

Auftrags-Nr. 16094

Bearbeitungszeitpunkt 18.08.2016

Fachgutachten

Kontaminationsbeurteilung des Untergrundes und Risikoabschätzung

1. Bericht

Projekt

Bebauung eines Grundstückes an der Preußenstraße 49a in Lünen

Auftraggeber

Bauverein zu Lünen

Lange Straße 99

44532 Lünen

Dieses Fachgutachten besteht aus 21 Seiten und 5 Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

1. Vorgang	3
2. Untersuchungskonzeption	5
3. Durchgeführte Untersuchungen	5
4. Untergrundbeschreibung	6
5. Chemische Analytik und Untersuchungsergebnisse	7
6. Kontaminationsbeurteilung und Risikoabschätzung	18
7. Schlussbemerkungen	20

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan im Maßstab 1:25000 mit Eintragung des Untersuchungsgeländes
- 1.2 Lageplan mit Eintragung der einzelnen Aufschlusspunkte
- 2 Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
- 3 Schichtenprofile in Anlehnung an DIN 4023
- 4 Chemische Untersuchungsergebnisse
- 5 Altlastenkatasterauskunft des Kreises Unna

1. Vorgang

Der Bauverein zu Lünen plant den Erwerb eines Grundstückes an der Preußenstraße 49 a in Lünen-Horstmar. Das Grundstück gehörte in der Vergangenheit zu dem Altstandort der Zeche und Kokerei Preußen II.

Im Rahmen von Umstrukturierungen soll der Standort zukünftig einer Wohnbebauung / Wohnnutzung zugeführt werden.

Daraufhin ist die Ingenieurberatung Diplom-Geologen Firchow & Melchers GbR durch den Bauverein zu Lünen beauftragt worden, auf dem o. g. Grundstück eine Kontaminationsbeurteilung des Untergrundes durchzuführen sowie eine planungs- und nutzungsbezogene Risikoabschätzung zu erarbeiten.

Im Rahmen dieser Kontaminationsbeurteilung sind mögliche feststellbare Verunreinigungen des Untergrundes auf die Art und Intensität ihrer eventuell schädlichen Wirkung hin zu analysieren.

Gegebenenfalls vorliegende Einflussnahmen auf das im Untergrund zirkulierende Grundwasser sind zu beurteilen und zu bewerten.

Anhand der gewonnenen Untersuchungsergebnisse werden unter dem Aspekt der aktuellen Nutzung dieses Grundstückes die Emissionspfade des Bodens und Grundwassers dargestellt und das Gefährdungspotenzial aufgezeigt und bewertet.

Die gegebenenfalls für die weitere Nutzung des Grundstückes notwendigen Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen werden dargestellt und beschrieben.

Ergänzende Hinweise für die Beurteilung der Entsorgungsfähigkeit von Aushubmassen werden erarbeitet. Soweit wie möglich sind die notwendigen Kosten für die Beseitigung der Altlasten unter zurzeit gültigen Preisansätzen zu ermitteln, wobei dies in einer gesonderten Stellungnahme erfolgt.

1.1. Grundstücksspezifische Angaben / Historie

Das Grundstück liegt an der Preußenstraße und weist eine Gesamtgröße von ca. 4.300 m² auf. Davon entfallen ca. 850 m² auf ein Bestandsgebäude (ehemals als Verwaltung und Wohnheim genutzt). Derzeitig ist in dem Objekt noch eine bewohnte Einheit vorhanden.

Der vormals, weitere vorhandene Hochbau ist bis auf einen als Garage genutzten Schuppen wurde vollständig rückgebaut.

Im Kataster der Stadt Lünen ist das Areal wie folgt eingetragen:

- Gemarkung: Horstmar
- Flur: 11
- Flurstücke: 1290, 1293

Begrenzt wird das Areal wie folgt:

- Osten: ehemaliges Betriebsgelände Coers, Preußenstraße 49
- Süden: Preußenstraße
- Westen: Freifläche bzw. Liegenschaft einer ARAL-Tankstelle
- Norden: Bergehalde Preußen

Gemäß Altlastenkatasterauskunft (siehe Anlage 5) des Kreises Unna liegen die o. g. Flurstücke innerhalb einer im Altlastenkataster des Kreises Unna unter der Nummer 20/25 erfassten Altlastenfläche. Hierbei handelt es sich um den Altstandort der Zeche und Kokerei Preußen II, die hier im Zeitraum von 1896 bis Ende der 1920er Jahre betrieben wurde. Die Altlastenfläche selbst umfasst einen wesentlich größeren Bereich als die angefragten Flurstücke. Nach derzeitigem Kenntnisstand des Kreises Unna wurde ein großer Teil der Zechen- und Kokereianlagen Anfang der 1930er Jahre rückgebaut / abgebrochen.

Zusätzlich zu der o. g. Altlastenfläche ist in der Nordhälfte des Grundstückes ein weiterer Altlastenverdachtsbereich mit der Erfassungsnummer 20/856 registriert. In den Unterlagen des Kreises Unna ist dieser Bereich als frühere (Zechen-) Bahntrasse registriert.

Weitere, explizite Angaben zur Altlastensituation sind der Altlastenkatasterauskunft (Anlage 5) zu entnehmen.

1.2 Bearbeitungsunterlagen

Für die Bearbeitung sind folgende Unterlagen in digitaler Form verwendet worden:

- digitaler Lageplan des Grundstücks (Geodaten Service Kreis Unna)
- Altlastenkatasterauskunft des Kreises Unna
- Lagepläne und Schreiben zu den Schachtschutzbereichen der Schächte Preußen 1 und 2 der RAG Montan Immobilien GmbH

1.3 Sonstige verwendete Unterlagen

Für die Untergrundbewertung sind die in der Ingenieurberatung vorhandenen geologischen Karten als zusätzliche Unterlagen benutzt worden.

Außerdem konnten die aus der langzeitlichen Tätigkeit im hiesigen Raum erzielten Kenntnisse und Erfahrungen der Unterzeichner in die Begutachtung eingebracht werden.

2. Untersuchungskonzeption

Vor Beginn der Aufschlussarbeiten wurde zunächst ein Bohraufschlussraster in Abstimmung mit dem Kreis Unna, Fachbereich Natur und Umwelt, Bodenschutz und Altlasten festgelegt. Dieses soll eine flächendeckende Bewertung des Grundstücks / Geländes gewährleisten. Die Lage der gewählten Aufschlusspunkte ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1 Aufschlussarbeiten

Für die Erstbewertung des Grundstückes bzw. die Ermittlung von eventuell im Untergrund vorhandenen Verunreinigungen ist das Areal, wie in der Anlage 1.2 dargestellt, untersucht worden. Hierbei muss zunächst eine flächendeckende Bewertung der gesamten Grundstücke gewährleistet sein.

3.2 Bodenaufschlüsse

Durch die Mitarbeiter der Ingenieurberatung Diplom-Geologen Firchow & Melchers GbR wurden im 28. und 29.06.2016

- 12 Rammkernsondierungen Ø 80/60 mm mit insgesamt 31,57 lfdm. Erkundungsstrecke und Endtiefen zwischen 1,37 m und 3,00 m

ausgeführt.

Alle Bohrlöcher der o. g. Rammkernsondierungen wurden mit PEHD-Filter- und Vollrohren zu stationären Bodenporengasmessstellen ausgebaut.

Bei den Aufschlussarbeiten sind insgesamt 53 gestörte Bodenproben entnommen und in verschließbare Braungläser 500 ml abgepackt worden.

Die einzelnen Aufschlussstellen wurden dabei auch lage- und durch Nivellement höhenmäßig eingemessen. Als Anschluss hat der Festpunkt OK KD - Oberkante Kanaldeckel - Preußenstraße mit einer absoluten Höhe von 60,61 m gedient.

Durch die Wahl des großen Bohrdurchmessers steht eine ausreichend große Probenmenge für die altlastentechnische Untersuchung der entnommenen Bodenproben zur Verfügung. Das Probenmaterial wurde einer organoleptischen Bewertung vor Ort unterzogen, wobei besonders auf visuell auffällige und geruchsintensive Inhaltsstoffe geachtet wurde.

Das Probenmaterial ist für die weitergehende Analytik einem zertifizierten chemischen Labor zugeführt worden.

4. Untergrundbeschreibung

4.1 Allgemeine topografische, geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das untersuchte Grundstück liegt in Lünen-Horstmar.

Der oberflächennahe Untergrund wird hier durch die Ablagerungen des Quartärs geprägt. Bei diesen Sedimenten handelt es sich um zumeist schluffige, feinsandige Windaufschüttungen der letzten Kaltzeit (Löss und Flugdecksande) sowie um fluviatile Niederterrasensedimente der Lippe und ihrer Nebenbäche. Diese gröberen, oft mittelsandigen, teils sandig-kiesigen Ablagerungen sind im ehemaligen Einflussbereich der Lippe direkt dem Verwitterungshorizont des Oberkreidemergels aufgelagert.

Das Festgestein der Oberkreide besteht aus grauen, tonigen und feinsandigen Mergeln, dabei ist deren Abfolge mehrere hundert Meter mächtig.

Grundwasser staut sich auf dem wenig durchlässigen Verwitterungshorizont des Oberkreidemergels und zirkuliert relativ oberflächennah innerhalb der quartären Lockersedimente. Innerhalb der relativ feinkörnigen Quartärablagerung kann es zur Bildung von Stau- und Sickerwasserhorizonten kommen, die über die jahreszeitlichen bedingten Niederschlagsintensitäten beeinflusst werden.

Die Lippe wirkt für das gesamte regionale Umfeld als Hauptvorfluter. Das Grundwasser fließt gemäß der Kreidemergeloberfläche ab.

4.2 Schichtenaufbau

Mit den durchgeführten Rammkernsondierungen (RKS) wurden auf dem untersuchten Grundstück flächendeckend anthropogene Auffüllungen erkundet. Die Mächtigkeiten liegen dabei zwischen ~ 1,50 m und ~ 2,60 m. Oberflächennah, d. h. bis ~ 0,50 m unter Geländeoberkante (GOK), bestehen die Auffüllungen aus einer mit Wurzel- und Ziegelresten durchsetzten Oberbodenandeckung. Eine Ausnahme bilden die Bereiche der RKS 3 und 6. Hier musste zunächst ein Betonsteinpflaster, inkl. des Unterbaus aufgenommen werden. Unterhalb der o. g. Oberbodenandeckung und der Oberflächenversiegelung sind die anstehenden Auffüllmaterialien sehr inhomogen zusammengesetzt. Im Wesentlichen trifft man Ziegelbruch, Teufberge, Bergematerialien und Schluffe an. Je nach Sondieransatzpunkt findet man auch Schlacken sowie Betonreste. Unterhalb der Auffüllungen stehen bis zur jeweiligen Sondierentiefe schluffige Quartärablagerungen an, die je nach Ansatzpunkt und Tiefenlage sowohl fein- und mittelsandige als auch tonige Beimengungen enthalten.

An den Ansatzpunkten der RKS 1 und 2 mussten die Aufschlussbohrungen trotz zweimaligen Umsetzens in Tiefen von 1,37 m und 2,20 m unter GOK wegen eines Bohrhindernisses abgebrochen werden. Diese Bohrhindernisse deuten auf sehr grobstückige Auffüllmaterialien hin. Auch das Vorhandensein alter Baukonstruktionen kann nicht ausgeschlossen werden.

Die detaillierten Untersuchungsergebnisse sind den Anlagen 2 und 3 zu entnehmen.

4.3 Grundwasserverhältnisse

Freies Grundwasser wurde in den Rammkernbohrlöchern während und nach Beendigung der Aufschlussarbeiten nicht eingemessen. In einigen Bohrlöchern wurden jedoch innerhalb der anthropogenen Auffüllungen sowie bei der RKS 12 innerhalb des Schluffhorizonts lokale Stauwässer ermittelt. Diese liegen in Tiefenlagen zwischen 1,60 m und 2,70 m unter GOK. Die absoluten Höhen variieren von 58,64 m NN bis 59,89 m NN.

Die Bildung solcher Stau- und Schichtenwässer steht in Abhängigkeit zu den jahreszeitlich bedingten Niederschlagsintensitäten.

5. Chemische Analytik und Untersuchungsergebnisse

Für die Bewertung des Untergrundes hinsichtlich möglicher Verunreinigungen wurden die bei den Aufschlussarbeiten entnommenen Bodenproben während der Bohrerkundungsphase einer organoleptischen Überprüfung, bei der besonders auf geruchliche und visuelle Auffälligkeiten geachtet wurde, unterzogen. Dabei konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Die einzelnen Ergebnisse/Befunde sind den Anlagen 2 bis 4 zu entnehmen.

Die nachfolgend aufgelisteten Proben sind zunächst zu Mischproben zusammengestellt worden.

Proben-Nr.	Material	RKS	Entnahmetiefe (m)
MP 1	Auffüllung (Oberboden)	1.1, 2.1, 4.1, 5.1, 7.1, 8.1	0,00 – 0,50
MP 2	Auffüllung (Ziegelbruch)	1.2, 2.2 – 2.4, 3.4, 3.5	1,00 – 2,60
MP 3	Auffüllung (Bergematerial)	4.2, 4.3, 5.2, 7.2, 7.3	1,00 – 2,00
MP 4	Auffüllung (Schotter- und Bergereste)	6.2, 8.2	0,60 – 0,85
MP 5	Auffüllung (Schotter- und Bergereste)	6.3, 6.4, 8.3	1,00 – 2,00

Proben-Nr.	Material	RKS	Entnahmetiefe (m)
MP 6	Auffüllung (Oberboden)	9.1 – 12.1	0,00 – 0,50
MP 7	Auffüllung	9 – 12, 5.3	0,50 – 2,00
MP 8	Gewachsener Boden	3 – 8	1,50 – 3,00
MP 9	Gewachsener Boden	9 - 12	1,50 – 3,00
EP 1	Schlacke	3.3	0,50 – 1,00

Tab. 1: Aufstellung der Mischproben

Alle Boden- und Materialproben wurden der AGROLAB Labor GmbH für die weitergehende chemische Analytik zugeführt. Der Untersuchungsumfang wurde vorab mit dem Kreis Unna, Fachbereich Natur und Umwelt, Bodenschutz und Altlasten abgestimmt.

5.1 Bewertung nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

Die Bewertung und der Abgleich der untersuchten Parameter erfolgt zunächst in Anlehnung an das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) - Gesetz zum Schutz von schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten -.

Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktion des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen.

Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, den Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte soweit wie möglich vermieden werden.

Für die Beurteilung und Bewertung der ermittelten Ergebnisse werden die im Anhang 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vorgegebenen Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte berücksichtigt.

Dabei wird hier der Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) betrachtet.

Weiterhin erfolgt eine Abgrenzung bzw. Differenzierung entsprechend der Nutzung von Flächen. Es wird zwischen den nachfolgenden Nutzungen unterschieden:

- a) Kinderspielflächen
Aufenthaltsbereiche für Kinder, die öffentlich zugänglich sind und ortsüblich zum Spielen genutzt werden, ohne den Spielsand von Sandkästen.
Amtlich ausgewiesene Kinderspielplätze sind gegebenenfalls nach Maßstäben des öffentlichen Gesundheitswesens zu bewerten.

- b) Wohngebiete
Dem Wohnen dienende Gebiete einschließlich Hausgärten, auch soweit sie nicht im Sinne der Baunutzungsverordnung planungsrechtlich dargestellt oder festgesetzt sind, ausgenommen Park- und Freizeitanlagen sowie Kinderspielflächen. Soweit unbefestigte Flächen in Wohngebieten als Kinderspielflächen genutzt werden, sind diese als solche zu bewerten.
- c) Park- und Freizeitanlagen
Anlagen für soziale, gesundheitliche und sportliche Zwecke, insbesondere öffentliche und private Grünanlagen sowie unbefestigte Flächen, die regelmäßig zugänglich sind.
- d) Industrie- und Gewerbegrundstücke
Unbefestigte Flächen von Arbeits- und Produktionsstätten, die nur während der Arbeitszeit genutzt werden.

Da das untersuchte Grundstück zukünftig der Wohnbebauung zugeführt werden soll, erfolgt hier ein Abgleich mit den Prüfwerten für Kinderspielflächen und Wohngebiete.

Parameter in mg/kg TM*	Wohngebiete BBodSchV	Kinderspielflächen BBodSchV	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Arsen	50	25	12	4,5	9,9	10
Blei	400	200	76	11	43	49
Cadmium	20 *)	10 *)	0,7	n. n.	n. n.	1,0
Chrom	400	200	26	10	22	16
Nickel	140	70	24	7,8	34	26
Quecksilber	20	10	0,22	n. n.	0,14	0,15
Cyanide gesamt	50	50	n. n.	n. n.	n. n.	1,0
Benzo(a)pyren	4	2	0,17	1,3	n. n.	0,29
PCB	0,8	0,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tab. 2: Gegenüberstellung der Prüfwerte aus BBodSchV und der ermittelten Analysenergebnisse der MP 1 bis MP 4.

*) bei gleichzeitigem Anbau von Nutzpflanzen gilt ein Cadmium-Wert von 2 mg/kg.

Parameter in mg/kg TM*	Wohngebiete BBodSchV	Kinderspielflächen BBodSchV	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
Arsen	50	25	11	8,5	5,2	7,1
Blei	400	200	47	46	28	9
Cadmium	20 *)	10 *)	0,4	0,4	0,3	n. n.
Chrom	400	200	26	23	11	22

Parameter in mg/kg TM*	Wohngebiete BBodSchV	Kinderspiel- flächen BBodSchV	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
Nickel	140	70	53	16	10	17
Quecksilber	20	10	0,12	0,11	0,05	n. n.
Cyanide gesamt	50	50	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Benzo(a)pyren	4	2	n. n.	0,13	0,29	n. n.
PCB	0,8	0,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tab. 3: Gegenüberstellung der Prüfwerte aus BBodSchV und der ermittelten Analysenergebnisse der MP 5 bis MP 8.

*) bei gleichzeitigem Anbau von Nutzpflanzen gilt ein Cadmium-Wert von 2 mg/kg.

Parameter in mg/kg TM*	Wohngebiete BBodSchV	Kinderspiel- flächen BBodSchV	MP 9	EP 1
Arsen	50	25	6,0	9,5
Blei	400	200	9	40
Cadmium	20 *)	10 *)	n. n.	n. n.
Chrom	400	200	24	25
Nickel	140	70	17	31
Quecksilber	20	10	n. n.	0,09
Cyanide gesamt	50	50	n. n.	n. n.
Benzo(a)pyren	4	2	n. n.	3,0
PCB	0,8	0,4	n. b.	n. b.

Tab. 4: Gegenüberstellung der Prüfwerte aus BBodSchV und der ermittelten Analysenergebnisse der MP 9 und EP 1.

*) bei gleichzeitigem Anbau von Nutzpflanzen gilt ein Cadmium-Wert von 2 mg/kg.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass lediglich in der EP 1 der Prüfwert Benzo(a)pyren für Kinderspielflächen überschritten wird. In allen anderen Mischproben sind keine Prüfwertüberschreitung für Kinderspielflächen und Wohngebiete ermittelt worden bzw. wurden einzelne Parameter nicht nachgewiesen.

5.2 Bewertung nach den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse erfolgt eine weitergehende Bewertung der untersuchten Parameter in Anlehnung an die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralische Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln - der Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 1997), Tabellen II. 1.2-2/3: Zuordnungswerte Feststoff und Eluat für Boden.

In diesen Tabellen sind Zuordnungswerte (Z 0 bis Z 2), d. h. Orientierungswerte für bestimmte Einbaubedingungen, aufgeführt.

Dabei gilt:

- Z 0 Uneingeschränkter Einbau
- Die Gehalte bis zum Zuordnungswert Z 0 kennzeichnen natürlichen Boden.
- Z 1 Eingeschränkter offener Einbau
- Die Zuordnungswerte Z 1 stellen die Obergrenze für den offenen Einbau unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar.
Maßgebend für die Festlegung der Werte ist in der Regel das Schutzgut Grundwasser.
- Z 2 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
- Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Boden mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Hierdurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden. Auch hier ist für die Festlegung der Werte das Schutzgut Grundwasser maßgebend.

Untersuchung im Feststoff									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
pH-Wert	mg/kg	5,5-8,0	5,5-8,0	5,0-9,0	---	7,42	9,44	7,44	7,92
Cyanide gesamt	mg/kg	1	10	30	100	n. n.	n. n.	n. n.	1,0
EOX	mg/kg	1	3	10	15	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Arsen	mg/kg	20	30	50	150	12	4,5	9,9	10
Blei	mg/kg	100	200	300	1.000	76	11	43	49
Cadmium	mg/kg	0,6	1	3	10	0,7	n. n.	n. n.	1,0
Chrom	mg/kg	50	100	200	600	26	10	22	16
Kupfer	mg/kg	40	100	200	600	36	8,9	41	40
Nickel	mg/kg	40	100	200	600	24	7,8	34	26
Quecksilber	mg/kg	0,3	1	3	10	0,22	n. n.	0,14	0,15
Thallium	mg/kg	0,5	1	3	10	0,3	n. n.	0,2	0,3
Zink	mg/kg	120	300	500	1.500	180	31	80,7	344
KW (C10-C40)	mg/kg	100	300	500	1.000	64	n. n.	84	90
PAK nach EPA	mg/kg	1	5	15	20	1,94	22,7	0,30	5,95
Naphthalin	mg/kg	---	0,50	1	---	n. n.	0,31	n. n.	0,24

Untersuchung im Feststoff									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Benzo(a)pyren	mg/kg	---	0,50	1	---	0,17	1,3	n. n.	0,29
LHKW	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BTX	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
PCB	mg/kg	0,02	0,10	0,50	1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tab. 5: Zuordnungswerte Feststoff Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischproben MP 1 bis MP 4.
n. n. = nicht nachgewiesen / n. b. = nicht quantifizierbar

Untersuchung im Eluat									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
pH-Wert	--	6,5-9,0	6,5-9,0	6,0-12,0	5,5-12,0	7,69	10,7	8,08	8,30
el. Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1.000	1.500	176	249	70	96
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	1,9	7,1	1,8	n. n.
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	n. n.	6,6	3,3	7,8
Cyanide ges.	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Arsen	µg/l	10	10	40	60	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Blei	µg/l	20	40	100	200	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Chrom ges.	µg/l	15	30	75	150	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Nickel	µg/l	40	50	150	200	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Thallium	µg/l	< 1	1	3	5	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Zink	µg/l	100	100	300	600	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.

Tab. 6: Zuordnungswerte Eluat Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischproben MP 1 bis MP 4.
n. n. = nicht nachgewiesen.

Untersuchung im Feststoff									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
pH-Wert	mg/kg	5,5-8,0	5,5-8,0	5,0-9,0	---	7,42	7,69	7,21	7,17
Cyanide gesamt	mg/kg	1	10	30	100	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
EOX	mg/kg	1	3	10	15	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Arsen	mg/kg	20	30	50	150	11	8,5	5,2	7,1
Blei	mg/kg	100	200	300	1.000	47	46	28	9

Untersuchung im Feststoff									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
Cadmium	mg/kg	0,6	1	3	10	0,4	0,4	0,3	n. n.
Chrom	mg/kg	50	100	200	600	26	23	11	22
Kupfer	mg/kg	40	100	200	600	110	23	13	8,4
Nickel	mg/kg	40	100	200	600	53	16	10	17
Quecksilber	mg/kg	0,3	1	3	10	0,12	0,11	0,05	n. n.
Thallium	mg/kg	0,5	1	3	10	0,1	0,2	0,1	0,1
Zink	mg/kg	120	300	500	1.500	348	120	71,4	30,3
KW (C10-C40)	mg/kg	100	300	500	1.000	70	51	n. n.	n. n.
PAK nach EPA	mg/kg	1	5	15	20	0,93	1,59	3,00	n. b.
Naphthalin	mg/kg	---	0,50	1	---	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Benzo(a)pyren	mg/kg	---	0,50	1	---	n. n.	0,13	0,29	n. n.
LHKW	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BTX	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
PCB	mg/kg	0,02	0,10	0,50	1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tab. 7: Zuordnungswerte Feststoff Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischproben MP 5 bis MP 8.
n. n. = nicht nachgewiesen / n. b. = nicht quantifizierbar

Untersuchung im Eluat									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
pH-Wert	--	6,5-9,0	6,5-9,0	6,0-12,0	5,5-12,0	8,03	7,60	7,49	7,80
el. Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1.000	1.500	63	118	97	66
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	1,3	2,1	1,6	2,6
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	5,2	n. n.	27	12
Cyanide ges.	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Arsen	µg/l	10	10	40	60	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Blei	µg/l	20	40	100	200	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Chrom ges.	µg/l	15	30	75	150	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Nickel	µg/l	40	50	150	200	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Thallium	µg/l	< 1	1	3	5	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.

Untersuchung im Eluat									
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
Zink	µg/l	100	100	300	600	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.

Tab. 8: Zuordnungswerte Eluat Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischproben MP 5 bis MP 8.
n. n. = nicht nachgewiesen.

Untersuchung im Feststoff							
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 9	EP 1
pH-Wert	mg/kg	5,5-8,0	5,5-8,0	5,0-9,0	---	7,46	7,72
Cyanide gesamt	mg/kg	1	10	30	100	n. n.	n. n.
EOX	mg/kg	1	3	10	15	n. n.	n. n.
Arsen	mg/kg	20	30	50	150	6,0	9,5
Blei	mg/kg	100	200	300	1.000	9	40
Cadmium	mg/kg	0,6	1	3	10	n. n.	n. n.
Chrom	mg/kg	50	100	200	600	24	25
Kupfer	mg/kg	40	100	200	600	6,5	69
Nickel	mg/kg	40	100	200	600	17	31
Quecksilber	mg/kg	0,3	1	3	10	n. n.	0,09
Thallium	mg/kg	0,5	1	3	10	0,1	0,1
Zink	mg/kg	120	300	500	1.500	30,3	67,0
KW (C10-C40)	mg/kg	100	300	500	1.000	n. n.	1500
PAK nach EPA	mg/kg	1	5	15	20	n. b.	42,2
Naphthalin	mg/kg	---	0,50	1	---	n. n.	0,09
Benzo(a)pyren	mg/kg	---	0,50	1	---	n. n.	3,0
LHKW	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.
BTX	mg/kg	< 1	1	3	5	n. b.	n. b.
PCB	mg/kg	0,02	0,10	0,50	1	n. b.	n. b.

Tab. 9: Zuordnungswerte Feststoff Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischprobe MP 9 und der Einzelprobe EP 1.
n. n. = nicht nachgewiesen / n. b. = nicht quantifizierbar

ersuchung im Eluat							
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 9	EP 1
pH-Wert	--	6,5-9,0	6,5-9,0	6,0-12,0	5,5-12,0	7,83	8,22
el. Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1.000	1.500	90	134
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	2,3	1,1
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	18	21

ersuchung im Eluat							
Parameter	Dimension	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 9	EP 1
Cyanide ges.	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	50	100	n. n.	n. n.
Arsen	µg/l	10	10	40	60	n. n.	n. n.
Blei	µg/l	20	40	100	200	n. n.	n. n.
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	n. n.	n. n.
Chrom ges.	µg/l	15	30	75	150	n. n.	n. n.
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	n. n.	n. n.
Nickel	µg/l	40	50	150	200	n. n.	n. n.
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	n. n.	n. n.
Thallium	µg/l	< 1	1	3	5	n. n.	n. n.
Zink	µg/l	100	100	300	600	n. n.	n. n.

Tab. 10: Zuordnungswerte Eluat Boden Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - (LAGA, 1997) mit Gegenüberstellung der ermittelten Konzentrationen der Mischprobe MP 9 und der Einzelprobe EP 1.
n. n. = nicht nachgewiesen.

Die Mischproben bzw. der bei geplanten Baumaßnahme anfallende Aushub ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in die folgenden Zuordnungsklassen einzustufen.

Proben-Nr.	Material	Zuordnungsklasse	ausschlaggebende Parameter
MP 1	Auffüllung (Oberboden)	Z 1.1	Cadmium, Zink, PAK nach EPA
MP 2	Auffüllung (Ziegelbruch)	> Z 2	PAK nach EPA
MP 3	Auffüllung (Bergematerial)	Z 1.1	Kupfer
MP 4	Auffüllung (Schotter- und Bergereste)	Z 1.2	Zink, PAK nach EPA
MP 5	Auffüllung (Schotter- und Bergereste)	Z 1.2	Kupfer, Zink
MP 6	Auffüllung (Oberboden)	Z 1.1	PAK nach EPA
MP 7	Auffüllung (Schluff mit Fremdbestandteilen)	Z 1.1	PAK nach EPA
MP 8	Gewachsener Boden	Z 0	---
MP 9	Gewachsener Boden	Z 0	---
EP 1	Schlacke	> Z 2	PAK nach EPA, Kohlenwasserstoffe C10 - C40 (GC)

Tab. 11: Einstufung der Mischproben MP 1 bis MP 9 und der Einzelprobe EP 1 in die jeweilige Zuordnungsklasse nach LAGA Boden (1997).

Für die MP 2 wird eine Untersuchung der Einzelproben auf PAK nach EPA empfohlen.

5.3 Bewertung der Bodenporengasuntersuchungen

Wie bereits zuvor erwähnt, wurden alle Bohrlöcher zu stationären Bodenporengasmessstellen ausgebaut. Die Messstellen wurden seitens der Umwelt Control Labor (UCL) GmbH beprobt und die Bodenluft chemisch analysiert.

Bodenporengasuntersuchung					
Parameter	Dimension	BPGM 1	BPGM 2	BPGM 3	BPGM 4
Methan	Vol.-%	0,20	0,20	0,175	0,20
Sauerstoff	Vol.-%	18,10	17,50	17,80	16,60
Kohlenstoffdioxid	Vol.-%	3,55	3,50	2,90	5,20
Kohlenstoffmonoxid	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Schwefelwasserstoff	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Summe LHKW	mg/m ³	0	0	0	0
Summe BTEX	mg/m ³	0	0	0	0

Tab. 12: Analysenergebnisse der Bodenporengasuntersuchungen der BPGM 1 bis 4.

Bodenporengasuntersuchung					
Parameter	Dimension	BPGM 5	BPGM 6	BPGM 7	BPGM 8
Methan	Vol.-%	0,20	0,175	0,175	0,175
Sauerstoff	Vol.-%	13,60	15,40	18,10	17,90
Kohlenstoffdioxid	Vol.-%	4,85	4,95	2,80	3,20
Kohlenstoffmonoxid	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Schwefelwasserstoff	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Summe LHKW	mg/m ³	0	0	0	0
Summe BTEX	mg/m ³	0	0	0	0

Tab. 13: Analysenergebnisse der Bodenporengasuntersuchungen der BPGM 5 bis 8.

Bodenporengasuntersuchung					
Parameter	Dimension	BPGM 9	BPGM 10	BPGM 11	BPGM 12
Methan	Vol.-%	0,15	0,225	0,225	0,20
Sauerstoff	Vol.-%	19,40	11,60	13,60	16,40
Kohlenstoffdioxid	Vol.-%	2,50	8,60	8,15	5,10
Kohlenstoffmonoxid	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Schwefelwasserstoff	V-ppm	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.

Bodenporengasuntersuchung					
Parameter	Dimension	BPGM 9	BPGM 10	BPGM 11	BPGM 12
Summe LHKW	mg/m ³	0	0	0	0
Summe BTEX	mg/m ³	0	0	0	0

Tab. 14: Analysenergebnisse der Bodenporengasuntersuchungen der BPGM 9 bis 12.

5.3.1 Methan

Methan ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Mit einem Volumenanteil zwischen 4,4 % und 16,5 % in der Luft bildet Methan explosive Gemische bzw. gefährliche explosionsfähige Atmosphären.

Methan wurde flüchtig in allen Bodenporengasmessstellen (BPGM) mit Konzentrationen von 0,15 Vol.-% bis 0,225 Vol.-% ermittelt. Die Methanausgasungen besitzen auf Grundlage der durchgeführten Messungen keine ersichtliche Abhängigkeit zu den Schächten. Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Schächte Preußen 1 und 2, den Vorgaben in den Schachtschutzbereichen sowie den vorliegenden Ergebnissen der Gasmessungen sind in jedem Fall Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

5.3.2 Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Nachfolgend werden CO₂-Konzentrationen (Vol.-%) in Luft und Auswirkungen auf den Menschen gegenübergestellt:

- 0,038 %: Derzeitige Konzentration in der Luft
- 0,15 %: Hygienischer Innenraumluftrichtwert für frische Luft
- 0,3 %: MIK-Wert, unterhalb dessen keine Gesundheitsbedenken bei dauerhafter Einwirkung bestehen
- 0,5 %: MAK-Grenzwert für tägliche Exposition von acht Stunden pro Tag
- 1,5 %: Zunahme des Atemzeitvolumens um mehr als 40 %.
- 5 %: Auftreten von Kopfschmerzen, Schwindel und Bewusstlosigkeit
- 8 %: Bewusstlosigkeit, Krämpfe, Eintreten des Todes nach 30–60 Minuten

CO₂ ist ebenfalls in allen BPGM mit Konzentrationen zwischen 2,5 Vol.-% und 8,60 Vol.-% nachgewiesen worden. Die ermittelten CO₂-Konzentrationen korrespondieren lokal mit den reduzierten Sauerstoffgehalten sowie augenscheinlich mit der Mächtigkeit und den Kohle-, Berge- und Wurzelanteilen der anstehenden Auffüllungen. Auch eine Einflussnahme der beiden zuvor genannten Schächte ist derzeit nicht auszuschließen.

5.3.3 Kohlenstoffmonoxid, Schwefelwasserstoff, BTEX und LHKW

Kohlenstoffmonoxid, Schwefelwasserstoff, BTEX und LHKW ist in keiner BPGM nachgewiesen worden.

6. Kontaminationsbeurteilung und Risikoabschätzung

Unter dem Aspekt der bisherigen und der weiteren Nutzung des Grundstückes ist hinsichtlich des Emissionspfades Boden die folgende planungs- und nutzungsbezogene Risikoabschätzung aufzuzeigen.

Mit den durchgeführten Untersuchungen sind auf dem gesamten Grundstück anthropogene Auffüllungen bis maximal ca. 2,60 m Mächtigkeit erkundet worden. Mit den chemischen Untersuchungen sind mit einzelnen Proben in den Auffüllungen Anreicherungen von PAK nach EPA, Cadmium, Kupfer und Zink sowie in der EP 1 Kohlenwasserstoffe nachgewiesen worden. Es wurde jedoch lediglich in der EP 1 der Prüfwert der BBodSchV für Kinderspielflächen für den Parameter Benzo(a)pyren überschritten. Ansonsten wurden mit allen Proben (Auffüllung und gewachsener Boden) keine Prüfwertüberschreitung für Kinderspielflächen und Wohngebiete nach BBodSchV ermittelt.

6.1 Gefährdungsgrad Boden

Da die „beaufschlagten“ Materialien ausnahmslos in Tiefenlagen ab ca. 0,50 m unter derzeitiger GOK liegen, ist ein direkter Kontakt durch Dritte zurzeit nicht gegeben. Folglich ist hinsichtlich des Gefährdungsgrades Boden kein unmittelbares Gefahrenpotenzial abzuleiten. Ferner findet mit der Erschließung des Grundstückes eine zusätzliche Versiegelung durch die Bebauung statt.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind daher keine weiterreichenden Sicherungsmaßnahmen notwendig. Bei der Baureifmachung und Erschließung des Grundstückes sind jedoch vorsorglich folgende Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen:

- Bei zukünftigen Baumaßnahmen anfallender Bodenaushub ist unter Beachtung der dann gültigen Rechtsvorschriften zu entsorgen. Dabei sind die jeweiligen Chargen unter Berücksichtigung ihrer Zuordnungsklasse zu verwerten (bis einschließlich Z 2) bzw. zu beseitigen (> Z2).
- Da auf dem gesamten Areal Auffüllungen anstehen, die gemäß ihrer Untersuchungsergebnisse in Zuordnungsklassen von Z 1.1 bis > Z 2 eingestuft wurden, wird empfohlen, die beim Aushub von Baugruben und Kanalgräben sowie Gelände-modellierungen anfallenden Chargen vergleichbarer Zusammensetzung in Mieten

aufzusetzen. Diese sollten eine Größe von 500 m³ nicht überschreiten. Anschließend können die Aushubmassen nochmals beprobt, analysiert und für die weitergehende Entsorgung deklariert werden.

- Der mit der EP 1 analysierte Schlackehorizont kann als so genannter Hot Spot bezeichnet werden. Diese Fraktionen sind vollständig abzutragen und fachgerecht zu entsorgen. Gegebenenfalls ist im Vorfeld eine weitere Eingrenzung dieses Horizonts mittels Rammkernsondierungen durchzuführen.
- Die aus Oberboden bestehende Auffüllung ist auf dem gesamten Grundstück abzutragen, da sie sich für eine Überbauung mit Gebäuden und Verkehrsflächen nicht eignet.
- Für eventuell erforderliche Geländemodellierungen sowie die Erstellung der Außenanlagen, Spielflächen etc sind nur geogene Materialien zu verwenden, die der Zuordnungsklasse Z 0 nach LAGA sowie den Prüfwerten der BBodSchV für Kinderspielflächen entsprechen.
- In ausgewiesenen Kinderspielflächen sollte in einer Tiefe von 1,00 m unter GOK zudem ein Geotextil als Grabesperre verlegt werden. In diesen Abschnitten sollte in jedem Fall die Auffüllung bis zu der genannten Tiefe abgetragen und eine dann 1,00 m mächtige Überdeckung mit den oben beschriebenen Materialien gewährleistet werden.
- In zukünftigen Grünflächen ist zu gewährleisten, dass auch hier ein Abstand von mindestens 0,60 m von belasteten Fraktionen zur GOK vorhanden ist.
- Sollten auf dem Areal keine Nutz- bzw. Wohngärten entstehen, sind auch unter Berücksichtigung dieser Nutzungsform keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich. Sollten sich diesbezüglich Planungsänderungen ergeben, so ist mit diesen Abschnitten wie mit der Herrichtung von Kinderspielflächen zu verfahren.
- Für das Andecken von Mutterboden in den Grünflächenarealen gelten die gleichen Qualitätsansprüchen an die Böden wie zuvor beschrieben.

Die o. g. Maßnahmen sind in jedem Fall im Vorfeld mit dem Kreis Unna, Fachbereich Natur und Umwelt, Bodenschutz und Altlasten abzustimmen. Es wird empfohlen in Abstimmung mit der genannten Behörde die „Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen“ über ein Bodenmanagement zu regeln.

6.2 Gefährdungsgrad Grundwasser

Basierend auf den Untersuchungsergebnissen in Verbindung mit den lokalen Untergrund- und Grundwasserverhältnissen ist eine von dem Grundstück ausgehende Grundwassergefährdung nicht ableitbar. Ausweislich der durchgeführten Eluatanalysen sind keine Schadstoffanreicherungen festzustellen. Folglich erfolgt gegenwärtig über die „belasteten“ Auffüllungen kein Eintrag in tiefere Horizonte.

6.3 Gefährdungsgrad Bodenporengas

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist hinsichtlich von Ausgasungen aus dem Untergrund ein Gefährdungspotenzial vorhanden. Entsprechend sind zukünftig in Abhängigkeit zur geplanten Bebauung Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Hierbei sind zwingend auch die Hinweise der RAG Montan Immobilien GmbH zu berücksichtigen. Weiterhin sind die zuständigen Behörden der Bezirksregierung Arnsberg und des Kreises Unna zu beteiligen.

7. Schlussbemerkungen

Mit den durchgeführten Untersuchungen sind auf dem Grundstück flächig Auffüllmaterialien erkundet worden, bei denen lediglich in einer Probe eine Prüfwertüberschreitung für Kinderspielflächen nach BBodSchV vorliegt. Da auf diese Chargen weder gegenwärtig noch zukünftig eine Zugriffsmöglichkeit besteht und ausweislich der vorliegenden Analysen kein Austrag gegeben ist, ist eine von dem Grundstück ausgehende Gefährdung derzeit nicht ableitbar.

Für die Baureifmachung des Grundstücks sowie die erforderlichen Erschließungs- und Gründungsarbeiten werden jedoch zukünftig umfangreiche Erdarbeiten erforderlich. Daher sind die im vorherigen Kapitel beschriebenen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen in Abstimmung mit dem Kreis Unna durchzuführen. Für die Ausführung dieser Tätigkeiten ergeben sich erhöhte wirtschaftliche Aufwendungen.

Eine orientierende Kostenkalkulation zu diesen Mehraufwendungen erfolgt in einer gesonderten Stellungnahme, wobei dabei die derzeit gültigen Preisansätze für die Entsorgung der verschiedenen Zuordnungsklassen nach LAGA Boden 1997 berücksichtigt werden.

Mit den durchgeführten Bodenporengasuntersuchungen sind insbesondere für die Parameter Kohlenstoffdioxid und Methan mitunter kritische Gaszusammensetzungen ermittelt worden. Eine Gefährdung von Ausgasungen aus dem Untergrund ist somit nicht auszuschließen. Daher sind zukünftig in Abhängigkeit der Bebauung gesonderte Gassicherungsmaßnahmen zu konzipieren.

Diese sind in jedem Fall mit der RAG Montan Immobilien GmbH, der Bezirksregierung Arnsberg und dem Kreis Unna abzustimmen.

Die empfohlenen Maßnahmen zur Geländeherrichtung/Sanierung sowie die zu planenden Gassicherungsmaßnahmen sind entsprechend umzusetzen und in einem Bodenmanagementkonzept festzulegen.

Für ergänzende Rückfragen oder Erläuterungen stehen Ihnen die Unterzeichner jederzeit gern zur Verfügung.



Prof. Dr. Christian Melchers
Diplom-Geologe



Heinz-Jürgen Nölle
geol. Sachbearbeiter