuren wieder durch Bakterien im anaeroben Bereich zurückbilden. Die Untersuchung des Tiefengradienten und die Veränderung in Abhängigkeit der Temperatur des Wassergehaltes ist von großem wissenschaftlichen Interesse, da man dadurch ggf. die optimale Aufschütthöhe einer solchen Torfumlagerung bestimmen kann.

Die oberste oxydierte Schicht bildet unter bestimmten Bedingungen Sauerwasser, welches in den darunter liegenden der anaerobe Bereich versickert und höchstwahrscheinlich reduziert wird. Zu untersuchen wäre, wie stark ist diese aerobe Schicht mit und ohne die geplante Abdeckung.

Wissenschaftlich interessant ist weiter, wie stark soll optimal die anaerobe Schicht des Torfes sein, das sie einmal als Adsorber wirkt, jedoch keine günstigen Voraussetzung für die Methanproduktion bietet? Diese Reaktion ist von Enzymen gesteuert und abhängig von dem erfolgreichen Zusammenwirken der acetogenen - und Methanbakterien. Der pH-Wert, der Wassergehalt [35] und vor allem die Temperatur (erfolgreich meist über 30 Grad [20]) haben einen wesentlichen Einfluss auf die Methanbildung. Diese können also zur Steuerung und somit zur Vermeidung der Methanbildung genutzt werden. Die exotherme Bildung von CO₂ in den oberflächennahen Bereichen, kann durch die geplante Abdeckung ebenfalls reduziert werden. Die Gleichgewichte zwischen dem Schichtaufbau, sollten optimalen gestaltet sein, um die Treibhausgase zu vermindern.

Art und Intensität der Auswirkungen der Umlagerung der dort anstehenden Böden sind von einer Reihe von Randbedingungen abhängig, von denen die Wichtigsten folgende sind:

- Art des umzulagernden Materials
- Art des anstehenden Bodens
- Beaufschlagungsmenge pro Fläche
- Zeitpunkt der Umlagerung
- Hydrografische Bedingungen
- Vorhandene Besiedlung
- Sicherungsmaßnahmen

Die Bodenfauna und Flora wird im Baugebiet und im Bereich der durch den Aushub und Zerstörung der ursprünglichen Struktur kurzfristig geschädigt.

Durch die geplanten Umlagerungen der dortigen Bodenformationen werden die beaufschlagten Flächen in der ursprünglichen Struktur geschädigt.

9.1 Grundlagen zur Klärung des Eingriffstatbestandes

Quellen zur Beurteilung des Eingriffs durch die geplante Maßnahme ist die Planung der Ersatzmaßnahme durch das Büro ARSU, Oldenburg.

9.2 Beschreibung der Schutzgüter

Boden

Der Boden im Bereich der Ersatzfläche ist eine naturbelassene saure und feuchte Grünfläche. Im Sinne des Naturschutzgesetzes ist keine herausgehobene Wertigkeit bekannt [11]. Unter der dünnen Mutterbodenschicht (0,24 m) befindet sich vereinzelt Lößlehm (von 0,20 m bis 1,4 m), vereinzelt Torf (von 0,05 m bis 1,00 m) und als Hauptanteil Klei (siehe auch Anlage 8 und 9).

Aufgrund der bereits erkundeten Schichtstärke des Kleis ist die Bodenformation zum Grundwasser hin nahezu abgedichtet. Wegen der ggf. auftretenden artesischen Drucks, sollte die Schichtdicke des Kleis über die ermittelte von 3 m auf 6 m punktuell noch erweitert und auf kf Wert wie tiefenabhängiger Wassergehalt untersucht werden. Der alkalisch reagierende Ton bildet ggf. für saure Wässer wie saurer Regen oder Torfwasser auch noch eine chemische Barriere für die H_3O^+ Ionen. Aufgrund der vorliegenden Analysen, ist eine besondere anaerobe Lagerung des Aushubs an Torf mit Klei Abdichtung bei niedrigen Temperaturen vorzunehmen. Eine Standortempfindlichkeit gegenüber dem umgelagerten Torf ist danach auszuschließen.

9.3 Grundwasser

Der freie Grundwasserspiegel ist bei den durchgeführten Untersuchungen nicht erreicht worden. Die Staunässe steht je nach Niederschlag oberflächennah über dem vorgefundenen Klei an. Die Bodenformationen waren während der Probenahme stark durchnässt.

9.4 Oberflächenwasser

Im Norden wird die Ersatzfläche durch die Oste mit Deich begrenzt. Die gesamte Fläche ist mit Gräben in nordöstlicher Richtung durchzogen. Diese entwässern in den Mittelgraben, Deichgraben und letztendlich in das Warsteiner Schleusenfleth. Am Ende des Fleth's – nahe der Oste – entwässert ein Pumpwerk die feuchten Wiesen in die Oste. Dies ist die Abgrenzung des möglichen Einflussgebietes des oberflächennahen Wassers. Beweissichernde Untersuchungen haben stattgefunden.

9.5 Grundlagen zur Bewertung der Wirkung der Umlagerung

Aufgrund der Analysenergebnisse ist ggf. eine Wirkung durch die aerobe Ablagerung des Torfs zu befürchten. Grundlagen zur Bewertung ist neben der einschlägigen geologischen Schul- und Studiums- Literatur im Wesentlichen die „Berichte der deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde“ Jahres-Hefte ab 1971 bis 2010 und Sonderberichte. Die gesetzlichen Regelwerke sind Kapitel 4 aufgeführt.

In diesem Gutachten wird auf die Umlagerung von Boden aus dem unmittelbaren Baubereich, die Bereitstellung zur Verwertung und die Umlagerung von Torf in anaerobe Bereiche entsprechend den Empfehlungen unter [10] eingegangen.

Die Größenordnung der bei der Baumaßnahme anfallenden Böden zeigt sich erst nach der endgültigen Planung. Nach derzeitigem Stand wird von einer maximal umzulagernden Torfmenge von 2.000 m³ ausgegangen, die in einer Wanne des zur Verwertung im Deichbau entnommenen Kleis anaerob eingebracht wird. Der Klei, als rares Gut, sollte nach ökonomischen und ökologischen Grundsätzen entsprechend der zu gründenden Wasserflächen verwertet werden.

9.6 Wirkung auf die Bodenstruktur

Im Baubereich werden nach dem derzeitigen Stand der Planung ca.4 ha anstehendes Grünland überbaut und Größtenteils durch die Maßnahme versiegelt. Außer der Grasnarbe wird der nachfolgende Boden überwiegend aus dem Schichtwasserbereich ausgehoben und im unmittelbar anschließenden Bereich nach den nachfolgenden Bodenformationen sortiert. Diese 4 h Grünland mit unbekannter Wertigkeit gehen verloren.

Der nach [16 und 17] hohe Stickstoffaustrag bei Rasenumbruch sollte bei der Umlagerung durch das Planungsbüro berücksichtigt werden.

Aus meiner Sicht kann der Eingriffstatbestand bei richtigem Verfahren bei den Bauarbeiten vernachlässigbar gering gehalten werden. Die Bereiche ggf. der Bereitstellungsflächen sind als reversibel einzustufen.

Durch die Anlage von Hauf werken (Warften) zur Erhöhung des Geländes und als Bereich, wohin im Notfall Wildtiere flüchten können, werden durch die mit Mutterboden überdeckten Flächen quasi kompensiert.

9.7 Wirkung durch Schadstoffgehalte

Maßgeblich für die Beurteilung aus naturwissenschaftlicher Sicht kann das Verschlechterungsverbot [5] im Regelbereich der BBSchV sein.

Nach neuesten Erkenntnissen der Uni Bremen und den Regelungen des Nds. Umweltministeriums - wie dem LBEK, Hannover - kann nur das potenzielle Versauerungspotential des Torf s als mögliche Schadstoffquelle zu beachten sein. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:

Torf hat hervorragende Eigenschaften um polare und größere Moleküle zu adsorbieren. Diese werden in praxi nicht zum Grundwasser hin ausgelaugt [4].

Das Wasserrückhalte- und somit das Speichervermögen des Torfs ist sehr hoch und somit überwiegend hinsichtlich des dortigen Wasserhaushalts positiv zu bewerten [4, 69].

Der analysierte relativ hohe TOC – Gehalt der Torfproben wird überwiegend durch Huminstoffen und Huminsäuren verursacht. Diese sind sehr schlecht bakteriell abbaubar und schädigen folglich Grund- und Oberflächenwasser kaum durch Sauerstoffentzug.

Torf ist nicht toxisch und wird auch als Heil- und Lebensmittel verwandt.

Torf bildet auch aufgrund der niedrigen pH-Werte einen speziellen Lebensbereich, der zur Vielfalt von Flora und Fauna beiträgt.

Daher kann das Bundesgesetz (BBodSchG und die BBodSchV) maßgeblich und Rahmen gebend sein. Hier ist in der BBodSchV unter 3.2 f) ausgeführt, dass die geogen bedingten Hintergrundwerte der jeweiligen Grundwasserregion bei der Anwendung der Prüfwerte zu berücksichtigen sind. Unter Punkt 4.3 c) wird auf pH-Werte < 5 Bezug genommen, was weit unter den Regelwerten der LAGA und den aktuellen Analysenwerten liegt.

9.8 Wirkungen auf die Hydrologie

9.8.1 Wasserhaushalt

Bei der Neuanlage der Warft wird aufgrund der Analogie mit dem gut erforschten Sickerwasseranfall an Hausmülldeponien zu beobachten sein, dass vergleichsweise aufgrund des sehr hohen Speichervermögens von Niederschlagswasser des Torfs (bis zu 90 %), 3 - 5 Jahre kein Sickerwasser anfallen wird [4, 13, 14]. Aus den anzulegenden Randgräben wird zu beobachten sein, ob überhaupt Sickerwasser anfällt, was bei auffälligem organoleptischem Befund untersucht wird.

In Anlehnung an die Untersuchung aus dem Boden-Wasserhaushalt (Schäffer/Schachtschnabel, 1982) kann daher die Sickerwasserbildung einer Torfwarft wie folgt beschrieben werden [14]:

$$\text{Gl. (1):} \quad S = N - V - SP - AO + ZO$$

$$\text{Gl. (2):} \quad IM = N - V - AO + ZO$$

$$\text{Gl. (3):} \quad S = IM - SH - SP$$

Zeichenerklärungen:

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

Dipl. Ing. E. Prexl, Akazienweg 4, 21762 Otterndorf

S = Sickerwasser

N = Niederschlag

Ao= Abfluss

Z0= Zufluss

V = Verdunstung

Eine Funktion: f (EW, EI, T, EM)

EW = Verdunstung freier Wasserflächen

EI = Verdunstung durch Interception (Pflanzen)

EM = Verdunstung von der Oberfläche

T = Transpiration der Spontanvegetation

IM = Infiltrationsrate in den Torf

SH = im Torf fest haftendes Wasser

SP = im Torf vertikutierendes Wasser; eine Funktion, die aufgrund ihrer komplexen Zusammenhänge und der inhomogenen

Vorgänge im Torf in

einem zweidimensionalen Strömungsfeld als Differenzialgleichung für die Praxis nicht lösbar sind [14].

Die Beziehung zwischen Grundwasser- und Sickerwasserneubildung und Grund- wie Sickerwasserflurabstand ist in der Abhängigkeit von der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes bei Torf, Acker, Grünland und Nadelwald verschieden.

Die zu ermittelnden Größenordnungen entsprechen auch den heute gesammelten Erfahrungen des NLWKN (mündliche Mitteilung von Herrn Bräcker 1999), die bei Kompaktorverdichtung überschlägig bei Altdeponien von einer auf die jährliche Sickerwassermenge von 10 – bis 20 % des jährlichen Niederschlages ausgehen.

9.8.2 Wirkungen auf das Grundwasser

Eine signifikant negative Wirkung auf den Grundwasserkörper im Tiefenbereich > 3 m wird ausgeschlossen, da nach bisherigen Erkenntnissen die dichtende Schichten nicht permeabel sind. Ein Infiltrieren des Stauwassers in das Grundwasser ist somit unwahrscheinlich.

Zur redundanten Sicherheit gegen artesischen Durchbruch des tieferen Grundwassers sollte die Schichtdicke des dort anstehenden Kleis unterhalb 3 m unter Gelände stichpunktartig nachuntersucht werden.

9.8.3 Wassermenge

Die durch die geplante Anlage von Teichen gehen ca. 4 h Grünland mit unbekannter Wertigkeit verloren. Es ist zu prüfen, ob das Pumpwerk am Warsteiner Schleusenflethl nicht überlastet wird.

9.8.4 Wassergüte

Eine signifikante Beeinflussung der Wassergüte wird durch die Maßnahme nicht gesehen. Wie Untersuchungsergebnisse der Feststoffproben zeigen liegen die Werte nach Kloke in Bereichen, *die häufig in der Natur* vorkommen.

Lediglich durch unsachgemäße Handhabung bei der Umlagerung von Torf können negative Einflüsse auf das Schicht- und oberflächlich abfließenden Wasser erfolgen. Dies gilt wie vorab beschrieben zu vermeiden.

Hinsichtlich der in der Regel in Niedersachsen anzuwendenden Anforderung an die stoffliche Verwertung sind bei Torf Natur gegeben folgende Parameter auffällig:

- pH – Wert
- Leitfähigkeit
- TOC
- Sulfid/Sulfit und Sulfat

Bei den festgestellten geringen Metallgehalten in den Bodenproben ist zudem keine relevante Mobilisierung der sogenannten Schadstoffe zu besorgen.

Durch das Adsorptionsvermögen des Torfes wird in praxi im Sickerwasser, welches aus der Torfwarft ggf. austritt, hinsichtlich der Leitfähigkeit, des Sulfat-, der Metall- und des TOC-Gehaltes wesentlich geringere Konzentrationen festzustellen sein.

Aufgrund der geogenen Verhältnisse ist aus naturwissenschaftlicher Sicht keine signifikante Verschlechterung des Schichtwassers durch die geplanten Maßnahmen zu besorgen.

9.8.5 Wirkungen auf die Oberflächengewässer

Da der Untergrund durch die nahezu wasserundurchlässigen Kleischichten das Niederschlagswasser staut, erfolgt der Abfluss in die dortigen Gräben, die teilweise zum dortigen Pumpwerk zur Oste fließen. Ob sich die Wassermengen, die gepumpt werden müssen verändern, kann durch den Betreiber des Pumpwerks festgestellt werden. Falls eine signifikant höhere Einleitung erfolgen muss, sollte ein Wasserrechtsantrag gestellt werden.

9.8.6 Wirkung durch Verwehungen

Bei den vorherrschenden Winden aus westlicher und nordwestlicher Richtung ist vor dem Auftragen des überwiegend schluffigen Bodens und des entstehenden Bewuchses bei Trockenheit und höheren Windgeschwindigkeiten mit geringen Verwehungen in dem unbewohnten Bereiche zu rechnen. Nach der Bewachsung wird dies vermieden. Aus den entstehenden Wasserflächen ist mit Verwehungen nicht zu rechnen.

9.8.7 Weiterer Untersuchungsbedarf

Die Baumaßnahmen sollten hinsichtlich des zu entnehmenden Bodenaushubs überwacht werden. Bei Auffälligkeiten sind zur Beweissicherung Proben zur Untersuchung zu entnehmen.

Die dortigen Oberflächengewässer (Gräben) sollten während der Baumaßnahmen auf schädliche Veränderungen (pH-Werte, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt) geprüft werden. Ob artesische Wasserbewegungen in den zu schaffenden Teichen - wie bei der Einstellung der Wasserhaltung des Hemmoorer Kreidesees entsteht - sollte beobachtet werden.

Die Stärke des im Untergrund dichtenden Kleis sollte über die 3,00 m Tiefe beweissichernd, stichprobenartig sondiert werden. Der tatsächliche Wassergehalt wie der kf-Wert sollte tiefenabhängig analysiert werden, um partiell Bereiche für die Verwertung im Deich- und Deponiebau zu ermitteln.

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

9.8.8 Empfehlungen zu Sicherungsmaßnahmen

Die Umlagerung von reinem Torf aus dem anaeroben in den aeroben Bereich sollte besonders in der warmen Jahreszeit vermieden werden.

Der Torf sollte verwertet bzw. in von Klei ausgeschachteten Vertiefungen umgelagert und mit einer Kleischicht abgedeckt werden.

Mischböden mit geringen Anteilen von Torf (bis 20 %) sollten, um die Bildung von H_3O^+ -Ionen zu vermeiden, möglichst anaerob umgelagert werden. Eine Belüftung des Torfs durch häufiges Durchmischen wie durch das Abladen von den Kippern und Aufnahme und Verteilung durch Greifer erfolgt, bewirkt bekanntlich [39] zwangsweise bei entsprechend hohen Temperaturen und Zeitverläufen eine Umstellung des Milieus von anaerob zu aerob. Dies ist insbesondere bei den Schwarztorf Chargen zu vermeiden. Sollten diese Maßnahmen unumgänglich sein, so sind die emittierenden H_3O^+ -Ionen zu neutralisieren.

Anzumerken ist der Vollständigkeit halber, dass natürliche Torffeuer fremdentzündend oder selbstentzündend sein können. In der Regel wird Torf dort in Brand geraten, wo das Grundwasser künstlich abgesenkt wird, kein Regen fällt und Brandrodung betrieben wird. Wenn das Wasser verdunstet und der Torf von oben her abtrocknet, reichen normale Temperaturen von ca. 40 Grad aus, die oberste Torfschicht durch Selbstentzündung in Brand zu setzen. Deshalb darf Torf nicht offen gelagert werden (Kohlebrand [27 und 28]).

Mit diesen Maßnahmen wird aus naturwissenschaftlicher Sicht Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderung ergriffen. Die Maßnahmen werden derart eingeschätzt, dass das Wohl der Allgemeinheit danach nicht negativ betroffen ist. Dem Absatz 2, § 9 der BBSchV kommt bei den vorgeschlagenen Sicherheitsmaßnahmen keine Bedeutung zu. Der naturbedingt geringe sogenannte Schadstoffgehalt wird durch die vorgeschlagenen Maßnahmen absehbar unterschritten, so dass die Besorgnis der schädlichen natürlich auftretenden Bodenveränderungen nicht zu einer erheblichen Freisetzung von schädlichen Boden- und Wasserveränderung führt.

Aus chemischer Sicht genügen die vorgeschlagenen Sicherungsmaßnahmen entsprechend dem § 10 BBSchG.

Anzumerken ist nach Meinung des Gutachters, dass auch die Verwertung des Kleis im Deichbau eine erweiterte Ersatzmaßnahme zum Schutz von Fauna und Flora im Sinne des NNatG darstellt. Denn vom vorsorglichen Deichschutz partizipiert nicht nur der Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

Mensch! Ich empfehle zu prüfen, ob eine gewisse Wertigkeit des Ersatzes dieser Maßnahme zuzuerkennen ist.

10 Zusammenfassung

Als Ersatzmaßnahme für den in Cuxhaven geplanten Ausbau des Anlegers **Liegeplatz 4** hat NPORTS, Niederlassung Cuxhaven ein Areal an Feuchtwiesen in Hemmoor angekauft. Darauf sollen Wasserflächen angelegt werden. Da die Marschen in Niedersachsen zu 9.1 % der Fläche aus Hoch- und Niedermooren bestehen, sollten Bereiche möglichst mit geringem Vorkommen an Torf eruiert werden. Da Torf bekanntlich bei Zutritt von Luftsauerstoff chemisch sauer reagiert [39, 27] wurden befürchtet, dass Arsen und einige Metalle mobilisiert und in die Schutzgüter Boden, Oberflächenwasser und Grundwasser gelangen.

In einer von ARSU, Oldenburg ausgewiesenen Bodenfläche sind 30 Sondierbohrungen bis zu einer Tiefe von 3 m durchgeführt worden. Es wurden hauptsächlich folgende vier Bodenformationen ermittelt:

- Mutterboden
- Lehm/Lös
- Torf/Mudde
- Feinschluffiges Material wie Klei

Von den Bodenarten wurden proportional Mischproben zusammengestellt und in Laboratorien untersucht. Das geogene Material zeigte nach dem Untersuchungsprogramm der BBSchV *häufig natürlich vorkommende Gehalte* und somit keine Auffälligkeiten.

Naturgemäß zeigte die Torfprobe ein hohes Säurebildungspotential. Zur Vermeidung signifikanter Säurebildung, sollten, gemäß den Anordnungen des Niedersächsischen Umweltministeriums, bei der Umlagerung eine möglichst anaerobe Lagerung bei niedrigen Temperaturen vorgenommen werden.

Beachtung des optimalen Umgangs bei der Umlagerung von Grünflächen wird zur Vermeidung von übermäßiger Stickstoffmobilisierung empfohlen.

Bei fachgemäßer Handhabung besteht keine Besorgnis zum Entstehen schädlicher Bodenveränderungen im Sinne des § 9 BBSchV. Also ist auch eine erhebliche Freisetzung von sog. Schadstoffen, die eine nachteilige Auswirkung auf die Bodenfunktion ausüben, nicht zu erwarten.

Ersatzmaßnahme in Hemmoor für den Hafensegment LP 4, Cuxhaven

Eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers ist, auf Grund der geringen Standortempfindlichkeit, die einmal durch die stark dichtenden Tonschichten und zum Anderen durch den großen Grundwasserflurabstand gegeben ist, nach den derzeitigen Ergebnissen auszuschließen.

Ein wesentlicher Punkt der Umweltbeeinträchtigung kann bei nicht fachgerechter Lagerung des Torfs in der potentiellen Brandgefahr gesehen werden. Unter bestimmten Voraussetzungen können Torffeuer natürlich, fremd oder selbst entzündet sein. Dies gilt es durch besondere Sicherungsmaßnahmen zu vermeiden.

Nach dem AbfG. sind Abfälle u. a. zu verwerten. Dies ist besonders beim Klei und Mutterboden zu prüfen.

Otterndorf, 14.11.2011

Dipl. Ing. Egon Prexl



11 Literaturverzeichnis

- 1 LAGA Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen; Technische Regeln für die Verwertung, Teil II ; 05.11.2004
- 2 Bundesgesetzblatt 1999 Bundes-Bodenschutz- und Altlastverordnung (BBodSchV)
- 3 Müllhandbuch, Knöpp: Flußsedimente und Hafengebagger-schlämme 4/89

Hans Füchtbauer: Sedimente und Sedimentgesteine, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart 1988

- 4 Rizkallah, V.: Untersuchungen zur Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte und des Anfangsgradienten von Schlick. Gutachten für Strom- und Hafengebäude, Hamburg 1985
- 5 Wasser und Abfall 10/02: Was bedeutet das Verschlechterungsverbot der EG-Wasserrahmenrichtlinie für den Grundwasserschutz?
- 6 R. Wagner, BMU; „Ausführungen zu LAGA“ Workshop Filderstadt 13.02.2006
- 7 B. Heinz, BMV; „Rechtliche Behandlung von Baggergut aus Bundeswasserstraßen „ Stichwort: Hoheitliche Unterhaltungstätigkeit; OVG Lüneburg, Urteil vom 28.06.1979 – III OGV A 316/77
- 8 Steinfeld & Partner Deichbau Oste;1. Bericht, 2.06.2008
- 9 J.L.Lozan, H. Kausch: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren, Parey 1996
- 10 LBEG; „Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten; GEOFAKTEN 24
- 11 Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Verlag Hydro Agri Dülmen GmbH 12. Auflage
- 12 Bernhard Hölting; Hydrologie, ENKE 5. Auflage
- 13 DFG, Wasser und Stoffhaushalt von Abfalldeponien und deren Wirkung auf die Gewässer, Forschungsbericht, VCH, 1986
- 14 E. Prexl, NLO Sickerwasseranfall, - Inhaltsstoffe und -Behandlung
- 15 (Bericht ü. Erfahrungen in Niedersachsen; Städtetag Hamburg. 1985)

Unabhängiger Sachverständiger für Wasser und Abfall

Dipl. Ing. E. Prexl, Akazienweg 4, 21762 Otterndorf

- 16 W. Walther Möglichkeit zur Kalkulation des Stickstoffaustrages in Einzugsgebieten (1987)
- 17 W. Walther, B. Scheffer Ergebnisse langjähriger Versuche zur Stickstoffauswaschung landbaulich genutzter Böden und Bedeutung für die Anlieferung an das Grundwasser
- 18 Renger M., Strebel O. 1983 Einfluss des Grundwasserflurabstandes auf die Grundwasserneubildung, Evapotranspiration und Pflanzenertrag. Z. dt.geol. Ges., 134, 669-678
- 19 G. Jander/ E. Blasius Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie, neunte ergänzte Auflage
- 20 Springer-Verlag Anerobtechnik, Handbuch der anaeroben Behandlung von Abwasser und Schlamm
- 21 K.-H. Näser Physikalische Chemie für Techniker und Ingenieure, 12. erweiterte Auflage
- 22 Küster/Thiel Rechentafeln für die Chemische Analytik, 102. Auflage
- 23 H. R. Christen Grundlage der allgemeinen und anorganischen Chemie
- 24 John. H. Perry Chemical Engineers' Handbook, Forth Edition
- 25 DVWK Bodennutzung und Nitrataustrag, Literaturlauswertung über die Situation bis 1984 in der Bundesrepublik Deutschland
- 26 K.-H. Sindowski Das ostfriesische Küstengebiet Inseln, Watten und Marschen
- 27 Wikipedia, freie Enzyklopädie Torf
- 28 H. Höper Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren TELMA Band 37, Seite 85 – 116, 19 Tab. Hannover, Nov. 2007
- 29 J. Scheithauer/K. Grunewald Biogeochemie von Hochmoortorfen und Umweltwandel im Erzgebirge (Mitteleuropa) TELMA Band 36, Seite 169 – 188, 5. Abb., 3 Tab. Hannover, November 2006

- 30 F. Antony/Ch. Reinert Grundwasserbelastung unter entwässerten
Niedermooren – Ursachen, Wirkung, Gegenmaßnahmen TELMA Band 33, Seite
169 – 177, 4 Abb., 1 Tab. Hannover Nov. 2003
- 31 V. Schweikle Anwendung von Grenzwerten der Bundesbodenschutz-
und Altlastenverordnung für Böden aus Torf TELMA Band 32, Seite 243 –
253, 1 Abb., 4 Tab. Hannover Nov. 2002
- 32 A. Münch/ I. Dittrich Der Wasserhaushalt eines Hunsrück-Moores, simuliert
mit dem Modell AKWA-M® TELMA Band 31, Seite 211 – 220, 5. Abb., 1 Tab,
Hannover Nov. 2001
- 33 A. Precker Hydrogeologische Aspekte der Entstehung der der
Möglichkeit der Restitution norddeutscher Moore TELMA Band 31, Seite 53 – 63,
2. Abb. Hannover Nov. 2001
- 34 J. Blankenburg/G. Caspers/E. Schmatzler Moore in Niedersachsen unter
besonderer Berücksichtigung der Niedermoore – Verbreitung, Zustand und
Bedeutung - TELMA Band 30, Seite 221 – 240, 4. Abb., 3 Tab.,
Hannover Nov. 2000
- 35 R. Schultz-Sternberg/J. Zeitz/L. Landgraf/E. Hoffmann/H. Lehrkamp/V. Luthardt/
D. Kühn Niedermoore in Brandenburg TELMA Band 30, Seite
139 – 172, 2. Abb., 13. Tab, Hannover Nov. 2000
- 36 N. Müller Bedeutung natürlicher und anthropogener Säurequellen
im Porenwasser des Roten Moores/Harz TELMA Band 29, Seite 105 – 108, 2.
Abb., 2 Tab, Hannover Nov. 1999
- 37 B. Fieber Rohstoffsicherung und Strukturwandel der Torfindustrie
TELMA Band 26, Seite 105 – 116, Hannover Nov. 1996
- 38 Axiom – Quellennachweis kann auf Anfrage nachgeliefert werden
- 39 J. Chmielski/J. Zeitz Bodenbildung in entwässerten Mudden TELMA
Band 36, Seite 39 – 52, 5 Abb., 2 Tab. Hannover, Nov. 2006
- 40 R. Dannowski/O. Dietrich Schwarzerlenbestockung in wiedervernässten
Flusstalmooren Mecklenburg-Vorpommerns: Wasserverbrauch und hydrologische
Standorteignung
TELMA Band 36, Seite 71 – 94, 6 Abb., 6 Tab., Hannover, Nov. 2006

- 41 J. Scheithauer/K. Grunewald Biogeochemie von Hochmoortorfen und Umweltwandel im Erzgebirge (Mitteleuropa) TELMA Band 36, Seite 169 – 188, 5 Abb., 3 Tab., Hannover, Nov. 2006
- 42 E. Schmatzler/G. Caspers 25 Jahre Niedersächsisches Moorschutzprogramm TELMA Band 36, Seite 189 – 200, 1 Abb., Hannover, Nov. 2006
- 43 H. Falkenberg Vorgaben und Maßnahmen zur umweltverträglichen Torfgewinnung TELMA Band 23, Seite 237 – 242, Hannover, Nov. 1998
- 44 E. Schmatzler Forderungen des Naturschutzes an den künftigen Abbau von Torf TELMA Band 23, Seite 287 – 296, Hannover, Nov. 1993
- 45 N. Siebels Die Verwendung von Kompost in der Torf- und Humuswirtschaft – Kompostierung als Chance und Herausforderung TELMA Band 22, Seite 165 – 171, 1 Tab, Hannover, Nov. 1992
- 46 J. Ringeltaube Die Einbeziehung der Torf- und Humuswirtschaft bei der Lösung eines Abfallproblems am Beispiel Niedersachsens TELMA Band 22, Seite 277 – 281, Hannover, Nov. 1992
- 47 H. Kuntze Von der empirischen zur wissenschaftlich begründeten Beurteilung und Nutzung von Mooren TELMA Band 22, Seite 283 – 291, Hannover, Nov. 1992
- 48 J. Blankenburg/H. Kuntze Moorforschung und Moornutzung in Niedersachsen TELMA Band 21, Seite 27 – 33, Hannover, Nov. 1991
- 49 H. Fauth/R. Hindel/U. Siewers/J. Zinner Verteilung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland
- 50 F. W. Wiedenbein Das Rieseberger Moor (Landkrs. Helmstedt, Niedersachsen), ein Niedermoor im Nutzungswandel TELMA Band 20, Seite 143 – 155, 3 Abb., Hannover, Nov. 1990
- 51 F. W. Wiedenbein Das Rieseberger Moor (Landkrs. Helmstedt, Niedersachsen), ein Niedermoor im Nutzungswandel TELMA Band 20, Seite 143 – 155, 3 Abb., Hannover, Nov. 1990

- 52 H. Kuntze/R. Bartels/B. Scheffer Zum Einfluss des pH-Wertes auf die Bodeneigenschaften Deutscher Hochmoorkulturen TELMA Band 20, Seite 221 – 250, 7 Abb., 12 Tab., Hannover, Nov. 1990
- 53 R. Pietsch/A. Ulbing Zum Problem der Schwefelbestimmung im Torf TELMA Band 20, Seite 251 – 260, Hannover, Nov. 1990
- 54 H. Kuntze Nährstoffdynamik der Niedermoore und Gewässereutrophierung TELMA Band 18, Seite 61 – 72, 2 Abb., 6 Tab., Hannover, Nov. 1988
- 55 H. Grumpelt Methangewinnung aus Mooren? Eine kritische Stellungnahme zum Potential der Moore TELMA Band 18, Seite 227 – 250, 7 Abb., 2 Tab., Hannover, Nov. 1988
- 56 N. Müller/M. Bauche/N. Lamersdorf Zeitliche und räumliche Variabilität der CO₂-C-Emissionen in einem ombrotrophen Hochmoor des Hochharzes TELMA Band 27, Seite 131 – 146, 4 Abb., 2 Tab., Hannover, Nov. 1997
- 57 G. Grosse-Brauckmann Moore und Moor-Naturschutzgebiete in Deutschland – eine Bestandaufnahme TELMA Band 27, Seite 183 – 215,
- 58 H. Kuntze Prozesse der Bodenentwicklung auf Sandmischkulturen TELMA Band 17, Seite 41 – 49, 5 Abb., 1 Tab., Hannover, Dez. 1987
- 59 W. Schäfer/K. David/H. Kuntze Modellversuche zur Grabenabdichtung im Sanduntergrund wiederzuvernässender Hochmoore TELMA, Band 17, Seite 95 – 108, 6 Abb., 8 Tab., Hannover, Dez. 1987
- 61 W. Ziechmann Über Eigenschaften, Aufbau und Bedeutung der Huminstoffe TELMA, Band 11, Seite 159 – 176, Abb., 6 Tab., Hannover, Okt. 1981
- 62 R. Eggelsmann Ökohydrologische Aspekte zur Erhaltung von Moorgewässern TELMA Band 10, Seite 173 – 196, 9 Abb., 5 Tab., Hannover, Juli 1980
- 63 P.-Ch. Ellwardt Zum Nachweis von polycyclischen Kohlenwasserstoffen mit und ohne cancerogene Wirkung in Torfen im Vergleich zum Vorkommen in

- Böden und Komposten TELMA Band 6, Seite 135 – 144, 5 Abb., 3 Tab.,
Hannover Sept. 1976
- 64 R. Reeker Zur Beurteilung von Gärtnerorf TELMA
Band 3, Seite 39 – 50, 3 bb., Hannover, Okt. 1973
- 65 D. Lüderwaldt 25 Jahre Niedersächsisches Moorschutzprogramm,
14.06.2006
- 66 E. Prexl „Erste Untersuchungsergebnisse von Schicht-, Grund-
und Oberflächenwasser sowie von Torfen im Bereich der Umlagerungsstätte von
Aushub aus der Baustelle der Fa. Enercon im Gewerbegebiet Uthwerdum“ vom
25.02.2009
- 67 E. Prexl „Begutachtung von Böden aus dem Bereich der
geplanten Ansiedlung der Fa. Enercon im Gewerbegebiet Uthwerdum mit dem Ziel
der Verwertung“ vom 18.03.2008
- 68 LBEG „Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum
Umgang mit Bodenaushubaus (potentiell) sulfatsauren Sedimenten“. 2010
- 69 Kloke Orientierungsdaten für isolierbare Gesamtgehalte
einiger Elemente. (Häufig vorkommend in lufttrockenen Kulturböden. 1978; 1980)
- 70 v. d. Schaaf Wie schnell fließt Wasser aus einem Hochmoor?
TELMA Band 35, S. 61, Nov. 2005
- 71 R. Dannowski Schwarzerlenbestockung.... „Wasserverbrauch und
hydrologische Standorteignung“ TELMA Band 36, S. 71, Nov. 2006
- 73 MU Altlastenhandbuch, Niedersachsen

12 Anlagenverzeichnis

1. Übersichtsplan
2. Bohrplan
3. Plan der Maßnahme mit ersten Ergebnissen
Analysen
4. Auflistung der DGPS- Sondierpunkte
5. Probenahmeprotokoll
6. Zeichnerische Darstellung der 30 Bohrprofile nach DIN 4023
7. Schichtenverzeichnisse der 30 Bohrungen
8. Auswertung 1 der Schichten bei der Sondierung
9. Auswertung 2 der Schichten bei der Sondierung
10. Analysenergebnisse der 4 Bodenmischproben
11. Analysenergebnisse der Kleiuntersuchung auf Verwertbarkeit
12. Oberflächenwasser Probe; Bu.- Nr. 941/2011