

Unterlage 5-2-2-1

Planfeststellungsverfahren

**Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke
und
Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
NOK-Km 93,2 – 94,2**

Untersuchung von Bodenproben gem. LAGA und DepV
an der Levensauer Hochbrücke

VORHABENTRÄGER:

**WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU
SCHLEUSENINSEL 2
24159 KIEL-HOLTENAU**



WSV.de

Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

VERFASSER:

Institut Dr. Nowak

Stand: 02.08.2011

Kurze Erläuterung

Gemäß des Auftrags der BfG nach Absprache mit dem WSA Kiel-Holtenau vom 10.06.2011 wurden vom Institut Dr. Nowak Sedimentproben genommen und diese auf ausgewählte chemisch-analytische Parameter gemäß der gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern, der LAGA 2004/TR Boden und der Deponieverordnung (DepV) untersucht. Die Untersuchung wurde durchgeführt, da im untersuchten Kanal-Bereich Erweiterungsbaggerungen vorgesehen sind und das entnommene Sediment umgelagert, verwertet oder entsorgt werden soll. Im Bereich des nördlichen Weges an der Levensauer Hochbrücke erfolgte eine Beprobung terrestrischer Proben auf PAK und Schwermetalle, um die Ergebnisse bereits vorhandener Untersuchungen zu erweitern.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der vorliegenden Unterlage dargestellt.

Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Bericht

Anlagen

Untersuchung von Sediment- und Bodenproben gemäß den Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern sowie gemäß LAGA TR Boden und gemäß DepV

- Anlage 1.1 Lage und Beschreibung der Entnahmestellen
- Anlage 1.2 Beschreibung der Einzel-/Mischproben
- Anlage 1.3 Untersuchungsumfang
- Anlage 2.1 Ergebnisse der Klassifizierung von Schadstoffen (Feststoff/Eluat) im Baggergut gemäß den "Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern"
- Anlage 2.2 Ökotoxikologische Untersuchungsergebnisse und Klassifizierung
- Anlage 2.3 Ergebnisse der Klassifizierung von Schadstoffen (Feststoff/Eluat) im Baggergut gemäß LAGA - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung
- Anlage 2.4 Ergebnisse der Klassifizierung von Schadstoffen im Baggergut gemäß den Zuordnungskriterien nach der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)
- Anlage 3.1 Methodik
- Anlage 3.2 Analytische Ergebnisse
- Anlage 4 Partikelgrößenverteilung

Bericht

zum Einzelauftrag AF1_WSV_20110407130649_299
der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
für das WSA Kiel-Holtenau
zur Entnahme und Untersuchung von Proben
an der Levensauer Hochbrücke

erstellt durch das



Institut Dr. Nowak
Mayenbrook 1
28870 Ottersberg

am 02.08.2011

durch Dr. Jörg Ebert

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung/Aufgabenstellung.....	3
2	Methodik und Einstufungsgrundlagen	5
2.1	Grundlagen zur Einstufung gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstenländern.....	5
2.1.1	Chemische und physikalische Parameter	5
2.1.2	Ökotoxikologische Parameter	7
2.1.3	Korngrößenkorrektur	9
2.1.4	Bewertung von Ergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze	10
2.1.5	Messunsicherheit	11
2.1.6	Beurteilung der Sauerstoffzehrung und Nährstoffkonzentration.....	11
2.2	Grundlagen zur Einstufung gemäß LAGA 2004/TR Boden.....	12
2.3	Grundlagen zur Einstufung gemäß Deponieverordnung.....	13
3	Untersuchungsprogramm/-ergebnisse.....	16
3.1	Ergebnisse und deren Einstufung gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstenländern.....	16
3.1.1	Chemische und physikalische Parameter	16
3.1.2	Ökotoxikologische Parameter	17
3.2	Einstufung gemäß LAGA 2004/TR Boden	17
3.3	Einstufung gemäß Deponieverordnung.....	17
3.4	Einstufung der terrestrischen Proben	17
4	Zusammenfassung	18
5	Literatur	19

Anlagen

1 Veranlassung/Aufgabenstellung

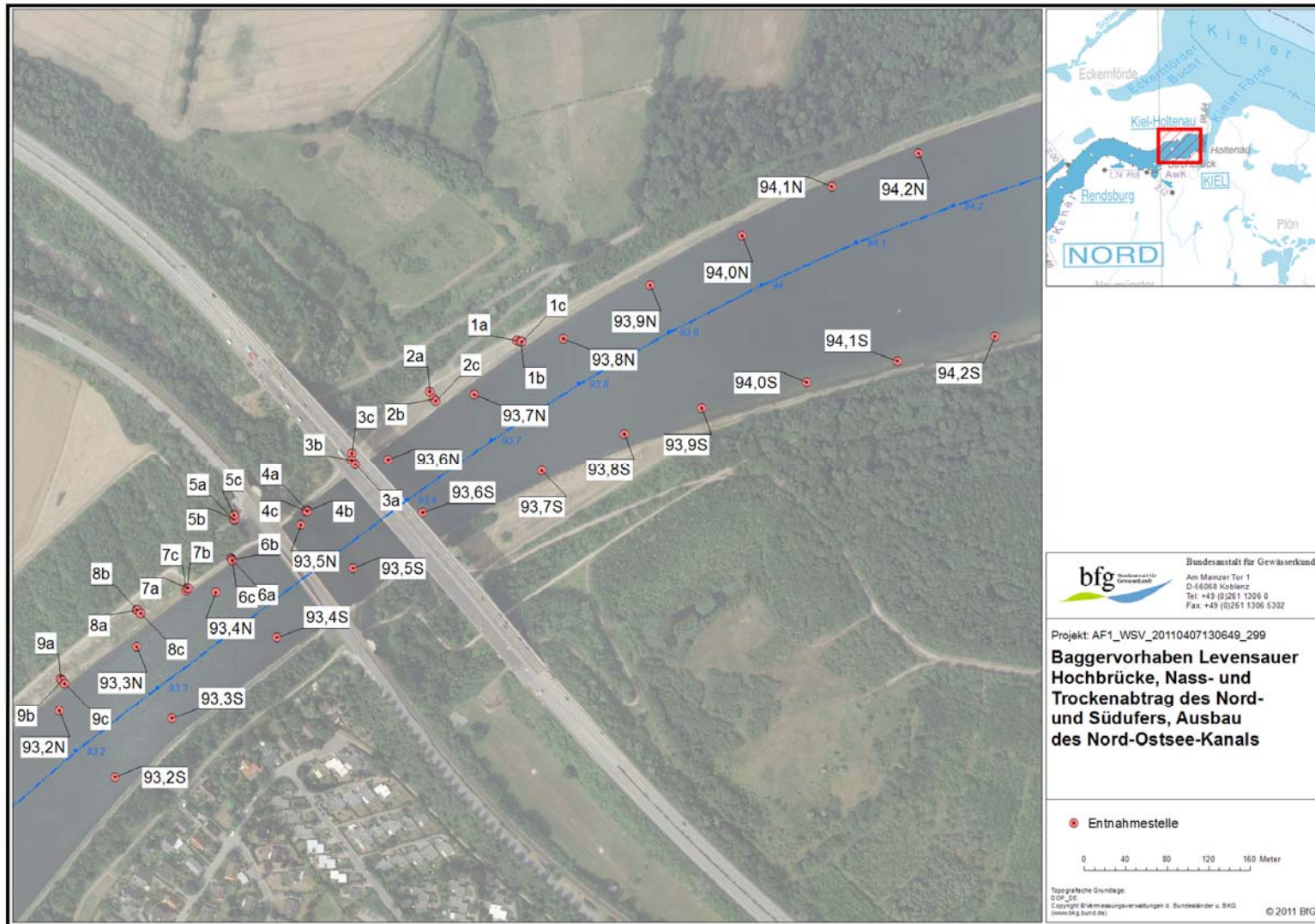
Gemäß des Auftrags der BfG nach Absprache mit dem WSA Kiel-Holtenau vom 10.06.2011 wurden vom Institut Dr. Nowak Sedimentproben genommen und diese auf ausgewählte chemisch-analytische Parameter gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern, der LAGA 2004/TR Boden und der Deponieverordnung (DepV) untersucht. Die Untersuchung wurde durchgeführt, da im untersuchten Kanal-Bereich Erweiterungsbaggerungen vorgesehen sind und das entnommene Sediment umgelagert, verwertet oder entsorgt werden soll.

Im Bereich des nördlichen Weges an der Levensauer Hochbrücke erfolgte eine Beprobung terrestrischer Proben auf PAK und Schwermetalle, um die Ergebnisse bereits vorhandener Untersuchungen zu erweitern.

Die Lage und Beschreibung der Entnahmestellen ist in Anlage 1.1., die Beschreibung der Proben in 1.2 und der Untersuchungsumfang in 1.3 dargestellt.

Eine Übersichtskarte findet sich in Abbildung 1.

Abbildung 1: Übersichtskarte der Probenahmestellen



2 Methodik und Einstufungsgrundlagen

Die Probenahme der Sedimente erfolgte am 16.06.2011 durch das Institut Dr. Nowak mit Hilfe eines Schiffes des WSA Kiel-Holtenau, die Beprobung des Weges am 15.06.2011.

2.1 Grundlagen zur Einstufung gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstenländern

Sedimente können im Rahmen von Baggermaßnahmen nur dann im Gewässer umgelagert werden, wenn sie bestimmten Qualitätsanforderungen genügen, die in den „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern“ (GÜBAK vom August 2009) als Nachfolger der HABAK-WSV 1999, der BLABAK 2007 und dem BLABAK-TBT-Konzept festgelegt sind. Neben Richtwerten für Schadstoffe und Nährstoffe (Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff) sind darin auch die ökotoxikologischen Kriterien enthalten.

2.1.1 Chemische und physikalische Parameter

Die Untersuchungen umfassen Parameter zur Charakterisierung des Baggergutes und solche Schadstoffe, die von besonderer Bedeutung für marine Arten und Lebensräume sind. Es werden Verbindungen untersucht, die aufgrund ihrer Verwendung oder Entstehung (z. B. als Abbauprodukte und Metabolite) häufig vorkommen, sich im Sediment oder in der Biomasse anreichern, nur langsam abgebaut werden und/oder toxisch wirken:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) als Hinweis auf Mineralölverunreinigungen
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die durch Verbrennung von Biomasse und fossilen Brennstoffen entstehen und z.B. in Teerprodukten, Erdöl und Kohle vorkommen
- mittel- bis schwerflüchtige chlororganische Verbindungen, darunter polychlorierte Biphenyle (PCB), Verbindungen der DDT-Gruppe, Hexachlorcyclohexane (HCH) und Chlorbenzole
- zinnorganische Verbindungen, u.a. Tributylzinn (TBT), das häufig als Antifoulingmittel u.a. in Schiffsanstrichen verwendet wird.

- Schwermetalle
- Nährstoffe (zu bestimmen im Feststoff und Eluat oder Porenwasser des Sedimentes).

Darüber hinaus werden die Proben durch die Bestimmung der

- Korngrößenverteilung
- Gesamtkohlenstoffgehalte (TOC)
- Sauerstoffzehrung

charakterisiert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden anschließend wie folgt eingestuft:

Die für die Bewertung zugrunde gelegten Übergangsbestimmungen beinhalten zur Bewertung von Schad- und Nährstoffen im Baggergut einen unteren Richtwert RW1 und einen oberen Richtwert RW2. Unterschreiten die im zu baggernden Sediment gemessenen Werte den RW1, erfolgt eine Zuordnung in Fall 1 und eine Umlagerung ist ohne Einschränkungen möglich. Liegen die Schadstoffgehalte mindestens eines Stoffes zwischen RW1 und RW 2 und damit in Fall 2, so ist eine Abwägung der Ablagerung im Gewässer gegenüber der an Land durchzuführen. Eine Ablagerung ist möglich, ggf. mit Einschränkungen, wenn eine Auswirkungsprognose keine erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigungen erwarten lässt. Überschreiten die Schadstoffgehalte mindestens eines Stoffes RW2, so erfolgt eine Einstufung des Baggergutes in Fall 3. Im Küstenbereich ist eine Umlagerung nach umfangreicher Abwägung der Auswirkungen einer Ablagerung im Gewässer gegenüber der Landlagerung u.U. möglich.

Die zugrunde gelegten Richtwerte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Dabei werden die Schwermetallkonzentrationen in der Fraktion <20 µm bestimmt und auf diese bezogen, die organischen Schadstoffe in der Fraktion < 2 mm bestimmt und auf die Fraktion <63 µm normiert, TBT auf die Gesamtprobe.

Tabelle 1: Richtwerte zur Einstufung nach den Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern

Parameter	Einheit	Nordsee		Ostsee	
		RW1	RW2	RW1	RW2
Arsen	mg/kg TS	40	120	20	60
Blei	mg/kg TS	90	270	100	300
Cadmium	mg/kg TS	1,5	4,5	2	6
Chrom	mg/kg TS	120	360	90	270
Kupfer	mg/kg TS	30	90	70	210
Nickel	mg/kg TS	70	210	70	210
Quecksilber	mg/kg TS	0,7	2,1	0,4	1,2
Zink	mg/kg TS	300	900	250	750
KW (C10 bis C40)	mg/kg TS	200	600	250	750
PAK Summe 16 nach EPA	mg/kg TS	1,8	5,5	3	9
PCB Summe 7	µg/kg TS	13	40	40	120
α-HCH	µg/kg TS	0,5	1,5	1	3
γ-HCH	µg/kg TS	0,5	1,5	6	18
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	1,8	5,5	2	6
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	1	3		
p,p'-DDD	µg/kg TS	2	6	7	21
p,p'-DDE	µg/kg TS	1	3	8	24
p,p'-DDT	µg/kg TS	1	3	7	21
TBT (OZK)	µg/kg TS	20	100/300	20	300
P im Feststoff	mg/kg TS	500	500	500	500
N im Feststoff	mg/kg TS	1500	1500	1500	1500
P im Eluat	mg/l	2	2	2	2
N im Eluat	mg/l	6	6	6	6

2.1.2 Ökotoxikologische Parameter

Die angewandten ökotoxikologischen Testverfahren repräsentieren verschiedene trophische Ebenen des aquatischen Ökosystems. In Abhängigkeit von der Salinität des Testgutes werden entsprechende Testsysteme zur Gefährdungsabschätzung eingesetzt.

Zur Abschätzung des ökotoxikologischen Belastungspotentials von brackigen und marinen Sedimentproben werden folgende Testsysteme eingesetzt:

- Leuchtbakterientest nach DIN EN ISO 11348-2 (Annex D): Akuter Toxizitätstest mit dem Bakterium *Vibrio fischeri*
- Mariner Algentest nach DIN EN ISO 10253: Zellvermehrungshemmtest mit der marinen Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum*
- Akuter Amphipodentest nach E ISO DIN 16712

Die Abschätzung des Toxizitätspotentials der biologisch verfügbaren Schadstoffkomponenten erfolgt im Eluat der Sedimentproben. Ökotoxikologische Untersuchungen und chemische Schadstoffanalysen werden am selben Probenmaterial durchgeführt. Zur Überprüfung und zur Einhaltung der in den Normen geforderten Testbedingungen werden im Testgut physikalische und chemische Parameter wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und Nährstoffkonzentration (Ammonium-N) bestimmt.

Zur Charakterisierung der von einer Umweltprobe auf einen Modellorganismus ausgehenden Toxizität dient gemäß der Übergangsbestimmungen der pT-Wert (potentia toxicologiae = toxikologischer Exponent).

Er ist der negative binäre Logarithmus des ersten nicht mehr toxischen Verdünnungsfaktors in einer Verdünnungsreihe mit dem Verdünnungsfaktor 2. Der pT-Wert gibt an, wievielfach eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt werden muss, damit sie nicht mehr toxisch wirkt (Krebs 1988, 2000).

Der pT-Wert ermöglicht eine zahlenmäßige und nach oben hin offene gewässertoxikologische Kennzeichnung. Mit Hilfe dieser Ökotoxizitätsskala ist es möglich, jede Probe leicht verständlich und quantifiziert zu charakterisieren. Ausschlaggebend für die Einstufung von Sedimenten und Baggergut in eine Toxizitätsklasse ist der pT-Wert des empfindlichsten Organismus innerhalb einer Testpalette verschiedener aber gleichrangiger Biotestverfahren. Die durch die höchsten pT-Werte (pTmax-Werte) definierten Toxizitätsklassen werden mit römischen Zahlen gekennzeichnet. Für den Spezialfall der Baggergutklassifizierung wird diese offene Skala auf 7 Stufen eingeeengt. Alle pTmax-Werte > 6 werden der höchsten Stufe, der Klasse VI, zugeordnet (Krebs 2001, 2005).

Die mit Hilfe der pT-Wert-Methode ermittelten Toxizitätsklassen werden in Bezug auf die Handhabung von Baggergut den Handhabungskategorien "nicht", "unbedenklich", "kritisch" und "gefährlich belastet" zugeordnet. Der angegebene Farbcode kennzeichnet die ermittelten Handhabungskategorien in Tabellen und graphischen Darstellungen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ökotoxikologische Sedimentklassifizierung gemäß der Übergangsbestimmungen

höchste Verdünnungsstufe ohne Effekt	Verdünnungsfaktor	pT-Wert	Toxizitätsklassen		Handhabungskategorien	
			7stufiges System	Bezeichnung	4stufige Bewertung	Bezeichnung
Originalprobe	2 ⁰	0	0	Toxizität nicht nachweisbar	0	nicht belastet
1:2	2 ⁻¹	1	I	sehr gering toxisch belastet	I	unbedenklich
1:4	2 ⁻²	2	II	gering toxisch belastet	II	belastet
1:8	2 ⁻³	3	III	mäßig toxisch belastet	III	kritisch
1:16	2 ⁻⁴	4	IV	erhöht toxisch belastet	IV	belastet
1:32	2 ⁻⁵	5	V	hoch toxisch belastet	V	gefährlich
≤ (1:64)	≤ 2 ⁻⁶	≥ 6	VI	sehr hoch toxisch belastet	VI	belastet

Bei der Entscheidung über die Baggergutunterbringung sind in Abhängigkeit von der Qualität des Materials drei Fälle zu unterscheiden:

- Fall 1: Konzentrationen chemischer Parameter kleiner/gleich RW1 und Toxizitätsklassen 0 bis II
- Fall 2: Konzentrationen chemischer Parameter größer RW1, aber kleiner/gleich RW2 und Toxizitätsklassen III und IV
- Fall 3: Konzentrationen chemischer Parameter größer RW2 und Toxizitätsklassen V und VI

2.1.3 Korngrößenkorrektur

Sowohl Schwermetalle (SM) als auch organische Schadstoffe sind sehr ungleichmäßig über die einzelnen Korngrößenfraktionen von Sedimenten, Schwebstoffen bzw. Böden verteilt und liegen überwiegend gebunden an die Feinkornfraktion < 20 µm (bzw. < 63 µm) vor. Diese setzt sich aus einem Gemisch aus Tonmineralen, stark zersetzter organischer Substanz, Eisen- und Manganoxidhydraten sowie Sulfiden zusammen.

Die jeweiligen Schadstoffgehalte in einer Umweltprobe, (hier Gesamtprobe = Fraktion < 2 mm), werden daher deutlich vom Anteil dieser Feinkornfraktion in der Gesamtprobe beeinflusst.

Der Anteil der Feinkornfraktion hängt u.a. von den Strömungsverhältnissen ab und kann je nach Probenahmestelle und -zeitpunkt stark variieren. Als Folge können in einem einheitlich mit Schadstoffen belasteten Gewässerabschnitt die in Gesamtproben ermittelten Schadstoffgehalte allein aufgrund unterschiedlicher Anteile unbelasteten sandigen Materials stark schwanken.

Für einen Vergleich bzw. eine Bewertung der Schwermetallgehalte nach den Übergangsbestimmungen werden Ergebnisse daher normiert auf die <20 µm-Fraktion angegeben. Die organischen Schadstoffe werden auf die Fraktion <63 µm bezogen. Die TBT-Gehalte werden in der Gesamtprobe beurteilt.

Die Schwermetalle werden direkt in der abgetrennten < 20 µm-Fraktion gemessen. Dagegen erfolgt die Bestimmung der organischen Schadstoffe, wegen des erheblichen Aufwandes zur Abtrennung ausreichender Mengen dieser Feinkornfraktion, aus den Gesamtproben.

Bei der Normierung wird angenommen, dass sich die organischen Schadstoffe vollständig in der Feinkornfraktion <20 µm bzw. <63 µm befinden. Für die Berechnung der Konzentrationen organischer Schadstoffe in der <63 µm-Fraktion wird dabei jeweils die aus der Gesamtprobe bestimmte Konzentration auf den Anteil der <63 µm-Fraktion bezogen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Normierung organischer Schadstoffe auf die <20 µm-Fraktion bzw. die <63 µm-Fraktion lediglich eine Näherung darstellt. Die Sorption der meist lipophilen organischen Schadstoffe an Sedimente wird im Wesentlichen durch die Menge und die Zusammensetzung des organischen Sedimentmaterials bestimmt.

Bei Proben in denen der Anteil der <63 µm-Fraktion kleiner als 15 % ist, werden die normierten Ergebnisse wegen der zu großen resultierenden Ergebnisunsicherheit nicht für die Bewertung der Schadstoffbelastung herangezogen.

2.1.4 Bewertung von Ergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze

Die Konzentrationen der Gehalte einzelner Schadstoffe liegen häufig unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Solche Messergebnisse wurden bei Berechnungen

(Korngrößenkorrekturen, Mittelwert- oder Summenbildungen) mit dem Absolutwert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Diese Ergebnisse stellen Maximalkonzentrationen dar; die tatsächlichen Konzentrationen können geringer sein. Sind mehr als 75 % der zur Mittelwert- oder Summenbildung verwendeten Werte kleiner Bestimmungsgrenze, ist der berechnete Wert mit „<“ gekennzeichnet. Solche Werte führen nicht zu einer Einstufung in den Fall 3 nach HABAK.

2.1.5 Messunsicherheit

Während die Ergebnisunsicherheit der Schwermetallmessungen im Bereich von ca. 10 bis 15 % liegt, ist sie für organische Schadstoffe wesentlich größer. Sie liegt bei Konzentrationen >5 µg/kg je nach Einzelstoff im Bereich von 25 bis 35 %, kann aber bei geringen Konzentrationen auch 50 % übersteigen. Die Messunsicherheit kann bei Überschreitungen in die Schadstoffbewertung mit eingebunden werden.

2.1.6 Beurteilung der Sauerstoffzehrung und Nährstoffkonzentration

Das ausreichende Vorhandensein von verfügbarem Sauerstoff ist für alle aerob lebenden Organismen existenziell notwendig. Sedimente, die aufgrund chemischer oder biochemischer Oxidationsprozesse einen starken Sauerstoffverbrauch zeigen, können bei Umlagerung zu einer Belastung des Sauerstoffhaushalts eines Gewässers führen.

Wenn die Sauerstoffgehalte im Wasser kritische Grenzen unterschreiten, können Gewässerorganismen geschädigt werden und absterben. Als Grundlage für die Beurteilung von Baggergutumlagerungen auf den Sauerstoffhaushalt wird der Sauerstoffverbrauch der resuspendierten Proben über einen Zeitraum von 3 Stunden gemessen (Methodenbeschreibung siehe MÜLLER et al. 1998). Die Untersuchung auf Sauerstoffzehrung stellt somit eine Abschätzung dar, ob eine Umlagerung im Küstengewässer zu einer kritischen Sauerstoffkonzentration führen kann. Für die Beurteilung der Sauerstoffzehrung nach 3 Stunden gelten folgende Grenzwerte:

Tabelle 3: Einstufung der Sauerstoffzehrung nach 3 Stunden (Müller et al. 1998)

Bewertung	O ₂ -Zehrung in g/kg Trockengewicht
gering-mittel	0 - 1,5
erhöht	1,5 - 3,0
stark	über 3,0

2.2 Grundlagen zur Einstufung gemäß LAGA 2004/TR Boden

Als Bodenmaterial im Sinne dieser technischen Regel wird auch Baggergut (AS 17 05 06) betrachtet, das aus Gewässern entnommen wird und das aus Sanden bzw. Kiesen mit einem maximalen Feinkornanteil ($< 63 \mu\text{m}$) von $< 10 \text{ Gew.-%}$ und einem maximalen TOC-Gehalt von $< 5 \text{ Massen-%}$ besteht.

In der Richtlinie werden Zuordnungswerte für eine umweltverträgliche Verwertung und Entsorgung von Baggergut festgelegt.

Bei Unterschreitung der bodenartenspezifischen Zuordnungswerte Z0 ist, die stoffliche Eignung vorausgesetzt, eine uneingeschränkte Verwertung möglich.

Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelteten Bodenschicht darf auch Bodenmaterial verwertet werden, das die Zuordnungswerte Z0* im Feststoff und Z0 im Eluat einhält.

Die eingeschränkte offene Verwertung ist bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z1 im Feststoff und Z1.1 im Eluat möglich. In hydrogeologisch günstigen Gebieten kann auch Bodenmaterial mit Eluatkonzentrationen bis Z1.2 eingebaut werden.

Die Zuordnungswerte Z2 bilden die Obergrenze für die Verwertung von Baggergut in technischen Bauwerken. Definierte technische Sicherungsmaßnahmen sind zu ergreifen, um den Transport von Schadstoffen in den Untergrund und das Grundwasser zu verhindern.

Bei Überschreitung von Z2 kann das Material nicht ohne Aufbereitung eingebaut werden und eine Deponierung kann geprüft werden.

Die Zuordnungswerte sind in Tabelle 4 und 5 dargestellt:

Tabelle 4: Zuordnungswerte gemäß LAGA 2004/TR Boden im Feststoff

Parameter	Einheit	Z0 (Sand)	Z0 (Lehm/Schluff)	Z0 (Ton)	Z0*	Z1	Z2
Arsen	mg/kg TS	10	15	20	15 / 20	45	150
Blei	mg/kg TS	40	70	100	140	210	700
Cadmium	mg/kg TS	0,4	1	1,5	1 / 1,5	3	10
Chrom	mg/kg TS	30	60	100	120	180	600
Kupfer	mg/kg TS	20	40	60	80	120	400
Nickel	mg/kg TS	15	50	70	100	150	500
Thallium	mg/kg TS	0,4	0,7	1	0,7 / 1,0	3,1	7
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	0,56	1	1	1,5	5
Zink	mg/kg TS	60	150	200	300	450	1500
TOC	% TS	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5
EOX	mg/kg TS	1	1	1	1	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	100	100	100	200	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS				400	600	2000
BTX	mg/kg TS	1	1	1	1	1	1
LHKW	mg/kg TS	1	1	1	1	1	1
PCB	mg/kg TS	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,5
PAK	mg/kg TS	3	3	3	3	3 (9)	30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	3
Cyanid	mg/kg TS					3	10

Tabelle 5: Zuordnungswerte gemäß LAGA 2004/TR Boden im Eluat

Parameter	Einheit	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2
pH-Wert		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000
Chlorid	mg/l	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	20	20	50	200
Cyanid	µg/l	5	5	10	20
Arsen	µg/l	14	14	20	60
Blei	µg/l	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6
Chrom	µg/l	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	20	20	60	100
Nickel	µg/l	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	0,5	0,5	1	2
Zink	µg/l	150	150	200	600
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100

2.3 Grundlagen zur Einstufung gemäß Deponieverordnung

Abfall zur Beseitigung wird zeitlich unbegrenzt auf Deponien abgelagert. Die Deponien werden in 5 Deponieklassen unterteilt (DK 0 bis DK IV). Mit steigender Klasse wachsen die Anforderungen an den Standort, den Aufbau und die Systemkomponenten der Deponien, wobei die DK IV nur Untertagedeponien beschreibt. Die zugehörigen Stoffeigenschaften sowie die maximalen Schadstoffgehalte sind in der DepV festgelegt.

Auf oberirdischen Deponien der Klasse 0 und I werden Inertabfälle abgelagert. Überwachungsbedürftige Abfälle kommen auf Deponien der DK II und gefährliche Abfälle auf Deponien der DK III.

Die stofflichen Eigenschaften und die Belastung des Baggergutes entscheiden über die erforderliche Deponieklasse.

Die Verwertung von Abfall ist auch als Deponieersatzbaustoff auf Deponien, die sich in der Stilllegungsphase befinden, möglich.

In der Deponieverordnung wird auch die Verwertung von Abfällen, die auf oberirdischen Deponien und Altdeponien als Deponieersatzbaustoff (geologische Barriere, Basisabdichtung, Deponiekörper, Oberflächenabdichtung) und zur Profilierung eingesetzt werden, geregelt.

Der Einsatz von Abfällen zur Profilierung ist nur zulässig, wenn:

- sich die Deponie insgesamt in der Stilllegungsphase befindet,
- die Profilierung deponiebautechnisch erforderlich ist und
- die Zuordnungswerte (ZW) nach Anhang 3 Tabelle 1 der DepV eingehalten werden.

Die Zuordnungskriterien der chemischen Parameter der Deponieverordnung für die Deponieklassen 0 bis III und den Einsatz als Deponieersatzbaustoff sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Zuordnungswerte gemäß DepV 2009

Parameter	Einheit	(4)	DK 0	DK I	DK II	DK III	Rekultivierungsschicht
Glühverlust	% TS	3	3 *	3 *	5 *	10 *	
TOC	% TS	1	1 *	1 *	3 *	6 *	
BTX	mg/kg TS	1	6				
PCB	mg/kg TS	0,02	1				0,1
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	100	500				
PAK	mg/kg TS	1	30				5
Lipophile Stoffe	% TS		0,1	0,4	0,8	4	0,6
Blei	mg/kg TS						140
Cadmium	mg/kg TS						1
Chrom	mg/kg TS						120
Kupfer	mg/kg TS						80
Nickel	mg/kg TS						100
Quecksilber	mg/kg TS						1
Zink	mg/kg TS						300
pH-Wert		6,5-9	5,5-13 *	5,5-13 *	5,5-13 *	4-13 *	6,5-9
DOC	mg/l		50	50 *	80 *	100 *	
Phenolindex	mg/l	0,05	0,1	0,2	50	100 *	
Arsen	mg/l	0,01	0,05	0,2	0,2	2,5 *	0,01
Blei	mg/l	0,02	0,05	0,2	1	5 *	0,04
Cadmium	mg/l	0,002	0,004	0,05	0,1	0,5 *	0,002
Kupfer	mg/l	0,05	0,2	1	5	10 *	0,05
Nickel	mg/l	0,04	0,04	0,2	1	4 *	0,05
Quecksilber	mg/l	0,0002	0,001	0,005	0,02	0,2 *	0,0002
Zink	mg/l	0,05	0,4	2	5	20 *	0,1
Chlorid	mg/l	10	80	1500 *	1500 *	2500	10
Sulfat	mg/l	50	100 *	2000 *	2000 *	5000	50
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	0,01	0,01	0,1	0,5	1	
Fluorid	mg/l		1	5	15 *	50	
Barium	mg/l		2	5	10	30 *	
Chrom	mg/l		0,05	0,3	1	7 *	0,03
Molybdän	mg/l		0,05	0,3	1	3 *	
Antimon	mg/l		0,006	0,03 *	0,07 *	0,5 *	
Selen	mg/l		0,01	0,03 *	0,05 *	0,7 *	
Wasserlöslicher Anteil	% TS	0,4	0,4	3	6	10	
Leitfähigkeit	µS/cm						500

* Überschreitungen sind unter Nebenbedingungen möglich

Überschreitungen des TOC-Gehaltes sind dabei möglich, wenn sie nicht auf Bestandteile zurückzuführen sind, die zu einer erhöhten Deponiegasbildung führen. Dies ist der Fall, wenn:

- der DOC-Zuordnungswert eingehalten wird
- bei einer Prüfung der Deponiegasbildung durch eine AT4- oder GB21-Analyse der Zuordnungswert von 5 mg/g O₂ (AT4) bzw. 20 l/kg (GB21) eingehalten wird
- und der Brennwert 6000 kJ/kg unterschritten wird

Überschreitungen des TOC sind bei Deponien der Klasse 0 bis max. 6 Massenprozent zulässig.

3 Untersuchungsprogramm/-ergebnisse

Eine Übersicht über die im Rahmen der Untersuchung verwendeten Methoden sowie die Ergebnisse der Referenz- und Kontrollproben zeigt Anlage 3.1, eine Übersicht über alle Analytikergebnisse Anlage 3.2 und die Körnungslinien Anlage 4.

3.1 Ergebnisse und deren Einstufung gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstenländern

3.1.1 Chemische und physikalische Parameter

Die Ergebnisse der Untersuchungen und die Einstufung gemäß der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen sind in Anlage 2.1 Tabelle 4 dargestellt.

Dabei entsprechen die Werte in Klammern den korngößenkorrigierten Gehalten organischer Schadstoffe (bezogen auf die Fraktion <0,063 mm).

Die Klassifizierung für den Fall 1 ist grün dargestellt (Die Konzentration c eines Schadstoffes liegt unter den Richtwerten RW1 oder erreicht sie: $c \leq RW1$)

Gelb entspricht Fall 2 (Die Konzentration c eines Schadstoffes überschreitet den Richtwert RW1, nicht aber den Richtwert RW2: $RW1 < c \leq RW2$).

Orange dargestellt ist Fall 3. (Die Konzentration c eines Schadstoffes ist höher als der Richtwert RW2: $c > RW2$).

Alle anderen Parameter sind ohne Klassifizierung dargestellt.

Für den Parameter Sauerstoffzehrung folgende Klassifizierung:

- blau bedeutet: die Sauerstoffzehrung ist als gering bis mittel einzustufen (SZ = 1,5 g O₂/kg)
- orange zeigt eine erhöhte Sauerstoffzehrung an (1,5 g O₂/kg SZ = 3 g O₂/kg)
- violett markiert die starke Sauerstoffzehrung (SZ > 3 g O₂/kg)

Der Bereich der km 93,2-93,5 zeigt nur einzelne Schadstoffe (TBT, bzw. KW und PAK), die in den Fall 2 fallen. Die übrigen Parameter halten die Richtwerte R1 ein.

Der Bereich der km 93,6 bis 93,7 ist unbelastet.

Im Bereich der km 93,8-94,2 treten DDX-Gehalte auf, die zu einer Einstufung in den Fall 3 führen, wobei die Probe 94,1S/94,2S aus stark sandigem Material besteht.

3.1.2 Ökotoxikologische Parameter

Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen sind in Anhang 2.2 Tabelle 5 dargestellt.

Die in der Tabelle angegebenen Hemmwirkungen entsprechen der niedrigsten Verdünnungsstufe. Fördereffekte sind mit negativen Vorzeichen gekennzeichnet.

Die ökotoxikologischen Untersuchungen zeigen keinerlei Belastung.

3.2 Einstufung gemäß LAGA 2004/TR Boden

Die Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen und die Einstufung gemäß LAGA 2004/TR Boden sind in Anlage 2.3 Tabelle 6 dargestellt.

Alle Sedimentproben zeigen natürlich bedingte erhöhte Chloridgehalte (und Leitfähigkeiten), die zu einer Einstufung >Z2 führen.

Als Schadstoffe treten nur in der Probe km 93,4-93,5 zwei einzelne Metallgehalte auf, die in die Klasse Z0* einzustufen sind, alle anderen Parameter halten die Einstufung Z0 ein. Der TOC-Gehalt (km 93,8-94,2) soll allein nicht zu einer erhöhten Einstufung führen.

3.3 Einstufung gemäß Deponieverordnung

Die Ergebnisse der Untersuchungen und die Einstufung gemäß Deponieverordnung sind in Anlage 2.4 Tabelle 7 dargestellt.

Alle Sedimentproben sind in die DK I einzuordnen.

3.4 Einstufung der terrestrischen Proben

Die Einstufung der terrestrischen Proben sind in Anlage 2.3 Tabelle 6 und Anlage 2.4 Tabelle 7 dargestellt.

Der Bereich der Proben 2, 4 und 5 im oberen Bereich (0-30 cm) und 4 im unteren Bereich (30-100 cm) zeigt PAK-Gehalte zwischen 3 und 7 mg/kg TS.

Als auffällige Metallgehalte (>Z0*) treten an den Stellen 5 und 9 im oberen Bereich einzelne Arsen- bzw. Blei-Gehalte auf.

Alle untersuchten Parameter auf den Wegen halten zumindestens die Einstufung Z2 ein.

4 Zusammenfassung

Der Bereich der km 93,2-93,7 zeigt nur einzelne Schadstoffe (TBT, bzw. KW und PAK), die in den Fall 2 fallen. Die übrigen Parameter halten die Richtwerte R1 ein.

Im Bereich der km 93,8-94,2 treten DDX-Gehalte auf, die zu einer Einstufung in den Fall 3 führen, wobei die Probe 94,1S/94,2S aus stark sandigem Material besteht.

Alle Sedimentproben zeigen natürlich bedingte erhöhte Chloridgehalte (und Leitfähigkeiten), die zu einer LAGA-Einstufung >Z2 führen. Als Schadstoffe treten nur in der Probe km 93,4-93,5 zwei einzelne Metallgehalte auf, die in die Klasse Z0* einzustufen sind, alle anderen Parameter halten die Einstufung Z0 ein.

Im Bereich des Weges treten vereinzelt PAK-Gehalte sowie Arsen- bzw.-Bleigehalte auf, die aber alle zumindestens die Z2-Einstufung einhalten.

5 Literatur

- Ackermann, F. (1980): A procedure for correcting grain size effect in heavy metal analyses of estuarine and coastal sediments. - *Envir. Techn. Lett.* 1, S. 518-527
- Ackermann, F., H. Bergmann & U. Schleichert (1983): Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments – A question of grain size: <20 µm versus <60 µm. -*Envir. Techn. Lett.* 4, S. 317-328
- BLABAK (2001): Konzept zur Handhabung von TBT-belastetem Baggergut im Küstenbereich. BLABAK-TBT-Konzept. November 2001
- BLABAK (2007): Gemeinsame Empfehlungen zur Umsetzung der internationalen Baggergut-Richtlinien in Bund und Ländern, erarbeitet im Auftrag des Bund-Länder-Ausschusses „Nord- und Ostsee“ (BLANO), Entwurf, unveröffentlicht 8.2.2007
- BfG (1999): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (HABAK-WSV). 2. überarbeitete Fassung, - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1100.
- BfG (2009): BfG-Merkblatt "Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung" - Ökotoxikologische Untersuchung von Sedimenten, Eluaten und Porenwässern.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, August 2009.
- DepV – Deponieverordnung: Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom 27.04.2009 BGBl. I S. 900
- Gemeinsame Übergangsbestimmungen zwischen der Bundesrepublik Deutschland vertreten durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, der Freien Hansestadt Bremen vertreten durch den Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa, der Freien und Hansestadt Hamburg vertreten durch die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, des Landes Mecklenburg-Vorpommern vertreten durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, des Landes Niedersachsen vertreten durch das Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, des Landes Schleswig-Holstein vertreten durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern; August 2009
- Krebs, F. (1988): Der pT-Wert: ein gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab.- *GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium* 32: 293-296 zugleich *GIT Edition Umweltanalytik-Umweltschutz* 1: 57-63

- Krebs, F. (2000): Ökotoxikologische Bewertung von Baggergut aus Bundeswasserstraßen mit Hilfe der pT-Wert-Methode.- Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 44: 301-307.
- Krebs, F. (2001): Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung, Baggergutklassifizierung und Handhabungskategorien für Baggergutumlagerungen.- In: W. Calmano (Hrsg.): Untersuchung und Bewertung von Sedimenten - ökotoxikologische und chemische Testmethoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 333-352
- Krebs, F. (2005): The pT-method as a Hazard Assessment Scheme for sediments and dredged material.- In: C. Blaise and J.-F. Féraud (eds.): Small-scale Freshwater Toxicity Investigations, Volume 2: Hazard Assessment Schemes, Chapter 9: 281-304. Springer, Dordrecht, The Netherlands
- LAGA 2004/TR Boden: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln, Mitteilung 20 vom 05.11.2004
- LAGA 1997: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln, Mitteilung 20
- LAGA KW/04: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich; Bestimmung des Gehaltes an Kohlenwasserstoffen in Abfällen - Untersuchungs- und Analysenstrategie (Kurzbezeichnung: KW/04); 16. November 2004
- Müller, D. et al. (1998): Auswirkungen von Baggergutumlagerungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt von Fließgewässern. – Wasser und Boden 50 H. 10 S. 26-32
- Wahrendorf, D.-S. et al. (2005): Wirkung von Ammonium-Stickstoff auf den Wachstumshemmtest mit der Grünalge *Desmodesmus subspicatus* nach DIN 38412-L33.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-1468.

5-2-2-1

Bearbeitet im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Kiel-Holtenau:

Bericht zum Einzelauftrag AF1_WSV_20110407130649_299 der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) für das WSA Kiel-Holtenau zur Entnahme und Untersuchung von Proben an der Levensauer Hochbrücke erstellt durch das Institut Dr. Nowak

Ottersberg, den 02.08.2011



Dr. Jörg Ebert

Institut Dr. Nowak
Mayenbrook 1
28870 Ottersberg