

2012

**Einsatz von gereiftem Nassbaggergut als
Rekultivierungssubstrat in
Deponieoberflächenabdichtungssystemen**



Dr. Gert Morscheck

*Universität Rostock, Lehrstuhl für Abfall- und
Stoffstromwirtschaft*

Dr. Michael Henneberg

STZ Angewandte Landschaftsplanung

*Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Natur-
schutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern*

04.12.2012

INHALT

0	Ausgangslage Baggergutmanagement	4
1	Projektbeschreibung.....	8
2	Vorgehensweise/Lösungsweg.....	10
2.1	Datenerhebung, Vorortbegehungen, Probenahme.....	10
2.2	Bewertungen, konzeptionelle Aussagen	12
3	Untersuchungen auf den Deponiestandorten	13
3.1	Deponie Teterow-Danschow	13
3.1.1	Ausgangslage.....	14
3.1.2	Untersuchungen am Standort.....	17
3.2	Deponie Marlow.....	23
3.2.1	Ausgangslage.....	23
3.2.2	Untersuchungen am Standort.....	26
3.3	Deponie NIR (NEPTUN Industrie Rostock), Rostock Warnemünde.....	37
3.3.1	Ausgangslage.....	37
3.3.2	Untersuchungen am Standort	42
3.4	Deponie Grimmen	46
3.4.1	Ausgangslage.....	46
3.4.2	Untersuchungen am Standort.....	50
4	Beurteilung bodenchemischer Eigenschaften in den Rekultivierungsschichten	61
5	Bodenmechanische Parameter	63
5.1	Scherfestigkeit.....	63
5.2	K_f -Wert.....	65
5.3	Porenvolumen, Dichten	65
5.4	Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität und Luftkapazität.....	65
6	Atmungsaktivität	66

7	Simulation des Wasserhaushalts.....	67
8	Schlussfolgerungen.....	70
8.1	Anforderungen an die erforderlichen Baggergutqualität und die Qualität der Baggergutaufbereitung	70
8.2	Spezifik der Salzbelastung und der hohen Organikgehalte	71
8.3	Optimaler Aufbau der Rekultivierungsschicht	72
8.4	Empfehlungen zum Qualitätssicherungssystem beim Einsatz von Baggergut auf Deponien.....	73
8.5	Hinweise zur potentiellen Nachnutzung mit Baggergut abgedeckter Deponiestandorte.....	74
9	Zusammenfassung.....	76
	Literatur	77

Anlagen

Anlage 1: Simulation des Wasserhaushalts mit HELP 3.90 D für vier Deponiestandorte in Mecklenburg-Vorpommern

0 AUSGANGSLAGE BAGGERGUTMANAGEMENT

Die Sicherstellung der Schiffbarkeit in den Aquatorien des Küstenbereiches von M-V gewährleistet dem Land und seiner maritimen Wirtschaft eine seiner wichtigsten Verkehrsadern. Aber auch für touristische und Freizeitaktivitäten (Fahrgastverkehr, Marinas) sind Nassbaggerarbeiten die entscheidende Voraussetzung. Hinzu kommen Baggerarbeiten bei der Restaurierung von Gewässern aus gewässerkundlich-hydrologischen, naturschutzfachlichen, aber auch touristischen Aspekten. Allein im Küstenbereich Mecklenburg-Vorpommerns fallen jährlich mehrere 100.000 m³ Baggergut an. Von denen die organikreichen Chargen i.d.R. landseitig untergebracht werden müssen, um den Organik- und Nährstoffeintrag in die Ostsee zu verhindern.

Diese notwendigen umfangreichen Nassbaggerarbeiten bedürfen wegen der aus internationalen und nationalen Umweltrecht deutlich gestiegenen technischen und ökologischen Anforderungen an die Wasserstraßen- und Hafenunterhaltung, einer qualitativ anspruchsvollen Planung und Durchführung, bis hin zur endgültigen Unterbringung/Verwertung des Baggergutes.

Seit 30 Jahren kooperiert die Hansestadt Rostock hierbei erfolgreich mit der Arbeitsgruppe Baggergut, die ehemals an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock arbeitete und jetzt in das STZ Angewandte Landschaftsplanung eingebunden ist. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde für die konkreten Bedingungen des Rostocker Aquatoriums ein den umweltrechtlichen Anforderungen genügendes und für die Hansestadt Rostock effizientes Nassbaggergutmanagement etabliert. Dessen Kern ist die Aufbereitung des landseitig untergebrachten Baggergutes für eine nachhaltige Verwertung in einer Industriellen Absetz- und Aufbereitungsanlage (IAA). Dazu wurden die Spülfelder der Hansestadt Rostock umgebaut (Abb. 1) Grundlage dafür und für die Verwertung des Materials waren intensive und kontinuierliche Auswertungen des internationalen Wissens, über Erfahrungsaustausch und vielfältige zum Teil langjährige Versuchsanstellungen zur Baggergutverwertung.



Abb. 1: Luftaufnahme der IAA Rostock 2004

STZ Angewandte Landschaftsplanung

c/o Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl Landschaftsplanung und -gestaltung
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock Fon: (0 381) 498 3246 Fax: (0 381) 498 3242
michael.henneberg@uni-rostock.de

Dieses seit 15 Jahren Schritt für Schritt auch praktisch umgesetzte Konzept hat das Unterbringungsproblem der Hansestadt Rostock gelöst und sie in die Lage versetzt, auch große Investitionsvorhaben erfolgreich zu verwirklichen. Seit dem Jahr 2000 verwertet die Hansestadt Rostock, als einzige Hafenstadt im Küstenbereich Deutschlands, sein nicht umlagerungsfähiges organikhaltiges Nassbaggergut zu 100% landseitig (Abb. 2).

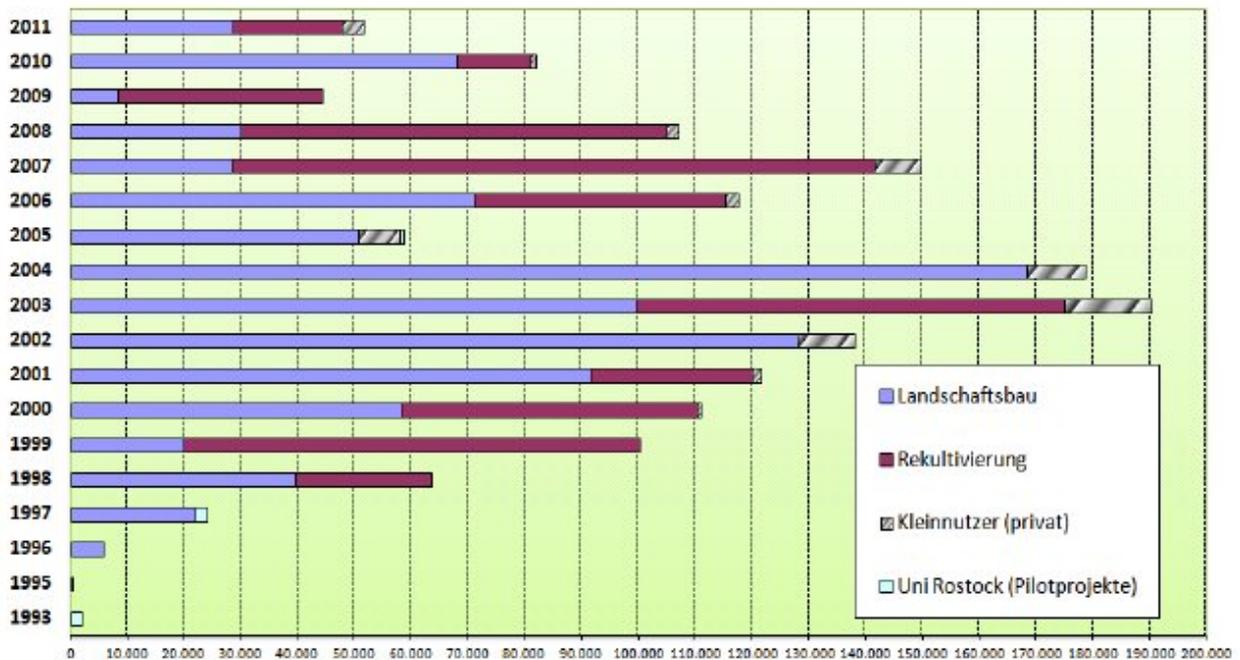


Abb. 2: Entwicklung der Verwertung von Baggergut aus der IAA Rostock

Das durch die Arbeitsgruppe Baggergut erarbeitete und ständig an die gestiegenen Anforderungen angepasste Know-how hat dazu geführt, dass der Standort Rostock als Kompetenzzentrum für landseitige Nassbaggergutaufbereitung und für eine zielgerichtete Verwertung auf nationaler und z.T. auch internationaler Ebene bekannt und anerkannt ist. Das aufbereitete Nassbaggergut ist durch seine stofflichen Eigenschaften sehr gut zur Verwertung als Oberbodenmaterial geeignet (Tab. 1 – 4).

Tab. 1: Allgemeine stoffliche Parameter des aufbereiteten Baggergutes

	TM	pH	SK	Cl-	Na+	SO ₄ ²⁻	C _{org.}	OS	CaCO ₃	Nan	P	K	Mg	Nt	T-Wert
	%		%	mg/100 g Boden				%		mg/100 g				%	mval/
			TM	LTM	LTM	TM	TM	TM	LTM	TM	LTM	LTM	LTM	%TM	100g B.
Mittelwert Schlicke	58,2	7,3	1,9	429,0	346,1	514,8	6,5	11,1	8,0	2,5	2,0	31,4	127,8	0,53	26,1
Mittelwert Mischboden	71,3	7,4	1,2	140,9	114,5	264,2	3,0	5,3	5,6	0,9	1,8	12,8	67,7	0,24	9,2
Maximum Schlicke	71	8	4	1340	905	1428	11	18	16	9	5	56	226	1	36
Maximum Mischboden	87,5	7,9	2,5	678,8	422,0	541,9	6,3	11,0	9,8	2,0	4,4	19,5	125,0	0,5	14,6
Minimum Schlicke	47	7	1	69	104	163	2	4	2	1	0,4	9	72	0	16
Minimum Mischboden	60,1	7,0	0,4	11,5	28,0	82,0	0,5	0,9	2,5	0,5	0,4	7,0	14,8	0,1	4,4

Tab. 2: Körnung des Baggergutes (DIN ISO 11777)

	GS	MS	FS	S	GU	MU	FU	U	T
	Masse %								
Mittelwert Schlicke	1,1	8,7	29,9	38,3	10,8	15,5	11,5	38,2	23,6
Mittelwert Mischboden	1,4	16,3	56,4	75,4	8,5	5,7	3,0	16,3	8,3
Maximum Schlicke	3	22	49	61	18	27	19	56	46
Maximum Mischboden	3,6	28,9	70,9	90,5	14,2	10,3	4,6	26,4	15,1
Minimum Schlicke	0	1	7	3	7	8	6	26	13
Minimum Mischboden	0,4	7,7	45,7	65,0	3,5	2,6	1,5	5,5	3,0

Tab. 3: Schadstoffgehalte (Feststoff) im Baggertgut im Vergleich zu Grenzwerten

	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	As	EOX	IR-KW	PAK	PCB
	mg/kg TM											
Mittelwert Schlicke	21,2	0,4	35,2	22,4	14,5	0,3	100,5	9,6	0,7	225,3	0,9	0,033
Mittelwert Mischboden	9,5	0,2	15,8	12,0	6,7	0,2	44,2	5,8	0,7	108,7	0,6	0,028
Maximum Schlicke	35	0,76	63,5	37,0	18,0	0,90	177	25	1	715	2,18	0,074
Maximum Mischboden	23,8	0,3	32,8	28,5	10,0	0,4	94,0	12,5	1,3	281,0	3,3	0,066
Minimum Schlicke	10	0	12	14	11	0	36	5	0	28	0	0,009
Minimum Mischboden	4,0	0,1	4,4	4,6	3,0	0,0	16,0	3,6	0,4	19,4	0,0	0,009
BBodSch V VSW Sand	40	0,4	30	20	15	0,10	60				3,00	0,050
70%	28	0,3	21	14	10,5	0,07	42				2,10	0,035
BBodSch V VSW Lehm/Schluff	70	1,0	60	40	50	0,50	150				3,00	0,050
70%	49	0,7	42	28	35	0,35	105				2,10	0,035
DepV Sp. 9 (Reku-Schicht)	140	1,0	120	80	100	1,0	300				5,00	0,100

Tab. 4: Schadstoffgehalte (Eluat) im Baggertgut im Vergleich zu Grenzwerten

	pH	Lf	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	As
		µS/cm	mg/l	mg/l					µg/l			
Mittelwert Schlick	7,0	4044	542	2022	9,1	0,6	2,3	28,8	10,6	n.n.	75,8	3,4
Mittelwert MB	7,1	2975	259	1596	4,6	0,2		11,3	6,0	n.n.	21,7	2,2
DepV Reku-Schicht	6,5-9	500	10	50	40	2	30	50	50	0,2	100	10

Wenn die Hansestadt Rostock bei Ausschreibungen zu Deponieabdichtungs- bzw. Rekultivierungsmaßnahmen den Zuschlag erhält, gibt sie auch Hilfestellung im Genehmigungsverfahren des Einsatzes von Nassbaggertgut und zahlt den Transport des Baggertgutes zur Baustelle, wenn diese um Umkreis von 40 km liegt (sonst anteilige Finanzierung).

Entsorger, Abfallwirtschaftsbehörden und Deponiebetreiber wurden auf dem 9. Dialog Abfallwirtschaft MV im Jahr 2006 über die „Möglichkeiten der Verwertung von Nassbaggertgut im Deponiebau – rechtliche Rahmenbedingungen und stoffliche Anforderungen“ informiert [Henneberg und Morscheck, 2006]. 14 bereits erfolgreich mit Baggertgut rekultivierte Deponien können Interessenten als Beispiel dienen (Tab. 5).

Tab. 5: Mit Baggergut rekultivierte Deponien in Mecklenburg-Vorpommern

Nr.	Deponie	Kreis	Einsatz Baggergut	Menge in m ³
1	Teterow-Danschow 1998/1999	GÜ	Rekultivierungsschicht (inkl. Schutzschicht)	91.000
2	Langsdorf 1999/2000	NVP	Geringleiterschicht Rekultivierungsschicht	18.000
3	Marlow 2000	NVP	Geringleiterschicht Rekultivierungsschicht	32.000
4	Neukalen 2000	NVP	Ausgleichsschicht	39.000
5	Redebas 2001	NVP	Geringleiterschicht Schutzschicht	8.000
6	MTW Wismar 2003	HWI	Rekultivierungsschicht (Oberboden, Schutzschicht) Ausgleichsschicht	75.000
7	Rostock NIR 2006	HRO	Rekultivierungsschicht (inkl. Schutzschicht)	30.000
8	Devin 2007 -	HST	Rekultivierungsschicht (inkl. Schutzschicht)	Ca. 300.000
9	Elmenhorst b. Stralsund 2008	NVP	Rekultivierungsschicht	10.300
10	Groß Kordshagen 2008/09	NVP	Rekultivierungsschicht	Knapp 10.000
11	Grimmen 2008/09	NVP	Rekultivierungsschicht (inkl. Schutzschicht)	155.000
12	Middelhagen 2008	RÜG	Rekultivierungsschicht	Knapp 10.000
13	Gustow 2008	RÜG	Rekultivierungsschicht	6.670
14	Volksitz	RÜG	Rekultivierungsschicht	5.140

Aber nicht nur im Deponiebau wird gereiftes Nassbaggergut verwertet, sondern auch als Bodenverbesserungsmittel in der Landwirtschaft oder im Garten- und Landschaftsbau. Begleitet durch Versuche, gibt es auch hier bereits erfolgreiche Anwendungen [Janzen und Henneberg, 1997; Janzen und Henneberg, 2000, Henneberg, 2007, 2011, 2012].

1 PROJEKTBECHREIBUNG

Die seit 1990 erfolgreiche Verwertung von aufbereitetem Baggergut bei der Deponierekultivierung, im Garten- und Landschaftsbau sowie in der Landwirtschaft belegt die sehr guten und in der Praxis bewährten Bodeneigenschaften (Wasserspeicherung, Nährstoffhaltevermögen, Erosionsstabilität) dieses Materials.

Die jeweiligen Maßnahmen bei der Deponiestilllegung (s. Abb. 3) wurden auf Grundlage von Einzelfallentscheidungen der zuständigen Abfallbehörden durchgeführt. Dabei bedurfte es entsprechender Ausnahmeregelungen, da das Baggergut aufgrund seiner relativ hohen Salz- und

Organikgehalte die zu diesem Zeitpunkt geltenden Richtwerte des alten Deponierechts [DepV, 2002] deutlich überschritt.

Der Erfolg der bisher durchgeführten Abdeckungen bestätigt die Eignung des Materials sowohl zur Herstellung der Kubatur, als auch zum Aufbau einer Rekultivierungs- bzw. Wasserhaushaltsschicht. In Mecklenburg-Vorpommern besteht weiterhin ein nicht unerheblicher Bedarf an Bodenmaterial für die Stilllegung von Deponien bzw. die Sicherung von Altstandorten.

Insbesondere hinsichtlich der sehr günstigen Eigenschaften des Baggergutes (Wasserspeichervermögen und Pflanzenverfügbarkeit des Wassers) stellt die neue Deponieverordnung [DepV, 2009] jetzt konkrete Anforderungen. Schon eine temporäre Abdeckung muss die Sickerwasserneubildung minimieren. Das Rekultivierungssubstrat muss zudem, um ein ausreichendes Pflanzenwachstum gewährleisten zu können, eine nutzbare Feldkapazität von wenigstens 140 mm, bezogen auf die Gesamtdicke der Rekultivierungsschicht, aufweisen (DepV 2009, Anhang 1, Pkt. 2.3.1). Beim Aufbau einer Wasserhaushaltsschicht fordert die Deponieverordnung eine nutzbare Feldkapazität von wenigstens 220 mm, bezogen auf die Gesamtdicke der Wasserhaushaltsschicht. Zusätzlich darf die Durchsickerung höchstens 10 Prozent vom langjährigen Mittel des Niederschlags (in der Regel 30 Jahre), höchstens 60 mm pro Jahr, spätestens fünf Jahre nach Herstellung, betragen (DepV 2009, Anhang 1, Pkt. 2.3.1.1). Natürlich muss gereiftes Nassbaggergut auch die Anforderungen an Deponiersatzbaustoffe erfüllen (DepV 2009, Anhang 3, Tab. 2, nach Ziffer 9 der Tab. 1).

Mit gereiftem Nassbaggergut lassen sich diese neuen Forderungen an die Wasserkapazität mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr gut erfüllen. In einem zehn Jahre betriebenen Lysimeterversuch an der Universität Rostock reduzierte der Einsatz von Baggergut die Sickerwassermenge um bis zu 25 % im Vergleich zu lehmigem Sand [Henneberg, 2011]. Dabei wurde Baggergut (Bodenart: organik- und kalkreicher schluffiger Lehm), in einer Menge von 10 cm in die 30 cm mächtige Oberbodenschicht (lehmiger Sand) eingearbeitet.

Die Hansestadt Rostock liefert den Baggergutanwendern Labor- und Erfahrungswerte zu chemischen und physikalischen Parametern. Leider fehlen bisher ausreichende Ergebnisse aus der Nachkontrolle von bereits rekultivierten Deponien, um im Umkehrschluss ableiten zu können, welche Chargen an aufbereitetem Nassbaggergut sich unter welchen Einbaubedingungen wie bewährt haben.

Deshalb sollen im Projekt Primärdaten von eingebautem Nassbaggergut repräsentativer Standorte sowie die Rahmenbedingungen des Einbaus erhoben und mit den Anforderungen des Deponierechts verglichen werden. Zum einen ist festzustellen, inwieweit bei den bereits abgedeckten Standorten die Anforderungen gemäß alter DepV 2002 erreicht wurden. Zum anderen ist über die ermittelten Daten zu schlussfolgern inwieweit bei Neuvorhaben auch die Anforderungen der DepV 2009 sicher eingehalten werden können. Weiterhin soll frisch aufbereitetes Baggergut auf der IAA

Rostock analog geprüft und Analysen und Erfahrungen der letzten 10 Jahre ausge- und bewertet werden. Zusätzlich wird die zeitliche Veränderung eingebauter Schlicke dokumentiert.

Ziel des vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern beauftragten Projektes ist es, die Eignung des gereiften Nassbaggergutes für die Deponierekultivierung nach neuer Deponieverordnung, grundsätzlich und unter variierten Rahmenbedingungen nachzuweisen. Als Ergebnis wird den Behörden, Betreibern und Unternehmen eine klare und sichere Bewertung und Entscheidungshilfe zur Nutzung dieses Materials auf Grundlage der Deponieverordnung vorliegen. Die Anerkennung des Baggergutes im Zuge der Eignungsbeurteilung zur Erarbeitung eines bundeseinheitlichen Standards kann im Rahmen des Vorhabens nicht realisiert werden.

Die Bearbeitung des Projektes erfolgt federführend durch die Arbeitsgruppe Baggergut des STZ Angewandte Landschaftsplanung in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Abfall- und Stoffstromwirtschaft der Universität Rostock.

2 VORGEHENSWEISE/LÖSUNGSWEG

2.1 DATENERHEBUNG, VORORTBEGEHUNGEN, PROBENAHME

Grundlage und somit erster Schritt der Arbeiten war die Sichtung und Auswertung relevanter Unterlagen:

- Aufarbeiten vorhandener Unterlagen zur Qualität des bisher in MV eingebauten Nassbaggergutes,
- Erfassung von Daten zu den bereits rekultivierten Standorten,
- Auswahl repräsentativer Standorte nach den Kriterien: Größe der Deponien, unterschiedliches Material und Zeitraum seit dem Einbau auf der Deponie, Besonderheiten am Standort.

Es waren alle verfügbaren Unterlagen zu Rekultivierungsmaßnahme zu recherchieren und auszuwerten, sowie Kontakte zu den Eigentümern/Betreibern und den zuständigen Abfallbehörden aufnehmen, um Erkenntnisse zu der bisherigen Nachsorge zu erhalten.

In einer zweiten Projektphase erfolgten die Vorortbegehungen auf den Deponien zur Beurteilung der aktuellen Situation und die Durchführung der geplanten Freilanduntersuchungen, inklusive Probenahme.

Auf Grundlage der o.g. Kriterien wurden die repräsentativen Deponiestandorte Teterow-Danschow, Grimmen, Rostock NIR, ehem. Warnow-Werft und Marlow ausgewählt, deren Lage in Mecklenburg-Vorpommern Abb. 4 zeigt.



Abb. 4: Lage der ausgewählten Standorte

Jeder Standort wurde umfassend hinsichtlich der nachfolgend genannten Parameter charakterisiert:

- Art des eingesetzten Materials
- Darstellung des Genehmigungsweges
- Aktuelle Situation (Sickerwasseranfall, besondere Auffälligkeiten)
- Untersuchungsumfang:
 - Optische Beurteilung der Abdeckung (Aufwuchs, Erosionen, Setzungen, Rutschungen...)
 - Recherche eventuell durchgeführter Maßnahmen und vorliegender Untersuchungen seit der Abdeckung

- Befragung des Eigentümers/Betreibers der Deponie zum bisherigen Verlauf der Nachsorge
- Anlage von Schürfen zur schichtenweisen Bodenprobenahme (gestörte und ungestörte Proben), zur Beurteilung der Restschumpfung des Baggergutes und Bestimmung der Durchwurzelungstiefe und -intensität
- Bodenmechanische Untersuchungen gemäß DepV 2009 bzw. GDA-Empfehlung (Wassergehalte, Dichten, Flügelscherfestigkeit vor Ort, aktuelle Feldkapazität (nutzbare und gesamt), kf-Wert (in-situ und Labor), pH-Wert, OS, Kalk,
- Beurteilung des Schadstoffpotentials der Baggergutchargen anhand vorliegender Zertifizierungen
- Untersuchung der Stoffverlagerung, insb. Salze im Profil
- Bestimmung Aggregatstabilität von Proben mit Proctordichte im Tauchversuch
- Prüfung der Humusformen im Baggergut und ihrer Stabilität (AT₄ Versuch)

Die Untersuchungen beachten auch die Anforderungen der GDA-Empfehlungen 31 und 32 [GDA 2004, GDA 2010].

2.2 BEWERTUNGEN, KONZEPTIONELLE AUSSAGEN

Erster Aspekt war die Konsultation von Fachbehörden zum Abdeckungserfolg, um ihre Erfahrungen (Kreisebene, StALU) zu ermitteln und diese zu strukturieren.

Die Auswertung der Freilanduntersuchungen im Vergleich mit Erkenntnissen aus anderen Abdeckungssystemen war dann der erste Hauptschwerpunkt im Ergebnisteil. Die Auswertung der Untersuchungen erfolgt nach folgenden Kriterien:

- Vergleich mit den Anforderungen der Genehmigung und der relevanten Regelwerke
- Vergleich mit Erkenntnissen von anderen Deponiestandorten (Regelabdichtung, alternative, auch temporäre, Abdeckung mit anderen Böden)
- Anwuchsverhalten von Saadmischungen auf Baggergut, Vergleich mit anderen Einsatzoptionen des aufbereiteten Nassbaggergutes, z.B. Deichbau oder GaLa-Bau

- Darstellung und Beurteilung des aktuellen Bewuchszustandes im Bezug zum eingesetzten Baggergut

Zweiter hauptschwerpunkt war die Erarbeitung eines Anforderungskatalogs an die Baggergutqualität in Abhängigkeit der Einsatzgebiete bei der Deponiestilllegung nach folgenden Aspekten:

- Definition von Kriterien und Anforderungen an die Qualität der Baggergutaufbereitung, um erfolgreich Baggergut bei der Deponieabdeckung einsetzen zu können.
- Bereitstellung aussagekräftiger und belastbarer Daten zur erforderlichen Baggergutqualität für Planungen (z.B. mit Hilfe der Bodenkundlichen Kartieranleitung) und Modellierung des Wasserhaushaltes mit einem geeigneten Programm z.B. HELP Version 3.80D oder BOWAHALD
- Beachtung der Spezifik der Salzbelastung und der hohen Organikgehalte des Baggergutes
- Bereitstellung von Erkenntnissen zum optimalen Aufbau der Rekultivierungsschicht, unter Beachtung spezifischer Anforderungen und der praktischen Ausführung
- Empfehlungen zum Qualitätssicherungssystem beim Einsatz von Baggergut auf Deponien (Einbau, Nachsorge, Pflege)
- Hinweise zu potentiellen Nutzung von mit Baggergut abgedeckten Deponiestandorten, z.B. Errichtung von Photovoltaikanlagen, einschließlich Bewertung.

3 UNTERSUCHUNGEN AUF DEN DEPONIESTANDORTEN

Insgesamt wurden vier Deponien untersucht, deren Rekultivierungsschicht aus gereiftem Nassbaggergut hergestellt wurde. Zunächst wird die Ausgangslage dargestellt und im Anschluss auf die eigentlichen Untersuchungen zwischen 2009 bis 2011 an den jeweiligen Standorten eingegangen.

Die Aussagen zur Ausgangslage der Standorte Teterow-Danschow und Marlow entstammen einer Ersterhebung aus dem Jahr 2003 [Damrath, 2004]. Für die anderen beiden Standorte wurde die Ausgangslage aktuell erhoben.

3.1 DEPONIE TETEROW-DANSCHOW

3.1.1 AUSGANGSLAGE

Die Deponie Teterow-Danschow befindet sich im Landkreis Güstrow in der Stadt Teterow, Gemarkung Teterow, Flur 7, Flurstücke 32/2, 32/4, 30, 29, 28/6, 28/7. Die Koordinaten werden mit R 5960 400 und H 4539 650 angegeben (Abb. 5). Der Standort, ein ehemaliger Kiessandtagebau, wurde 1994 geschlossen. Betreiber war die Stadtwirtschaft Teterow, heute ist der Landkreis Güstrow für die Altlast verantwortlich. In der Zeit von 1975 bis zum 31.12.1994 wurden neben Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen auch Bauschutt, Erden und andere, nicht überwachungsbedürftige (gefährliche) Abfälle abgelagert [Damrath, 2004].



Abb. 5: Lage der Deponie Teterow – Danschow (Digitale
<http://www.geodaten-mv.de/dienste>)

Topografische Karte GeoPortal MV

Die Deponie wurde von 1997 bis 1999 rekultiviert. Die Abdeckung erstreckt sich über eine Fläche von etwa 2,2 ha. Der Aufbau der Oberflächenabdeckung ist der Abb. 6 zu entnehmen. Die eigentliche Rekultivierungsschicht (0,4 m mächtig) wurde aus einem Gemisch von Mergel und Baggertgut erstellt und weist eine Mächtigkeit von ca. 30-40 cm auf. Für die beiden Schutzschichten (80 cm mächtig) wurde aufbereitetes Nassbaggertgut aus dem Spülfeld Radelsee verwendet. Gefordert wurde damals die Einhaltung der LAGA Zuordnungswerte Z1.1. Der kf-Wert für die untere Schutzschicht durfte $5 \cdot 10^{-6}$ m/s nicht überschreiten. Außerdem galt es, eine Proctordichte $D_{pr} \geq 95\%$ nachzuweisen.

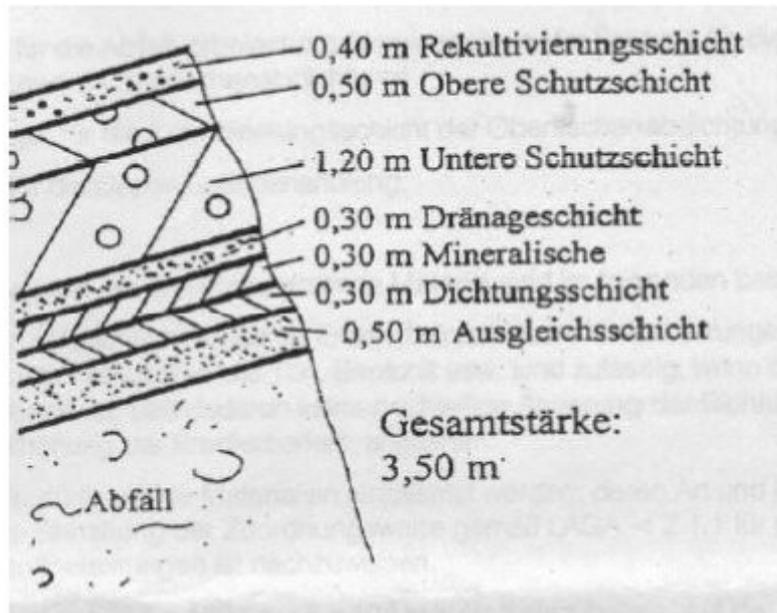


Abb. 6: Aufbau der Oberflächenabdeckung der Deponie Teterow-Danschow

Der unteren Schutzschicht kommen folgende Aufgaben zu:

- Gewährleistung eines ausgeglichenen Wasserhaushaltes für Drän- und Dichtungsschicht
- Wasserspeicher
- Durchwurzelungsschutzschicht für Drän- und Dichtungsschicht
- Nagetier-, Frost- und Erosionsschutzschicht
- Gewicht für die Abfallvorbelastung
- Bodenlager für die Rekultivierungsschicht
- Biofilter für Deponiegas.

Die obere Schutzschicht ist eigentlich Teil der Rekultivierungsschicht. Gefordert ist hier ein k_f -Wert $\leq 5 \cdot 10^{-5}$ m/s und eine Proctordichte $D_{pr} \geq 95\%$. Die obere Teilschicht hat die gleichen Aufgaben wie die untere, nur dass sie durchwurzelt werden soll.

Das Bodenmaterial hielt die geforderten LAGA Zuordnungswerte mit Ausnahme der zu hohen Leitfähigkeit ein. Aus diesem Grund genehmigte das Staatliche Amt für Umwelt und Natur (StAUN jetzt StALU) Rostock die Verwendung des Baggeregutes erst nach eingehender Prüfung. Die vom StAUN damals geäußerten Bedenken betrafen das Schutzgut Grundwasser und nahe Oberflächengewässer – hier besonders den Teterower See. Grundlage für die Entscheidungsfindung war die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) und die „Gefahrenbeurteilung zum Einsatz von Baggeregut“ vom 02.10.1998 [TASi, 1993; Henneberg, 1998].

Die am 19.10.1998 erlassene Genehmigung, gegen die auch die Untere Wasserbehörde des Landkreises Güstrow keine Einwände hatte, wurde ohne Begründung erteilt.

Nach Angaben des Straßenbauamtes Güstrow hat der Vorfluter des Randgrabens von jeher eine sehr hohe Salzfracht, so dass keine drastischen Veränderungen des chemischen Milieus erwartet wurden. Dennoch äußerte damals das StAUN Bedenken hinsichtlich der Leitfähigkeit aber auch des Gehaltes an Dioxinen und Furanen. Beide Parameter wurden durch ein Gutachten der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. Salomo + Partner mbH vom 28.08.1998 als „unauffällig“ eingestuft [Freitag, 2011].

1998 begann die Firma Schuldt Consult GmbH mit den Bauarbeiten. Bereits 1999 wurden die Arbeiten abgenommen. Die etwa 90.000 m³ Baggergut konnten ohne Verzögerung eingebaut werden (Abb. 7).



Abb. 7: Abschluss der Einbauarbeiten 1999

Das Bauunternehmen bewertet den Einsatz des aufbereiteten Nassbaggergutes für das 1,17 Mio. Euro teure Projekt durchweg positiv; sowohl aus Kostengründen als auch aus Sicht der Handhabbarkeit des Materials. Eingbracht wurde der Erdstoff durch einfaches Planieren und Verdichten.

Die Begrünung, eine Rasenansaat mittels Drillmaschine in zwei gekreuzten Arbeitsgängen, wurde ebenfalls von Schuldt Consult vorgenommen. Zur Pflege wurde der Aufwuchs in den ersten Jahren

gemäht. Aufwuchsprobleme oder -schäden sind nicht bekannt. Der dichte Bewuchs bietet einen sicheren Schutz vor Erosion (Abb. 8).



Abb. 8: Begrünte Deponie 2003

Bei den in der Nachsorge durchgeführten Untersuchungen wurden bislang keine Mängel entdeckt.

3.1.2 UNTERSUCHUNGEN AM STANDORT

Die Untersuchungen auf der Deponie Teterow-Danschow gliederten sich in zwei Etappen. Eine erste Voruntersuchung erfolgte im Herbst 2009 und die Hauptuntersuchung dann im Herbst 2011.

Zum Zeitpunkt der Voruntersuchung war die Photovoltaikanlage auf dem Südhang der Deponie noch nicht im Bau, so dass sowohl auf dem Süd- als auch auf dem Nordhang ein Schürf angelegt werden konnte (Abb. 9). Die Voruntersuchung im Herbst 2009 diente nur der optischen Beurteilung des Aufbaus der Rekultivierungsschicht. Es fand keine Probenahme statt.



Abb. 9: Lage der Schürfe Voruntersuchung 2009 (Google Earth, 2009)

Da der Sommer 2009 sehr trocken verlief, war die Rekultivierungsschicht stark ausgetrocknet und mit dem Spaten gelang sowohl auf der Süd- als auch auf der Nordseite nur eine Schürftiefe von 50 cm (Abb. 10 – 11). Die oberste Schicht 0 – 35 cm wurde aus Mergel-Baggergutgemisch aufgebaut, auf der sich eine gut entwickelte und dichte Gras-Krautnarbe etabliert hat. Das jährliche Mähen der Vegetation fördert die Vegetationsdichte. Seit der Begrünung im Jahr 1999 traten an keiner Stelle der Deponieoberfläche Rutschungen oder Erosionen auf.

Das darunterliegende Baggergut war ebenfalls so weit ausgetrocknet, dass sich unabhängig von der Exposition (Nord oder Süd) viele zum Teil breite und tiefe Risse entwickelt hatten (Abb. 12 - 13).



Abb. 10 und 11: Nordhang der Deponie Teterow-Danschow mit Schürf auf halber Höhe



Abb. 12 und 13: Risse im reinen Baggergut ab einer Tiefe von ca. 30 cm

Zum Zeitpunkt der Hauptuntersuchung im Herbst 2011 war der Standort zwar oberflächlich nach den extremen Sommerniederschlägen 2011 schon wieder gut abgetrocknet, aber in der Tiefe noch ausreichend feucht, so dass die Schürfe problemlos bis zu einer Tiefe von 1 m angelegt werden konnten. Da im Herbst 2011 schon die Photovoltaikanlage im Bau war (Abb. 14) konnte auf der Südseite kein Schürf angelegt werden. Neben einem Schürf im oberen Drittel des Nordhangs, wurde der zweite Schürf im Übergangsbereich zwischen Plateau und Südhang angelegt (Abb. 15-17).



Abb. 14: Im Bau befindliche Photovoltaikanlage



Abb. 15: Luftbild Deponie Teterow-Danschow mit den Standorten der Schürfe 2011 (●) (Google Earth, 2009)



Schürf 1 im oberen Bereich des Nordhangs der Deponie direkt neben dem Zaun der Photovoltaikanlage



Abb. 16: Aufbau des Feldinfiltrimeters

Abb. 17: Oberbodenbereich 0 – 25 cm aus Mergel, Oberschicht (0 – 25 cm) geringe Durchmischung mit Baggergut

Die Starkniederschläge vom Sommer 2011 haben zu einer vollständigen Wiederdurchfeuchtung der 1 m mächtigen Rekultivierungsschicht geführt. Im unteren Drittel der Schicht befand sich auch ein Anteil dränfähigen Wassers im Boden, wie die Bildung einer Wasserlache am Grund des Schurfes 1 auf 1 m Tiefe verdeutlicht (Abb. 18). Auch die bei der Voruntersuchung auffälligen Risse waren nicht mehr zu finden. Wahrscheinlich haben sie sich mit Bodenmaterial wieder gefüllt bzw. die 2009 gefundenen Risse waren nur partiell ausgeprägt. Eine Rückquellung in diesem Umfang wird nicht für möglich gehalten.



Abb. 18: „Freies“ Wasser am Fuß des Schürfes 1. Risse sind hier nicht mehr erkennbar.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Deponie Teterow-Danschow nach der optischen Beurteilung und der Auswertung der Schürfuntersuchungen eine sehr gut mit aufbereitetem Baggergut rekultivierte Deponie ist. Der Einsatz des Baggergutes in der Rekultivierungsschicht als unterer Teil (30 – 100 cm) des Gesamtsystems entspricht den planerischen Vorgaben. Auch über 10 Jahre nach der Abdeckung misst die Rekultivierungsschicht noch 100 cm. Es hat also keine Sackungen durch

Organikabbau oder nicht ausreichend verdichteten Einbau gegeben. Die bei der Voruntersuchung im Jahre 2009 unter sehr trockenen Bedingungen festgestellten Risse sind kaum noch zu finden, weil sie entweder durch loses Bodenmaterial verfüllt sind bzw. nur partiell auftraten. Es ist von einer voll funktionsfähigen Rekultivierungsschicht auszugehen. Die Nachnutzung der Oberfläche mit einer Photovoltaikanlage verläuft problemlos.

3.2 DEPONIE MARLOW

3.2.1 AUSGANGSLAGE

Bei der Deponie Marlow im Landkreis Nordvorpommern handelt es sich um eine verfüllte Tongruube, entstanden durch die ehemalige Ziegelei Marlow-Ausbau. Sie befindet sich in der Gemarkung Marlow, Flur 2 auf dem Flurstück 53, wobei die Flurstücke 39, 40 und 54 auch zum Deponiegelände gezählt werden. Die Koordinaten werden mit R 4538 360 und H 6001 120 angegeben (Abb. 19).



Abb. 19: Lage der Deponie Marlow (Digitale Topografische Karte GeoPortal MV <http://www.geodaten-mv.de/dienste>)

Die genauere Lage der Deponie Marlow im Raum ist den Abb. 20 und 21 zu entnehmen.

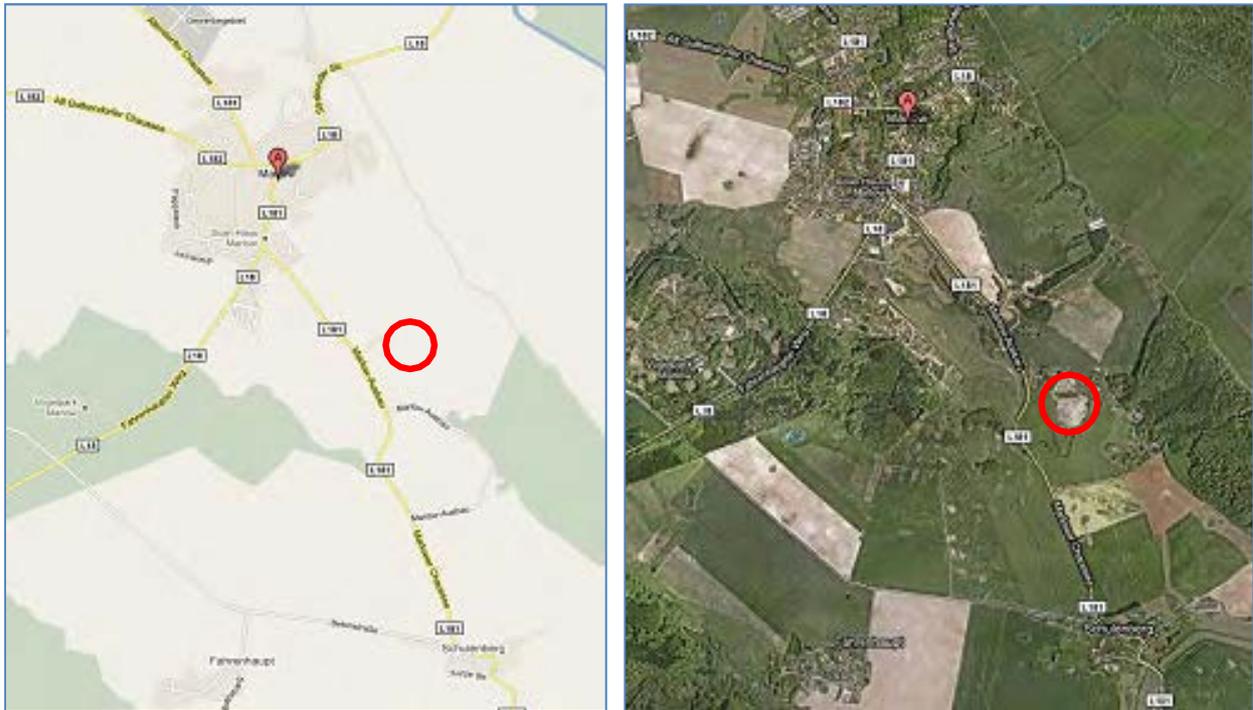


Abb. 20 und 21: Lage der Deponie Marlow südöstlich der Ortslage Marlow bei Marlow-Ausbau

Eine Luftbildaufnahme aus dem Jahre 2001 zeigt die Deponie in der Rekultivierungsphase (Abb. 22).



Abb. 22: Luftbildaufnahme (Google Earth, 2001) der Deponie während der Abdeckung

Zu den abgedeckten Abfällen gehören die typischen DDR-Siedlungsabfälle, aber auch ölverschmutzte Böden, Altöle und Farben, also Stoffe, die nach heutiger Einschätzung als gefährliche Abfälle zu behandeln wären.

Bei der Betriebsdauer und dem Abdeckungszeitraum unterscheiden sich die Angaben der Behörden. Das damalige Staatliche Amt für Umwelt und Natur Stralsund (StAUN) gab an, dass die Deponie von 1945 bis 1990 betrieben und in der Zeit von 1999 bis Juni 2001 rekultiviert wurde. Das Fachgebiet Umweltschutz des Landkreises Nordvorpommern hingegen nannte eine Betriebszeit von 1965 bis 1990; rekultiviert wurde vom 03.07.2000 bis 31.07.2001.

Die Rekultivierung erfolgte nach der Richtlinie des Umweltministeriums Leitfaden zur Rekultivierung von Standorten wilder Müllablagerungen und stillgelegter Deponien im Land M-V [Kriedemann, et.al., 1993].

Die Oberflächenabdeckung weist einen dreischichtigen Aufbau auf:

- 0,5 m Rekultivierungsschicht
- 0,5 m Geringleiterschicht aus bindigem Erdstoff
- Ausgleichsschicht.

Für die zweilagig eingebaute Dichtungsschicht war ein kf-Wert von $\leq 10^{-7}$ m/s gefordert.

Der Boden musste die Anforderungen der LAGA-Zuordnungs-kategorie Z1.1 erfüllen. Für die Rekultivierungsschicht, die ebenfalls zweischichtig eingebaut wurde, waren die Z0-Werte einzuhalten. Beide Schichten sind aus aufbereitetem Nassbaggergut hergestellt worden.

In der Rekultivierungsschicht fand stark organikhaltiges Baggergut aus dem Spülfeld Schnatermann Verwendung. Für den Geringleiter wurde Baggergut aus dem Spülfeld Radelsee eingesetzt.

Das StAUN Stralsund sah keinerlei genehmigungsrechtliche Probleme bei der Einhaltung der Anforderungen an das aufbereitete Nassbaggergut. Beurteilt wurde nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, der TA Siedlungsabfall und dem oben genannten Leitfaden [Kriedemann, et.al., 1993].

Eine erste Begehung des Standortes 2002 zeigte eine dichte grasig-krautige Vegetation (Abb. 23 und 24).



Abb. 23 und 24: Hohe und dichte Vegetation auf dem Deponiekörper

Auf dem Plateau des Deponiekörpers befindet sich ein Gasfenster (Abb. 25).



Abb. 25: Gasfenster Kuppe Deponie Marlow

3.2.2 UNTERSUCHUNGEN AM STANDORT

Die Beprobung der Oberflächenabdeckung der Deponie Marlow erfolgte Ende Oktober/Anfang November 2010. Eine weitere Luftbildaufnahme vom Frühjahr 2011 zeigt in etwa den damaligen Zustand (Abb. 26).



Abb. 26: Luftbildnaufnahme (Google Earth, 2011)

Zum Zeitpunkt der Beprobung im Herbst 2010 war die Deponie oberflächlich stark bewachsen. Pflegeschnitte fanden in den letzten Jahren nicht statt. Im Vergleich zur Begehung im Jahr 2002 war besonders auffällig die Zunahme an Gehölzen (Abb. 27 - 29). Im Plateaubereich der Deponie hat sich seit der Begehung im Jahr 2002 dagegen kaum etwas geändert. Hier befindet sich das immer noch intakte Deponiegasfenster (Abb. 30, vergleiche mit Abb. 25).



Abb. 27: Zustand der Deponie (dichte Grasnarbe, erste Sträucher und Bäume entwickeln sich) Herbst 2010. Blick von Nord nach Süd



Abb. 28: Blick auf die Deponie von Süd nach Nord



Abb. 29: Blick auf die Deponie von Südwest nach Nordost



Abb. 30: Deponiegasfenster Deponie Marlow Herbst 2010

Der vom normalen Aufbau der Rekultivierungsschicht (1 m Baggergut) abweichende Bodenaufbau des Deponiegasfensters und der hier konzentrierte Gasaustritt führen zu einem deutlich reduzierten Pflanzenaufwuchs (Abb. 31).



Abb. 31: Eingeschränkter Pflanzenwuchs auf dem Deponiegasfenster

Am Standort von Schürf 1 sind die obersten 2 Dezimeter der Rekultivierungsschicht sehr locker und stark durchwurzelt (Abb. 32 - 33).



Abb. 32 und 33: Schürf 1, Oberbodenbereich (0 – 20 cm), stark durchwurzelt, locker humos

Die nachfolgenden Abbildungen (Abb. 34 und 35) zeigen den Aufbau des Doppelringinfiltrometers zur Messung der Wasserdurchlässigkeit des Bodens (kf-Wert) im Felde.



Abb. 34 und 35: Schürf 1, Doppelringinfiltrometer, Messung der Wasserdurchlässigkeit in der Oberbodenschicht in ca. 15 cm Tiefe

Die Abb. 36 – 38 dokumentieren das Vorgehen bei der Durchführung des Scherversuches.



Abb. 36 – 38: Schürf 1, Scherversuch in der Oberbodenschicht bei ca. 15 – 20 cm

Die Abbildung 39 veranschaulicht den Aufbau der Rekultivierungsschicht und die Abbildung 40 zeigt die Messung der Wasserdurchlässigkeit im untersten Bereich der Rekultivierungsschicht.



Abb. 39: Schürf 1, Grabungstiefe 75 cm bis in die Geringleiterschicht



Abb. 40: Messung Wasserdurchlässigkeit in 75 cm Tiefe

Die Abbildungen 41 und 42 zeigen das Umfeld von Schürf 1.



Abb. 41: Dichte und ca. 1 m hohe krautige Vegetation beim Schürf 1



Abb. 42: Wiederverfüllter Schürf 1

Die nachfolgende Luftbildaufnahme (Abb. 43) mit den Probenahmepunkten (Schürf 1 und 2) zeigt am Probenahmepunkt 2 den Blickwinkel des nachfolgenden Bildes (Abb. 44; Aufgraben des Schurfes 2).



Abb. 43: Luftbildaufnahme April 2007 (Google Earth, 2007)



Abb. 44: Anlage Schürf 2

Die Abbildung 45 veranschaulicht den Profilaufbau und damit den Aufbau der Rekultivierungsschicht im Bereich Schürf 2.

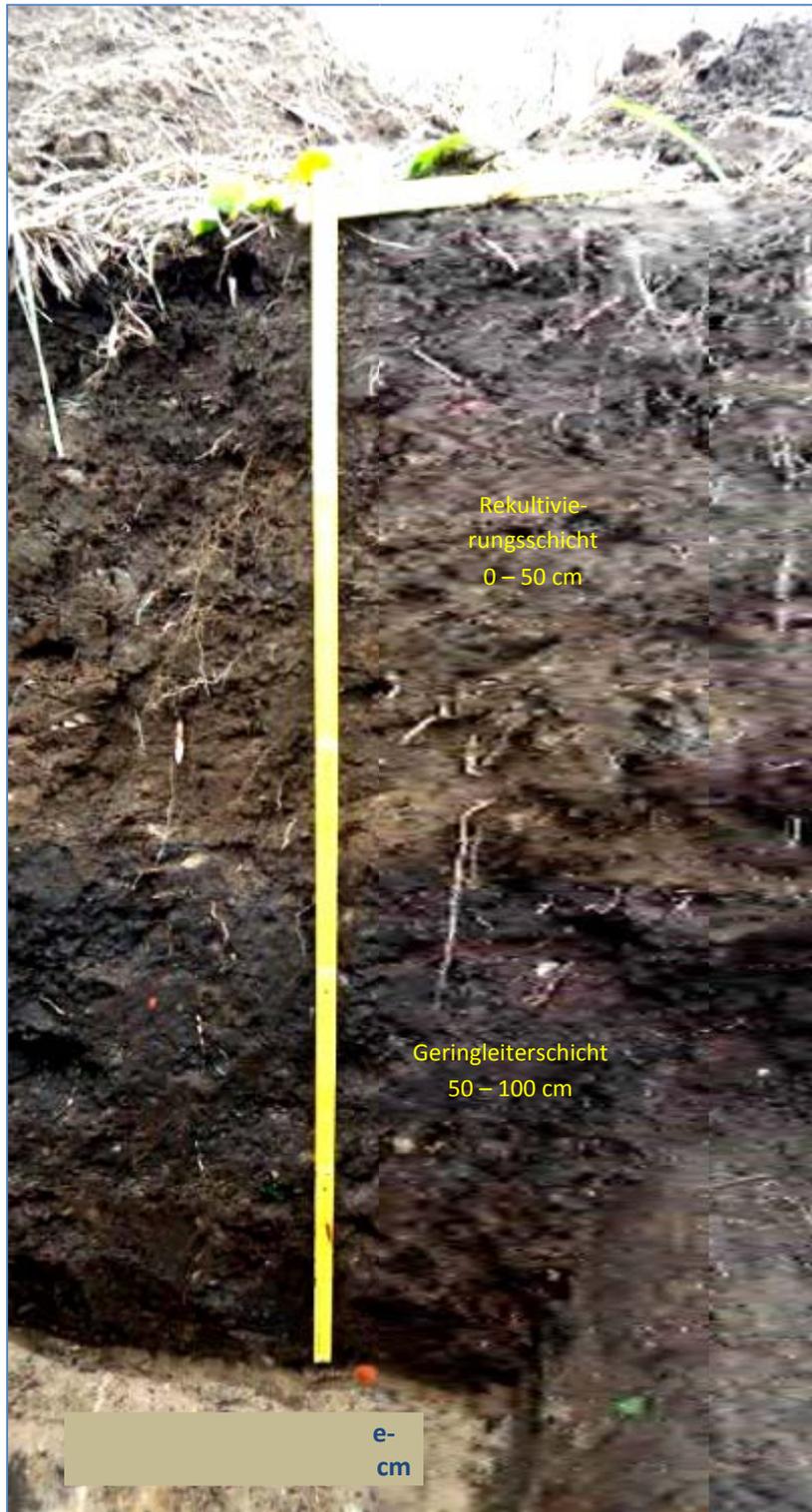


Abb. 45: Schürf 2, 0 – 1 m Tiefe, darunter Ausgleichsschicht aus Geschiebenmergel

Die nachfolgende Abbildung 46 dokumentiert die intensive Durchwurzelung der Rekultivierungsschicht, auch bis in größere Tiefen.



Abb. 46: Schurf 2; Wurzeln in 0,75 m Tiefe; vollkommene Durchwurzlung der Rekultivierungsschicht und bis in die Geringleiterschicht hinein

Die Abbildungen 47 und 48 veranschaulichen intensive Bioturbation.



Abb. 47: Durch Regenwürmer bzw. mit nach gerutschtem Boden verfülltes Mausloch in 50 cm Tiefe



Abb. 48: Wiederverfüllte kleine Risse in 50 cm Tiefe

Unter der Rekultivierungsschicht liegt eine ca. 50 cm mächtige Ausgleichsschicht aus Mergel (Abb. 49).



Abb. 49: Sondierung in die Ausgleichsschicht aus Geschiebemergel bis auf eine T efe von 150 cm

Die Deponie Marlow stellt sich nach der optischen Beurteilung und der durchgeführten Grabungen als eine sehr gut mit aufbereitetem Baggergut rekultivierte Deponie dar. Die Abdeckung mit Baggergut entspricht genau den planerischen Anforderungen. Auch knapp 10 Jahre nach der Abdeckung misst die Rekultivierungsschicht noch 50 cm und auch die Geringleiterschicht misst ebenfalls noch 50 cm, wie geplant und ausgeführt. Es hat also keine Sackungen durch Organikabbau oder nicht ausreichend verdichteten Einbau gegeben.

Die rasche und intensive Begrünung in Verbindung mit dem aggregatstabilen, aufbereiteten Baggergut hat nie Erosionen in Hangbereichen zugelassen. Dank der ausreichenden Reifung des Bag-

gergutes auf der IAA in Rostock ist keine erhebliche Restschumpfung nach dem Einbau eingetreten. Wenige feine Risse in den beiden Abdeckschichten sind zum jetzigen Zeitpunkt schon wieder geschlossen. Gegenüber dem Einbau ist die Reifung des Baggertgutes noch etwas weiter gegangen und der Wassergehalt ist aktuell in allen Schichten deutlich geringer als zum Einbauzustand und das trotz einer sehr niederschlagsreichen Periode ab August 2010 bis zur Probenahme.

3.3 DEPONIE NIR (NEPTUN INDUSTRIE ROSTOCK), ROSTOCK WARNEMÜNDE

3.3.1 AUSGANGSLAGE

Die Deponie befindet sich südlich der NIR-Werft Warnemünde (Abb. 50)



Abb. 50: Lage der Deponie NIR (Neptun Industrie Rostock) (Digitale Topografische Karte GeoPortal MV <http://www.geodaten-mv.de/dienste>)

Die nachfolgenden Abb. 51 - 53 dokumentieren die konkretere Lage der Deponie im Raum.



Abb. 51: Großräumige Lage der Deponie im Gewerbegebiet Werften Rostock-Warnemünde



Abb. 52: Kleinräumige Lage der Deponie im Gewerbegebiet Werften Rostock-Warnemünde



Abb. 53: Deponie von Westen aus gesehen

Die Abfallverbringung erfolgte seit den 70-er Jahren auf der bereits bestehenden betrieblichen Müllkippe. Nach der Schließung 1990 wurde Karbidschlamm auf die Altablagerung umgelagert und der Altablagerungskörpers wurde arrondiert. 2005/2006 erfolgte eine erneute Profilierung der Böschungen im Rahmen der Erschließung des Gewerbegebietes Groß Klein.

Die Abdeckung der Altablagerung wurde als Kombi-Abdeckung mit Karbidschlamm ausgeführt.

Die Oberflächenabdeckung erfolgte in drei Schichten:

- 0,5 m Rekultivierungsschicht
- 0,5 m Geringleiterschicht aus bindigem Erdstoff
- Ausgleichsschicht.

Für die zweilagig eingebaute Geringleiterschicht war ein kf-Wert von $\leq 10^{-7}$ m/s gefordert. Der Boden musste die Anforderungen der LAGA-Zuordnungsklasse Z1.1 erfüllen. Für die Rekultivierungsschicht, die ebenfalls zweischichtig eingebaut wurde, waren die Z0-Werte einzuhalten. Beide Schichten sind aus aufbereitetem Nassbaggergut hergestellt worden.

Die Anforderungen an das Baggergut entsprachen den Anforderungen an die Aufnahme von Baggergut in die IAA Rostock (Vorsorgewerte BBodSchV/LAGA Z0; kf-Wert 10^{-7}). Eine Ausnahme stellten die Salzgehalte dar. Der Standort der Altablagerung liegt nur wenige 100 m vom Brackgewässer Breitling entfernt und ist von Salzwiesen umgeben, so dass keine Umweltgefährdung durch Salzausträge zu befürchten war [Klingbeil, 2011].

Eine Besonderheit der Deponie NIR Rostock ist die Steilheit der Seiten, nahezu 45° (Abb. 54). Gegenwärtig erfolgt auf dem Plateau der Deponie nochmals ein Bodenauftrag von ca. 3 m (Abb. 55).



Abb. 54: Steile Nordflanke der Deponie



Abb. 55: Aufhöhungsbereich auf dem Plateau

Der Einbau des gereiften Baggergutes erfolgte problemlos (Abb. 56 und 57). Bemerkenswert war die gute Standsicherheit des Materials in den steilen Böschungen (1:2).



Abb. 56 und 57: Sehr gute Materialqualität und Einbaubarkeit am Standort NIR (Juli 2006)

Wenige Tage nach Abschluss der Baggergutaufbringung begann im August 2006 eine Witterungsperiode mit mehreren gewittrigen Starkniederschlägen (Monatssumme Niederschlag August 2006, 188 mm). Trotz dieser beachtlichen Regenmengen fanden keine erheblichen Erosionen statt. Das Baggergut hat sehr gut die großen Regenmengen aufgenommen (Abb. 58 – 60)



Abb. 58: Rasch abgetrockneter Plateaubereich nach Starkniederschlägen (21.8. 2006)



Abb. 59 und 60: Erosionsstabile und standsichere Hangbereiche nach den Starkniederschlägen im August 2006

Die intensive Durchfeuchtung im August 2006 führte auch zu einer schnellen Selbstbegrünung des Materials zuerst mit Schilf und Quecke, später auch mit krautigen Pflanzen, vor allem Melde (Abb. 61).



Abb. 61: Rasche Selbstbegrünung Anfang September 2006

3.3.2 UNTERSUCHUNGEN AM STANDORT

Die Beprobung der Oberflächenabdeckung der Deponie erfolgte Mitte November 2010. Zum Zeitpunkt der Standortaufnahme hatte sich seit 2006 eine sehr dichte Vegetationsschicht etabliert (Abb. 62-63). Seit der Rekultivierung erfolgt keine Pflege. Es ist auch keine vorgesehen.



Abb. 62 und 63: Dichte Vegetationsschicht auf der Deponieoberfläche.

Die folgenden Abbildungen 64 – 70 dokumentieren durchgeführte Arbeiten und vorgefundene Gegebenheiten.



Abb. 64 und 65: Anlage Schurf 1, Oberboden sehr gut durchwurzelt und keine Rissbildung erkennbar.



Abb. 66: Schürf 1, 50 cm Tiefe, auch hier keine Risse



Abb. 67: Gut durchgereiftes Baggergut, Eisenausfällung in ca. 70 cm Tiefe



Abb. 68: Schürf 1 NIR, Doppelringinfiltrrometer, Messung der Wasserdurchlässigkeit in 75 cm Tiefe



Abb. 69 und 70: Bis 1 m Tiefe sehr gute Durchwurzelung, die auch bei der Stechzylinderentnahme auffiel.

Auch für den Standort Deponie NIR Rostock kann nach der optischen Beurteilung und der ersten Aufgrabung festgestellt werden, dass die Rekultivierung mit aufbereitetem Baggergut aus der IAA Rostock erfolgreich war. Das Baggergut hat sich auch hier, insbesondere auch in den Steillagen, als sehr erosionsstabil erwiesen. Gleich nach Fertigstellung der Abdeckung der Deponie im August 2006 haben mehrere Starkniederschläge (12. – 14. 8. mit 52 mm sowie 20. – 22. 8. 2006 mit 32 mm) trotz noch fehlender Begrünung kaum zu Erosionserscheinungen geführt (Abb. 59- 60). Die darauf folgende rasche Begrünung und damit auch tiefgründige Durchwurzelung hat den kompakten Bodenverband erhalten. Wie auch auf der Deponie Marlow kam es im mittleren und unteren Bereich der Baggergutaufgabe nur zu geringen Rissbildungen die im Laufe der Jahre sich wieder mit Boden verfüllten.

3.4 DEPONIE GRIMMEN

3.4.1 AUSGANGSLAGE

Die Deponie Grimmen befindet sich ca. 2 km östlich der Ortslage Grimmen (Abb. 71).

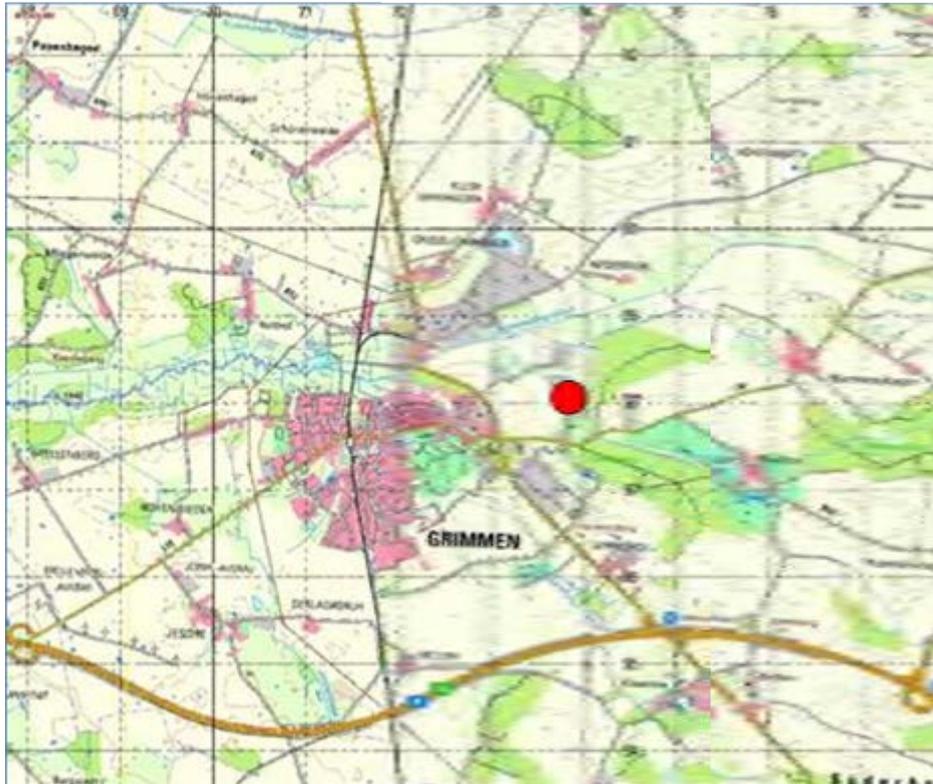


Abb. 71: Lage der Deponie Grimmen (Digitale Topografische Karte GeoPortal MV <http://www.geodaten-mv.de/dienste>)

Die Siedlungsabfalldeponie Grimmen wurde zum 31.05.2005 geschlossen. Gemäß genehmigter Ausführungsplanung wurde die Oberfläche (ca. 75.000 m²) des Müllkörpers auf die entsprechend der Planung vorgesehene Kubatur (Plateaubereich: > 5%, ca. 40.700 m²; Böschungsbereiche: Bö. Verh. 1:3, ca. 34.300 m²) profiliert, mit einer mindestens 20 cm dicken Ausgleichsbodenschicht abgedeckt und das Planum verdichtet. Auf dem Planum wurde eine temporäre Abdeckung, bestehend aus folgenden Schichten aufgebracht (von unten nach oben):

1. gaswegsame Ausgleichschicht mit mindestens 0,5 m Mächtigkeit (Ziegel-Recyclingmaterial); die Herstellung erfolgte 2-lagig (a 25-30 cm)
2. Sandlage 0,05 m als Auflager für die Bentonitmatte
3. Bentonitmattendichtung der Fa. Huesker
4. Entwässerungsschicht aus Dränmatten der Fa. Huesker
5. Rekultivierungsschicht 1,00 m aus Baggergut vom Spülfeld Schnattermann

Die Vorgaben des BQS 7-1 wurden eingehalten.

Für die Rekultivierungsschicht in der Oberflächenabdeckung der Deponie Grimmen wurde aufbereitetes Baggergut aus dem Spülfeld Schnattermann eingebaut. Das Material stammt aus den Mieten 5-8 des Spülfeldes Schnattermann.

Aus den Mieten wurden entsprechend der Forderung aus dem BQS 7-1 repräsentative Mischproben entnommen und folgende Analysen vorgenommen [Quandt, 2011]:

A) - Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123

- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121
- Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128
- Bestimmung der Schüttdichte
- Bestimmung des Winkels der inneren Reibung und der Kohäsion nach DIN 18137
- LAGA Deklarationsanalyse (Einhaltung Z 1.1)

Die Eignungsuntersuchung über Testfeldversuche ergab folgende Ergebnisse [Quandt, 2011]:

- der Feinkornanteil liegt bei 44 Gew. %
- die ermittelte Proctordichte liegt bei $1,065 \text{ g/cm}^3$, der optimale, bodenmechanisch Wassergehalt wurde mit 50,9 % bestimmt, die Schüttdichte wurde mit $0,945 \text{ g/cm}^3$ bestimmt
- Glühverlust 14,49 Gew. %
- der natürliche, bodenmechanische Wassergehalt 103,45 %
- Scherfestigkeit: Winkel der inneren Reibung: 24° ; Kohäsion $17,7 \text{ kN/m}^2$
- Deklarationsanalyse nach LAGA TR Boden Stand 2004 - Z1.1 wurde eingehalten außer bei der elektrischen Leitfähigkeit - hier überschreitet der Wert den Grenzwert für Z 2

B) Zusammenfassung der Eignungsuntersuchung des Baggergutes aus den Mieten 5 - 8 des Spülfeldes Schnattermann

- die Anforderungen aus dem BQS 7-1 werden bis auf die Überschreitung der elektrischen Leitfähigkeit eingehalten
- durch das hier vorhandene riesige Porenvolumen bei einer Proctordichte von lediglich 1 g/cm^3 und dem hohen Anteil an organischen Substanzen von 14,5 % ist die Gefahr des Austrocknens hier nicht gegeben
- die Schadstoffbelastungen halten die gestellten Forderungen von max. Z 1.1 ein

C) Um eine endgültige Standsicherheit beurteilen zu können, wurde ein rechnerischer Gleitsicherheitsnachweis gem. GDA Empfehlung E 2-7 für den geplanten Schichtenaufbau unter Berücksichtigung der Einbaumaterialien und Einbautechnologie geführt. Mit einem Großrahmenscherversuch wurde das Reibungsverhalten in der Kontaktfuge Dränmatte - Rekultivierungsschicht untersucht und die wirksamen Scherparameter ermittelt (Vorgabe aus dem BQS 7-1). Zwischen der Dränmatte und dem Rekultivierungsmaterial vom Spülfeld Schnattermann Mieten 5 - 8 wurde ein Kontaktreibungswinkel von $b = 28,45^\circ$ und eine Adhäsion in der Gleitfuge von $a = 3,86 \text{ kN/m}^2$ ermittelt. Reduziert ergibt sich ein Rechenwert von $b_{\text{erf}} = 26,2^\circ$, dieser liegt über dem berechneten Mindestwert für diese Gleitfuge von $b_{\text{erf}} = 24^\circ$. Der Scherversuch wurde bei einem Wassergehalt von etwa 70 Masse % gefahren, das bedeutet, dass die Reibungseigenschaften deutlich durch den Wassergehalt des Rekultivierungsmaterials bestimmt werden. Die Gleitsicherheit wurde damit nachgewiesen. Der Wassergehalt des einzusetzenden Materials (hier Baggergut) sollte sich zwischen 70 -80 Masse % befinden [Quandt, 2011].

D) Die Testfeldversuche mit Baggergut aus dem Spülfeld Schnattermann (Mieten 5 - 8) ergaben folgende Ergebnisse [Quandt, 2011]:

- der Glühverlust wurde mit einem Wert von 12,58 Gew. % bestimmt
- ermittelte Proctordichte von $1,065 \text{ g/cm}^3$
- der optimale Wassergehalt beträgt 50,9 %

Die Analysenergebnisse zeigen, dass nach dem Einschieben mit der Planierraupe ein Verdichtungsgrad von ca. 95 % der einfachen Proctordichte erreicht ist, es bestehen dahingehend keine weiteren Forderungen.

Der Einbauwassergehalt lag bei einem Wert von 77,08 % über dem optimalen Wassergehalt. Das Baggergut wurde in einer Lagenstärke von 1,0 m eingeschoben (Mindestüberdeckung über der Dränmatte beim Einschieben - 0,5 m) mit einer Planierraupe HONOMAG D 680 S oder Komatsu D 41 von oben (Abb. 72 - 77). Es wurden 2 Probefelder mit dem gleichen Ergebnis hergestellt.

Auf der Deponie Grimmen wurde dann in den Jahren 2007 und 2008 mit ca. 160.000 m³ Baggergut aus dem Spülfeld Schnattermann bei Rostock die Rekultivierungsschicht hergestellt.

Das Besondere bei der Herstellung der Rekultivierungsschicht auf der Deponie Grimmen war, dass das Baggergut aus dem Spülfeld Schnattermann noch sehr frisch war, sprich einen relativ hohen Wassergehalt von knapp 50 % aufwies und während der Einbauphase insbesondere 2007 eine nassee Witterung vorherrschte (ca. 150 % des normalen Niederschlages).



Abb. 72 und 73: Einbau des Baggergutes im Plateaubereich



Abb. 74: Aufbau der Oberflächenabdeckung



Abb. 75: Überlauf für Wasser vom Plateau



Abb. 76: Mit der Raupe abgezogener Hang



Abb. 77: Keimende Ansaat

3.4.2 UNTERSUCHUNGEN AM STANDORT

Voruntersuchung Herbst 2009

In Vorbereitung des Projektes fand im Herbst 2009 eine Voruntersuchung des Standortes statt. Das Luftbild aus dem April 2009 (Abb. 78) zeigt auch sehr gut den Zustand der Begrünung im Frühjahr 2009, die in mehreren Abschnitten erfolgte. Die Abbildungen 79 – 83 zeigen die gut begrünzte Rekultivierungsschicht aus Baggergut und eine Aufgrabung am Nordhang der Deponie.



Abb. 78: Luftbild vom Deponiestandort Frühjahr 2009 und Lage der Schürfe [Google Earth, 2009]



Abb. 79: Begrünter Hügel Herbst 2009



Abb. 80: Auffahrt zur Deponie



Abb. 81: Südhang nach der Mahd der Deponie 2009



Abb. 82: Dichte Grasnarbe nach Mäharbeiten im September 2009, Blick nach Nordwest



Abb. 83: Entnahme von Stechzylindern aus dem Oberboden 0 – 30 cm, Nordhang.

Eine zweite Aufgrabung erfolgte am Südhang. An beiden Aufgrabungen ist zu erkennen, dass sich Risse in der Rekultivierungsschicht gebildet haben, aber auch schon wieder zum Teil durch Bioturbation verfüllt sind (Abb. 84 und 85).



Abb. 84 und 85: Starke Rissbildungen bei beiden Schürfen, sowohl am Südwest- als auch Nordosthang infolge der starken Restschumpfung des zu nass eingebauten Materials. Risse mit mehreren Millimeter Breite, so dass ein Zollstock hineinreicht, gehen bis zu 80 cm in die Tiefe.

Ansonsten zeigt die Deponieabdeckung oberflächlich einen guten Zustand ohne Erosionserscheinungen. Die Sickerwasserfassung der Oberflächenabdichtung führte kein Wasser.

Hauptuntersuchung 2011

An zwei Untersuchungsterminen (9.5.2011 und 8.6.2011) wurden auf der Deponie Grimmen zwei Schürfe über die gesamte Auflage der Rekultivierungsschicht angelegt. Die Lage der Schürfe auf der Deponie ist der Abb. 86 zu entnehmen. Zum Zeitpunkt der Beprobung im Frühjahr 2011 (Abb. 87 und 88) war der Bewuchs voll etabliert und flächendeckend.



Abb. 86: Lage der Schürfe auf der Deponie



Abb.87: Frontalansicht, gute Einpassung in die Landschaft



Abb. 88: Übergang Plateau zum Südwesthang

Schürf 1 lag im oberen Drittel des Südwesthanges (Abb. 89) nur ca. 50 m entfernt vom ersten Schürf der Voruntersuchung im Herbst 2009.



Abb. 89: Schürf am Südwesthang

Da bei der Voruntersuchung 2009 am damaligen Schürf 2 kaum Unterschiede zum Schürf 1 ermittelt werden konnten, wurde bei der Untersuchung im Frühjahr 2011 der Schürf 2 mittig auf dem Plateau angelegt, um diesen bisher noch nicht untersuchten Bereich beproben zu können (Abb. 90 und 91).



Abb. 90: Schürf 2 auf dem Plateau



Abb. 91: Erster Beprobungshorizont
(Oberboden bei ca. 25 cm Tiefe)

Eine Auffälligkeit der Untersuchung vom Herbst 2009 war die relativ starke Rissbildung im oberen Bereich der Rekultivierungsschicht (0 – 50 cm). Diese konnte so bei der Untersuchung im Frühjahr 2011 nicht mehr festgestellt werden. Der obere Bereich der Risse (0 – 30 cm) war schon weitgehend zugefallen. Nur in tieferen Abschnitten waren noch schmale Risse erkennbar, die aber jetzt auch bis in Tiefen von 60 - 80 cm gingen (Abb. 92 - 96). Die Belüftung des Materials ist bis in die untersten Bereiche der Rekultivierungsschicht zu erkennen (Abb. 97). Bei genau 1 m Tiefe ist die Dränmatte erreicht (Abb. 98). Das eingebaute Baggergut ist normalfeucht (kein Wasseraustritt) und rissfrei. Eine starke Austrocknung hat also diese Tiefe bisher noch nie erreicht.



Abb. 92 und 93: weitgehend verfüllte Risse im Oberboden (0–50 cm), Durchwurzelung bevorzugt im Bereich des Risses



Abb. 94 und 95: Riss in ca. 50 cm Tiefe mit beginnender Verfüllung und Durchwurzlung



Abb. 96: Schürf bei 80 cm Tiefe, Riss ragt bis zu ca. 75 cm



Abb. 97: Substratprobe aus ca. 80 cm Tiefe, intensive Oxidation des sehr eisenhaltigen Baggergutes



Abb. 98: In genau 1 m Tiefe ist die Dränmatte erreicht. Kein Riss an diesem Standort reicht bis in

diese

Auch die Deponie Grimmen stellt nach der optischen Beurteilung und der Auswertung aller Erkenntnisse aus den durchgeführten Grabungen eine sehr gut mit aufbereitetem Baggergut rekultivierte Deponie dar. Die Abdeckung mit Baggergut entspricht den planerischen Anforderungen. 3 Jahre nach der Abdeckung hat die Rekultivierungsschicht, die mit 110 bis 120 cm Mächtigkeit einen leicht überhöhten Einbau aufwies, jetzt eine Mächtigkeit von 100 cm, die den Planvorgaben entspricht. Es hat also nur geringe Sackungen gegeben.

Die sehr rasche und intensive Begrünung in Verbindung mit dem erosionsstabilen aufbereiteten Baggergut hat zu keinem Zeitpunkt Erosionen in Hangbereichen zugelassen. Im Vergleich zu der Voruntersuchung 2009 sind nur noch wenige und nicht mehr so breite Risse in der Rekultivierungsschicht erkennbar. Gegenüber dem Einbau ist das Baggergut noch etwas weiter gereift.

4 BEURTEILUNG BODENCHEMISCHER EIGENSCHAFTEN IN DEN REKULTIVIERUNGSSCHICHTEN

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auf allen Standorten die Rekultivierungsschichten weiterhin günstige bodenchemische Eigenschaften aufweisen (s. Tab. 6).

Unabhängig ob die Probenahme im nassen Herbst 2010 oder im späten trockenen Frühjahr 2011 war, lagen die TM-Gehalte meist zwischen 60 und 80 %. Das sind für aufbereitetes Baggergut niedrige Werte, denn das Material wurde z.T. nasser (50 – 70 %) eingebaut. Bemerkenswert sind besonders die niedrigen Werte auf den Deponien Marlow und NIR-Rostock (Schürf 1) aus dem November 2010, weil in der Zeit August bis 10. November statt 180 mm (LJM 1961 - 90) ca. 350 – 360 mm Niederschlag fielen. Trotz der erheblichen Niederschläge wiesen die Rekultivierungsschichten eine gute feinkrümelige Struktur im Oberboden auf. Bis zur Basis der Rekultivierungsschicht sank der Trockenmassegehalt bei beiden Standorten nur geringfügig um ca. 4 %. Man kann von einer nahezu gleichmäßig durchfeuchteten Schicht ausgehen, die aufgrund ihres sehr guten Wasserspeichervermögens und der hohen Verdunstungsleistung einer stark-wüchsigen Gras-/Krautvegetation wahrscheinlich wie eine Wasserhaushaltsschicht funktioniert.

Innerhalb der Rekultivierungsschichten muss es aber im Laufe der Jahre zu Stoffverlagerungen gekommen sein, weil sich für die Salzionen und Magnesium meist eine Zunahme der Gehalte mit der Tiefe feststellen ließ.

Tab. 6: Bodenchemische Kennzeichnung der Rekultivierungsschichten

Standort	Tiefe	TM	pH	SK grav.	Cl ⁻	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	OS	AT ₄	CaCO ₃	N _{an}	P	K	Mg
					TS	TS	TS		TS	TS	TS	TS	TS	TS
	mm	%		%	mg/100 g TS	mg/100 g TS	mg/100 g TS	%	mgO ₂ / kg TS	%	mg/100 g TS	mg/100 g TS	mg/100 g TS	mg/100 g TS
Marlow Schürf 1	100	78,7	7,2	0,90	1,9	1,2	138,2	4,8	1,02	3,6	1,3	4,5	17	37
	350	78,3	7,4	1,03	2,0	1,3	174,3	4,8	0,71	3,2	0,8	1,7	10	34
	700	75,2	7,5	1,13	0,7	3,8	187,1	6,9	1,03	3,8	0,9	1,9	9	74
Marlow Schürf 2	150	71,1	7,3	0,80	0,5	1,1	66,8	7,6	0,98	3,1	0,7	5,1	16	44
	400	73,2	7,4	1,05	2,0	2,0	179,4	5,6	0,85	3,3	0,3	2,2	10	37
	750	67,8	7,5	1,13	1,4	3,9	207,5	7,8	1,08	4,7	0,4	1,5	9	72
NIR Schürf 1	150	61,8	7,5	1,10	4,4	7,4	284,8	8,2	1,5	3,4	0,8	1,2	17	37
	450	66,8	7,7	1,41	59,4	90,0	271,7	7,4	0,56	3,4	1,6	0,8	13	79
	850	62,9	7,6	1,59	152,5	149,0	307,8	7,0	1,1	2,4	2,2	0,7	14	76
NIR Schürf 2	150	76,9	7,6	1,11	11,5	11,0	205,5	7,4	0,8	3,8	1,2	1,0	22	40
	400	72,1	7,6	1,56	103,1	128,0	274,9	8,7	1,3	2,9	1,8	0,7	12	92
	850	69,9	7,6	1,96	329,1	218,8	286,1	9,8	0,8	2,7	1,7	1,3	17	102
	1200	66,5	7,7	1,71	210,3	159,1	283,3	8,3		3,0	1,5	0,5	20	95
Teterow Schürf 1	100 - 200	86,9	7,3	0,06	2,8	1,1	1,8	1,4	0,2	12,5	4,7	5,5	20	21
	400 - 500	75,5	7,6	1,12	8,2	13,7	227,5	5,3	0,4	5,1	0,9	0,7	9	54
	800 - 850	70,2	7,6	1,27	35,1	55,1	262,4	6,5	0,6	4,2	1,1	0,6	13	77
Teterow Schürf 2	100 - 200	96,0	7,6	0,15	4,8	3,1	1,9	1,8	0,7	6,3	2,1	8,3	11	20
	350 - 450	63,1	7,6	1,19	11,7	27,3	287,5	9,0	0,8	4,8	1,3	0,7	11	82
	800 - 850	72,2	7,6	1,21	17,4	34,3	249,9	6,1	0,6	4,6	1,0	0,6	11	71
Grimmen Schürf 1	100 - 200	74,4	7,6	1,12	5,0	8,8	219,4	9,7	1,8	2,7	0,9	0,9	16	58
	400 - 500	66,5	7,6	1,26	14,2	29,5	244,8	8,9	0,9	2,0	0,9	0,6	13	95
	800	62,2	7,6	1,54	102,8	110,3	298,4	9,8	2,6	2,4	1,0	0,4	20	100
	950	64,2	7,6	1,51	95,0	103,9	307,5	8,6		1,8	0,9	0,4	20	97
Grimmen Schürf 2	200 - 250	74,4	7,6	1,11	7,3	9,4	232,3	11,3	1,9	2,6	1,3	0,6	14	48
	550	58,7	7,6	1,53	79,4	116,2	331,5	12,8	2,0	4,8	1,5	0,3	23	110
	800	57,1	7,6	1,62	130,1	148,1	349,2	11,8	1,9	4,3	1,4	0,3	25	105

Auch wenn bei den Routinekontrollen nie ein Austritt von Wasser aus der Rekultivierungsschicht beobachtet wurde, muss es diesen bei lang anhaltenden niederschlagsreichen Witterungsperioden gegeben haben, denn die Gesamtsalzkonzentration selbst im Unterboden liegt an allen Standorten um 10 bis max. 30 % unter der des Einbauzustandes. Nach einer sehr niederschlagsreichen Periode von Mitte Mai bis Anfang September 2011 (650 mm statt 250 mm gemäß LJM) haben Mitte September 2011 Kontrollen auf dem Standort Grimmen einen geringfügigen Sickerwasseranfall aus der Rekultivierungsschicht im wasserableitenden System ergeben. Da auf den anderen ebenfalls kontrollierten Standorten keine Sickerwasserfassung vorhanden ist, konnte nur eine relativ gleichmäßig durchfeuchtete Rekultivierungsschicht festgestellt werden.

Die Gehalte an TOC und Kalk weisen noch ähnliche Gehalte wie beim Einbau auf. Bei Kalk weist das auf ein noch großes Puffervermögen hin und beim TOC auf eine sehr hohe Stabilität der Organischen Substanz (s. a. AT₄).

Die weiterhin relativ geringen Gehalte an verfügbarem mineralischem Stickstoff (bezogen auf den großen Stickstoffvorrat im Boden) von meist 0,5 bis 2 mg N_{\min} /100 g Boden = ca. 20 – 80 kg N/ha in der Ackerkrume 0 – 30 cm reichen aber aus, um ein kräftiges Pflanzenwachstum zu ermöglichen.

Die Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor weisen das vom Baggergut bekannte niedrige Niveau auf, was aber erfahrungsgemäß ausreicht den Pflanzenbedarf zu decken.

Die Gehalte an pflanzenverfügbarem Kalium liegen im Bereich einer ausreichenden Bodenversorgung die, bezugnehmend auf landbauliche Erfordernisse, keine zusätzliche Düngung erfordern würde. Dagegen sind die Gehalte an pflanzenverfügbarem Magnesium als hoch bis sehr hoch einzuschätzen (35 – 100 mg/100 g Boden). Das ist auch bei frisch aufbereitetem Baggergut der Fall, zum Teil auf noch höherem Niveau (> 150 mg/100 g Boden).

Die Untersuchung auf bodenchemische Parameter hin zeigt für alle untersuchten Rekultivierungsschichten, dass diese für das Pflanzenwachstum sehr gute bodenfruchtbarkeitsbestimmende Eigenschaften aufweisen und aufgrund des guten Bindungsvermögens (hohe Gehalte an TOC und Ton) sowie des ausgezeichneten Wasserhaltevermögens (s.a. k_f -Werte) kein erhöhter Austrag an Salzionen und Nährstoffen zu befürchten ist.

5 BODENMECHANISCHE PARAMETER

5.1 SCHERFESTIGKEIT

Die in den Schürfen ermittelten Flügelscherfestigkeiten schwanken z.T. erheblich in Abhängigkeit der Art des Einbaus (s. Tab. 7). Auf Standorten wo das Baggergut beim Einbau mehrfach überfahren wurde und so eine leichte Verdichtung erfolgte (Grimmen) bzw. wo Mergel als oberste Bodenschicht (Teterow) eingebaut wurde, wurden auch im Oberboden hohe Scherfestigkeiten von 70 – 80 kPa (Teterow) und sogar 100 – 120 kPa (Grimmen) festgestellt.

Am Standort Grimmen ist überhaupt keine Differenzierung über die Tiefe festzustellen, so das anzunehmen ist, dass alle Lagen mit gleicher Dichte eingebaut wurden. Am Standort Teterow ist die Scherfestigkeit in den unteren aus Baggergut aufgebauten Schichten noch höher als im Oberboden aus Mergel. Dies ist auf eine Verdichtung der Schichten beim Einbau zurückzuführen.

Tab. 7: Scherfestigkeiten in den Rekultivierungsschichten

Standort	Tiefe mm	TM %	Scherfestigkeit τ kPa	Lagerungsdichte g/cm ³
Marlow Schürf 1	150	78,7	26,5	1,11
	750	75,2	156,8	1,14
Marlow Schürf 2	100	71,1	18,4	1
	350	73,2	21,3	0,98
	650	67,8	116,6	1,05
NIR Schürf 1	450	66,8	30,3	0,88
	1000	62,9	35,0	0,89
NIR Schürf 2	150	76,9	32,7	0,87
	400	72,1	116,7	0,9
	800	69,9	109,1	0,88
Teterow Schürf 1	200	86,9	76,1	1,8
	400	75,5	116,7	1,12
	800	70,2	109,1	1,01
Grimmen Schürf 1	100 - 200	74,4	122,0	0,88
	400 - 500	66,5	136,0	0,89
	800	62,2	124,0	0,88
Grimmen Schürf 2	200 - 250	74,4	103,5	0,82
	550	58,7	92,8	0,77
	800	57,1	97,1	0,83

Die Rekultivierungsschicht bis 200 mm in Teterow ist nicht aus Baggergut sondern aus Mergel aufgebaut, des halb die Unterschiede zu den anderen Schichten!

Bei den Standorten Marlow und NIR Rostock weisen die Messungen eine deutlich tiefenabhängige Staffelung auf. In den oberen, locker eingebauten Schichten (Marlow 0 – 50 cm, NIR 0- 30 cm) wurden Scherfestigkeiten von „nur“ knapp 20 bis 33 kPa ermittelt. Diese Lockerheit ist besonders auf den hohen Gehalt an Organischer Substanz und die intensive Durchwurzelung bei so lockerem Einbau zurückzuführen. In den darunter liegenden Schichten sind die Scherfestigkeiten mit > 100 kPa ähnlich groß wie auf den anderen beiden Standorten in Schichten aus Baggergut.

Die gemessenen Scherfestigkeiten entsprechen Vergleichswerten [DepV, 2009] für halbfeste bindige Böden (Lehm, Schluff).

5.2 K_F -WERT

Die Ermittlung erfolgte im Felde mit dem Feldinfiltrrometer und im Labor an Stechzylindern (500 cm³ oder 250 cm³)

Die Wasserdurchlässigkeit der Rekultivierungsschichten ist, obwohl keine zielgerichtete Verdichtung der eingebauten Schichten erfolgte (i.d.R. nur Einbau mit Raupe oder Langarmschaufel), sehr gering. Sie schwankt in Abhängigkeit des Untersuchungsverfahrens (Feld- [FM] oder Labormethode[LM]) zwischen $8,1 \times 10^{-6} - 1,2 \times 10^{-7}$ (LM) bzw. $2,18 \times 10^{-6} - 1,98 \times 10^{-8}$ (FM) und nimmt in der Regel erwartungsgemäß von oben nach unten hin zu. Die Unterschiede sind wie folgt zu begründen: Bei der Feldmethode wird erst die Wassersättigung im Laufe der Untersuchung hergestellt, während im Labor von Anfang an eine wassergesättigte Probe untersucht wird.

5.3 PORENVOLUMEN, DICHTEN

Das Gesamtporenvolumen (GPV) der eingebauten Baggergutssubstrate liegt auch nach mehreren Jahren (einschließlich Verlusten durch eventuell leichte Setzungen nach dem Einbau) i.d.R. > 50 %, oft > 60 % (s. Tab. 7). Dieses große Gesamtporenvolumen spiegelt sich auch in den sehr geringen Lagerungsdichten von meist nur 0,8 – 1,1 g/m³ wieder. Beides ist unabhängig von der Tiefe. Sowohl Letzteres als auch die an allen Standorten angetroffene Einbauhöhe von ca. 1 m widerspricht der Befürchtung, dass nach dem Einbau noch erhebliche Sackungen stattfinden.

5.4 FELDKAPAZITÄT, NUTZBARE FELDKAPAZITÄT UND LUFTKAPAZITÄT

Das hohe Gesamtporenvolumen bedingt auch hier hohe Werte (s. Tab. 8). Aufgrund des hohen Anteils von Mittel- und Feinporen (schluffig-toniges Material) kann der überwiegende Teil des Porenvolumens beim Baggergut Wasser halten (sehr hohe Feldkapazität, oft > 50 %). Oft über die Hälfte, aber mindestens mehr als 35 % davon sind als nutzbare Feldkapazität für die Pflanzen verfügbar. Die nutzbare Feldkapazität liegt so im Baggergut fast immer über 20 Volumen-%, z.T. sogar > 30 Volumen-%.

Die relativ geringe Lagerungsdichte führt insbesondere in der Oberbodenschicht (0 – 30 cm) zu einem hohen Luftporenvolumen (Luftkapazität) z.T. > 10 %. In Verbindung mit der sehr guten Wasserversorgung (sehr hohe nutzbare Feldkapazität) und der ausreichend verfügbaren Nährstoffe sind ausgezeichnete Bedingungen für ein kräftiges Pflanzenwachstum gegeben.

Tab. 8: Bodenphysikalische Eigenschaften der Rekultivierungsschichten

Standort	Tiefe mm	TM	OS	CaCO ₃	Lagerungs- dichte	Substanz- dichte	PV	WV	LK	FK	nFK	nFK / FK
		%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	Vol %	%				
Marlow	100	78,7	4,8	3,6	1,11	2,52	56,1	37,9	6,1	50,0	33,7	67,4
Schürf 1	350	78,3	4,8	3,2	1,10	2,52	56,2	43,6	8,8	47,4	29,5	62,3
	700	75,2	6,9	3,8	1,14	2,47	53,8	49,1	0,8	53,0	23,4	44,1
Marlow	150	71,1	7,6	3,1	1,00	2,49	59,7	37,4	4,8	54,9	37,2	67,9
Schürf 2	400	73,2	5,6	3,3	0,98	2,51	61,2	41,0	11,8	49,4	29,1	59,0
	750	67,8	7,8	4,7	1,05	2,47	57,3	45,4	4,2	53,2	20,5	38,6
NIR	150	61,8	8,2	3,4	0,88	2,42	63,8	49,3	12,5	51,3	25,9	50,5
Schürf 1	450	66,8	7,4	3,4	1,03	2,45	58,1	46,7	5,6	52,4	24,1	45,9
	850	62,9	7,0	2,4	0,89	2,45	63,8	55,8	7,9	55,9	35,1	62,8
NIR	150	76,9	7,4	3,8	0,87	2,48	64,7	32,0	25,6	39,1	21,1	54,1
Schürf 2	400	72,1	8,7	2,9	0,90	2,43	62,8	43,3	9,7	53,1	30,2	56,8
	850	69,9	9,8	2,7	0,88	2,42	63,6	42,3	8,9	54,7	28,7	52,5
Teterow	100 - 200	86,9	1,4	12,5	1,80	2,64	31,6	24,1	6,9	24,7	2,8	11,2
Schürf 1	400 - 500	75,5	5,3	5,1	1,12	2,54	51,4	49,7	6,1	45,3	20,2	44,5
	800 - 850	70,2	6,5	4,2	1,01	2,48	59,5	51,3	4,2	55,2	25,0	45,3
Teterow	100 - 200	96,0	1,8	6,3	1,64	2,63	37,8	13,0	12,3	25,5	11,2	44,0
Schürf 2	350 - 450	63,1	9,0	4,8	0,99	2,42	59,3	60,1	-3,0	62,4	24,6	39,4
	800 - 850	72,2	6,1	4,6	1,14	2,51	51,6	48,4	1,6	50,1	20,4	40,1
Grimmen	100 - 200	74,4	9,7	2,7	0,88	2,40	63,3	44,0	10,9	52,4	23,0	43,9
Schürf 1	400 - 500	66,5	8,9	2,0	0,89	2,42	63,4	55,3	3,3	60,1	28,7	47,7
	800	62,2	9,8	2,4	0,88	2,43	63,8	55,2	4,2	59,6	24,5	41,1
Grimmen	200 - 250	74,4	11,3	2,6	0,82	2,35	65,0	41,2	7,2	57,8	28,1	48,7
Schürf 2	550	58,7	12,8	4,8	0,77	2,32	66,8	59,9	0,8	66,0	24,2	36,6
	800	57,1	11,8	4,3	0,83	2,45	66,1	56,9	4,8	65,2	22,9	35,0

6 ATMUNGSAKTIVITÄT

Ergebnisse der Untersuchungen zur Stabilität der Organischen Substanz (AT₄) belegen eine sehr geringe Abbaurrate auch nach vielen Jahren z. T. intensiver Belüftung (Oberboden). Die Werte (0,7 – 2,0 mg O₂/g TM Boden) liegen im Bereich bisher gemessener Gehalte für Schlick aus der IAA Rostock (0,5 – 4 mg/g TM).

7 SIMULATION DES WASSERHAUSHALTS

Die Deponieverordnung [DepV, 2009] fordert den Nachweis der Versickerungsraten; solch eine Simulation des Wasserhaushaltes kann mit dem Model HELP 3.90 D erfolgen.

Diese Simulation wurde auch an den untersuchten Rekultivierungsschichten durchgeführt [Berger 2012; vollständige Fassung des Gutachtens Anlage 1]. Die Simulationen wurden sowohl mit den Daten der Normalperiode 1961 - 1990 als auch mit den Daten der Jahre 2000 - 2010 durchgeführt. Das Jahrzehnt 2000 - 2010 zeigt deutliche Veränderungen bezüglich der Faktoren, die die Wirksamkeit einer Rekultivierungsschicht besonders herausfordern. Die erste Dekade dieses Jahrhunderts zeigt bei allen Stationen sowohl deutlich höhere Jahresniederschläge (ca. 10%) als auch deutlich höhere Jahresmitteltemperaturen (ca. 1°C).

Die mittlere jährliche Versickerung aus der Rekultivierungsschicht liegt am Deponiestandort NIR Rostock bei rund 60 mm. Marlow (M) und Grimmen (GR) erreichen mittlere Versickerungen von rund 120 - 130 mm/a. Die höchsten Werte treten in Teterow (TET) mit rund 150 – 165 mm/a auf (Tab. 9). Bei den recht guten Daten für nFK und FK und kaum beobachteten Sickerwasserabläufen, verwundern diese Daten.

Tab. 9: Mittlerer jährlicher Wasserhaushalt der Profile (2000 - 2010) (Berger 2012)

Parameter [mm]	Teterow		Marlow		Grimmen		NIR Rostock	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Niederschlag	653,1		620,5		662,4		631,3	
Oberfl.abfluss	7,8	8,1	3,1	3,3	11,7	14,5	2,7	2,5
ETp	665,6		654,0		678,6		753,3	
Eta	478,2	493,9	491,6	486,0	519,6	510,2	558,3	558,7
Versickerung	165,3	148,9	122,2	127,8	122,4	130,7	61,8	61,2
Δ Wg	1,8	2,2	3,5	3,3	8,8	7,0	8,4	8,9
FK	431	464	504	526	576	617	535	495
nFK	169	170	283	282	253	233	290	268

Versickerung [%] 25,3 22,8 19,7 20,6 18,5 19,7 9,8 9,7

ETa Tatsächliche/reale Verdunstung, ETp Potentielle Verdunstung, Δ Wg Änderung des Wasservorrats

„Eine gewisse Unsicherheit ergibt sich aus der offenen Frage, inwieweit sich das Baggergut mit seinem hohen Organikanteil bodenhydrologisch wie Mineralboden verhält, der den Modellierungsansätzen von HELP zugrunde liegt. Ob das Wasserhaltevermögen des Baggerguts besser als in HELP modelliert ist und dadurch die Versickerung von HELP etwas überschätzt wird ist jedoch Spekulation.“ [Berger 2012, S. 8]

Deutlich zeigen sich aber die positiven Eigenschaften des Baggergutes im Vergleich zu Mergel. Die Rekultivierungsschicht der Deponie TET ist in den oberen ca. 30 cm aus Mergel aufgebaut, was zu einer deutlich geringeren nFK und einer höheren Durchsickerung führt.

Kritisch zu hinterfragen bleibt allerdings, wie „normale“ Substrate (Bodenarten) die Anforderungen der Deponieverordnung, der BQS 7-1 und 7-2 erfüllen sollen, wenn selbst ein Substrat mit extrem hoher FK und nFK dazu scheinbar nicht in der Lage ist, wenn man die Ergebnisse der HELP-Berechnungen zu Rate zieht.

Beispielhaft wird nachfolgend für die Standorte Teterow (höchste errechnete Versickerungsrate) und Rostock (niedrigste errechnete Versickerungsrate) der Verlauf der Wasserhaushaltsgrößen für den Vergleichszeitraum 2000 – 2010 dargestellt (Abb. 101 und 102).

Weil am Standort Rostock im Mittel der betrachteten Periode 2000 – 2010 ca. 20 mm weniger Niederschlag bei gleichzeitig um ca. 80 mm höherer Verdunstung (sowohl potenziell als auch real) fallen und außerdem das Baggergut in der Rekultivierungsschicht am Standort Rostock eine bessere nFK aufweist, ist der errechnete mittlere Sickerwasseranfall folgerichtig um ca. 100 mm niedriger. Das führt dazu, dass am Standort Teterow jedes Jahr zwischen November und Mai und dann öfter größere Mengen Sickerwasser anfallen, dagegen aber am Standort Rostock nur nach vorangegangenen niederschlagsreichen Perioden zwischen November und April nennenswertes Sickerwasser anfällt.

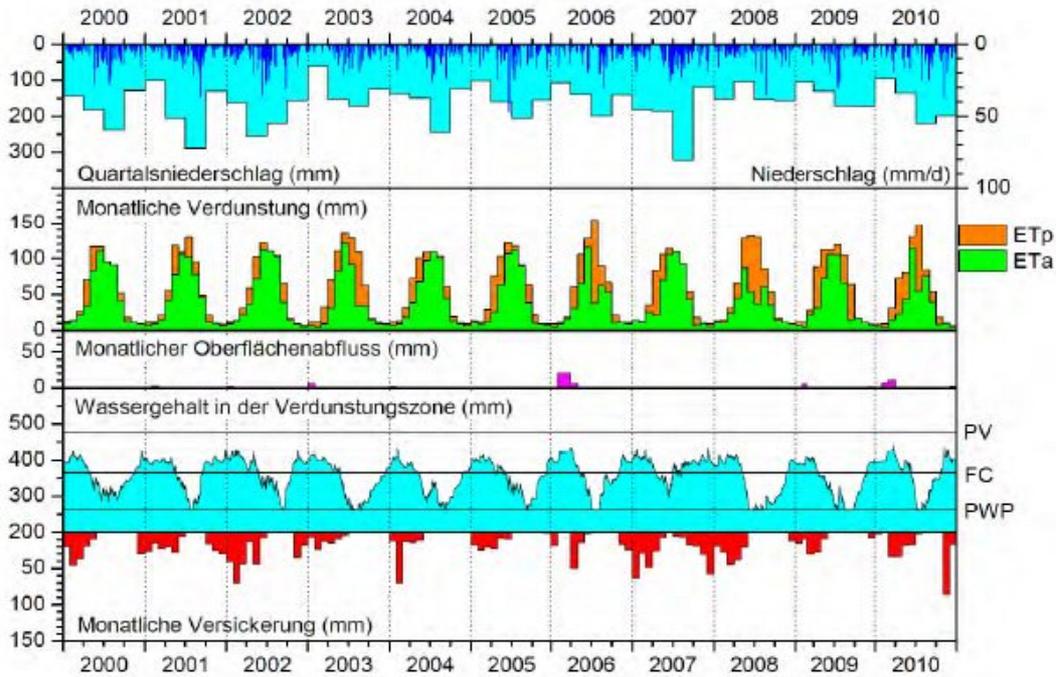


Abb. 101: Verlauf der Wasserhaushaltsgrößen 2000 - 2010, Teterow, Standort 1

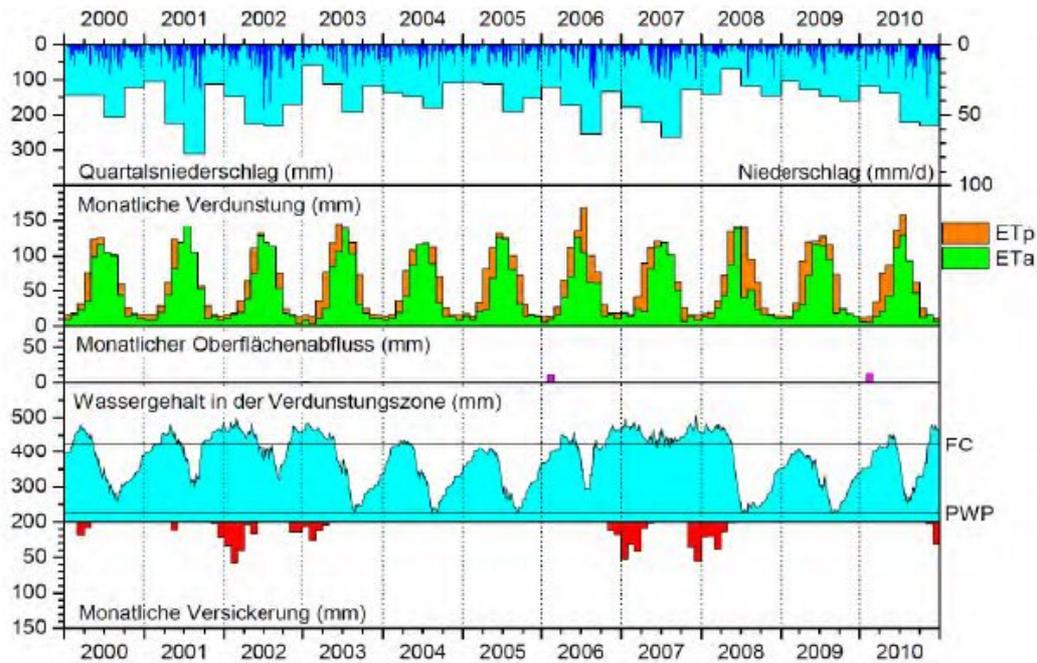


Abb. 102: Verlauf der Wasserhaushaltsgrößen 2000 - 2010, Rostock, Standort 1

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN

8.1 ANFORDERUNGEN AN DIE ERFORDERLICHEN BAGGERGUTQUALITÄT UND DIE QUALITÄT DER BAGGERGUT-AUFBEREITUNG

Das einzusetzende Baggergut muss grundsätzlich die Anforderungen der Deponieverordnung einhalten. Das ist bei den in der IAA Rostock aufbereiteten Materialien unproblematisch, da die Annahmekriterien für die IAA Rostock die noch strengeren Vorsorgewerte der BBodSchV darstellen. Aus stofflicher Hinsicht haben sich bisher für den Einsatz in Rekultivierungsschichten die feinkörnigen humus- und kalkreichen Substrate mit ihren ausgezeichneten Bodeneigenschaften (Erosionsstabilität, Aggregatstruktur und -stabilität, Wasserhaltevermögen, Nährstoffversorgung) bewährt.

Folgende Zusammensetzung sollten die zu verwendenden Baggergutssubstrate aufweisen, um diese Bodeneigenschaften gewährleisten zu können:

Körnung nach Humus- und Karbonatzerstörung in der rein mineralischen Substanz (DIN 193677)	
S	30 – 50 %
U	30 – 50 %
T	15 – 30 %
TOC	4 – 10 % (bei Einhaltung AT4 < 5 mgO ₂ /kgTM)
Salzkonzentration ges.	< 3 %

Diese Eigenschaften garantieren ein sehr gutes Pflanzenwachstum und langfristige Stabilität der Rekultivierungsschicht bei geringen Durchsickerungsraten, auch unter extremen Witterungsverhältnissen.

Um diese Substratqualität zu sichern, ist die richtige Baggergutaufbereitung von entscheidender Bedeutung. Dabei hat sich die Vorgehensweise auf der IAA Rostock sehr gut bewährt. Folgende grundsätzliche Aspekte sind zu beachten:

- Voruntersuchung der zu baggernden Substrate, um die Aufnahmefähigkeit in die IAA zu beurteilen und die Art und Weise der Bepflügelung auf der IAA zu bestimmen.
- Bepflügelung in Längsstromklassierpoldern zur Trennung des Baggergutes in grobkörnige humusfreie Kiese und Sande sowie feinkörnige humusreiche Substrate (Schlicke), Steuerung des Prozesses über den Zusatzwassereinsatz für die Bepflügelung und das Ablassen des Überschusswassers

- Getrennt nach Substratqualitäten aufsetzen des abgetrockneten Baggergutes (TM-Gehalt > 30 %) in Reifungsmieten
- Zertifizierung des gereiften Mietenmaterials nach Substratqualitäten

Die Verwertung des gereiften Mietenmaterials bei der Deponierekultivierung sollte erst erfolgen, wenn ein Trockenmassegehalt von mind. 50 % erreicht ist. Noch besser sind Trockenmassegehalte von größer als 60 %. Das entspricht maximal zulässigen bodenmechanischen Wassergehalten von 100 %, besser von kleiner als 66 %.

Zu hohe Wassergehalte mindern deutlich die Handhabbarkeit des Materials bis hin zum eigentlichen Einbau (Verteilung, Überfahren) und birgt die Gefahr einer erheblichen Restschumpfung, mit der Folge, dass sich Risse von mehr als 1 cm Breite und bis mehrere Dezimeter Tiefe ausbilden. Das könnte im schlimmsten Fall die Funktionalität der Rekultivierungsschicht gefährden (deutlich höhere Sickerwasserraten).

8.2 SPEZIFIK DER SALZBELASTUNG UND DER HOHEN ORGANIKGEHALTE

Salzgehalte

Die natürlich bedingt hohen Salzgehalte im Baggergut (Brackgewässerherkunft) lassen sich im Rahmen der Aufbereitung des Materials nicht senken. Deshalb muss beim Einsatz von Baggergut in Rekultivierungsschichten immer einzelfallabhängig geprüft werden, inwieweit potenzielle Umweltbeeinträchtigungen durch den Austrag der Salze, insbesondere über Sickerwässer, zu befürchten sind. Positiv ist, dass aus dem Baggergut kein hoher Austrag zu erwarten ist. Zum einen ist das Material sehr erosionsstabil und durch seine Wüchsigkeit entwickelt sich schnell eine dichte Vegetationsschicht die wenig Oberflächenabfluss zulässt und zum anderen ist wenig Sickerwasseranfall zu erwarten. Wie die HELP-Berechnungen verdeutlichen, wird nur eine Versickerungsrate von um die 100 mm/a erwartet. Die bisherigen Beobachtungen an den untersuchten Standorten belegen sogar noch geringere Austräge.

Trotzdem sollte der Einsatz von salzhaltigem, aufbereitetem Baggergut nur unter folgenden Aspekten in Erwägung gezogen werden:

- nur bei Ausschluss einer erheblichen Beeinträchtigung von Schutzgütern
- Vorflut erreicht schnell und direkt Brackgewässer
- Vorflut erreicht unmittelbar große Gewässer (Verteilung auf großen Wasserkörper)
- Vorflut weist schon höhere, akzeptierte Salzgehalte auf

Der Einsatz in Wasserschutzgebieten sollte grundsätzlich ausgeschlossen bleiben.

Gehalte an Organischer Substanz

Die hohen Gehalte an Organischer Substanz im klassierten Baggergut zwischen 4 und 10 % (in Ausnahmen sogar noch höher) sind in äußerst stabilen organisch-mineralischen Komplexen eingebunden. Ein Beleg dafür sind die jetzigen (s.a. Kapitel 7), aber auch früheren Untersuchungen zur Abbaurrate der Organischen Substanz über den AT₄-Versuch. Diese Aussagen werden auch durch Untersuchungen an Bremer und Hamburger Baggergut bestätigt.

- Baggergut der untersuchten Rekultivierungsschichten	0,7 – 2,0 mg O ₂ /g TM
- Rostocker Baggergut (nicht voll ausgereift 2005)	< 0,5 – 2,7 mg O ₂ /g TM
- Rostocker Baggergut (Material ausgereift 2011)	< 0,5 – 0,6 mg O ₂ /g TM
- Hamburger Baggergut	0,1 – 0,4 mg O ₂ /g TM
- Bremer Baggergut	0,3 – 0,8 mg O ₂ /g TM

Die hohe Stabilität sowohl der Organischen Substanz an sich, als auch der organisch-mineralischen Komplexe führt zu der hervorragenden Erosionsstabilität, Aggregatstrukturqualität und –stabilität, Wasserhaltevermögen sowie Nährstoffspeichervermögen und ist somit die Grundlage der hohen Bodenfruchtbarkeit des Materials.

8.3 OPTIMALER AUFBAU DER REKULTIVIERUNGSSCHICHT

Wie in der nachfolgenden Abbildung 103 dargestellt, sollte die Rekultivierungsschicht, wenn sie aus aufbereitetem Baggergut hergestellt wird, wenn möglich, einen homogenen Aufbau aufweisen.

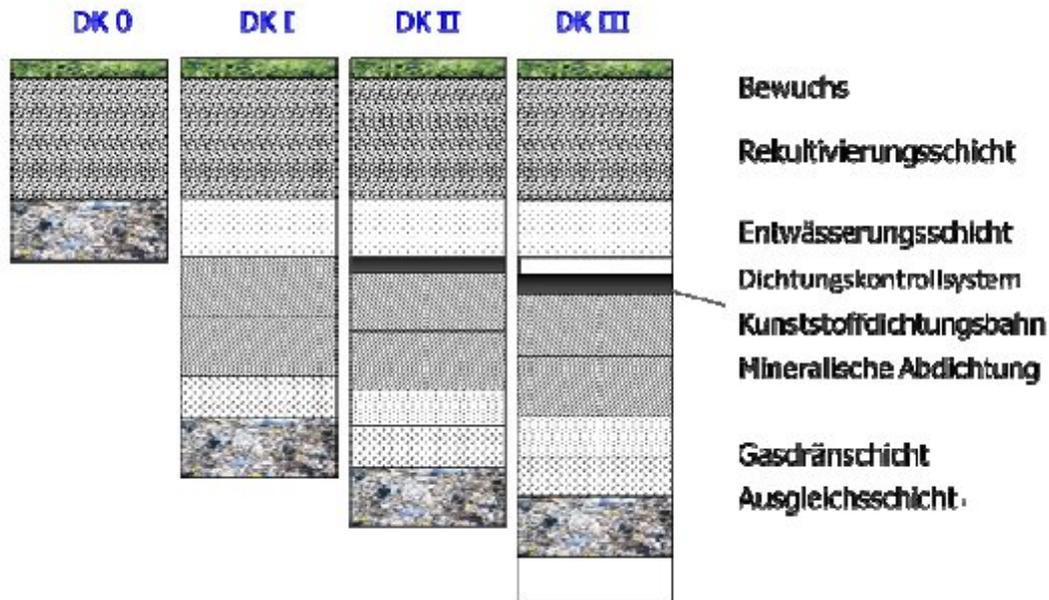


Abbildung 103: Schematischer Aufbau von Deponieabdecksystemen

Die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht sollte mindestens 1 m betragen. Größere Schichtmächtigkeiten sind möglich, aber zur Sicherstellung der Funktionalität der Rekultivierungsschicht nicht notwendig. Wenn nur unterschiedliche Materialqualitäten für die Rekultivierungsschicht zur Verfügung stehen, sollte humusreicheres und grobkörnigeres Material immer oben und feinkörnigeres Material immer tiefer eingebaut werden. Bei ausreichend vorhandener Organik wird ein „grobkörnigerer“ Oberboden noch schneller intensiv durchwurzelt als ein feinporiger, das Wasseraufnahmevermögen ist noch besser und die Restschumpfungsgefahr an der Oberfläche geringer. Der bindigere Unterboden hält das dort ankommende Wasser besser zurück und die Pflanzen, die auch diesen Bodenbereich durchwurzeln können, werden diese Wassermengen wieder aufnehmen, verwerten und verdunsten.

8.4 EMPFEHLUNGEN ZUM QUALITÄTSSICHERUNGSSYSTEM BEIM EINSATZ VON BAGGERGUT AUF DEPONIE

Wie für alle anderen potenziellen Bodenmaterialien zum Einsatz in Rekultivierungsschichten gilt auch für das aufbereitete Baggergut ein sorgsamer Umgang mit dem Material (nicht im wassergesättigten Zustand handhaben, nicht überfahren oder anderweitig zusätzlich verdichten). Baggergutspezifische Anforderungen sind:

Beim Einbau

- Nur ausgereiftes Baggergut verwenden (Trockenmasse mind. > 50 % , besser > 60 %)
- Normale Erdbaugeräte (Bagger, Raupen)

- Keine Verdichtungsgeräte nötig
- Besonders Humus- und feinanteilreiches Baggertgut 10 – 20 cm überhöht einbauen (leichte Nachsetzung)
- Begrünt i.d.R. selbstständig, wenn Grasansaat (Lichtkeimer!), dann diese nur andrücken nicht einarbeiten. Bei Einsatz von Drilltechnik max. 1 cm Saattiefe

Nachsorge und Pflege

- Jährliche Mahd wenn möglich
- Beweiden vorteilhaft, auch wegen nachverdichtenden Tritt der Weidetiere (Verfüllung möglicher oberflächlicher Risse)
- Bei freier Sukzession ist Verbuschung zu erwarten, Gehölze werden die gesamte Baggertgutaufgabe durchwurzeln

8.5 HINWEISE ZUR POTENTIELLEN NACHNUTZUNG MIT BAGGERGUT ABGEDECKTER DEPONIESTANDORTE

Seit der Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (EEG - Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien) entstehen verschiedene Anlagenformen für eine entsprechende „Energieerzeugung“. Der Flächenverbrauch für die Energieerzeugung steigt und Flächen, die scheinbar keine Funktion haben, werden zunehmend erschlossen. Alte Deponiestandorte, die häufig auch noch eine geneigte Oberfläche haben, scheinen für eine Nutzung als Photovoltaikstandort gut geeignet zu sein. Deponieoberflächen sind kaum nutzbar, sie verursachen quasi nur Kosten.

Bei allen positiven Nutzungsbestrebungen muss bei der Nutzung von Deponieoberflächen aber die Funktion des Oberflächenabdeckungssystems erhalten bleiben!

Nachfolgend sollen die Vorteile der Deponienutzung für PV-Anlagen dargestellt werden und die Nutzbarkeit von mit gereiftem Nassbaggertgut rekultivierten Deponien bewertet werden.

Die Nutzung der Deponien verbraucht keine zusätzlichen Flächen und beeinträchtigt i.d.R. keine anderen Nutzungen. Deponien besitzen eine „günstige Topographie“ und sind nicht verschattet.

Die Nutzung der Deponien ist also prinzipiell möglich.

Die Untergrundeignung muss ebenso wie auf einem natürlichen Standort geprüft werden. Erschwerend ist aber der Erhalt der Funktion des Abdichtungssystems, z.B. darf die unterhalb der Rekultivierungsschicht liegende Dichtung nicht beschädigt werden.

Folgende Anforderungen sollten an die PV-Anlagen auf Deponien gestellt werden:

- Mindestens 0,4 m Abstand zwischen Sohle der Rekultivierungsschicht und der Unterkante der Gründung; besonders Pfahlgründungen sollten nachweisen, dass sie die unter der Rekultivierungsschicht liegenden Elemente nicht beschädigen.
- Die Standsicherheit der PV-Module ist nachzuweisen. Dieser Nachweis sollte auf mit gereiftem Nassbaggertgut rekultivierten Deponien gelingen. Die Scherfestigkeiten, die im Rahmen dieses Projektes ermittelt worden, würden ausreichende Sicherheit nachweisen.
- Gleiches gilt für die zu verlegenden Kabel
- Die PV-Module dürfen die Pflege der Deponieoberfläche nicht behindern (Mahd)
- Der Regenwasserablauf von den Modulen und die Verschattung durch die Module wird die Vegetation wohl weniger schädigen als auf „normalen“ Substraten. Allerdings liegen hier für noch keine Erfahrungen vor. Die Qualität des Rekultivierungssubstrates lässt das aber erwarten.

Die Nutzung von mit gereiftem Nassbaggertgut rekultivierten Deponien als PV-Standort scheint in den meisten Fällen möglich zu sein. Der Erhalt der Funktionen des Deponieoberflächenabdichtungssystems muss aber nachgewiesen werden.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Der seit 1998 praktizierte großtechnische Einsatz von aufbereitetem Nassbaggergut bei der Herstellung von Rekultivierungsschichten auf Deponien (14 Standorte und ca. 750.000 m³ Baggergut) war nicht nur aus Sicht der Einbauphase erfolgreich [s. a. Damrath, 2005]. Auch 4 - 12 Jahre nach dem Einbau ist die Funktionalität der Rekultivierungsschichten an den 4 untersuchten Standorten voll gegeben und das auch in Bezug auf die neuen jetzt geltenden Anforderungen der Deponieverordnung von 2009. Folgende Positivaspekte sind gegeben:

1. An der 1 m mächtige Rekultivierungsschicht aus Baggergut ist keine erhebliche Nachsetzung festzustellen.
2. Noch nicht begrüntes Baggergut ist extrem erosionsstabil, selbst bei Steilhängen von 2:1.
3. Ein dichter Pflanzenbestand, dank hoher nFK (> 200 mm), sehr guter Nährstoffversorgung und günstiger Porenraumverteilung, sichert die Oberfläche, verhindert Erosionen und Oberflächenabfluss und hat die Rekultivierungsschicht vollständig durchwurzelt.
4. Das sehr gute Wasserspeichervermögen (sehr hohe Feldkapazität) und der intensive Pflanzenaufwuchs lassen kaum einen Sickerwasserabfluss zu (praktisch kaum beobachtet, nach HELP-Modellierung ca. 100 mm/a). Das Gefährdungspotenzial durch Salzaustrag ist gering.
5. Die Untersuchung der potenziellen Abbaurate der Organischen Substanz ergab sehr geringe Werte von oft < 1 mg O₂/g TM die deutlich unter dem Richtwert für die Deponierung von 5 mg O₂/g TM liegen, was eine langfristig gesicherte Stabilität der Organischen Substanz gewährleistet.

Zusammenfassend kann für künftige Deponierekultivierungen der Einsatz von aufbereitetem Nassbaggergut aus der IAA Rostock unter den im Kapitel 8 genannten Rahmenbedingungen empfohlen werden. Es ist davon auszugehen, dass von den Substrateigenschaften her gleichwertiges und gleichartiges Baggergut (wie auf der IAA Rostock aufbereitetes Baggergut) aus anderen Aquatorien sowohl der Küste als auch des Binnenlandes nach entsprechender Untersuchung ebenfalls als Rekultivierungsschicht geeignet ist.

LITERATUR

- Berger, Klaus: Einsatz von gereiftem Nassbaggergut als Rekultivierungssubstrat in Deponieoberflächenabdichtungssystemen: Simulation des Wasserhaushalts mit HELP 3.90 D für vier Deponiestandorte in Mecklenburg-Vorpommern; Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg; Hamburg 2012; unveröffentlicht
- Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 "Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen" vom 23.05.2011; LAGA 2011; <http://www.laga-online.de/servlet/is/26509/>
- Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-2 "Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungen" vom 20.10.2011; LAGA 2011; <http://www.laga-online.de/servlet/is/26509/>
- Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 "Methanoxidationsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen" vom 20.10.2011; LAGA 2011; <http://www.laga-online.de/servlet/is/26509/>
- Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-4a "Technische Funktionsschichten - Photovoltaik auf Deponien" vom 02.08.2012; LAGA 2012; <http://www.laga-online.de/servlet/is/26509/>
- Deponieverordnung (DepV); Verordnung über Deponien und Langzeitlager; vom 24. Juli 2002; BGBl. I Nr. 52 vom 29.07.2002 S. 2807
- Deponieverordnung (DepV); Verordnung über Deponien und Langzeitlager; vom 27. April 2009; BGBl. I Nr. 22 vom 29.04.2009 S. 900
- Freitag, Frank: Dr. Ing., IGU GmbH, Mündliche Auskunft, 18.10.2011
- GDA Empfehlung E2-30: Modellierung des Wasserhaushalts der Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien; Empfehlung des AK 6.1 (Geotechnik der Deponiebauwerke) der Fachsektion 6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.; Bautechnik 9/1998; <http://www.gdaonline.de/pdf/E2-30.pdf>
- GDA Empfehlung E2-31: Rekultivierungsschichten; Empfehlung des AK 6.1 (Geotechnik der Deponiebauwerke) der Fachsektion 6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.; Bautechnik 9/2004; <http://www.gdaonline.de/pdf/E2-31.pdf>
- GDA Empfehlung E2-32: Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien; Empfehlung des AK 6.1 (Geotechnik der Deponiebauwerke) der Fachsektion 6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.; Bautechnik 1/2010; <http://www.gdaonline.de/pdf/E2-32.pdf>
- Henneberg, Michael: Gutachtliche Stellungnahme, Gefahrenbeurteilung zum Einsatz von Baggergut vom 02.10.1998, unveröffentlicht
- Henneberg, Michael; Morscheck, Gert: Möglichkeiten der Verwertung von Nassbaggergut im Deponiebau – rechtliche Rahmenbedingungen und stoffliche Anforderungen; 9. Dialog Abfallwirtschaft MV; 2006

- Henneberg, Michael: Nachuntersuchung auf den Standorten der Praxisversuche Rastow und Rederank zur Verwertung von Baggertgut als Bodenverbesserungsmittel im Landbau, 2007; Auftraggeber: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus M-V, unveröffentlicht
- Henneberg, Michael: Untersuchungen zum Einsatz von gereiftem Baggertgut zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft unter Nutzung der Rostocker Lysimeteranlage, 2011, Auftraggeber: Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V, Hansestadt Rostock, Tief- und Hafenbauamt, unveröffentlicht
- Henneberg, Michael: Untersuchungen zur Salzverträglichkeit gärtnerischer Kulturen für die Verwertung von Baggertgut im Bereich GaLaBau und durch Kleinabnehmer, Zwischenbericht 2012, Auftraggeber: Hansestadt Rostock, Tief- und Hafenbauamt, Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern, unveröffentlicht
- Janzen, Klaus; Henneberg, Michael: Einrichtung und Betreuung des Praxisexperimentes Rederank zur Verwertung von gereiftem Baggertgut als Bodenverbesserungsmittel im ökologischen Landbau, 2000, Auftraggeber: Hansestadt Rostock, Tief- und Hafenbauamt, unveröffentlicht
- Janzen, Klaus; Henneberg, Michael: Einrichtung und Weiterführung des Pilotprojektes Rastow zur Prüfung von Schlick als Bodenverbesserungsmittel, 1997; Auftraggeber: Umweltministerium M-V, Hansestadt Rostock, Tief- und Hafenbauamt, unveröffentlicht
- Klingbeil, Lutz: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg, mündliche Auskunft 23.02.2011
- Kriedemann et.al.: Leitfaden zur Rekultivierung von Standorten wilder Müllablagerungen und stillgelegter Deponien im Land Mecklenburg-Vorpommern. Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern, November 1993.
- Quandt, Thoralf: Deponierekultivierung mit gereiftem Baggertgut am Beispiel der Siedlungsabfalldeponie Grimmen (M-V), 7. Leipziger Deponiefachtagung, 2011
- TASI: Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. BAnz. S. 4967 und Beilage, Mai 1993.