



Ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Sanierungsplan **Teil 2** Bereiche B, D2 und G

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19
76185 Karlsruhe

Telefon: (07 21) 9 85 80-0
Fax: (07 21) 9 85 80-80
E-Mail: info-ka@arcadis.de
Internet: www.arcadis.de

Karlsruhe,
13. Juli 2006

Ansprechpartner:
Kerstin Schmidt
ke.schmidt@arcadis.de

Unser Zeichen:
ksm-1312 532 10

Telefon-Durchwahl:
27

Telefax-Durchwahl:
80

Projekt:
Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Sanierungsplan (Teil 2):
Sanierungsbereiche B, D2 und G

Auftraggeber:
MVV Energie

Geschäftsführer:
Ulrich Behr (Vorsitzender)
Dr. Helmut Dörr
Stefan Krieger
Adam Mahr
Dr. Michael Neumann

Amtsgericht Darmstadt
HRB 6256

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|----------|---|
| 1 | Vorgang, Veranlassung |
| 2 | Verwendete Unterlagen |
| 3 | Standortverhältnisse |
| 3.1 | Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse |
| 3.2 | Bestehende und planungsrechtlich zulässige Nutzung |
| 3.3 | Untergrundaufbau |
| 3.4 | Grundwasserverhältnisse |
| 4 | Gefahrenlage |
| 4.1 | Ursache der Belastung |
| 4.2 | Darstellung Bodenbelastung |
| 4.2.1 | Allgemeines |
| 4.2.2 | Sanierungsbereich B |
| 4.2.3 | Sanierungsbereich D2 |
| 4.2.4 | Sanierungsbereich G |
| 4.3 | Darstellung Grundwasserbelastung |
| 4.3.1 | Allgemeines |
| 4.3.2 | Sanierungsbereich B |
| 4.3.3 | Sanierungsbereich D2 |
| 4.3.4 | Sanierungsbereich G |
| 4.4 | Betroffene Wirkungspfade |
| 4.4.1 | Wirkungspfad Boden-Mensch |
| 4.4.2 | Wirkungspfad Boden-Grundwasser |
| 5 | Sanierungsziele und Sanierungsbereiche |
| 5.1 | Festlegung der Sanierungsziele |
| 5.2 | Festlegung der Sanierungsbereiche |
| 6 | Bisher getroffene behördliche Entscheidungen |
| 7 | Sanierungsvoruntersuchungen |
| 7.1 | Übersicht über Voruntersuchungen |
| 7.2 | Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen |
| 7.3 | Optimierungen für die in-situ und on-site Sanierung |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8 | Vorgesehenes Sanierungsverfahren | 39 |
| 8.1 | Allgemeine Verfahrensbeschreibung | 39 |
| 8.2 | Grundwassermodell | 40 |
| 8.3 | Unterirdische Teilaufbereitung | 41 |
| 8.3.1 | Allgemeines | 41 |
| 8.3.2 | Spülkreisläufe in den Sanierungsbereichen B, D2 und G | 42 |
| 8.4 | Nährstoffinfiltration | 50 |
| 8.5 | Oberirdische Wasserreinigung | 50 |
| 8.5.1 | Allgemeines | 50 |
| 8.5.2 | Basisdaten | 51 |
| 8.5.3 | Verfahrensbeschreibung | 52 |
| 8.6 | Nachweis der Eignung des Verfahrens | 56 |
| 8.7 | Sanierungsablauf | 59 |
| 9 | Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs | 61 |
| 9.1 | Inbetriebnahme | 61 |
| 9.2 | Routinebetrieb | 63 |
| 9.3 | Monitoring an der Gaswerksgrenze | 65 |
| 10 | Nachweis des Sanierungserfolgs | 66 |
| 11 | Kostenschätzung und Zeitplan | 68 |
| 11.1 | Kostenschätzung | 68 |
| 11.1.1 | Zusammenfassung der geschätzten Kosten | 73 |
| 11.2 | Zeitplan | 74 |
| 12 | Zusammenfassung | 76 |
| 12.1 | Vorgang, Veranlassung | 76 |
| 12.2 | Standortverhältnisse | 77 |
| 12.3 | Geologische/Hydrogeologische Verhältnisse | 77 |
| 12.4 | Ursache der Belastung | 78 |
| 12.5 | Darstellung Bodenbelastung | 78 |
| 12.6 | Darstellung Grundwasserbelastung | 79 |
| 12.7 | Betroffene Wirkungspfade | 80 |
| 12.8 | Sanierungsziele und Sanierungsbereiche | 80 |
| 12.9 | Bisher getroffene behördliche Entscheidungen | 81 |
| 12.10 | Ergebnisse der Sanierungsvoruntersuchungen | 82 |
| 12.11 | Vorgesehenes Sanierungsverfahren | 82 |
| 12.12 | Nährstoffinfiltration | 84 |
| 12.13 | Oberirdische Wasseraufbereitung | 84 |
| 12.14 | Nachweis der Eignung des Verfahrens | 85 |
| 12.15 | Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs | 85 |
| 12.16 | Nachweis des Sanierungserfolgs | 86 |
| 12.17 | Kostenschätzung | 86 |
| 12.18 | Zeitplan | 87 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | Seite |
|---|-------|
| Tabelle 1: Berechnung von c_{\max} zur Einhaltung der Emissionsbedingungen im Oberen Grundwasserleiter | 30 |
| Tabelle 2: Lage und Durchlässigkeiten der 7 Schichten (jeweils Mittelwerte) | 41 |
| Tabelle 3: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich B (Grundvariante) | 44 |
| Tabelle 4: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten) | 44 |
| Tabelle 5: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich D2 (Grundvariante) | 46 |
| Tabelle 6: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten) | 46 |
| Tabelle 7: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich G (Grundvariante) | 47 |
| Tabelle 8: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten) | 47 |
| Tabelle 9: Entnahme- und Infiltrationsmengen für Variante A und Variante B | 49 |
| Tabelle 10: Zu- und Ablaufkonzentrationen der Grundwasserreinigungsanlage | 51 |
| Tabelle 11: Sanierungsablauf (Bereiche B, D2, G) | 59 |
| Tabelle 12: E_{\max} -W-Werte | 67 |
| Tabelle 13: Zu beprobenden Messstellen zum Nachweis des Sanierungserfolgs (Emissionsbedingungen im OGWL) | 68 |
| Tabelle 14: Kosten H_2O_2 pro Jahr | 72 |
| Tabelle 15: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsplan Teil 1 und Teil 2 (1.-3. Betriebsjahr), Kernsanierungsbereiche | 74 |
| Tabelle 16: Prognostizierte Schadstoffabreinigung | 75 |

ANLAGENVERZEICHNIS

Zu Kapitel 1:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 2:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 3:

Anlage 3: Standortverhältnisse

Anlage 3.1 Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

Anlage 3.1.1 Übersichtslageplan M 1: 50.000

Anlage 3.1.2 Übersichtslageplan M 1: 25.000

Anlage 3.1.3 Lageplan des Betriebsgeländes mit Sanierungsbereichen M 1: 3.000

Anlage 3.1.4 Eigentumsverhältnisse M 1 : 3.000

Anlage 3.2 Nutzung des Geländes

Anlage 3.2.1 Derzeitige Nutzung/Bebauung

Anlage 3.2.2 Ehemalige Nutzung/Anlagen

Anlage 3.3 Untergrundaufbau

Anlage 3.3.1 Hydrogeologische Übersicht

Anlage 3.3.2 Schnitt Freizeitheim

Zu Kapitel 4:

Anlage 4: Gefahrenlage

Anlage 4.1 Geländeschnitte mit Schadstoffverteilung im Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW) in dem Sanierungsbereich B

Anlage 4.1.1 Lageplan mit Schnittführung

Anlage 4.1.2 Geländeschnitte im Sanierungsbereich B
PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.2.1 Schnitt B1-B2

Anlage 4.1.2.2 Schnitt B3-B4

Anlage 4.1.2.3 Schnitt B5-B6

Anlage 4.1.3 Geländeschnitte im Sanierungsbereich B –
AKW (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.3.1 Schnitt B1-B2

Anlage 4.1.3.2 Schnitt B3-B4

Anlage 4.1.3.3 Schnitt B5-B6

Anlage 4.2 Grundwasserkonzentrationen

Anlage 4.2.1 Vertikale Schadstoffverteilung

Anlage 4.2.1.1 EPA-PAK o. Naphthalin

Anlage 4.2.1.2 Naphthalin

Anlage 4.2.1.3 BTEX

Anlage 4.2.1.4 Benzol

Anlage 4.2.1.5 Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse (tiefenzonierte
Probennahme)

Anlage 4.2.2 Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

Anlage 4.2.2.1 Bereich B (GWM-B1 bis GWM-B10)

Anlage 4.2.2.2 Bereich D2 (GWM-D2/1 bis GWM-D2/2)

Anlage 4.2.2.3 Bereich G (GWM-G1 bis GWM-G3)

Zu Kapitel 5:

Anlage 5: Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

- Anlage 5.1 Sanierungsbereiche
- Anlage 5.1.1 Sanierungsbereiche bezogen auf EPA-PAK o. Naphthalin
- Anlage 5.1.2 Sanierungsbereiche bezogen auf Naphthalin
- Anlage 5.1.3 Sanierungsbereiche bezogen auf BTEX
- Anlage 5.1.4 Sanierungsbereiche bezogen auf Benzol
- Anlage 5.1.5 Lage der Gesamtsanierungsbereiche

Zu Kapitel 6:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 7:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 8:

Anlage 8: Vorgesehenes Sanierungsverfahren

- Anlage 8.1 Darstellung der Spülkreisläufe
- Anlage 8.1.1 Spülkreislauf Grundvariante
- Anlage 8.1.2 Spülkreislauf Variante A
- Anlage 8.1.3 Spülkreislauf Variante B
- Anlage 8.1.4 Tabellarische Darstellung der Entnahme- und Infiltrationsmengen in den verschiedenen Spülkreisläufen

- Anlage 8.2 Partikelfließwege in den verschiedenen Bodenschichten/-ebenen
- Anlage 8.2.1 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 1
- Anlage 8.2.2 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 2
- Anlage 8.2.3 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 3
- Anlage 8.2.4 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 4
- Anlage 8.2.5 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 5
- Anlage 8.2.6 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 6
- Anlage 8.2.7 Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 7

- Anlage 8.3 Erläuterungen zu den Erweiterungen / Ergänzungen des Grundwassermodell

- Anlage 8.4 Grundwasserreinigungsanlage (Grundfließbild)

Zu Kapitel 9:

- Anlage 9: Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs
- Anlage 9.1 Kontrollprogramm innerhalb und außerhalb der Spülkreisläufe in den
Kernsanierungsbereichen
- Anlage 9.2 Kontrollprogramm an den Monitoring-Messstellen
- Anlage 9.3 Ergebnisse des bestehenden Monitorings an der Gaswerksgrenze
(dargestellter Zeitraum: September 1993 bis Oktober 2003)
- Anlage 9.3.1 GK11 und B28 (EPA-PAK, BTEX, Ammonium)
- Anlage 9.3.2 GK12 (EPA-PAK, BTEX, Ammonium)
- Anlage 9.3.3 GK18 (EPA-PAK, BTEX, Ammonium)
- Anlage 9.3.4 GK32 (EPA-PAK, BTEX, Ammonium)
- Anlage 9.3.5 Tabellarische Darstellung der Analyseergebnisse an GK11, GK12, GK18,
GK32, GK11

Zu Kapitel 10:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 11:

Hierzu existieren keine Anlagen

Zu Kapitel 12:

- Anlage 12: Zeitplan und Kostenschätzung
- Anlage 12.1 Kostenschätzung
- Anlage 12.2 Zeitplan

1 Vorgang, Veranlassung

Auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerksstandortes Luzenberg in Mannheim existiert infolge einer jahrzehntelangen Nutzung eine Verunreinigung mit gaswerksspezifischen Schadstoffen.

In den 80iger Jahren wurden erstmals Boden- und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt, wobei besonders der Bereich um das Freizeitheim sehr hohe Kontaminationen mit PAK, BTEX und Ammonium aufwies. Daraufhin richtete die RHE für diesen Teilbereich einen Abpumpbetrieb mit einer Entnahmemenge von 20m³/h ein. 1989 wurde ein Sanierungsvorschlag in Form einer mikrobiologischen Teilsanierung des Bodens in Kombination mit einer on-site Wasseraufbereitungsanlage ausgearbeitet.

Zur Überprüfung der Machbarkeit dieser Variante folgte die Planung eines Pilotversuchs in einem Versuchsfeld im Hauptschadensbereich. Nach Bewilligung von Fördermitteln aus dem Altlastenfond Baden-Württemberg konnte 1993-1997 das Pilotvorhaben mit Begleitung von ARCADIS Trischler & Partner durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigten, dass mit Hilfe dieses Verfahrens hohe Abreinigungsraten in der gesättigten Zone zu erzielen sind.

1997 wurde in der Sitzung der Bewertungskommission das Schutzgut Boden des Standorts auf Beweinsniveau 3 mit dem Handlungsbedarf B (Belassen) bewertet.

1999 führte ARCADIS Trischler & Partner auf Basis der Ergebnisse des Pilotversuchs, der neueren Erkenntnisse über die Grundwasserhydraulik und den Ergebnissen der Immissions-/Emissionsberechnung die Sanierungsvorplanung (E₃₋₄) für den ehemaligen Gaswerksstandort durch. Das Ergebnis der Sanierungsvorplanung war die Empfehlung der Variante „Mikrobiologische in-situ- und on-site Sanierung mit zentraler Wasseraufbereitung, ohne Ammoniumabreinigung“.

In der Sitzung der Bewertungskommission am 27.10.1999 wurde das Schutzgut Grundwasser des Standorts auf Beweinsniveau 4 bewertet und der Sanierungsvorschlag bestätigt.

Im Vorfeld der Sanierung ging im Hauptschadensbereich am Freizeitheim am 13.02.03 eine Abstomsicherung -mit Wiederinfiltration des abgereinigten Wassers- in Betrieb. Der Siche-

rungsbetrieb wird im Zuge der Teilsanierung am Freizeitheim in einen Dekontaminationsbetrieb umgeplant.

Für die Durchführung der Sanierung war ein Sanierungsplan zu erstellen, dessen 1. Teil für die beiden Sanierungsbereiche D1 und E bereits verfasst wurde.

Der hier vorliegende Sanierungsplan (Teil 2) beinhaltet die Sanierungsbereiche

- B
- D2
- G

Der Sanierungsbereich I wird in einem separaten Sanierungsplan (Teil 3) betrachtet.

Der vorliegende Sanierungsplan beinhaltet (Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung [U1]):

- Darstellung der Ausgangslage
- Textliche und zeichnerische Darstellung der durchzuführenden Maßnahmen und Nachweis ihrer Eignung
- Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen zur Überprüfung der sachgerechten Ausführung und Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen
- Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge einschließlich der Überwachung
- Darstellung des Zeitplans und der Kosten

Die MVV Energie beauftragte mit Schreiben vom 15.05.2001 und 17.05.2004 das Ingenieurunternehmen ARCADIS Consult auf Grundlage des Angebotes vom 10.05.2001 mit der Erstellung des Sanierungsplans. Dieser wird hiermit vorgelegt.

2 Verwendete Unterlagen

- [U1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1999): Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung (BBodSchV) in der Fassung vom 16.06.1999, Berlin

- [U2] Umweltministerium Baden-Württemberg: Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums und des Sozialministeriums über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen vom 16.09.1993 in der Fassung vom 01.03.1998

- [U3] Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Der Hessische Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit, Ministerium für Umwelt und Gesundheit Rheinland-Pfalz (1987): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar- Raum

- [U4] Trischler und Partner GmbH: Bericht zur Ergänzenden Untersuchung, 30.03.1994

- [U5] Trischler und Partner GmbH: Pilotvorhaben Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Ergebnisse der Versuchsfeldeinrichtung - Zwischendokumentation April - Juli, 1995, 29.09.1995

- [U6] Trischler und Partner GmbH: Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Instationäres Grundwassermodell: Dokumentation der Modelleichung, 29.09.1995

- [U7] Trischler und Partner GmbH: Bau neuer Grundwassermeßstellen und Grundwasser beprobungen im November/Dezember 1996, 19.02.1997

- [U8] Trischler und Partner GmbH: Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Immissions- und Emissionsberechnung, 14.03.1997

- [U9] Trischler und Partner GmbH: Pilotvorhaben Sanierung ehem. Gaswerk Mannheim Luzenberg, Abschlußbericht, 30.06.1998

- [U10] ARCADIS Trischler & Partner: Bericht zur Ergänzenden Sanierungsvorplanung (E₃₋₄), 10.08.1999

- [U11] ARCADIS Consult: Bericht zur Durchführung der Sanierungsvoruntersuchungen, Entwurf vom 2004

- [U12] MVV: Zuordnung der Boden- und Grundwasserkontaminationen im Bereich des ehemaligen Gaswerks Mannheim-Luzenberg für die Betriebszeit zwischen 1900 und 1968.

- [U13] Schreiben der Stadt Mannheim: Bewertungsergebnis der Bewertungssitzung vom 16.04.1997 zum ehem. Gaswerk Luzenberg, K 62/5, Mannheim-Luzenberg, vom 25.11.1997

- [U14] Stadt Mannheim, FB 63 Baurecht und Umweltschutz: Besprechungsniederschrift zum ehemaligen Gaswerk Mannheim-Luzenberg, Sitzung der Bewertungskommission am 27.10.1999 (Protokoll der Bewertungssitzung auf Beweisniveau 4), vom 18.04.2000

- [U15] ARCADIS Trischler & Partner: Antrag auf Genehmigung der Entnahme von kontaminiertem Grundwasser aus dem Untergrund und Wiederversickerung des gereinigten Wassers auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerks Luzenberg in Mannheim, vom 05.01.2000

- [U16] Stadt Mannheim, Amt für Baurecht und Umweltschutz: Erlaubnis zur Entnahme von kontaminiertem Grundwasser und Wiederversickerung des gereinigten Wassers auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerks Mannheim-Luzenberg, vom 24.01.2001

- [U17] ARCADIS Consult: Sanierung des ehemaligen Gaswerks Mannheim-Luzenberg, Sanierungsplanung, Mikrobiologische Laborversuche (Sanierungsvoruntersuchung), vom 08.11.02

- [U18] ARCADIS Consult: Sanierung des ehemaligen Gaswerks Mannheim-Luzenberg, Optimierungen für die geplante mikrobiologische In-situ- und On-site-Sanierung des ehemaligen Gaswerksgeländes, vom 28.04.03
- [U19] ARCADIS Consult GmbH: Protokoll der Besprechung am 18.06.03 Sanierung ehem. Gaswerk Luzenberg bzgl. Festlegung der Sanierungsziele, Weiteres Vorgehen im Bereich Teergrubenräumung, vom 16.07.03
- [U20] ARCADIS Consult GmbH: Protokoll der 4. Arbeitskreissitzung am 19.06.02 zur Sanierung des ehem. Gaswerks Mannheim-Luzenberg, vom 28.08.02
- [U21] ARCADIS Consult GmbH: Sanierung ehem. Gaswerk Luzenberg: Erkundungsbohrung im Bereich südliche Teergrube, vom 03.07.03
- [U22] Trischler & Partner GmbH: Pilotvorhaben Sanierung ehem. Gaswerk Luzenberg: Ergebnisse der Versuchsfeldeinrichtung Zwischendokumentation April-Juli 1995, vom 29.09.95
- [U23] ARCADIS Consult GmbH: Sanierung ehem. Gaswerk Luzenberg: Grundwassermodellierung im Bereich Freizeitheim-Berechnung der Grundwasserabsenkungen bei verschiedenen Entnahmeszenarien, vom 22.11.01
- [U24] ARCADIS Consult GmbH: Protokoll der 5. Arbeitskreissitzung am 24.04.03 zur Sanierung des ehem. Gaswerks Mannheim-Luzenberg, vom 16.07.03
- [U25] TÜV Ecoplan Umwelt GmbH: Technischer Bericht über die am 12.07.99 durchgeführten Innenraummessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) und PAK, vom 14.07.1999
- [U26] TÜV Ecoplan Umwelt GmbH: Technischer Bericht über die am 21.07.99 durchgeführten Innenraummessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Phenol, 05.08.1999

- [U27] Stadt Mannheim, Amt für Baurecht und Umweltschutz: Protokoll zur Sitzung der Bewertungskommission ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg am 01.07.2004, Entwurf vom 06.07.04
- [U28] Harald Oster: Spurenstoffuntersuchungen an Messstellen/Brunnen im Bereich des ehem. Gaswerks Luzenberg, vom 28.01.2004
- [U29] ARCADIS Consult GmbH: Sanierung ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg, Optimierte Planung der Wasseraufbereitungsanlage, vom 29.05.2006
- [U30] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA-Luft), vom 24.07.2002

3 Standortverhältnisse

3.1 Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

Das ehemalige Gaswerk Luzenberg liegt im Nordosten von Mannheim, 300m östlich des Altrheinarmes und ca. 1,4 km nördlich des Neckars. Das gesamte Gelände umfasst eine Fläche von ca. 15 ha (siehe Anlage 3.1).

Die mittlere Höhenlage des ebenen Geländes beträgt ca. 92 m bis 94 m ü. NN [U3].

Das Gelände befindet sich heute zu einem großen Teil im Besitz der MVV Energie. Die Eigentumsverhältnisse sind in Anlage 3.1.4 dargestellt.

Genutzt wird das Gelände ebenfalls von der Tochter der MVV Energie, der MVV RHE.

Auf dem Gelände befinden sich heute (siehe Anlage 3.2.1) Betriebsgebäude für die Fernwärmeversorgung (u.a. Einspeisung Nord), eine Gasverteilerstation, Flüssiggasbehälter, diverse Lagergebäude und Lagerfreiflächen, eine Tankstelle und eine Kfz-Waschstraße sowie ein Verwaltungs- und Freizeitgebäude (vermietet) mit angrenzender Parkfläche. Weiterhin werden über

Verteilerstationen Mannheimer Stadtteile mit Gas (von der MVV RHE betriebene Gasverteilerstation) und Fernwärme versorgt.

Der nordwestliche Bereich wurde von der DaimlerChrysler AG angemietet und wird als Verkaufszentrum für Busse (inkl. Parkflächen für neue und gebrauchte Busse) genutzt.

Der nordöstliche Bereich befindet sich im Besitz der Firma EvoBus GmbH und wird durch die DaimlerChrysler AG überwiegend als Kfz-Parkplatz für Firmenangehörige verwendet. Ein angrenzender Teilbereich im Süden (im Besitz der MVV) wurde von der DaimlerChrysler AG angemietet und ebenfalls als Parkplatz genutzt.

Im Südosten grenzt an das ehemalige Gaswerksgelände die Justizvollzugsanstalt an, der südliche Teil, d.h. südlich des heutigen Betriebsgeländes der MVV, besteht heute aus einem Wohngebiet mit diversen Privateigentümern. Die Carl-Zuckmayer-Straße, die überwiegend im Besitz der Stadt Mannheim steht, grenzt im Osten an das Wohngebiet an, im Süden die Herzogenriedstraße.

Der westliche Teil des Geländes wird durch die Waldhofstraße und die Akazienstraße abgeschlossen. Auf dem Gelände der MVV angrenzend an die Waldhofstraße befinden sich insgesamt 6 Gebäudeeinheiten, die im Besitz des Familienheims Rhein Neckar eG stehen und als Wohnungen genutzt werden.

Speziell in den Sanierungsbereichen B, D2 und G sieht die derzeitige Nutzung wie folgt aus (Besitzverhältnisse in Klammern):

Bereich B

Der Bereich B umfasst im Wesentlichen den im Nordosten liegenden asphaltierten Kfz-Parkplatz für Firmenangehörige der DaimlerChrysler AG (Evo-Bus) und reicht bis in den als Busverkaufsfläche genutzten Bereich (MVV).

Bereich D2

Der Bereich D2 umfasst eine Teilfläche des von DaimlerChrysler angemieteten Parkplatzes, der sich südlich des Sanierungsbereichs B befindet (MVV). Der Sanierungsbereich umfasst das Maschinenhaus und die Gas-Einspeisung Nord und reicht bis an den Sanierungsbereich D1 (MVV RHE). Der Sanierungsbereich ist zum größten Teil asphaltiert.

Bereich G

Der Sanierungsbereich G liegt im Westen des Betriebsgeländes der MVV (südlich des Sanierungsbereichs E). Dort befindet sich heute in der Nähe ein Betriebsgebäude der MVV, sowie ein Laborgebäude (MVV-RHE). Der Bereich ist asphaltiert.

3.2 Bestehende und planungsrechtlich zulässige Nutzung

Für das ehemalige Gaswerkgelände in der Akazienstr. 4 wurde von der Stadt Mannheim kein Bebauungsplan aufgestellt.

3.3 Untergundaufbau

Der Standort befindet sich im Oberrheingraben auf der Niederterrasse des Rheins. Der Untergrund ist gekennzeichnet durch jungquartäre Lockersedimente des oberen Kieslagers, das heißt kiesig-sandigen Abfolgen mit einer Mächtigkeit von ca. 30 m. Die Mächtigkeiten nehmen nach Osten hin zu (siehe Anlage 3.3.1).

Im Liegenden befindet sich der ca. 10 - 20 m mächtige Ton-Schluff des Oberen Zwischenhorizontes, der ebenfalls nach Osten einfällt und den Oberen Grundwasserleiter von tieferen Stockwerken abtrennt. Im weiteren Umkreis können Bereiche mit deutlich reduzierter Mächtigkeit auftreten. Die vertikale Durchlässigkeit des Oberen Zwischenhorizontes liegt bei etwa 10^{-8} m/s. In größerer Tiefe folgen generell feinkörnigere Sedimentabfolgen des mittleren Kieslagers, die durch eine untere tonige Zwischenschicht von den altquartären sandigen, schluffigen Ablagerungen des Unteren Grundwasserleiters getrennt sind [U3].

Die bisher durchgeführten Bodenaufschlüsse zeigen auf dem Gaswerksgelände unter einer bis zu 3 m starken Auffüllung eine ca. 2,5 bis 3,0 mächtige, schluffige Auelehmschicht (im weiteren als Obere Schluffschicht bezeichnet), die aber stellenweise infolge Bodenaustausch und natürlicher Unterbrechungen Fenster aufweist. Der darunter anstehende Kies-Sand-Aquifer des Oberen Grundwasserleiters hat im Bereich des ehemaligen Gaswerks Luzenberg eine Mächtigkeit von ca. 25 bis 30 m, wobei der Aquifer in eine obere Kies-/Sand-Schicht (ca. 5-18m) und in eine untere Fein-Mittelsand-Schicht (ca. 18-32m) unterteilt werden kann (siehe Anlage 3.3.2). Der Übergangsbereich zwischen Aquifer und dem Oberen Zwischenhorizont markiert stellenweise eine 20-30cm mächtige Torfschicht, die eine maximale Mächtigkeit von 1,40m erreicht. Darunter folgt stellenweise eine mehrere Dezimeter mächtigen Schluffschicht, die an der südlichen Gaswerksgrenze eine Mächtigkeit von bis zu 2,40m aufweist. Schließlich folgt der Ton des Oberen Zwischenhorizontes (vereinzelt war zwischen Schluff- und Tonschicht noch eine Feinsandschicht festzustellen) [U11].

Der Obere Zwischenhorizont (OZH) steht in etwa 32 m Tiefe an, wobei die Oberkante des OZH von Westen nach Osten von 68 m ü. NN im Bereich der Akazienstraße auf 62 m ü. NN beim Freizeitheim abfällt (siehe Anlage 3.3.3).

3.4 Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserströmung ist durch die Wasserstände im Altrhein dominiert. Die mittlere Grundwasserfließrichtung ist rheinwärts, das heißt nordwestlich gerichtet. Bei Rheinhochwasser kommt es zur Strömungsumkehr [U6].

Entscheidend für die Transportprozesse der Schadstoffe im Grundwasser am Standort sind die Verhältnisse im oberen Grundwasserleiter (oberes Kieslager). Er besteht aus einer Wechsellagerung von sandigen Kiesen und kiesigen Sanden, in denen teilweise auch Schluffhorizonte eingelagert sind. Die Durchlässigkeit wird großräumig mit 4×10^{-4} bis 3×10^{-3} m/s angegeben [U4]. Bei Pumpversuchen im Rahmen der Pilotsanierung (Bereich der ehemaligen Teergruben am Freizeitheim im Nordwesten des Geländes) ergaben sich Werte von 5×10^{-4} m/s (für die gesamte Mächtigkeit) bis 9×10^{-4} (für die Kieslage) [U9, U11].

Die Sanierungsvoruntersuchungen bestätigten diese Ergebnisse. Die Durchlässigkeiten des Bodens (für die gesamte Mächtigkeit) nehmen tendenziell von Osten (9×10^{-4} bis 1×10^{-3} m/s) nach Westen ($4-6 \times 10^{-4}$ m/s) ab.

Nachfolgend sind die wichtigsten Daten über die Grundwasserverhältnisse zusammengefaßt:

- Der Flurabstand liegt zwischen 4,5 m und 6,5 m u. GOK.
- Die Grundwasserwechselzone liegt zwischen 5 und 7 m u. GOK.
- Bei höheren Grundwasserständen liegen durch die Obere Schluffschicht lokal gespannte Verhältnisse vor.
- Hydraulische Durchlässigkeiten:
 - 3 - 5 m u. GOK $k_f \sim 5,6 \times 10^{-8}$ m/s
 - 5 - 18 m u. GOK $k_f \sim 9 \times 10^{-4}$ m/s
 - 18 - 32 m u. GOK $k_f \sim 2 \times 10^{-4}$ m/s
 - ab 32 m u. GOK $k_f \sim 6,5 \times 10^{-10}$ m/s
- Summierte Produktionsraten (Wasserzutritte in verschiedenen Bodenschichten des Aquifers) aus Flowmeter-Messungen [U11]
 - Kies-Sand-Aquifer (~5-18m)
59-73%
 - Übergangsbereich zwischen Kies-Sand-Schicht und Fein-Mittelsand-Schicht
1-17%
 - Fein-Mittelsandschicht (~18-32m)
16-36%
 - Schluffschicht/schluffige Feinsandschicht über dem OZH
0-2%
- Die Abstandsgeschwindigkeit liegt je nach Gaswerksbereich zwischen 5 und 30 m/a.

4 Gefahrenlage

4.1 Ursache der Belastung

Die Untergrundverunreinigungen [U12] resultieren aus

- dem Betrieb der Gasproduktion insbesondere in den Jahren vor dem 2. Weltkrieg,
- dem unsachgemäßen Umgang mit Produktionsrückständen,
- Leckageverluste im Rohrleitungssystem,
- und vor allem aus den Kriegseinwirkungen. Das Gaswerk war infolge von mehreren Luftangriffen im 2. Weltkrieg zu 80% zerstört.

Insbesondere durch die Kriegseinwirkungen wurden die Schadstoffe zum Teil flächig über das gesamte Gelände verteilt. Zwar lassen sich noch Belastungsschwerpunkte im Bereich der ehemaligen Produktionsanlagen identifizieren, in der ungesättigten Bodenzone (Auffüllung) muß jedoch auf den gesamten Gelände mit mehr oder weniger starken Bodenkontaminationen gerechnet werden.

Ehemalige Produktionsanlagen im Bereich B:

An ehemaligen Produktionsanlagen sind lediglich am südlichen Rand des Sanierungsbereichs B im Zeitraum 1958-66 eine Ofenanlage, eine Koksabwurftrampe, ein Löschurm und ein Löschbecken bekannt.

Ehemalige Produktionsanlagen im Bereich D2:

In diesem Bereich existierten 1958-1966 Teerscheideanlagen (Dickteerscheider, Druckteerscheider, Teersammelbehälter).

Ehemalige Produktionsanlagen im Bereich G

An ehemaligen Produktionsanlagen sind außer einem ehemaligen Gasbehälter keine weiteren Anlagen bekannt.

Die ehemalige Nutzung sowie die Anlagen sind in Anlage 3.2.2 dargestellt.

4.2 Darstellung Bodenbelastung

4.2.1 Allgemeines

In den beiden nachfolgenden Kapiteln wird die Bodenbelastung in den Sanierungsbereichen B, D2 und G genannt.

Die dargestellte Bodenbelastung bezieht sich auf die Schadstoffe EPA-PAK ohne Naphthalin (o.N.) und auf AKW. Die Analysenergebnisse (bezogen auf EPA-PAK o.N. und AKW) des Bodens sind in den Geländeschnitten in Anlage 4.1 (Sanierungsbereich B) dargestellt (die Analysenergebnisse resultieren aus allen bisher durchgeführten Bodenaufschlüssen seit den 80iger Jahren bis zu den im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen 2002/2004 errichteten Grundwassermessstellen).

Für die Sanierungsbereiche D2 und G liegen Ergebnisse aus dem Messstellenbau der Sanierungsvoruntersuchungen vor, sowie Ergebnisse aus den Ergänzenden Untersuchungen von 1993 [U4] (die Lage der Kleinrammkernbohrungen RKS ist in Anlage 4.1.1 dargestellt).

4.2.2 Sanierungsbereich B

In diesem Sanierungsbereich liegen die höchsten Bodenbelastungen bei der östlich gelegenen GWM-B7 vor. In der Auffüllung findet sich Teer mit über 20.000 mg/kg AKW und 17.000 mg/kg EPA-PAK o.N.

Die Schluffschicht ist bei den RKS 3 und RKS 21 (mit > 1.590 mg/kg bzw. 890 µg/l EPA-PAK und > 248 µg/l AKW) hoch belastet. An der Unterkante der Schluffschicht wurde an der GWM-B7 noch 1.040 mg/kg EPA-PAK o.N. und 1.558mg/kg AKW festgestellt, bei den anderen Bohrungen in diesem Sanierungsbereich sind die Konzentrationen deutlich geringer und liegen bei <104 mg/kg EPA-PAK o.N. und <25 mg/kg AKW. Bei den meisten Bohrungen sind hier keine der untersuchten Schadstoffe vorhanden, bzw. die Konzentrationen liegen unterhalb 1mg/kg.

In der gesättigten Zone liegen die höchsten Belastungen ebenfalls an der GWM-B7 (3.710mg/kg EPA-PAK o.N., 2.149mg/kg AKW). In den anderen Bohrungen wurden maximal 86 mg/kg EPA-PAK o.N. und 19 mg/kg AKW analysiert.

In der Schluff- bzw. Torfschicht des OZH wurden max. 6,7 mg/kg AKW (GWM-B1), bzgl. der EPA-PAK lediglich 5 mg/kg Naphthalin in der GWM-B5 analysiert, die restlichen EPA-PAK lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Geländeschnitte des Sanierungsbereichs B findet sich in der Anlage 4.1.

4.2.3 Sanierungsbereich D2

In der Schluffschicht des Sanierungsbereichs D2 wurde in der RKS 2 [U4] die höchsten Belastungen (9.000 mg/kg / 2.119 µg/l EPA-PAK o.N. und 126 mg/kg / 1.142µg/l BTEX) analysiert, die Bohrungen der Sanierungsvoruntersuchungen in unmittelbarer Nähe der RKS2 bestätigten eine größere Ausdehnung dieser Belastung nicht. An der Schluffschichtunterkante wurden keine Schadstoffe nachgewiesen.

In der gesättigten Zone zeigt ebenfalls die RKS 2 die höchste Belastung (5.624 mg/kg / 1.517µg/l EPA-PAK o.N. bzw. 593 mg/kg / 1.762µg/l AKW). Die Schadstoffkonzentrationen aus den Untersuchungen 2002 bis 2004 lagen bei maximal 10,3 mg/kg AKW (GWM-D2/1), EPA-PAK wurden nicht nachgewiesen.

In der Tonschicht des OZH wurden 5,4 mg/kg Naphthalin festgestellt, andere der 16 EPA-PAK wurden nicht nachgewiesen, AKW sind in Konzentrationen von <0,85 mg/kg vorhanden.

4.2.4 Sanierungsbereich G

An der Schluffschichtunterkante des Sanierungsbereichs G wurden keine bzw. geringe (RKS17: 3,3 mg/kg EPA-PAK o.N., 0,14mg/kg BTEX) Schadstoffe nachgewiesen.

In der gesättigten Zone liegen die höchsten Schadstoffkonzentrationen in der RKS 17 [U4] direkt unterhalb der Schluffschicht (41,1 mg/kg / 699 µg/l EPA-PAK o.N. bzw. 0,12 mg/kg / 24 µg/l AKW) vor. In den Bodenproben der Sanierungsvoruntersuchungen wurden über den gesamten Aquifer keine AKW und minimale Konzentrationen an EPA-PAK o.N. von 0,2 mg/kg analysiert.

In der Tonschicht des OZH wurden <1,6 mg/kg AKW und keine EPA-PAK nachgewiesen.

4.3 Darstellung Grundwasserbelastung

4.3.1 Allgemeines

In den beiden nachfolgenden Kapiteln wird die Grundwasserbelastung mit EPA-PAK o.N., Naphthalin, BTEX und Benzol (Konzentrationsangaben sind gerundet) in den Sanierungsbereichen B, D2 und G hinsichtlich ihrer räumlichen Ausdehnung (horizontal und vertikal) erläutert, sowie die Zusammensetzung der EPA-PAK und der AKW.

Teilweise wurde im Rahmen der Sanierungsvoruntersuchungen [U11] im Grundwasser ein hoher Phenolindex-Wert nachgewiesen. Weitergehende Analysen ergaben, dass in Wasserproben mit einem hohen Phenolindex-Wert geringe Konzentrationen von Phenolen vorhanden sind. Der Phenolindex erfasst im vorliegenden Fall somit hauptsächlich noch andere Verbindungen. Die Bestimmung des Phenolindex wird über ein photometrisches Verfahren durchgeführt, bei dem alle aromatischen Verbindungen mit einer OH-Gruppe nachgewiesen werden. Bei diesen Verbindungen mit OH-Gruppen handelt es sich offenbar um Abbauprodukte der PAK und AKW, sog. Heterocyclen, die gemäß [U20] aus heutiger Sicht nicht in die Sanierungsplanung miteinbezogen werden. Der Phenolindex ist in Anlage 4.2.1.5 und 4.2.2 mitaufgeführt.

Die Darstellung der Grundwassersituation findet sich in den Plänen der Anlagen 5.1.1 bis 5.1.4., hierfür wurden jeweils die aktuellsten Grundwasseranalysen herangezogen:

- Der gewichtete Mittelwert aus den Ergebnissen der tiefenzonierten Beprobungen 2002 und 2004
- Ergebnisse der Nullbeprobung der Abstomsicherung (November 2002)
- Beprobungsrunde August bzw. Februar 1998
- Abstommessstellen: Mittelwert von Januar 2001-2003 aus den Ergebnissen der 2-monatigen Beprobungen

Die vertikale Schadstoffverteilung zeigt die Anlage 4.2.1., Grundlage sind die Ergebnisse der tiefenzonierten Beprobungen aus den Sanierungsvoruntersuchungen 2002 und 2004.

Die Zusammensetzung der Summenparameter EPA-PAK und AKW ist in Anlage 4.2.2 anhand der Ergebnisse der Beprobung 2002 bzw. 2004 dargestellt.

4.3.2 Sanierungsbereich B

4.3.2.1 Flächendeckende Schadstoffverteilung

Im östlichen Teil dieses Sanierungsbereichs liegen die höchsten EPA-PAK o.N.-Konzentrationen an der GWM-B7 mit 74 µg/l vor. In den restlichen Messstellen schwanken die Konzentrationen zwischen 8 und 55 µg/l.

Im westlichen Teil in Grundwasserfließrichtung befindet sich die GWM-B3, die die höchste Grundwasserbelastung dieses Sanierungsbereichs aufweist. Hier wurden im gewichteten Mittelwert der tiefenzonierten Beprobung 329 µg/l Naphthalin, 4.855 µg/l BTEX und 3.973 µg/l Benzol festgestellt.

In den anderen Grundwassermessstellen schwanken die Konzentrationen an Naphthalin zwischen 1,6 und 270 µg/l, BTEX zwischen 6,5 und 448 µg/l und Benzol zwischen 6,5 und 412 µg/l.

4.3.2.2 Vertikale Schadstoffverteilung

Die höchsten Konzentrationen an BTEX und Benzol sind in den, im gesamten Sanierungsbe-
reich verfilterten Messstellen GWM-B2 bis GWM-B5 und GWM-B3 in der größten Proben-
nahmetiefe (25,5 bis 31,7 m u. GOK) festzustellen. Die Konzentrationen liegen hier bei 766 -
10.580 µg/l (BTEX) und 628 - 8.600 µg/l (Benzol). In dem darüber befindlichen Aquifer sind
deutlich geringere bis keine Konzentrationen nachweisbar, d.h. der Großteil der Schadstoffe
befindet sich im unteren Bereich des Aquifer.

Die höherkernigen EPA-PAK (wie Acenaphthen) sind bei den meisten Messstellen über den
gesamten Aquifer fast gleichmäßig verteilt. Dahingegen ist das aus 2 Ringen bestehende Naph-
thalin meistens entweder in der obersten oder in der untersten Probennahmetiefe zu finden. Lie-
gen hohe Naphthalin-Konzentrationen im unteren Bereich des Aquifer vor, so findet man dort in
der Regel auch hohe Benzol-Konzentrationen.

4.3.2.3 Schadstoffspektren

Die AKW werden im Grundwasser der meisten Messstellen im wesentlichen durch Benzol (un-
tergeordnet Toluol) bestimmt. Eine Ausnahme stellt hier die GWM-B7 dar, die weitere AKW
(vor allem Ethylbenzol, Xylol, Inden, 1- und 2-Methylnaphthalin) enthält.

Bzgl. der PAK wurden in den meisten Messstellen vor allem Naphthalin und Acenaphthen
nachgewiesen, bei 3 der 10 Messstellen (im Randbereich, Zentrum und Abstrom) wurden eben-
falls Acenaphthylen, Fluoren und Phenanthren gemessen.

4.3.3 Sanierungsbereich D2

4.3.3.1 Flächendeckende Schadstoffkonzentrationen

Dieser Sanierungsbereich wird im Wesentlichen durch seine EPA-PAK-Konzentrationen be-
stimmt.

In der östlich liegenden GWM-D2/1 wurden rd. 20 µg/l EPA-PAK o. N. und rd. 13 µg/l Naphthalin analysiert. In der weiter westlichen GWM-D2/3 nehmen die EPA-PAK o.N. geringfügig auf rd. 17 µg/l ab (hier ist kein Naphthalin mehr vorhanden), Benzol ist in Konzentrationen von 7,5µg/l nachweisbar. In den beiden rd. 70 m im Abstrom liegenden Versickerungsbrunnen VB4 und VB5 des Sanierungsbereichs D1 jenseits des Maschinenhauses wurden deutlich höhere EPA-PAK-Konzentrationen von 284 µg/l und 169 µg/l angetroffen (BTEx ist untergeordnet vorhanden, in VB5 6 µg/l).

Aufgrund dieser Schadstoffsituation und einem offensichtlichen Schadstoffeintrag zwischen der GWM-D2/3 und den beiden Versickerungsbrunnen wird im vorliegenden Bericht der Schadensbereich D2 zusammenhängend mit dem Schadensbereich D1 betrachtet (siehe Kapitel 5).

4.3.3.2 Vertikale Schadstoffkonzentrationen

Die EPA-PAK sind in der GWM-D2/1 über den gesamten Aquifer verteilt und nehmen von rd. 17 auf 28 µg/l zur Tiefe zu.

BTEx sind lediglich in der GWM-D2/3 nachgewiesen worden. Sie sind in fast allen Tiefen vorhanden, die höchsten Konzentrationen mit 12,6 µg/l finden sich in der größten Tiefe (in den ersten beiden Beprobungstiefen rd. 9 µg/l).

In den Versickerungsbrunnen VB4 und VB5 wurden keine tiefenzonierten Beprobungen durchgeführt.

4.3.3.3 Schadstoffspektren

Die EPA-PAK im östlichen Teil des Sanierungsbereichs (GWM-D2/1) setzen sich aus den höherkernigen PAK wie Acenaphthylen, Acenaphthen, Phenanthren, Fluoren sowie ebenso aus Naphthalin zusammen. In der in Grundwasserfließrichtung weiter westlich liegenden GWM-D2/3 werden die EPA-PAK nur noch aus Acenaphthen gebildet.

In den Versickerungsbrunnen VB4 und VB5 im Westen setzen sich die EPA-PAK im wesentlichen aus Acenaphthen (bildet den größten Anteil), Fluoren, Phenanthren, Anthracen zusammen, geringe Konzentrationen an Naphthalin.

Die BTEX an der GWM-D2/3 bestehen zu 100% aus Benzol.

4.3.4 Sanierungsbereich G

4.3.4.1 Flächendeckende Schadstoffkonzentrationen

Die Hauptbelastung liegt in der GWM-G1 im Zentrum des Schadensbereichs mit 154 µg/l BTEX und 143 µg/l Benzol. EPA-PAK sind geringfügig mit rd. 1 µg/l enthalten.

Im Westen an der GWM-G3 sind keine EPA-PAK nachweisbar, die BTEX bzw. Benzol sind lediglich in Konzentrationen < 1 µg/l enthalten.

4.3.4.2 Vertikale Schadstoffkonzentrationen

Im Zustrom des Sanierungsbereichs an der GWM-G2 sind die höchsten BTEX- und Benzolkonzentrationen (beide rd. 45 µg/l) im oberen sowie im unteren Aquiferbereich zu finden.

Im Schadenszentrum an der GWM-G1 ist der Großteil der Schadstoffe im unteren Bereich des Aquifer vorhanden. Naphthalin bildet den Hauptanteil an den EPA-PAK und findet sich fast ausschließlich in rd. 28,5m Tiefe (rd. 33 µg/l). Dort findet man auch die höchsten Konzentrationen an Benzol (2.310 µg/l), das den Hauptanteil der BTEX bildet. Im restlichen Aquiferbereich wurden Benzol-Konzentrationen von 14-224 µg/l bestimmt.

Im Westen sind in den oberen Aquiferbereichen keine Schadstoffe nachweisbar, im unteren Aquiferbereich wurden 33 µg/l Benzol nachgewiesen.

4.3.4.3 Schadstoffspektren

In diesem Sanierungsbereich werden die EPA-PAK hauptsächlich durch Naphthalin, die BTEX hauptsächlich durch Benzol bestimmt (zu rd. 90%).

4.4 Betroffene Wirkungspfade

4.4.1 Wirkungspfad Boden-Mensch

Für den Wirkungspfad Boden-Mensch sind prinzipiell die Maßnahmenwerte aus der BBodSchV [U1] heranzuziehen. Da das Gelände ausschließlich gewerblich genutzt wird, gelten die Prüfwerte für Industrie- und Gewerbegrundstücke.

Das Gelände ist zu ca. 70% versiegelt (Betriebsgebäude, Parkplätze, Verkehrsflächen), im Bereich von Freiflächen besteht eine durchgängige Oberflächenabdeckung [U13].

4.4.2 Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Schadstoffe aus dem ehem. Gaswerksbetrieb sickerten in den Grundwasserleiter, wurden hier mit der Grundwasserströmung verteilt und belasten durch kontinuierliche Lösungsprozesse das Grundwasser.

Die zulässigen Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser aus der BBodSchV werden für EPA-PAK o. Naphthalin, Naphthalin, BTEX und Benzol in den Bereichen B, D2 und G überschritten.

5 Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

5.1 Festlegung der Sanierungsziele

Im Protokoll der Sitzung der Bewertungskommission am 27.10.1999 zur Bewertung des Standortes auf BN4 [U14] bzw. in der Sitzung der Bewertungskommission am 01.07.2004 [U27] wurden die Sanierungsziele wie folgt festgelegt:

- Für den **Oberen Grundwasserleiter** gilt die Einhaltung der Emissionsbedingungen (E_{\max}) als Sanierungsziel.

Für den Mittleren Grundwasserleiter gilt die Geringfügigkeitsschwelle. Auf die formale Festlegung eines Sanierungsziels wird verzichtet.

5.2 Festlegung der Sanierungsbereiche

Zur Festlegung der Sanierungsbereiche (Schadstoffherde) im Oberen Grundwasserleiter wurde in Abstimmung mit dem Arbeitskreis [U24, U19] wie folgt vorgegangen:

1. Der E_{\max} -W-Wert wird als Sanierungsziel (siehe Kap. 10.2.1) für das Gesamtgelände angesetzt, d.h. die Frachten aus den einzelnen Stromröhren dürfen aufsummiert den E_{\max} -W-Wert nicht überschreiten.
2. Einteilung des Gaswerksgeländes in 10 Stromröhren mit einer Stromröhrenbreite von 36m, das bedeutet bei einem im Schnitt 28m mächtigen Grundwasserleiter eine durchströmte Fläche von ca. 1.000m². Berechnung einer maximal möglichen Durchschnittsgrundwasserkonzentration c_{\max} für jede Stromröhre, bis zu der kein Sanierungsbedarf besteht, da der E_{\max} -W-Wert für das Gesamtgelände dann gerade noch eingehalten wird.
3. Abgrenzung der Sanierungsbereiche mit Hilfe des c_{\max} -Wertes.

Diese Vorgehensweise wird nachfolgend detaillierter erläutert. Ziel war es, Schadensherde in einem teilweise flächenhaft belasteten Grundwasser abzugrenzen.

Zur Eingrenzung der Sanierungsbereiche wurden Stromröhren mit einer durchströmten Querschnittsfläche von 1.000m² gebildet, in 10 Stromröhren treten Grundwasserbelastungen auf. Für die Einhaltung des Sanierungsziels dürfen die Frachten aus den einzelnen, insgesamt 10 Stromröhren aufsummiert den E_{max}-W-Wert nicht überschreiten.

Für jede Stromröhre wurde eine durchschnittliche zulässige tiefengemittelte Schadstoffkonzentration (c_{max}-Wert) nachfolgender Berechnungsart ermittelt

$$E_{\max} = (c_{\max} \cdot Q) \cdot 10 \quad \text{d.h.} \quad c_{\max} = \frac{E_{\max}}{Q \cdot 10}$$

Der Volumenstrom Q berechnet sich zu

$$Q = v_A \cdot A \cdot n$$

mit

- Q = Durchflußrate [m³/a]
- v_A = Abstandsgeschwindigkeit [m/a]
- n = durchflußwirksames Porenvolumen [-]
- A = durchströmte Fläche pro Stromröhre [m²]
- c = Konzentration [µg/l]

Die durchströmte Querschnittsfläche A beträgt 1.000m², das durchflußwirksame Porenvolumen n wurde in Konsistenz zu früheren Berechnungen zu 0,25 angesetzt. Mit dem instationären Grundwassermodell [U6] wurde für den westlichen Gaswerksbereich (Grundwasserabstrom in Richtung Altrheinarm) eine Abstandsgeschwindigkeit v_A von 5 m/a berechnet.

Mit dieser durchschnittlich zulässigen Schadstoffkonzentration c_{max}-Wert erfolgte die großräumige Abgrenzung der Sanierungsbereiche.

In nachfolgender Tabelle ist die maximal zulässige Grundwasserkonzentration c_{max} dargestellt:

Tabelle 1: Berechnung von c_{\max} zur Einhaltung der Emissionsbedingungen im Oberen Grundwasserleiter

| Einhaltung der Emissionsbedingungen im Oberen Grundwasserleiter mit $A=1.000\text{m}^2$, $n=0,25$, $c_{\max}=E_{\max}/v_A \cdot A \cdot n$ | | | |
|--|--|--|--|
| Parameter | E_{\max}-W-Wert (VwV Orientierungswerte) | Zulässiger Durchschnittswert pro Stromröhre | Zulässiger Durchschnittswert für Gesamtbereich (10 Stromröhren) |
| | [g/d] | c_{\max} [µg/l] | c_{\max} [µg/l] |
| EPA-PAK o. N. | 0,32 | 9,4 | 94 |
| Naphthalin | 4,5 | 132 | 1.320 |
| BTEX (BBodSchV) | 20 | 588 | 5.880 |
| Benzol | 2 | 59 | 590 |

Wie oben erwähnt, wurden die Sanierungsbereiche (Schadstoffherde) eingegrenzt. Dazu wurden jeweils die aktuellsten Grundwasseranalysen herangezogen:

- Für die im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen neu errichteten Messstellen wurde jeweils der gewichtete Mittelwert der Ergebnisse aus der tiefenzonierten Beprobung (Oktober 2002) verwendet.
- Für die anderen Messstellen wurden die Ergebnisse der Nullbeprobung der Abstomsicherung/Teilsanierung (November 2002) verwendet, gab es hier keine Messwerte, wurde auf die Ergebnisse der Beprobungsrunde vom August bzw. Februar 1998 zurückgegriffen. Für die Abstommessstellen, die alle 2 Monate beprobt werden, wurde der Mittelwert von Januar 2001 bis Januar 2003 verwendet.

Die Messstellen, die eine geringere Konzentration als c_{\max} aufweisen, wurden in der Anlage 5.1 grün, die anderen mit den höheren Konzentrationen rot dargestellt. Die Bereiche mit den grün markierten Grundwassermessstellen sind nicht zur Sanierung vorgesehen. Für die Bereiche mit den rot gekennzeichneten Grundwassermessstellen wurde nur der Teilbereich, in dem offensichtlich ein Schadstoffeintrag stattfindet, als sanierungsrelevant eingestuft. Nehmen die Schadstoffkonzentrationen in Grundwasserfließrichtung deutlich ab, so wird davon ausgegangen, dass hier eine Schadstofffahne gemessen wurde. Der Fahnenbereich wurde nicht in den Sanierungsbereich mit aufgenommen.

Die Ergebnisse sind in den Anlagen 5.1.1-5.1.4 getrennt für jeden der relevanten Schadstoffparameter dargestellt. Der Gesamtsanierungsbereich ergibt sich aus der maximalen Ausdehnung der Einzelsanierungsbereiche (s. Anlage 5.1.5). Die neu festgelegten Sanierungsbereiche besitzen durch den Erkenntniszugewinn aus den im Jahr 2002-2004 durchgeführten Untersuchungen eine deutlich größere Ausdehnung als die Sanierungsbereiche, die vorab in der E₃₋₄-Bearbeitung festgelegt wurden. Diese neu festgelegten Sanierungsbereiche stellen die maximale Ausdehnung dar, so dass bei einer Sanierung derselben es wahrscheinlich ist, dass die Sanierungsziele für den ehem. Gaswerksbereich eingehalten werden können. Gleichfalls gibt es innerhalb eines Sanierungsbereichs Kernschadensbereiche (siehe Anlage 5.1.5), in denen die höchsten Schadstoffkonzentrationen zu finden sind.

Kernsanierungsbereich B: Hierzu zählt der Bereich um die GWM-B3 (gesamter Aquifer), der untere Aquiferbereich bei den GWM-B4, GWM-B5 und GWM-B2, sowie der Bereich der GWM-B7 (gesamter Aquifer)

Kernsanierungsbereich D2: Der Sanierungsbereich D2 wurde durch die hohen EPA-PAK-Konzentrationen an den beiden Versickerungsbrunnen VB4 und VB5 bis an den Sanierungsbereich D1 erweitert. Die GWM-D2/3 zeigt deutlich geringere Konzentrationen als VB4 und VB5, so dass zwischen diesen Messstellen im Bereich der ehemaligen Teerscheideanlagen ein Schadstoffeintrag stattgefunden haben muss (gesamter Aquifer), (siehe Kapitel 4.3.3.1).

Kernsanierungsbereich G: Hierzu zählt der Bereich um die GWM-G1 (gesamter Aquifer).

Die Sanierungen beginnen zunächst in den Kernsanierungsbereichen und werden ggf. in Abhängigkeit der gewonnenen Erfahrungen auf die gesamten Sanierungsbereiche erweitert.

6 Bisher getroffene behördliche Entscheidungen

Bezüglich der Sanierung des ehem. Gaswerksgeländes liegen nachfolgend aufgeführte behördliche Entscheidungen vor. Es werden jeweils die wichtigsten Ergebnisse benannt:

(A) Protokoll der Bewertungssitzung auf Beweisniveau 3 (Sitzung vom 16.04.1997) [U13]:

- Der Altstandort befindet sich für das Schutzgut Grundwasser formal auf Beweisniveau BN4. Die 1990 durchgeführte Bewertung auf BN4 entspricht nicht dem Orientierungswerte-Erlass, da u.a. die Immissions-/Emissionsbetrachtung fehlt. Daraus ergibt sich eine Neubewertung des Schutzgutes Grundwasser auf BN3. Der Handlungsbedarf ergibt sich zu „Ergänzende E_{3.4}-Bearbeitung im Rahmen des Pilotvorhabens“.
- In der Sitzung der Bewertungskommission am 16.04.1997 wurde für das Schutzgut Boden (entspricht nach heutigem Bewertungsstand dem Wirkungspfad Boden-Mensch der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung BBodSchV) das Beweisniveau BN 3 erreicht, der weitere Handlungsbedarf wurde mit B (Belassen) bewertet.

Die Bewertung wurde im Hinblick auf das Schutzgut „Gesundheit von Menschen auf kontaminierten Flächen“ (entspricht nach heutigem Bewertungsstand BBodSchV dem Wirkungspfad Boden-Mensch für Industrie und Gewerbegrundstücke) durchgeführt. Aufgrund der gewerblichen Nutzung des ehemaligen Gaswerksgeländes wurden der Bewertung die Prüfwerte aus der damals gültigen Verwaltungsvorschrift „Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen“ P-M3 zugrunde gelegt (nach heutigem Bewertungsstand werden die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch der BBodSchV herangezogen).

Das ehemalige Gaswerksgelände ist zu ca. 70% versiegelt (Betriebsgebäude, Parkplätze, Verkehrsflächen). Im Bereich von Freiflächen besteht eine durchgängige Oberflächenabdeckung, so dass eine gesundheitliche Gefährdung durch direkten Kontakt zum Boden bzw. durch inhalative Aufnahme von Bodestaub nicht zu befürchten ist. Laut Protokoll der Bewertungssitzung am 16.04.1997 war eine Oberbodenuntersuchung (Untersuchung der obersten Zentimeter des Bodens) bei der derzeitigen Nutzung aus Sicht des Gesundheitsamtes nicht erforderlich.

Abweichend von der Verwaltungsvorschrift „Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen“ wurden die maßgebenden P-M3-Werte nicht für den Oberboden, sondern für die gesamte anthropogene Auffüllungsschicht angesetzt, um den direkten Kontakt mit kontaminiertem Bodenmaterial bei Erdarbeiten auf dem Gelände zu be-

rücksichtigen. Die Prüfwerte aus der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch gelten ebenfalls nur für den Oberbodenbereich, außerdem ist in der BBodSchV lediglich ein Prüfwert für Benzo-(a)-pyren von 12 mg/kg angegeben. Hilfsweise wird deshalb üblicherweise für die Summe der EPA-PAK (ohne Naphthalin) und für die BTEX die VwV Orientierungswerte herangezogen.

Zur Bewertung des Oberbodens wurden die Prüfwerte mit den Analysenergebnissen an EPA-PAK und BTEX aus dem Bericht „Ergänzende Untersuchungen“ [U4] verglichen. Es zeigte sich, dass

- der P-M3-Wert für EPA-PAK o. Naphthalin von 100 mg/kg von insgesamt 16 untersuchten Bodenproben aus dem Auffüllungsbereich bei 6 Proben unterschritten und bei 10 Proben überschritten wurde,
- der P-M3-Wert für BTEX von 60 mg/kg von insgesamt 33 untersuchten Bodenproben aus dem Auffüllungsbereich bei 29 Proben unterschritten und bei 4 Proben überschritten wurde.

Die Bewertung (siehe Anlage 1) ergab das Erreichen des Beweisniveaus 3, Handlungsbedarf B (Belassen).

Bei Erdarbeiten auf dem Werksgelände anfallendes kontaminiertes Bodenmaterial ist zu separieren und ordnungsgemäß zu entsorgen, die Arbeitsschutzmaßnahmen sind zu beachten.

- Als einziges Gebäude mit sensibler Nutzung auf dem ehem. Gaswerksgelände ist das Freizeitheim zu nennen. Für die Beurteilung des Schutzgutes Luft (Raumluft) sind dort bei Hochwasser Raumluftmessungen durchzuführen, da es zu Geruchsbelästigungen bei Hochwasser durch eindringendes Grundwasser in das zweite Kellergeschoß des Freizeitheimes kommt. Ziel ist, festzustellen, ob zeitweise Raumluftbelastungen auftreten. Die Raumluftmessungen im Keller des Freizeitheimes wurden am 12. und 21.07.99 durchgeführt [U25, U26]. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass am 12.07.99 (während des Hochwasserereignisses, bei eingedrungendem Grundwasser) die Empfehlungswerte für VOC (flüchtige organische Verbindungen) und Benzol überschritten wurden und die PAK-Konzentrationen deut-

lich über den üblichen Konzentrationen von Außenluftwerten lagen (Benzo-a-pyren lag jedoch unterhalb der Nachweisgrenze). Nach den damaligen Erkenntnissen bestanden keine gesundheitlichen Bedenken bei der temporären Nutzung des Gebäudes in den oberen Stockwerken stundenweise oder an einzelnen Tagen. Bei der 2. Raumlufthmessung, die nach dem Hochwasserereignis am 21.07.99 im Keller des Freizeitheimes durchgeführt wurde, lagen die VOC-Konzentrationen unterhalb des Empfehlungswertes, die Summe der Aromaten lag geringfügig über dem Empfehlungswert, Phenole waren nicht nachweisbar. Gegen die Nutzung der oberen Stockwerke als Büroräume bestehen laut Gutachter keine Bedenken.

(B) Protokoll der Bewertungssitzung auf Beweisniveau 4 (Sitzung vom 27.10.1999) [U14]:

- Durch die Bewertung des Schutzgutes „Boden-Gesundheit von Menschen auf kontaminierten Flächen“ mit B (Belassen) in der Sitzung der Bewertungskommission auf BN3 ist auf dem Gelände im derzeitigen Zustand keine höherwertige Bodennutzung möglich.
- Für den Routine-Sanierungsbetrieb sind im Ablauf der Wasseraufbereitung, vor der Wiederversickerung außerhalb des Spülkreislaufs, die Werte nach dem Stand der Technik einzuhalten. Ansonsten ist das Wasser in die Kanalisation einzuleiten.
- Redundante Auslegung der Infiltrationsbrunnen, um Infiltrationsprobleme zu minimieren
- Sanierungsziel:

Oberer Grundwasserleiter: Einhaltung der Emissionsbedingungen

Mittlerer Grundwasserleiter: Einhaltung der Immissions- und Emissionsbedingungen

- Befürwortung des Verzichtes auf eine Ammoniumabreinigung auf dem Gelände
- Beweisniveau 4 wurde erreicht, als Sanierungsmethode soll die mikrobiologische in-situ und on-site Sanierung zur Anwendung kommen.

**(C) Wasserrechtliche Erlaubnis der Stadt Mannheim zur Teilsanierung/
Abstromsicherung im Bereich des Freizeitheimes (Sanierungsbereich D1) [U6]**

Die wasserrechtliche Erlaubnis beinhaltet im wesentlichen die Entnahme von 7,5m³/h Grundwasser aus dem GK35 und die Infiltration von je 1,25m³/h in die Brunnen VB1-VB5 und IB1 (inkl. Nährstoffzugabe) sowie die Durchführung der Fremdüberwachung (Beprobungsrhythmus von Messstellen, der Wasseraufbereitungsanlage während der Inbetriebnahme und des Routinebetriebs der Anlage, Chemische Analytik) für die Abstromsicherung/Teilsanierung im Bereich des Freizeitheimes (Sanierungsbereich D1).

(D) Protokoll der Bewertungssitzung (Sitzung vom 01.07.2004) [U27]

Für den Mittleren Grundwasserleiter gilt die Geringfügigkeitsschwelle.

Auf die formale Festlegung eines Sanierungsziels für den Mittleren Grundwasserleiter wurde verzichtet.

7 Sanierungsvoruntersuchungen**7.1 Übersicht über Voruntersuchungen**

Die Sanierungsvoruntersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, die Boden- und Grundwasserkontaminationen in den einzelnen Sanierungsbereichen genau einzugrenzen, um die Sanierungsanlagen (Entnahme- und Infiltrationsbrunnen, Entnahme- und Infiltrationswassermengen) planen und positionieren zu können. Ebenso waren mikrobiologische Untersuchungen (für in-situ-Abbau) notwendig.

Im Zeitraum Mai 2002 bis Juli 2004 wurden auf dem ehemaligen Gaswerkgelände folgende Maßnahmen durchgeführt:

- (1) Bau von 28 Stk. 6“-Grundwassermessstellen bis in den Oberen Zwischenhorizont
- (2) Beprobung und chemische Analytik des Bodens (im wesentlichen EPA-PAK und AKW)
- (3) Tiefenzonierte Beprobung des Grundwassers in 29 Grundwassermessstellen und chemische Analytik (im wesentlichen EPA-PAK, AKW, Phenolindex, teilweise Nährstoffe, Eisen, Mangan)
- (4) Flowmeter-Messungen in 5 ausgesuchten Grundwassermessstellen
- (5) Mikrobiologische Untersuchungen
- (6) Optimierungen für die in-situ und on-site Sanierung

Die Ergebnisse der Sanierungsvoruntersuchungen (1)-(4) wurden in den vorangegangenen Kapiteln zur Beschreibung des Bodenaufbaus, der Grundwasserhydraulik, der Belastungssituation des Bodens und des Grundwassers beschrieben. Detailliert sind die Ergebnisse in dem Bericht zu den Sanierungsvoruntersuchungen [U11] nachzulesen.

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (5) und der Optimierungen für die in-situ-Sanierung (6) werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

7.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Zielsetzungen der Untersuchungen war, mit Hilfe von mikrobiologischen Laborversuchen zu prüfen, ob die für den Teilbereich D1 erarbeiteten Grundlagen aus der Pilotsanierung am Freizeitheim [U9] auch auf die anderen Teil- bzw. Sanierungsbereiche übertragbar sind. Hierzu wurden aus verschiedenen Bereichen Bodenproben im Zuge des Baus der neuen Grundwassermessstellen im Rahmen der Sanierungsvoruntersuchungen entnommen und in Laborversuchen untersucht. Bestimmt bzw. durchgeführt wurden:

- Aktuelle Belastungssituation
- Keimzahlbestimmung
- Bodenatmung
- Mikrokosmostest

Zur Bewertung konnte teilweise direkt auf Daten zurückgegriffen werden, die im Zug des Pilotversuchs ermittelt wurden, zum Teil wurden die Ergebnisse auf den Pilotversuch transponiert. Zusätzlich wurden Standortdaten (Kontamination des Bodens und des Grundwassers) ausgewertet. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass an allen untersuchten Orten ein vergleichbares Schadstoffabbaupotenzial vorhanden ist. Die Geschwindigkeit des Schadstoffabbaus korreliert zum einen mit der Masse der vorhandenen Schadstoffe entsprechend einem Abbaugeschehen 1. Ordnung und zum anderen mit der Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren (z.B. Nitrat).

Unterschiedliche Schadstoffausbreitungswege am Standort haben dazu geführt, dass die Zusammensetzung der PAK sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung sehr stark variieren kann.

Wo die natürlichen Abbaubedingungen günstig sind (oder waren), wurde Naphthalin sowie die weiteren niedermolekularen PAK weitgehend abgebaut. Üblicherweise führt dies zu einer starken Zunahme des relativen Anteils an Acenaphthen. Dies wurde an mehreren Grundwasserproben beobachtet. Acenaphthen akkumuliert zwar in-situ, kann aber unter günstigen Abbaubedingungen – wie sie in den Abbauprobeversuchen erzielt wurden – ebenfalls recht gut abgebaut werden.

Aromatische Kohlenwasserstoffe waren in den entnommenen Bodenproben nicht enthalten. Hohe Konzentrationen waren nur in begrenzten Horizonten vorhanden, Mischproben setzten sich aus über die gesamte Vertikale entnommenen Einzelproben zusammen.

Das Abbauverhalten der klassischen BTEX kann ähnlich abgeschätzt werden wie das der niedermolekularen PAK. Die Abbaubarkeit von 1- und 2-Methylnaphthalin sowie von Indan ist vergleichbar mit dem von Naphthalin. Damit ergibt sich, dass der Standort ein hohes Abbaupotenzial für diese Substanzen besitzt. Lediglich der Abbau von 1,1'-Biphenyl ist bisher nur unter aeroben Bedingungen nachgewiesen, so dass ein Abbau unter den derzeitigen Bedingungen am Standort nicht zu erwarten ist. Unter den angestrebten Bedingungen im Zuge des in-situ-Abbaus kann jedoch auch ein Abbau von 1,1-Biphenyl erreicht werden.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Ergebnisse aus der Pilotsanierung auch auf die anderen Sanierungsbereiche übertragbar sind und dass ein mikrobiologischer Abbau der PAK und AKW möglich ist.

7.3 Optimierungen für die in-situ und on-site Sanierung

In [U18] wurden verschiedene Aspekte zur Optimierung des mikrobiellen in-situ-Abbaus sowie der vorgesehenen Verfahrenstechnik betrachtet.

Basierend auf den Charakteristika des Standortes sowie den Ergebnissen des Pilotversuchs zur mikrobiellen on-site Reinigung des entnommenen Grundwassers und zum mikrobiellen in-situ-Abbau der PAK und BTEX wurde das Optimierungspotenzial des Verfahrens untersucht. Geprüft wurden

- das on-site Wasserreinigungsverfahren,
- eine alternative Methode der Infiltration von H_2O_2 sowie
- die Verwendung alternativer Elektronenakzeptoren.

Die Dauer und die Kosten des Sanierungsverfahrens sind wesentlich davon abhängig, wie schnell und effizient geeignete Elektronenakzeptoren in den Grundwasserleiter gebracht werden können. Daher zielen die Optimierungsmaßnahmen hauptsächlich auf diesen Punkt ab. Zusammenfassend wurden folgende Maßnahmen abgeleitet:

- Infiltration von maximal 100mg/l H_2O_2 (ggf. Sättigung mit technischem Sauerstoff) und 100mg/l Nitrat,
- diskontinuierliche Infiltration von H_2O_2 (3-6 Wochen Pause, sobald die Infiltrationsleistung nachläßt),
- regelmäßige Regenerierung der Infiltrationsbrunnen,

- Installation eines Fallrohres mit Rückschlagklappen im Infiltrationsbrunnen (Wasserstand in den Brunnen kann mit Hilfe von an der Basis installierten Druckaufnehmern automatisch überwacht werden),
- langsames Anfahren der Infiltration nach Infiltrationsstillstand,
- zusätzliche Infiltration einer Nährlösung-Mischung (H_2O_2 , NO_3^- , PO_4^{3-}) mit Hilfe von druckhaltenden Infiltrationsschläuchen (evtl. Test über einen Pilotversuch) sowie
- mögliches Generieren des Elektronenakzeptors Nitrat durch Installation einer Nitrifikationsstufe in der Wasseraufbereitungsanlage und Begrenzung auf eine Nitrat-Ablaufkonzentration von 100 mg/l durch Limitierung der Sauerstoffzufuhr (dies ist wirtschaftlicher, als die Dosierung von Nitrat). Vorteil ist die gleichzeitige Reduktion des Ammoniums (ca. 25 mg/l Reduktion des Ammonium-Gehaltes).

8 Vorgesehenes Sanierungsverfahren

8.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Für die Sanierung des ehemaligen Gaswerksgeländes ist eine mikrobiologische in-situ und on-site Sanierung der gesättigten Zone über die Installation von Spülkreisläufen durch Entnahme- und Infiltrationsbrunnen vorgesehen. Das entnommene Grundwasser wird in einer zentralen on-site Grundwasseraufbereitungsanlage von organischen Schadstoffen (PAK, BTEX) sowie von Eisen und Mangan (damit keine Verockerungen in den Infiltrationsbrunnen auftreten) abgereinigt. Anschließend wird das Wasser mit Nährstoffen (Nitrat, Phosphat) und einem Sauerstofflieferanten (z.B. Wasserstoffperoxid H_2O_2) versetzt und wieder infiltriert.

Die in den nachfolgenden Kapiteln 8.2 bis 8.5 beschriebenen Maßnahmen und Mengen zur Einrichtung von Spülkreisläufen beziehen sich auf die am stärksten kontaminierten Kernsanierungsbereiche.

Geplant ist ein stufenweises Vorgehen, d.h. die Sanierung beginnt in den Kernsanierungsbereichen und wird in Abhängigkeit der Ergebnisse auf die Gesamtsanierungsbereiche ausgedehnt.

Es ist davon auszugehen, dass für die Sanierungsbereiche B, D2 und G die Funktionsfähigkeit der Spülkreisläufe auch bei auftretenden Hochwasserständen des Rheins gewährleistet werden kann. D.h. es herrscht keine Grundwasserfließrichtung vom Gaswerksgelände in Richtung Altrheinarm, sondern eine entgegengesetzte Grundwasserströmung vom Altrheinarm in Richtung Gaswerksgelände (siehe Kapitel 3.4). Für den Wasserrechtsantrag zur Sicherung und Teilsanierung des Grundwassers im Bereich des Freizeitheims [U15] wurde durch numerische Optimierungsrechnungen mit dem instationären Grundwassermodell sichergestellt, dass auch bei schwankender bzw. wechselnder Grundwasserfließrichtung das innerhalb des Spülkreislaufs versickerte Wasser dem Entnahmebrunnen zuströmt. Da der Bereich D1 den geringsten Abstand zur westlichen Gaswerksgrenze hat und dort die Einflüsse von Rheinhochwasserständen am stärksten sind, können diese Ergebnisse auch auf die restlichen Sanierungsbereiche übertragen werden.

8.2 Grundwassermodell

Das bestehende Grundwassermodell [U6, U23] wurde um die Informationen aus den Sanierungsvoruntersuchungen erweitert und ergänzt (siehe Anlage 8.3).

Die Bohrungen bis zum Oberen Zwischenhorizont im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen zeigten, dass sich im unteren Teil des Aquifers bedeutende Konzentrationen an Schadstoffen akkumulieren. Deshalb beschloss der Arbeitskreis in der 5. AK-Sitzung [U24] das Grundwassermodell nochmals zu erweitern, um die Strömungs- und Transportvorgänge in diesem Bereich ausreichend genau modellieren zu können.

Dazu wurde der Aquifer in insgesamt 7 Schichten aufgeteilt, wobei die Unterteilung anhand der Schichtenverzeichnisse aller tiefen (bis ca. 30m) Bohrungen erfolgte. Für die Bestimmung der Durchlässigkeiten (k_f -Werte) der einzelnen Schichten wurden die vorliegenden Kornverteilungen [U11, U22] verwendet, die Ergebnisse aus den Flowmeter-Messungen [U11, U22] sowie die Ergebnisse der durchgeführten Pumpversuche [U11, U22].

Die Festsetzung der Tiefenbereiche für 7 Schichten fand entsprechend den Schichtenverzeichnissen für jeden Aufschluß separat statt. Entsprechend wurde jeder Schicht eines Aufschlusses ein k_f -Wert zugeordnet. Um die Ergebnisse übersichtlich darstellen zu können, sind in der nachfolgenden Tabelle 2 -unterteilt in die drei Sanierungsbereiche- jeweils die Mittelwerte der Unterkanten der Schicht sowie die Mittelwerte der k_f -Werte in den einzelnen Schichten dargestellt.

Tabelle 2: Lage und Durchlässigkeiten der 7 Schichten (jeweils Mittelwerte)

| Schicht | Sanierungsbereich B | | Sanierungsbereich D2 | | Sanierungsbereich G | |
|---------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | Unterkante Schicht [m u. GOK] | k_f -Wert [10^{-4} m/s] | Unterkante Schicht [m u. GOK] | k_f -Wert [10^{-4} m/s] | Unterkante Schicht [m u. GOK] | k_f -Wert [10^{-4} m/s] |
| 1 | 7,6 | 2 | 7,5 | 7 | 7,7 | 20 |
| 2 | 11,5 | 20 | 10,5 | 30 | 10,8 | 20 |
| 3 | 13,4 | 3 | 13,8 | 8 | 15,0 | 5 |
| 4 | 20,3 | 10 | 22,2 | 10 | 18,6 | 10 |
| 5 | 23,7 | 4 | 27,1 | 9 | 20,4 | 1 |
| 6 | 27,9 | 4 | 29,9 | 0,4 | 26,4 | 4 |
| 7 | 33,0 | 20 | 32,5 | 0,7 | 30,3 | 2 |

Die neu gewonnenen Daten wurden in das bestehende großräumige Grundwassermodell integriert. Die Durchlässigkeiten der einzelnen Schichten wurden bereichsweise überlappend über die Randbereiche des Gaswerksgeländes erweitert und in das großräumige Modell eingepasst.

Durch die Erweiterung ist es möglich, die unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten und die Fließwege von Partikeln in den einzelnen Schichten zu bestimmen und darzustellen.

8.3 Unterirdische Teilaufbereitung

8.3.1 Allgemeines

Über die Entnahme- und Infiltrationsbrunnen werden unterirdische Spülkreisläufe erzeugt. Die Lage der Brunnen wurde mit Hilfe des für den Standort entwickelten Grundwassermodells [U6] unter den Randbedingungen

- möglichst geringe zu entnehmende Wassermenge,
- Sicherung des gesamten Sanierungsbereichs,
- wenn möglich, Verwendung vorhandener Brunnen

optimiert.

Bei jedem Spülkreislauf wird rd. 2/3 der entnommenen Wassermenge wieder möglichst innerhalb des Spülkreislaufs infiltriert, wobei diesem Infiltrationswasser Nährstoffe (Nitrat ca. 100mg/l, Phosphat) und H_2O_2 (ca. 100mg/l) als Sauerstofflieferant zugesetzt werden. Dadurch wird ein mikrobiologischer Teilabbau der Schadstoffe im Boden ermöglicht.

1/3 des Wassers wird außerhalb des Spülkreislaufs ohne Zugabe von Nährstoffen und H_2O_2 infiltriert. Die geplanten Spülkreisläufe der Kernsanierungsbereiche B, D2 und G wurden in gleichzeitigem Betrieb der Kernsanierungsbereiche D1 und E modelliert (die Entnahmeraten der Bereiche D1 und E aus dem Sanierungsplan Teil 1 wurden an den erweiterten Betrieb angepasst, siehe Anlage 8.1.4).

8.3.2 Spülkreisläufe in den Sanierungsbereichen B, D2 und G

Kernsanierungsbereich B

Um den Kernsanierungsbereich abzureinigen, wird die bestehende GWM-B9 als Entnahmefountain verwendet. Das Wasser wird über die gesamte Aquifermächtigkeit entnommen und in die beiden bestehenden vollkommen ausgebauten Infiltrationsbrunnen GWM-B1 und GWM-B2 versickert. Außerhalb wird in den bestehenden Brunnen GK5 versickert. Über diesen Spülkreislauf wird der am stärksten kontaminierte Bereich um die GWM-B3 abgereinigt (siehe Kapitel 4.3.2.1).

Weiterhin werden zwei zusätzliche Entnahmefountain GWM-B11 und GWM-B12 errichtet, die im unteren Aquiferbereich (24 bis 33m u. GOK) verfiltert werden, damit hier gezielt das mit BTEX- und Benzol belastete Wasser im unteren Teil des Aquifer entnommen werden kann (sie-

he Kapitel 4.3.2.2). Versickert wird innerhalb des Spülkreislaufs in die bestehenden und vollkommen ausgebauten Brunnen GWM-B1, GWM-B2, GWM-B4, GWM-B5, GWM-B7, GWM-B8 und GWM-B10. Das Wasser, das in diesen Brunnen über den gesamten Aquifer infiltriert wird, wird aus den in 40 bis 170 m entfernt liegenden Entnahmebrunnen im unteren Aquiferbereich entnommen. Prinzipiell ist aufgrund der unterschiedlichen Infiltration- bzw. Entnahmestellen nicht auszuschließen, dass das infiltrierte und mit Sauerstoff und Nährstoffen angereicherte Wasser nicht vollständig wieder entnommen wird. Aufgrund der Entfernung ist jedoch nicht davon auszugehen, dass das Wasser nach der mindestens 40 m langen Strecke noch nennenswerte Konzentrationen an Sauerstoff bzw. Nährstoffen enthält. Zur Überprüfung werden hier in den Entnahmebrunnen Beprobungen auf Nitrat durchgeführt.

Außerhalb des Spülkreislaufs wird in die bestehenden Brunnen GK5 und GK22 versickert.

Der Kreislauf im Kernsanierungsbereich B wird durch die in nachfolgender Tabelle dargestellten Brunnen und Entnahmemengen realisiert (siehe Anlage 8.1.1).

Tabelle 3: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich B (Grundvariante)

| Bezeichnung | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen (ge- rundet) [m³/h] | Verfiltert von bis [m u. GOK] | Ausbaudurch- messer [mm] |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufs | | | | |
| GWM-B9* | - 6,0 | | 6,4-33,4 | 150 |
| GWM-B11 | - 4,0 | | 24,0-33,0 | 150 |
| GWM-B12 | - 3,5 | | 24,0-33,0 | 150 |
| <i>Summe</i> | - 13,5 | | | |
| GWM-B1* | | + 2,0 | 7,0-33,0 | 150 |
| GWM-B2* | | + 2,0 | 7,2-33,2 | 150 |
| GWM-B4* | | + 1,0 | 6,4-33,4 | 150 |
| GWM-B5* | | + 1,0 | 7,0-32,0 | 150 |
| GWM-B7* | | + 1,0 | 10,4-33,4 | 150 |
| GWM-B8* | | + 1,0 | 8,8-33,8 | 150 |
| GWM-B10* | | + 1,0 | 12,0-33,4 | 150 |
| <i>Summe</i> | | + 9,0 | | |
| Außerhalb des Spülkreislaufs | | | | |
| GK22* | | + 2,5 | 2,2-11,2 | 150 |
| GK5* | | + 2,0 | 5,0-20,0 | 150 |
| <i>Summe</i> | | + 4,5 | | |

* bereits existierende Brunnen

(*) Brunnen aus Sanierungsplan Teil 1

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe sind in nachfolgender Tabelle dargestellt (siehe auch Anlage 8.2).

Tabelle 4: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)

| | Modellschicht 1-5 (Kies/Sand-Schicht) | Modellschicht 6-7 (Feinsand- schicht) |
|---------|--|--|
| GWM-B9 | 6-90 | 24-33 |
| GWM-B11 | - | 15-24 |
| GWM-B12 | - | 18-27 |

Das Grundwassermodell zeigt weiterhin, dass der Hauptschadensbereich gut in den einzelnen Schichten (auch in der Feinsandschicht, 6./7. Schicht) durchströmbar ist. In den Anlagen 8.2 sind die Fließwege von Partikeln, die den Weg des strömenden Wassers zeigen, nach Start in den einzelnen Schichten dargestellt.

Kernsanierungsbereich D2

Für diesen Sanierungsbereich sind 3 Spülkreisläufe geplant. Mit diesen wird der gesamte Sanierungsbereich erfasst. Der Kernsanierungsbereich D2 wurde bis zum Sanierungsbereich D1 erweitert. Die ursprünglich als Versickerungsbrunnen geplanten und bereits existierenden VB4 und VB5 werden zur Entnahme verwendet, hinzu kommt der GWM-D2/4 als weiterer Entnahmefontäne.

Die Versickerung erfolgt in die bestehenden Brunnen GWM-D2/3, GWM-D2/1 und in die neu zu errichtenden Infiltrationsbrunnen GWM-D2/5, GWM-D2/6, GWM-D2/7.

Alle Entnahme- und Infiltrationsbrunnen sind vollkommen ausgebaut.

Außerhalb des Spülkreislaufrs wird das Wasser in den neu zu errichtenden Versickerungsbrunnen VB11 (nördlich der Grenze des Sanierungsbereichs D1) infiltriert.

Der Kreislauf im Bereich D2 wird durch die in nachfolgender Tabelle dargestellten Brunnen und Entnahmemengen realisiert (siehe Anlage 8.1.1).

Tabelle 5: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich D2 (Grundvariante)

| Bezeichnung | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen, gerun- det [m³/h] | Verfiltert von bis [m u. GOK] | Ausbaudurch- messer [mm] |
|-------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufs | | | | |
| VB4* | - 5,0 | | 8 bis 30m | 500 |
| VB5* | - 5,0 | | 8 bis 30m | 500 |
| GWMD2/4 | - 5,0 | | 6-33 | 150 |
| <i>Summe</i> | <i>- 15,0</i> | | | |
| GWM-D2/1* | | + 1,7 | 6,5-32,5 | 150 |
| GWM-D2/3* | | + 1,7 | 4,5-32,5 | 150 |
| GWM-D2/5 | | + 1,7 | Bis 30m | 400 |
| GWM-D2/6 | | + 1,7 | Bis 30m | 400 |
| GWM-D2/7 | | + 1,7 | Bis 30m | 400 |
| VB-E5* | | + 1,7 | Bis 30m | 400 |
| <i>Summe</i> | | <i>+ 10,0</i> | | |
| Außerhalb des Spülkreislaufs | | | | |
| VB7 (*) | | +2,5 | Bis 15m | 300 |
| VB11 | | +2,5 | Bis 15m | 300 |
| <i>Summe</i> | | <i>+ 5,0</i> | | |

* bereits existierende Brunnen

(*) Brunnen aus Sanierungsplan Teil 1

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe sind in nachfolgender Tabelle dargestellt (siehe auch Anlage 8.2).

Tabelle 6: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)

| | Modellschicht 1-4 (Kies/Sand-Schicht) | Modellschicht 6-7 (Feinsand- schicht) |
|----------|---|---|
| VB4 | 3-21 | 3-6 |
| VB5 | 3-12 | 9-12 |
| GWM-D2/4 | 3-12 | 6-9 |

Kernsanierungsbereich G

Für diesen Sanierungsbereich ist zunächst 1 Spülkreislauf geplant. Die Entnahme erfolgt in diesem Kernsanierungsbereich aus dem neu zu errichtenden Versickerungsbrunnen GWM-G4,

infiltriert wird in den bestehenden GWM-G2 und in die neu zu errichtenden GWM-G5. Alle Entnahme- und Infiltrationsbrunnen sind vollkommen ausgebaut.

Außerhalb des Spülkreislaufts wird in die bestehende VB-E10 (Sanierungsplan Teil 1) infiltriert.

Der Kreislauf im Bereich G wird durch die in nachfolgender Tabelle dargestellten Brunnen und Entnahmemengen realisiert (siehe Anlage 8.1.1).

Tabelle 7: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich G (Grundvariante)

| Bezeichnung | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen, gerun- det [m³/h] | Verfiltert von bis [m u. GOK] | Ausbaudurch- messer [mm] |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufts | | | | |
| GWM-G4 | - 4,0 | | bis 30m | 150 |
| <i>Summe</i> | - 4,0 | | | |
| GWM-G2* | | + 1,3 | 9,5-31,5 | 150 |
| GWM-G5 | | + 1,3 | Bis 30m | 400 |
| <i>Summe</i> | | + 2,6 | | |
| Außerhalb des Spülkreislaufts | | | | |
| VB-E10 (*) | | +1,3 | Bis 15m | 300 |
| <i>Summe</i> | | + 1,3 | | |

* bereits existierende Brunnen

(*) Brunnen aus Sanierungsplan Teil 1

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe sind in nachfolgender Tabelle dargestellt (siehe auch Anlage 8.2).

Tabelle 8: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)

| | Modellschicht 1-4 (Kies/Sand-Schicht) | Modellschicht 6-7 (Feinsandschicht) |
|--------|--|--|
| GWM-G4 | 3-42 | 6-15 |

Als Ergebnis wurde auf der Sitzung der Bewertungskommission [U14] eine redundante Auslegung der Infiltrationsbrunnen gefordert, da es während des Pilotvorhabens [U9] durch die Infil-

tration von hoch konzentriertem H_2O_2 zu Infiltrationsproblemen kam. In [U18] wurde zum einen vorgeschlagen, die infiltrierte Menge an H_2O_2 auf 100mg/l zu beschränken, zum anderen die Infiltrationsbrunnen, an denen eine Verminderung der Infiltrationskapazität festzustellen ist, während 3-6 Wochen nur mit abgereinigtem Wasser (ohne Zugabe H_2O_2) zu beaufschlagen, damit evtl. Verockerungen, die den Rückgang der Infiltrationskapazität verursachen können, sich wieder lösen.

In beiden nachfolgenden Varianten A und B wird gezeigt, dass die Hälfte der Infiltrationsbrunnen unter Erfassung der Sanierungsbereiche auch wechselseitig betrieben werden können (siehe Anlagen 8.1.2 und 8.1.3), d.h. eine Redundanz ist gewährleistet.

Tabelle 9: Entnahme- und Infiltrationsmengen für Variante A und Variante B

| Bezeichnung | | Variante A | | Variante B | |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| | Sanierungs- bereich | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen, gerun- det [m³/h] | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen, ge- rundet [m³/h] |
| Innerhalb Spülkreislauf | | | | | |
| GWM-B9* | B Entnahme | - 6,0 | | - 6,0 | |
| GWM-B11 | | - 4,0 | | - 4,0 | |
| GWM-B12 | | - 3,5 | | - 3,5 | |
| <i>Summe</i> | | - 13,5 | | - 13,5 | |
| GWM-B1 | B Infiltration | | + 4,0 | | + 0,0 |
| GWM-B2 | | | + 0,0 | | + 4,0 |
| GWM-B4 | | | + 0,0 | | + 2,5 |
| GWM-B5 | | | + 1,7 | | + 0,0 |
| GWM-B7 | | | + 1,7 | | + 0,0 |
| GWM-B8 | | | + 0,0 | | + 2,5 |
| GWM-B10 | | | + 1,7 | | + 0,0 |
| <i>Summe</i> | | | + 9,0 | | + 9,0 |
| GWM-D2/4 | D2 Entnahme | - 5,0 | | - 5,0 | |
| VB4* | | - 5,0 | | - 5,0 | |
| VB5* | | - 5,0 | | - 5,0 | |
| <i>Summe</i> | | - 15,0 | | - 15,0 | |
| GWM-D2/5 | D2 Infiltration | | + 3,3 | | + 0,0 |
| GWM-D2/3* | | | + 0,0 | | + 3,3 |
| GWM-D2/1* | | | + 3,3 | | + 0,0 |
| VB-E5(*9 | | | + 0,0 | | + 3,3 |
| GWM-D2/6 | | | + 3,3 | | + 0,0 |
| GWM-D2/7 | | | + 0,0 | | + 3,3 |
| <i>Summe</i> | | | + 10,0 | | + 10,0 |
| GWM-G4 | G Entnahme | - 4,0 | | - 4,0 | |
| GWM-G2 | G Infiltration | | + 2,7 | | + 0,0 |
| GWM-G5 | | | + 0,0 | | + 2,7 |
| <i>Summe</i> | | - 4,0 | + 2,7 | | + 2,7 |
| Außerhalb Spülkreislauf | | | | | |
| VB7* | | | + 2,5 | | + 2,5 |
| VB11 | | | + 2,5 | | + 2,5 |
| GK5 | | | + 2,0 | | + 2,0 |
| GK22 | | | + 2,5 | | + 2,5 |
| VB-E10 | | | + 1,3 | | + 1,3 |
| <i>Summe</i> | | | + 10,8 | | + 10,8 |

* bereits existierende Brunnen

(*) Brunnen aus Sanierungsplan Teil 1

8.4 Nährstoffinfiltration

Zur Unterstützung des mikrobiologischen Abbaus der Schadstoffe im Boden können auf folgende Arten Nährstoffe und H_2O_2 in den Spülkreislauf eingebracht werden:

1. Vermischen mit dem gereinigten Wasser aus der Wasserreinigungsanlage und Einbringen während der Versickerung über die bestehenden Infiltrationsbrunnen.
2. Einbringen über bestehende Grundwassermessstellen innerhalb des Spülkreislaufs.
3. Einbringen über zusätzliche zu errichtende Vertikal- oder Horizontalbrunnen

Bei den Punkten 2.) und 3.) können bei Bedarf sog. druckhaltende Schläuche (z.B. Draussy-Schläuche) verwendet werden, die über die gesamte Länge einen linearen Eintrag von Wirkstoffen gewährleisten.

Während des Sanierungsbetriebs wird in Abhängigkeit des Verlaufs (Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Spülkreislauf) darüber entschieden, ob und wenn ja in welchen Mengen ein zusätzliches Einbringen von Nährstoffen und H_2O_2 erforderlich ist.

8.5 Oberirdische Wasserreinigung

8.5.1 Allgemeines

Für das Grundwasser aus den Sanierungsbereichen B, D1, D2, E und G soll eine Wasserreinigungsanlage mit einem Durchsatz von rd. 55 m³/h für die Kernsanierungsbereiche mit bis zu 70 m³/h für die Gesamtsanierungsbereiche betrieben werden. Diese Anlage besteht aus drei, für verschiedene Durchsätze ausgelegten Anlagenstraßen. Die Anlagenstraßen 1 und 2 sind Bestandteil des Sanierungsplans Teil 1 (max. beantragter Durchsatz 30 m³/h für Teil 1, Auslegungsdurchsatz 35 m³/h nach optimierter Planung [U29] für Teil 1 und Teil 2), die Anlagenstraße 3 Bestandteil des vorliegenden Sanierungsplans.

8.5.2 Basisdaten

Bei der Dimensionierung der Anlage wird von den in nachfolgender Tabelle dargestellten Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Anlage ausgegangen. Die Konzentrationen im Ablauf der Anlage orientieren sich (bis auf Eisen, Mangan) an den Prüfwerten aus der BBodSchV:

Tabelle 10: Zu- und Ablaufkonzentrationen der Grundwasserreinigungsanlage

| Spülkreisläufe | Parameter | Konzentration im Zulauf [$\mu\text{g/l}$] | Max. Konzentration im Ablauf [$\mu\text{g/l}$] |
|------------------|--------------|---|--|
| Spülkreislauf B | Eisen | 8.000 | 250* |
| | EPA-PAK o.N. | 20 - 60 | 0,2 |
| | Naphthalin | 60 – 3.00 | 2 |
| | BTEX | 1.100 – 5.500 | 20 |
| | Benzol | 600 – 3.000 | 1 |
| Spülkreislauf D2 | Eisen | 8.500 | 250* |
| | EPA-PAK o.N. | 250 – 1.250 | 0,2 |
| | Naphthalin | 1 – 5 | 2 |
| | BTEX | 10 – 50 | 20 |
| | Benzol | 5 – 25 | 1 |
| Spülkreislauf G | Eisen | 4.500 | 250* |
| | EPA-PAK o.N. | 5 – 25 | 0,2 |
| | Naphthalin | 10 – 50 | 2 |
| | BTEX | 150 – 750 | 20 |
| | Benzol | 650 – 3.300 | 1 |

* die Einhaltung dieser Ablaufkonzentrationen muss bereits nach der Enteisung gewährleistet werden.

Im Sanierungsbereich D1 zeigte sich im Rahmen der Abstromsicherung/Teilsanierung am Freizeitheim, dass die tatsächlichen Schadstoffkonzentrationen im Zulauf der Anlage deutlich höher waren als die vorab geschätzten. Die abgeschätzten Zulaufkonzentrationen wurden über Analysergebnisse aus Standard-Grundwasserprobennahmen (gemäß Empfehlung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg mit geringer Förderrate bei einer Pumpdauer von rund 30min) ermittelt. Bei der permanenten Grundwasserentnahme zur Sicherung des Abstroms mit einer um ein Vielfaches höheren Förderrate (hier 7,5 m³/h) wird Grundwasser aus weiter entfernten liegenden Bereichen erfasst. Offensichtlich werden hier im Grundwasser gelöste Schadstoffe aus hoch belasteten Bereichen (ehemalige Ammoniakwassergruben, ehemalige Teergruben) mobilisiert und über die Abwehrbrunnen entnommen. Hieraus resultiert eine größere erforderliche Abreinigungsleistung der Reinigungsanlage.

In den Sanierungsbereichen B, D2 und G wurde aus diesem Grund eine Konzentrationsspanne angegeben, die sich aus dem Mittelwert der Analysenergebnisse im Bereich der Entnahmebrunnen und dem bis zu 5fachen dieses Wertes zusammensetzt.

Für die Nitrifikationsstufe (siehe nachfolgendes Kapitel) wird im Anlagenzulauf von einer Ammoniumkonzentration im Bereich von 100-120 mg/l ausgegangen (alternativ Nährstoffzudosierung).

8.5.3 Verfahrensbeschreibung

Die Wasseraufbereitungsanlage besteht nach der Erweiterung aus nachfolgend aufgeführten Anlagenkomponenten. Hierbei ist bereits die optimierte Planung aus [U29] berücksichtigt:

Straße 1 (Durchsatz rd. 10 m³/h):

Oxidation
Enteisung
Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Straße 2 (Durchsatz rd. 25 m³/h):

Oxidation
Enteisung
Biologische Stufe
Einbindemöglichkeit Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Straße 3 (Durchsatz rd. 20 m³/h):

Oxidation
Enteisung
Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Die Desorptionskolonne der Straße 3 sollte aufgrund der zu erwartenden Konzentrationen von Anfang an fester Bestandteil der Aufbereitungstechnik werden, allerdings soll die Möglichkeit

bestehen, die Desorptionsstufe auszuschalten und auf eine reine Adsorption umzustellen (siehe [U29]).

Die Reinigung der unterschiedlich stark belasteten Wässer aus den Bereichen B, D1, D2, E, G geschieht wie folgt:

- Hochbelastete Wässer ($>4.000 \mu\text{g/l}$ PAK und AKW in der Summe) werden über die Anlagenstraße 1 oder 3 gereinigt,
- geringer belastete Wässer ($2.000 - 4.000 \mu\text{g/l}$ PAK und AKW in der Summe) über die Anlagenstraße 2 und
- gering belastete Wässer ($<2.000 \mu\text{g/l}$ PAK und AKW in der Summe) über die Anlagenstraße 3 mit einer ausgeschalteten Desorption.

Im gemeinsamen Ablauf der drei Straßen wird eine Nitrifikationsstufe und/oder Nährstoffzudosierung geschaltet.

Insgesamt soll über die 3 Straßen eine Wassermenge von $55 \text{ m}^3/\text{h}$ (eventuell bis zu $70 \text{ m}^3/\text{h}$) abgereinigt werden können.

Beschreibung der verschiedenen Anlagenkomponenten:

In der Oxidationsstufe erfolgt eine Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff, in der Enteisenung wird oxidiertes Eisen entfernt. Durch Rückspülung der Enteisenungsstufe (mit Stadtwasser aus einem Hydranten oder mittels Reinwasser aus dem Anlagenablauf) wird bei Bedarf das abgelagerte Eisen und Mangan entfernt.

Das Rückspülwasser (Dünnschlamm, enthält Biomasse und Eisen-/Manganoxid) wird in einem Behälter aufgefangen. Das Klarwasser aus der Sedimentation wird in den Anlagenkreislauf zurückgeführt und mit dem Rohwasser vor der Oxidationsstufe vermischt (Optional ist eine Ableitung in den Kanal möglich). Für die Anlagenstraße 3 wird pro Jahr ein Schlammanfall (Trockensubstanz ca. 3 %) von rd. 40 t abgeschätzt. Der Schlamm für alle 3 Anlagenstraßen wird in einem Behälter mit einem Volumen von rd. 15 bis 20 m^3 zwischengelagert. Die Entsorgung des

Schlamm erfolgt, sobald der Behälter gefüllt ist. Entsprechend den Ergebnissen der Deklarationsanalytik werden für den Schlamm Entsorgungswege aufgezeigt und in Abstimmung mit den Behörden wird der Entsorgungsweg festgelegt.

Entweder wird nach der Enteisung

- eine Desorptionsstufe (d.h. leichtflüchtige organische Schadstoffe werden ausgestrippt) oder
- eine biologische Stufe (biologischer Abbau von organischen Schadstoffen) und/oder
- eine Adsorptionsstufe

installiert. Die jeweils letzte Anlagenkomponente der 3 verschiedenen Straßen stellt jeweils eine 2-stufige Adsorption (mit Polzeifilter) dar. Ausgetauschte Aktivkohle nach einem Filterwechsel wird direkt einer Entsorgung zugeführt.

Zusätzlich wird im Ablauf der drei Strassen eine Nitrifikationsstufe (für einen Teilstrom, d.h. 2/3 des Anlagenablaufs) und/oder Nährstoffzudosierung nachgeschaltet. In einer Nitrifikationsstufe wird durch Einbringen von Sauerstoff das vorhandene Ammonium zu Nitrat oxidiert, so dass Konzentrationen von bis zu 100 mg/l Nitrat erreicht werden.

Weiterhin wird eine Dosierstelle für H_2O_2 und Phosphat eingerichtet, wobei das Wasser mit max. 100 mg/l H_2O_2 beaufschlagt wird. Dieses Wasser wird innerhalb des Spülkreislaufs infiltriert, das restliche Drittel wird direkt in die Infiltrationsbrunnen ohne Zugaben versickert.

Ein Grundfließbild der Anlage ist in Anlage 8.4 beigelegt.

Abluft:

Die Luft in der Desorptionsstufe zum Ausstrippen von leichtflüchtigen Stoffen wird im Kreislauf gefahren, d.h. in dieser Anlagenstufe entsteht keine Abluft. Über Aktivkohlefilter, die regelmäßig ausgetauscht werden, wird die Striplot gereinigt.

Abluft entsteht lediglich über die sog. Behälterabsaugung. Die Luft aus den Behältern der Enteisung, der biologischen Stufe und der Adsorption wird kontinuierlich abgesaugt, über einen Aktivkohlefilter geleitet und gereinigt.

In der Abluft werden gemäß TA-Luft [U30] folgende Schadstoffkonzentrationen bzw. –frachten eingehalten:

| | Konzentrationen | Frachten |
|--|------------------------|----------|
| <u>Organische Schadstoffe</u> | | |
| C _{org} gemessen als Gesamtkohlenstoff | 50 mg/m ³ | 500 g/h |
| Stoffe der Klasse I | 20 mg/m ³ | 100 g/h |
| Stoffe der Klasse II (z.B. 1,1-Dichlorethan, 1,2-Dichlorethen cis und trans, 1,1,1-Trichlorethan) | 100 mg/m ³ | 500 g/h |
| <u>Krebserzeugende Schadstoffe</u> | | |
| Klasse I (z.B. Benzo(a)pyren) | 0,05 mg/m ³ | 0,15 g/h |
| Klasse III (z.B. Benzol, Trichlorethen, 1,2-Dichlorethan, Vinylchlorid) | 1 mg/m ³ | 2,5 g/h |

Infiltration:

Für die Reinfiltration von gereinigtem Grundwasser gilt:

- Generell wird die Infiltration nach einem Infiltrationsstillstand schrittweise (in 3m³/h-Schritten) wieder angefahren.
- Sobald die Infiltrationskapazität eines Versickerungsbrunnens nachlässt, wird in diesen für 3-6 Wochen kein H₂O₂ mehr infiltriert, damit sich die Verockerung (Verblockung von Eisenoxiden) wieder lösen kann.

8.6 Nachweis der Eignung des Verfahrens

Zum Nachweis zur Eignung des Verfahrens werden

- Die Ergebnisse der Pilotsanierung am Freizeitheim (1993-1997)
- Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen (August / September 2002)
- Die Ergebnisse des neuesten Grundwassermodells (2002)

herangezogen und nachfolgend näher beschrieben.

Pilotsanierung am Freizeitheim

Das Verfahren der mikrobiologischen in-situ und on-site Sanierung wurde für den ehem. Gaswerksstandort bereits in einem Pilotbetrieb (1993-1997) getestet. Im Hauptkontaminationsbereich östlich des Freizeitheims bei den ehemaligen Ammoniakwasser- und Benzolbehältergruben wurde ein Versuchsfeld (10 x 20m) für die mikrobiologische in-situ-Maßnahme eingerichtet. In einer on-site Wasseraufbereitungsanlage mit einem Durchsatz von 6m³/h wurde das entnommene Wasser abgereinigt, 3m³/h in die Kanalisation abgeschlagen und die anderen 3m³/h in den Boden infiltriert.

Folgende Fragestellungen wurden während des Pilotbetriebs behandelt:

- Mit welcher verfahrenstechnischen Auslegung kann das kontaminierte Grundwasser wirtschaftlich aufbereitet werden?
- Wie gut ist die Wasserlöslichkeit der standorttypischen Schadstoffe?
- Lassen sich die kontaminierten Bereiche der gesättigten und ungesättigten Zone gezielt mit Wasser durchströmen, und können die Schadstoffe so der oberirdischen Teilaufbereitung zugeführt werden?

- Wie sind die Erfolgsaussichten einer unterstützenden Aktivierung des mikrobiellen Abbaus der Schadstoffe im Boden und Grundwasser zu beurteilen?
- Welche klein- und großräumigen hydraulischen Grundwasserfließbedingungen herrschen im Bereich des Gaswerkstandortes vor und welche Schlüsse lassen sich hieraus zur Ermittlung des Gefährdungspotentials des Standorts ableiten?

Als Ergebnis des Pilotvorhabens wurde folgendes festgestellt:

1. Gesättigte Zone

- Die hydraulische Mobilisation der organischen Kontaminanten durch Infiltration von aufbereitetem Grundwasser trat insbesondere bei den gut wasserlöslichen Schadstoffen (Benzol, Toluol, Methylnaphthalin, Naphthalin, Acenaphten) in erheblichem Maße ein.
- Sowohl die gut durchlässige kiesige-sandige Aquiferschicht als auch der Feinsandbereich (von 18 - 32 m u. GOK) konnten sanierungstechnisch über den Spülkreislauf erreicht werden.
- Der Einfluß der Abbauaktivität der standortspezifischen Mikroflora auf die Kontaminationsgehalte des Grundwassers kann anhand der Ergebnisse eindeutig nachgewiesen werden.
- Während der biologisch aktiven Phase (die ersten 100 - 150 Tagen des Pilotversuchs) fand infolge des mikrobiellen In-situ-Schadstoffabbaus auch eine Detoxifizierung des Grundwassers statt.
- Somit kann folgendes Fazit gezogen werden:

Die Ziele des Pilotvorhabens, die Schadstoffe zur Mobilisierung und den mikrobiellen Abbau der Schadstoffe im Aquifer anzuregen, wurden erreicht. Insgesamt wurden während der Versuchsphase ca. 750 kg Kohlenwasserstoffe entfernt. Dabei dominierte der mikrobiologische Abbau die hydraulische Elimination deutlich.

Da sich das nachlassende Infiltrationsvermögen der Infiltrationseinrichtungen als entscheidender limitierender Faktor der hydraulisch-mikrobiologischen In-situ-Grundwasseraufbereitung herausstellte, muß bei der Planung der Sanierung auf eine redundante Auslegung bzw. Dimensionierung der Infiltrationseinrichtungen geachtet werden.

2. Ungesättigte Zone

- Der in der ungesättigten Zone durchgeführte Infiltrationsversuch zeigt deutlich, daß eine zielgerichtete Durchströmung aufgrund der sehr inhomogenen Zusammensetzung der ungesättigten Zone (Auffüllung) nicht möglich ist.
- Lokal hohe Schluffanteile in der Auffüllung verhindern das Infiltrieren von großen Wassermengen. Im vorliegenden Fall konnten lediglich 0,5 m³/h konstant infiltriert werden.
- Aufgrund dieser Ergebnisse wird eine reine hydraulische In-situ-Sanierung der ungesättigten Zone nicht empfohlen.

3. On-site Aufbereitungsanlage

- Durch den Einsatz biologischer Verfahrensstufen konnte das kontaminierte Grundwasser des Standortes einer effizienten On-site-Aufbereitung unterzogen werden. Dabei besiedeln die standortspezifischen Mikroorganismen die biologischen Stufen (z. B. Filterbett) in Abhängigkeit der vorliegenden Milieubedingungen und Substratangebote und können dadurch gezielt zur Elimination der organischen Kontaminanten eingesetzt werden. Der Anfall zu entsorgender Reststoffe ist insgesamt gering.
- Die Ablaufwerte der gesamten Aufbereitung zeigen, daß die vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden können. Sehr positiv, und in diesem Ausmaß nicht erwartet, wirkten sich die Eliminationseigenschaft der vorgeschalteten Eisenfiltration aus. Dadurch wird der am Ende der Aufbereitung installierte Adsorber (Aktivkohle) nicht als permanente Senke für PAK und BTEX genutzt, sondern erfüllt "nur" "Polizeifilterfunktion".

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

In Kapitel 7.1.1 sind die Ergebnisse aus [U18] erläutert. Die Ergebnisse aus der Pilotsanierung können auch auf andere Sanierungsbereiche übertragen werden, ein mikrobiologischer Abbau der PAK und AKW ist möglich.

Ergebnisse Grundwassermodell

In Kapitel 8.2 ist gezeigt, dass die geplanten Spülkreisläufe die Sanierungsbereiche horizontal und vertikal erfassen.

8.7 Sanierungsablauf

Es wird eine modulare Betriebsweise der Sanierungsanlage gewählt. Prinzipiell beginnt die Sanierung zunächst mit der Einrichtung von Spülkreisläufen in den am höchsten belasteten Kernsanierungsbereichen. Über die Erweiterung der Spülkreisläufe wird im Laufe des Sanierungsbetriebs entschieden.

Der Sanierungsablauf für die drei Sanierungsbereiche wird wie folgt durchgeführt:

Tabelle 11: Sanierungsablauf (Bereiche B, D2, G)

| | Maßnahmen | Dauer | Zeitpunkt ab Beginn der Maß- nahme |
|-----------|---|-----------|---|
| 1. | Ausschreibung, Vergabe Ausführungsplanung; Erstellen, Verschicken und Auswerten der Ausschreibung zum Brunnenbau und Anlagenbau; Vergabe der Arbeiten | 0,5 Jahre | 0,5 Jahre |

| | Maßnahmen | Dauer | Zeitpunkt ab Beginn der Maß- nahme |
|----|---|-----------|---|
| 2. | <p>Bau der Basis-Sanierungseinrichtung für Kernsanierungs- bereiche</p> <p>Bau weiterer Infiltrationsbrunnen (4 Stk.: GWM-D2/5, GWM-D2/6, GWM-D2/7, GWM-G5) und Entnahmefunnen (4 Stk.: GWM-B11, GWM-B12, GWM-D2/4, GWM-G4), Anschlüsse, Verlegung der Leitungen zur Wasserreinigungsanlage</p> <p>Umbau von Messstellen zu Entnahme- (3 Stk.: GWM-B9, VB4, VB5) und Infiltrationsbrunnen (10 Stk. innerhalb des Spülkreislaufs: GWM-B1, GWM-B2, GWM-B4, GWM-B5, GWM-B7, GWM-B8, GWM-B10, GWM-D2/1, GWM-D2/3, GWM-G2, 2 Stk. außerhalb des Spülkreislaufs: GK5, GK21), Verlegung der Leitungen zur Wasserreinigungsanlage</p> <p>Montage der Anlagenteile für die 3. Straße der Wasserreinigungsanlage, Anschluss der 3. Straße an die bestehenden beiden Straßen</p> <p>Nullbeprobung Sanierungsbereich B, D2 und G</p> | 0,5 Jahre | 1 Jahr |
| 3. | <p>Inbetriebnahme der Sanierungseinrichtung</p> <p>Inbetriebnahme der Spülkreisläufe und der oberirdischen Aufbereitungsanlage: Schrittweises Anfahen aller Entnahme- und der Infiltrationsbrunnen, Inbetriebnahme der Wasseraufbereitungsanlage, Ableitung des gereinigten Wassers in die Kanalisation.</p> | | |

| | Maßnahmen | Dauer | Zeitpunkt ab Beginn der Maß- nahme |
|----|--|-----------|---|
| | Steigerung des Anlagendurchsatzes um 3m ³ /h pro Woche auf die berechneten Entnahme- und Infiltrationsmengen. Infiltration von Nährstoffen in die bestehenden Infiltrationsbrunnen. | 0,5 Jahre | 1,5 Jahre |
| 4. | Sanierungsbetrieb Während des Sanierungsbetriebs wird entsprechend den gewonnenen Ergebnissen über weitere Maßnahmen (Nährstoffinfiltration) und die Erweiterung der Spülkreisläufe entschieden. | 3 Jahre | 4,5 Jahre |
| 5. | Nachweis des Sanierungserfolgs | 3 Jahre | 25 Jahre |

9 Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs

9.1 Inbetriebnahme

Nachdem alle erforderlichen Entnahme- und Infiltrationsbrunnen errichtet und an die erweiterte Wasseraufbereitungsanlage angeschlossen wurden, wird zunächst eine Nullbeprobung durchgeführt (Lage der Messstellen siehe Anlage 8.1.1).

Auf EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW) sowie Ammonium werden folgende Messstellen beprobt:

Kernsanierungsbereich B

- GWM-B9, GWM-B11, GWM-B12
- GWM-B2, GWM-B3, GWM-B4, GWM-B5, GWM-B7, GWM-B8, GWM-B10,
- GK20, GWM-B3
- GK5, GK22

Kernsanierungsbereich D2

- VB4, VB5, GWM-D2/4
- GWM-D2/1, GWM-D2/3, GWM-D2/5, GWM-D2/6, GWM-D2/7,
- VB11

Kernsanierungsbereich G:

- GWM-G4
- GWM-G2, GWM-G3
- GWM-G1
- VB10

Nach der Durchführung der Nullbeprobung erfolgt die Inbetriebnahme der 3. Anlagenstraße.

Es ist folgendes Untersuchungsprogramm vorgesehen:

- Im Zulauf, Ablauf sowie vor und nach der biologischen Stufe werden 2x wöchentlich Proben entnommen
- Analyseparameter: PAK, AKW, Eisen, Mangan
- Monatliche Beprobung des Luftaktivkohlefilters, Analyse auf PAK, AKW

Die Ableitung des entnommenen Wassers erfolgt zunächst in die Kanalisation, solange bis die Wasseraufbereitungsanlage die Infiltrationswerte für EPA-PAK und BTEX (siehe Kapitel 8.4.2) erfüllt.

Die Fremdüberwachung (Beprobung Zulauf/Ablauf der Anlage, Analytik auf EPA-PAK, AKW) erfolgt in der Inbetriebnahmephase wöchentlich.

9.2 Routinebetrieb

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme der Wasseraufbereitungsanlage erfolgt die Sauerstoff-/Nährstoffzugabe in das innerhalb der Spülkreisläufe zu infiltrierende Wasser. Zur Kontrolle und Effizienz des mikrobiologischen in-situ-Schadstoffabbaus und des direkten Abstroms wird ein Kontrollprogramm vorgeschlagen, bei dem eine regelmäßige Beprobung stattfindet (Lage der Pegel siehe Anlage 8.1.1).

An den Entnahmebrunnen (E) und den Grundwassermessstellen im Zentrum (Z) der Schadensherde werden die PAK- und BTEX-Konzentrationen sowie deren mikrobiologische Verwerter bestimmt.

B:

- GWM-B9, GWM-B11, GWM-B12 (E)
- GWM-B3 (Z)

D2:

- VB4, VB5, GWM-D2/4 (E)

G:

- GWM-G4 (E)
- GWM-G1 (Z)

An den Entnahmebrunnen (s.o.) werden zusätzlich die NH_4 -Konzentrationen (im Sanierungsreich B an den Entnahmebrunnen GWM-B9, GWM-B11 und GWM-B12 zusätzlich die Nitrat-

Konzentrationen) bestimmt. Im Ablauf der Wasseraufbereitungsanlage und an den Entnahmeverbrunnen werden die Eisen- und Mangankonzentrationen ermittelt.

Als Beprobungsrhythmus werden in den ersten 6 Monaten nach Inbetriebnahme alle 2 Monate, in den darauffolgenden 6 Monaten alle 3 Monate und später alle 6 Monate vorgeschlagen. Für die mikrobiologischen Parameter (Verwerter, Gesamtkeimzahl) wird in den ersten 6 Monaten als Beprobungsrhythmus alle 3 Monate vorgeschlagen.

Die Kontrolle der Abstrommesstellen der beiden Spülkreisläufe wird durch das Monitoring-Programm (siehe Kapitel 9.3) gewährleistet.

Das Kontrollprogramm innerhalb und außerhalb der Spülkreisläufe ist in der Anlage 9.1 aufgeführt.

Die Fremdüberwachung (Beprobung Zulauf/Ablauf der Anlage, Analytik auf EPA-PAK, AKW) erfolgt im Routinebetrieb 4mal pro Jahr.

Zur Dokumentation des Sanierungsbetriebs sollten Quartalsberichte erstellt werden, in denen Folgendes dokumentiert wird:

- Darstellung der in Betrieb befindlichen Brunnen
- Entnahme- und Infiltrationsmengen
- Messung der Grundwasserstände bei jeder Beprobung inkl. Auswertung
- Darstellung der Ergebnisse der Kontrollbeprobungen (zu Betriebsbeginn auch Nullbeprobung) an der Anlage und den Messstellen, siehe Kapitel 9.1 und 9.2
- Auswertung und Darstellung der Menge an abgereinigten Schadstoffen in der Wasseraufbereitungsanlage
- Betriebsstörungen/Betriebsstillstände
- Maßnahmen an der Wasseraufbereitungsanlage (z.B. Austausch Aktivkohlefilter)
- Auswertung und Darstellung der Ergebnisse des Monitorings an der Gaswerksgrenze, siehe Kapitel 9.3

Weiterhin wird am Ende eines Jahres ein Sachstandsbericht erstellt, in dem die Ergebnisse der Quartalsberichte ausgewertet und Empfehlungen für den Weiterbetrieb der Sanierung gegeben werden.

9.3 Monitoring an der Gaswerksgrenze

Um ein Abströmen von Schadstoffen im Hauptbelastungsbereich am Freizeitheim/Teergruben zu verhindern, wurde im Zeitraum September 1993 bis Dezember 1995 eine Abstomsicherung durch eine Grundwasserentnahme von 2m³/h an der GK6 durchgeführt. Danach folgte das Pilotvorhaben [U9], bei dem von Dezember 1995 bis August 1996 aus dem GK1 6m³/h entnommen wurden. Danach fand keine Abstomsicherung mehr statt bis zur Inbetriebnahme des neuen Sicherungsbetriebs am Freizeitheim im Februar 2003 an der GK35.

Seit Beginn der Abstomsicherung 1993 findet ein Monitoring an den Pegeln GK11, GK12, GK18, später auch an der GK32 und der B28 (Gelände Südkabelwerke) an der Gaswerksgrenze statt. Derzeit werden 2-monatlich die Pegel GK11, GK12, GK18, GK32 beprobt und bis Mai 2003 4-monatlich der B28. Chemisch analysiert werden die Grundwasserproben auf EPA-PAK, BTEX und Ammonium. Die Ergebnisse bis Juni 2006 sind in der Anlage 9.3 grafisch und in der Anlage 9.4 tabellarisch dargestellt.

Die Grafiken zeigen, dass die größten Schadstoffmengen im Bereich des Pegels GK11 (Anlage 9.3.1), der am nächsten am Freizeitheim/Teergruben liegt, abströmen. Die Effektivität des Sicherungsbetriebs am GK6 und am GK1 zeigt sich in den Grafiken der GK11 besonders deutlich, da nach Beendigung der Sicherung die Konzentrationen an EPA-PAK und auch an Ammonium sehr stark anstiegen. Bei dem sehr mobilen Ammonium ist eine Tendenz zu immer höheren Werten erkennbar, bei den weniger mobilen EPA-PAK hängt die gemessene Grundwasserkonzentration von der jeweils aktuellen Grundwasserfließrichtung ab. Herrscht eine Strömung vom Gaswerksgelände in Richtung Südkabelwerke, so steigen die Konzentrationen zumeist an, da die Schadstoffe abströmen, bei umgekehrten Fließverhältnissen (Hochwasser) sinken die Schadstoffkonzentrationen zumeist ab. Die Grundwasserstände der GK10 und der GK11 sind in den Grafiken ebenfalls dargestellt. Aus der Lage der beiden Messstellen (Anlage 8.1.1) ergibt sich, dass eine Strömung in Richtung Südkabelwerke dann herrscht, wenn der Grundwasserstand an der GK10 höher ist als an der GK11 (und umgekehrt).

Für die Sanierung des Gaswerksgeländes wird vorgeschlagen, das bestehende Monitoring-Programm um die Beprobung weiterer Pegel zu ergänzen. Die Ergänzung bezieht sich im Wesentlichen auf weitere Pegel im Abstrom des Sanierungsbereichs D1 mit Freizeit-

heim/Teergruben. Die zu analysierenden Parameter EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW) und Ammonium werden um den Parameter Nitrat ergänzt.

Es wird im Routinebetrieb alle 6 Monate eine Beprobung der Messstellen

- GK11, GK12, GK18, GK32, GK34, GK36, GK37, MST10

vorgeschlagen. Bei Bedarf kann der Beprobungsrhythmus in den ersten Jahren auch erhöht werden. Der Beprobungsturnus ist in Anlage 9.2 dargestellt.

10 Nachweis des Sanierungserfolgs

In Kapitel 5 sind die Sanierungsziele definiert. Für den Oberen Grundwasserleiter (OGWL) wird entsprechend Kapitel 5

- die Einhaltung der Emissionsbedingungen

festgelegt.

Für den Oberen Grundwasserleiter sind **Emissionsbedingungen** für die Parameter EPA-PAK ohne Naphthalin, Naphthalin, BTEX und Benzol einzuhalten.

Der Nachweis über die Einhaltung der Emissionsbedingungen erfolgt in jedem Sanierungsbereich über die Grundwasserbeprobung einer Zustrom- und einer Abstrommessstelle. Es werden die Schadstoffkonzentrationen ermittelt, die sich mit dem Grundwasser in horizontaler Richtung ausbreiten.

Die Berechnung der Emission für jeden Sanierungsbereich im Oberen Grundwasserleiter erfolgt über

$$E_1 = (c_{A-SH1} - c_{Z-SH1}) \cdot Q_{A-SH1}$$

wobei

E_I = Emission im OGWL [g/d]

c_{A-SH1} = Schadstoffkonzentration im Abstrom des Schadensherdes(im OGWL) [$\mu\text{g/l}$]
(Beprobung Abstrommessstelle)

c_{Z-SH1} = Schadstoffkonzentration im Zustrom des Schadensherdes (im OGWL) [$\mu\text{g/l}$]
(Beprobung Zustrommessstelle)

Q_{A-SH1} = Kontaktgrundwasservolumenstrom im Abstrom des Schadensherdes (im OGWL)
[m^3/h]

Q_{A-SH1} ergibt sich aus:

$$Q_{A-SH1} = A_I \cdot v_{A1} \cdot n_{S1}$$

v_{A1} = Abstandsgeschwindigkeit im OGWL [5 m/a]

A_I = durchströmte kontaminierte Querschnittsfläche im OGWL
(Stromröhrenbreite x Mächtigkeit) [m^2]

n_{S1} = durchflusswirksames Porenvolumen im OGWL [0,25]

Die Emissionsbegrenzung im Oberen Grundwasserleiter ergibt sich zu

$$\sum_{x=1}^n E_x < E_{\max} - W \quad n = \text{alle Stromröhren}$$

Als Sanierungsziel wird somit die Einhaltung des E_{\max} -W-Wertes für das gesamte Gelände angesetzt. Die Frachten aus den einzelnen Stromröhren dürfen aufsummiert den E_{\max} -W-Wert nicht überschreiten.

In nachfolgender Tabelle sind die E_{\max} -W-Werte dargestellt.

Tabelle 12: E_{\max} -W-Werte

| Parameter | E_{\max} -W-Wert [g/d] |
|---------------------------|--------------------------|
| EPA-PAK (ohne Naphthalin) | 0,32 |
| Naphthalin | 4,5 |
| BTEX | 20 |
| Benzol | 2 |

Die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Messstellen sind für den Nachweis der Einhaltung der Emissionswerte auf die Parameter EPA-PAK, Naphthalin, BTEX, Benzol vorgesehen. Die Messwerte von mehreren in einer Stromröhre gelegenen Messstellen werden gemittelt.

Tabelle 13: Zu beprobenden Messstellen zum Nachweis des Sanierungserfolgs (Emissionsbedingungen im OGWL)

| Sanierungsbereich | Messstelle im Zustrom | Messstelle im Abstrom |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| B | GWM-B8 GWM-B10 | GWM-B9 GWM-B12 |
| D2 | GWM-D2/2 | GWM-D2/4 |
| G | GWM-G2 | GWM-G3 |

Wird die Emissionsbegrenzung bei einer Beprobung unterschritten, so werden diese Grundwasserbeprobungen nach 3, 6, 12, 24 und 36 Monaten wiederholt.

Das Sanierungsziel für den Oberen Grundwasserleiter gilt dann als erreicht, wenn kumulativ für den gesamten Abstrom aller Sanierungsbereiche 3 Jahre in Folge (1 Ausreißer ist zugelassen) die zulässigen Schadstofffrachten aus Tabelle 12 eingehalten werden.

11 Kostenschätzung und Zeitplan

11.1 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung beinhaltet die Investitionskosten und die Betriebskosten für die Sanierung der 3 Bereiche B, D2, G. Es zählen zu den Investitionskosten der Brunnen- und Rohrleitungsbau, Ingenieurleistungen, sowie die Erweiterung der Wasserreinigungsanlage um die Anlagenstraße 3 mit einem Durchsatz von 20 m³/h. Die Betriebskosten beinhalten den Betrieb der Anlagenstraße 3 (wobei Kosten für das Grundwassermonitoring an der Grenze des Geländes sowie Personalkosten der Anlagenstraße 1 und 2 aus dem 1. Teil des Sanierungsplans zugerechnet wurden).

Für die Kostenschätzung der 3 Sanierungsbereiche wurden insgesamt folgende Maßnahmen und Mengen (siehe Anlage 12.1) angesetzt.

I. Investitionskosten

I.1 Ingenieurleistungen

Für die Planung, Ausschreibung der Arbeiten und Vergabe sowie Bauüberleitung wurden die Kosten nach der HOAI abgeschätzt.

I.2 Brunnen- und Rohrleitungsbau

Folgende Maßnahmen sind erforderlich:

- Bau von 4 Entnahmebrunnen (GWM-B11, GWM-B12, GWM-D2/4, GWM-G4)
- Umbau von 4 Messstellen zu Entnahmebrunnen (GWM-B9, VB4, VB5, GWM-G3)
- Umbau von 9 Brunnen als Infiltrationsbrunnen (innerhalb Spülkreislauf: GWM-B1, GWM-B2, GWM-B4, GWM-B5, GWM-B7, GWM-B8, GWM-B10, außerhalb Spülkreislauf: GK5, GK22)
- Bau von 4 Infiltrationsbrunnen innerhalb des Spülkreislaufs (GWM-D2/5, GWM-D2/6, GWM-D2/7, GWM-G5), Bau von 1 Infiltrationsbrunnen außerhalb des Spülkreislaufs (VB11: Durchmesser 300mm, Tiefe 15m)
- Umbau von 2 Brunnen als Infiltrationsbrunnen (GWM-D2/1, GWM-D2/3)
- Verlegung von Leerrohren (je 1 Stück für Steuerung und Strom) und Wasserleitungen über ca. 4.300 m
- Herstellen von 37 Kabelzugsschächten um die Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und bei Richtungsänderung der Leitungen

Für den Brunnenumbau wurden die Kosten aus der Abstomsicherung herangezogen, für den Bau der Infiltrationsbrunnen die Kostenschätzung einer ausführenden Firma.

I.3 Wasserreinigungsanlage

Für die Erweiterung der Wasserreinigungsanlage um die Straßen 2 (Sanierungsplan Teil 1) und 3 (Sanierungsplan Teil 2) auf einen Durchsatz von 55 m³/h werden insgesamt Kosten von 560.000 € abgeschätzt. Auf die Straße 3 entfallen insgesamt rd. 200.000 €

Zusätzlich ergeben sich folgende Kosten für die analytische Überwachung der Anlage und der Spülkreisläufe:

- Überwachung der Inbetriebnahmephase der Anlage über 6 Monate (Ansatz: 2 Beprobungen an 4 Probennahmestellen pro Woche, chem. Analytik auf EPA-PAK, AKW, Eisen, Mangan), rd. 20.000€ sowie
- Fremdüberwachung im Rahmen der Inbetriebnahme rd. 5.000€
- der erhöhte Bedarf an Kontrollbeprobungen im 1. Jahr (siehe Anlage 9.1) im Spülkreislauf (rd. 11.000€).

Als Gesamtsumme ergeben sich für die Straße 3 Kosten in Höhe von 236.000 €

II. Betriebskosten

Die Betriebskosten für die Wasserreinigungsanlage der Straße 3 unterteilen sich in folgende Positionen:

II.1 Chemische Analytik

Diese Position beinhaltet die Beprobung/Analytik der Pegel im Rahmen der

- Kontrollbeprobung im Routinebetrieb (siehe Anlage 9.1) und
- Fremdüberwachung.

Es wurden die aktuellen Angebotspreise für die Analytik (Fremdüberwachung) für die Abstromsicherung/Teilsanierung am Freizeitheim angesetzt. Die Kosten für das Monitoring an der Gaswerksgrenze sind im Sanierungsplan Teil 1 mitberücksichtigt.

II.2 Betrieb der Sanierung

- Personalkosten:

Die Personalkosten für die Betreuung der Anlage wurden bereits im Sanierungsplan Teil 1 mitberücksichtigt.

- Aktivkohlewechsel

(a) Wasseraktivkohle

Für die 3. Anlagenstraße werden mind. rd. 15 m³ Aktivkohle benötigt. Annahme: zweijähriger Aktivkohlefilterwechsel.

Pro Kilogramm Kohle werden Kosten für den Ausbau, die Regeneration und Wiedereinbau der Kohle von 2,25 € abgeschätzt, so dass insgesamt rd. 4.200 €/Jahr benötigt werden.

(b) Luftaktivkohle

Im Stripturm wird die im Kreislauf gefahrene Prozessluft über Luftaktivkohlefilter (ca. 700 kg) gereinigt. Annahme: 10-maliger Luftaktivkohlefilterwechsel pro Jahr, Kosten pro Austausch rd. 2.000 €

Die Luft über den verschiedenen Anlagenbehältern wird abgesaugt und ebenfalls über einen Aktivkohlefilter geleitet (ca. 80kg). Annahme: 2-maliger Austausch pro Jahr, Kosten pro Austausch rd. 250 €

- Reparatur:

Für Reparaturkosten (Materialkosten) werden 5% der Investitionskosten der Wasserreinigungsanlage (200.000€) pro Jahr abgeschätzt (d.h. 10.000€).

Weiterhin wird hier ebenfalls ein Austausch der Entnahmepumpen (geschätzte Anschaffungskosten je Pumpe ca. 2.300€) alle 1,5 Jahre mit eingerechnet. Für die Bereich B, D2, G werden 7 Entnahmepumpen angesetzt.

- Regenerierung von Brunnen:

Die angegebenen Kosten basieren auf der Annahme, dass die Infiltrations- und Entnahmebrunnen alle 4 Jahre regeneriert werden. Pro Regenerierung werden Kosten in Höhe von 5.000 € geschätzt. Für die Bereich B, D2, G werden 23 Brunnen in 4 Jahren angesetzt.

- Kosten H_2O_2 :

Es wird bei einer 95%igen Anlagenverfügbarkeit und einer mit H_2O_2 zu beaufschlagenden Wassermenge von rd. 13 m³/h von in nachfolgender Tabelle dargestellten Kosten ausgegangen:

Tabelle 14: Kosten H_2O_2 pro Jahr

| Stoff | Konzentration für die Infiltration [mg/l] | Benötigte Menge [t/a] | Kosten pro Tonne [€/t] | Kosten pro Jahr [€/a] |
|----------|---|----------------------------|------------------------|-----------------------|
| H_2O_2 | 100 | 36 (50% iges H_2O_2) | 400 | rd. 9.500 |

- Kosten Schlamm Entsorgung

Der aus der Rückspülung der Behälter anfallende Dünnschlamm wird einer Entsorgung zugeführt. Aus der Anlagenstraße 3 fallen etwa 40 t Dünnschlamm pro Jahr an, die Entsorgungskosten werden mit 150 €/t abgeschätzt.

- Energiekosten:

Die Energiekosten wurden entsprechend der Kostenschätzung aus dem Wasserrechtsantrag für die 3. Anlagenstraße hochgerechnet.

- Chemische Analytik (Eigenüberwachung):

Für die Eigenüberwachung wird mit einer monatlichen Beprobung der Anlage gerechnet. In den beiden Straßen werden an je 6 Stellen Proben entnommen und auf EPA-PAK und AKW untersucht. Für die Eisen- und Manganuntersuchung werden jeweils im Zulauf und Ablauf der beiden Straßen Proben entnommen. Es werden die Preise der chemischen Analytik verwendet (siehe Pkt. II.1).

- Dokumentation:

Für die Erweiterung der 4 Quartalsberichte um die Sanierungsbereiche B, D2 und G werden jeweils 1.000€ geschätzt, für den jährlichen Sachstandbericht mit Empfehlungen für den Weiterbetrieb 4.000€

II.3 Ingenieurleistungen

Für die Betreuung der Anlagenstraße 3 wird mit zwei weiteren Tagen pro Monat (rd. 480€/Tag) gerechnet.

Insgesamt ergibt sich pro Jahr eine Summe von rd. 11.500 €

11.1.1 Zusammenfassung der geschätzten Kosten

Durch die Optimierungen der Wasserreinigungsanlage [U29] und einer geänderten Verteilung der Wassermengen auf die 3 Anlagenstraßen verschieben sich die Kosten zwischen dem bereits eingereichten Teil 1 und dem Teil 2 des Sanierungsplans. Deshalb sind in der Tabelle 15 auch nochmals die Gesamtkosten dargestellt (Kosten siehe auch Anlage 12.1)

Tabelle 15: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsplan Teil 1 und Teil 2 (1.-3. Betriebsjahr), Kernsanierungsbereiche

| | Sanierungsbereiche B, D1, D2, E, G Sanierungsplan Teil 1 + 2 GESAMTKOSTEN | Sanierungsbereiche B, D2, G Sanierungsplan Teil 2 |
|--|--|---|
| I. Investitionskosten | | |
| I.1 Planung, Bauüberwachung | 175.112 | 70.000 |
| I.2 Brunnen- und Rohrleitungsbau | 1.005.725 | 603.225 |
| I.3 Wasserreinigungsanlage | 589.200 | 236.000 |
| | | |
| Summe Pos. I | 1.770.037 | 909.225 |
| | | |
| II. Betriebskosten 1.-3. Jahr | | |
| Summe Pos. II | 988.902 | 421.950 |
| | | |
| III. Unvorhergesehenes (10% der Pos. I und II) | 275.894 | 133.118 |
| | | |
| Gesamtsumme (netto) rd. | 3.035.000 | 1.465.000 |

11.2 Zeitplan

Ein Zeitplan für die anstehenden Maßnahmen in den drei Sanierungsbereichen ist in Anlage 12 beigelegt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Verbindlichkeitserklärung bis zum Oktober 2006 erteilt wird, so dass die Ausführungsplanung mit der Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten bis Anfang 2007 durchgeführt werden kann. Der anschließende Brunnen- und Anlagenbau soll Ende 2007 beendet werden, so dass in der 1. Jahreshälfte 2008 die Inbetriebnahme der Wasserreinigungsanlage erfolgen kann. Ab Mitte 2008 beginnt der Sanierungsbetrieb.

Bezüglich der Sanierungsdauer der Maßnahme wird von nachfolgender Schätzung ausgegangen:

Das Gesamtkohlenwasserstoffinventar aller Sanierungsbereiche wird auf rd. 180t Kohlenwasserstoffe (KW) geschätzt, wobei sich rd. 120t in der ungesättigten und 60t in der gesättigten

Zone befinden (Berechnung wurde in der 21. Arbeitskreissitzung am 01.07.1999 vorgestellt). Im Mittel befinden sich somit rd. 10t KW in einem Sanierungsbereich.

Die Ergebnisse des Pilotvorhabens [U9] zeigten, dass in 8 Monaten 750 kg KW entfernt werden konnten, d.h. unter optimalen Bedingungen können rd. 1t KW pro Jahr entfernt werden. Für die Gesamtsanierung wurde eine KW-Elimination von 0,5t pro Jahr angenommen.

In nachfolgender Tabelle ist die prognostizierte Schadstoffabreinigung nach dem 1., 2., 3. und 20. Sanierungsjahr dargestellt.

Tabelle 16: Prognostizierte Schadstoffabreinigung

| Sanierungsbe- reich | Schadstoffin- ventar (vor Sa- nierungsbeginn) in gesättigter Zone [t] | Abbaurrate (t/a) | Schadstoffinventar nach [Jahre Sanierungsbetrieb] | | | |
|------------------------|--|-------------------------|--|-----|-----|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 20* |
| B | 10 | 0,5 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 0,065 |
| D2 | 10 | 0,5 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 0,024 |
| G | 10 | 0,5 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 0,009 |

* unter Heranziehung des c_{\max} für EPA-PAK (15) und BTEX (siehe Tabelle 1)

Für den Fall, dass aus der ungesättigten Zone keine KW in die gesättigte Zone nachsickern, würde die Sanierung der gesättigten Zone rd. 20 Jahre dauern. Allerdings sind derzeit nur rd. 70% des Gesamtgeländes versiegelt, so dass davon auszugehen ist, dass die Sanierung länger als 20 Jahre dauern wird, falls nicht alle Bereiche versiegelt werden. Unter Idealbedingungen wird das Sanierungsende für das Jahr 2028 (Nachweis des Sanierungserfolgs über weitere 3 Jahre) prognostiziert.

12 Zusammenfassung

Mit der Zusammenfassung soll ein Überblick über die Inhalte des Sanierungsplans gegeben werden. In Streitfällen gelten die Formulierungen in den Kapiteln 1 bis 11.

12.1 Vorgang, Veranlassung

Auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerksstandortes Luzenberg in Mannheim existiert infolge einer jahrzehntelangen Nutzung eine Verunreinigung mit gaswerksspezifischen Schadstoffen. In den 80iger Jahren wurden erstmals Boden- und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt, es folgte 1989 ein Sanierungsvorschlag in Form einer mikrobiologischen Teilsanierung des Bodens in Kombination mit einer on-site Wasseraufbereitungsanlage. In einem Pilotvorhaben 1993-1997 wurde in einem Versuchsfeld im Hauptschadensbereich am Freizeitheim die Machbarkeit dieser Variante mit Erfolg getestet.

1997 wurde auf der Sitzung der Bewertungskommission das Schutzgut Boden des Standorts auf Beweismiveau 3 mit dem Handlungsbedarf B (Belassen) bewertet. 1999 schlug ARCADIS Trischler & Partner im Rahmen der Sanierungsvorplanung (E₃₋₄) die Variante „Mikrobiologische in-situ- und on-site Sanierung mit zentraler Wasseraufbereitung, ohne Ammoniumabreinigung“ vor. Dieser Vorschlag wurde am 27.10.1999 auf der Sitzung der Bewertungskommission akzeptiert und das Schutzgut Grundwasser des Standorts auf Beweismiveau 4 bewertet.

Im Vorfeld der Sanierung ging im Hauptschadensbereich am Freizeitheim am 13.02.03 eine Abstromsicherung mit Wiederinfiltration in Betrieb. Der Sicherungsbetrieb wird im Zuge der Teilsanierung in einen Dekontaminationsbetrieb umgeplant.

Für die Durchführung der Sanierung war ein Sanierungsplan zu erstellen, dessen 1. Teil für die beiden Sanierungsbereiche D1 und E bereits verfaßt wurde, dieser Sanierungsplan beinhaltet den 2. Teil für die Sanierungsbereiche B, D2 und G.

12.2 Standortverhältnisse

Das ehemalige Gaswerk Luzenberg liegt im Nordosten von Mannheim, 300m östlich des Altrheinarmes und ca. 1,4 km nördlich des Neckars. Das gesamte Gelände umfaßt eine Fläche von ca. 15 ha.

Das Gelände befindet sich heute zu einem großen Teil im Besitz der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft MVV.

12.3 Geologische/Hydrogeologische Verhältnisse

Die wesentlichen geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen sind nachfolgend zusammengefaßt.

Geologie:

- 0-3 m u. GOK Auffüllung
- 3-5 m u. GOK schluffige Auelehmschicht
- 5-18 m u. GOK obere Kies-/Sand-Schicht
- 18-32m u. GOK Fein-Mittelsand-Schicht
- ab 32m u. GOK Ton (Oberer Zwischenhorizont), stellenweise mit Schluff, Torf überlagert

Hydrogeologie

- Der Flurabstand liegt zwischen 4,5 m und 6,5 m u. GOK.
- Die Grundwasserwechselzone liegt zwischen 5 und 7 m u. GOK.
- Bei höheren Grundwasserständen liegen durch die Obere Schluffschicht lokal gespannte Verhältnisse vor.
- Hydraulische Durchlässigkeiten:
 - 3 - 5 m u. GOK $k_f \sim 5,6 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
 - 5 - 18 m u. GOK $k_f \sim 9 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
 - 18 - 32 m u. GOK $k_f \sim 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
 - ab 32 m u. GOK $k_f \sim 6,5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$

- Summierte Produktionsraten (Wasserzutritte in verschiedenen Bodenschichten des Aquifers) aus Flowmeter-Messungen [U11]
 - Kies-Sand-Aquifer (~5-18m)
59-73%
 - Übergangsbereich zwischen Kies-Sand-Schicht und Fein-Mittelsand-Schicht
1-17%
 - Fein-Mittelsandschicht (~18-32m)
16-36%
 - Schluffschicht/schluffige Feinsandschicht über dem OZH
0-2%
- Die Abstandsgeschwindigkeit liegt je nach Gaswerksbereich zwischen 5 und 30 m/a.

12.4 Ursache der Belastung

Die Untergrundverunreinigungen resultieren aus dem Betrieb der Gasproduktion und u.a. aus den Kriegseinwirkungen des 2. Weltkriegs.

An bekannten ehemaligen Produktionsanlagen im Bereich B befanden sich lediglich am südlichen Rand des Bereichs eine Ofenanlage, eine Koksabwurftrampe, ein Löschurm und ein Löschbecken. Im Sanierungsbereich D2 befanden sich Teerscheideanlagen und im Bereich G sind außer einem ehemaligen Gasbehälter keine weiteren Anlagen bekannt.

12.5 Darstellung Bodenbelastung

In vereinzelt Bohrungen wurden in der gesättigten Zone in den Sanierungsbereichen B und D2 hohe Konzentrationen (bis zu 5.600mg/kg EPA-PAK o.N., 2.150mg/kg AKW) angetroffen. In der Regel lagen die Konzentrationen deutlich niedriger bei <20mg/kg AKW und <90mg/kg EPA-PAK.

In der Schluff- bzw. Tonschicht des Oberen Zwischenhorizontes wurden Schadstoffe in Konzentrationen von bis zu 7 mg/kg AKW (Sanierungsbereich B) und bis zu 5,5 mg/kg Naphthalin (Sanierungsbereiche B und D2) angetroffen.

12.6 Darstellung Grundwasserbelastung

Sanierungsbereich B: Maximale Grundwasserkonzentrationen (bezogen auf gesamte Aquifermächtigkeit)

- 4.900 µg/l BTEX
- 4.000 µg/l Benzol
- 75 µg/l EPA-PAK o.N.
- 330 µg/l Naphthalin

Vertikal: Die höchsten BTEX- und Naphthalin-Konzentrationen liegen in einer Tiefe von 25,5 bis 31,7 m vor, die EPA-PAK o.N. sind über den gesamten Aquifer fast gleichmäßig verteilt.

Schadstoffspektren: Die BTEX werden im Wesentlichen durch Benzol, die EPA-PAK im Wesentlichen durch Naphthalin bzw. Acenaphthen bestimmt.

Sanierungsbereich D2: Maximale Grundwasserkonzentrationen (bezogen auf gesamte Aquifermächtigkeit):

- <10 µg/l BTEX
- 285 µg/l EPA-PAK o.N.
- 13 µg/l Naphthalin

Vertikal: EPA-PAK sind über den gesamten Aquifer verteilt und nehmen mit der Tiefe zu, die höchsten BTEX-Konzentrationen finden sich in der größten Tiefe im unteren Aquiferbereich.

Schadstoffspektren: Die BTEX werden im Wesentlichen durch Benzol, die EPA-PAK im Wesentlichen durch Acenaphthen bestimmt.

Sanierungsbereich G: Maximale Grundwasserkonzentrationen (bezogen auf gesamte Aquifermächtigkeit)

- 145 µg/l Benzol
- 155 µg/l BTEX
- 2,5 µg/l EPA-PAK o.N.
- <2 µg/l Naphthalin

Vertikal: Der Hauptanteil der EPA-PAK und der BTEX findet sich in rd. 28,5m Tiefe, wobei über den Aquifer verteilt Konzentrationen von BTEX bis zu 225 µg/l vorhanden sind.

Schadstoffspektren: Die BTEX werden im Wesentlichen durch Benzol, die EPA-PAK im wesentlichen durch Naphthalin bestimmt.

12.7 Betroffene Wirkungspfade

Da das Gelände ausschließlich gewerblich genutzt wird, gelten für den Wirkungspfad Boden-Mensch die Prüfwerte aus der BBodSchV [U1] für Industrie- und Gewerbegrundstücke. Das Gelände ist zu ca. 70% versiegelt, im Bereich von Freiflächen besteht eine durchgängige Oberflächenabdeckung.

Schadstoffe aus dem Gaswerkbetrieb sickerten in den Grundwasserleiter, wurden mit der Grundwasserströmung verteilt und belasten durch Lösungsprozesse das Grundwasser. Die für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser zulässigen Prüfwerte aus der BBodSchV für EPA-PAK o. Naphthalin, Naphthalin, BTEX und Benzol werden in den Bereichen B, D2 und G überschritten.

12.8 Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

Auf der Sitzung der Bewertungskommission zur Bewertung des Standortes auf BN4 sowie auf der Sitzung der Bewertungskommission vom 01.07.2004 wurden die Sanierungsziele wie folgt festgelegt:

- Für den **Oberen Grundwasserleiter** gilt die Einhaltung der Emissionsbedingungen (E_{\max}) als Sanierungsziel.

Zur Festlegung der Sanierungsbereiche wurden Grundwasserkonzentrationen herangezogen. Es wurde über den E_{\max} -Wert für jeden Schadstoff, d.h. für die Parameter EPA-PAK o.N., Naphthalin, BTEX und Benzol eine maximale Konzentration c_{\max} berechnet, ab der eine Sanierungsrelevanz besteht.

Der Gesamtsanierungsbereich ergibt sich aus der maximalen Ausdehnung der schadstoffspezifischen Einzelsanierungsbereiche.

Innerhalb des Gesamtsanierungsbereichs gibt es Kernsanierungsbereiche, in denen die höchsten Schadstoffkonzentrationen angetroffen werden und in denen die Sanierung begonnen wird.

12.9 Bisher getroffene behördliche Entscheidungen

(A) Protokoll der Bewertungssitzung auf Beweisniveau 3 (Sitzung vom 16.04.1999)

- Für das Schutzgut Boden wurde das BN3 erreicht, der Handlungsbedarf wird mit B (Belassen) festgelegt. Somit sind – bei der bestehenden nicht sensiblen Nutzung und Versiegelung des Geländes- keine weiteren Maßnahmen erforderlich

(B) Protokoll der Bewertungssitzung auf Beweisniveau 4 (Sitzung vom 27.10.1999)

- Beweisniveau 4 wurde erreicht, als Sanierungsmethode soll die mikrobiologische in-situ und on-site Sanierung zur Anwendung kommen.

(C) Wasserrechtliche Erlaubnis der Stadt Mannheim zur Teilsanierung/ Abstromsicherung im Bereich des Freizeitheimes

- Die Erlaubnis beinhaltet die Entnahme und Wiederinfiltration von 7,5m³/h Grundwasser.

(D) Protokoll der Bewertungssitzung vom 01.07.2004

Auf die formale Festlegung eines Sanierungsziels für den Mittleren Grundwasserleiter wird verzichtet.

12.10 Ergebnisse der Sanierungsvoruntersuchungen

Im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen im Zeitraum Mai 2002 bis Juli 2004 wurden auf dem Gesamtgelände folgende Maßnahmen durchgeführt:

- (1) Bau von 28 Stk. 6“-Grundwassermessstellen bis in den Oberen Zwischenhorizont
- (2) Beprobung und chemische Analytik des Bodens
- (3) Tiefenzonierte Beprobung des Grundwassers in 29 GWM und chemische Analytik
- (4) Flowmeter-Messungen in 5 ausgesuchten Grundwassermessstellen
- (5) Mikrobiologische Untersuchungen
- (6) Optimierungen für die in-situ und on-site Sanierung

Die Ergebnisse der Untersuchungen (1) bis (4) wurden in die vorangegangenen Kapitel eingearbeitet.

(5) Die mikrobiologischen Versuche ergaben, dass die Ergebnisse aus dem Pilotvorhaben auch auf die anderen Sanierungsbereiche übertragbar sind und dass ein mikrobiologischer Abbau der PAK und AKW möglich ist.

(6) Zusammenfassend wurden aus den Optimierungen für die in-situ-Sanierung folgende Maßnahmen abgeleitet:

- Infiltration von maximal 100mg/l H_2O_2 (ggf. Sättigung mit technischem Sauerstoff) und 100mg/l Nitrat,
- diskontinuierliche Infiltration von H_2O_2 (3-6 Wochen Pause, sobald die Infiltrationsleistung nachläßt),
- regelmäßige Regenerierung der Infiltrationsbrunnen,
- Installation eines Fallrohres mit Rückschlagklappen im Infiltrationsbrunnen,
- langsames Anfahren der Infiltration nach Infiltrationsstillstand,
- zusätzliche Infiltration einer Nährlösung-Mischung (H_2O_2 , NO_3^- , PO_4^{3-}) mit Hilfe von druckhaltenden Infiltrationsschläuchen sowie
- mögliches Generieren des Elektronenakzeptors Nitrat durch Installation einer Nitrifikationsstufe in der Wasseraufbereitungsanlage
- Die Infiltration der Nährlösung-Mischung über druckhaltende Infiltrationsschläuche sollte in Form eines Pilotversuchs in einem Bereich getestet werden.

12.11 Vorgesehenes Sanierungsverfahren

Für die Sanierung ist eine mikrobiologische in-situ und on-site Sanierung der gesättigten Zone über die Installation von Spülkreisläufen durch Entnahme- und Infiltrationsbrunnen vorgesehen.

Das entnommene Grundwasser wird in einer zentralen on-site Grundwasseraufbereitungsanlage von organischen Schadstoffen (PAK, BTEX) sowie von Eisen und Mangan abgereinigt. Anschließend wird 2/3 des abgereinigten Wassers mit Nährstoffen (100mg/l NO_3) und einem Sauerstofflieferanten (100mg/l H_2O_2) versetzt und innerhalb des Spülkreislaufs wieder infiltriert, das restliche 1/3 des abgereinigten Wassers wird außerhalb der Spülkreisläufe versickert.

Es wird eine modulare Betriebsweise der Sanierungsanlage gewählt. Begonnen wird zunächst in den Kernsanierungsbereichen, über eine Erweiterung wird im Laufe der Sanierung entschieden.

Die Spülkreisläufe der Bereiche B, D2 und G wurden mit gleichzeitigem Betrieb der Spülkreisläufe in den Bereichen D1 und E modelliert.

Das bestehende Grundwassermodell [U6, U23] wurde um die Informationen aus den Sanierungsvoruntersuchungen erweitert und ergänzt, der Aquifer wurde in 7 Schichten aufgeteilt.

Sanierungsbereich B

Der Kernsanierungsbereich wird über 3 Spülkreisläufe abgereinigt (Entnahme und Wiederinfiltration von 13,5m³/h Wasser). Ein Spülkreislauf (Entnahme an GWM-B3) erfasst den gesamten Aquifer, an den beiden anderen Entnahmefrünten wird lediglich im unteren Auiferbereich (24 bis 33 m u. GOK) Wasser entnommen, damit gezielt die Schadstoffe im unteren Aquiferbereich abgereinigt werden können.

Sanierungsbereich D2

Der Bereich D2 wurde aufgrund der hohen PAK-Konzentrationen in den beiden Versickerungsfünten VB4 und VB5 des Sanierungsbereichs D1 bis an diesen im Westen erweitert. Der Sanierungsbereich D2 wird über 3 Spülkreisläufe abgereinigt (Entnahme und Wiederinfiltration von 15m³/h Wasser).

Sanierungsbereich G

Der Kernsanierungsbereich G wird über einen Spülkreislauf abgereinigt, dabei wird rd. 4m³/h Wasser entnommen und wieder infiltriert.

Neben der Grundvariante für die Kernsanierungsbereiche B, D2 und G (alle Infiltrationsbrunnen in Betrieb) wurden 2 weitere Varianten berechnet, die zeigen, dass die Spülkreisläufe auch dann die Sanierungsbereiche erfassen, wenn nur die Hälfte der Infiltrationsbrunnen betrieben wird. Falls es zu einem Rückgang der Infiltrationskapazität kommen sollte, können die Brunnen wechselseitig betrieben werden.

12.12 Nährstoffinfiltration

Zur Unterstützung des mikrobiologischen Abbaus der Schadstoffe im Boden können Nährstoffe und H_2O_2 über die Infiltrationsbrunnen, über bestehende Grundwassermessstellen innerhalb des Spülkreislaufs oder über zusätzliche zu errichtende Vertikal- oder Horizontalbrunnen eingebracht werden.

Während des Sanierungsbetriebs wird in Abhängigkeit des Verlaufs (Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Spülkreislauf) darüber entschieden, ob und wenn ja in welchen Mengen ein zusätzliches Einbringen von Nährstoffen und H_2O_2 erforderlich ist.

12.13 Oberirdische Wasseraufbereitung

Zur Sanierung der Bereiche B, D2, G wird die Wasserreinigungsanlage über eine zusätzliche dritte Anlagenstraße von $30m^3/h$ (Sanierungsplan Teil 1) auf max. $70m^3/h$ erweitert.

Die Wasseraufbereitungsanlage besteht aus folgenden Anlagenstraßen:

Straße 1 (Durchsatz rd. $10 m^3/h$):

Oxidation
Enteisung
Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Straße 2 (Durchsatz rd. 25 m³/h):

Oxidation
Enteisung
Biologische Stufe
Einbindemöglichkeit Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Straße 3 (Durchsatz rd. 20 m³/h):

Oxidation
Enteisung
Desorption
Adsorption (inkl. Polzeifilter)

Weiterhin wird eine Nitrifikationsstufe in Reihe nach den beiden parallel geschalteten Straßen geschaltet. Diese dient zur Anreicherung des Infiltrationswassers mit Nitrat.

Als Anlagenablaufwerte wurden die Prüfwerte Boden-Grundwasser aus der BBodSchV herangezogen.

12.14 Nachweis der Eignung des Verfahrens

Die Ergebnisse der Pilotsanierung am Freizeitheim 1993-1997 zeigen, dass das Verfahren geeignet ist, die gesättigte Zone von Schadstoffen abzureinigen.

Die mikrobiologischen Untersuchungen zeigen, dass die Ergebnisse aus der Pilotsanierung auch auf andere Sanierungsbereiche übertragbar sind und dass ein mikrobiologischer Abbau der PAK und AKW möglich ist.

Mit Hilfe des Grundwassermodells wurde gezeigt, dass die geplanten Spülkreisläufe die Sanierungsbereiche horizontal und vertikal erfassen.

12.15 Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs

Nach der Durchführung der Nullbeprobung wird die Anlage in Betrieb genommen. Es werden Kontrollbeprobungen im Zulauf und Ablauf der Anlage durchgeführt. Die Ableitung des ent-

nommenen Wassers erfolgt zunächst in die Kanalisation, solange bis die Wasseraufbereitungsanlage die zulässigen Infiltrationswerte erfüllt.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme der Wasseraufbereitungsanlage erfolgt die Sauerstoff-/Nährstoffzugabe in das innerhalb der Spülkreisläufe zu infiltrierende Wasser. Zur Kontrolle und Effizienz des mikrobiologischen in-situ-Schadstoffabbaus und des direkten Abstroms wird ein Kontrollprogramm vorgeschlagen, bei dem eine regelmäßige Beprobung stattfindet.

Zur Dokumentation des Sanierungsbetriebs sollten Quartalsberichte erstellt werden, am Ende eines Jahres wird ein Sachstandsbericht mit Empfehlungen für den Weiterbetrieb erstellt.

Das derzeitige Monitoring-Programm an der westlichen Gaswerksgrenze wird im Zuge der Sanierung der Bereiche D1 und E um einige Messstellen erweitert, die Miteinbeziehung der Sanierungsbereiche B, D2 und G hat keinen Einfluß auf das Monitoring-Programm.

12.16 Nachweis des Sanierungserfolgs

Das Sanierungsziel für den Oberen Grundwasserleiter gilt dann als erreicht, wenn kumulativ für den gesamten Abstrom aller Sanierungsbereiche 3 Jahre in Folge (1 Ausreißer ist zugelassen) die zulässigen Schadstofffrachten (E_{\max} -W-Werte) in den aufgeführten Messstellen eingehalten werden.

12.17 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung des Sanierungsplans für die Sanierung der Kernsanierungsbereiche B, D2 und G ergibt für die Investitionskosten und die ersten 3 Jahre Betriebskosten eine Gesamtsumme von 1.465.000 EUR (netto).

12.18 Zeitplan

Es wird davon ausgegangen, dass die Verbindlichkeitserklärung bis zum Oktober 2006 erteilt wird, so dass die Ausführungsplanung mit der Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten bis Anfang 2007 durchgeführt werden kann. Der anschließende Brunnen- und Anlagenbau soll Ende 2007 beendet werden, so dass in der 1. Jahreshälfte 2008 die Inbetriebnahme der Wasserreinigungsanlage erfolgen kann. Ab Mitte 2008 beginnt der Sanierungsbetrieb.

Das Sanierungsende wird derzeit für das Jahr 2028 (Nachweis des Sanierungserfolgs über weitere 3 Jahre) abgeschätzt.

ARCADIS Consult GmbH

i.V. 

Dr. rer. nat. Michael Reinhard

i.A. 

Dipl.-Ing. Kerstin Schmidt

ANLAGEN

**zu Kapitel 1
existieren keine Anlagen**

**zu Kapitel 2
existieren keine Anlagen**

Standortverhältnisse

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Standortverhältnisse

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

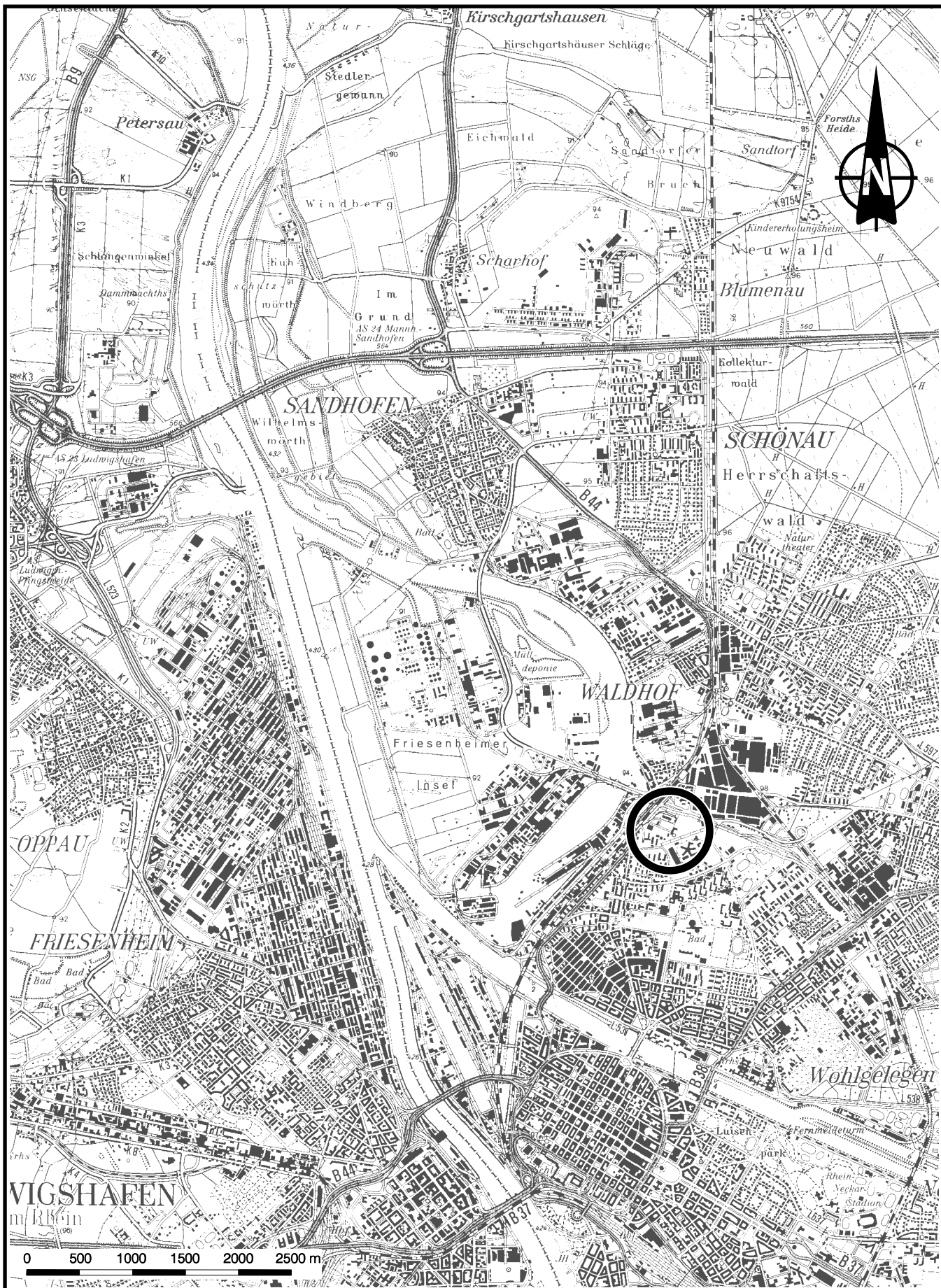
**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |



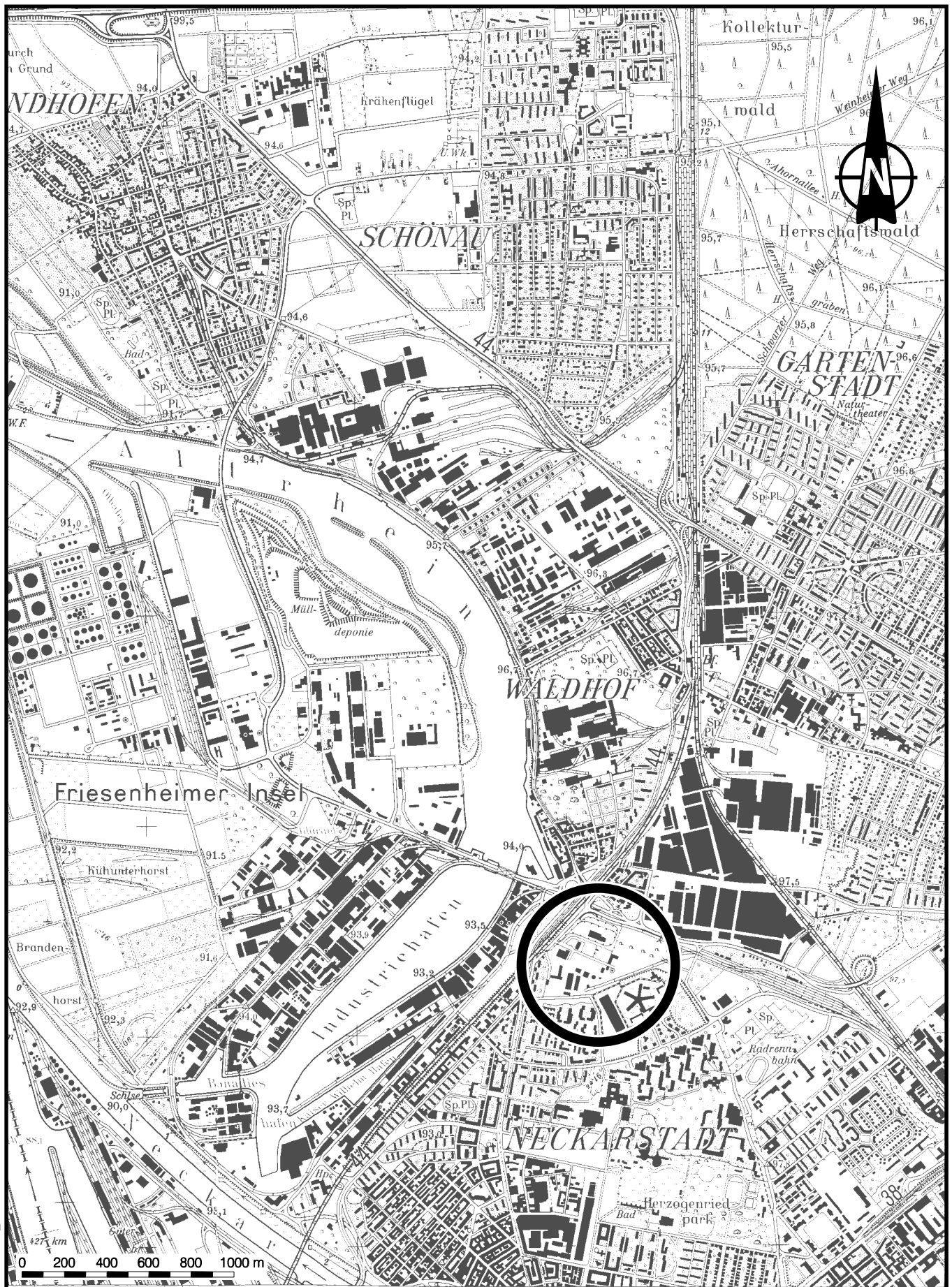
**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Übersichtslageplan



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|--------|------------------------|
| M 1 : | 50.000 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 3.1.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |



**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

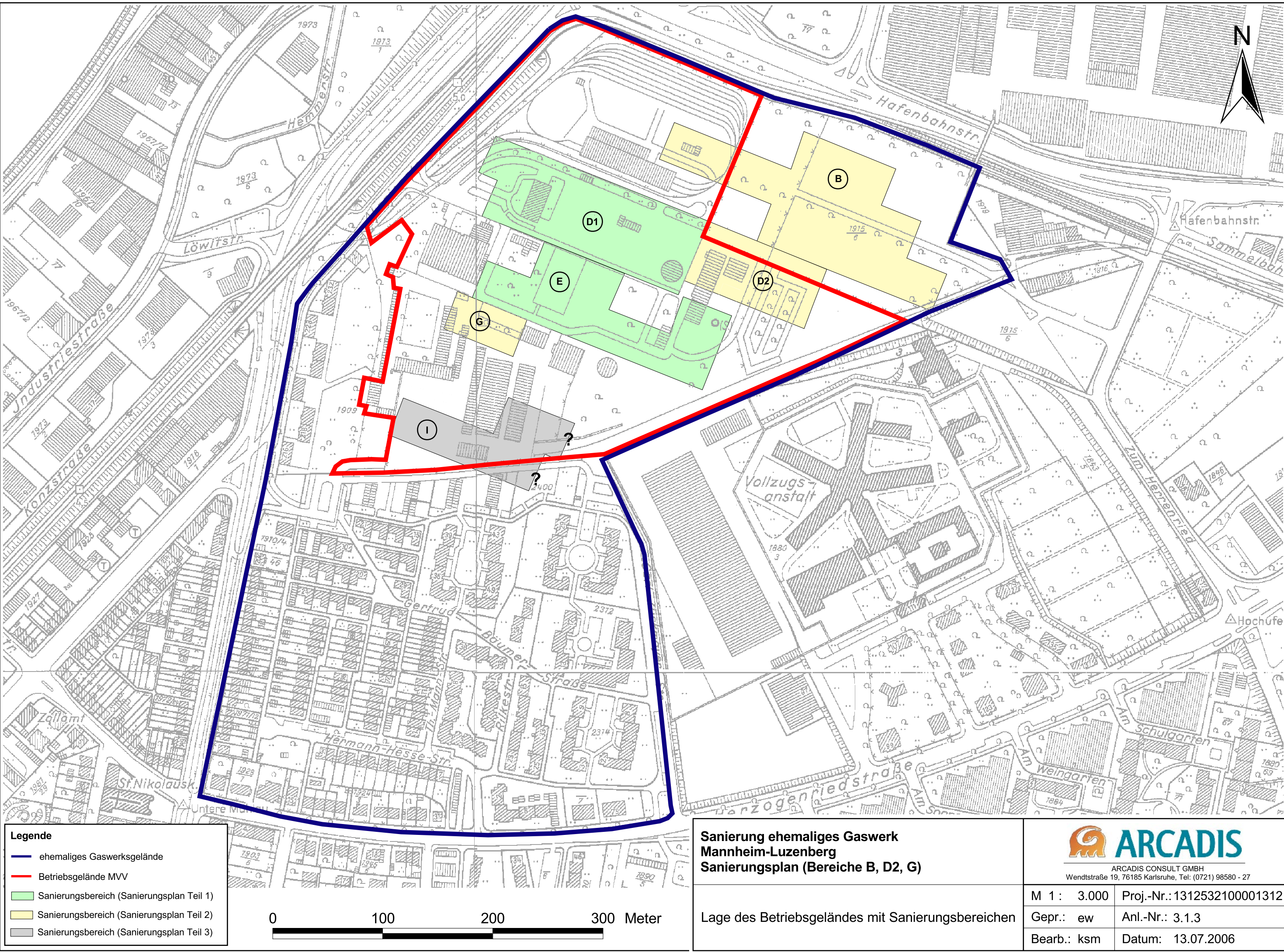
Übersichtslageplan

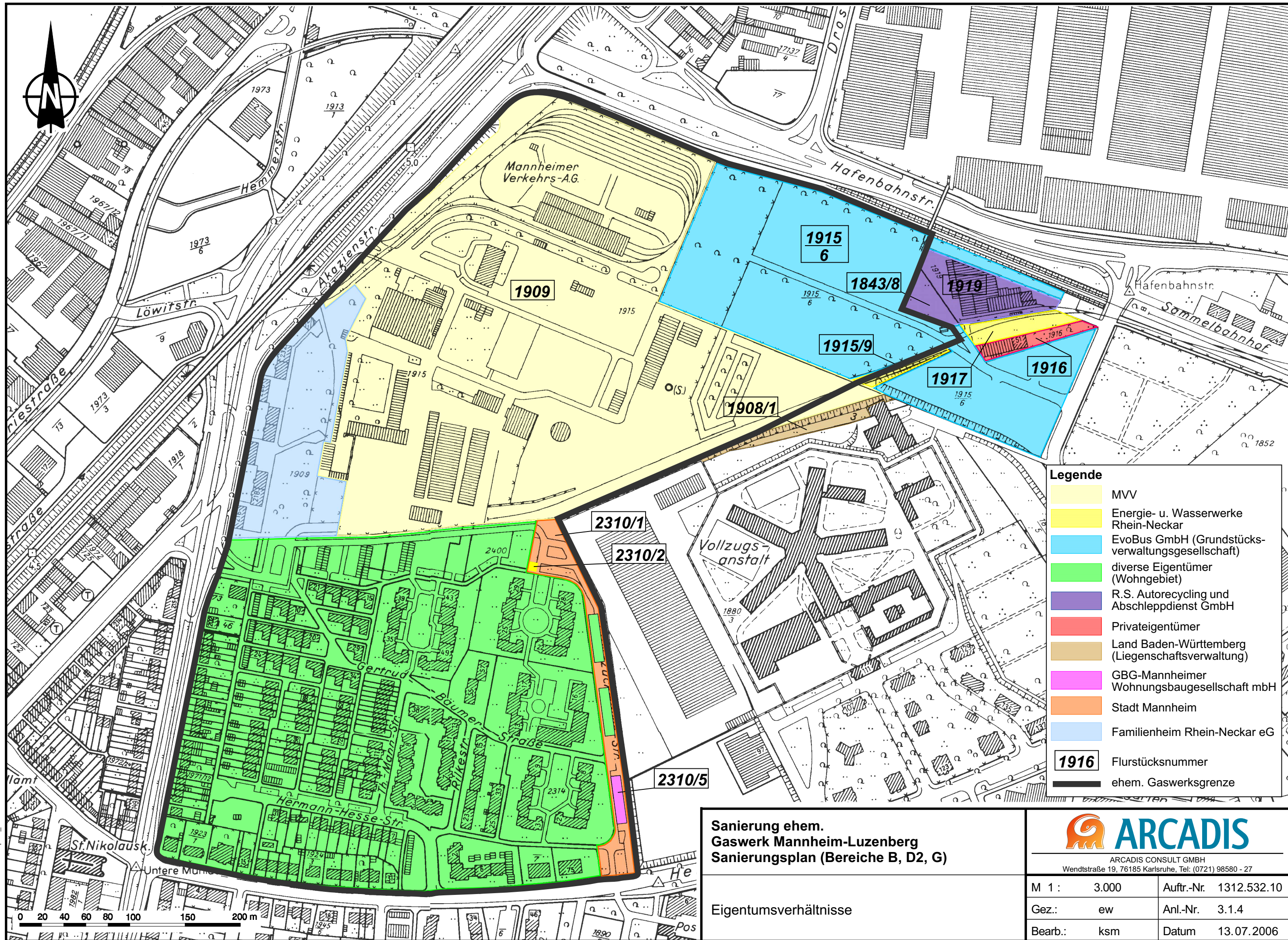


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|--------|------------------------|
| M 1 : | 25.000 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 3.1.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Betriebsgelaende_Sanplan-Teil2)





Nutzung des Geländes

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

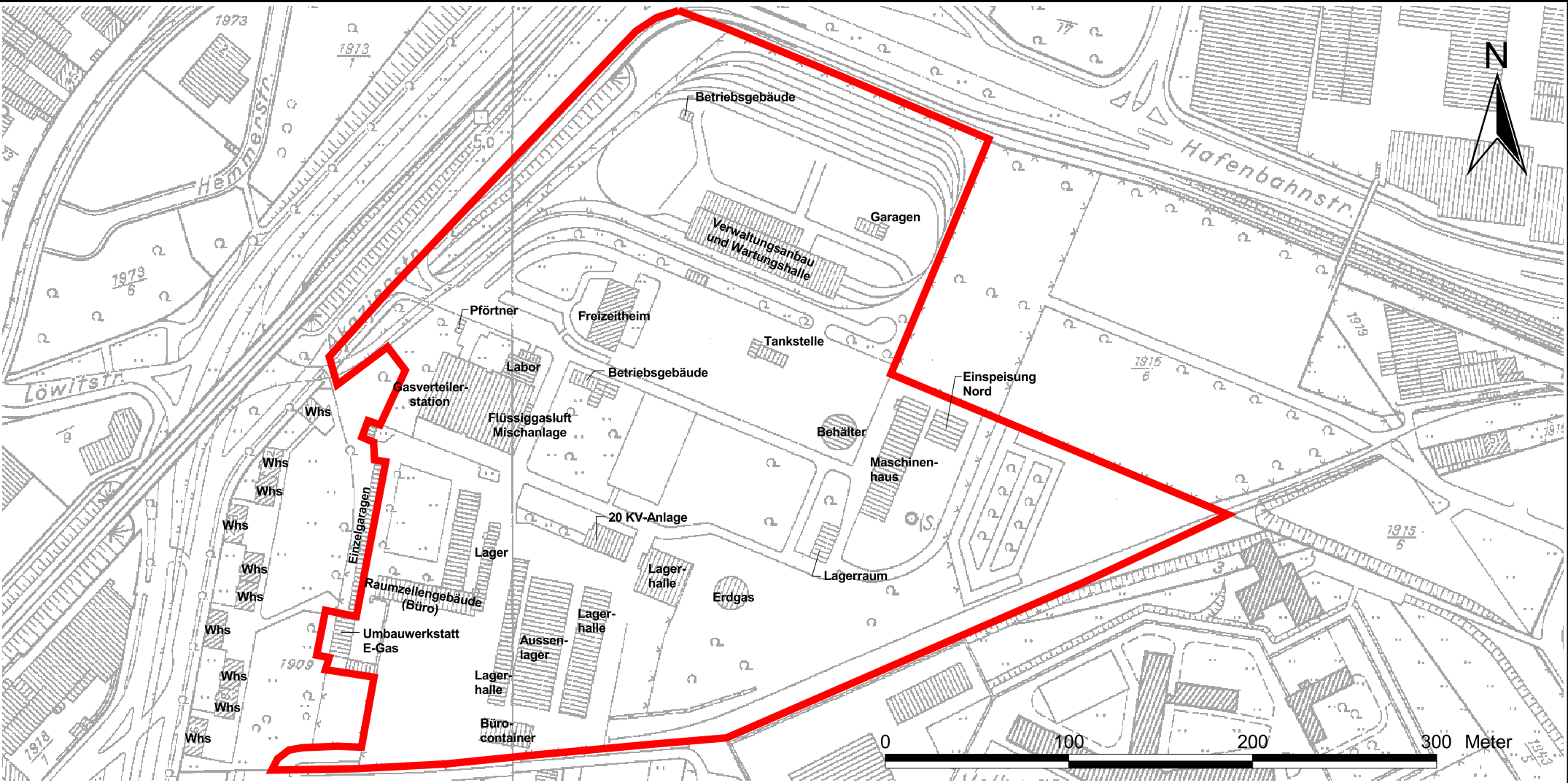


ARCADIS

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Nutzung des Geländes

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |



Legende

- Betriebsgelände
- Whs Wohnhäuser

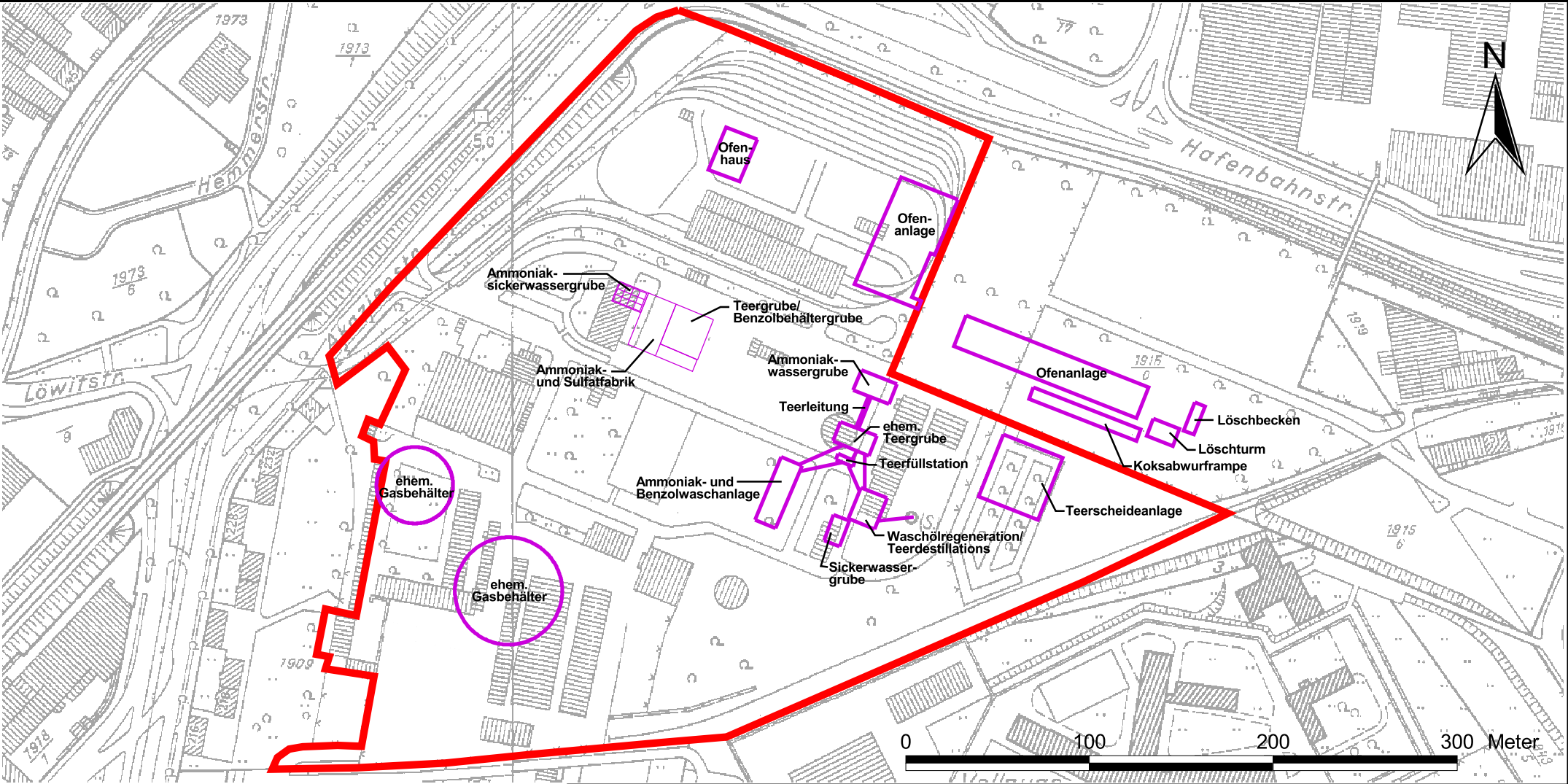
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2,G)**

Derzeitige Nutzung / Bebauung



ARCADIS Consult GmbH
Wendtstr. 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580-0

| | | | |
|---------|----------|-----------|------------------|
| M | 1: 3.000 | Proj.-Nr. | 1312532100001312 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3.2.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |



Legende

- Betriebsgelände
- ehemalige Anlagen

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2,G)

Ehemalige Nutzung / Anlage



ARCADIS Consult GmbH
Wendtstr. 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580-0

| | | | |
|---------|----------|-----------|------------------|
| M | 1: 3.000 | Proj.-Nr. | 1312532100001312 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3.2.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Untergrundaufbau

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



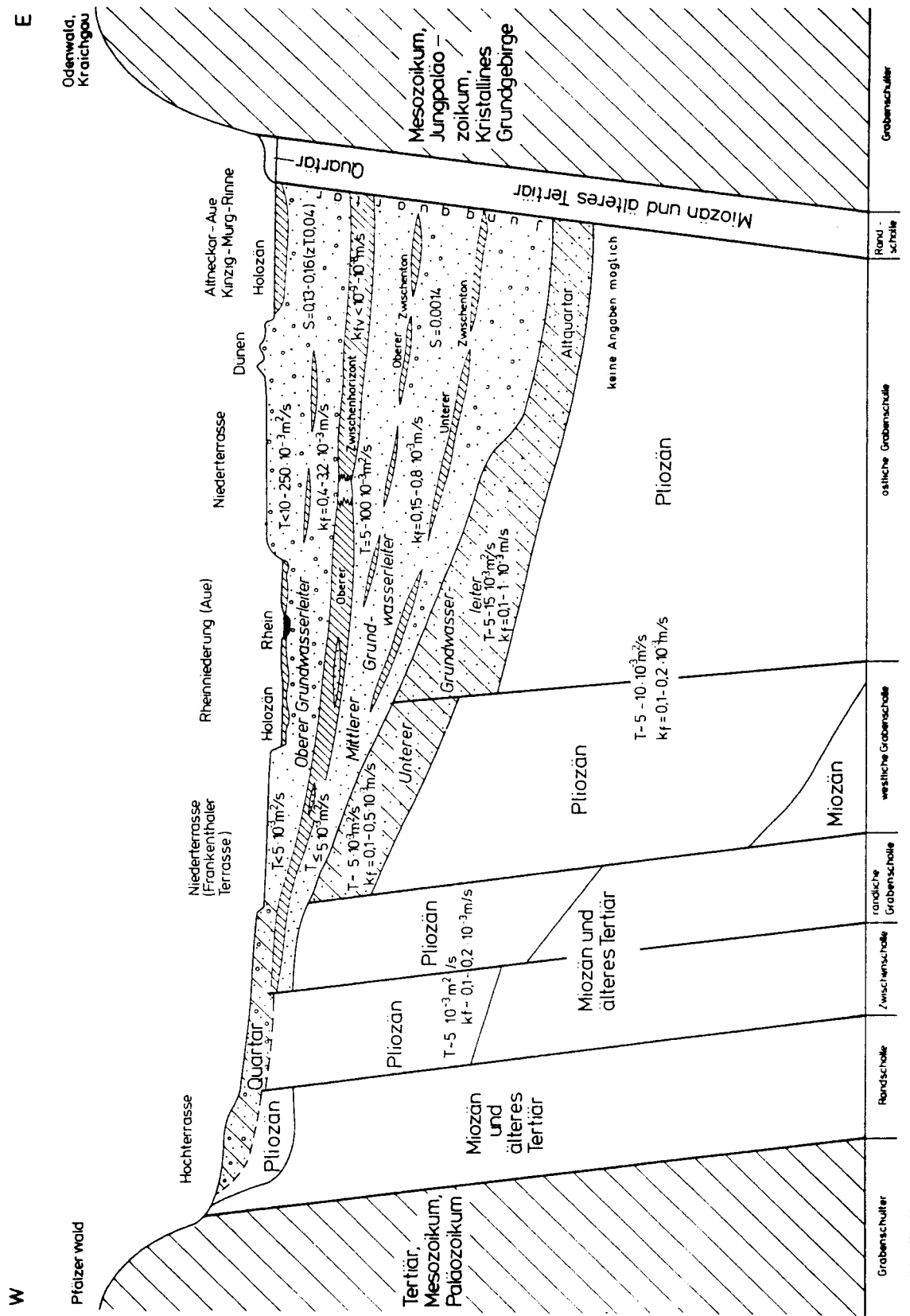
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Untergrundaufbau

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 3.3 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

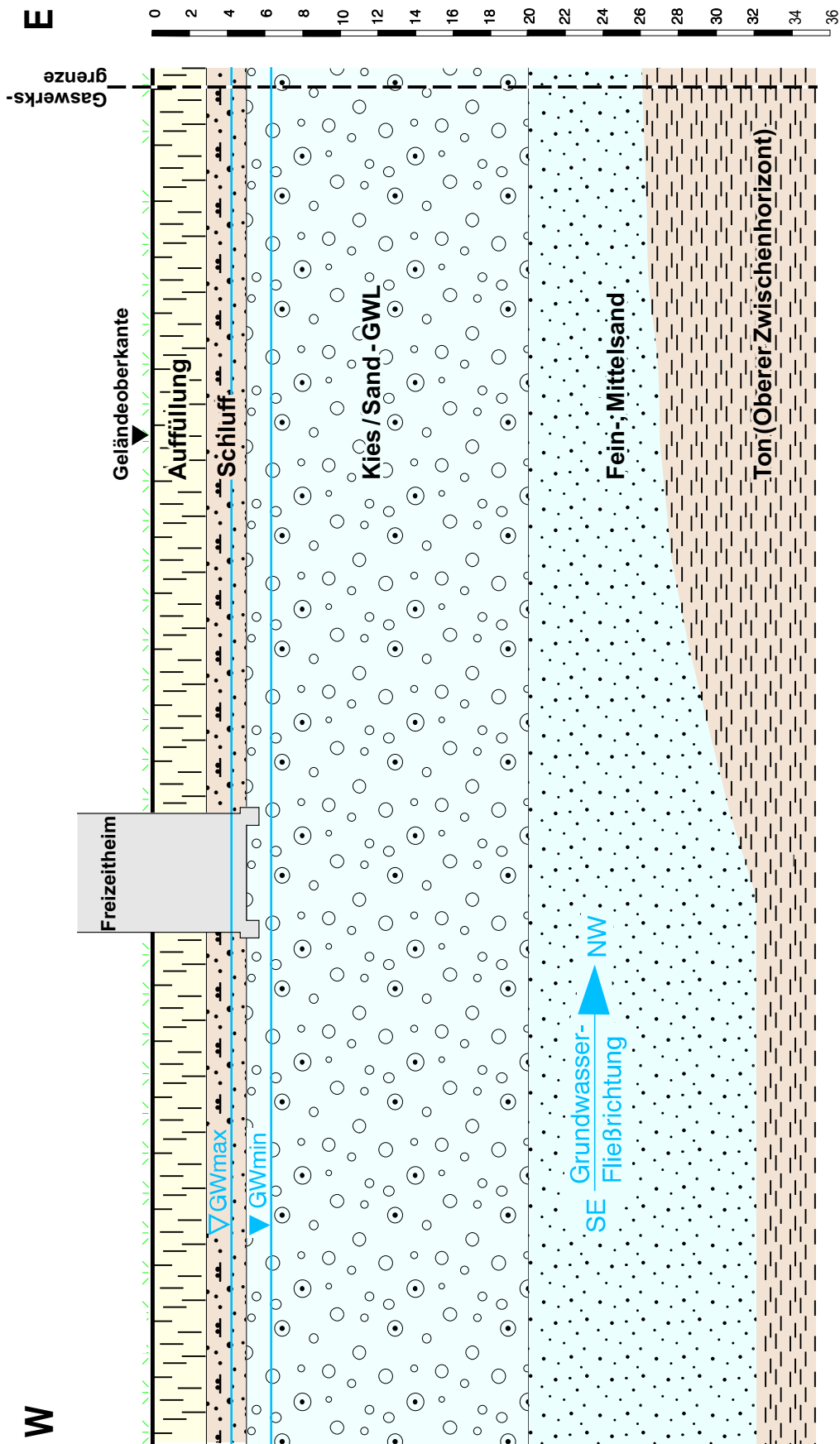
**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Hydrogeologische Übersicht



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 3.3.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Schnitt Freizeitheim - Gaswerksgrenze



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | | |
|---------|---------------|------------|-------------|
| M : | 1:800 / 1:333 | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | duer/ew | Anl.-Nr. | 3.3.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Gefahrenlage

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Gefahrenlage

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Geländeschnitte mit Schadstoff- verteilung im Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW) in dem Sanierungsbereich B

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



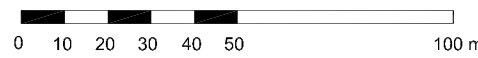
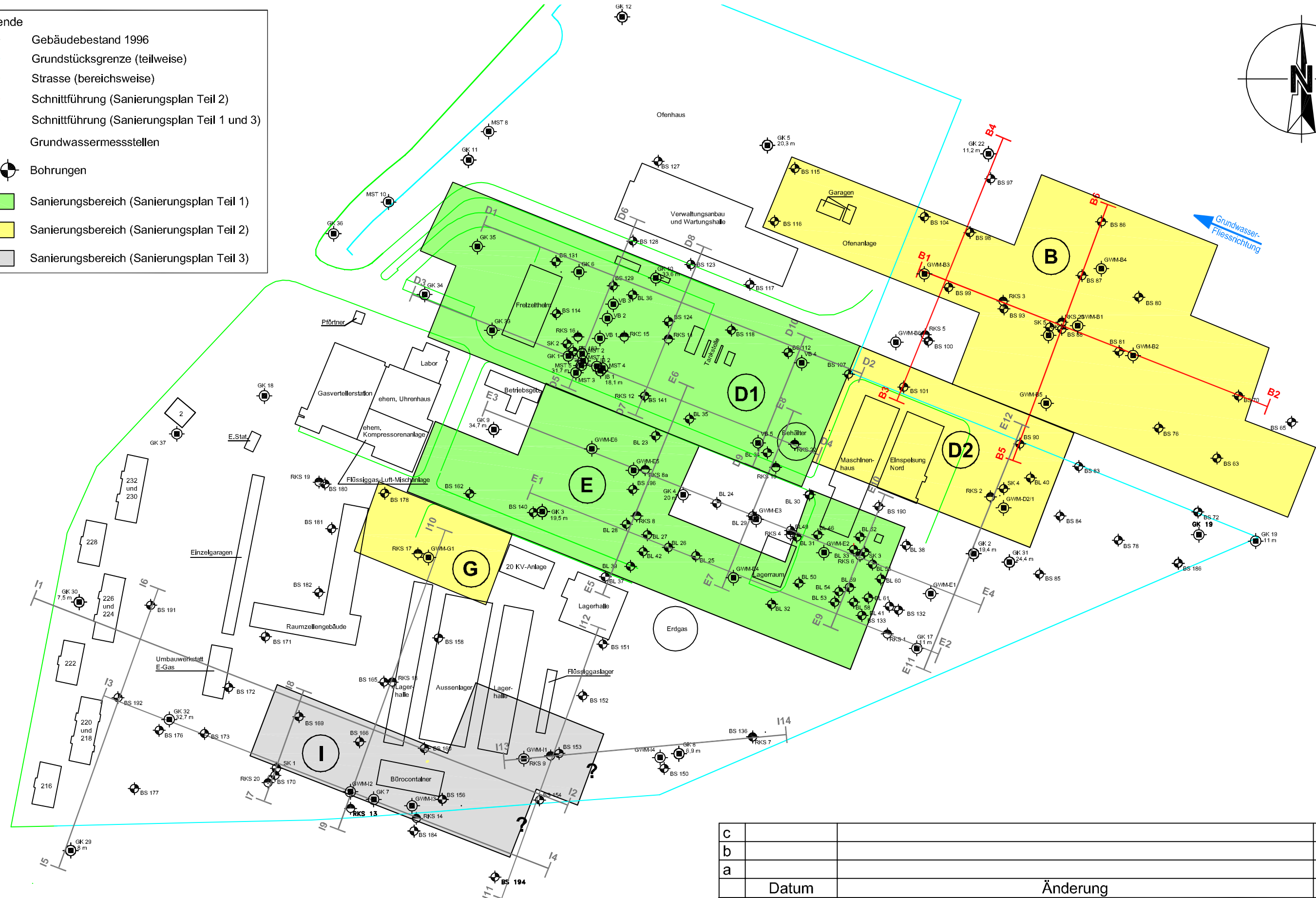
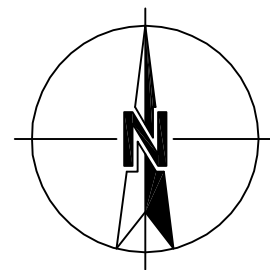
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27


Geländeschnitte mit Schadstoffverteilung im
Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW)
in dem Sanierungsbereich B

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 4.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Legende

- Gebäudebestand 1996
- Grundstücksgrenze (teilweise)
- Strasse (bereichsweise)
- Schnittführung (Sanierungsplan Teil 2)
- Schnittführung (Sanierungsplan Teil 1 und 3)
- Grundwassermessstellen
- Bohrungen
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 1)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 2)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 3)



| | | | |
|--|-------|--|------------------|
| c | | | |
| b | | | |
| a | | | |
| | Datum | Änderung | Gez. |
| Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G) | |  ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel. (0721) 98580 - 27 | |
| Lageplan mit Schnittführung | | M 1 : | 1.750 |
| | | Proj.-Nr. | 1312532100001312 |
| | | Gez.: | ew |
| | | Anl.-Nr. | 4.1.1 |
| | | Bearb.: | ksm |
| | | Datum | 13.07.2006 |

Geländeschnitte im Sanierungsbereich B PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

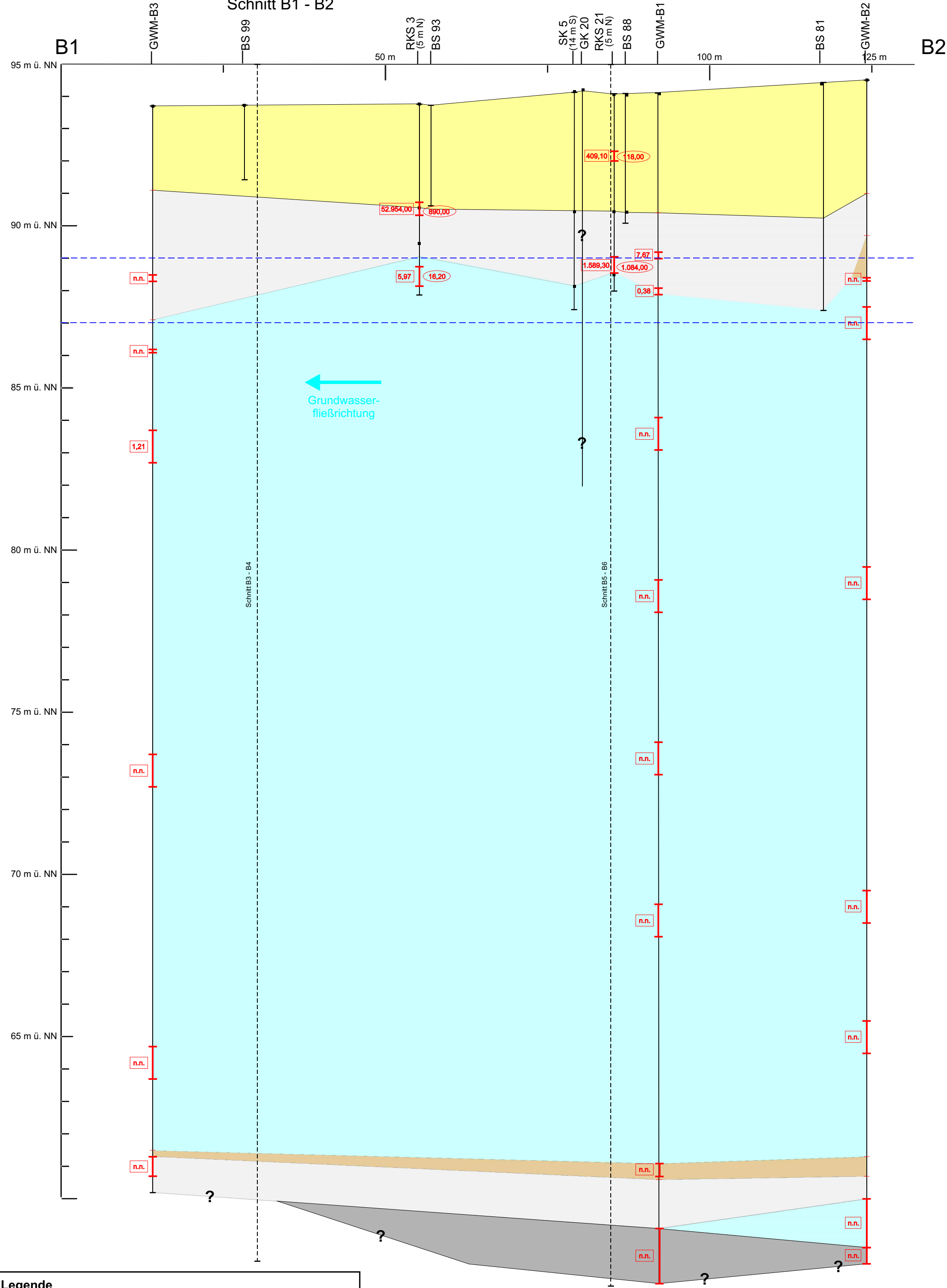


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich B
PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4.1.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Schadensbereich B
Schnitt B1 - B2



Legende

Auffüllung

Schluffschicht

Sand/Kies (Grundwasserleiter)

Torf

Ton

(5 m S) Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung

GK, GWM Grundwassermeßstelle

RKS, BS, Sondierungen

Grundwasserwechselbereich

Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs

Beprobungsbereich

n.n. nicht nachweisbar

n.b. nicht beprobt

PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert

Daten nicht gesichert

n.n. Brutto [mg/kg]

11,0 Eluat [µg/l]

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich B, Schnitt B1 - B2
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

ARCADIS

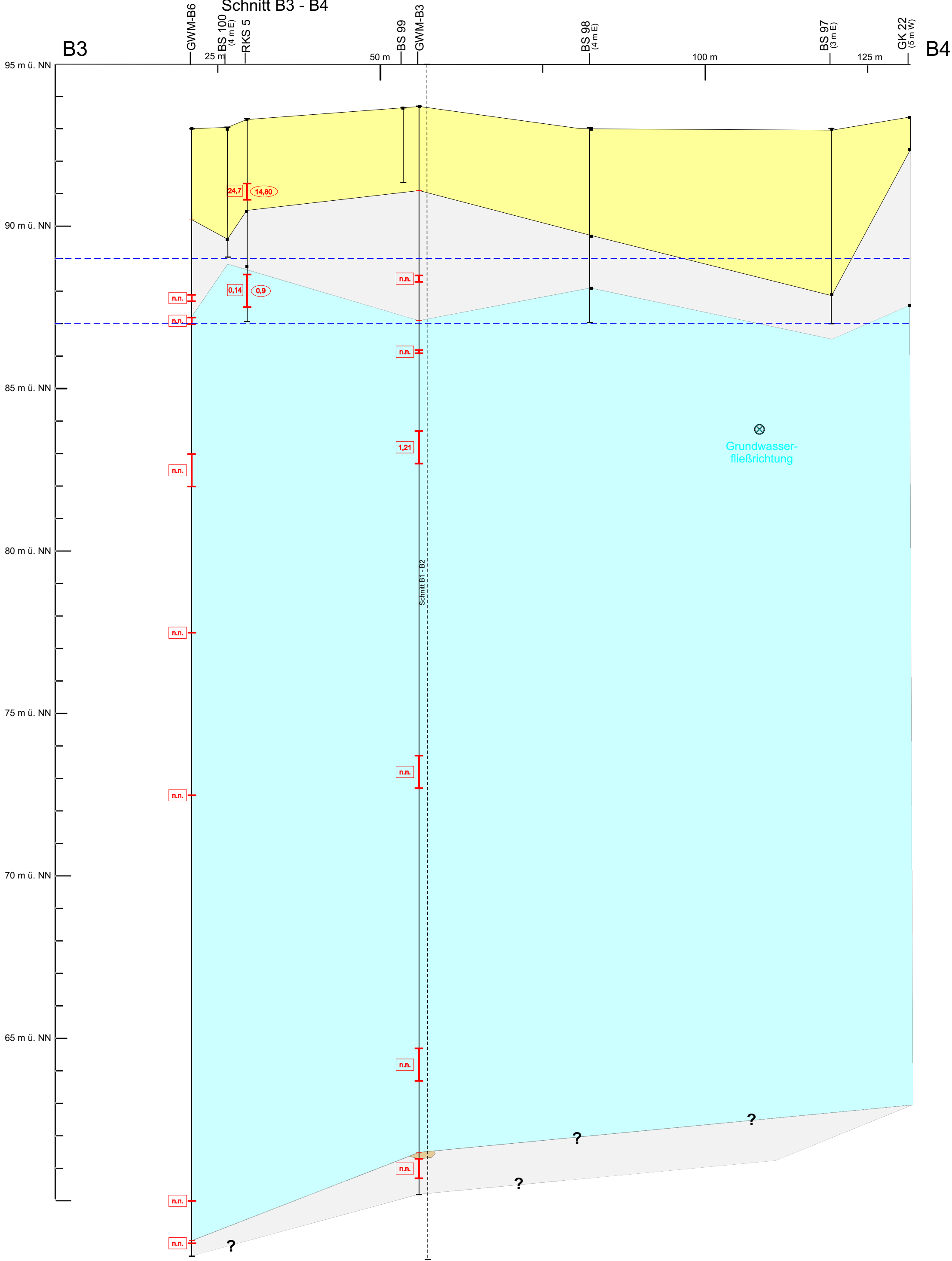
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------------------|------------------------|
| M | H 1:100 / B 1:500 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | doel | Anl.-Nr. 4.1.2.1 |
| Bearb.: | rh / ksm | Datum 13.07.2006 |

J:\Projekte\2001\32253201\Sanplan_Teil-2\Core\profil_b1.cdr

Schadensbereich B

Schnitt B3 - B4



Legende

- Auffüllung
- Schluffschicht
- Sand/Kies (Grundwasserleiter)
- Torf
- Ton
- Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung
- GK, GWM Grundwassermeßstelle
- RKS, BS, Sondierungen
- BL, SK
- Grundwasserwechselbereich
- Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs
- Beprobungsbereich
- nicht nachweisbar
- nicht beprobt
- PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert
- Daten nicht gesichert
- Brutto [mg/kg]
- Eluat [µg/l]

0 m 25 m

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich B, Schnitt B3 - B4
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)



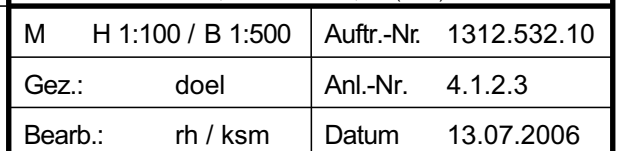
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------------------|------------------------|
| M | H 1:100 / B 1:500 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | doel | Anl.-Nr. 4.1.2.2 |
| Bearb.: | rh / ksm | Datum 13.07.2006 |

Schnitt B5 - B6



| | |
|-------------------|-----------------|
| n.n. | 11,0 |
| Brutto [mg/kg] | Eluat [µg/l] |



Geländeschnitte im Sanierungsbereich B AKW (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

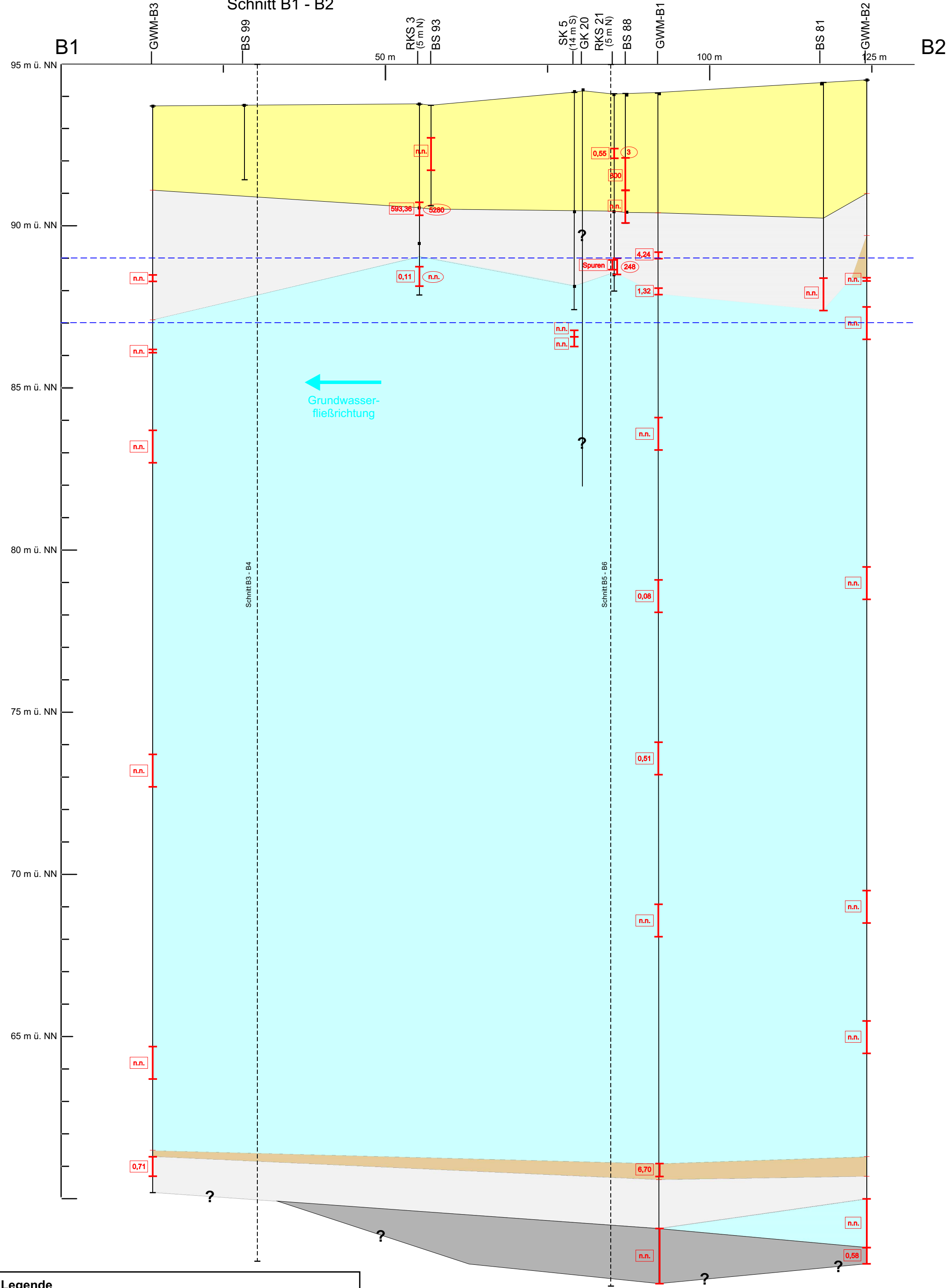


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich B
AKW (Brutto und Eluat)

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 4.1.3 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Schadensbereich B
Schnitt B1 - B2



Legende

Auffüllung

Schluffschicht

Sand/Kies (Grundwasserleiter)

Torf

Ton

(5 m S)

GK, GWM

RKS, BS, BL, SK

Grundwassermeßstelle

Sondierungen

Grundwasserwechselbereich

Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs

Beprobungsbereich

n.n.

n.b.

PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert

?

Daten nicht gesichert

n.n.

Brutto [mg/kg]

Eluat [µg/l]

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

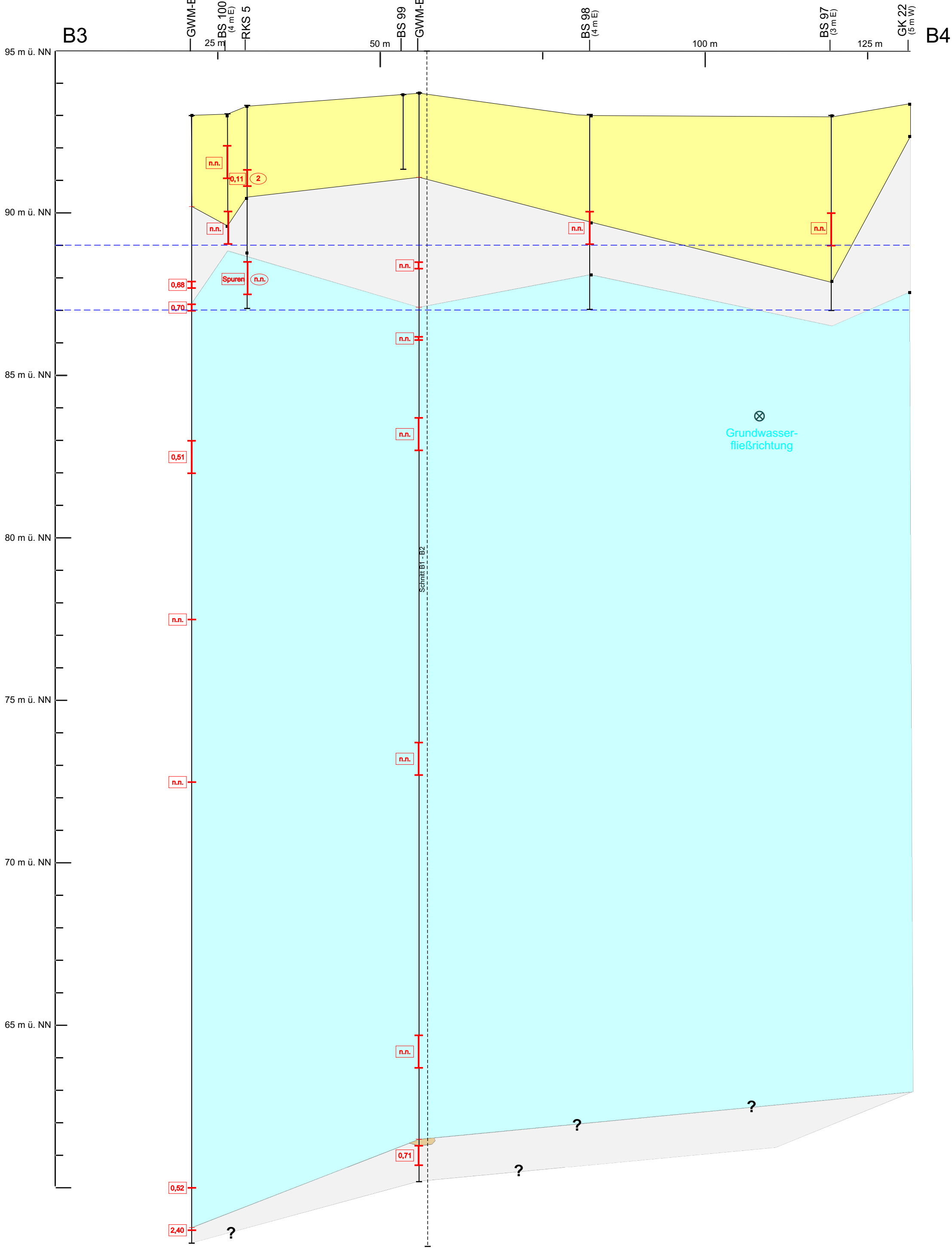
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich B, Schnitt B1 - B2
AKW (Brutto und Eluat)

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------------------|------------------------|
| M | H 1:100 / B 1:500 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | doel | Anl.-Nr. 4.1.3.1 |
| Bearb.: | rh / ksm | Datum 13.07.2006 |

J:\Projekte\2001\32253201\Sanplan_Teil-2\Core\profil_b1.cdr

Schadensbereich B
Schnitt B3 - B4



Legende

- Auffüllung
- Schluffschicht
- Sand/Kies (Grundwasserleiter)
- Torf
- Ton
- Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung (5 m S)
- GK, GWM Grundwassermeßstelle
- RKS, BS, Sondierungen
- Grundwasserwechselbereich
- Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs
- Beprobungsbereich
- n.n. nicht nachweisbar
- n.b. nicht beprobt
- PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert
- Daten nicht gesichert

0 m 25 m

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

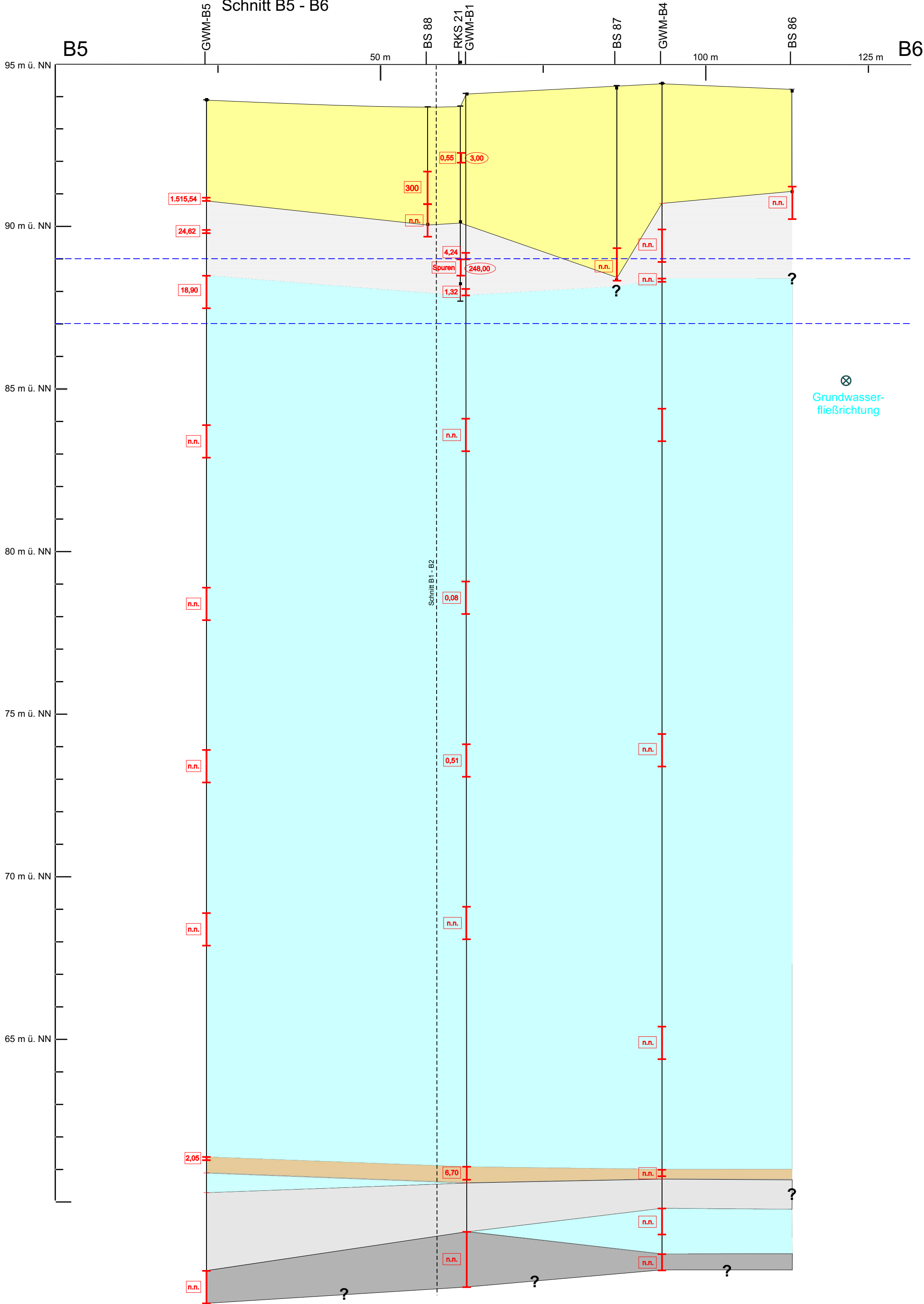
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich B, Schnitt B3 - B4
AKW (Brutto und Eluat)



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------------------|-----------------------|
| M | H 1:100 / B 1:500 | Auftr.-Nr. 322.532.10 |
| Gez.: | doel | Anl.-Nr. 4.1.3.2 |
| Bearb.: | rh / ksm | Datum 13.07.2006 |

Schadensbereich B
Schnitt B5 - B6



Legende

- Auffüllung
- Schluffschicht
- Sand/Kies (Grundwasserleiter)
- Torf
- Ton
- (5 m S) Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung
- GK, GWM Grundwassermeßstelle
- RKS, BS, BL, SK Sondierungen
- Grundwasserwechselbereich
- Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs
- Beprobungsbereich
- n.n. nicht nachweisbar
- n.b. nicht beprobt
- * PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert
- ? Daten nicht gesichert
- n.n. Brutto [mg/kg]
- 11,0 Eluat [µg/l]

0 m 25 m

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich B, Schnitt B5 - B6
AKW (Brutto und Eluat)



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------------------|------------------------|
| M | H 1:100 / B 1:500 | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | doel | Anl.-Nr. 4.1.3.3 |
| Bearb.: | rh / ksm | Datum 13.07.2006 |

Grundwasserkonzentrationen

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Grundwasserkonzentrationen

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 4.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Vertikale Schadstoffverteilung

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

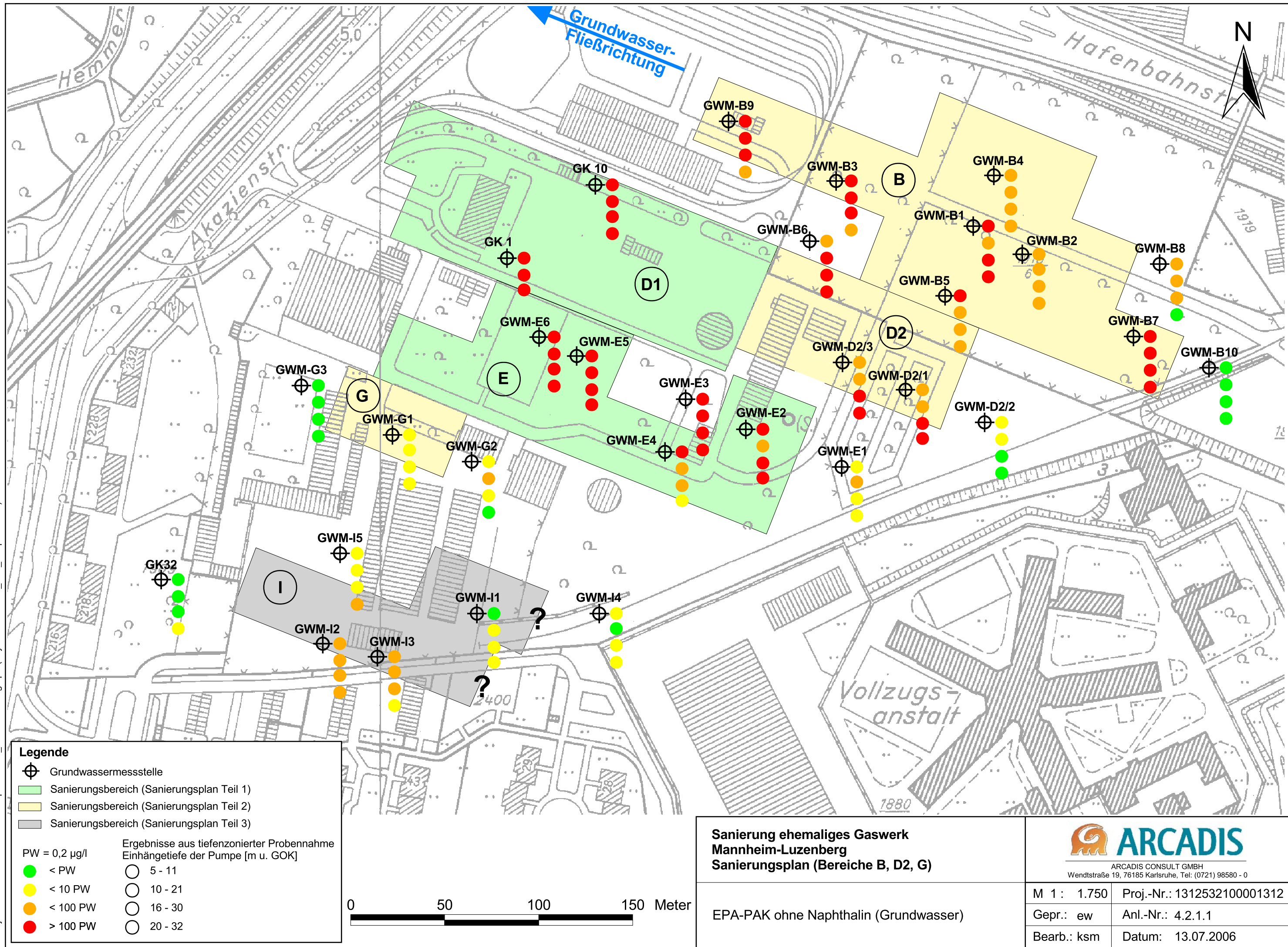


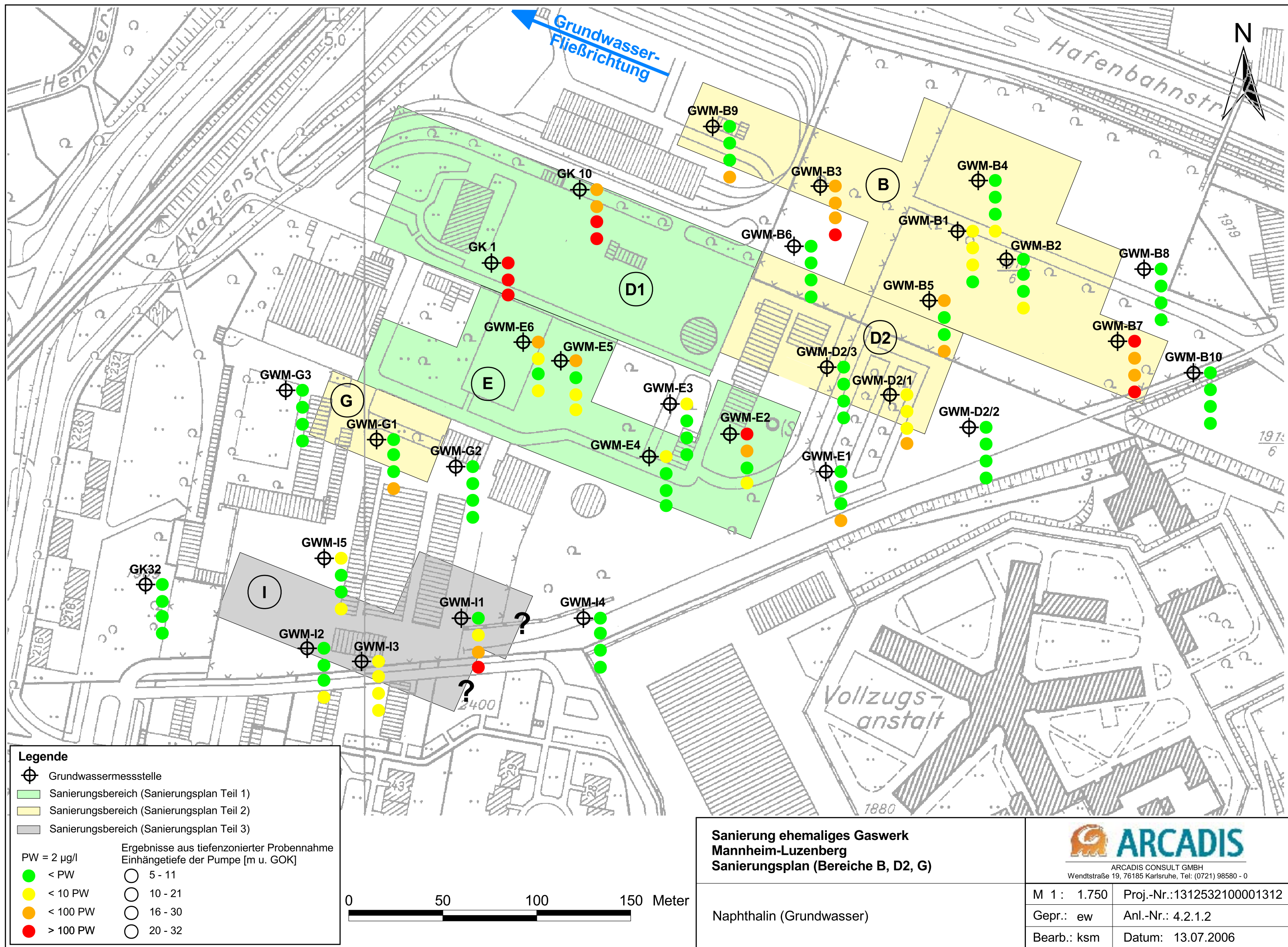
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Vertikale Schadstoffverteilung

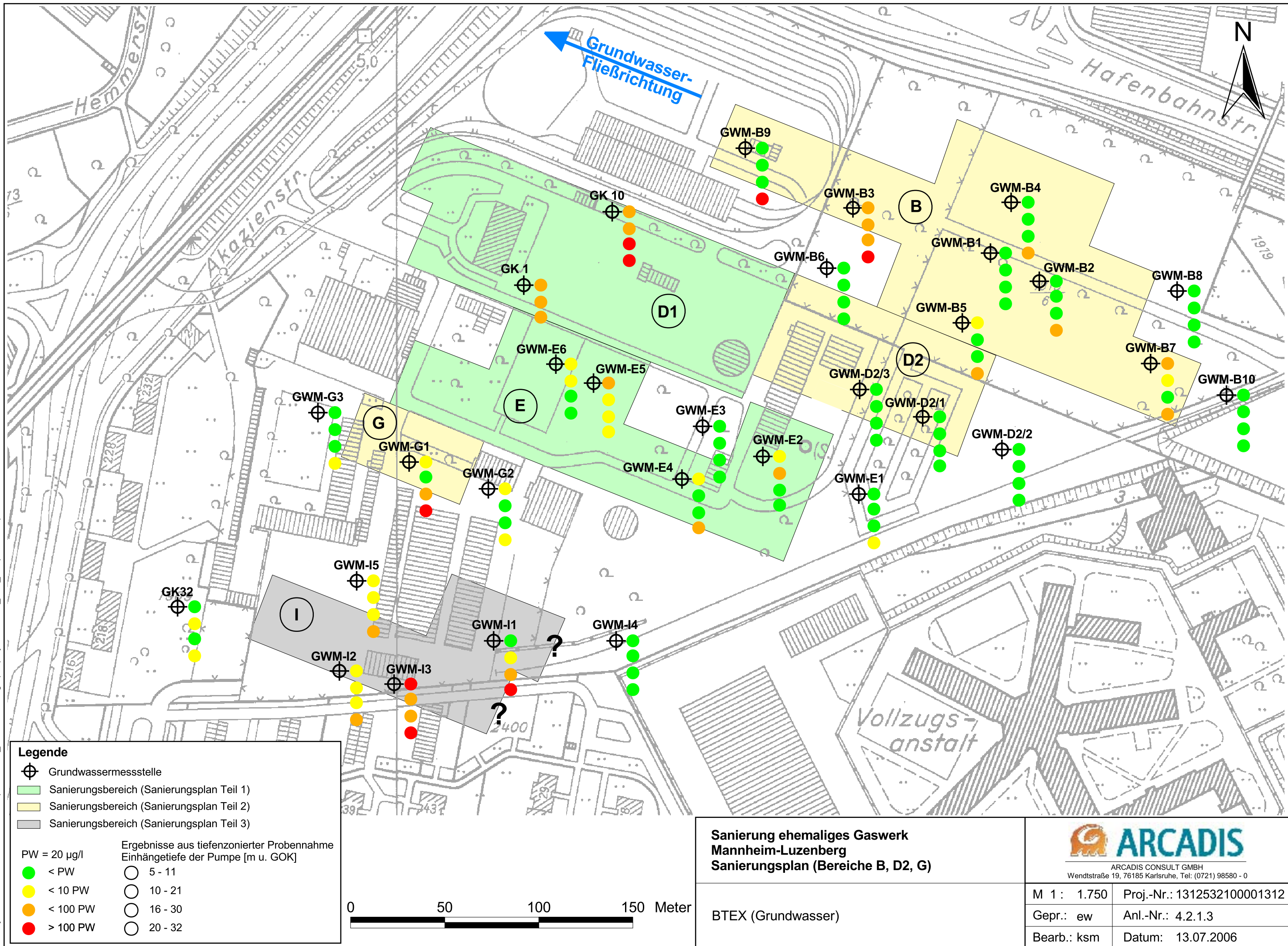
| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 4.2.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

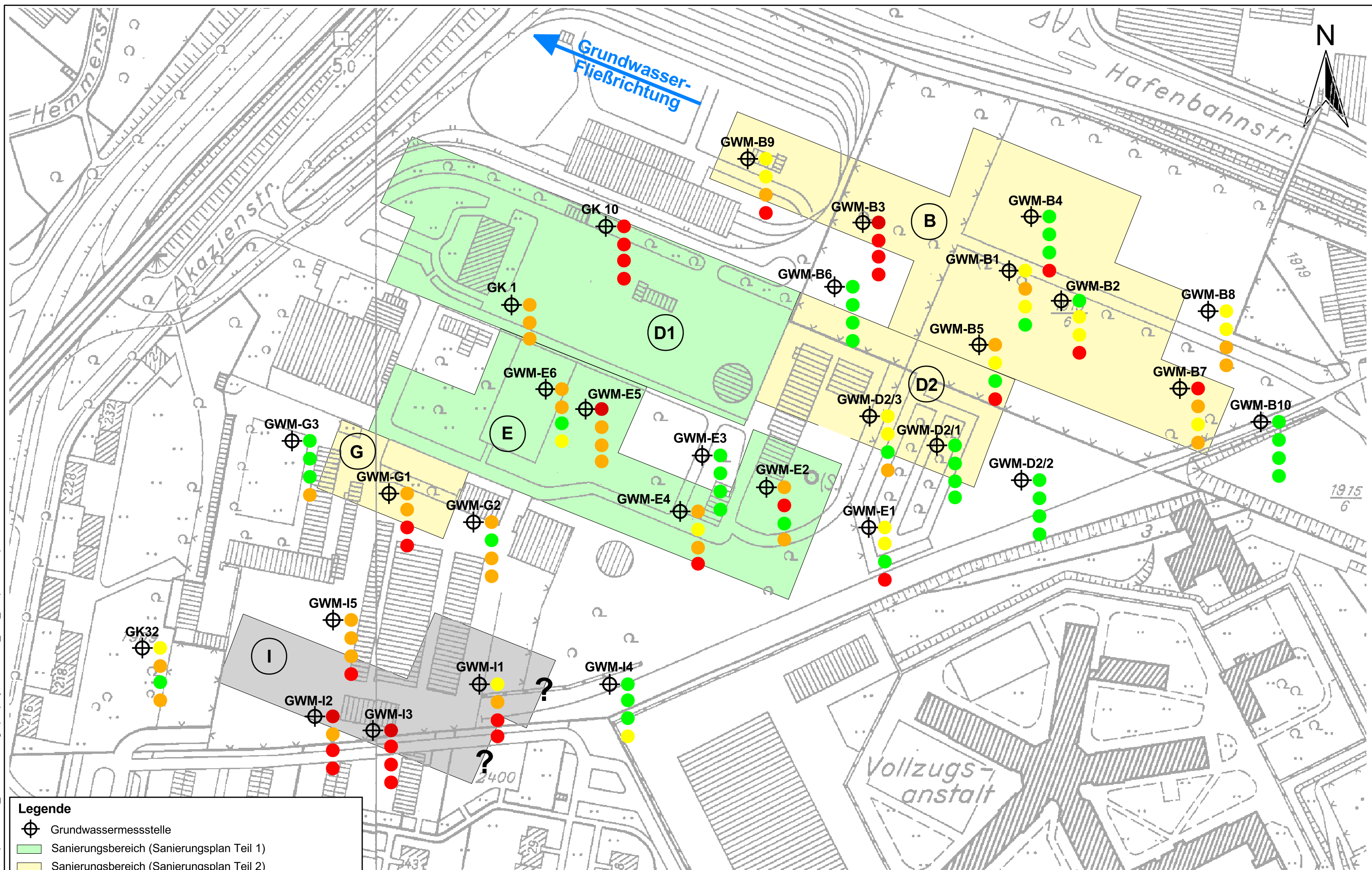
J:\Projekte\2001\132253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: EPA-PAK_GW_Sanplan-Teil2)





J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: BTEX_GW_Sanplan-Teil2)





Legende

- Grundwassermessstelle
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 1)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 2)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 3)
- PW = 1 µg/l
- Ergebnisse aus tiefenzonierter Probenahme
Einhängetiefe der Pumpe [m u. GOK]
- < PW
- < 10 PW
- < 100 PW
- > 100 PW
- 5 - 11
- 10 - 21
- 16 - 30
- 20 - 32

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

Benzol (Grundwasser)



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------|-----------------------------|
| M 1 : | 1.750 | Proj.-Nr.: 1312532100001312 |
| Gepr.: | ew | Anl.-Nr.: 4.2.1.4 |
| Bearb.: | ksm | Datum: 13.07.2006 |

Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse
(tiefenzonierte Probennahme)

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 4.2.1.5 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

| Ergebnisse der Grundwasseranalysen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Pegel | Proben-nahme- datum | Entnahme- tiefe [m u. GOK] | EPA-PAK [µg/l] | Naphthali n [µg/l] | EPA-PAK o.Naphth alin [µg/l] | AKW [µg/l] | BTEX (nach BBodSchV) [µg/l] | Benzol [µg/l] | Phenol- index [µg/l] | Cyanid, ges. [µg/l] | Eisen,ges. [mg/l] | Eisen-II [mg/l] | Eisen-III [mg/l] | Mangan [mg/l] | KW [mg/l] | Ammonium [mg/l] | Nitrat [mg/l] | Phosphat [mg/l] | Sulfat [mg/l] |
| Sanierungsbereich B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B1 | 24.10.2002 | 9,9 | 41,6 | 17,4 | 24,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | <10 | <10 | | | | | <0,1 | 58 | | | |
| B1 | 24.10.2002 | 17,1 | 18,2 | 3,9 | 14,3 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | <10 | <10 | 5,92 | 5,2 | 0,72 | 0,294 | 0,1 | 105 | 1,2 | <1 | 267 |
| B1 | 24.10.2002 | 23,9 | 28,9 | 8,5 | 20,4 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | <10 | <10 | 8,53 | | | | <0,1 | 33 | | | |
| B1 | 24.10.2002 | 30 | 35,2 | 0,7 | 34,5 | n.n. | n.n. | <0,5 | | <10 | 8,78 | 5,9 | 2,88 | 0,373 | 0,21 | 283 | 1,47 | 1,52 | 30 |
| B2 | 18.10.2002 | 10,8 | 14,3 | 0,0 | 14,3 | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | 43,6 | | | |
| B2 | 18.10.2002 | 16,9 | 8,34 | 0,1 | 8,2 | 9,2 | 3,8 | 3,8 | | | | | | | | 73,2 | | | |
| B2 | 18.10.2002 | 24,4 | 16,9 | 0,2 | 16,8 | 2,0 | 2,0 | 2 | | | | | | | | 38,4 | | | |
| B2 | 18.10.2002 | 31,7 | 23,1 | 5,8 | 17,3 | 783,9 | 765,8 | 628 | | | | | | | | 120 | | | |
| B3 | 22.10.2002 | 9,2 | 135,6 | 98,8 | 36,8 | 584,4 | 560,0 | 520 | 461 | | | | | | | 316 | | | |
| B3 | 22.10.2002 | 12,4 | 97,6 | 58,3 | 39,3 | 623,5 | 565,0 | 489 | 505 | | | | | | | 318 | | | |
| B3 | 22.10.2002 | 16,4 | 106,7 | 66,5 | 40,2 | 349,6 | 311,0 | 293 | 157 | | | | | | | 290 | | | |
| B3 | 22.10.2002 | 25,5 | 668 | 657,0 | 11,0 | 10.903,2 | 10.580,0 | 8600 | 6.600 | | | | | | | 1220 | | | |
| B4 | 18.10.2002 | 9 | 5,2 | 0,8 | 4,4 | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | 53,4 | | | |
| B4 | 18.10.2002 | 12,9 | 2,28 | 0,0 | 2,3 | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | 62,6 | | | |
| B4 | 18.10.2002 | 18,25 | 10,9 | 0,0 | 10,9 | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | 120 | | | |
| B4 | 18.10.2002 | 28,05 | 22,7 | 15,6 | 7,1 | 1.242,2 | 1.219,9 | 1030 | | | | | | | | 183 | | | |
| B5 | 18.10.2002 | 10,4 | 220,9 | 96,3 | 124,6 | 137,7 | 26,5 | 13,7 | | | | | | | | 124 | | | |
| B5 | 18.10.2002 | 18,7 | 18,7 | 0,3 | 18,4 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | | | | | | | | 119 | | | |
| B5 | 18.10.2002 | 24,4 | 2,99 | 0,2 | 2,8 | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | 159 | | | |
| B5 | 18.10.2002 | 31,7 | 55,7 | 52,7 | 3,0 | 1.204,1 | 1.204,1 | 864 | | | | | | | | 535 | | | |
| B6 | 22.10.2002 | 10,1 | 11,4 | 0,0 | 11,4 | n.n. | n.n. | <0,5 | <10 | <10 | 9,77 | 7,1 | 2,67 | 1,05 | <0,1 | 28,6 | | | |
| B6 | 22.10.2002 | 17 | 36,7 | 0,0 | 36,7 | n.n. | n.n. | <0,5 | 11 | <10 | 6,11 | 5,1 | 1,01 | 0,624 | <0,1 | 44,4 | | | |
| B6 | 22.10.2002 | 23,5 | 25,9 | 0,1 | 25,8 | n.n. | n.n. | <0,5 | 24 | <10 | 8,38 | 6,61 | 1,77 | 0,858 | <0,1 | 39,4 | | | |
| B6 | 22.10.2002 | 30,8 | 25,9 | 0,5 | 25,4 | n.n. | n.n. | <0,5 | 15 | <10 | 8,34 | 6,8 | 1,54 | 0,94 | <0,1 | 33,4 | | | |
| B7 | 11.06.2004 | 12,7 | 1040 | 894,0 | 146 | 1.168,6 | 519,9 | 159,0 | 493 | 20,0 | | | | | 0,23 | 9,72 | | | |
| B7 | 11.06.2004 | 17,8 | 135 | 92,7 | 42,3 | 109,9 | 45,1 | 18,1 | 102 | <10 | | | | | <0,1 | 13,9 | | | |
| B7 | 11.06.2004 | 24,3 | 124 | 68,4 | 55,6 | 69,4 | 16,1 | 8,5 | 98 | 13,0 | | | | | 0,17 | 24,6 | | | |
| B7 | 11.06.2004 | 30,7 | 373 | 274 | 99 | 546,6 | 266,8 | 99,6 | 449 | 12,0 | | | | | 0,18 | 124 | | | |
| B8 | 11.06.2004 | 9,4 | 4,0 | <0,05 | 4,0 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | | | | | | | | | | | |
| B8 | 11.06.2004 | 12,9 | 5,9 | 0,48 | 5,4 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | | | | | | | | | | | |
| B8 | 11.06.2004 | 17,7 | 2,4 | 0,36 | 2,1 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | | | | | | | | | | | |
| B8 | 11.06.2004 | 26,2 | n.n. | <0,05 | n.n. | 18,6 | 18,6 | 18,6 | | | | | | | | | | | |
| B9 | 08.06.2004 | 9 | 26,5 | 0,16 | 26,3 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | | | | | | | | | | | |
| B9 | 08.06.2004 | 15,8 | 42,6 | 0,13 | 42,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | | | | | | | | | | | |
| B9 | 08.06.2004 | 22,3 | 44,4 | 0,28 | 44,1 | 13,9 | 13,9 | 13,9 | | | | | | | | | | | |
| B9 | 08.06.2004 | 27,5 | 79,6 | 66,6 | 13,0 | 2.529 | 2.441 | 2.240 | | | | | | | | | | | |
| B10 | 26.08.2004 | 13,5 | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | | | | |
| B10 | 26.08.2004 | 16,2 | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | | | | |
| B10 | 26.08.2004 | 20,3 | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | | | | |
| B10 | 26.08.2004 | 26 | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <0,5 | | | | | | | | | | | |

| Ergebnisse der Grundwasseranalysen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------------------------|-----|-------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Pegel | Proben-nahme- datum | Entnahme- tiefe u. GOK | [m] | EPA-PAK [µg/l] | Naphthali n [µg/l] | EPA-PAK o.Naphth alin [µg/l] | AKW [µg/l] | BTEX (nach BBodSchV) [µg/l] | Benzol [µg/l] | Phenol- index [µg/l] | Cyanid, ges. [µg/l] | Eisen,ges. [mg/l] | Eisen-II [mg/l] | Eisen-III [mg/l] | Mangan [mg/l] | KW [mg/l] | Ammonium [mg/l] | Nitrat [mg/l] | Phosphat [mg/l] | Sulfat [mg/l] |
| Sanierungsbereich D2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D2/1 | 17.10.2002 | 8,05 | | 33,3 | 16,4 | 16,9 | n.n. | n.n. | <0,5 | 18 | | | | | | | 26,2 | | | |
| D2/1 | 17.10.2002 | 13,5 | | 21,5 | 2,7 | 18,8 | n.n. | n.n. | <0,5 | <10 | | 4,85 | 4,2 | 0,65 | 0,48 | | 21,4 | <0,5 | 0,507 | 301 |
| D2/1 | 17.10.2002 | 22 | | 36,1 | 14,6 | 21,5 | n.n. | n.n. | <0,5 | 160 | | | | | | | 24,1 | | | |
| D2/1 | 17.10.2002 | 30,7 | | 56,6 | 28,2 | 28,4 | 22,3 | n.n. | <0,5 | 20 | | 11,4 | 10,1 | 1,3 | 0,8 | | 22,4 | <0,5 | <0,5 | 297 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D2/2 | 08.06.2004 | 10,2 | | 0,48 | <0,05 | 0,48 | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| D2/2 | 08.06.2004 | 14 | | 0,80 | <0,05 | 0,80 | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| D2/2 | 08.06.2004 | 19,3 | | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| D2/2 | 08.06.2004 | 25 | | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D2/3 | 08.06.2004 | 6,9 | | 17,3 | <0,05 | 17,3 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | | | | | | | | | | | |
| D2/3 | 08.06.2004 | 14,9 | | 9,3 | <0,05 | 9,3 | 8,8 | 8,8 | 8,8 | | | | | | | | | | | |
| D2/3 | 08.06.2004 | 24,8 | | 27,2 | <0,05 | 27,2 | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| D2/3 | 08.06.2004 | 30,8 | | 23,8 | 0,1 | 23,7 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sanierungsbereich G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G1 | 16.10.2002 | 11,1 | | 1,07 | 0,5 | 0,6 | 55,8 | 55,8 | 55,8 | 17 | | | | | | | 142 | | | |
| G1 | 16.10.2002 | 16,6 | | 1,29 | 0,1 | 1,2 | 13,8 | 13,8 | 13,8 | 11 | | | | | | | 186 | | | |
| G1 | 16.10.2002 | 22,5 | | 1,07 | 0,5 | 0,5 | 224,0 | 224,0 | 224 | 53 | | | | | | | 192 | | | |
| G1 | 16.10.2002 | 28,4 | | 33 | 32,6 | 0,4 | 2.603,7 | 2.550,0 | 2310 | 208 | | | | | | | 285 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G2 | 07.06.2004 | 11,4 | | 1,7 | 0,4 | 1,3 | 44,3 | 44,3 | 44,3 | | | | | | | | | | | |
| G2 | 07.06.2004 | 15,6 | | 3,95 | <0,05 | 4,0 | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| G2 | 07.06.2004 | 20,9 | | 0,802 | <0,05 | 0,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | | | | | | | | | | | |
| G2 | 07.06.2004 | 27,5 | | 1,57 | 1,5 | 0,08 | 49,3 | 47,2 | 44,5 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G3 | 09.06.2004 | 8,8 | | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| G3 | 09.06.2004 | 14,9 | | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| G3 | 09.06.2004 | 20,4 | | n.n. | <0,05 | n.n. | n.n. | n.n. | <1 | | | | | | | | | | | |
| G3 | 09.06.2004 | 24,6 | | n.n. | <0,05 | n.n. | 33,3 | 33,3 | 33,3 | | | | | | | | | | | |

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4.2.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Bereich B (GWM-B1 bis GWM-B10)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



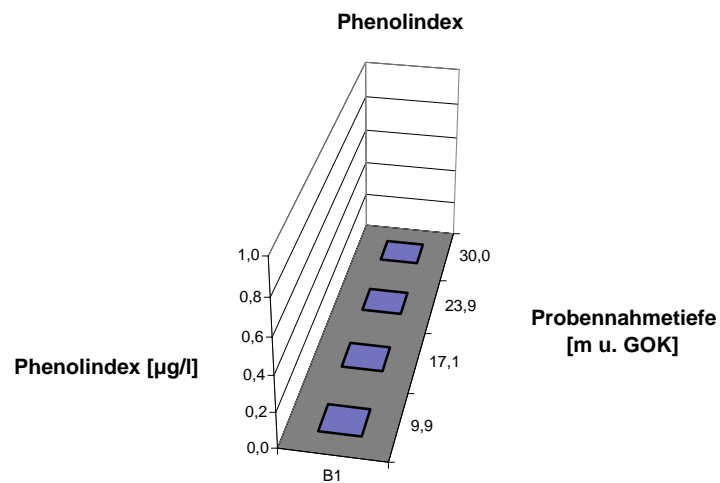
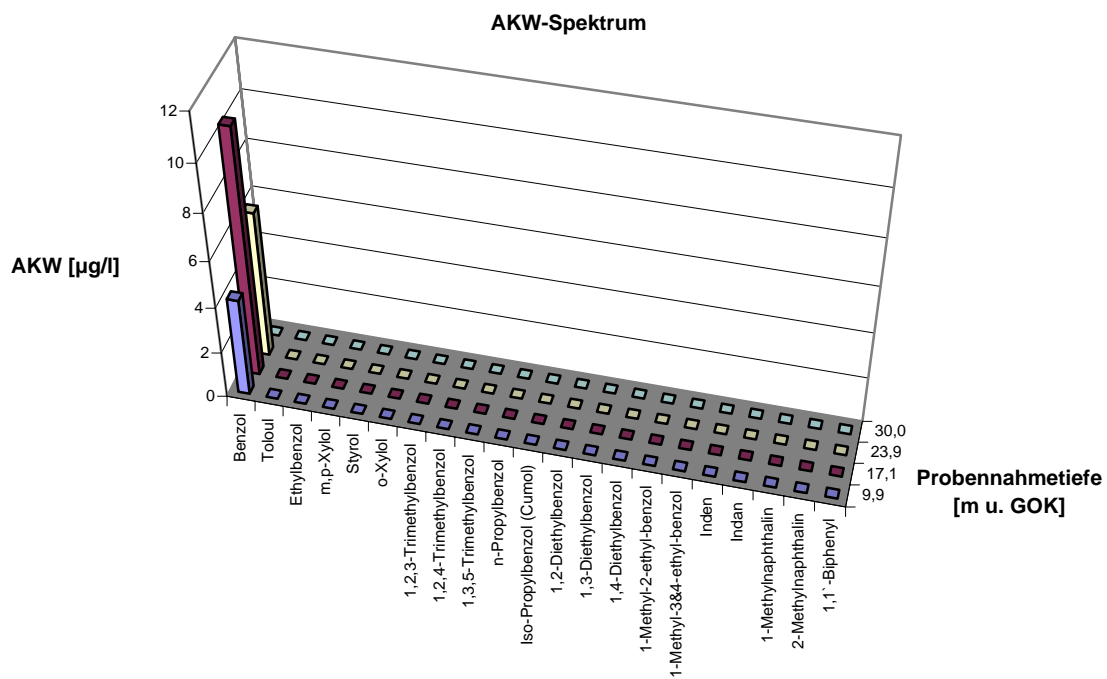
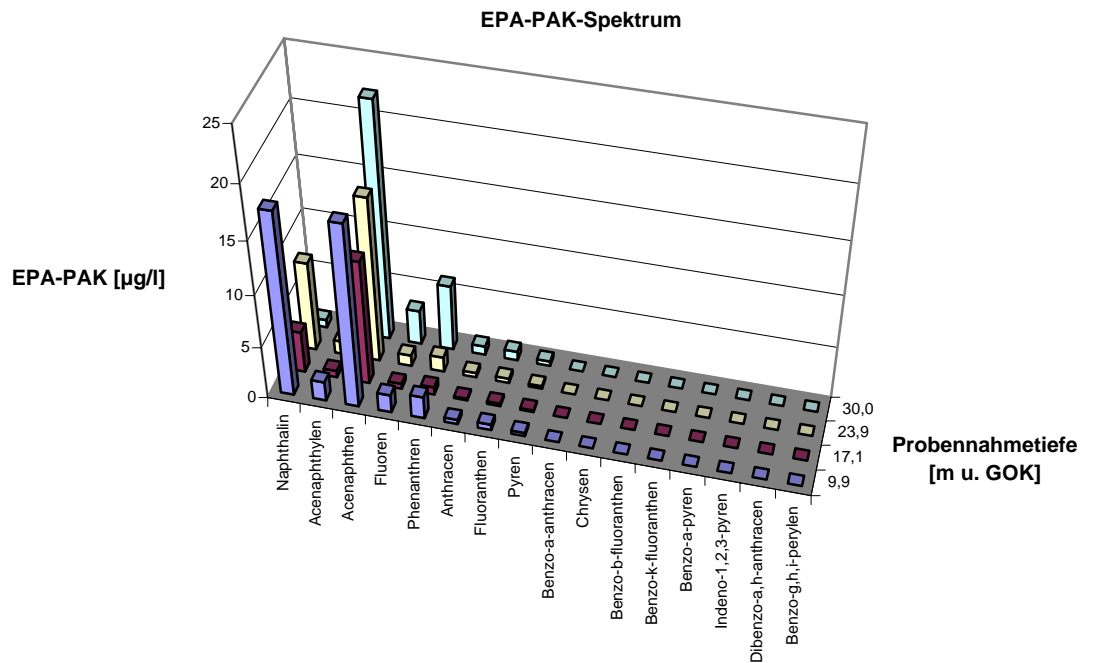
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Bereich B (GWM-B1 bis GWM-B10)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4.2.2.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

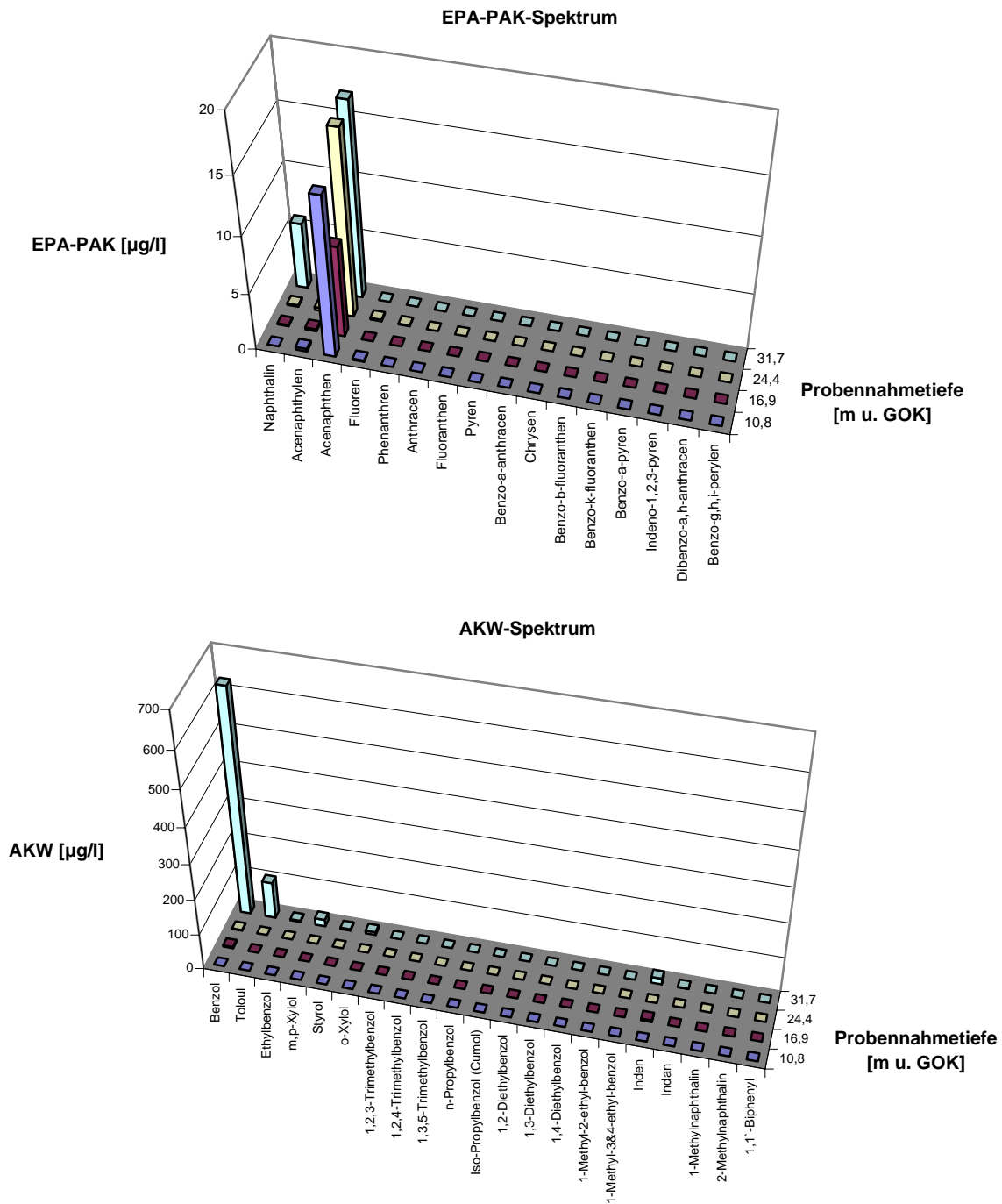
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B1



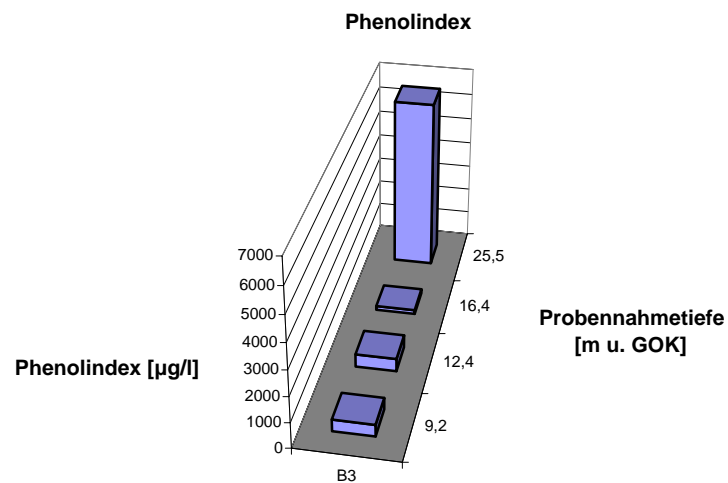
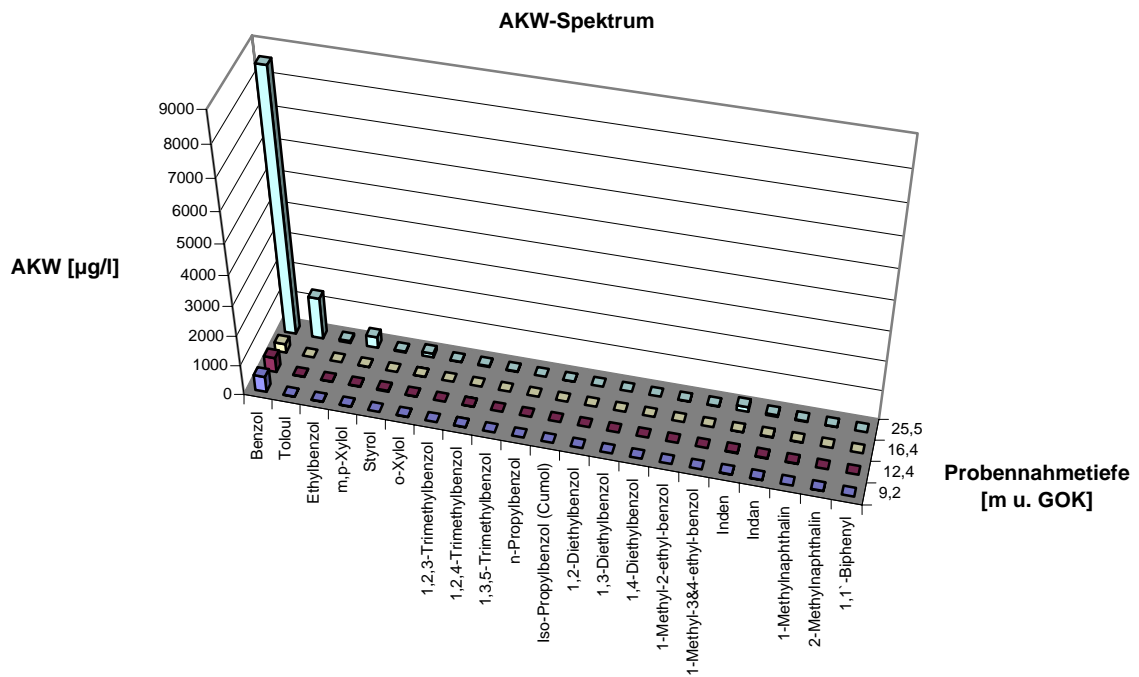
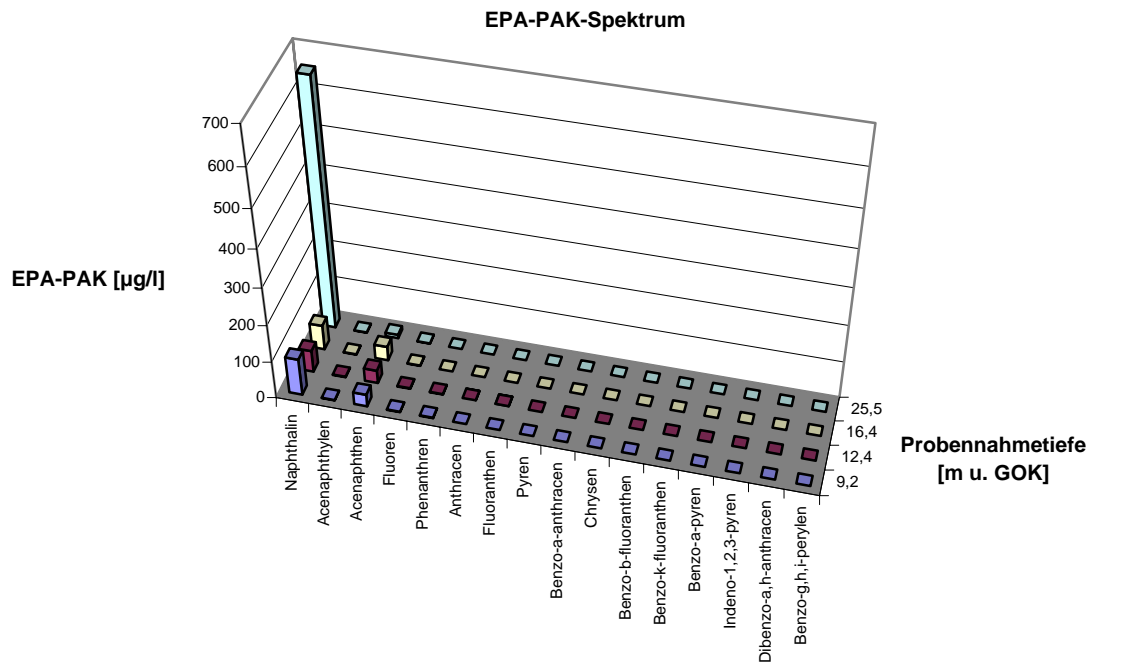
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B2



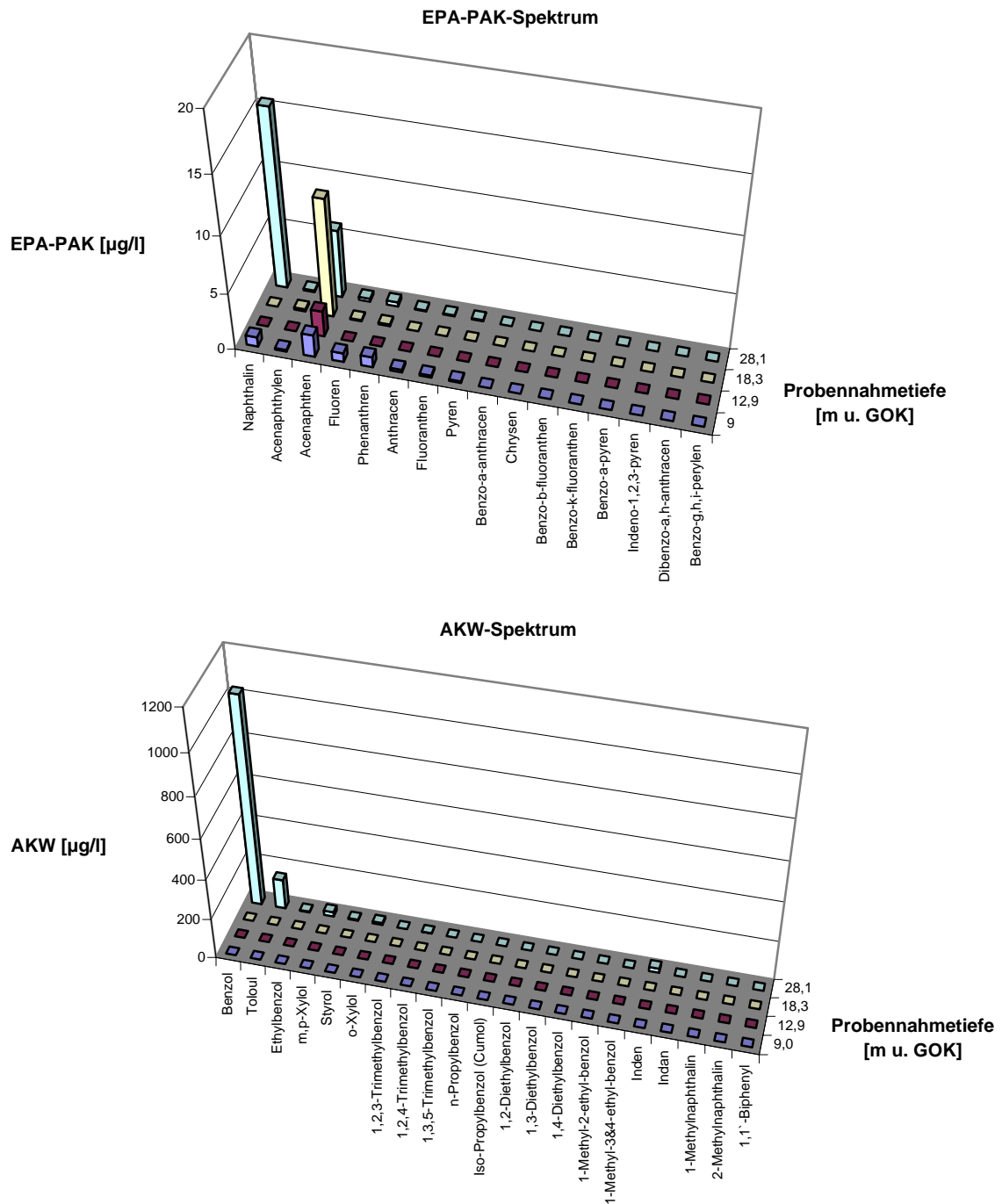
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B3

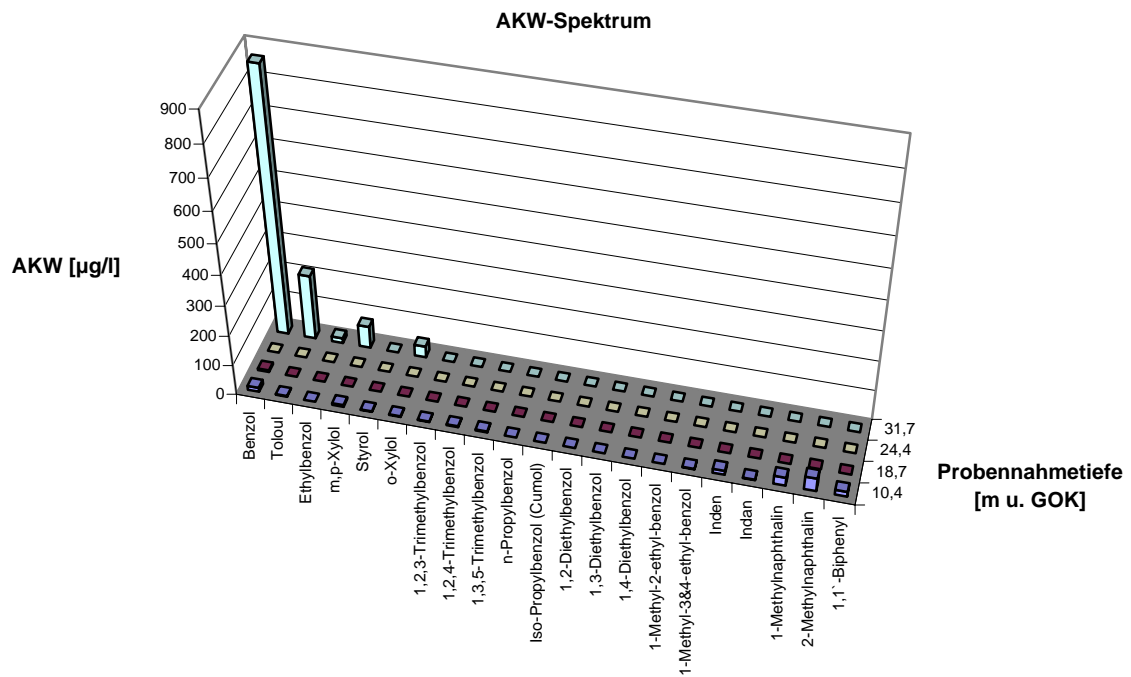
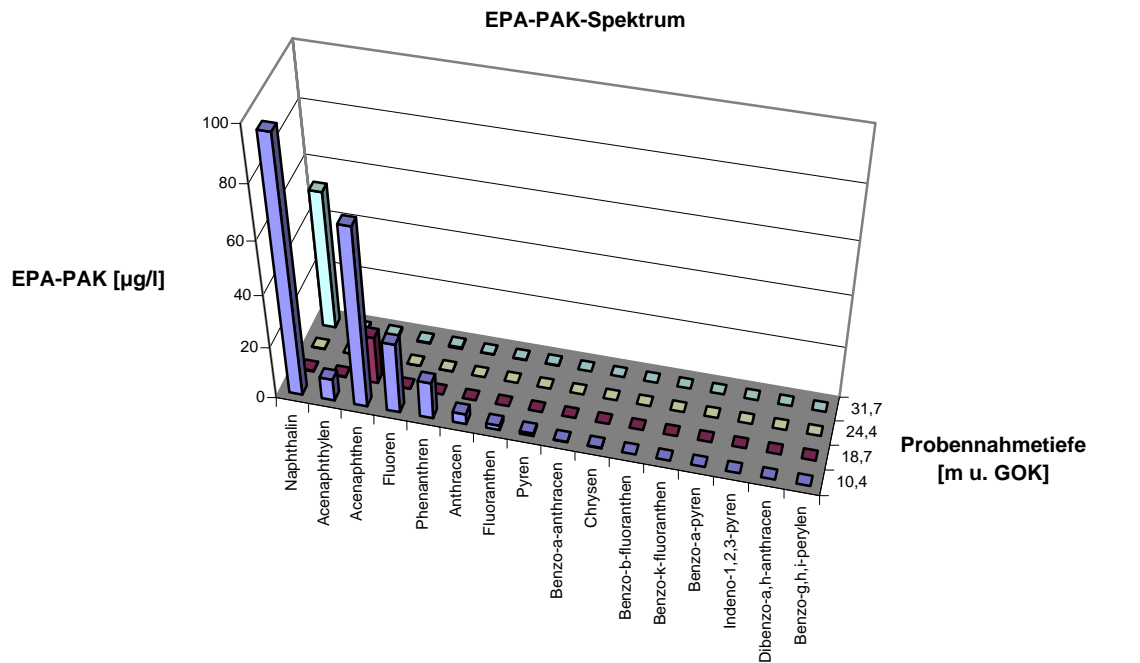


Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B4

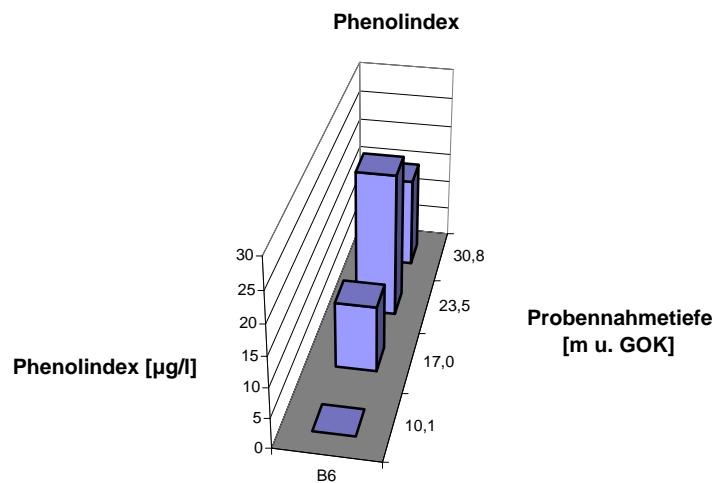
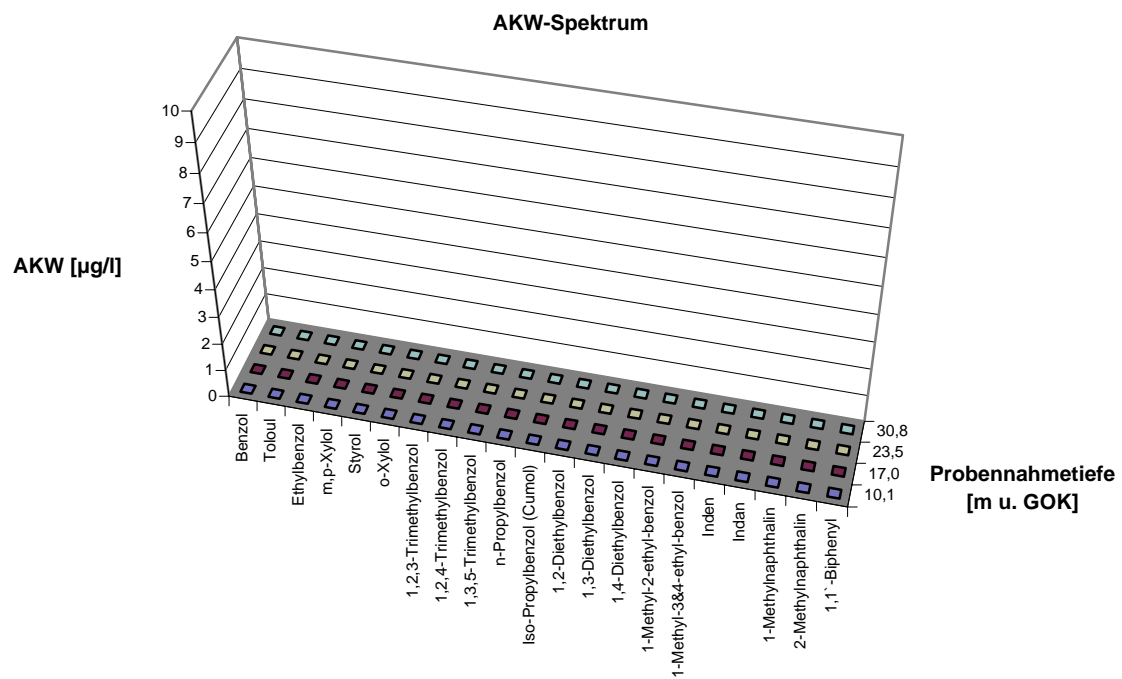
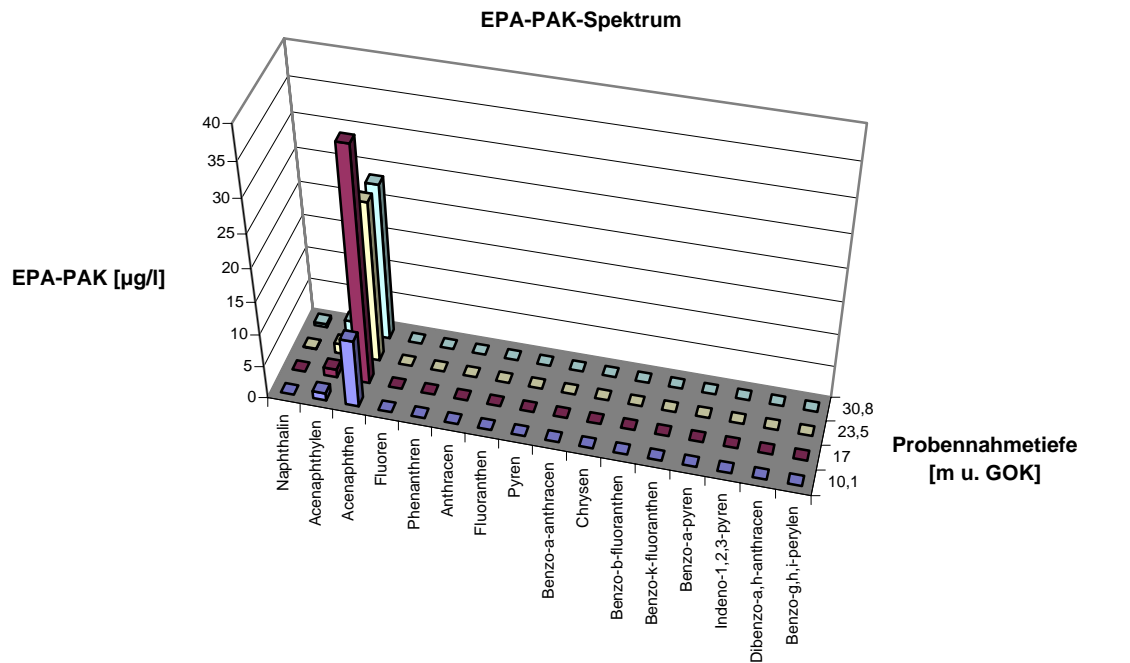


Sanierungsbereich B **Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B5**



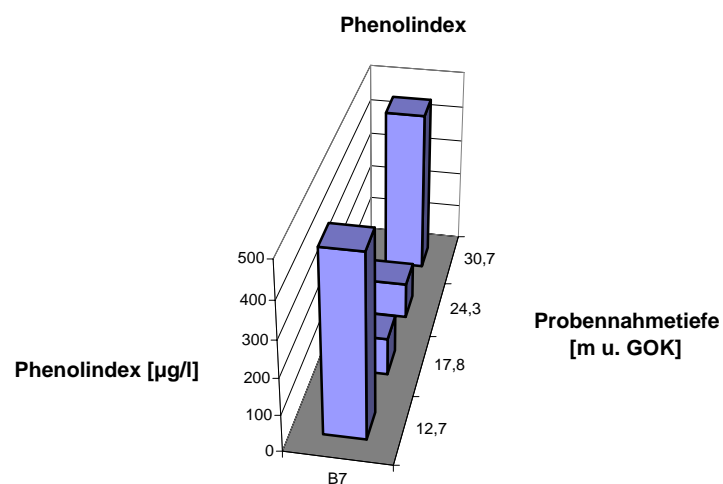
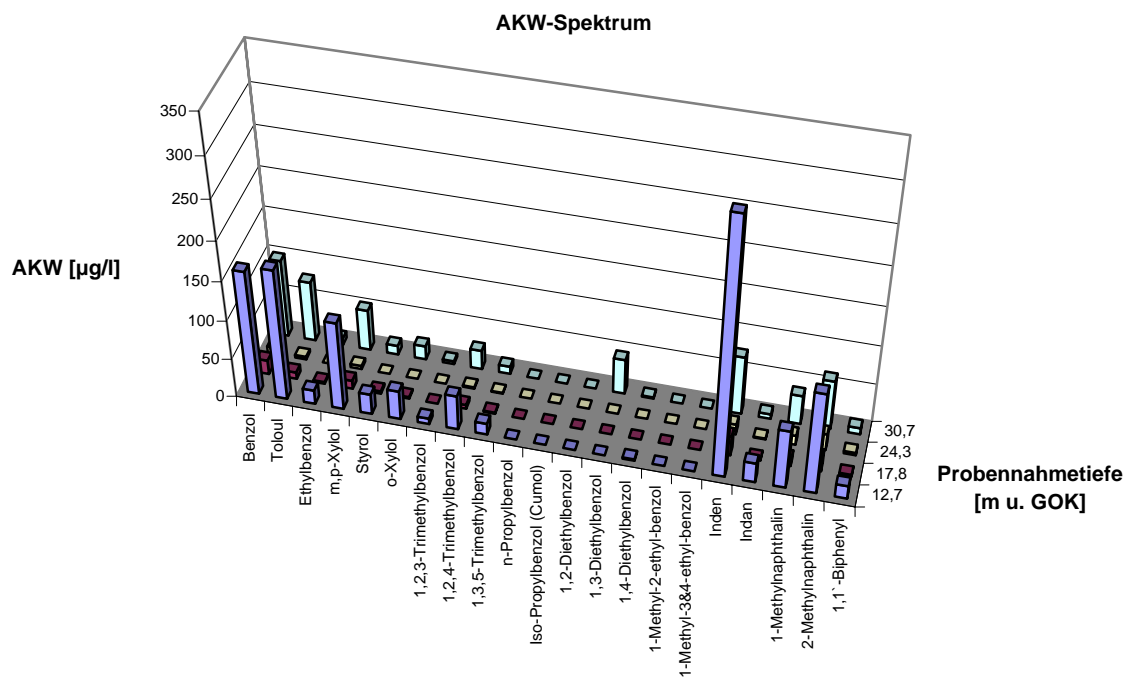
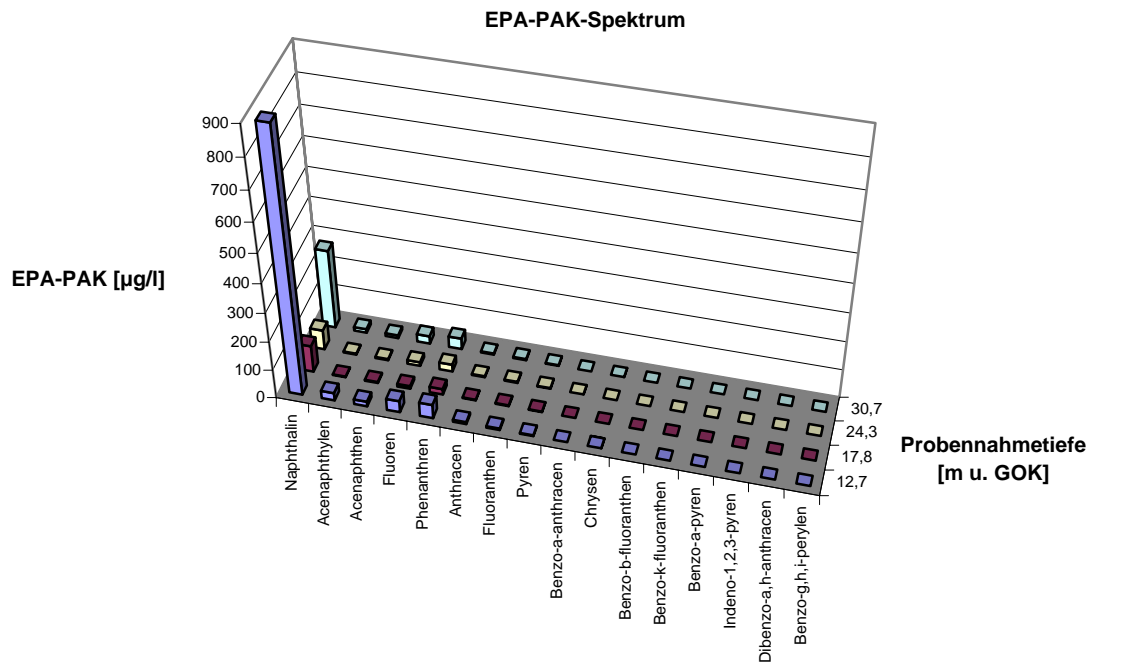
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B6



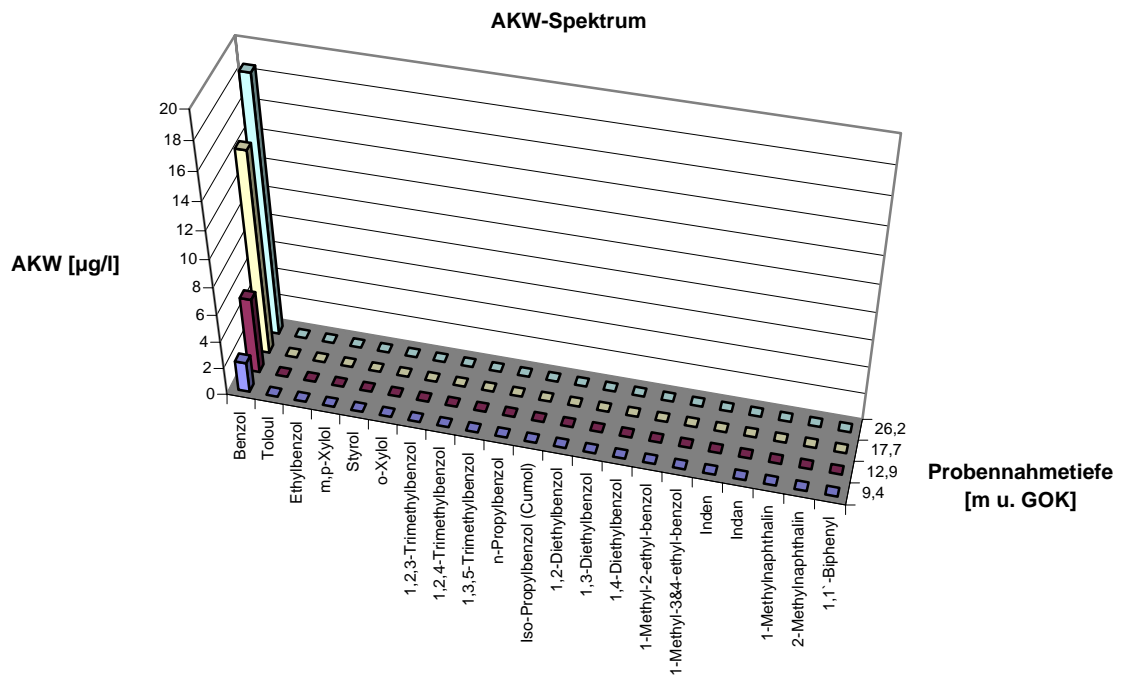
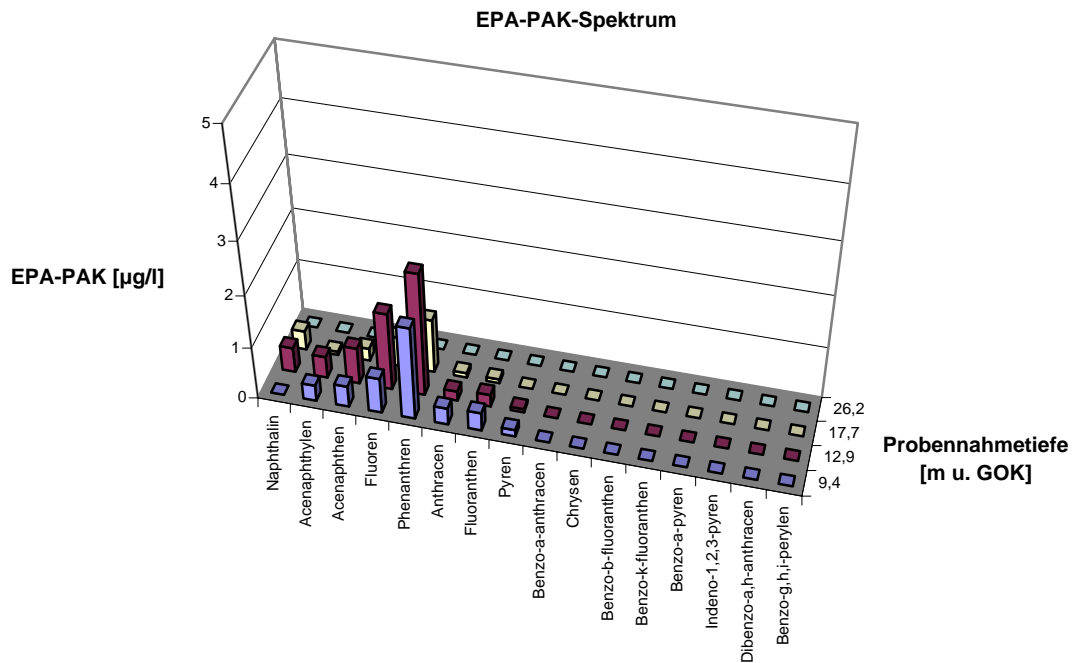
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B7



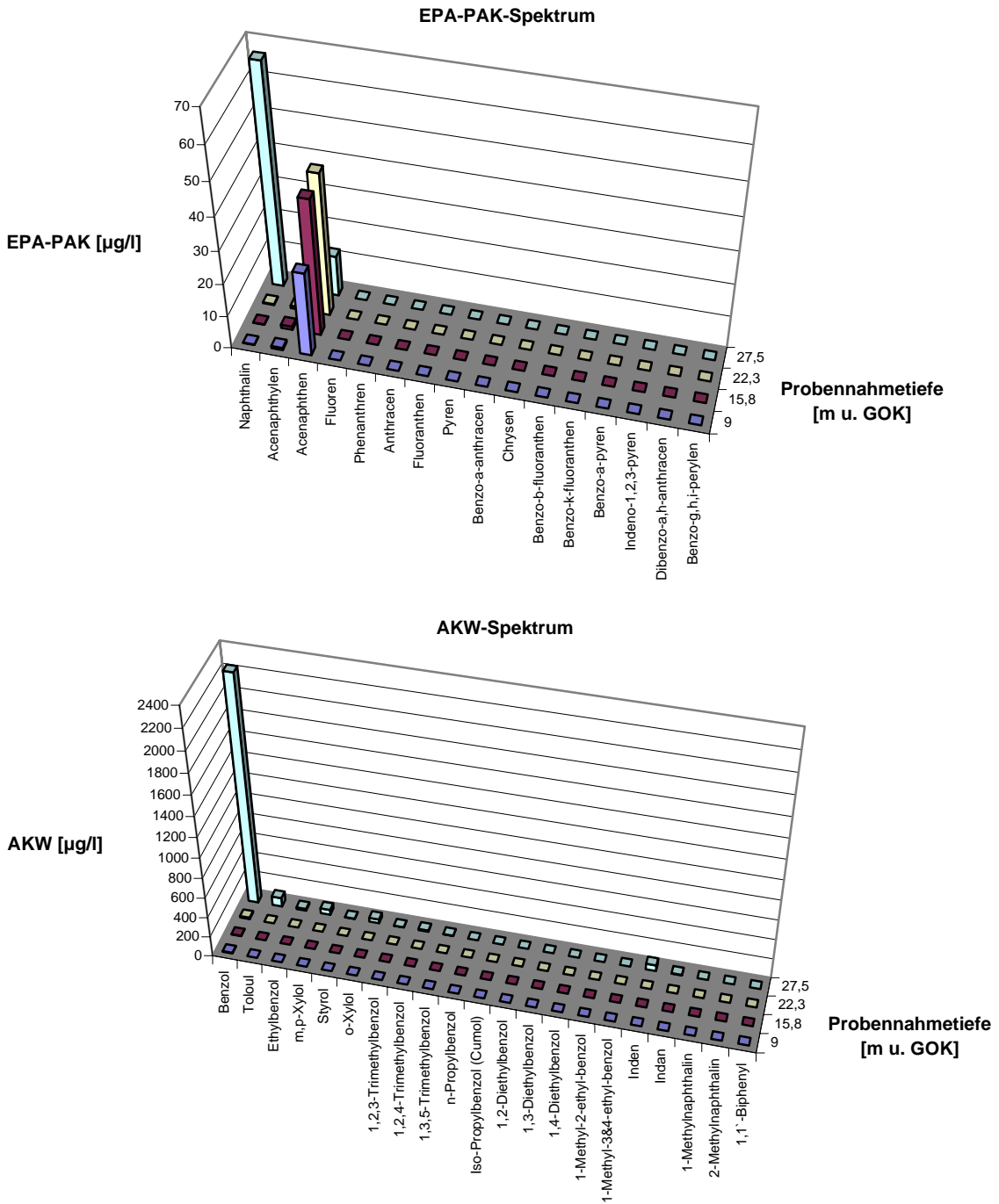
Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B8

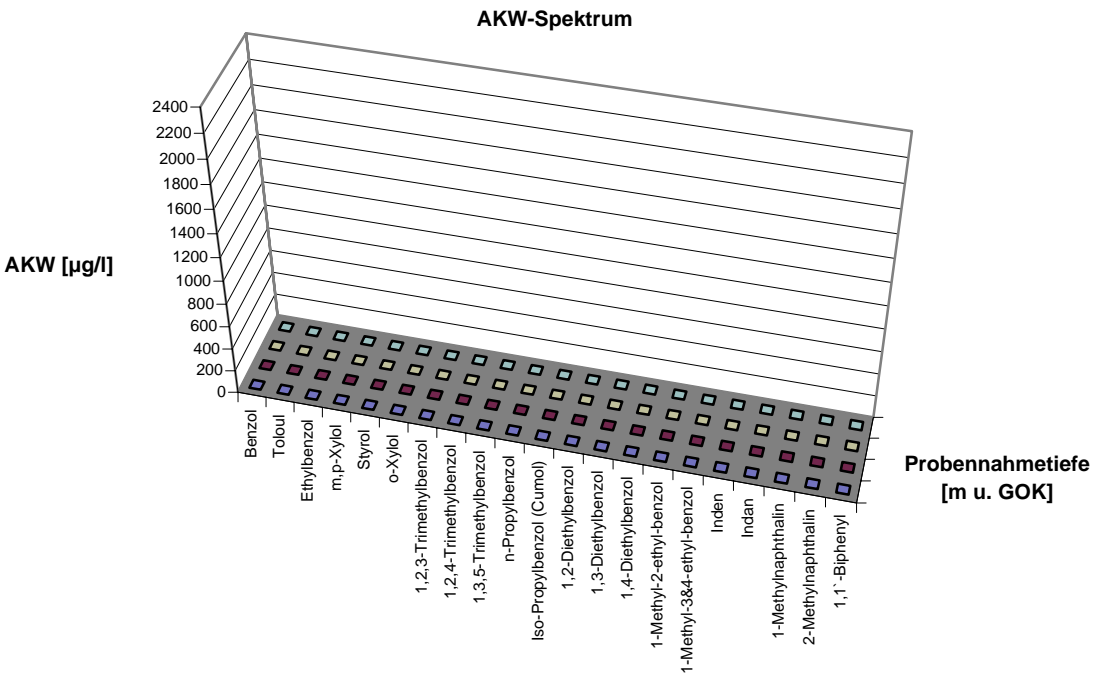
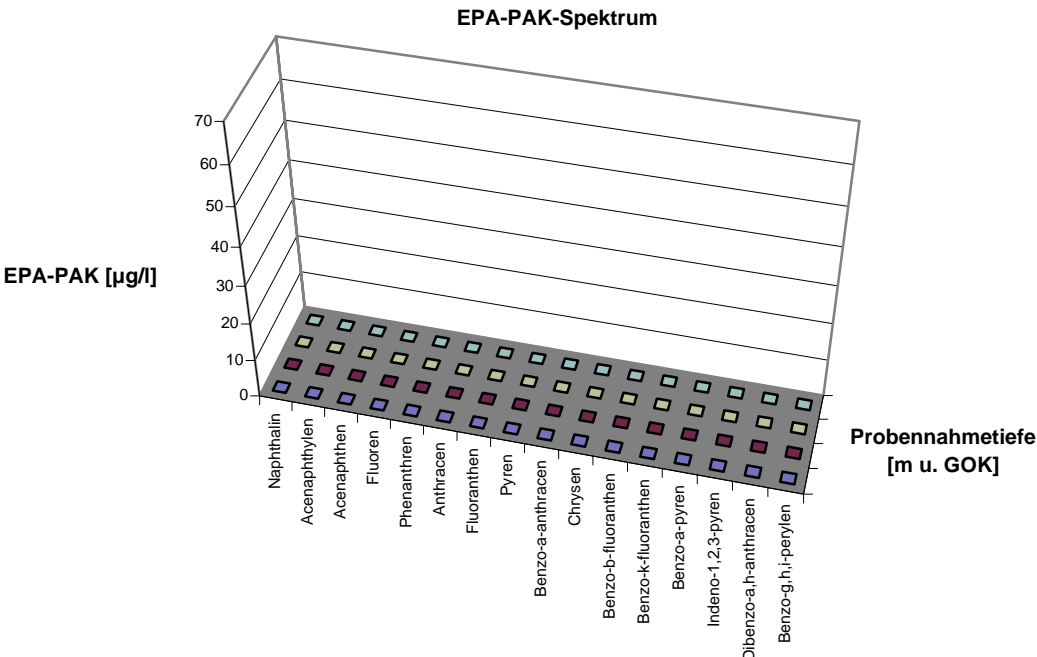


Sanierungsbereich B

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B9



Sanierungsbereich B
Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-B10



Bereich D2 (GWM-D2/1 bis GWM-D2/3)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS

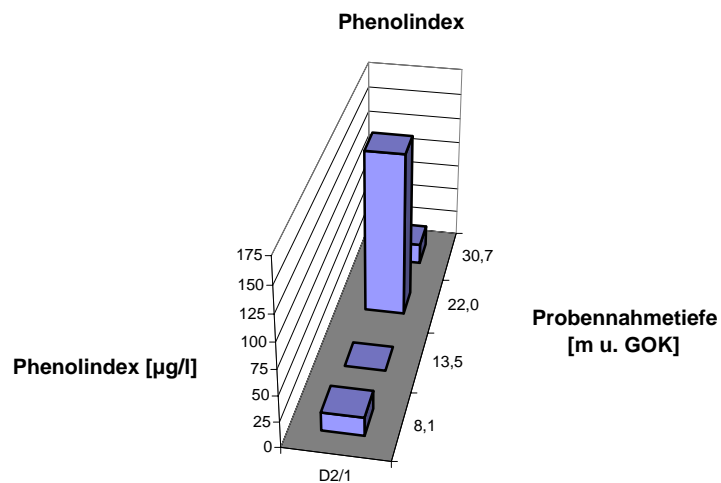
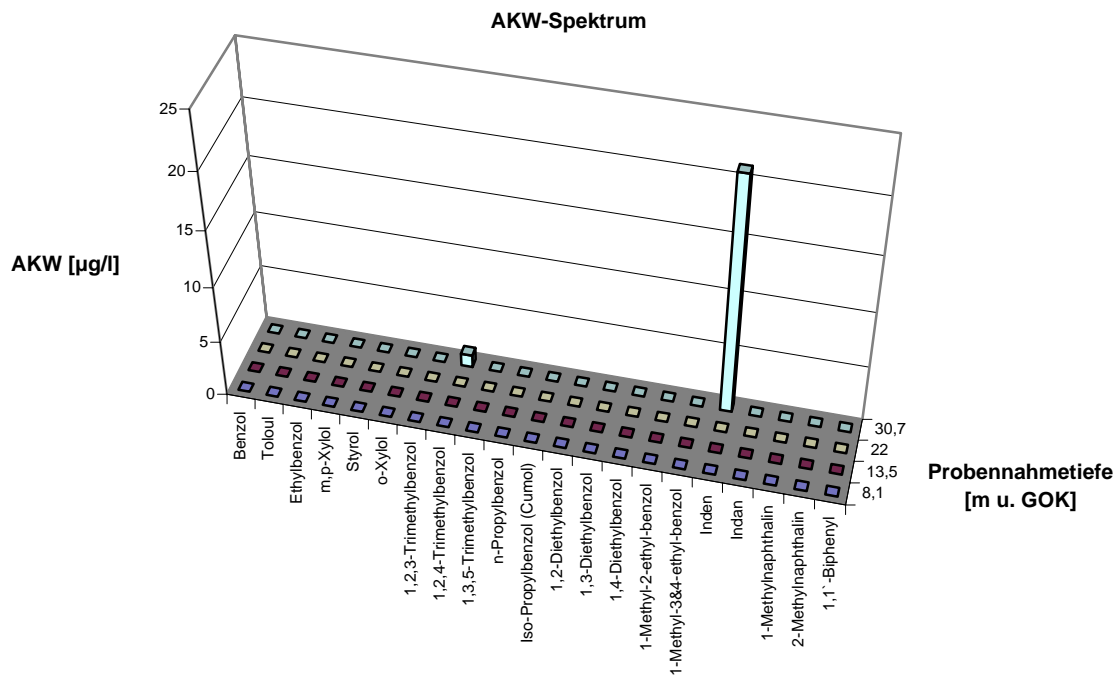
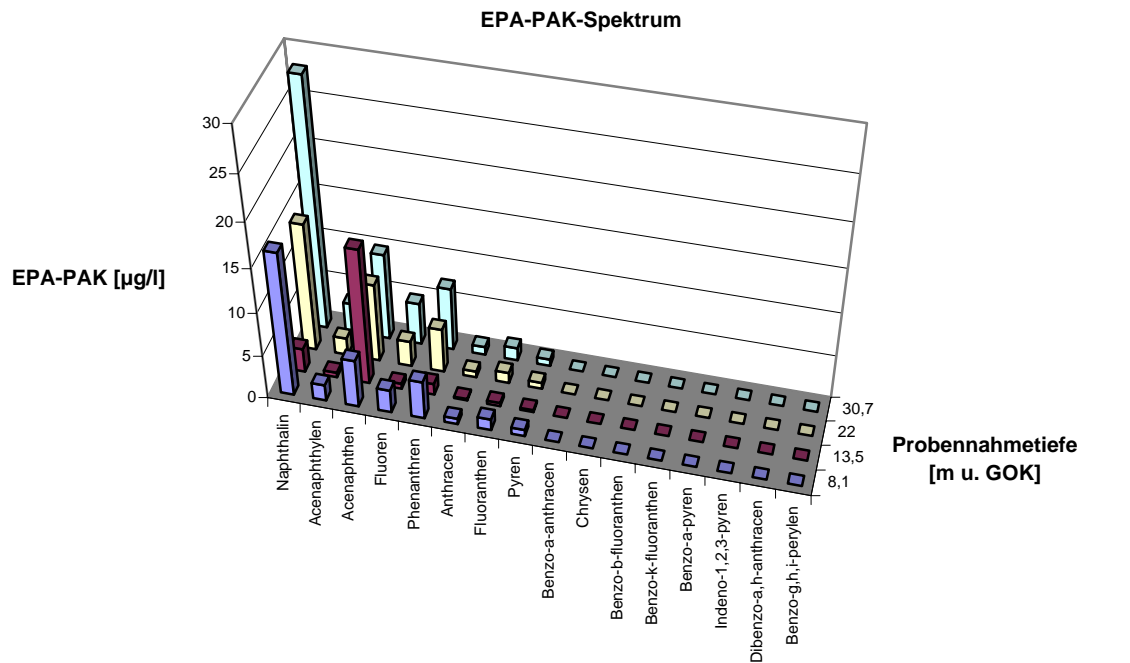
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Bereich D2 (GWM-D2/1 bis GWM-D2/2)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4.2.2.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

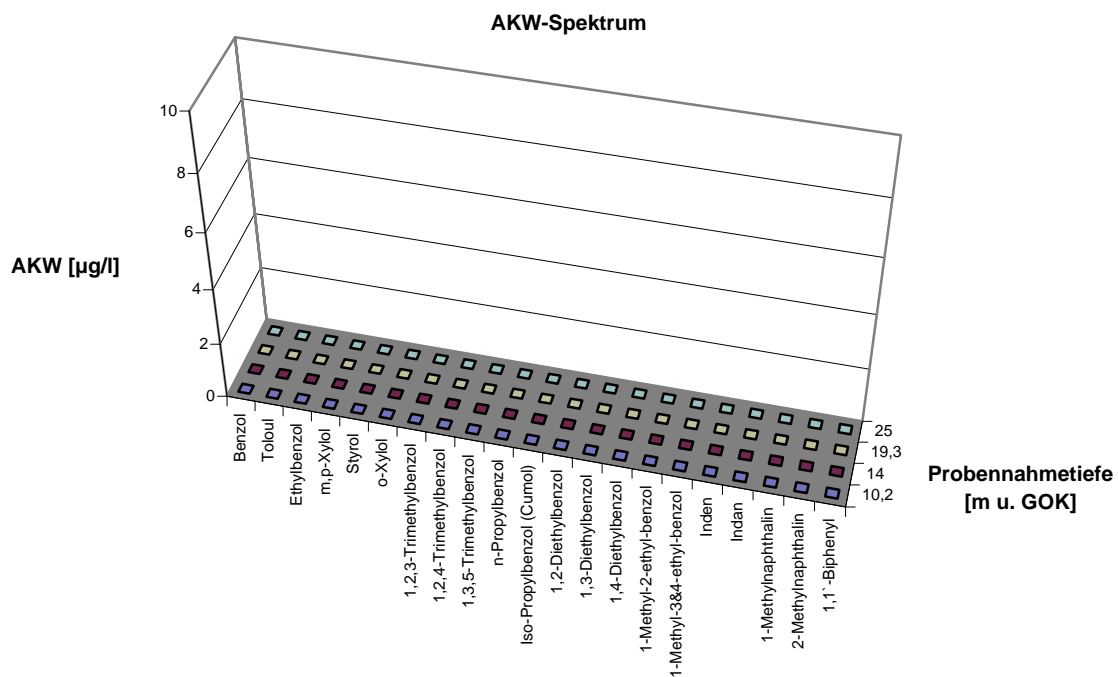
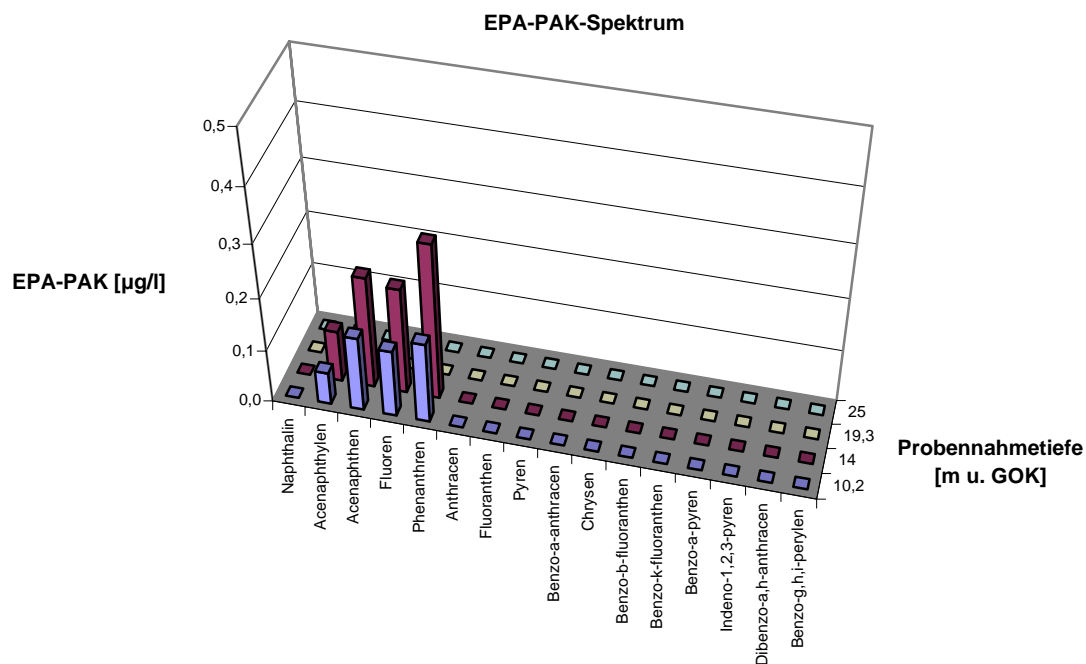
Sanierungsbereich D2

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-D2/1



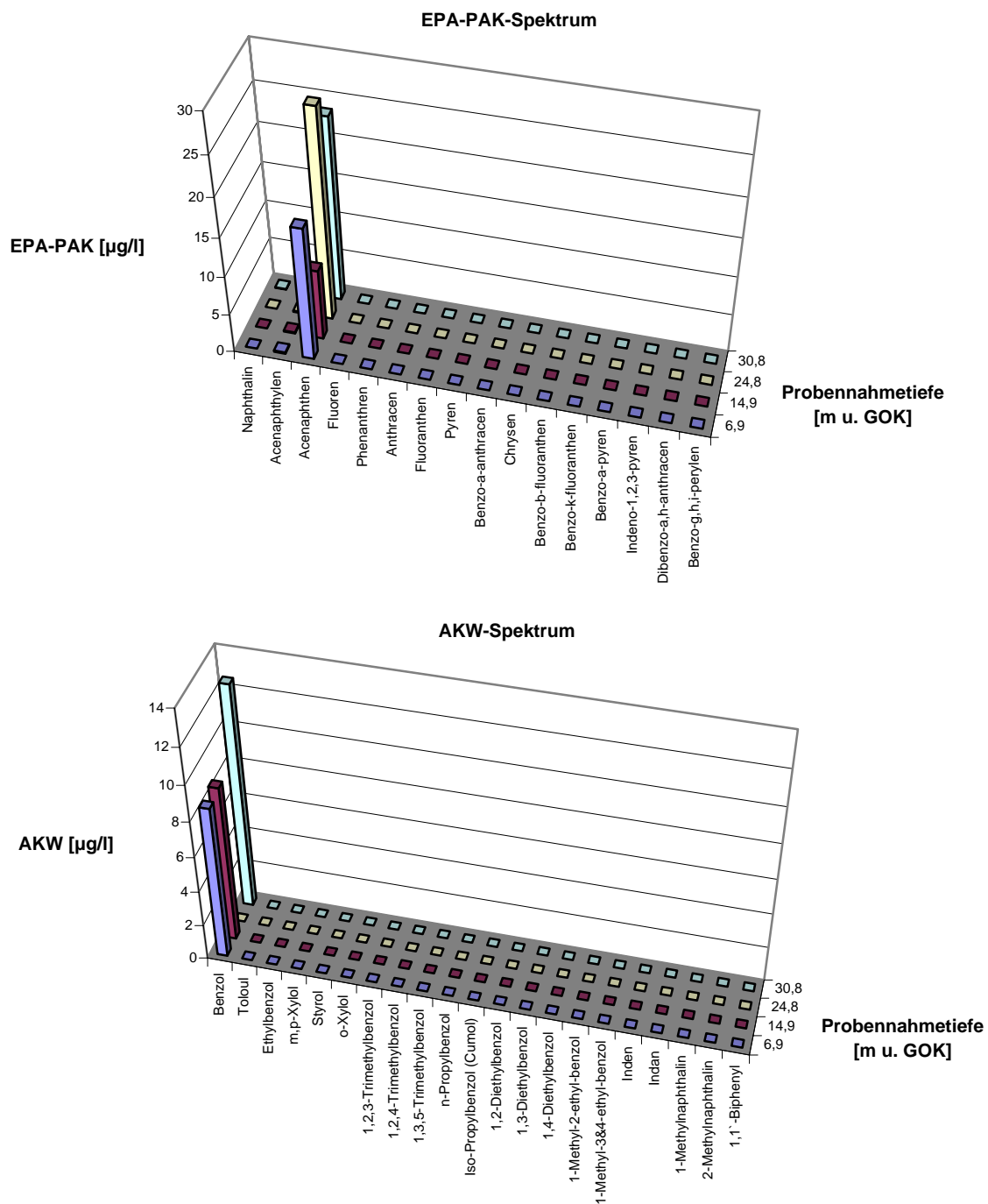
Sanierungsbereich D2

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-D2/2



Sanierungsbereich D2

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-D2/3



Bereich G

(GWM-G1 bis GWM-G3)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



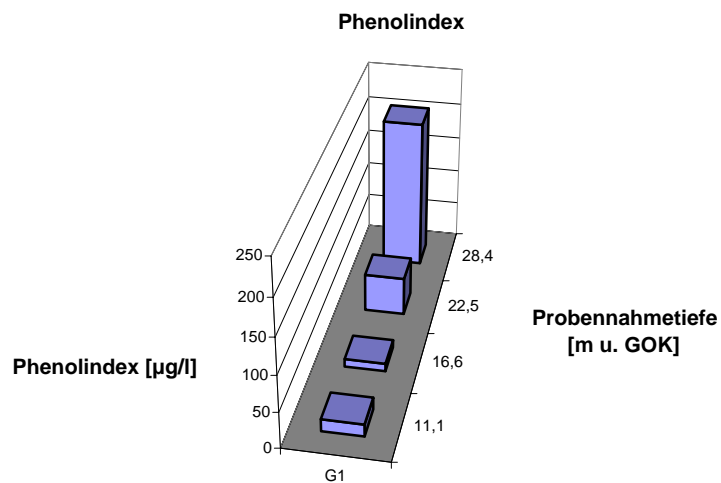
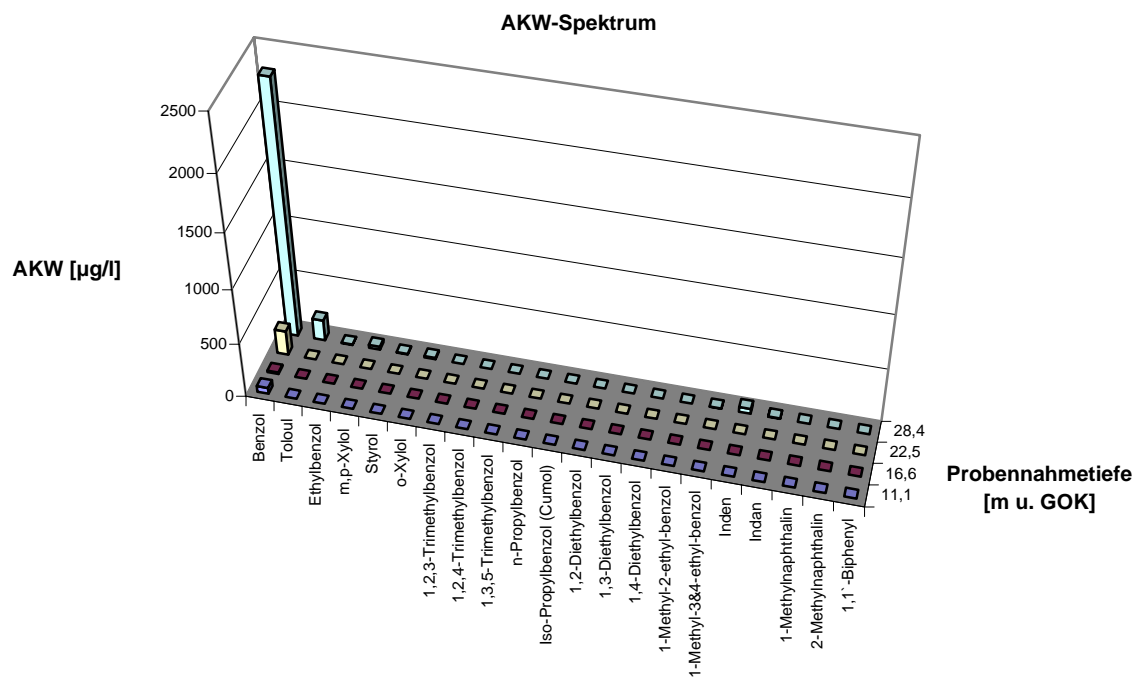
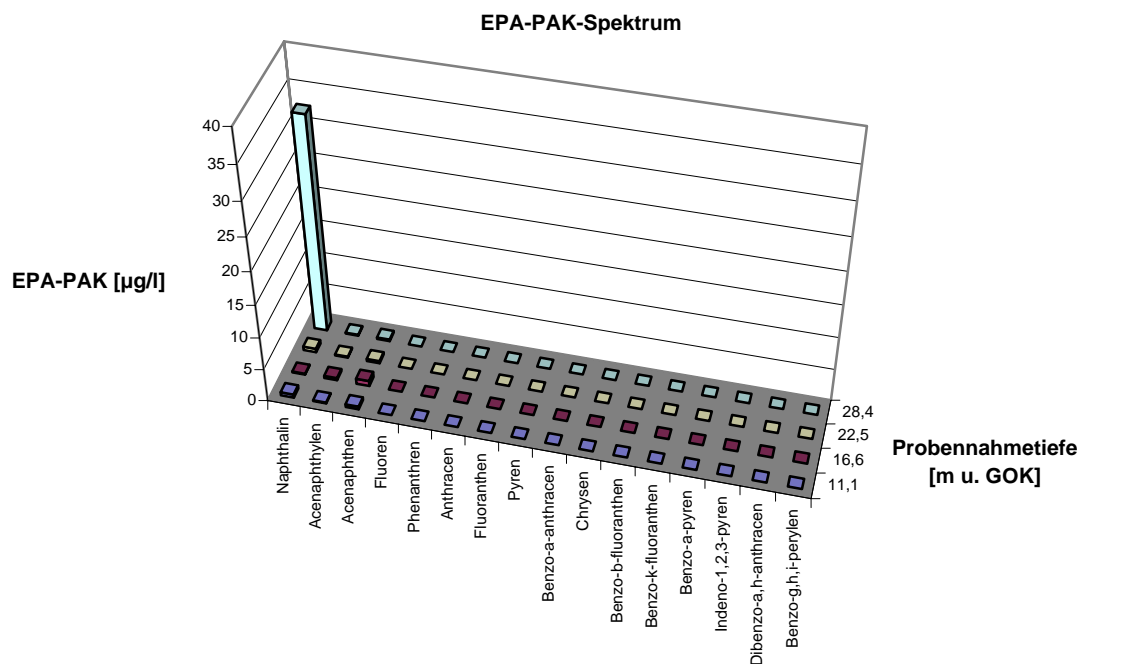
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Bereich G (GWM-G1 bis GWM-G3)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 4.2.2.3 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

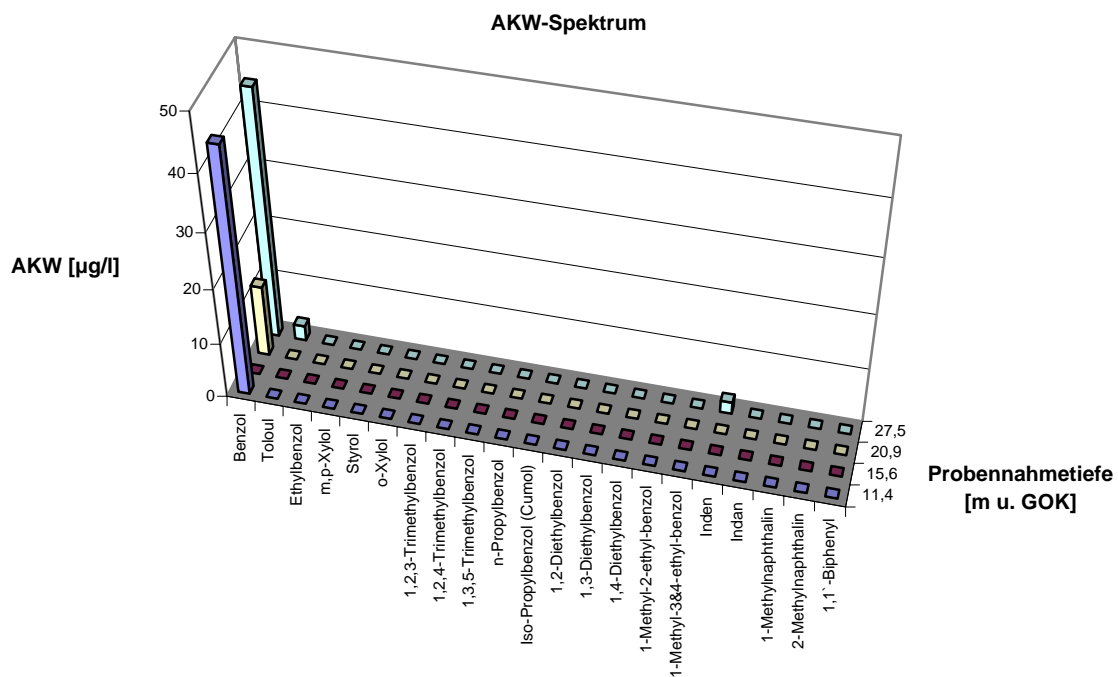
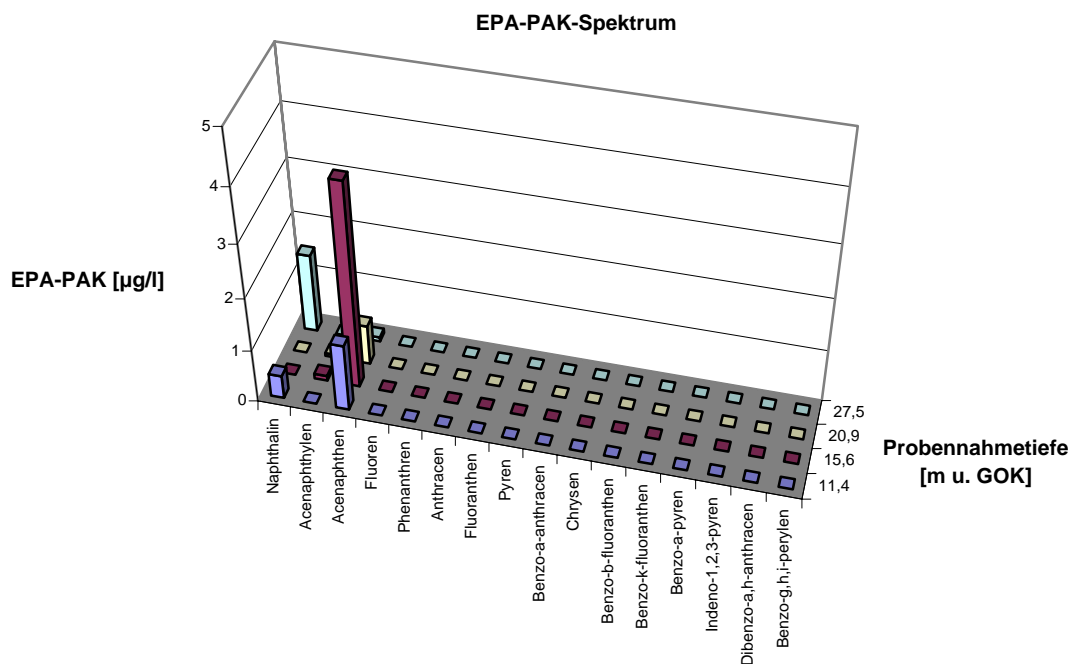
Sanierungsbereich G

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-G1



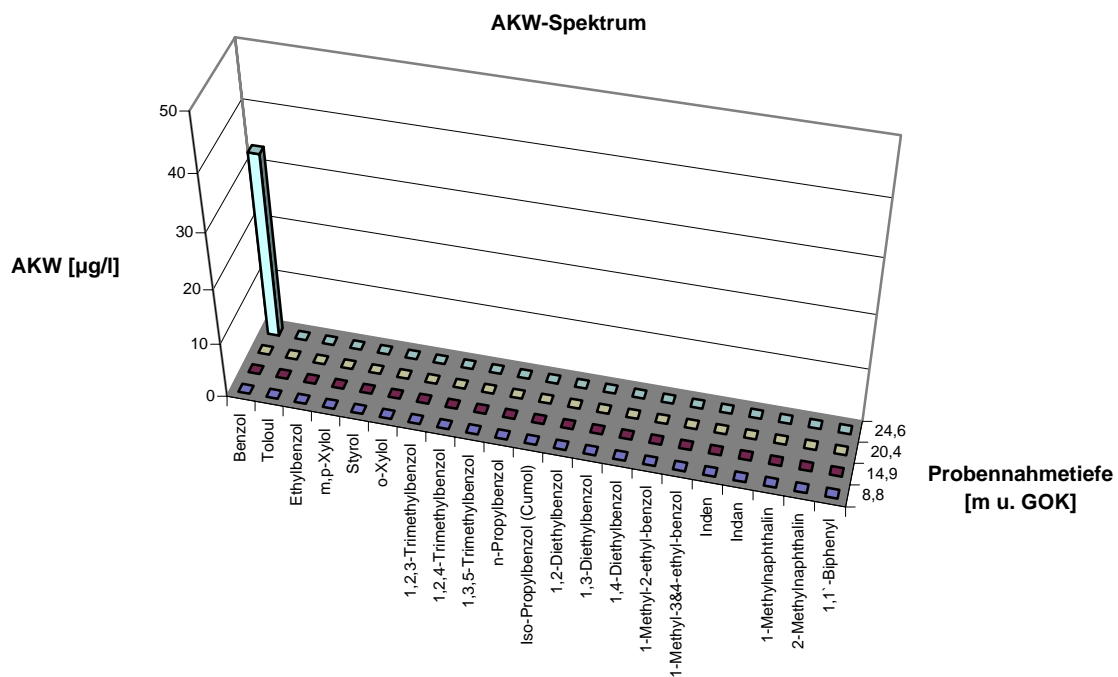
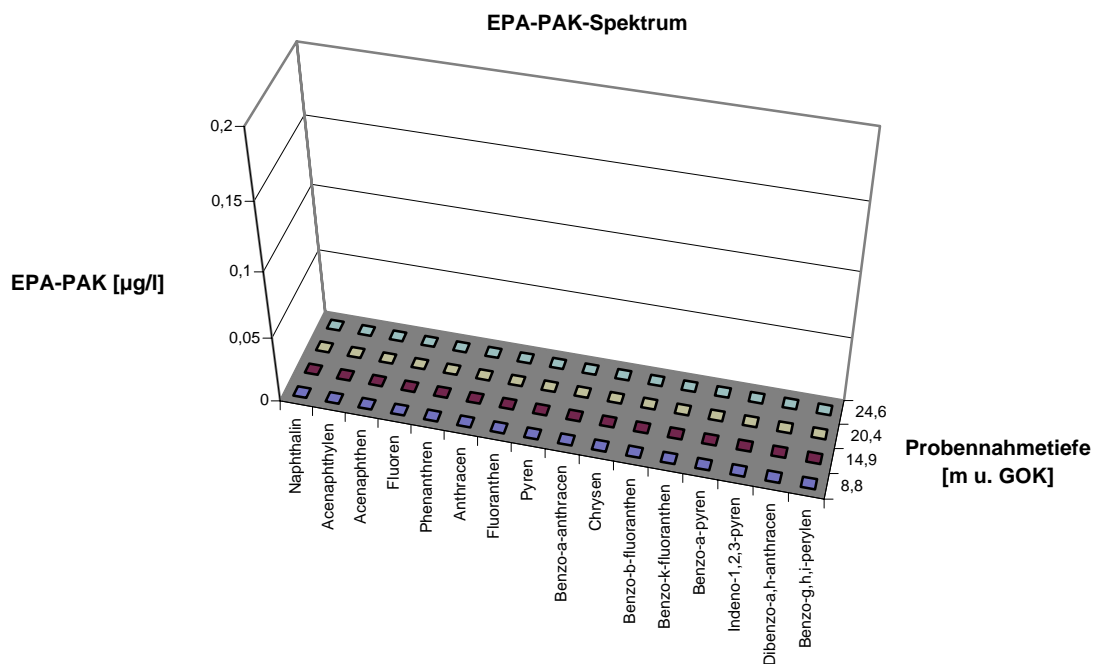
Sanierungsbereich G

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-G2



Sanierungsbereich G

Ergebnisse der Grundwasseranalysen an GWM-G3



Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 5 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Sanierungsbereiche

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

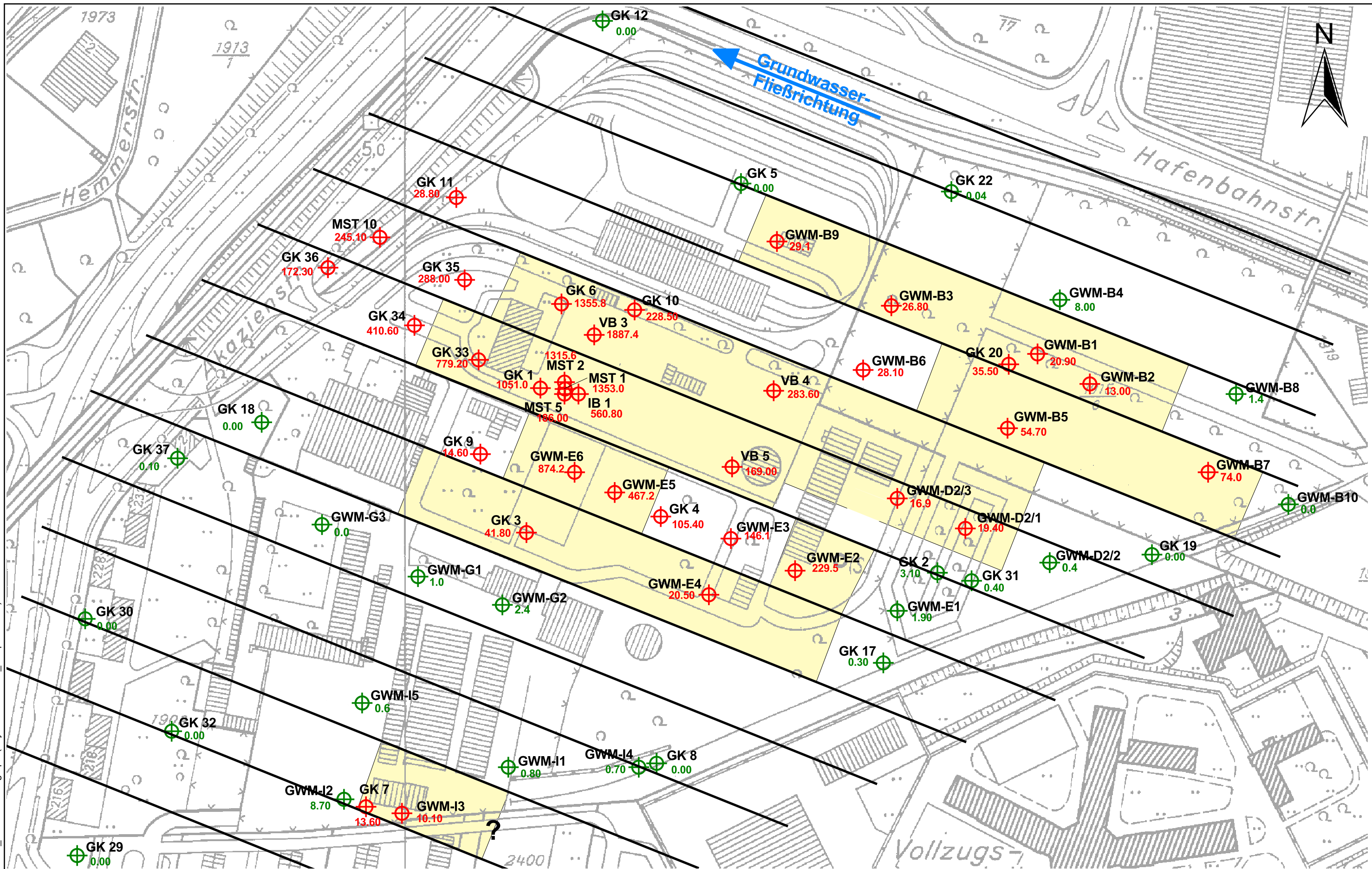


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Sanierungsbereiche

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 5.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

J:\322\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: EPA-PAK_Sanplan-Teil2)



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

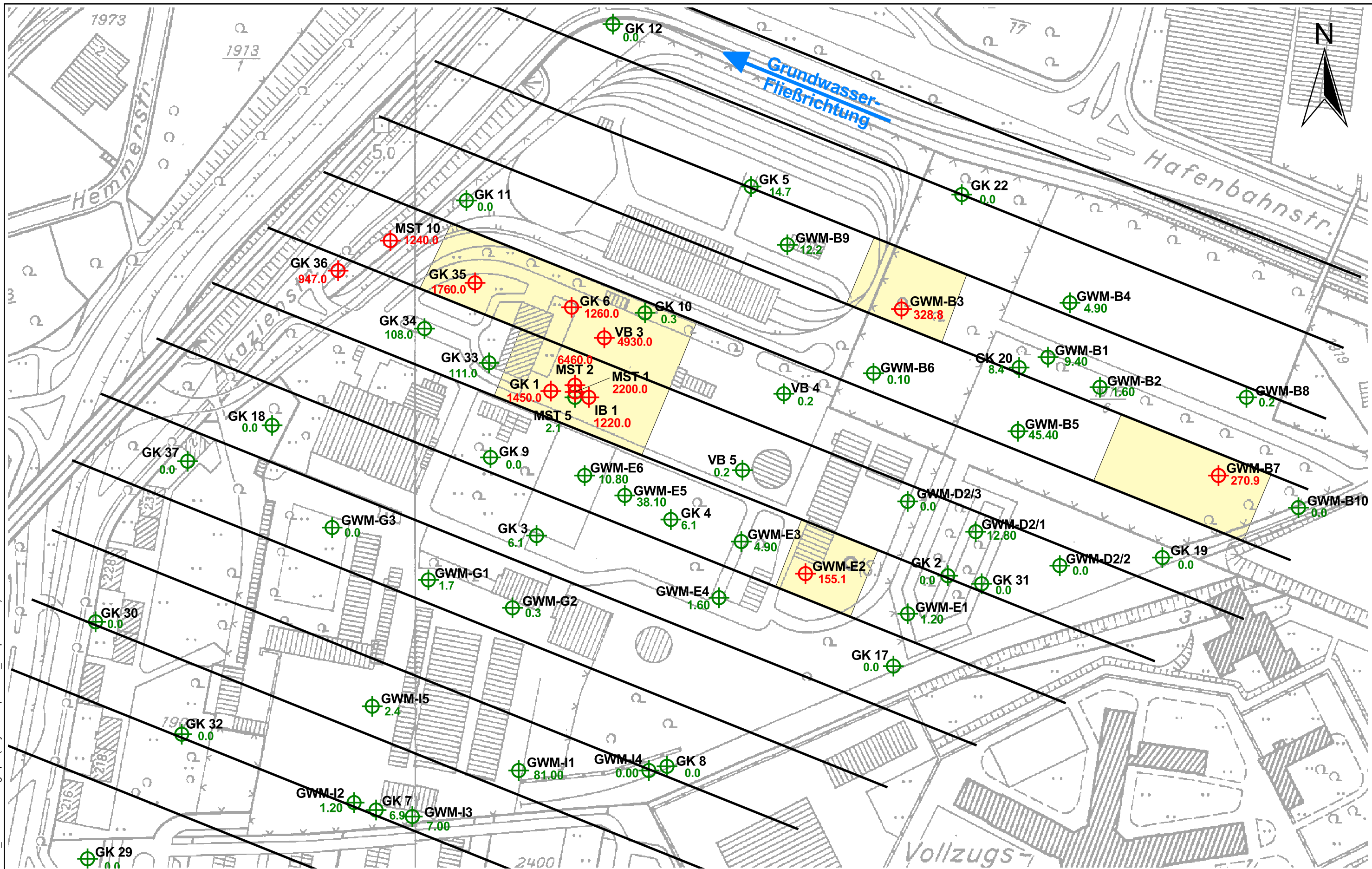
Sanierungsbereiche bezogen auf
EPA-PAK o. Naphthalin



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

| | |
|-------------|-----------------------------|
| M 1 : 1.750 | Proj.-Nr.: 1312532100001312 |
| Gepr.: ew | Anl.-Nr.: 5.1.1 |
| Bearb.: ksm | Datum: 13.07.2006 |

J:\322\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Naphtalin_Sanplan-Teil2)



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

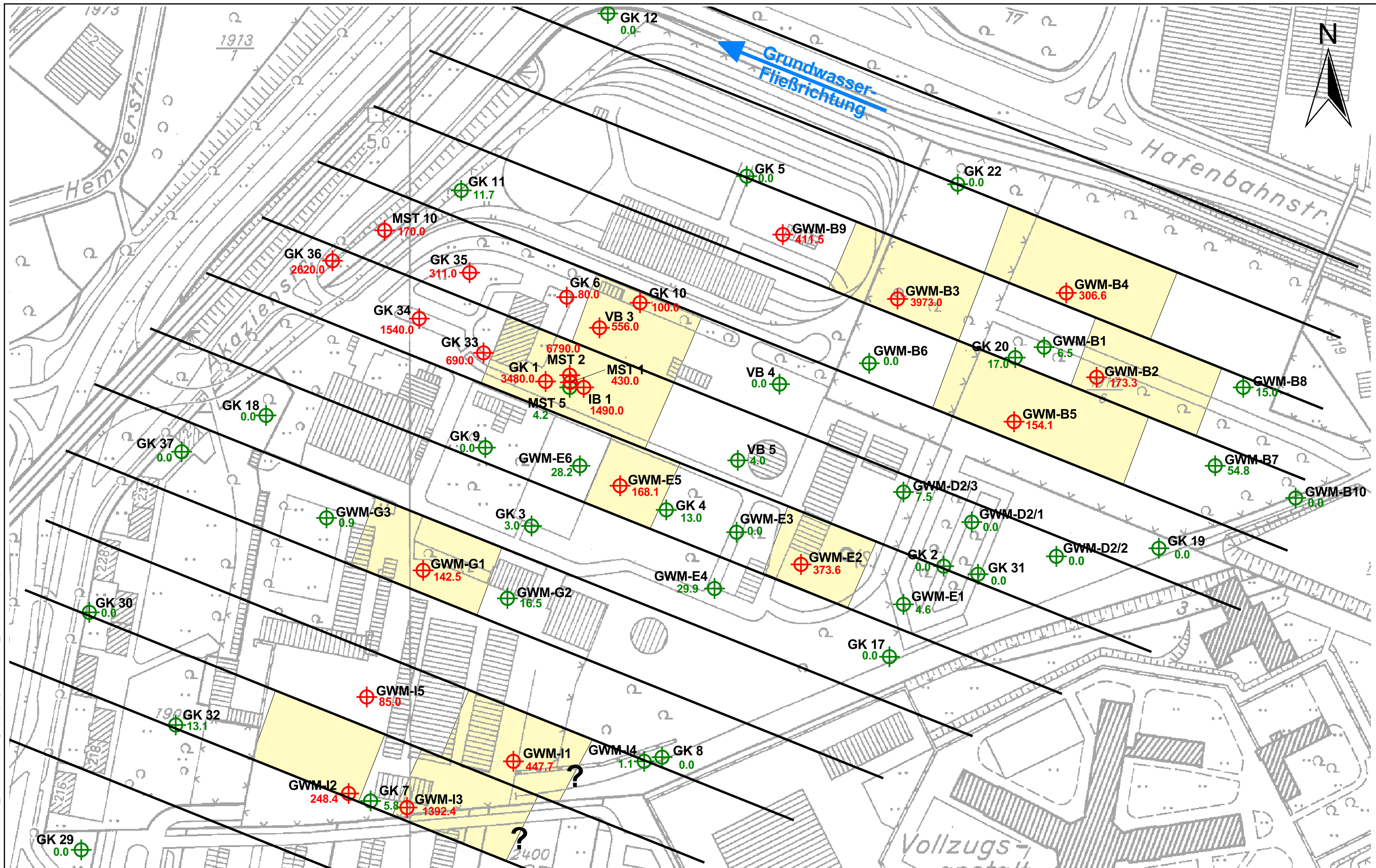
Sanierungsbereiche bezogen auf Naphthalin



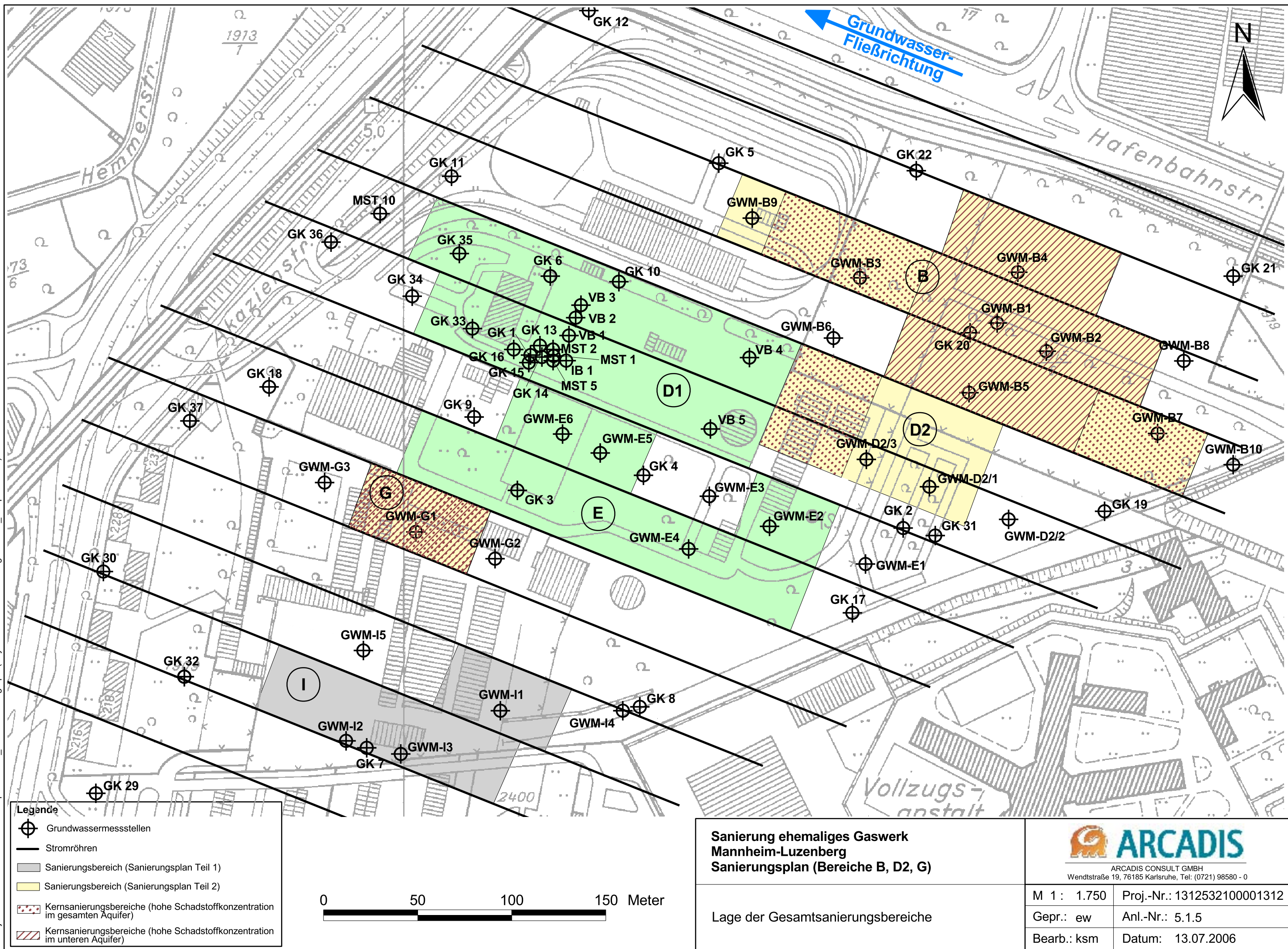
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

| | | |
|---------|-------|-----------------------------|
| M 1 : | 1.750 | Proj.-Nr.: 1312532100001312 |
| Gepr.: | ew | Anl.-Nr.: 5.1.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum: 13.07.2006 |

J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Benzol_Sanplan-Teil2)



J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Gesamtsanierungsbereich_Sanplan-Teil2)



**zu Kapitel 6
existieren keine Anlagen**

**zu Kapitel 7
existieren keine Anlagen**

Vorgesehenes Sanierungsverfahren

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Vorgesehenes Sanierungsverfahren

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 8 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Darstellung der Spülkreisläufe

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

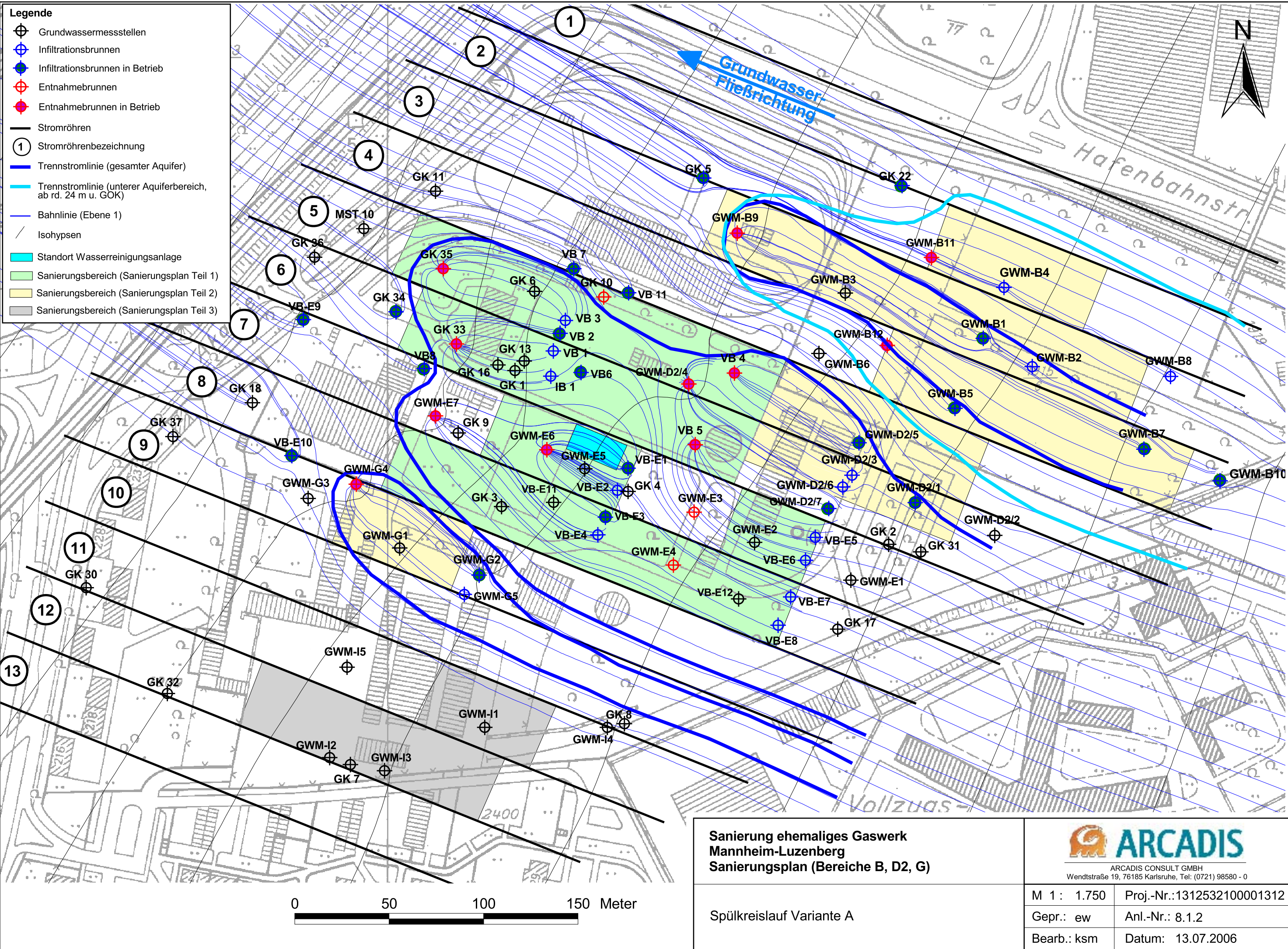


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Darstellung der Spülkreisläufe

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 8.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Spülkreislauf V-A_Sanplan-Teil2)



J:\Projekte\2001\32253201\GIS\San-plan-Teil-2_neu\Luzenberg.apr (Layout: Spülkreislauf V-B_Sanplan-Teil2)



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

Spülkreislauf Variante B



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

| | |
|-------------|-----------------------------|
| M 1 : 1.750 | Proj.-Nr.: 1312532100001312 |
| Gepr.: ew | Anl.-Nr.: 8.1.3 |
| Bearb.: ksm | Datum: 13.07.2006 |

Tabellarische Darstellung der Entnahme- und Infiltrationsbrunnen in den verschiedenen Spülkreisläufen

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Tabellarische Darstellung der Entnahme- und
Infiltrationsbrunnen in den verschiedenen
Spülkreisläufen

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 8.1.4 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Grundvariante

| D1 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | D2 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | E | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | B | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | G | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|---------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK33 | -5,0 | | GWM-D2/4 | -5,0 | | GWM-E6 | -5,0 | | GWM-B9 | -6,0 | | GWM-G4 | -4,0 | |
| GK35 | -5,0 | | VB 4 | -5,0 | | GWM-E7 | -5,0 | | GWM-B11 | -4,0 | | | | |
| | | | VB 5 | -5,0 | | | | | GWM-B12 | -3,5 | | | | |
| Summe | -10,0 | | | -15,0 | | | -10,0 | | | -13,5 | | | -4,0 | |
| VB1 | | 1,7 | GWM-D2/5 | | 1,7 | VB-E1 | | 1,7 | GWM-B1 | | 2,0 | GWM-G2 | | 1,3 |
| VB2 | | 1,7 | GWM D2/3 | | 1,7 | VB-E2 | | 1,7 | GWM-B2 | | 2,0 | GWM-G5 | | 1,3 |
| VB3 | | 1,7 | GWM D2/1 | | 1,7 | VB-E3 | | 1,7 | GWM-B4 | | 1,0 | | | |
| VB6 | | 1,7 | GWM-D2/6 | | 1,7 | VB-E4 | | 1,7 | GWM-B5 | | 1,0 | | | |
| | | | GWM-D2/7 | | 1,7 | | | | GWM-B7 | | 1,0 | | | |
| | | | VB E5 | | 1,7 | | | | GWM-B8 | | 1,0 | | | |
| | | | | | | | | | GWM-B10 | | 1,0 | | | |
| Summe | | 6,7 | | | 10,0 | | | 6,7 | | | 9,0 | | | 2,7 |
| Außerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK34 | | 1,7 | VB 7 | | 2,5 | VB-E9 | | 2,2 | GK 5 | | 2,0 | VB-E10 | | 1,9 |
| VB 8 | | 2,3 | VB 11 | | 2,5 | | | | GK 22 | | 2,5 | | | |
| Summe | | 4,0 | | | 5,0 | | | 2,2 | | | 4,5 | | | 1,9 |

Variante A

| D1 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | D2 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | E | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | B | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | G | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|---------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK33 | -5,0 | | GWM-D2/4 | -5,0 | | GWM-E6 | -5,0 | | GWM-B9 | -6,0 | | GWM-G4 | -4,0 | |
| GK35 | -5,0 | | VB 4 | -5,0 | | GWM-E7 | -5,0 | | GWM-B11 | -4,0 | | | | |
| | | | VB 5 | -5,0 | | | | | GWM-B12 | -3,5 | | | | |
| Summe | -10,0 | | | -15,0 | | | -10,0 | | | -13,5 | | | -4,0 | |
| VB1 | | 0,0 | GWM-D2/5 | | 3,3 | VB-E1 | | 3,3 | GWM-B1 | | 4,0 | GWM-G2 | | 2,7 |
| VB2 | | 3,3 | GWM D2/3 | | 0,0 | VB-E2 | | 0,0 | GWM-B2 | | 0,0 | GWM-G5 | | 0,0 |
| VB3 | | 0,0 | GWM D2/1 | | 3,3 | VB-E3 | | 3,3 | GWM-B4 | | 0,0 | | | |
| VB6 | | 3,3 | GWM-D2/6 | | 0,0 | VB-E4 | | 0,0 | GWM-B5 | | 1,7 | | | |
| | | | GWM-D2/7 | | 3,3 | | | | GWM-B7 | | 1,7 | | | |
| | | | VB E5 | | 0,0 | | | | GWM-B8 | | 0,0 | | | |
| | | | | | | | | | GWM-B10 | | 1,7 | | | |
| Summe | | 6,7 | | | 10,0 | | | 6,7 | | | 9,0 | | | 2,7 |
| Außerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK34 | | 1,7 | VB 7 | | 2,5 | VB-E9 | | 2,2 | GK 5 | | 2,0 | VB-E10 | | 1,9 |
| VB 8 | | 2,3 | VB-E13 | | 2,5 | | | | GK 22 | | 2,5 | | | |
| Summe | | 4,0 | | | 5,0 | | | 2,2 | | | 4,5 | | | 1,9 |

Variante B

| D1 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | D2 | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | E | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | B | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] | G | Entnahme- mengen [m³/h] | Infiltrations- mengen [m³/h] |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|---------|-------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|
| Innerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK33 | -5,0 | | GWM-D2/4 | -5,0 | | GWM-E6 | -5,0 | | GWM-B9 | -6,0 | | GWM-G4 | -4,0 | |
| GK35 | -5,0 | | VB 4 | -5,0 | | GWM-E7 | -5,0 | | GWM-B11 | -4,0 | | | | |
| | | | VB 5 | -5,0 | | | | | GWM-B12 | -3,5 | | | | |
| Summe | 10,0 | | | -15,0 | | | -10,0 | | | -13,5 | | | -4,0 | |
| VB1 | | 3,3 | GWM-D2/5 | | 0,0 | VB-E1 | | 0,0 | GWM-B1 | | 0,0 | GWM-G2 | | 0,0 |
| VB2 | | 0,0 | GWM D2/3 | | 3,3 | VB-E2 | | 3,3 | GWM-B2 | | 4,0 | GWM-G5 | | 2,7 |
| VB3 | | 3,3 | GWM D2/1 | | 0,0 | VB-E3 | | 0,0 | GWM-B4 | | 2,5 | | | |
| VB6 | | 0,0 | GWM-D2/6 | | 3,3 | VB-E4 | | 3,3 | GWM-B5 | | 0,0 | | | |
| | | | GWM-D2/7 | | 0,0 | | | | GWM-B7 | | 0,0 | | | |
| | | | VB E5 | | 3,3 | | | | GWM-B8 | | 2,5 | | | |
| | | | | | | | | | GWM-B10 | | 0,0 | | | |
| Summe | | 6,7 | | | 10,0 | | | 6,7 | | | 9,0 | | | 2,7 |
| Außerhalb des Spülkreislaufes | | | | | | | | | | | | | | |
| GK34 | | 1,7 | VB 7 | | 2,5 | VB-E9 | | 2,2 | GK 5 | | 2,0 | VB-E10 | | 1,9 |
| VB 8 | | 2,3 | VB-E13 | | 2,5 | | | | GK 22 | | 2,5 | | | |
| Summe | | 4,0 | | | 5,0 | | | 2,2 | | | 4,5 | | | 1,9 |

Partikelfließwege in den verschiedenen Bodenschichten/-ebenen

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Partikelfließwege in den verschiedenen Bodenschichten/-ebenen

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 8.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Legende

B

Sanierungsbereich



Bahnlinie mit Fließzeit
($\Delta t=3$ Monate)

Stromlinie/Fließweg in:



Ebene 1



Ebene 2



Ebene 3



Ebene 4



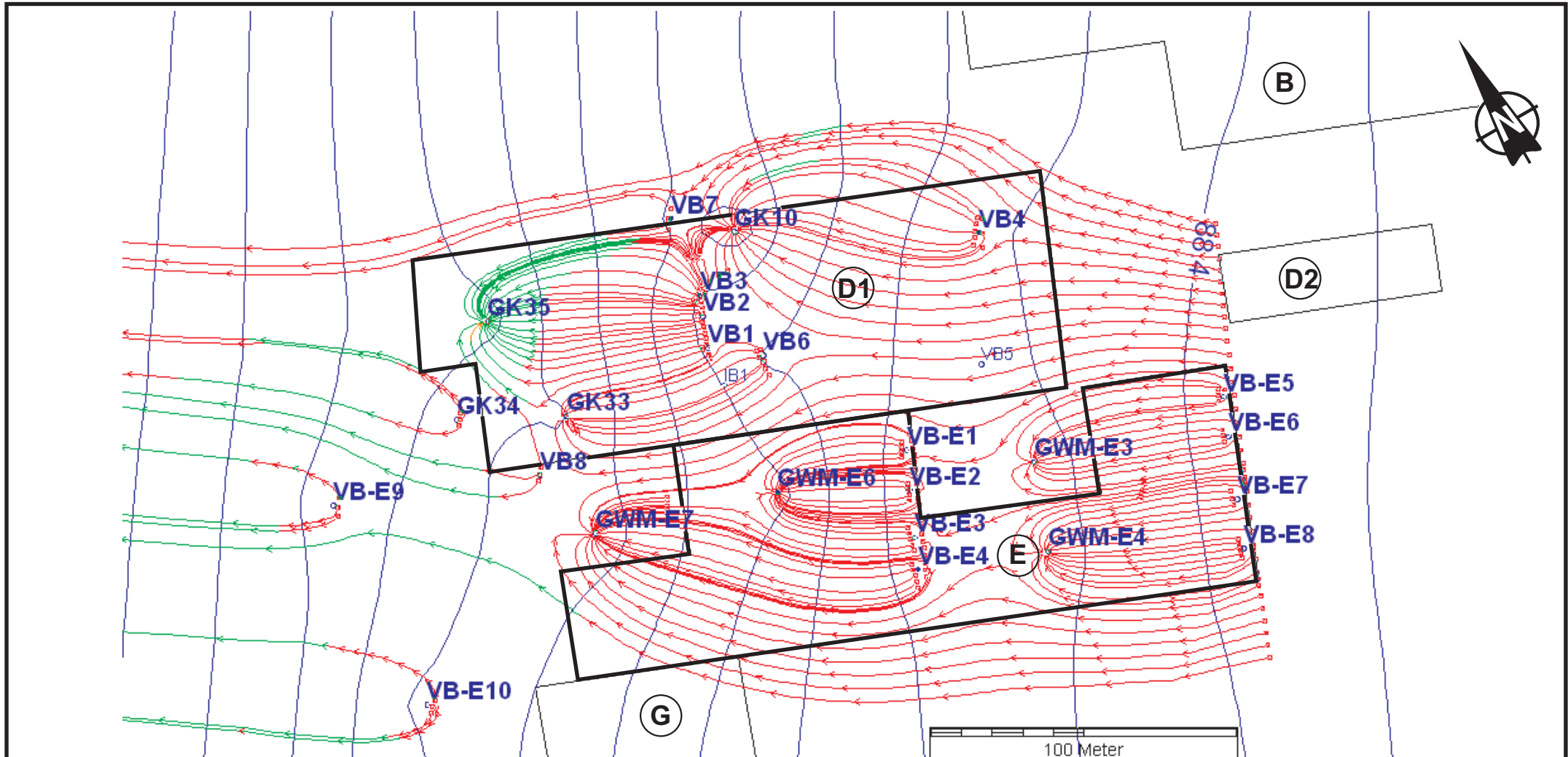
Ebene 5



Ebene 6



Ebene 7



LEGENDE

(B) Sanierungsbereich

← Bahnlinie mit Fließzeit
($\Delta t=3$ Monate)

— Isohypse mit Wasserstand
in m. ü. NN

Stromlinie/Fließweg in:

- Ebene 1
- Ebene 2
- Ebene 3
- Ebene 4
- Ebene 5
- Ebene 6
- Ebene 7

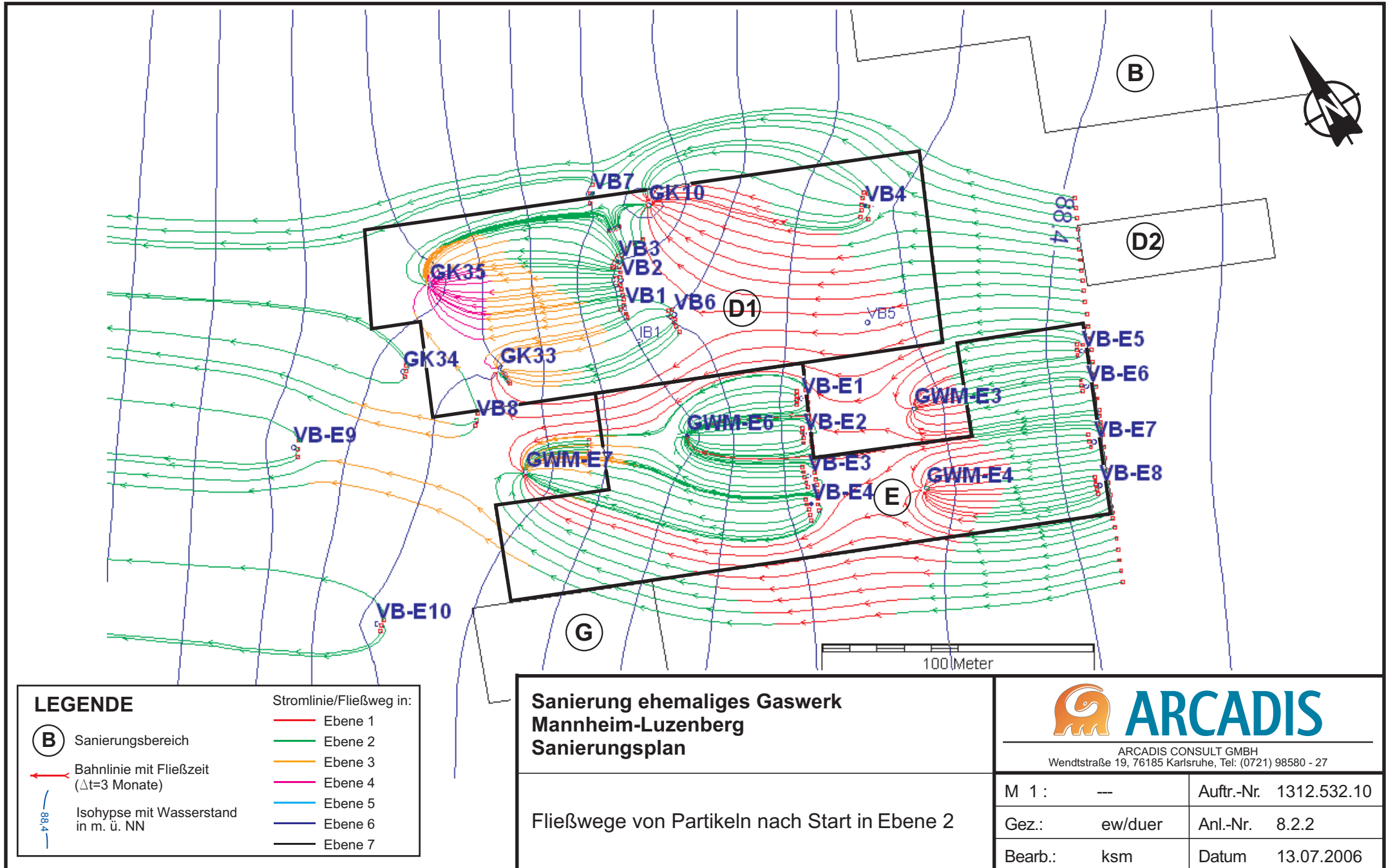
Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan

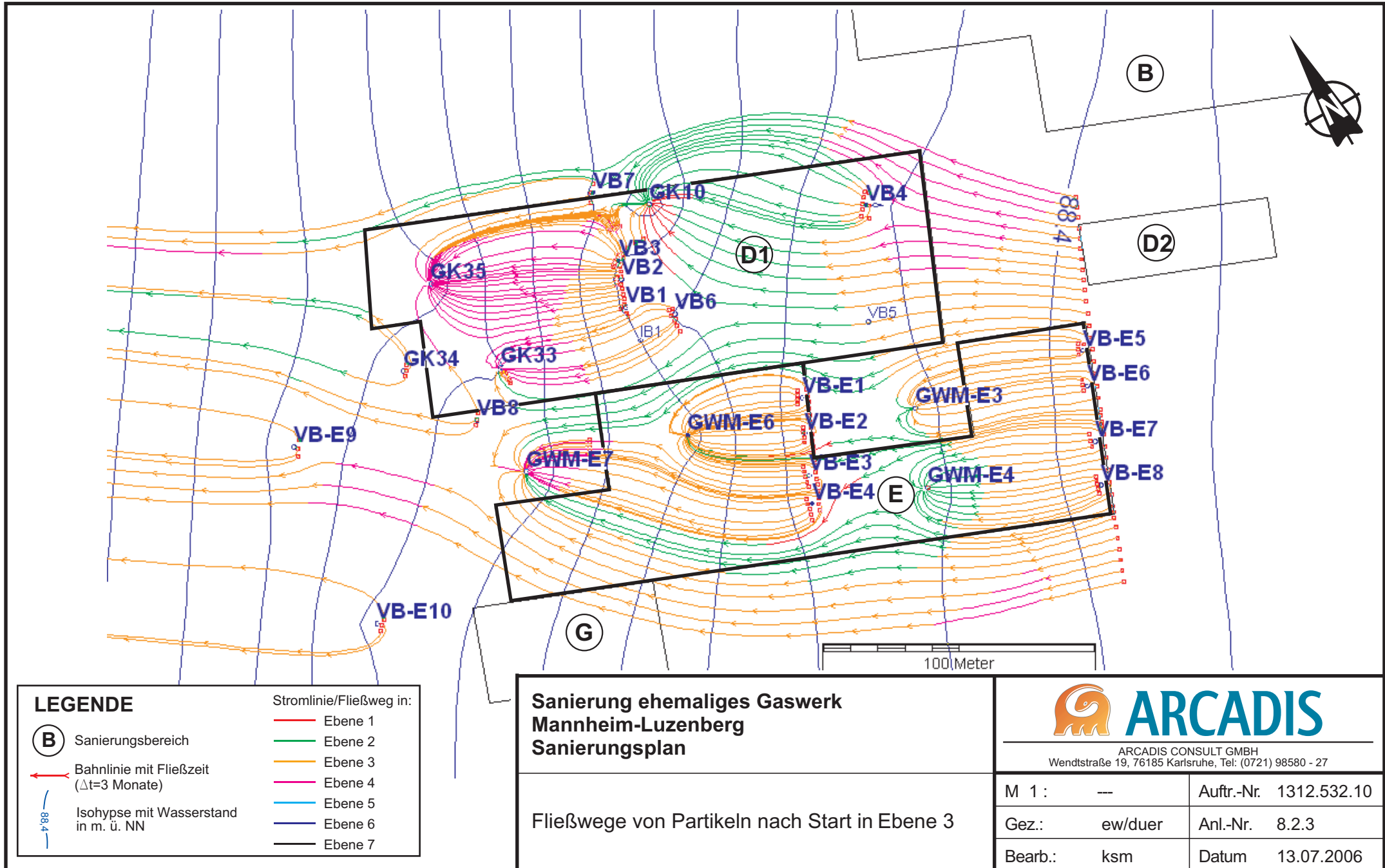
Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 1

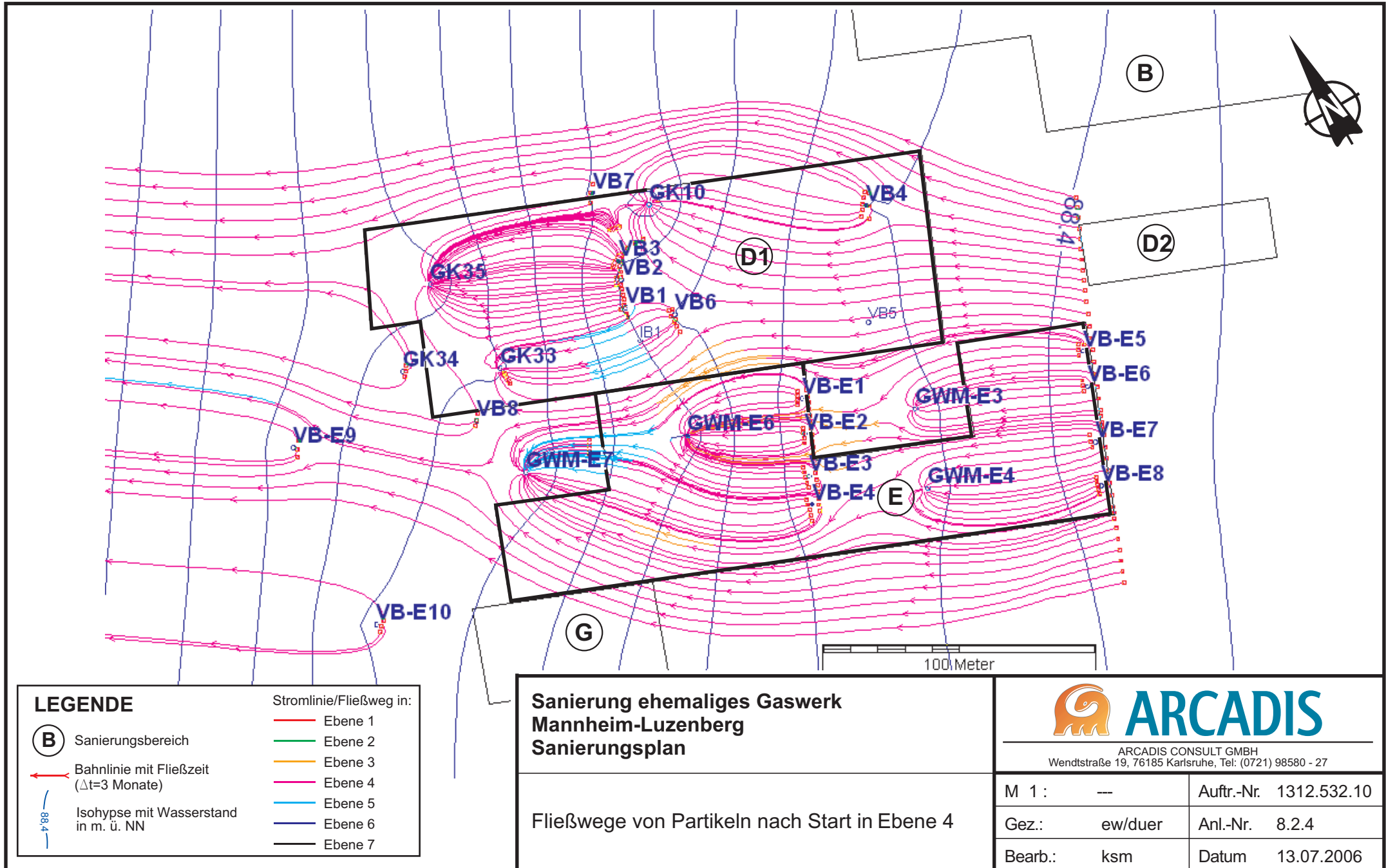


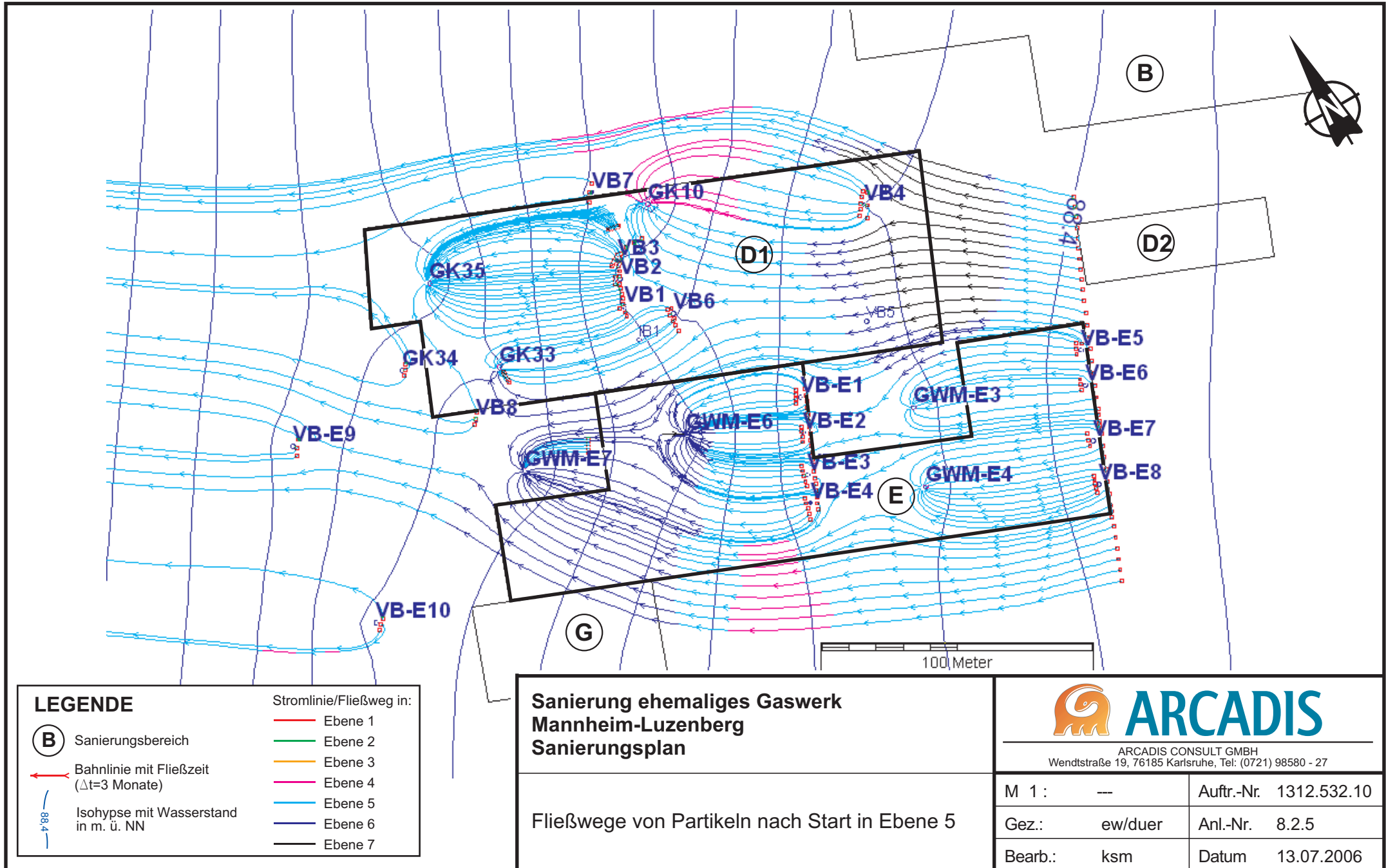
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

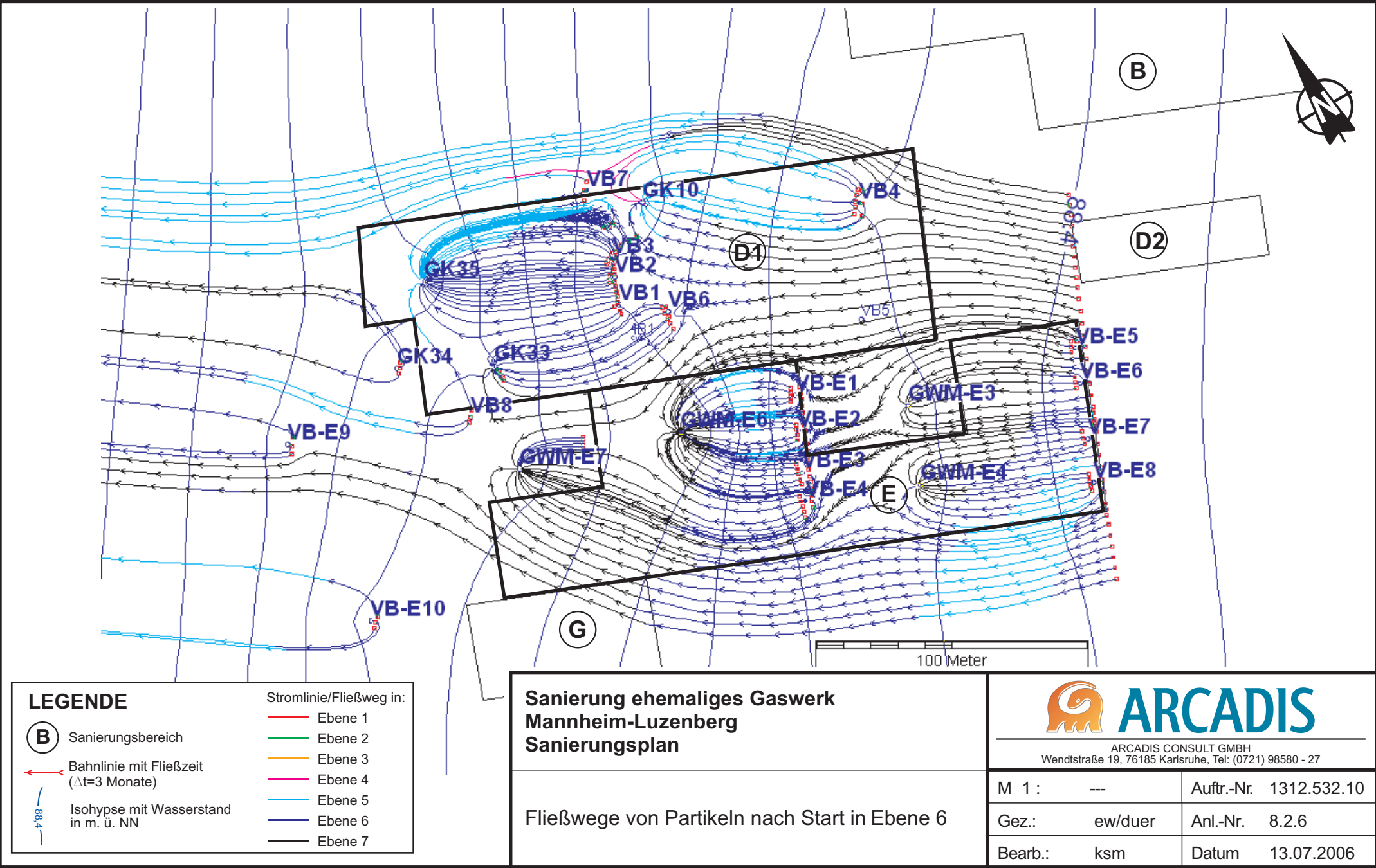
| | | | |
|---------|---------|------------|-------------|
| M 1: | --- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew/duer | Anl.-Nr. | 8.2.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

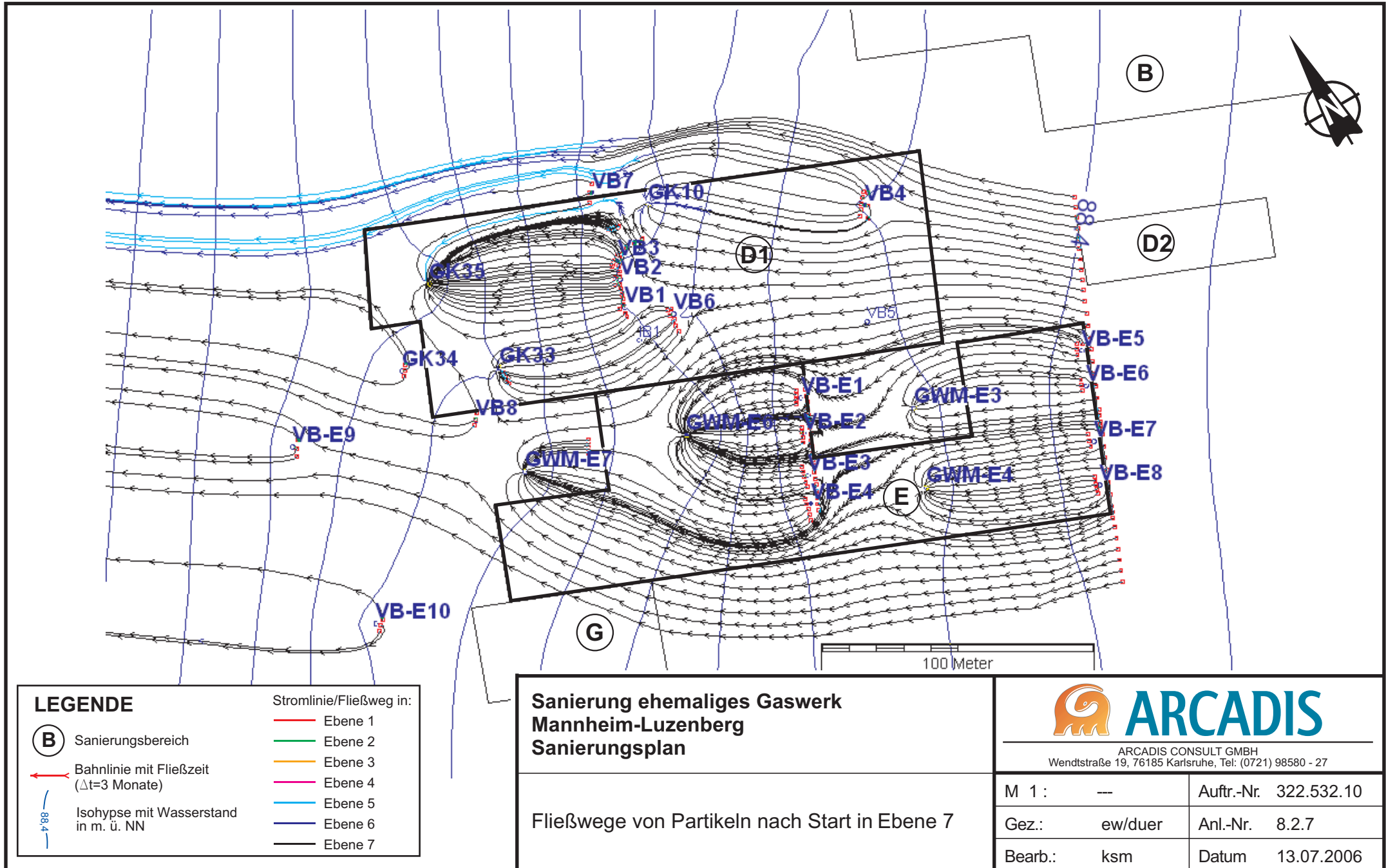












Erläuterungen zu den Erweiterungen / Ergänzungen des Grundwassermodells

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Erläuterungen zu den Erweiterungen /
Ergänzungen des Grundwassermodells

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 8.3 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Erweiterungen und Ergänzungen am Grundwassermodell

1 Ausgangssystem

1.1 Modellraster

Die Lage des Ausgangsmodells ist in Abbildung 1 dargestellt. Dieses ist um 30° im Uhrzeigersinn nach NO gedreht und umfasst eine Fläche von 1300 x 1000 m² mit einem Grundraster der Maschenweite 20 Meter, welches in einem Teilbereich des ehemaligen Gaswerksgeländes auf eine Rasterweite von 2 Meter verdichtet ist (Abb. 2). Die Netzverdichtung erfolgt mit einem Übergang der Maschenweiten von 20 über 16, 11, 8, 6, 4 und 3 Metern auf die feine Diskretisierung von 2 Metern. Der innere Feinnetzbereich umfasst eine Fläche von 204 x 204 m², wird also durch 102 Spalten und 102 Zeilen im 2-m-Raster berücksichtigt. Das gesamte Modellraster umfasst 164 Modellspalten und 131 Modellzeilen. Das Modell ist 1-schichtig aufgebaut.

1.2 Randbedingungen

Der für die Modellerweiterung zugrundegelegte Datensatz beschreibt eine mittlere Situation der Grundwasserströmung. Die Randbedingungen des Modells werden durch den Rhein im Westen und einen Festpotentialrand im Osten beschrieben. Der Wasserstand im Rhein beträgt 87,54m+NN; das Festpotential im Osten beträgt 88,6m+NN. Nordrand und Südrand des Modells werden als Randstromlinien definiert.

1.3 Systemparameter

Die Aquifersohle beträgt zwischen 58m+NN und 71m+NN (Abb. 3).

Der Durchlässigkeitsbeiwert beträgt $5,2 \times 10^{-4}$ m/s, im zentralen Bereich $8,1 \times 10^{-4}$ m/s (Abb. 4).

Der Leakagefaktor zur Berücksichtigung des Austausches zwischen dem Grundwasser und dem Oberflächengewässer beträgt 1×10^{-4} 1/s für den Bereich des Industriehafens, 2×10^{-5} 1/s für den Altrheinseitenarm.

2 Erweiterung des Modellgebietes und der Modelldiskretisierung

2.1 Allgemeines

Die Erweiterung des Modellgebietes und der Modelldiskretisierung erfolgte in dreierlei Hinsicht:

- Erweiterung des Modellgebietes um 300 m nach Süden,
- Erweiterung des 2-m-Netzverfeinerungsbereiches,
- Erweiterung der vertikalen Diskretisierung auf zwei Modellebenen.

2.2 Erweiterung des Modellgebietes und des Netzverfeinerungsbereiches

Das horizontal erweiterte und feiner diskretisierte Modellraster ist in Abb. 5 dargestellt.

Die Erweiterung des Modellgebietes um 300 m nach Süden erfolgte mit 15 Zeilen der Maschenweite 20m. Das neue Modellgebiet umfasst 1300 x 1300 m².

Die Randbedingung im Osten wurde für die Süderweiterung extrapoliert (Festpotentialrand bei 88,6m+NN). Die Randbedingung im Westen erfolgte für die Süderweiterung als Festpotential in der Höhe des Wasserstandes des Rheins (87,54 m+NN). Der Nordrand des erweiterten Modells entspricht dem Nordrand des Ausgangsmodells und ist unverändert als Randstromlinie definiert; der neue Südrand des erweiterten Modells wird als Randstromlinie festgelegt.

Die Lage der Aquifersohle wurde aus den Gegebenheiten des alten Modells abgeschätzt und extrapoliert (Abb. 6). Der Durchlässigkeitsbeiwert für die Süderweiterung beträgt $5,2 \times 10^{-4}$ m/s (45 m/Tag).

Nach Ausweitung des Netzverfeinerungsbereiches beträgt die Fläche, welche nun im 2-m-Raster berücksichtigt wird 364 x 464 m². Der Feinnetzbereich ist gegenüber dem alten Modell um 60 Meter nach Norden, 240 Meter nach Süden und 160 Meter nach Osten vergrößert worden. Dadurch werden alle derzeit zur Untersuchung anstehenden Teilbereiche des ehemaligen Gaswerksgeländes in der feinen Auflösung berücksichtigt (Abb. 1). Das neue Modellraster umfasst 236 Modellspalten und 281 Modellzeilen.

2.3 Erweiterung der vertikalen Modelldiskretisierung

Bei der Umsetzung zur Berücksichtigung des Aquifers anhand zweier Grundwasserstockwerke, also mit zwei Modellebenen, wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Die Grenze zwischen beiden Stockwerken liegt bei 75m+NN,
- der k_f -Wert für die untere Modellebene (k_{f2}) beträgt 2×10^{-4} m/s (17,28 m/Tag),
- die k_f -Wertverteilung für die obere Modellebene (k_{f1}) orientiert sich an den Werten der Transmissivität im ursprünglichen, 1-schichtigen Modell unter Berücksichtigung der neuen Diskretisierung.

Aus diesen Festlegungen ergibt sich die k_f -Wertverteilung für die obere Modellebene gemäß Abb. 7. Die Werte wurden wie folgt hergeleitet:

Tabelle: Herleitung der k_f -Wertverteilung

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| Transmissivität T des Aquifers | | aus altem Modell bekannt |
| Transmissivität T2 der unteren Modellebene | = | $K_{f2} \times \text{Mächtigkeit2}$ |
| Mächtigkeit2 der unteren Modellebene | = | 75 - Aquifersohllage |
| Transmissivität T1 der oberen Modellebene | = | $T - T2$ |
| k_{f1} in der oberen Modellebene | = | $T1 / \text{Mächtigkeit1}$ |
| Mächtigkeit1 der oberen Modellebene | = | Grundwasserstand – 75 |

Zur besseren Handhabung und Lesbarkeit wurden die berechneten k_{f1} -Werte Klassen zugeordnet und im Modell zonenweise berücksichtigt:

| | | | | |
|------------------|------------------|----|---------|-------------------------------------|
| Berechneter Wert | < 55 m/Tag | => | Vorgabe | 50 m/Tag |
| „ | >=55, < 65 m/Tag | => | | 60 m/Tag = $6,9 \times 10^{-4}$ m/s |
| „ | >=65, < 75 m/Tag | => | | 70 m/Tag = $8,1 \times 10^{-4}$ m/s |
| | | | | |

Der sich ergebende Wertebereich beträgt zwischen $6,9 \times 10^{-4}$ m/s (60 m/Tag) und 15×10^{-3} m/s (130 m/Tag). Ein Einzelwert mit 50 m/Tag tritt auf.

Die vertikale Anisotropie wird mit 1:4 berücksichtigt.

2.4 Überprüfung der technischen Umsetzung

Mit dem neuen Modelldatensatz wurde ein Rechenlauf durchgeführt und mit den Ergebnissen des alten Modells (kleineres Modellgebiet, kleinerer Feinnetzbereich, 1-schichtig) verglichen. Abb. 8 zeigt die Ergebnisse im Isolinenplan: Die Unterschiede betragen lokal höchstens einen Zentimeter. Die technische Umsetzung gilt also als erfolgreich, das neue Modell liefert für das alte Modellgebiet praktisch die gleichen Ergebnisse.

2.5 Überprüfung des erweiterten Modells anhand der Stichtagsmessung vom 19.09.2002

Die mit dem erweiterten Modell berechnete Grundwasserströmung wurde mit den Stichtagsmessergebnissen vom September 2002 verglichen. Im regionalen Maßstab lässt sich der September 2002 als eine Situation mit erhöhten Grundwasserständen charakterisieren. Daher wurden die Randbedingungen des Modells, welches ursprünglich für eine Mittelwassersituation aufgebaut worden war, an eine Situation erhöhter Grundwasserstände angepasst.

Im Dezember 2002 bis Februar 2003 wurden fünf Pumpversuche durchgeführt. Die Auswertung der Pumpversuche ergab k_f -Werte zwischen 4×10^{-4} m/s und 24×10^{-4} m/s für das obere Modellstockwerk.

Während die Pumpversuchsergebnisse in den südlich liegenden Messstellen die k_f -Werte des Modells bestätigen, weisen sie für die im Nordosten gelegenen Messstellen auf bereichsweise um Faktor 2 höhere k_f -Werte hin. Das Grundwassermodell wurde mit diesen k_f -Werten angepaßt.

Weiterhin wurde zur Abschätzung der Auswirkung der Rheingegebenheiten auf die Grundwasserströmung wurde in einem weiteren Rechenlauf ein um 10 cm niedrigerer Wasserstand im Rhein untersucht.

Abb. 9 zeigt die berechnete Grundwasserströmung nach den o.g. Modifikationen am Modell und den Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserständen. Die Abbildung zeigt eine gute Anpassung des Modells an die tatsächlichen Fließverhältnisse.

Lage altes und erweitertes Grundwassermodell

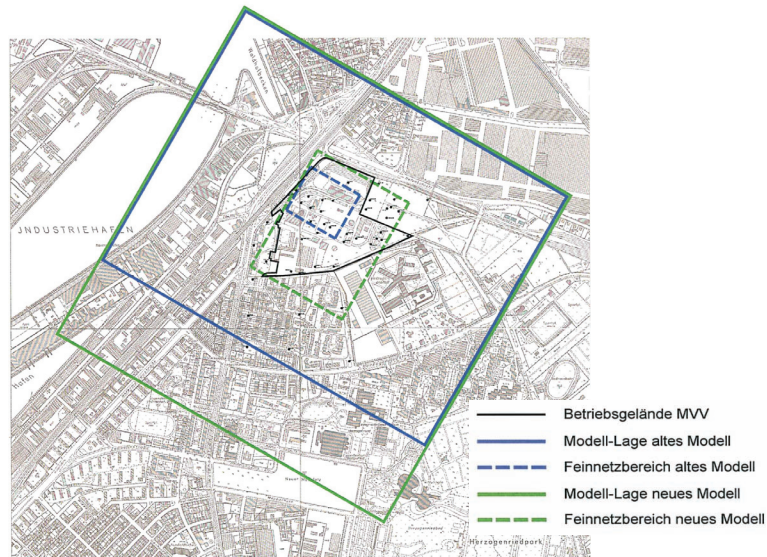


Abbildung 1

Altes Grundwassermodell (1300 x 1000 Meter / 20-2-m-Raster) 164 Spalten, 131 Zeilen, 1 Ebene

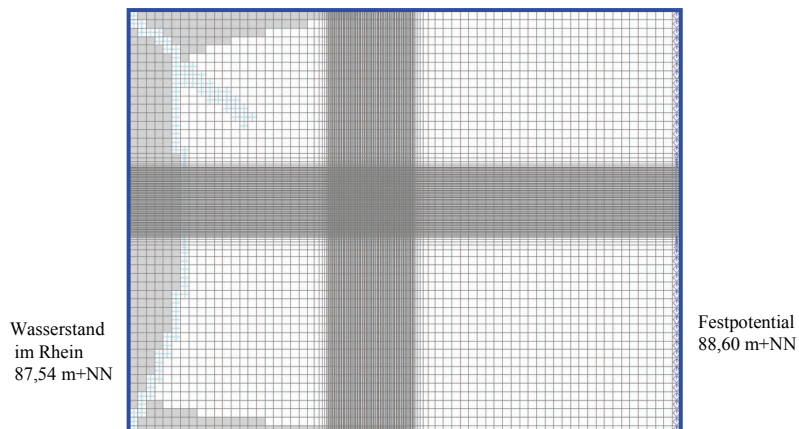


Abbildung 2

Altes Grundwassermodell

Darstellung der Aquifersohle (Angaben in m ü. NN)

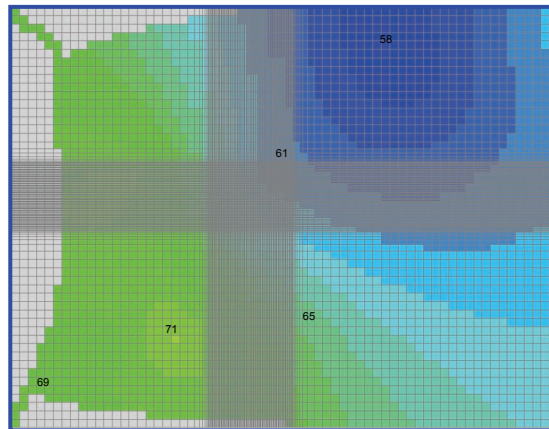


Abbildung 3

Altes Grundwassermodell

Darstellung der k_f -Wertverteilung

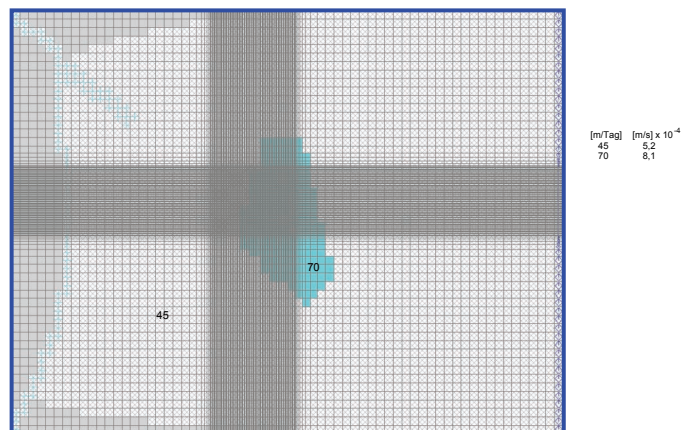
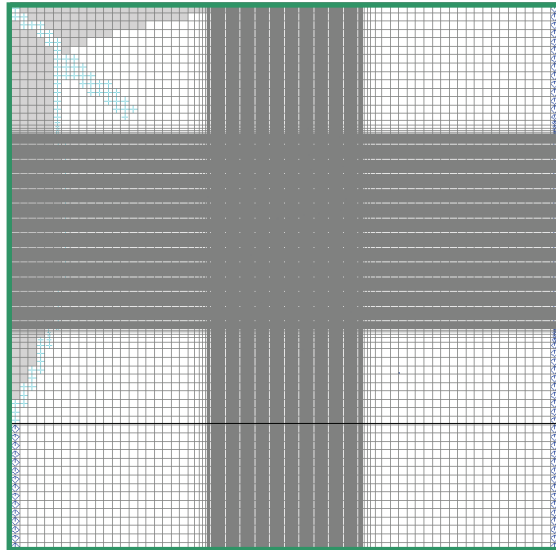


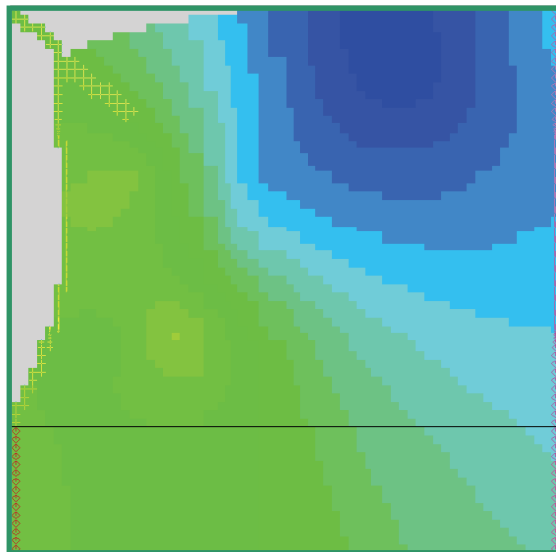
Abbildung 4



Erweitertes Grundwassermodell

Netzerweiterung
(1300 x 1300 Meter / 20-2-m-Raster)
236 Spalten, 281 Zeilen, 2 Ebenen)

Abbildung 5



Erweitertes Grundwassermodell Darstellung der Aquifersohle

Abbildung 6

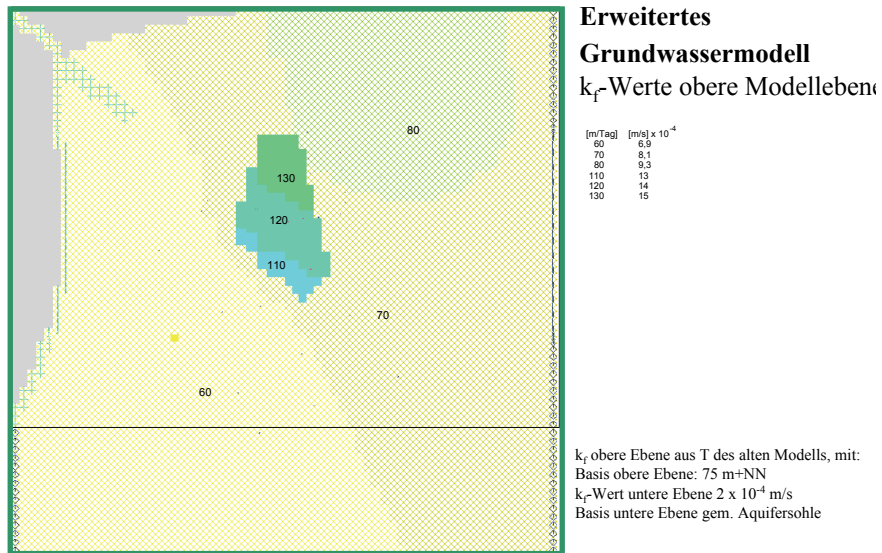


Abbildung 7

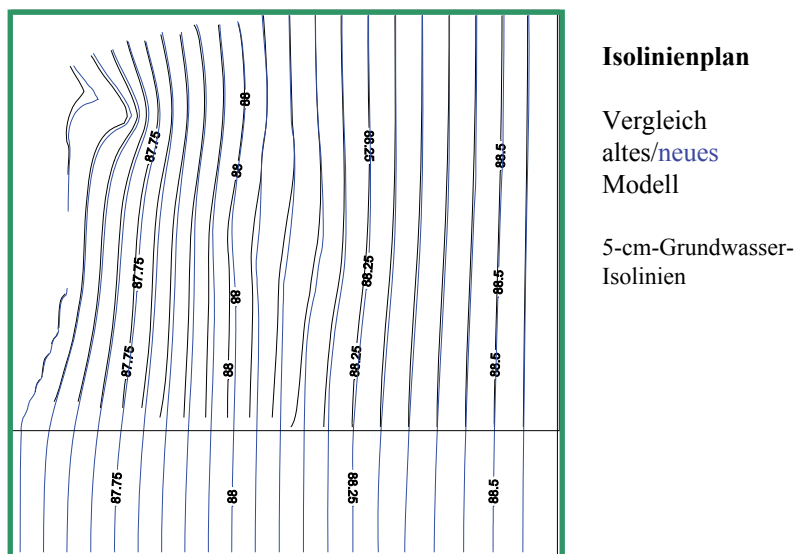
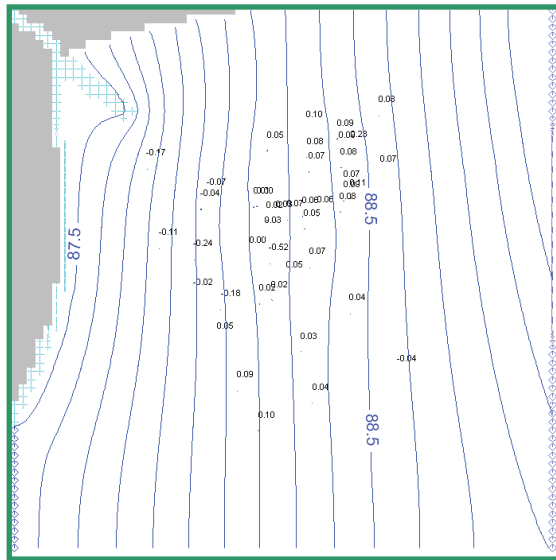


Abbildung 8



Ergebnis der
Überprüfung des
erweiterten Modells
anhand der
Stichtagsmessung vom
19.09.2002

Abbildung 9

Grundwasserreinigungsanlage (Grundfließbild)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

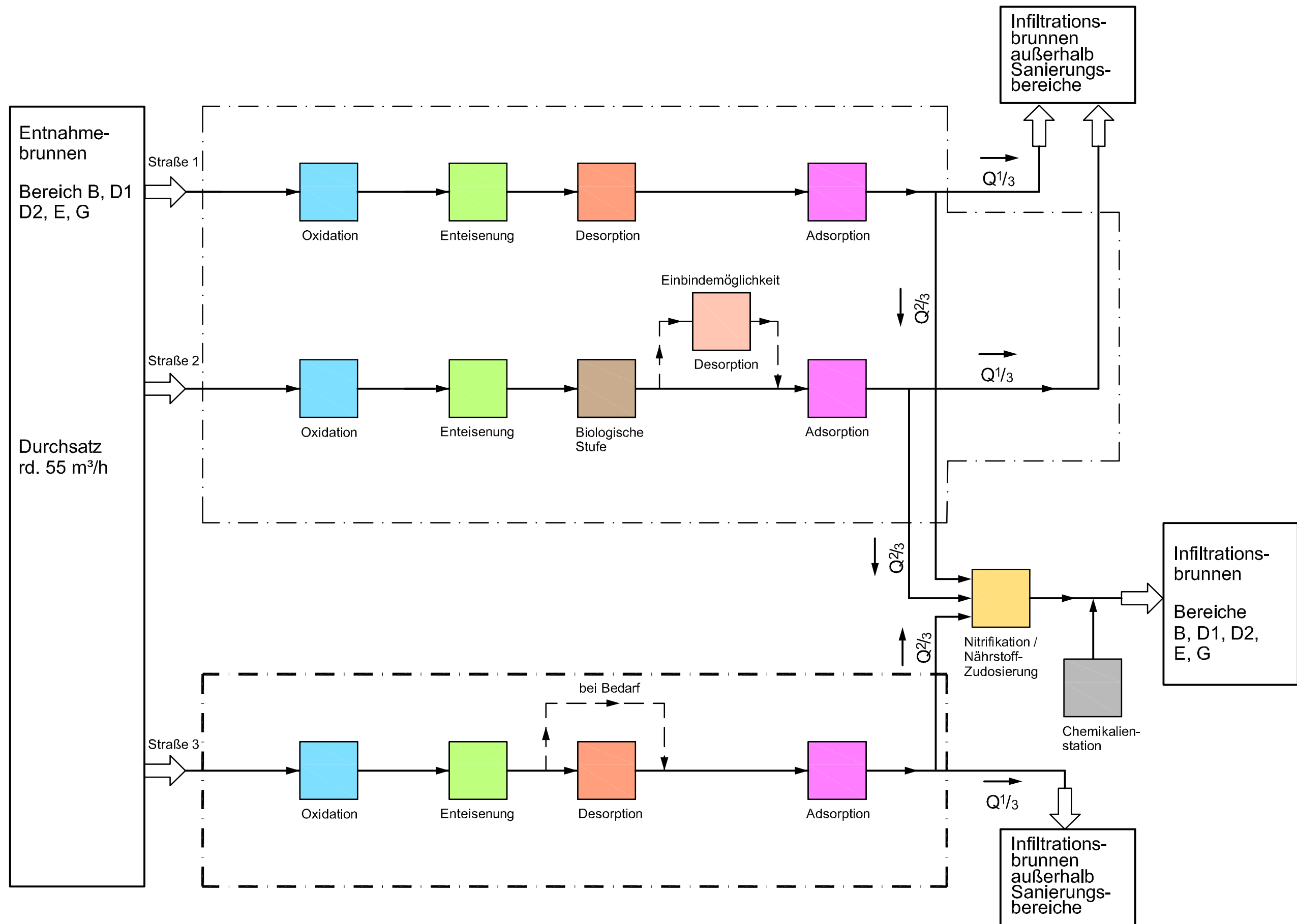


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Grundwasserreinigungsanlage
(Grundfließbild)

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 8.4 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

j:\Projekte\2001\32253201\32253210\Sanplan_Teil2_neu\Acad53201-85.DWG



Anlage 8.4

| | | | | | | |
|----------|-----------------|-------|-----------------|--|-----------|--|
| Name | MVV | | Maßstab | / | Mikrofilm | |
| | | | Änderungsz. | | | |
| Datum | gez. | Datum | Name | Grundfließbild Grundwassersanierungsanlage Ehem. Gaswerk Luzenberg, Mannheim Akazienstrasse | | |
| | gepr. | | | | | |
| | Gr.L. | | | | | |
| | Abt.L. | | | | | |
| Änderung | Sachgebiete-Nr. | | Zeichnungs-Nr. | | Blatt | |
| Ursprung | | | A/GWL-04-001-03 | | Bt. | |
| Erstellt | | Gepr. | | Freigegeben | | |

Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebes

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Kontrollmaßnahmen in Rahmen des
Betriebes

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Kontrollprogramm in den Kernsanierungsbereichen

| Sanierungs- bereich | Proben- nahmestelle | Parameter | im 1. Halbjahr | im 2. Halbjahr | jedes weitere Halbjahr |
|------------------------|---|---|----------------|----------------|---------------------------|
| B/D2/G | GWM-D2/4, VB4, VB5, GWM-B9, GWM-B11, GWM-B12, GWM-G4 | EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW), NH ₄ , NO ₃ [*] , Fe, Mn | alle 2 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |
| | | PAK-/BTEX-Verwerter, GKZ | alle 3 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |
| B/D2/G | nach Wasser- aufbereitung | EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW), Fe, Mn | alle 2 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |
| B/D2/G | GWM-B3, GWM-G1 | EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW), | alle 2 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |
| | | PAK-/BTEX-Verwerter, GKZ | alle 3 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |

** im Sanierungsbereich B*

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Kontrollprogramm innerhalb und außerhalb der
Spülkreisläufe in den Kernsanierungsbereichen

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 9.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Kontrollprogramm an den Monitoring-Messstellen (westliche Gaswerksgrenze)

| Proben- nahmestelle | Parameter | im 1. Halbjahr | im 2. Halbjahr | jedes weitere Halbjahr |
|---|---|----------------|----------------|---------------------------|
| GK11 GK12 GK18 GK32 GK34 GK36 GK37 MST10 | EPA-PAK BTEX (+weitere AKW) NH ₄ , NO ₃ | alle 2 Monate | alle 3 Monate | alle 6 Monate |

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Kontrollprogramm an den Monitoring-Messstellen

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.2 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Ergebnisse des bestehenden Monitorings an der Gaswerksgrenze

(dargestellter Zeitraum:
September 1993 bis Mai 2006)

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Ergebnisse des bestehenden Monitorings
an der Gaswerksgrenze
(dargestellter Zeitraum Sept. 1993 bis Mai 2006)

| | | |
|-------------|------------|-------------|
| M 1 : | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. | 9.3 |
| Bearb.: ksm | Datum | 13.07.2006 |

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

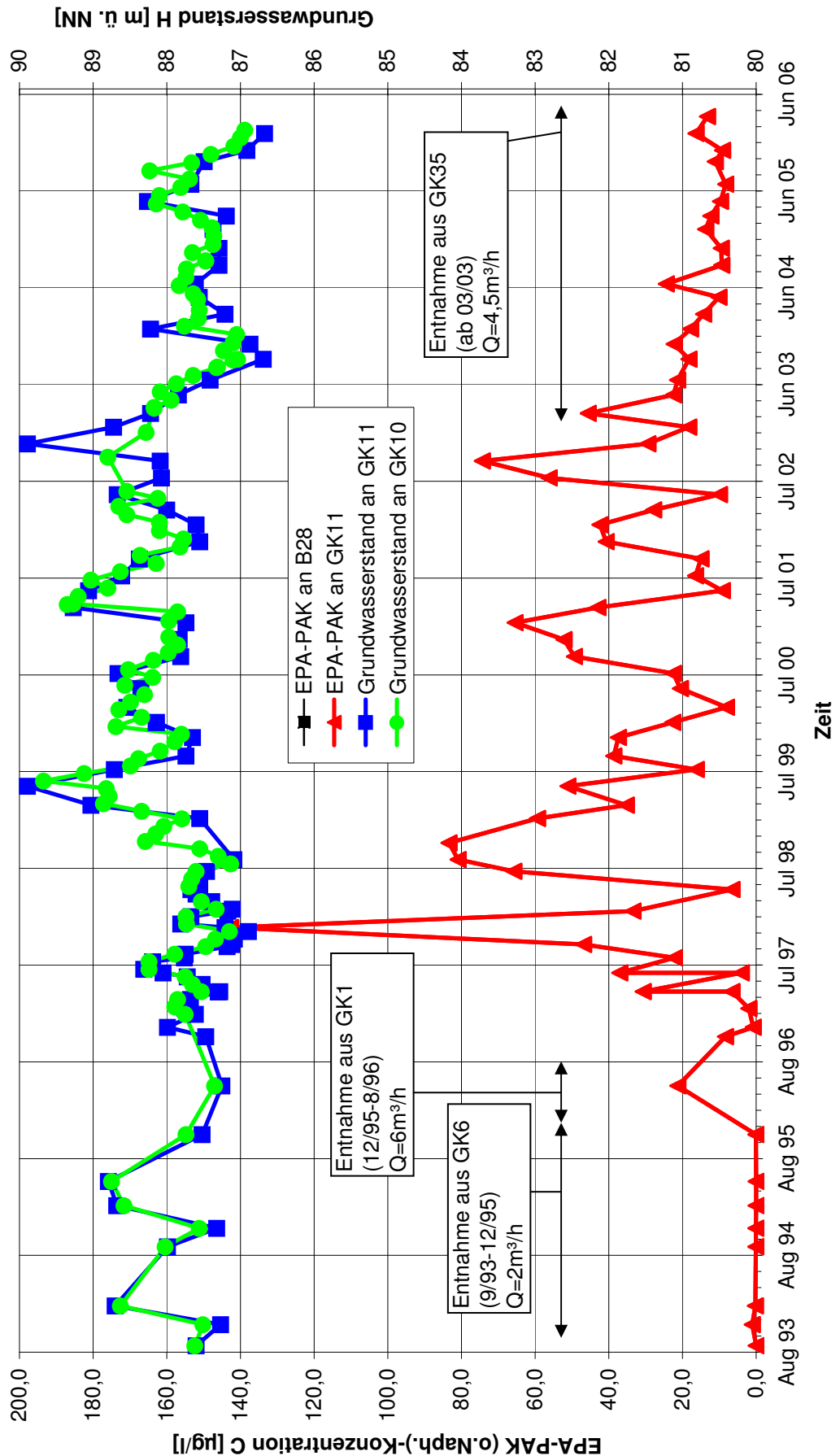
GK 11 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.1 Seite 1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

**Abstrommeßstelle GK11 und B28
EPA-PAK (o.Naph.)-Konzentrationen und Grundwasserstände**



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

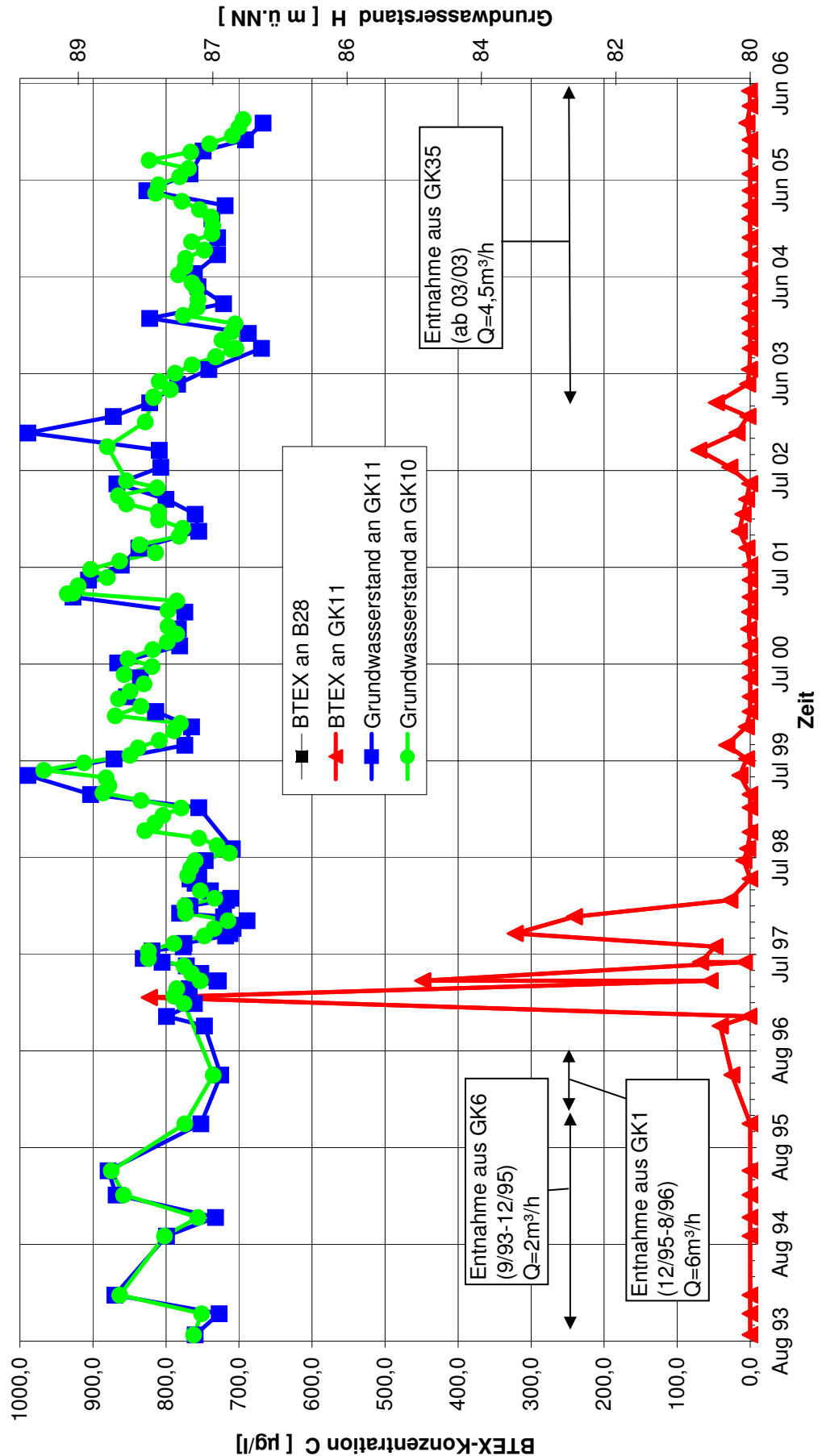
GK 11 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | | |
|---------|-----|-----------|---------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 9.3.1 Seite 2 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

**Abstrommeßstelle GK11 und B28
BTEX-Konzentrationen und Grundwasserstände**



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

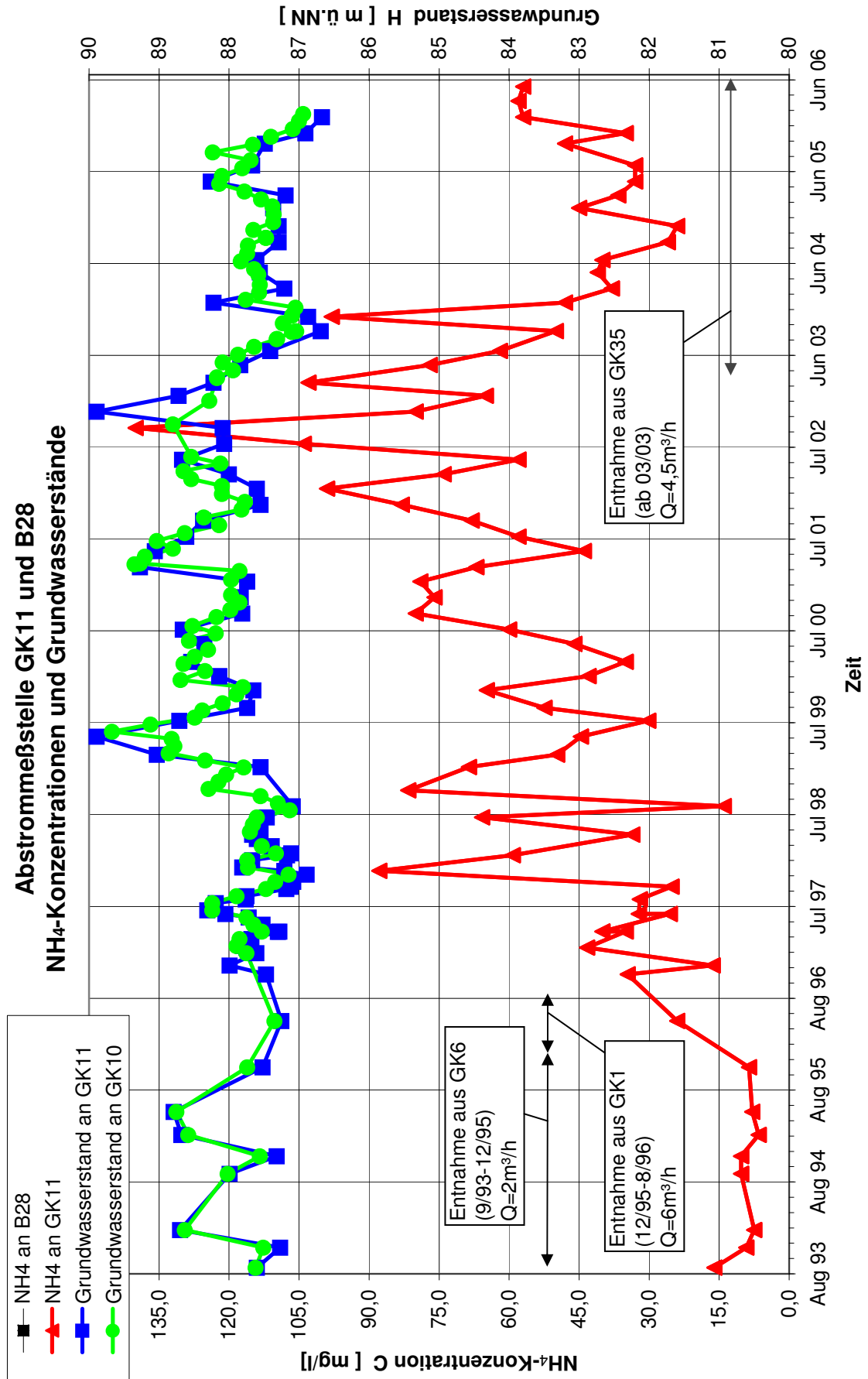
GK 11 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.1 Seite 3 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

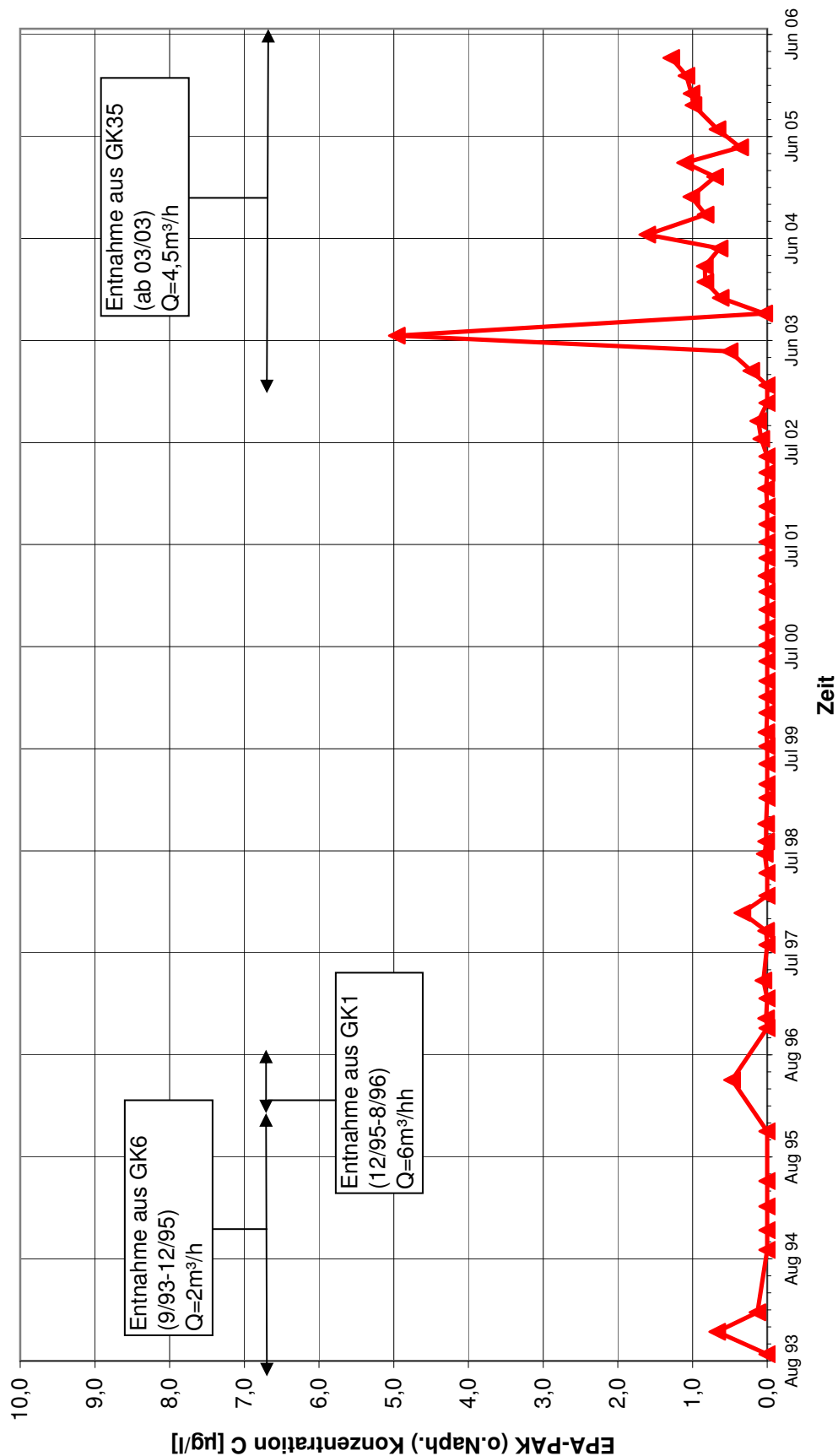
**Abstrommeßstelle GK11 und B28
NH₄-Konzentrationen und Grundwasserstände**



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

GK 12

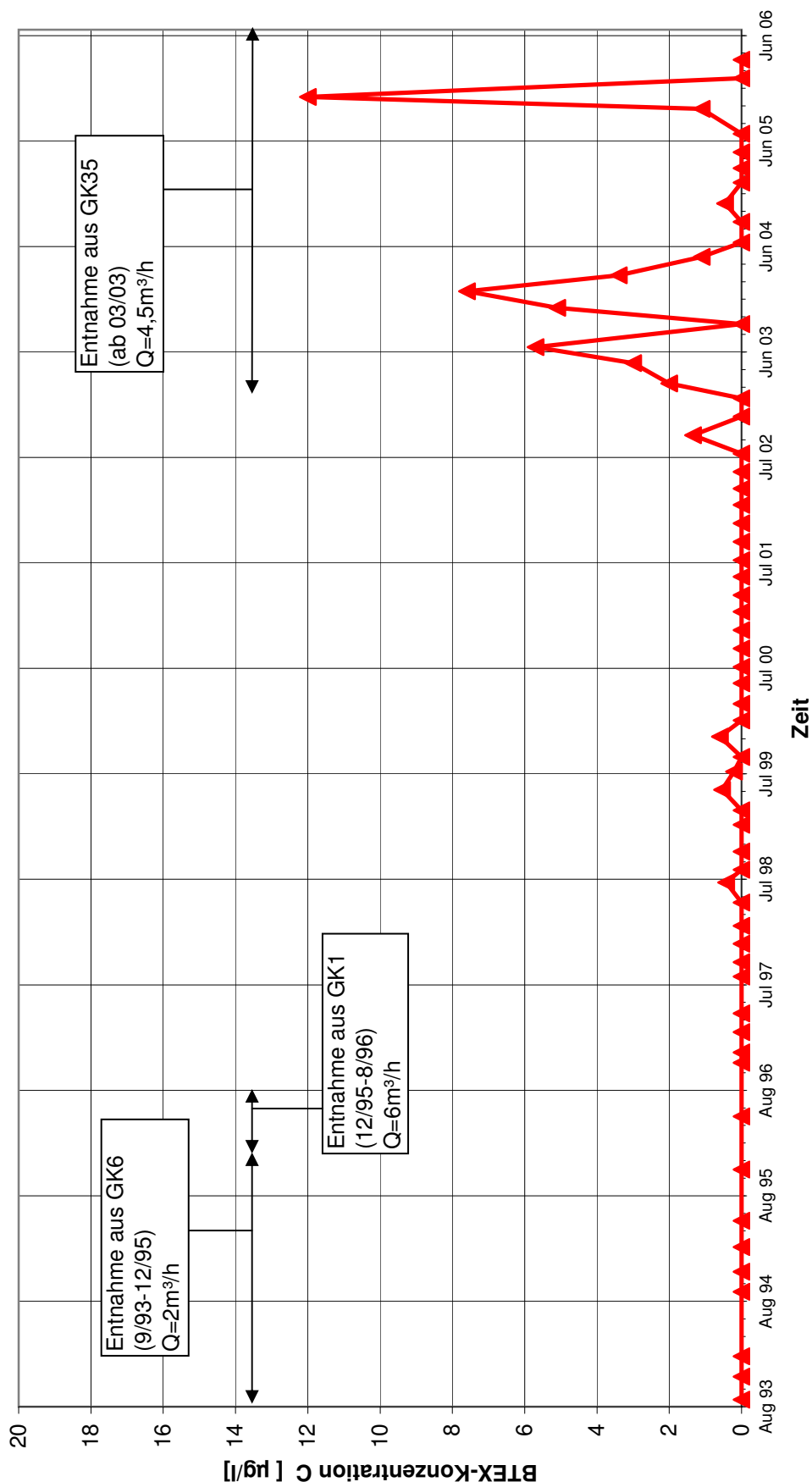
**Abstrommeßstelle GK 12
EPA-PAK (o.Naph.)-Konzentrationen**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | |
|-------------|------------------------|
| M 1 : -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. 9.3.2 Seite 1 |
| Bearb.: ksm | Datum 13.07.2006 |

Abstrommeßstelle GK 12 BTEX-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

GK 12



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

M 1 : --

Proj.-Nr. 1312.532.10

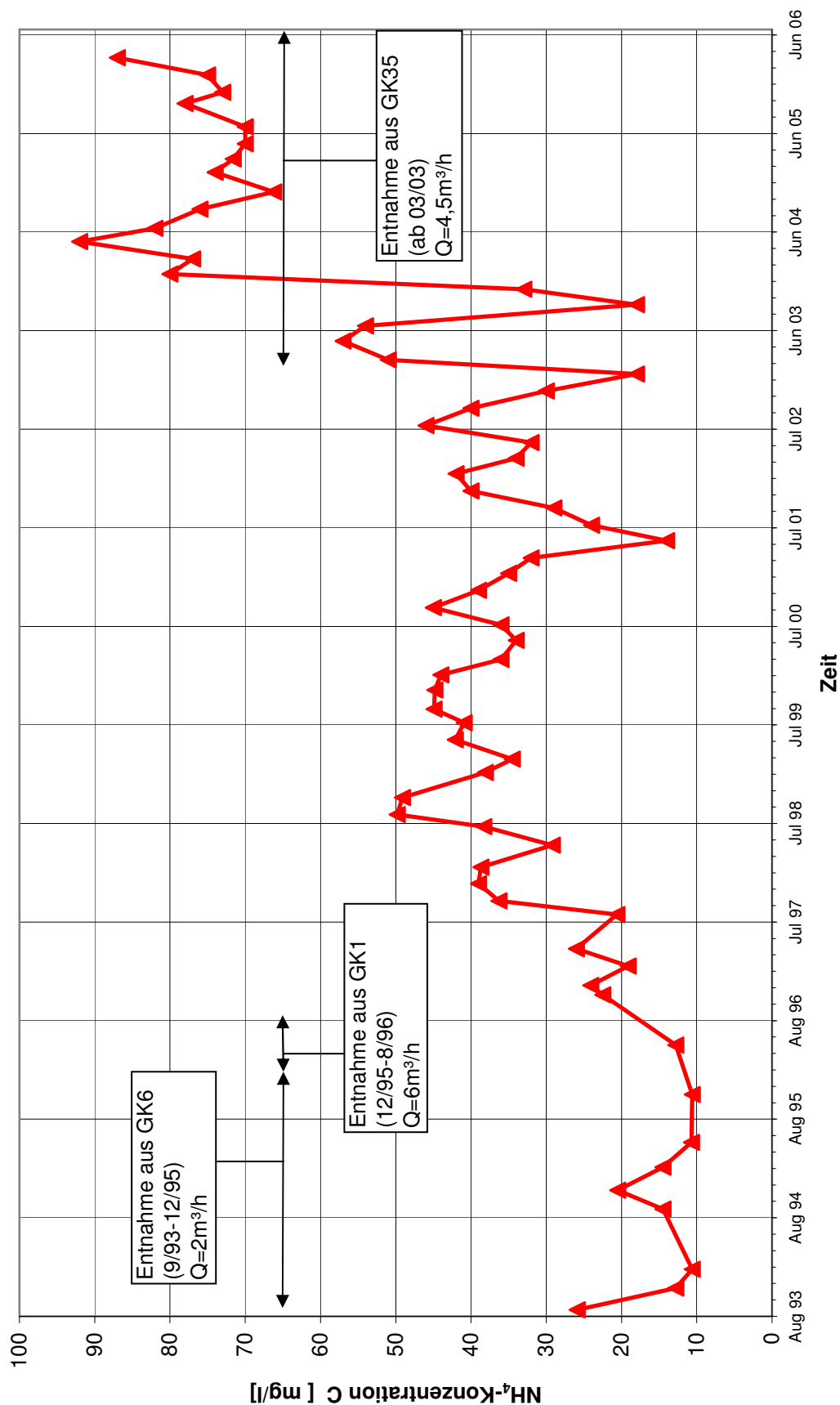
Gez.: ew

Anl.-Nr. 9.3.2 Seite 2

Bearb.: ksm

Datum 13.07.2006

Abstrommeßstelle GK 12 NH₄-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

GK 12



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.2 Seite 3 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

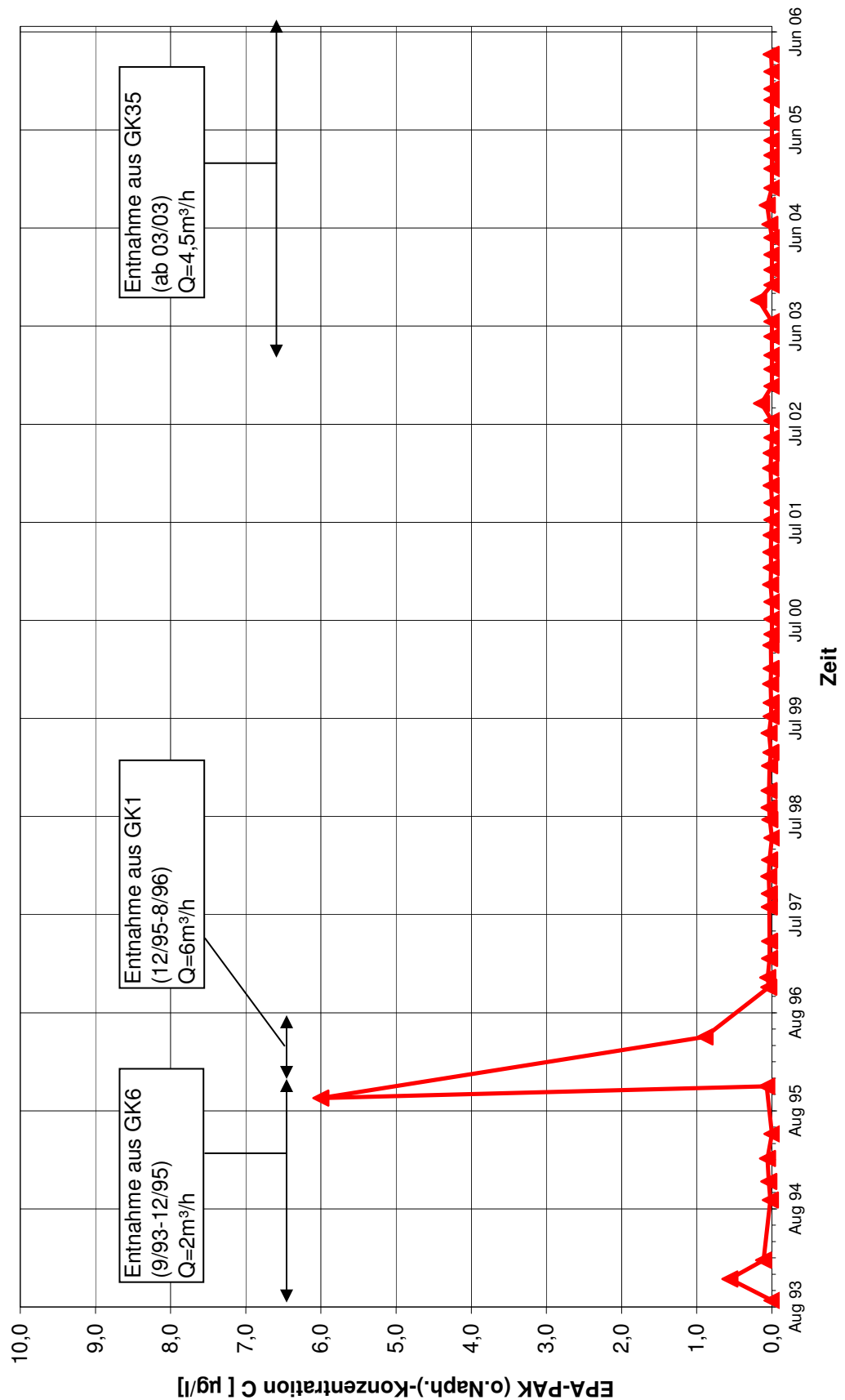
GK 18



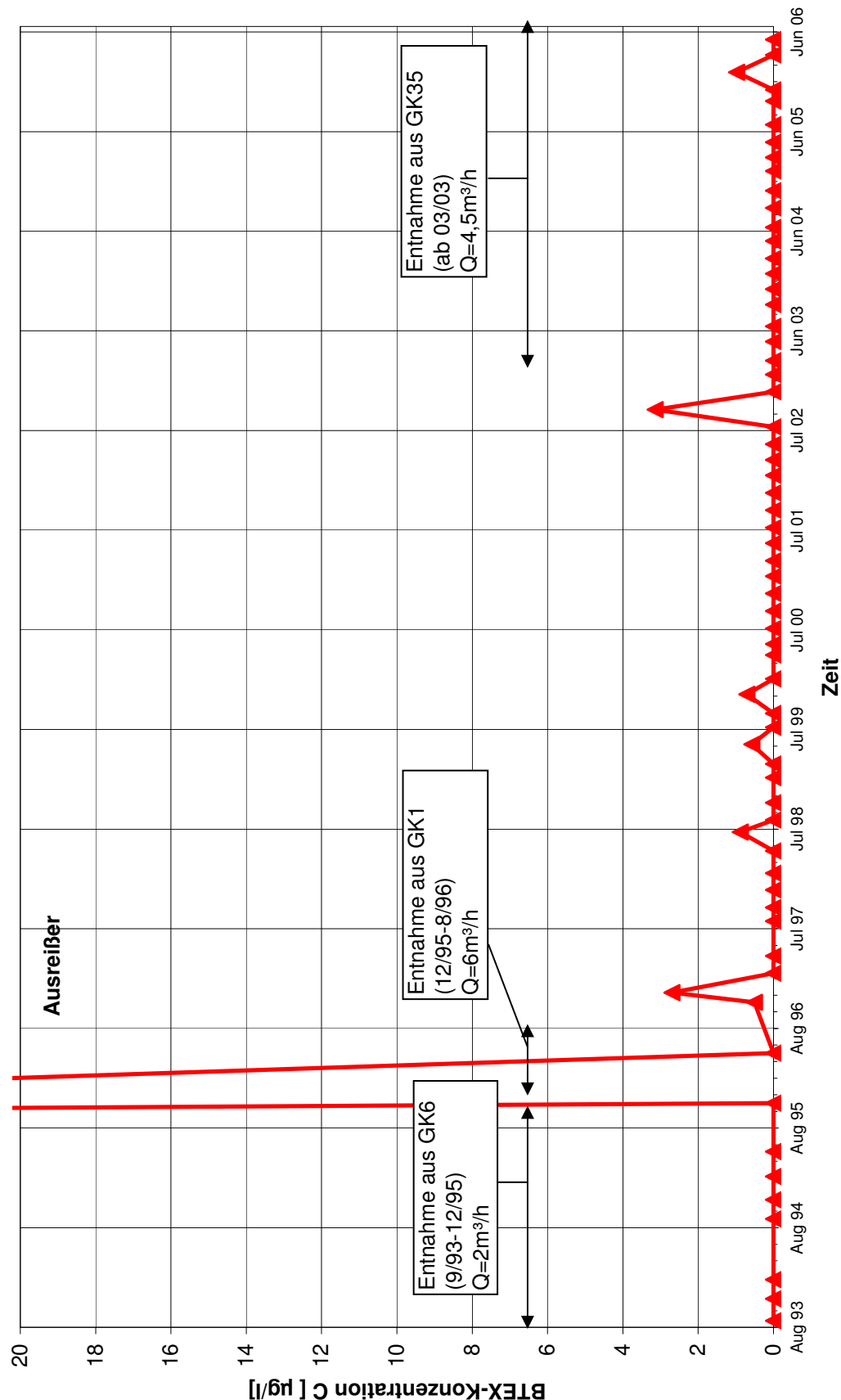
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | | |
|---------|-----|-----------|---------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 9.3.3 Seite 1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

**Abstrommeßstelle GK18
EPA-PAK (o.Naph.)-Konzentrationen**



Abstrommeßstelle GK18 BTEX-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

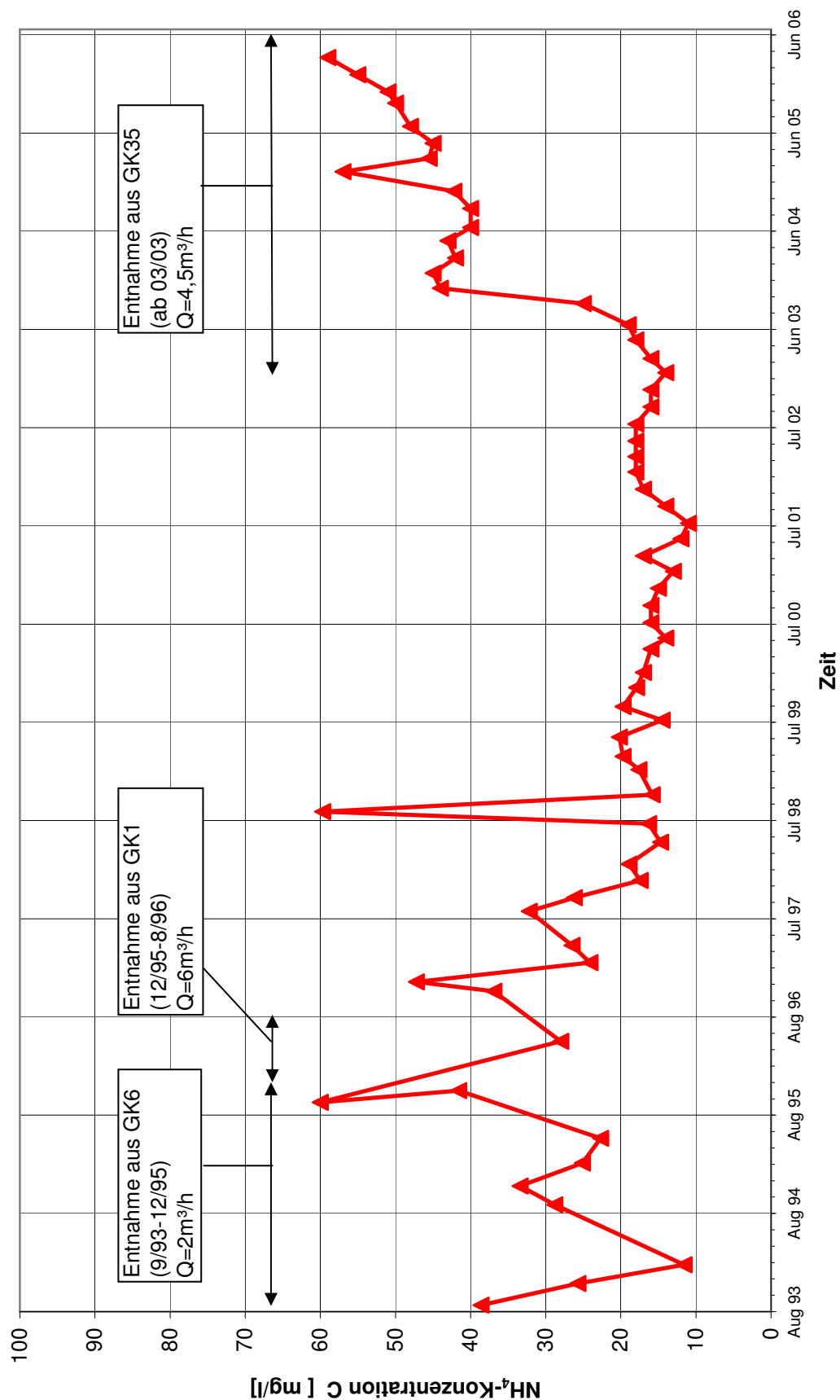
GK 18



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.3 Seite 2 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Abstrommeßstelle GK 18 NH₄-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

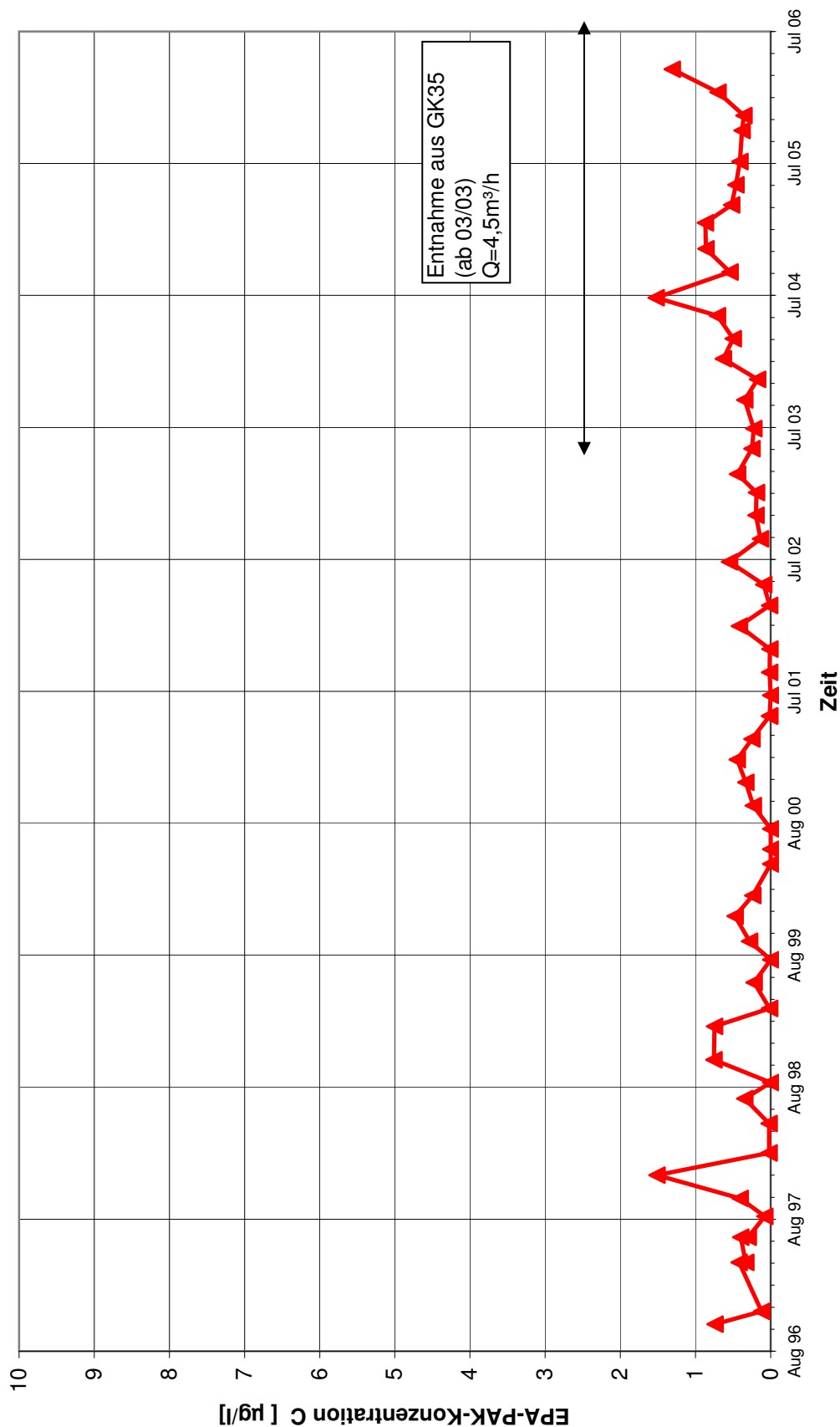
GK 18



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.3 Seite 3 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Abstrommeßstelle GK32 EPA-PAK (o. Naph.)-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

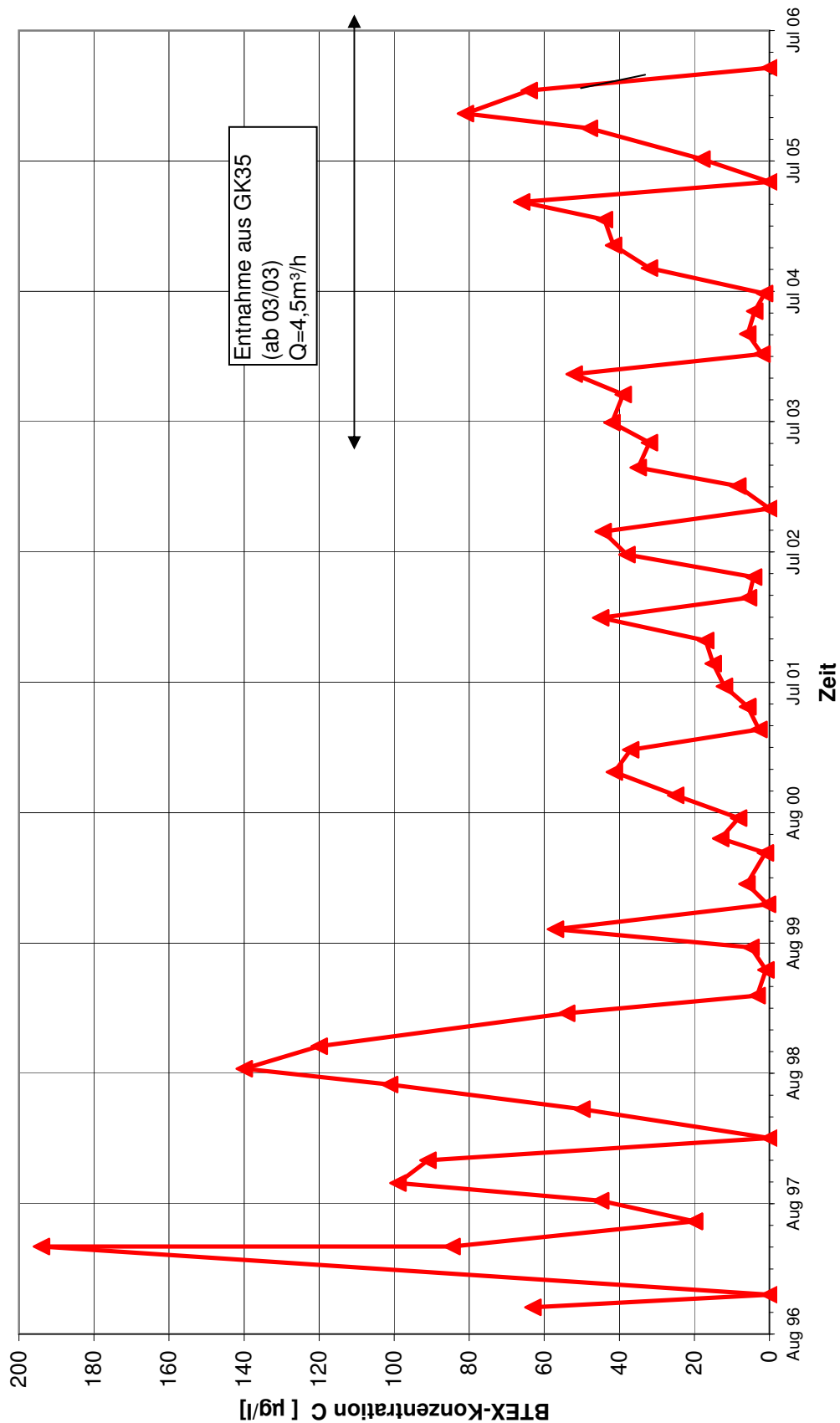


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

GK 32

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.4 Seite 1 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Abstrommeßstelle GK32 BTEX-Konzentrationen und Grundwasserstände



J:\Projekte\200\1322532\10\Sanplan_Teil-2_neu\correll\53210-90.CDR

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)

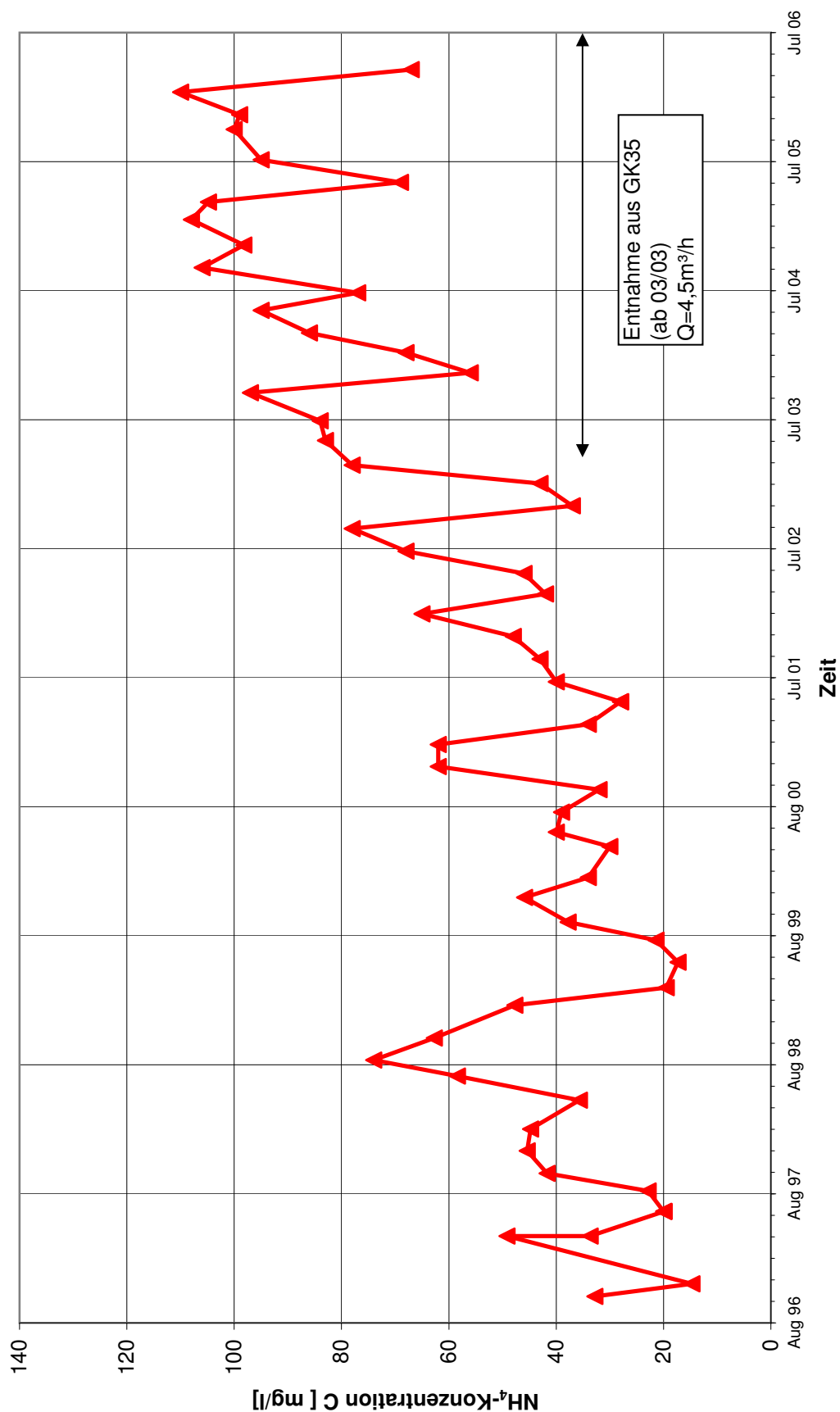
GK 32



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | |
|-------------|------------------------|
| M 1 : -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. 9.3.4 Seite 2 |
| Bearb.: ksm | Datum 13.07.2006 |

Abstrommeßstelle GK32 NH₄-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

GK 32

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.4 Seite 3 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

Ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Grundwasseranalysen aus den Meßstellen GK 11, GK 12, GK 18, GK 32, B28

| GK 11 Datum der Entnahme | NH4 mg/l | Summe BTEX µg/l | Summe EPA-PAK o.N. µg/l | Naphthalin µg/l |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| 12-Sep-93 | 16,0 | 0 | 0 | 0 |
| 30-Nov-93 | 9,2 | 0 | 1,08 | 0 |
| 7-Feb-94 | 7,5 | 0 | 0,24 | 0 |
| 15-Sep-94 | 10,3 | 0 | 0,05 | 0 |
| 23-Nov-94 | 10,3 | 0 | 0,06 | 0 |
| 15-Feb-95 | 6,5 | 0 | 0,02 | 0 |
| 16-Mai-95 | 7,9 | 0 | 0 | 0 |
| 7-Nov-95 | 8,6 | 0 | 0,07 | 0 |
| 6-Mai-96 | 24,0 | 25,0 | 21,3 | 0 |
| 5-Nov-96 | 34,6 | 41,0 | 8,36 | 0 |
| 10-Dez-96 | 16,4 | 1,8 | 0,80 | 0 |
| 18-Feb-97 | 43,3 | 823,0 | 1,96 | 8,30 |
| 22-Apr-97 | 35,0 | 54,7 | 6,60 | 0 |
| 22-Apr-97 | 40,0 | 448,5 | 30,7 | 18,00 |
| 30-Jun-97 | 25,6 | 8,3 | 4,05 | 0 |
| 30-Jun-97 | 32,2 | 68,0 | 37,0 | 1,10 |
| 26-Aug-97 | 32,0 | 48,0 | 22,2 | 0 |
| 14-Okt-97 | 25,2 | 321,9 | 46,8 | 6,80 |
| 16-Dez-97 | 87,8 | 240,9 | 142,7 | 3,30 |
| 15-Feb-98 | 59,2 | 28,0 | 33,4 | 0 |
| 6-Mai-98 | 33,6 | 0 | 6,6 | 0 |
| 13-Jul-98 | 65,8 | 8,8 | 65,8 | 0 |
| 26-Aug-98 | 14,0 | 3,5 | 80,9 | 0 |
| 27-Okt-98 | 81,6 | 0 | 83,4 | 0 |
| 26-Jan-99 | 68,6 | 0 | 59,4 | 0 |
| 16-Mrz-99 | 49,7 | 0 | 35,3 | 0 |
| 26-Mai-99 | 44,6 | 14,0 | 51,1 | 0,31 |
| 27-Jul-99 | 30,2 | 4,9 | 16,3 | 0 |
| 15-Sep-99 | 52,4 | 32,3 | 38,6 | 0 |
| 23-Nov-99 | 64,8 | 5,4 | 37,4 | 0 |
| 18-Jan-00 | 43,0 | 0 | 22,6 | 0 |
| 14-Mrz-00 | 35,0 | 0 | 8,0 | 0 |
| 23-Mai-00 | 46,0 | 0 | 20,6 | 0 |
| 18-Jul-00 | 60,0 | 0 | 22,5 | 0 |
| 19-Sep-00 | 80,0 | 0 | 49,4 | 0 |
| 21-Nov-00 | 76,0 | 2,2 | 52,2 | 0 |
| 23-Jan-01 | 79,0 | 0,6 | 65,4 | 0 |
| 20-Mrz-01 | 67,0 | 0 | 42,9 | 0 |
| 22-Mai-01 | 44,0 | 0 | 9,2 | 0 |
| 17-Jul-01 | 58,0 | 0 | 16,5 | 0 |
| 18-Sep-01 | 68,0 | 4,7 | 15,0 | 0 |
| 20-Nov-01 | 83,0 | 15,0 | 40,7 | 0 |
| 22-Jan-02 | 99,0 | 9,9 | 42,4 | 0 |
| 19-Mrz-02 | 74,0 | 4,9 | 27,9 | 0 |
| 15-Mai-02 | 58,0 | 0,8 | 10,0 | 0 |
| 16-Jul-02 | 104,0 | 28,0 | 56,2 | 0 |
| 17-Sep-02 | 140,0 | 70,2 | 74,3 | 0,05 |
| 20-Nov-02 | 80,0 | 18,0 | 29,4 | 2,90 |
| 21-Jan-03 | 65,0 | 3,1 | 18,3 | 0 |
| 13-Mrz-03 | 103,0 | 46,4 | 45,6 | 0 |
| 21-Mai-03 | 77,0 | 3,5 | 22,4 | 0 |
| 15-Jul-03 | 62,0 | 1,0 | 21,3 | 0 |
| 1-Okt-03 | 50,0 | 0 | 18,2 | 0 |
| 26-Nov-03 | 98,0 | 0 | 22,3 | 0 |
| 21-Jan-04 | 48,0 | 0,8 | 17,8 | 0 |
| 16-Mrz-04 | 38,0 | 0 | 14,3 | 0 |
| 18-Mai-04 | 41,0 | 0 | 10,1 | 0 |
| 6-Jul-04 | 40,0 | 0 | 24,4 | 0,1 |
| 14-Sep-04 | 26,0 | 0 | 9,3 | 0 |
| 16-Nov-04 | 24,0 | 0 | 9,5 | 0 |
| 26-Jan-05 | 45,0 | 0,37 | 13,7 | 0 |
| 16-Mrz-05 | 36,6 | 0 | 12,3 | 0 |
| 10-Mai-05 | 33,0 | 0 | 9,7 | 0 |
| 12-Jul-05 | 33,0 | 0 | 8,3 | 0 |
| 5-Okt-05 | 48,0 | 0 | 11,1 | 0 |
| 15-Nov-05 | 35,0 | 0 | 9,1 | 0 |
| 17-Jan-06 | 57,0 | 4,60 | 16,3 | 0,074 |
| 21-Mrz-06 | 58,00 | 0 | 13,190 | 0 |
| 16-Mai-06 | 57,00 | 1,00 | 11,140 | 0 |

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Tabellarische Darstellung GK 11, GK 12, GK 18,
GK 32 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | |
|-------------|------------------------|
| M 1 : -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 1 |
| Bearb.: ksm | Datum 13.07.2006 |

Ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Grundwasseranalysen aus den Meßstellen GK 11, GK 12, GK 18, GK 32, B28

| GK 12 Datum der Entnahme | NH4 mg/l | Summe BTEX µg/l | Summe EPA-PAK o.N. µg/l | Naphthalin µg/l |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| 12-Sep-93 | 25,9 | 0 | 0 | 0 |
| 30-Nov-93 | 12,8 | 0 | 0,67 | 0 |
| 7-Feb-94 | 10,6 | 0 | 0,13 | 0 |
| 15-Sep-94 | 14,5 | 0 | 0 | 0 |
| 23-Nov-94 | 20,5 | 0 | 0 | 0 |
| 15-Feb-95 | 14,5 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Mai-95 | 10,7 | 0 | 0 | 0 |
| 7-Nov-95 | 10,6 | 0 | 0 | 0 |
| 6-Mai-96 | 12,8 | 0 | 0,47 | 0,13 |
| 5-Nov-96 | 22,5 | 0 | 0 | 0 |
| 10-Dez-96 | 24,1 | 0 | 0,01 | 0 |
| 18-Feb-97 | 19,1 | 0 | 0 | 0 |
| 22-Apr-97 | 26,0 | 0 | 0,05 | 0 |
| 26-Aug-97 | 20,6 | 0 | 0 | 0 |
| 14-Okt-97 | 36,3 | 0 | 0,02 | 0 |
| 16-Dez-97 | 39,0 | 0 | 0,33 | 0 |
| 15-Feb-98 | 38,7 | 0 | 0 | 0 |
| 6-Mai-98 | 29,2 | 0 | 0 | 0 |
| 13-Jul-98 | 38,3 | 0,4 | 0,03 | 0 |
| 26-Aug-98 | 49,8 | 0 | 0,01 | 0 |
| 27-Okt-98 | 49,1 | 0 | 0,01 | 0 |
| 26-Jan-99 | 38,1 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Mrz-99 | 34,5 | 0 | 0 | 0 |
| 26-Mai-99 | 42,1 | 0,5 | 0 | 0 |
| 27-Jul-99 | 40,9 | 0,2 | 0 | 0 |
| 15-Sep-99 | 44,9 | 0 | 0,01 | 0 |
| 23-Nov-99 | 44,8 | 0,6 | 0 | 0 |
| 18-Jan-00 | 44,0 | 0 | 0 | 0 |
| 14-Mrz-00 | 36,0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-Mai-00 | 34,0 | 0 | 0 | 0 |
| 18-Jul-00 | 36,0 | 0 | 0 | 0 |
| 19-Sep-00 | 45,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Nov-00 | 39,0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-Jan-01 | 35,0 | 0 | 0 | 0 |
| 20-Mrz-01 | 32,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 22-Mai-01 | 14,0 | 0 | 0 | 0 |
| 17-Jul-01 | 24,0 | 0 | 0 | 0 |
| 18-Sep-01 | 29,0 | 0 | 0 | 0 |
| 20-Nov-01 | 40,0 | 0 | 0 | 0 |
| 22-Jan-02 | 42,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 19-Mrz-02 | 34,0 | 0 | 0 | 0 |
| 15-Mai-02 | 32,0 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Jul-02 | 46,0 | 0 | 0,08 | 0 |
| 17-Sep-02 | 40,0 | 1,3 | 0,12 | 2,40 |
| 20-Nov-02 | 30,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Jan-03 | 18,0 | 0 | 0 | 0 |
| 13-Mrz-03 | 51,0 | 2,0 | 0,21 | 0,02 |
| 21-Mai-03 | 57,0 | 3,0 | 0,50 | 0,01 |
| 15-Jul-03 | 54,0 | 5,7 | 4,96 | 0,13 |
| 1-Okt-03 | 18,0 | 0 | 0,04 | 0,03 |
| 26-Nov-03 | 33,0 | 5,1 | 0,62 | 0,02 |
| 21-Jan-04 | 80,0 | 7,6 | 0,83 | 0 |
| 16-Mrz-04 | 77,0 | 3,4 | 0,83 | 0,00 |
| 18-Mai-04 | 92,0 | 1,1 | 0,64 | 0,00 |
| 6-Jul-04 | 82,0 | 0 | 1,61 | 0,04 |
| 14-Sep-04 | 76,0 | 0 | 0,82 | 0,03 |
| 16-Nov-04 | 66,2 | 0,46 | 1,02 | 0 |
| 26-Jan-05 | 74,0 | 0 | 0,70 | 0 |
| 16-Mrz-05 | 71,6 | 0 | 1,10 | 0 |
| 10-Mai-05 | 70,0 | 0 | 0,36 | 0 |
| 12-Jul-05 | 70,0 | 0 | 0,66 | 0 |
| 5-Okt-05 | 78,0 | 1,1 | 0,99 | 0,02 |
| 15-Nov-05 | 73,0 | 12 | 1,01 | 0,01 |
| 17-Jan-06 | 75,0 | 0 | 1,08 | 0,01 |
| 21-Mrz-06 | 87,00 | 0 | 1,283 | 0,013 |
| 16-Mai-06 | 61,00 | 0 | 0,254 | 0 |

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Tabellarische Darstellung GK 11, GK 12, GK 18,
GK 32 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | |
|-------------|------------------------|
| M 1 : -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 2 |
| Bearb.: ksm | Datum 13.07.2006 |

Ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Grundwasseranalysen aus den Meßstellen GK 11, GK 12, GK 18, GK 32, B28

| GK 18 Datum der Entnahme | NH4 mg/l | Summe BTEX µg/l | Summe EPA-PAK o.N. µg/l | Naphthalin µg/l |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| 12-Sep-93 | 38,6 | 0 | 0 | 0 |
| 30-Nov-93 | 25,7 | 0 | 0,56 | 0 |
| 7-Feb-94 | 11,6 | 0 | 0,11 | 0 |
| 15-Sep-94 | 28,8 | 0 | 0 | 0 |
| 23-Nov-94 | 33,4 | 0 | 0 | 0 |
| 15-Feb-95 | 25,1 | 0 | 0,06 | 0 |
| 16-Mai-95 | 22,7 | 0 | 0 | 0 |
| 7-Nov-95 | 41,6 | 0 | 0,07 | 0 |
| 25-Sep-95 | 60,0 | 50,0 | 6,00 | 0 |
| 6-Mai-96 | 28,0 | 0 | 0,89 | 0 |
| 5-Nov-96 | 36,9 | 0,5 | 0,04 | 0 |
| 10-Dez-96 | 47,2 | 2,7 | 0,05 | 0 |
| 18-Feb-97 | 24,1 | 0 | 0,03 | 0 |
| 22-Apr-97 | 26,5 | 0 | 0,03 | 0 |
| 26-Aug-97 | 32,2 | 0 | 0,04 | 0 |
| 14-Okt-97 | 26,2 | 0 | 0,04 | 0 |
| 16-Dez-97 | 17,4 | 0 | 0,04 | 0 |
| 15-Feb-98 | 18,9 | 0 | 0,03 | 0 |
| 6-Mai-98 | 14,7 | 0 | 0 | 0 |
| 13-Jul-98 | 16,3 | 0,9 | 0,03 | 0 |
| 26-Aug-98 | 59,7 | 0 | 0,04 | 0 |
| 27-Okt-98 | 15,8 | 0 | 0,04 | 0 |
| 26-Jan-99 | 17,6 | 0 | 0,03 | 0 |
| 16-Mrz-99 | 19,7 | 0 | 0,01 | 0 |
| 26-Mai-99 | 20,2 | 0,6 | 0,04 | 0 |
| 27-Jul-99 | 14,5 | 0 | 0,01 | 0 |
| 15-Sep-99 | 19,7 | 0 | 0,01 | 0 |
| 23-Nov-99 | 17,9 | 0,7 | 0,02 | 0 |
| 18-Jan-00 | 17,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 13-Apr-00 | 16,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 23-Mai-00 | 14,0 | 0 | 0 | 0 |
| 18-Jul-00 | 16,0 | 0 | 0 | 0 |
| 19-Sep-00 | 16,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Nov-00 | 15,0 | 0 | 0,02 | 0 |
| 23-Jan-01 | 13,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 20-Mrz-01 | 17,0 | 0 | 0,02 | 0 |
| 22-Mai-01 | 12,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 17-Jul-01 | 11,0 | 0 | 0 | 0 |
| 18-Sep-01 | 14,0 | 0 | 0 | 0 |
| 20-Nov-01 | 17,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 22-Jan-02 | 18,0 | 0 | 0,02 | 0 |
| 19-Mrz-02 | 18,0 | 0 | 0,01 | 0 |
| 15-Mai-02 | 18,0 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Jul-02 | 18,0 | 0 | 0 | 0 |
| 17-Sep-02 | 16,0 | 3,1 | 0,14 | 3,10 |
| 20-Nov-02 | 16,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Jan-03 | 14,0 | 0 | 0 | 0 |
| 13-Mrz-03 | 16,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Mai-03 | 18,0 | 0 | 0 | 0 |
| 15-Jul-03 | 19,0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-Okt-03 | 25,0 | 0 | 0,18 | 0,03 |
| 26-Nov-03 | 44,0 | 0 | 0 | 0 |
| 21-Jan-04 | 45,0 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Mrz-04 | 42,0 | 0 | 0 | 0 |
| 18-Mai-04 | 43,0 | 0 | 0 | 0 |
| 6-Jul-04 | 40,0 | 0 | 0,03 | 1,53 |
| 14-Sep-04 | 40,0 | 0 | 0,06 | 0,02 |
| 16-Nov-04 | 42,2 | 0 | 0 | 0 |
| 26-Jan-05 | 57,0 | 0 | 0 | 0 |
| 16-Mrz-05 | 45,5 | 0 | 0 | 0 |
| 10-Mai-05 | 45,0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-Jul-05 | 48,0 | 0 | 0 | 0 |
| 5-Okt-05 | 50,0 | 0 | 0 | 0 |
| 15-Nov-05 | 51,0 | 0 | 0 | 0 |
| 17-Jan-06 | 55,0 | 0,98 | 0 | 0 |
| 21-Mrz-06 | 59,00 | 0 | 0,012 | 0 |
| 16-Mai-06 | 51,00 | 0 | 0 | 0 |

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Tabellarische Darstellung GK 11, GK 12, GK 18,
GK 32 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | |
|-------------|------------------------|
| M 1 : -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 3 |
| Bearb.: ksm | Datum 13.07.2006 |

Ehem. Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Grundwasseranalysen aus den Meßstellen GK 11, GK 12, GK 18, GK 32, B28

| GK 32 Datum der Entnahme | NH4 mg/l | Summe BTEX µg/l | Summe EPA-PAK o.N. µg/l | Naphthalin µg/l |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| 5-Nov-96 | 32,8 | 63,0 | 0,74 | 0,28 |
| 10-Dez-96 | 14,7 | 0 | 0,12 | 0 |
| 22-Apr-97 | 49,2 | 194,0 | 0,42 | 1,40 |
| 22-Apr-97 | 33,7 | 84,6 | 0,33 | 0,63 |
| 30-Jun-97 | 19,9 | 20,0 | 0,40 | 0 |
| 30-Jun-97 | 20,0 | 20,0 | 0,30 | 0 |
| 26-Aug-97 | 22,9 | 45,0 | 0,08 | 0 |
| 14-Okt-97 | 41,7 | 99,0 | 0,41 | 0,34 |
| 16-Dez-97 | 45,4 | 91,0 | 1,51 | 0,23 |
| 15-Feb-98 | 44,8 | 0 | 0,02 | 0 |
| 6-Mai-98 | 35,7 | 50,0 | 0,02 | 0 |
| 13-Jul-98 | 58,4 | 101,2 | 0,35 | 0 |
| 26-Aug-98 | 74,0 | 140,0 | 0 | 0 |
| 27-Okt-98 | 62,7 | 120,0 | 0,75 | 0 |
| 26-Jan-99 | 47,7 | 54,0 | 0,75 | 0 |
| 16-Mrz-99 | 19,5 | 3,3 | 0,01 | 0 |
| 26-Mai-99 | 17,3 | 0,9 | 0,22 | 0 |
| 27-Jul-99 | 21,4 | 4,9 | 0 | 0 |
| 15-Sep-99 | 37,8 | 57,0 | 0,28 | 0 |
| 23-Nov-99 | 45,9 | 0,5 | 0,47 | 0 |
| 18-Jan-00 | 34,0 | 6,0 | 0,24 | 0 |
| 13-Apr-00 | 30,0 | 1,1 | 0 | 0 |
| 23-Mai-00 | 40,0 | 13,0 | 0 | 0 |
| 18-Jul-00 | 39,0 | 8,2 | 0 | 0 |
| 19-Sep-00 | 32,0 | 25,0 | 0,23 | 0 |
| 22-Nov-00 | 62,0 | 41,3 | 0,33 | 0 |
| 23-Jan-01 | 62,0 | 37,0 | 0,45 | 0 |
| 20-Mrz-01 | 34,0 | 2,8 | 0,25 | 0 |
| 22-Mai-01 | 28,0 | 5,8 | 0,02 | 0 |
| 22-Mai-01 | 28,0 | 5,8 | 0,02 | 0 |
| 17-Jul-01 | 40,0 | 12,0 | 0 | 0 |
| 18-Sep-01 | 43,0 | 15,0 | 0,02 | 0 |
| 20-Nov-01 | 48,0 | 17,0 | 0,01 | 0 |
| 22-Jan-02 | 65,0 | 45,0 | 0,42 | 0 |
| 19-Mrz-02 | 42,0 | 5,6 | 0,01 | 0 |
| 15-Mai-02 | 46,0 | 4,2 | 0,09 | 0 |
| 16-Jul-02 | 68,0 | 38,0 | 0,55 | 0,01 |
| 17-Sep-02 | 78,0 | 44,3 | 0,14 | 2,4 |
| 20-Nov-02 | 37,0 | 0 | 0,20 | 0 |
| 21-Jan-03 | 43,0 | 8,4 | 0,19 | 0 |
| 13-Mrz-03 | 78,0 | 35,0 | 0,44 | 0,01 |
| 21-Mai-03 | 83,0 | 32,0 | 0,25 | 0,02 |
| 15-Jul-03 | 84,0 | 42,0 | 0,23 | 0,02 |
| 1-Okt-03 | 97,0 | 39,0 | 0,35 | 0,04 |
| 26-Nov-03 | 56,0 | 52,0 | 0,18 | 0 |
| 21-Jan-04 | 68,0 | 2,0 | 0,63 | 0 |
| 16-Mrz-04 | 86,0 | 5,8 | 0,50 | 0 |
| 18-Mai-04 | 95,0 | 3,9 | 0,71 | 0 |
| 6-Jul-04 | 77,0 | 1,3 | 1,53 | 0,03 |
| 14-Sep-04 | 106,0 | 32,0 | 0,54 | 0,03 |
| 16-Nov-04 | 98,2 | 41,6 | 0,86 | 0,03 |
| 26-Jan-05 | 108,0 | 44,0 | 0,87 | 0,04 |
| 16-Mrz-05 | 104,8 | 66,0 | 0,52 | 0,00 |
| 10-Mai-05 | 69,0 | 0,0 | 0,46 | 0,00 |
| 12-Jul-05 | 95,0 | 18,0 | 0,41 | 0,04 |
| 5-Okt-05 | 100,0 | 48,0 | 0,38 | 0,06 |
| 15-Nov-05 | 99,0 | 81,0 | 0,36 | 0,24 |
| 17-Jan-06 | 110,0 | 64,0 | 0,70 | 0,11 |
| 21-Mrz-06 | 67,00 | 0 | 1,310 | 0 |
| 16-Mai-06 | 60,00 | 0 | 0,401 | 0 |

Angabe "0" bedeutet kleiner Bestimmungsgrenze (BG)

BG Naphthalin = 0,01µg/l

BG Einzelsubstanzen PAK = 0,1µg/l

BG Einzelsubstanzen BTEX = 0,2-0,5µg/l

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**

Tabellarische Darstellung GK 11, GK 12, GK 18,
GK 32 und B 28



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| M 1 : | -- | Proj.-Nr. 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 4 |
| Bearb.: | ksm | Datum 13.07.2006 |

**zu Kapitel 10
existieren keine Anlagen**

**zu Kapitel 11
existieren keine Anlagen**

Zeitplan und Kostenschätzung

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Zeitplan und Kostenschätzung

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 12 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Kostenschätzung

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Kostenschätzung

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 12.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

KOSTENSCHÄTZUNG

| I. Investitionskosten | Bereiche B, D1, D2, E, G (Teil 1+ 2) | Bereiche B, D2, G (Teil 2) |
|---|--|----------------------------------|
| I.1 Planung, Bauüberwachung | 175.112 | 70.000 |
| Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung | | |
| I.2 Brunnen- und Rohrleitungsbau | 1.005.725 | 603.225 |
| Brunnenbau | | |
| Bau von Entnahmebrunnen | 100.005 | 80.005 |
| Umbau zu Entnahmebrunnen | 52.505 | 31.505 |
| Bau von Infiltrationsbrunnen, tief, 400mm | 225.009 | 100.009 |
| Bau von Infiltrationsbrunnen, flach, 300mm | 87.505 | 17.505 |
| Umbau zu Infiltrationsbrunnen | 65.013 | 60.013 |
| Rohrleitungsbau | | |
| Einbau von Kabelzugsschächten | 62.062 | 37.062 |
| Verlegung von 2 Leerrohren (für Elektrokabel+Steuerung) | 76.380 | 55.380 |
| Liefern und Einziehen von Elektro- und Steuerungsleitungen | 138.630 | 96.630 |
| Liefern und Verlegung von Rohrleitungen für Wasser | 229.140 | 155.640 |
| I.3 Wasserreinigungsanlage | 589.200 | 236.000 |
| Erweiterung der Wasserreinigungsanlage (inkl. Analytik Inbetriebnahme, Kontrollbeprobungen im 1. Jahr) | 509.200 | 236.000 |
| Summe Investitionskosten [€, netto] | 1.770.037 | 909.225 |
| II. Jährliche Betriebskosten | | |
| II.1 Chemische Analytik | 23.800 | 11.600 |
| Kontrollbeprobungen | 21.302 | 11.600 |
| Monitoring | 2.502 | |
| II.2 Betrieb der Sanierung | 271.232 | 117.550 |
| Personal (siehe Sanierungsplan Teil 1) | 28.001 | 0 |
| Aktivkohlewechsel | 42.600 | 24.200 |
| Reparatur (nur Materialkosten) | 42.933 | 20.700 |
| Regenerierung von Brunnen | 51.250 | 28.750 |
| Kosten H ₂ O ₂ , Phosphat | 22.642 | 9.500 |
| Energiekosten | 21.000 | 6.000 |
| Schlamm Entsorgung | 14.002 | 8.000 |
| Chemische Analytik (Eigenüberwachung) | 24.802 | 12.400 |
| Dokumentation | 24.002 | 8.000 |
| II.3 Ingenieurleistungen (2 Tage pro Monat, 480 €/d) | 34.602 | 11.500 |
| Summe Betriebskosten [€, netto] | 329.634 | 140.650 |

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Kostenschätzung

| | | | |
|---------|-----|------------|-------------|
| M 1 : | -- | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: | ew | Anl.-Nr. | 12.1 |
| Bearb.: | ksm | Datum | 13.07.2006 |

Zeitplan

**Sanierung ehem.
Gaswerk Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan (Bereiche B, D2, G)**



ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Zeitplan

| | | |
|-------------|------------|-------------|
| M 1 : | Auftr.-Nr. | 1312.532.10 |
| Gez.: ew | Anl.-Nr. | 12.2 |
| Bearb.: ksm | Datum | 13.07.2006 |

Zeitplan - Sanierung der Teilbereiche B, D2 und G

| Jahr | | 2006 | | | | 2007 | | | | | | | | 2008 | | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
|---|---|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--|--|------|--|--|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Nr. (s. Kap. 8.7) | Maßnahme | 3. Qtl. | 4.Qtl. | 1. Qtl. | 2. Qtl. | 3. Qtl. | 4. Qtl. | 1. Qtl. | 2.Qtl. | 3.Qtl. | 4.Qtl. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Einreichen Sanierungsplan Teil 1 bei Stadt Mannheim / RP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Erteilung der Verbindlichkeitserklärung zur Sanierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ausführungsplanung, Erstellen und Verschicken der Ausschreibungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Brunnenbau, Anlagenbau | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Angebotserstellung durch Bieter, Auswertung der Angebote | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Auftragsvergabe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Stufe 1: Bau der Basis-Sanierungseinrichtung, Brunnen- und Anlagenbau | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Inbetriebnahme erweiterte Wasserreinigungsanlage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Sanierungsbetrieb Stufe 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Planungsphase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bauphase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.-3. Betriebsjahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angabe der geschätzten Kosten in TEUR, netto inkl. für die ersten 3 Betriebsjahre | | 42 | | | | 919 | | | | | | | | 108 | | | | jedes weitere Betriebsjahr: 137 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |