

# ECOS

U M W E L T  
N O R D

GESELLSCHAFT FÜR  
TECHNISCHEN UND  
WISSENSCHAFTLICHEN  
UMWELTSCHUTZ MBH

**B-Plan Nr. 273**  
**„Wohnprojekt Flensburg Freiland“**  
**Kurzbericht über Nachuntersuchungen im**  
**Rahmen der weiterführenden orientierenden**  
**Untersuchung**

Auftraggeber

IHR SANIERUNGSTRÄGER FGS mbH

Datum

**26. November 2014**

ECOS UMWELT NORD GmbH



## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINES UND VERANLASSUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>QUELLEN</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>3</b>
3.1	Rammkernsondierungen	3
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>4</b>
4.1	Geologie und Hydrogeologie	4
4.2	Analysenergebnisse Boden	5
4.3	Analysenergebnisse Bodenluft	6
<b>5</b>	<b>GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG</b>	<b>7</b>
5.1	Wirkungspfad Bodenluft-Mensch	7
5.1.1	Bewertungsgrundlagen	7
5.1.2	Bewertung	8
5.2	Wirkungspfad Boden-Grundwasser	9
<b>6</b>	<b>MAßNAHMENEMPFEHLUNG</b>	<b>10</b>



## **ANLAGENVERZEICHNIS**

- Anl. 1: Lageplan
- Anl. 2: Schichtenverzeichnisse
- Anl. 3: Säulenprofile
- Anl. 4: Entnahmeprotokolle Bodenluft
- Anl. 5: Analysenergebnisse
- Anl. 6: Vermessungsprotokoll



# 1 Allgemeines und Veranlassung

Die Stadt Flensburg erstellt zurzeit den Bebauungsplan N 273 „Wohnprojekt Freiland“. Auf diesem Standort wurden im Rahmen einer orientierenden Erkundung [1] durch die ECOS Umwelt Nord GmbH 2011 erhöhte Gehalte an MKW und PAK im Boden und erhöhte Konzentrationen an PAK im Grundwasser angetroffen.

Am 04.03.2014 wurde die ECOS Umwelt Nord GmbH von der IHR Sanierungsträger FGS mbH mit der Durchführung weiterführender Boden- und Grundwasseruntersuchungen beauftragt. Im Abstrom der Altablagerungen sollten 2 neue Grundwassermessstellen errichtet werden. Im Bereich eines geplanten Regenrückhaltebeckens sollten Rammkernsondierungen zur Prüfung der Versickerungsmöglichkeiten durchgeführt werden. Im Zuge dieser Arbeiten wurden auch im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes erhöhte Schadstoffbelastungen im Boden und im Grundwasser angetroffen [2].

Daraufhin wurde der Auftrag am 09.07.2014 um zusätzliche Boden- und Grundwasseruntersuchungen und die Durchführung einer verbal-argumentativen Sickerwasserprognose erweitert [3].

Im nördlichen Bereich wurden die erheblichen Bodenverunreinigungen mit PAK innerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches bzw. im Grundwasser bestätigt. Da sich dieser Schaden im Bereich der geplanten Bebauung befindet, erfolgte am 10.10.2014 die Beauftragung von Bodenluftuntersuchungen. Im Zuge dieser Nachuntersuchungen sollte der Untergrundaufbau eines weiteren geplanten Gebäudekomplexes im Nordosten des Standortes mit Hilfe von Rammkernsondierungen erkundet werden.

# 2 Quellen

- [1] ECOS Umwelt Nord GmbH (2011): Flensburg Freiland, orientierende Untersuchung
- [2] ECOS Umwelt Nord GmbH (2014): B-Plan Nr. 273 „Wohnprojekt Flensburg Freiland“ Boden- und Grundwasseruntersuchungen
- [3] ECOS Umwelt Nord GmbH (2014): B-Plan Nr. 273 „Wohnprojekt Flensburg Freiland“ Weiterführende orientierende Untersuchung
- [4] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999



- [5] Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (2006): Ergänzende Bewertungshilfen für Schadstoffe in Altlasten bei der Gefährdungsabschätzung
  
- [6] Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (10.10.2007): Hinweise zur Anwendung der Arbeitshilfe „Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen“
  
- [7] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Altlastenausschuß (ALA) (2003): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen
  
- [8] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Altlastenausschuss (ALA) Unterausschuss Sickerwasserprognose (2006): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen
  
- [9] Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO, 2008): Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten, Informationsblatt für den Vollzug
  
- [10] Freie und Hansestadt Hamburg (2014): Methan aus Weichschichten – Sicheres Bauen bei Bodenluftbelastung



### 3 Durchgeführte Untersuchungen

#### 3.1 Rammkernsondierungen

Zur Erkundung des Untergrundes des bislang nicht erkundeten nordöstlichen Bereichs des Standortes wurden drei Rammkernsondierungen (RKS 15 bis RKS 17) bis zu einer maximalen Tiefe von 6,00 m niedergebracht. In den Bohrungen wurden keine Hinweise auf organische Bestandteile in den Auffüllungen in relevanten Mengen angetroffen. Daher erfolgte dort keine Erfassung der Bodenluftzusammensetzung.

Zur Entnahme von Bodenluftproben im nördlichen Schadensbereich wurden die Rammkernsondierungen RKS 18 und RKS 19 bis in eine Tiefe von 3,00 m abgeteuft und zu temporären Bodenluftmessstellen ausgebaut. Zur Beprobung wurde ein Packer der Fa. Comdrill zur Abdichtung des Bohrlochs eingebaut und die Bodenluft abgesaugt. Nach Messung konstanter Konzentrationen an Methan, Sauerstoff und Kohlendioxid mit dem Deponiegasmessgerät (iBRID MX 6) erfolgte die Beprobung der Bodenluft mittels einer durchflussgeregelten Probenahmepumpe (Ametek Alpha-1) auf ein Adsorptionsröhrchen der Fa. Dräger. Die Entnahmeprotokolle sind in Anl. 4 dokumentiert.

An 2 Bodenluftproben wurden durch die UCL GmbH die LCKW- und BTEX-Gehalte ermittelt.

Die Entnahme von Bodenproben erfolgte schichtweise bzw. bei Auffälligkeiten. Insgesamt wurden 29 Bodenproben in Glasbehälter mit Schraubdeckel überführt.

An den in Tab. 2 aufgeführten Bodenproben wurden durch die UCL GmbH Feststoffanalysen durchgeführt.

Die Lage der Bohrungen ist der Anlage 1 zu entnehmen. Die Schichtenverzeichnisse und Säulenprofile sind in Anlage 2 und 3 dargestellt.

Tab. 1: Zur chemischen Analyse ausgewählte Bodenproben mit Parameterangaben

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Fremdbestandteile, Auffälligkeiten	Analysenparameter
RKS 18/3	1,90-3,00	Geruch, schwarze Farbe	MKW, PAK
RKS 19/4	0,90-2,10	Schlacke, Kohle	MKW, PAK

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Geologie und Hydrogeologie

In den Bohrungen RKS 15 bis RKS 17 variiert die Mächtigkeit der Auffüllung zwischen 2,50 und 4,10 m. Der umgelagerte Bodenaushub enthält lediglich geringe Anteile an Fremdbestandteilen (Bauschutt, Ziegel). Es wurden keine organoleptischen Hinweise auf anorganische oder organische Verunreinigungen oder relevante Anteile an organischen Bestandteilen angetroffen.

Die Auffüllung wird in diesem Bereich von Geschiebelehm (RKS 15), Sanden (RKS 16) und Schluffen (RKS 17) unterlagert.

In den liegenden Anteilen der Auffüllung wurde Grundwasser zwischen 1,75 und 2,40 m unter GOK angetroffen.

In den drei Meter tiefen Bohrungen RKS 18 und RKS 19 wurde die Auffüllung nicht durchteuft. In der gesättigten Zone wurden organoleptische Auffälligkeiten in Form von Geruch (RKS 18) und einer schlacke- und kohlehaltigen Schicht (RKS 19) vorgefunden.

## 4.2 Analysenergebnisse Boden

Die MKW-Gehalte der beiden Bodenproben RKS 18/3 und RKS 19/4 betragen 80 und 83 mg/kg. PAK wurden in diesen Proben in Gehalten von 12 und 23,5 mg/kg gemessen. Gegenüber den in den benachbarten Bohrungen ermittelten Schadstoffgehalten (Tab. 2) sind diese Werte als geringfügig erhöht einzustufen.

Tab. 2: PAK- und MKW-Gehalte im Boden in mg/kg

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Σ PAK	Naphthalin	MKW mobil	MKW
RKS 10/2	0,60 - 0,75	1880	29,6	210	340
RKS 10/4	0,90 - 2,10	33,6	0,111	n.n.	150
RKS 10/5	3,00 - 4,00	4,18	n.n.		
RKS 11/2	0,20 - 0,50	1460	141	110	120
RKS 11/4	1,00 - 2,00	410	1,56	340	580
RKS 11/5	2,60 - 3,00	14,5	0,116		
RKS 12/2	0,80 - 1,50	12,6	0,293	n.n.	140
RKS 13/4	3,30 - 5,00	1,04	n.n.		
RKS 14/5	2,90 - 3,10	5760	453	3600	5200
RKS 14/7	4,50 - 4,70	0,82	n.n.	n.n.	n.n.
RKS 18/3	1,90 - 3,00	12	n.n.	n.n.	80
RKS 19/4	2,00 - 3,00	23,5	0,108	n.n.	83
GWM 6/3	0,80 - 1,20	427	0,433	110	260
GWM 6/5	2,10 - 2,90	1290	10,3	1100	2000
GWM 6/6	2,90 - 3,50	42,1	0,228		
GWM 7/6	2,60 - 3,60	37,5	0,13	51	300
GWM 7/9	4,90 - 5,80	5,76	n.n.	n.n.	n.n.
Vorsorgewert BBodSchV Humusgehalt < 8%		3			
Vorsorgewert BBodSchV Humusgehalt > 8%		10			
Beurteilungswert Schleswig-Holstein			5	1000	5000
<b>Fettdruck</b>		Überschreitung Beurteilungswert bzw. 5-fache Überschreitung Vorsorgewerte			



### 4.3 Analysenergebnisse Bodenluft

Bei den Vor-Ort-Messungen der Bodenluftzusammensetzung wurden in den Bohransatzpunkten Kohlendioxid- und Methangehalte von bis zu 4,78 bzw. 1,78 Vol. % gemessen (Anl. 4). Die gegenüber der normalen Bodenluftzusammensetzung erhöhten Gehalte korrelieren mit deutlich erniedrigten Sauerstoffgehalten und zeigen mikrobiologische Abbauprozesse von organischen Substanzen innerhalb der Auffüllung an.

In den Bodenluftproben RKS 18 und RKS 19 betragen die LCKW-Konzentrationen 37,0 und 29,1 mg/m<sup>3</sup>. Es wurde ausschließlich Tetrachlorethen angetroffen (Tab. 3).

BTEX wurde in der Bodenluft in Form von Toluol (0,14 und 0,10 mg/m<sup>3</sup>) gemessen. Die Konzentrationen an Benzol, Ethylbenzol, o-Xylol sowie m- und p-Xylol liegen unterhalb der Nachweisgrenzen.

Tab. 3: Analysenergebnisse der Bodenluftuntersuchungen

Ansatzpunkt	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe (m unter GOK)	LCKW [mg/m <sup>3</sup> ]		BTEX [mg/m <sup>3</sup> ]	
			Summe LCKW	Tetrachlorethen	Summe BTEX	Benzol
RKS 18	RKS 18	1,00 - 3,00	37	37	0,14	n.n.
RKS 19	RKS 19	1,00 - 3,00	29,1	29,1	0,1	n.n.
Orientierungswert (LABO)				70		10
Beurteilungswert Schleswig-Holstein			5		5	1
	Überschreitung Orientierungswert (LABO)					
<b>Fettdruck</b>	Überschreitung Beurteilungswert Schleswig-Holstein					

## 5 Gefährdungsabschätzung

### 5.1 Wirkungspfad Bodenluft-Mensch

#### 5.1.1 Bewertungsgrundlagen

Für Schadstoffe in der Bodenluft existieren keine Prüf- oder Maßnahmenwerte in der der Ausführungsverordnung zum Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchV [4]). Als Bewertungsgrundlage für in der Bodenluft vorhandene Verunreinigungen in Hinblick auf den Gefährdungspfad Bodenluft-Mensch werden Orientierungswerte herangezogen, die vom ständigen Ausschuss Altlasten der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) 2008 erarbeitet wurden [9]. Für den Gefährdungspfad Bodenluft-Mensch werden für das Szenario „Wohngebiete“ Prüfwerte für einzelne leichtflüchtige organische Schadstoffe angegeben. Diese sind unter Beachtung toxikologischer Aspekte und durch Expositionsszenarien sowie der Annahme eines Transferfaktors zwischen Boden- und Innenraum- bzw. Kellerluft von 1:1.000 abgeleitet worden. Je nach Toxizität des Einzelstoffes variieren die Werte zwischen wenigen mg/m<sup>3</sup> und einer Kappungsgrenze von 1.000 mg/m<sup>3</sup> oberhalb derer von massiven Verunreinigungen innerhalb des Bodens auszugehen ist.

Tab. 4: Orientierungswerte für Bodenluftkonzentrationen

Schutzgut		Menschliche Gesundheit (Raumluft)
Parameter	Einheit	LABO - Prüfwert
Tetrachlorethen		70
Trichlorethen		20
cis-1,2-Dichlorethen		900
Vinylchlorid		4
Dichlormethan		80
Benzol		10
Toluol		1.000
Ethylbenzol		200
Xylole		1.000

Werden die Orientierungswerte der LABO überschritten, wird im Falle einer repräsentativen Beprobung der Bodenluft nach dem Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vom 07.01.2009 der Gefahrverdacht bestätigt.

Methan ist als Gas hochmobil und leichter als Luft. Die Entgasung aus der Auffüllung erfolgt daher in der Regel vertikal nach oben in die Atmosphäre. Explosionsfähig ist ein Luftgemisch mit Methangehalten zwischen 4,4 bis 15,0 Vol%.

In Hinblick auf die Bebauung von Grundstücken in Hamburg, in denen aufgrund des natürlichen Untergrundaufbaus (Weichschichten) mit dem Vorhandensein von Methangasen geogenen Ursprungs zu rechnen ist, werden in [10] die folgenden Hinweise gegeben:

Bei fehlenden Methangehalten und Kohlendioxidgehalten von weniger als 5 % sind bei der Bebauung keine Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Bei Nachweis von Methan und erhöhten Kohlendioxidgehalten ist der Einbau von passiven Gasdrainagen erforderlich.

Gassicherungsmaßnahmen gelten für Neubauten mit einer Grundfläche von mehr als 50 m<sup>2</sup>.

### 5.1.2 Bewertung

Die untersuchte Fläche ist zurzeit nicht überbaut. Aktuell ist somit der Gefährdungspfad Bodenluft-Mensch nicht relevant.

Die in der Auffüllung bei fehlender Versiegelung angetroffenen Methan-Luftgemische lagen bei der durchgeführten einmaligen Messung deutlich unterhalb der unteren Explosionsgrenze. Im Falle der Überbauung dieses Bereiches können allerdings eine Anreicherung der aufsteigenden Gase und somit das Entstehen von explosionsfähigen Luftgemischen nicht ausgeschlossen werden.

Der mögliche Eintrag von leichtflüchtigen Schadstoffen aus dem Boden in die Raumluft ist neben den standortspezifischen Faktoren insbesondere von der zukünftigen Bausubstanz abhängig. Den Orientierungswerten der LABO liegt ein (konservativer) Transferfaktor von 1:1.000 zu Grunde. Bei einem neu errichteten Gebäude kann allerdings von einem deutlich höheren Faktor (>1:10.000) ausgegangen werden.

BTEX wurden in Form von Toluol angetroffen. Der Maximalwert von 0,14 mg/m<sup>3</sup> liegt deutlich unterhalb des Orientierungswertes von 1.000 mg/m<sup>3</sup>.

Die Tetrachlorethenkonzentration von maximal 37 mg/m<sup>3</sup> beträgt ca. die Hälfte des Orientierungswertes von 70 mg/m<sup>3</sup>. Dieser Orientierungswert wird unter Berücksichtigung des Einzelfalls (höhere Transferfaktor, siehe oben) als sehr konservativer Wert eingestuft. Somit ist auch im Falle einer Überbauung der Fläche nicht von einer Gefährdung des Schutzgutes Mensch durch leichtflüchtige Schadstoffe auszugehen.

## 5.2 Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Aufgrund der hohen PAK-Gehalte im Feststoff und der zwischen An- Abstrom ansteigenden PAK-Konzentrationen im Grundwasser im Norden des Standortes wurde in [3] eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung für diese Schadstoffgruppe als wahrscheinlich angenommen.

Die im Bereich der Ansatzpunkte RKS 18 und RKS 19 im Sickerwasser vorliegenden Schadstoffkonzentrationen an Tetrachlorethen werden anhand der ermittelten Bodenluftkonzentrationen unter Verwendung der Formel:

$$C_{Si} = \frac{C_{BL}}{H}$$

mit:

$C_{Si}$ : Konzentration im Sickerwasser ( $\mu\text{g/l}$ )

$C_{BL}$ : Konzentration in der Bodenluft ( $\text{mg/m}^3$ )

$H$ : Henrykonstante (-)

berechnet.

Tab. 5: Abschätzung von Tetrachlorethen-Sickerwasserkonzentrationen in den Ansatzpunkten RKS 18 und RKS 19

	RKS 18	RKS 19
CBL	37	29,1
H	0,31	0,31
Csi	121	95

Die abgeschätzten Sicker- bzw. Haftwasserwasserkonzentrationen (Tab. 5) betragen 121 und 95  $\text{g/l}$  Tetrachlorethen. Die Werte liegen deutlich über dem Prüfwert der BBodSchV von  $10 \mu\text{g/l}$  (Summe LHKW). Aufgrund des geringen Grundwasserflurabstandes wird somit für diesen Teilbereich auch am Ort der Beurteilung von einer Überschreitung des Prüfwertes ausgegangen.

## 6 Maßnahmenempfehlung

Die in [3] hinsichtlich der weiteren Erkundung aufgeführten kurzfristigen Maßnahmenempfehlungen wurden mit den Nachuntersuchungen umgesetzt. Im unauffälligen nordöstlichen Bereich des Standortes (RKS 15 – RKS 17) sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich.

Somit kann als nächster Schritt die Durchführung einer Detailuntersuchung für den Gefährdungspfad Boden-Grundwasser im Nordwesten des Standortes bzw. auf dem nördlichen Nachbargrundstück ausgeführt werden.

Bei der Erfassung der zukünftigen Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in den Grundwassermessstellen sollten neben den PAK- auch die LCKW-Konzentrationen erfasst werden.

Zur Überprüfung der Erforderlichkeit von technisch-konstruktiven Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei dem geplanten Bauobjekt im Nordwesten des Standortes (Methangasproblematik) wird die Durchführung einer Kontrollmessung der Bodenluftzusammensetzung empfohlen.

Kiel, den 26.11.2014

ECOS Umwelt Nord GmbH

Dr. S. Kreutzer