

Ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Sanierungsplan Teil 1 Bereiche D1 und E

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,

07. Mai 2004

Ansprechpartner:

Kerstin Schmidt

ke.schmidt@arcadis.de

Projekt:

Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg

Unser Zeichen:

ksm-322 532 10

Sanierungsplan:

Sanierungsbereiche D1 und E

Telefon-Durchwahl:

27

Telefax-Durchwahl:

80

Auftraggeber:

MVV RHE, Mannheim

Geschäftsführer:

Erhard Robold (Vorsitzender)

Dr. Helmut Dörr

Adam Mahr

Dr. Michael Neumann

Amtsgericht Darmstadt

HRB 6256

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	Vorgang, Veranlassung 10
2	Verwendete Unterlagen 12
3	Standortverhältnisse 15
3.1	Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse 15
3.2	Bestehende und planungsrechtlich zulässige Nutzung 16
3.3	Untergrundaufbau 17
3.4	Grundwasserverhältnisse 18
4	Gefahrenlage 19
4.1	Ursache der Belastung 19
4.2	Darstellung Bodenbelastung 21
4.2.1	Allgemeines 21
4.2.2	Sanierungsbereich D1 21
4.2.3	Sanierungsbereich E 22
4.3	Darstellung Grundwasserbelastung 23
4.3.1	Allgemeines 23
4.3.2	Sanierungsbereich D1 24
4.3.3	Sanierungsbereich E 26
4.4	Betroffene Wirkungspfade 27
4.4.1	Wirkungspfad Boden-Mensch 27
4.4.2	Wirkungspfad Boden-Grundwasser 28
5	Sanierungsziele und Sanierungsbereiche 28
5.1	Festlegung der Sanierungsziele 28
5.2	Festlegung der Sanierungsbereiche 29
6	Bisher getroffene behördliche Entscheidungen 32
7	Sanierungsvoruntersuchungen 34
7.1	Übersicht über Voruntersuchungen 34
7.2	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen 35
7.3	Optimierungen für die in-situ und on-site Sanierung 36
8	Vorgesehenes Sanierungsverfahren 38
8.1	Allgemeine Verfahrensbeschreibung 38
8.2	Grundwassermodell 39
8.3	Unterirdische Teilaufbereitung 40
8.3.1	Allgemeines 40
8.3.2	Spülkreisläufe in den Sanierungsbereichen D1 und E 41
8.4	Nährstoffinfiltration 48
8.5	Oberirdische Wasserreinigung 50
8.5.1	Allgemeines 50

8.5.2	Basisdaten	50
8.5.3	Verfahrensbeschreibung	52
8.6	Nachweis der Eignung des Verfahrens	54
8.7	Sanierungsablauf	57
9	Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs	60
9.1	Inbetriebnahme	60
9.2	Routinebetrieb	61
9.3	Monitoring an der Gaswerksgrenze	63
10	Nachweis des Sanierungserfolgs	64
11	Kostenschätzung und Zeitplan	67
11.1	Kostenschätzung	67
11.1.1	Sanierungsbereich D1	67
11.1.2	Sanierungsbereich E	72
11.1.3	Zusammenfassung der geschätzten Kosten	74
11.2	Zeitplan	77
12	Zusammenfassung	78
12.1	Vorgang, Veranlassung	78
12.2	Standortverhältnisse	79
12.3	Geologische/Hydrogeologische Verhältnisse	79
12.4	Ursache der Belastung	80
12.5	Darstellung Bodenbelastung	81
12.6	Darstellung Grundwasserbelastung	81
12.7	Betroffene Wirkungspfade	82
12.8	Sanierungsziele und Sanierungsbereiche	83
12.9	Bisher getroffene behördliche Entscheidungen	83
12.10	Ergebnisse der Sanierungsvoruntersuchungen	84
12.11	Vorgesehenes Sanierungsverfahren	85
12.12	Nährstoffinfiltration	86
12.13	Oberirdische Wasseraufbereitung	87
12.14	Nachweis der Eignung des Verfahrens	88
12.15	Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs	88
12.16	Nachweis des Sanierungserfolgs	89
12.17	Kostenschätzung	89
12.18	Zeitplan	90

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)	40
Tabelle 3: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich D1 (Grundvariante)	43
Tabelle 4: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)	43
Tabelle 5: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich E (Grundvariante)	45
Tabelle 6: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)	45
Tabelle 7: Entnahme- und Infiltrationsmengen für Variante A und Variante B	47
Tabelle 8: Zu- und Ablaufkonzentrationen der Grundwasserreinigungsanlage	51
Tabelle 9: Sanierungsablauf	58
Tabelle 10: E_{\max} -W-Werte	66
Tabelle 11: Zu beprobenden Messstellen zum Nachweis des Sanierungserfolgs (Emissionsbedingungen im OGWL)	66
Tabelle 12: Kosten H_2O_2 und Phosphorsäure pro Jahr	71
Tabelle 13: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsbereich D1 (1.-3. Betriebsjahr)	75
Tabelle 14: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsbereich E (1.-3. Betriebsjahr)	76
Tabelle 15: Prognostizierte Schadstoffabreinigung	78

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 Freizeithelm

Anlage 3.3.3 Höhenlage des Oberen Zwischenhorizontes

Zu Kapitel 4:

Anlage 4: Gefahrenlage

Anlage 4.1 Geländeschnitte mit Schadstoffverteilung im Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW) in den Sanierungsbereichen D1 und E

Anlage 4.1.1 Lageplan mit Schnittführung

Anlage 4.1.2 Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1
PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.2.1 Schnitt D1-D2

Anlage 4.1.2.2 Schnitt D3-D4

Anlage 4.1.2.3 Schnitt D5-D6

Anlage 4.1.2.4 Schnitt D7-D8

Anlage 4.1.2.5 Schnitt D9-D10

Anlage 4.1.3 Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1 –
AKW (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.3.1 Schnitt D1-D2

Anlage 4.1.3.2 Schnitt D3-D4

Anlage 4.1.3.3 Schnitt D5-D6

Anlage 4.1.3.4 Schnitt D7-D8

Anlage 4.1.3.5 Schnitt D9-D10

Anlage 4.1.4 Geländeschnitte im Sanierungsbereich E
PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.4.1 Schnitt E1-E2

Anlage 4.1.4.2 Schnitt E3-E4

Anlage 4.1.4.3 Schnitt E5-E6

Anlage 4.1.4.4 Schnitt E7-E8

Anlage 4.1.4.5 Schnitt E9-E10

Anlage 4.1.4.6 Schnitt E11-E12

Anlage 4.1.5 Geländeschnitte im Sanierungsbereich E
AKW (Brutto und Eluat)

Anlage 4.1.5.1 Schnitt E1-E2

Anlage 4.1.5.2 Schnitt E3-E4

Anlage 4.1.5.3 Schnitt E5-E6

Anlage 4.1.5.4 Schnitt E7-E8

Anlage 4.1.5.5 Schnitt E9-E10

Anlage 4.1.5.6 Schnitt E11-E12

Anlage 4.2 Grundwasserkonzentrationen

Anlage 4.2.1 Flächige Schadstoffverteilung
dargestellt in Anlage 5.1.1 – 5.1.4

Anlage 4.2.2 Vertikale Schadstoffverteilung

Anlage 4.2.2.1 EPA-PAK o. Naphthalin

Anlage 4.2.2.2 Naphthalin

Anlage 4.2.2.3 BTEX

Anlage 4.2.2.4 Benzol

Anlage 4.2.2.5 Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse (tiefenzonierte
Probennahme)

Anlage 4.2.3 Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

Anlage 4.2.3.1 Bereich D1 (GK1, GK10)

Anlage 4.2.3.2 Bereich E (GWM-E1 bis GWM-E6)

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 8.2 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 Lage der Horizontalinfiltrationen

- Anlage 8.4 Informationsmaterial zu Horizontalbohrverfahren, Bohrsuspension Xanthan, DRAUSY-Schläuchen

- Anlage 8.5 Grundwasserreinigungsanlage (Grundfließbild)

Zu Kapitel 9:

- Anlage 9: Eigenkontrollmaßnahmen 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 Analysenergebnisse 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 12.1.1 Sanierungsbereich D1

Anlage 12.1.2 Sanierungsbereich E

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 Beweismiveau 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 Beweismiveau 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

verfaßt wurde. Für die weiteren Bereiche B, D2, G und I erfolgen derzeit noch Sanierungsvoruntersuchungen. Der Sanierungsplan für diese Bereiche wird in einem 2. Teil nachgereicht.

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 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 2003
- [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 Gaswerksgebietes, 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, Entwurf 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

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 Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft MVV. Die Eigentumsverhältnisse sind in Anlage 3.1.4 dargestellt.

Genutzt wird das Gelände von den Töchtern der MVV Energie, der

- MVV RHE und der
- MVV Verkehr.

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.

Im nördlichen Bereich betreibt die MVV Verkehr ein Straßenbahndepot mit entsprechenden Wartungsgebäuden und Lagerflächen.

Der östliche Bereich des ehemaligen Gaswerksgeländes wird durch die DaimlerChrysler AG überwiegend als Kfz-Parkplatz für Firmenangehörige genutzt. Dieser Bereich befindet sich im Besitz der Firma EvoBus GmbH. Das im Osten angrenzende Grundstück südlich der Hafenbahnstraße ist im Besitz der Autorecycling und Abschleppdienst GmbH.

Im Südosten grenzt an das ehemalige Gaswerksgelände die Justizvollzugsanstalt an, der südliche Teil 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 im Südwesten durch die Waldhofstraße und im Nordwesten durch die Akazienstraße abgeschlossen. Auf dem Gelände der MVV angrenzend an die Waldhofstraße befinden sich insgesamt 6 Gebäudeeinheiten, die als Wohnungen genutzt werden.

Speziell in den beiden Sanierungsbereichen D1 und E, für die mit diesem Bericht die Sanierungsplanung vorgelegt wird, sieht die derzeitige Nutzung wie folgt aus:

Bereich D1

Der Bereich D1 umfaßt von West nach Ost den Bereich der Zufahrtsstraße am Pfortner (zur Tankstelle), das Freizeitheim, ein Parkplatz, die öffentliche Tankstelle mit Waschplätzen und eine weitere asphaltierte Fläche. Die Größe dieses Bereichs beträgt rd. 14.000m².

Bereich E

Der Bereich E umfaßt von West nach Ost ein Betriebsgebäude der MVV, 2 Lagerflächen (unbefestigt), wobei sich auf einer Fläche die Wasseraufbereitungsanlage für die Abstromsicherung am Freizeitheim befindet. Weiterhin schließt sich die Gärtnerei der MVV mit einem Lagerraum an, ein Teilbereich des Maschinenhauses, ein Lagertank und ein alter Kamin. Die Größe dieses Bereichs beträgt rd. 12.300m².

3.2 Bestehende und planungsrechtlich zulässige Nutzung

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

3.3 Untergrunderbau

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 Osten nach Westen von 36 m u. GOK, d.h. 58 m ü. NN auf 26 m u. GOK, d.h. 68m ü.NN, ansteigt (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 $k_f \sim 5,6 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
- 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.

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 D1:

Im Bereich D1 befinden sich z.T. unterhalb des Freizeitheims die ehemaligen Ammoniakwassergruben. Um zu klären, ob sich in der Grube noch flüssige Rückstände befinden, ist eine Bohrung im Keller des Freizeitheims direkt in die Ammoniakwassergruben geplant, deren Lage nach dem nächsten Hochwasserstand des Rheins festgelegt und anschließend durchgeführt werden soll. Sollten hieraus weitere Erkenntnisse im Hinblick auf die geplante Sanierung in diesem Bereich erforderlich werden, so wird dies nachgereicht.

Weiterhin befinden sich östlich des Freizeitheimes die ehemalige Teergrube/Benzolbehältergrube, deren Inhalt 2002 entfernt wurden. Unmittelbar östlich der beiden Brunnen VB4 und VB5 befand sich eine Ammoniakwassergrube, eine Teerleitung, eine weitere ehem. Teergrube sowie die Teerfüllstation. Der Inhalt dieser Teergrube wurde 1985/86 entfernt.

Ehemalige Produktionsanlagen im Bereich E:

Im Bereich E lag westlich der GWM-E3 die ehem. Ammoniak- und Benzolwaschanlage, östlich dieser Messstelle die ehem. Waschölregeneration und Teerdestillation sowie eine Sickergrube.

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 (Konzentrationsangaben sind gerundet) in den beiden Sanierungsbereichen D1 und E erläutert.

Die dargestellte Bodenbelastung bezieht sich auf die Schadstoffe EPA-PAK ohne Naphthalin (o.N.) und auf AKW. Alle vorhandenen Analysenergebnisse (bezogen auf EPA-PAK o.N. und AKW) des Bodens sind in den Geländeschnitten in Anlage 4.1 dargestellt.

Die Analysenergebnisse resultieren aus allen bisher durchgeführten Bodenaufschlüssen seit den 80iger Jahren bis zu den im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen 2002 errichteten Grundwassermessstellen.

4.2.2 Sanierungsbereich D1

Die vorliegenden Analysenergebnisse des Bodens zeigen, dass sich die Bodenbelastungen (nachfolgend angegeben als: Originalsubstanz [mg/kg] / Eluat (DEV-S4) [$\mu\text{g/l}$]) räumlich von der GK35 im Westen bis zur RKS22 im Osten und von der RKS11 im Norden bis zur RKS12 im Süden erstrecken.

Aus der Auffüllung liegen einzelne Ergebnisse vor (EPA-PAK o. N. max. 30mg/kg, AKW max. 2.200mg/kg). Die Belastung der Schluffschicht, die mit Ausnahme des Bereichs der ehem. Teergrube, RKS15 und RKS16 nicht durchgängig ausgebildet ist, liegt bei EPA-PAK o.N. bei max. 270mg/kg / 40 $\mu\text{g/l}$, bei AKW max. 220mg/kg / 4.400 $\mu\text{g/l}$ (RKS16).

Bohrungen bis zum OZH mit Bodenanalysen aus verschiedenen Tiefenbereichen liegen im Bereich der Teergrube vor, d.h. die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf diesen Bereich, der die Hauptbelastung aufweist. Es zeigt sich, dass bis etwa 9m u. GOK hohe Belastungen auftreten (EPA-PAK o.N. bis max. 670mg/kg / 1.400 $\mu\text{g/l}$, AKW bis max. 18.400mg/kg / 4.900 $\mu\text{g/l}$), in den darunterliegenden Tiefenbereichen nehmen die Konzentrationen ab um im Bereich 13-

17m nochmals anzusteigen (EPA-PAK o.N. bis max. 1.100mg/kg / 420µg/l, AKW bis max. 500mg/kg / 110µg/l). Dort ist der Übergangsbereich zwischen Kies/Sand- und Feinsand-Aquifer. Im Feinsand-Aquifer finden sich Konzentrationen von weniger als 31mg/kg / 0,34µg/l EPA-PAK o.N. und 11mg/kg AKW. In den obersten 60cm des OZH im Bereich der Teergrube wurden Konzentrationen von 1,3mg/kg EPA-PAK o.N. und 2,7mg/kg AKW angetroffen.

Die Geländeschnitte für den Bereich D1 sind in den Anlagen 4.1.2 und 4.1.3 dargestellt.

4.2.3 Sanierungsbereich E

Die vorliegenden Analysenergebnisse des Bodens zeigen, dass sich die Bodenbelastung räumlich von der GWM-E6 im Westen bis zur RKS1 im Osten und von der GWM-E3 im Norden bis zur GWM-E4 im Süden erstrecken.

Die Auffüllung zeigt Konzentrationen von EPA-PAK o. N. bis max. 25.500mg/kg und 1.300µg/l, AKW max. 700mg/kg und 3.600µg/l. Die darunter anstehende Schluffschicht ist bis auf den Bereich der GWM-E2 durchgängig ausgebildet und zeigt Konzentrationen von EPA-PAK o.N. bis 9.200mg/kg / 2.100µg/l, bei AKW bis 480mg/kg / 6.100µg/l.

Hohe Schadstoffkonzentrationen liegen auch im darunter befindlichen Kies-Sand-Aquifer bis zu einer Tiefe von rd. 9m u. GOK vor (EPA-PAK o.N. bis zu 5.600mg/kg / 1.500µg/l und AKW bis zu 75mg/kg / 3.000µg/l).

Darunter nehmen die Konzentrationen von 170mg/kg EPA-PAK o.N. und 43mg/kg AKW zur Tiefe hin stetig ab. Die höchsten Konzentrationen in der Feinsandschicht liegen im Bereich um 60 mg/kg EPA-PAK, bei den meisten Aufschlüssen sind dort keine Schadstoffe nachweisbar. Im OZH bzw. in den darüberliegenden Schluffschicht wurden keine EPA-PAK und max. 4,7mg/kg AKW nachgewiesen.

Die Geländeschnitte für den Bereich E sind in den Anlagen 4.1.4 und 4.1.5 beigelegt.

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 beiden Sanierungsbereichen D1 und E hinsichtlich ihrer flächigen und vertikalen Verteilung erläutert. Außerdem wird die Zusammensetzung der EPA-PAK und der AKW dargestellt.

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 aromatische Verbindungen mit einer OH-Gruppe nachgewiesen werden. Bei diesen Verbindungen, die teilweise einen hohen Phenolindex verursachen, 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 4.2.2.5 und in den Anlagen 4.2.3.1 und 4.2.3.2 mitaufgeführt.

Eine flächendeckende Darstellung der Grundwassersituation ist in den Plänen aus den Anlagen 5.1.1 bis 5.1.4 dargestellt. Für diese Darstellung wurden jeweils die aktuellsten Grundwasseranalysen herangezogen:

- Der gewichtete Mittelwert aus den Ergebnissen der tiefenzonierten Beprobungen Oktober 2002 (GWM-E1 bis GWM-E6)
- Ergebnisse der Nullbeprobung der Abstromsicherung (November 2002)
- Beprobungsrunde August bzw. Februar 1998
- Abstrommessenstellen: Mittelwert von Januar 2001-2003 aus den Ergebnissen der 2-monatigen Beprobungen

Die vertikale Schadstoffverteilung ist in Anlage 4.2.2 dargestellt. Hierfür wurden für den Bereich E die Ergebnisse der im Rahmen der Sanierungsvoruntersuchungen 2002 durchgeführten

tiefenzonierten Beprobung verwendet. Für den Bereich D1 werden Ergebnisse aus einer tiefenzonierten Beprobung vom 16.06.1995 verwendet.

Die Zusammensetzung der Summenparameter EPA-PAK und AKW ist in Anlage 4.2.3 anhand der Ergebnisse der Beprobung im Oktober 2002 dargestellt.

4.3.2 Sanierungsbereich D1

4.3.2.1 Flächendeckende Schadstoffverteilung

Im Sanierungsbereich D1 sind im Hauptbelastungsbereich (ehem. Teergruben) Konzentrationen von bis zu 11.300µg/l BTEX, 6.800µg/l Benzol, 1.900µg/l EPA-PAK o.N. und 6.500µg/l Naphthalin festzustellen. Westlich des Freizeitheimes (GK35) in Grundwasserfließrichtung nehmen die Grundwasserkonzentrationen auf 1.400µg/l BTEX und 1.200µg/l Naphthalin ab, Benzol und EPA-PAK o.N. liegen im Bereich 300µg/l.

Östlich der Teergrube, d.h. im Zustrombereich zur Grube bei den Brunnen VB4 und VB5 liegen die Konzentrationen für EPA-PAK o.N. bei max. 280µg/l, die anderen Parameter liegen unterhalb 6µg/l.

4.3.2.2 Vertikale Schadstoffverteilung

Im Sanierungsbereich D1 liegen Ergebnisse aus tiefenzonierten Beprobungen an den Messstellen GK1 und GK10 vor.

Sehr hohe und mit der Tiefe zunehmende Konzentrationen von **BTEX** und **Benzol** sind an der GK10 im nördlichen Sanierungs-Randbereich oberhalb der ehemaligen Teergruben vorhanden. Die Konzentrationen steigen um das 8-fache aus dem Probennahmebereich 10 m u. GOK bis zu 32,5 m u. GOK auf etwa 7.070µg/l, die Benzolkonzentrationen steigen ebenfalls um das 8 fache auf 6.350µg/l. Geringere Schadstoffkonzentrationen sind an der GK1 festzustellen, hier liegen

die maximalen Konzentrationen in 30 m Tiefe bei etwa 650µg/l BTEX und 14µg/l Benzol. Die geringsten BTEX-Konzentrationen sind in 20m Tiefe mit 270µg/l festzustellen.

Bei den **EPA-PAK o.N.** sind im Gegensatz zu den BTEX an der GK1 die höheren Konzentrationen im Bereich 1.000 bis 1.600µg/l festzustellen, wobei sich die höchsten Konzentrationen im mittleren Probennahmebereich (20m Tiefe) befinden. Bei der GK10 liegen die Konzentrationen zwischen 40 und 180µg/l, wobei hier ebenfalls im Bereich 10 bis 20m die höchsten Konzentrationen vorliegen. **Naphthalin** findet sich in der GK10 in 32,5m Tiefe mit 760µg/l (8-fach höher als in 10m Tiefe), in der GK1 liegen die höchsten Konzentrationen mit 4.050µg/l im oberen Probennahmebereich, sinken mit zunehmender Tiefe ab um in 30m Tiefe wieder auf 1.850µg/l anzusteigen.

4.3.2.3 Schadstoffspektren

Die Schadstoffspektren für **AKW** zeigen, dass die hohen BTEX-Konzentrationen, die in der GK10 gemessen wurden, zu mindestens 80% durch Benzol, untergeordnet von Toluol, Xylol und Inden verursacht wird, wobei in der größten Tiefe die höchsten Benzol-Konzentrationen festzustellen sind.

An der GK1 ist Benzol nur untergeordnet, d.h. < 1% nachweisbar, den größten Anteil bilden die Trimethylbenzole, Methylnaphthaline, sowie Inden, Indan und 1,1-Biphenyl im oberen und unteren Aquiferbereich.

Die Schadstoffspektren des Summenparameters **EPA-PAK** bei beiden Pegeln zeigen, dass sich diese hauptsächlich, d.h. zu 80-99% aus Naphthalin und Acenaphthen zusammensetzen, wobei bei beiden Pegeln im unteren Probenahmebereich in 30m Tiefe Naphthalin den größten Anteil (65-95%) ausmacht, im mittleren Probennahmebereich bei 20m Acenaphthen (ca. 60%).

4.3.3 Sanierungsbereich E

4.3.3.1 Flächendeckende Schadstoffkonzentrationen

Die Hauptbelastungen liegen im östlichen Teil dieses Sanierungsbereichs (GWM-E2) und im westlichen Teil (GWM-E5/GWM-E6) mit Konzentrationen von EPA-PAK o.N. bis zu 900µg/l, Naphthalin bis zu 160µg/l, BTEX bis zu 470µg/l und Benzol bis zu 370µg/l.

Im mittleren Teil dieses Bereichs (GWM-E3, GWM-E4) sind die Konzentrationen deutlich geringer und belaufen sich auf bis zu 150µg/l EPA-PAK o.N., Naphthalin bis zu 5µg/l, BTEX und Benzol bis zu 30µg/l.

4.3.3.2 Vertikale Schadstoffkonzentrationen

Im Sanierungsbereich E liegen Ergebnisse aus tiefenzonierten Probennahmen aus den Messstellen GWM-E1 bis GWM-E6 vor.

Die Schadstoffverteilung ist bei den Pegeln sehr unterschiedlich.

Bei den Pegeln GWM-E1 und GWM-E4 liegen in der größten Tiefe die höchsten Schadstoffkonzentrationen der Parameter **BTEX** (200-270µg/l) und **Benzol** (130-270µg/l) vor. Bei den Pegeln GWM-E2 und GWM-E5 und GWM-E6 liegen in der Tiefe von 7m bis 15m die höchsten Konzentrationen (BTEX 50-1.840µg/l, Benzol 45-1.470µg/l) vor, in der GWM-E3 wurden über den gesamten Aquifer keine BTEX nachgewiesen.

Bei den Pegeln GWM-E2 bis GWM-E5 finden sich die höchsten **EPA-PAK o.N.**-Konzentrationen bis in eine Tiefe von 11m, die Konzentrationen sinken unterschiedlich stark ab, wobei beispielsweise bei der GWM-E3 über den gesamten Aquifer Konzentrationen von 100-155µg/l zu finden sind und bei der GWM-E4 die Konzentrationen von 62 auf 1µg/l absinken. Bei der GWM-E6 ist kein Trend abzuleiten, die höchsten Konzentrationen finden sich in 7-14m Tiefe mit maximal 1.200µg/l.

Naphthalin findet sich im obersten Probennahmebereich bis 11m in den Pegeln GWM-E2 bis GWM-E6 mit maximalen Konzentrationen (6-280µg/l), in der GWM-E1 liegen im Gegensatz dazu in 32,5m Tiefe die höchsten Konzentrationen (37µg/l) vor, in den darüberliegenden Schichten sind die Werte < 1µg/l.

4.3.3.3 Schadstoffspektren

Bei den Messtellen GWM-E1, GWM-E2, GWM-E4, GWM-E5 macht **Benzol** den Hauptbestandteil (60-100%) der **BTEX** aus, wobei die höchsten Konzentrationen in den Tiefenbereichen bis 15m und ab 30m zu finden sind. Bei den anderen Pegeln GWM-E3 und GWM-E6 liegen übergeordnet Methylnaphthaline, 1,1-Biphenyl, Inden und Indan über alle Tiefenbereiche verteilt vor.

Auch in diesem Sanierungsbereich setzen sich die **EPA-PAK** hauptsächlich aus Naphthalin, Acenaphthen zusammen, neben Fluoren und Phenanthren.

Bei den Pegeln GWM-E1 und GWM-E2 ist der Hauptbestandteil Naphthalin, wobei bei erstgenanntem der Schadstoff fast ausschließlich in 32,5m und bei zweitgenanntem in 8m Tiefe zu finden ist. An den restlichen Pegeln finden sich fast über den gesamten Aquifer verteilt größere Anteile an Acenaphthen, wobei tendenziell bis 20m die höheren Konzentrationen zu finden sind.

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 Gaswerkbetrieb 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 D1 und E 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 [m^3/a]
 v_A = Abstandsgeschwindigkeit [m/a]
 n = durchflußwirksames Porenvolumen [-]
 A = durchströmte Fläche pro Stromröhre [m^2]
 c = Konzentration [$\mu g/l$]

Die durchströmte Querschnittsfläche A beträgt $1.000m^2$, 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 1 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 $A=1.000m^2$, $n=0,25$, $c_{max}=E_{max}/v_A \cdot A \cdot n$			
Parameter	E_{max}-W-Wert (VwV Orientierungswerte)	Zulässiger Durchschnittswert pro Stromröhre	Zulässiger Durchschnittswert für Gesamtbereich (10 Stromröhren)
	[g/d]	c_{max} [$\mu g/l$]	c_{max} [$\mu g/l$]
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 Abstrommessstellen, 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 2003 durchgeführten Erkundungen 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, in denen die höchsten Schadstoffkonzentrationen zu finden sind.

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:

1. 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“.
- 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
- 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 2. 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 deutlich 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. Raumluftmessung, 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.

2. 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.

3. 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).

4. 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 Februar 2003 wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- (1) Bau von 19 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 19 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 Abbauversuchen 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 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 wirt-

schaftlicher, als die Dosierung von Nitrat). Vorteil ist die gleichzeitige Reduktion des Ammoniums (ca. 25 mg/l Reduktion des Ammonium-Gehaltes).

Die Infiltration der Nährlösung-Mischung über druckhaltende Infiltrationsschläuche sollte in Form eines Pilotversuchs in einem Bereich getestet werden.

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 maximale Ausdehnung der Sanierungsbereiche wie sie in Kapitel 5.2 beschrieben ist. Die eigentliche Sanierung erfolgt stufenweise, indem im Kernsanierungsbereich begonnen und anschließend ggf. die Sanierung auf den Gesamtsanierungsbereich erweitert wird.

Es ist davon auszugehen, dass für die Bereiche D1 und E 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 stationären Grundwassermodell sichergestellt, dass auch bei schwankender bzw. wechselnder Grundwasserfließrichtung das innerhalb des Spülkreislaufs versickerte Was-

ser 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.

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 zu erweitern, um die Strömungs- und Transportvorgänge in diesem Bereich ausreichend genau zu modellieren.

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 beiden 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 D1		Sanierungsbereich E	
	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	8,3	5	7,8	7
2	11,2	3,7	12,3	6,3
3	13,7	3	16,5	10,6
4	18,4	5,7	23,3	7,1
5	25,3	2,9	27,0	4,4
6	27,5	1,6	29,8	2,3
7	29,7	1,9	32,8	1,9

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

Mit Hilfe der 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.

Prinzipiell wird (wie in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt) bei jedem Spülkreislauf rd. 2/3 der entnommenen Wassermenge wieder innerhalb des Spülkreislaufs infiltriert, wobei diesem Infiltrationswasser Nährstoffe (Nitrat ca. 100mg/l, Phosphat) und H₂O₂ (ca. 100mg/l) als Sauerstofflieferant zudosiert werden. Dadurch wird ein mikrobiologischer Teilabbau der Schadstoffe im Boden ermöglicht.

1/3 des Wassers wird außerhalb des Spülkreislaufs ohne Zugabe von Nährstoffen und H₂O₂ infiltriert. Somit wird sichergestellt, dass das im Spülkreislauf infiltrierte und mit verschiedenen Stoffen versetzte Wasser auch vollständig wieder entnommen wird.

8.3.2 Spülkreisläufe in den Sanierungsbereichen D1 und E

Gesamtsanierungsbereich D1

Der Spülkreislauf dieses Bereichs, der bereits mit dem Beginn der Abstromsicherung/Teilsanierung am Freizeitheim am 13.02.03 in Betrieb genommen wurde [U15], wurde im Rahmen des vorliegenden Sanierungsplans unter Mitberücksichtigung des Sanierungsbereichs E modifiziert (siehe Anlage 8.1.1).

Der Entnahmebrunnen GK35 bleibt bestehen, hinzu kommen als 2. und 3. Entnahmebrunnen in diesem Bereich der GK33 und der GK10. Die Brunnen GK33 und GK35 fassen das Grundwasser aus dem Hauptschadensbereich Freizeitheim und Teergrube. Die Messstellen GK33 und GK10 sollen als Entnahmebrunnen umgebaut werden.

Der Spülkreislauf am GK10 wurde eingerichtet, um das Grundwasser aus dem nordöstlichen Teil des Sanierungsbereichs vollständig zu erfassen. Dieser nordöstliche Teil weist wesentlich geringere Konzentrationen an Schadstoffen (s. Anlage 5.1) auf als der Bereich Teergrube/Freizeitheim. Im Rahmen des Betriebs muss überprüft werden, ob eine ständige Entnahme am GK10 erforderlich ist.

Die Infiltrationsbrunnen VB1-VB4, IB1 bleiben bestehen (innerhalb Spülkreislauf). Von einer Versickerung in den VB5 wird aufgrund ungünstiger Wechselwirkungen mit dem Spülkreislauf des Bereichs E abgesehen. Zusätzlich wird, zur besonderen Berücksichtigung des Bereichs der ehemaligen Teergrube am Freizeitheim [U21], ein weiterer Versickerungsbrunnen VB6 im Zustrom des südlichen Teergrubenbereichs (innerhalb Spülkreislauf) errichtet (im Zuge der Teergrubenräumung 2002 wurde festgestellt, dass im südlichen Bereich der Grube nur zu etwa 30% eine befestigte Sohle vorhanden war, dieser Bereich sollte gesondert betrachtet werden) [U19].

Zur Infiltration außerhalb des Spülkreislaufs wird der bestehende GK34 verwendet, sowie die neu zu errichtenden Versickerungsbrunnen VB7 (nordwestlich von der GK10) und VB8 (südwestlich GK33). Der VB8 wird zur Infiltration für beide Sanierungsbereiche verwendet und ist in beiden Tabellen 3 und 4 aufgeführt.

Der Grundkreislauf im Bereich D1 wird durch die in Tabelle 3 dargestellten Brunnen und Entnahmemengen realisiert (siehe Anlage 8.1.1).

Tabelle 3: Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und –mengen im Sanierungsbereich D1 (Grundvariante)

Bezeichnung	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen (*) [m³/h]	Verfiltert von bis [m u. GOK]	Ausbaudurch- messer [mm]
Innerhalb des Spülkreislaufs				
GK35*	- 5,0		6,2-17,2 ; 22,2-27,2	125
GK33*	- 3,5		6,8-17,8 ; 22,8-30,8	125
GK10*	- 5,5		5,6-33,6	300
<i>Summe</i>	- 14,0			
VB1*		+ 1,2	8-30	500
VB2*		+ 1,2	8-30	500
VB3*		+ 1,2	8-30	500
VB4*		+ 3,4	8-30	500
IB1		+ 0,0	5,5-18,6	300
VB6 (Teer- grube)		+ 2,4	bis 30m	400
<i>Summe</i>		+ 9,3		
Außerhalb des Spülkreislaufs				
GK34*		+ 1,6	6,2-17,2 ; 22,2-27,2	125
VB7		+ 1,8	bis 15m	300
VB8 (s.Tab.3)		+ 1,3	bis 15m	300
<i>Summe</i>		+ 4,7		

* bereits existierende Brunnen

(*) Mengen wurden auf eine Nachkommastelle gerundet

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe sind in Tabelle 4 dargestellt (siehe auch Anlage 8.2).

Tabelle 4: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)

	Modellschicht 1-4 (Kies/Sand-Schicht)	Modellschicht 5 (Trennschicht, gerin- ger durchlässig)	Modellschicht 6-7 (Feinsandschicht)
GK10	3-6	8-9	6-18
GK33	2-6	6-7	11-15
GK35	4-7	5-6	8-9

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 D1

Der Kernsanierungsbereich D1 besteht aus den Spülkreisläufen um den Hauptbelastungsbereich Teergruben/Ammoniakwassergruben der Entnahmebrunnen GK33 und GK35. Die Entnahmemengen betragen für die beiden Spülkreisläufe 8,5 m³/h.

Gesamtsanierungsbereich E

Für den Sanierungsbereich E wurden 4 Spülkreisläufe geplant. Jeweils 2 Spülkreisläufe werden um die Belastungszentren bei GWM-E2 und GWM-E5/GWM-E6 gelegt. Für den westlichen Spülkreislauf wird der bestehende Brunnen GWM-E6 verwendet, sowie ein neuer Entnahmebrunnen GWM-E7 errichtet. Die Infiltrationsbrunnen VB-E1 bis VB-E4 werden in der Mitte des Sanierungsbereichs senkrecht zur Grundwasserfließrichtung über die gesamte Breite des Bereichs E errichtet. Für den östlichen Spülkreislauf werden zur Entnahme die beiden im Zuge der Sanierungsvoruntersuchungen niedergebrachten Brunnen GWM-E3 und GWM-E4 verwendet, zur Infiltration werden 4 Brunnen VB-E5 – VB-E8 am östlichen Rand des Sanierungsbereichs errichtet.

Der Kreislauf im Bereich E wird durch die in Tabelle 4 dargestellten Brunnen und Entnahmemengen realisiert (siehe Anlage 8.1.1).

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

Bezeichnung	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen (*) [m³/h]	Verfiltert von bis [m u. GOK]	Ausbaudurch- messer [mm]
Innerhalb des Spülkreislaufs				
GWM-E7	- 4,7		Bis 30m	150
GWM-E6	- 4,3		Bis 30m	150
GWM-E3*	- 3,0		6-33	150
GWM-E4*	- 3,0		6-33	150
<i>Summe</i>	<i>- 15,0</i>			
VB-E1		+ 1,5	Bis 30m	400
VB-E2		+ 1,5	Bis 30m	400
VB-E3		+ 1,5	Bis 30m	400
VB-E4		+ 1,5	Bis 30m	400
VB-E5		+ 1,0	Bis 30m	400
VB-E6		+ 1,0	Bis 30m	400
VB-E7		+ 1,0	Bis 30m	400
VB-E8		+ 1,0	Bis 30m	400
<i>Summe</i>		<i>+ 10,0</i>		
Außerhalb des Spülkreislaufs				
VB8 (s.Tab. 2)		+0,9	Bis 15m	300
VB-E9		+ 2,05	Bis 15m	300
VB-E10		+ 2,05	Bis 15m	300
<i>Summe</i>		<i>+ 5,0</i>		

* bereits existierende Brunnen

(*) Mengen wurden auf eine Nachkommastelle gerundet

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe sind in Tabelle 6 dargestellt (siehe auch Anlage 8.2).

Tabelle 6: Fließzeiten in den Spülkreisläufen (in Monaten)

	Modellschicht 1-4 (Kies/Sand-Schicht)	Modellschicht 5 (Trennschicht, gerin- ger durchlässig)	Modellschicht 6-7 (Feinsandschicht)
GWM-E3	3-5	7	15-21
GWM-E4	3-6	8-9	15-21
GWM-E6	2-4	4-5	15-21
GWM-E7	6-8	rd. 14	27-36

Kernsanierungsbereich E

Der Kernsanierungsbereich E besteht aus den Spülkreisläufen um den am stärksten kontaminierten Bereich der Entnahmebrunnen GWM-E6 und GWM-E7 (die Ergebnisse der tiefenzonierten Beprobungen zeigten im Mittel bei der GWM-E6 bei AKW/EPA-PAK 5 bis 9fach höhere Grundwasserkonzentrationen als bei GWM-E3 und GWM-E4).

Die Entnahmemengen betragen für die beiden Spülkreisläufe 9 m³/h.

Als Ergebnis wurde auf der Sitzung der Bewertungskommission [U14] eine redundante Auslegung der Infiltrationsbrunnen gefordert, da es während des Pilotvorhabens [U9] durch die Infiltration von hoch konzentriertem H₂O₂ zu Infiltrationsproblemen kam. In [U18] wurde zum einen vorgeschlagen, die infiltrierte Menge an H₂O₂ 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 H₂O₂) zu beaufschlagen, damit sich die Verockerungen, die den Rückgang der Infiltrationskapazität verursacht haben können, sich wieder lösen können.

In beiden nachfolgenden Varianten A und B (Tabelle 4) 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 7: Entnahme- und Infiltrationsmengen für Variante A und Variante B

Bezeichnung	Variante A		Variante B	
	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen (*) [m³/h]	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen (*) [m³/h]
Innerhalb Spülkreislauf				
GK35*	- 5		- 5	
GK33*	- 3,5		- 3,5	
GK10*	- 5,5		- 5,5	
<i>Summe</i>	- 14,0		- 14,0	
VB1*		+ 0,0		+ 1,8
VB2*		+ 3,5		+ 0,0
VB3*		+ 0,0		+ 1,8
VB4*		+ 3,4		+ 3,4
IB1		+ 2,4		+ 0,0
VB6		+ 0,0		+ 2,4
<i>Summe</i>		+ 9,3		+ 9,3
GWM-E7	- 4,7		- 4,7	
GWM-E6	- 4,3		- 4,3	
GWM-E3*	- 3,0		- 3,0	
GWM-E4*	- 3,0		- 3,0	
<i>Summe</i>	- 15,0		- 15,0	
VB-E1		+ 0,0		+ 3,0
VB-E2		+ 3,0		+ 0,0
VB-E3		+ 0,0		+ 3,0
VB-E4		+ 3,0		+ 0,0
VB-E5		+ 0,0		+ 2,0
VB-E6		+ 2,0		+ 0,0
VB-E7		+ 0,0		+ 2,0
VB-E8		+ 2,0		+ 0,0
<i>Summe</i>		+ 10,0		+ 10,0
Außerhalb Spülkreislauf				
GK34*		+ 1,6		+ 1,6
VB7		+ 1,8		+ 1,8
VB8		+ 2,2		+ 2,2
VB-E9		+ 2,1		+ 2,1
VB-E10		+ 2,1		+ 2,1
<i>Summe</i>		+ 9,8		+ 9,8

(*) Mengen wurden auf eine Nachkommastelle gerundet

8.4 Nährstoffinfiltration

Nährstoffe und H_2O_2 werden grundsätzlich über die Infiltrationsbrunnen innerhalb der Spülkreisläufe eingebracht. D.h. in einer ersten Sanierungsstufe **Stufe 1** – Bau der Basissanierungseinrichtungen werden die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Infiltrationsbrunnen zur Nährstoff- und Sauerstoffzugabe verwendet. Nach 3 Jahren erfolgreichem Sanierungsbetrieb sollte überprüft werden, ob zusätzliche Einrichtungen zum Infiltrieren von Nährstoffen/ O_2 erforderlich werden (**Stufe 2**). Diese können entweder in Form von Vertikal- oder Horizontalbrunnen realisiert werden. Horizontalinfiltrationen haben den Vorteil, dass in einem bestimmten Tiefenbereich gezielt Nährstoffe über eine lange Strecke eingebracht werden können, auch ist ein Einbringen von Nährstoffen unterhalb von Gebäuden möglich.

Für die Stufe 2 (optional) ist folgendes Vorgehen geplant:

Für den Sanierungsbereich D1, der die höchsten Kontaminationen auf dem ehem. Gaswerks Gelände aufweist, werden 2 übereinander liegende Horizontalinfiltrationen im Abstrom der ehemaligen Teergrube (senkrecht zur Grundwasserfließrichtung) vorgesehen (siehe Anlage 8.3). Die Bohrungen sollen in rd. 18-20m und 29-30m Tiefe durchgeführt werden. Die tiefenzonierten Beprobungen zeigen, dass sehr hohe Schadstoffkonzentrationen über dem OZH gemessen wurden, auch in 20m Tiefe liegen hohe Belastungen vor. Flowmeter-Messungen an der MST1 [U5] (Lage siehe Anlage 8.3) zeigen, dass in 20m Tiefe ein sehr hoher Wasserzutritt von rd. 30% herrscht, d.h. in den Aquifer eingebrachte Nährstoffe können mit der angelegten Grundwasserströmung gut verteilt werden.

Infiltriert werden soll in den genannten Tiefenbereichen über eine Länge von rd. 65m. Für die Durchführung der Horizontalbohrung ist eine Anfahrstrecke erforderlich, um in den vorgesehenen Tiefenbereich zu kommen, sowie eine Ausfahrstrecke, um wieder auf das GOK-Niveau zu gelangen. Die An- und Ausfahrstrecke ist bei einer Bohrung in 20m Tiefe rd. doppelt so lange wie die eigentlich „nutzbare“ Strecke, d.h. bei einer Länge von 65m in einer Tiefe von 20m muß insgesamt über eine Strecke von 130m gebohrt werden (für eine Bohrstrecke in 30m Tiefe ist die An- und Ausfahrstrecke 1,4mal so lang). Informationsmaterial für die Durchführung von Horizontalbohrungen ist in Anlage 8.4 beigelegt.

Als Bohrspülung, die gleichzeitig stützende Wirkung auf das Bohrloch haben muss, sollte Xanthan-Gum oder etwas Vergleichbares verwendet werden, ein Polysaccharid, das nicht wassergefährdend (WGK1) ist (siehe Anlage 8.4).

In die Horizontalbohrung soll in einem Kunststoff-Filterrohr (Durchmesser 2 Zoll) ein druckhaltender Schlauch, z.B. ein sog. DRAUSY-Schlauch [U47] oder ein vergleichbares Produkt eingezogen werden. Dieser Schlauch ist ein flexibler, gelochter PE Schlauch, der einen Durchmesser von etwa 1 Zoll besitzt. Die Infiltrationsrate kann je nach angelegtem Druck (mittels Infiltrationspumpe) variiert werden (bis max. 25l/h und Meter). Dieser druckhaltende Schlauch garantiert über die gesamte Länge einen linearen Eintrag von Wirkstoffen. Über eine Pumpstation, an die die Schläuche angeschlossen sind, wird abgereinigtes Wasser sowie Nährstoffe und H_2O_2 infiltriert (siehe Anlage 8.4).

Die Eignung des Verfahrens soll über einen Zeitraum von einem halben Jahr getestet werden.

Vor Beginn der Infiltration von Nährstoffen über die Horizontalbohrung wird zunächst eine Nullbeprobung an den Messstellen GK1, GK6, GK14, GK33 und GK35 durchgeführt. Über tiefenzonierte Probennahmen (in 4 verschiedenen Tiefenbereichen) werden die Konzentrationen an Nitrat, Phosphat und Sauerstoff im Grundwasser ermittelt. Nach Beginn der Infiltration findet die Beprobung auf die genannten Parameter monatlich statt.

Für den Sanierungsbereich E wurde aufgrund der eher diffusen Verteilung der Schadstoffe (teilweise sind PAK über den ganzen Aquifer verteilt, die Höchstbelastungen an AKW wurden bei den verschiedenen Messstellen in unterschiedlichen Tiefenbereichen nachgewiesen) die zusätzliche Nährstoffinfiltration über Vertikalbrunnen geplant. In den Sanierungsbereichen sind innerhalb der Spülkreisläufe 3 Messstellen vorhanden (GWM-E2, GWM-E4, GK3), die für die Infiltration verwendet werden können, 2 weitere wurden geplant (VB-E11, VB-E12, Lage siehe Anlage 8.1.1). Bei der Planung wurde davon ausgegangen, dass die Nährstoffinfiltration über die druckhaltenden Schläuche realisiert werden kann, die Pegel zur Nährstoffinfiltration sollen deshalb mit einem dafür ausreichenden 2“-Durchmesser bis in eine Tiefe von rd. 30m errichtet werden.

8.5 Oberirdische Wasserreinigung

8.5.1 Allgemeines

Für die Abstromsicherung/Teilsanierung am Freizeitheim wurde eine Grundwasserreinigungsanlage [U15, U16] mit einem Durchsatz von 7,5m³/h am 13.02.03 in Betrieb genommen.

Für die Sanierung der Sanierungsbereiche D1 und E wird der Durchsatz über die Zuschaltung einer parallelen Anlagenstraße von 7,5m³/h auf 30m³/h erhöht.

8.5.2 Basisdaten

Bei der Dimensionierung der Anlage wird von folgenden in Tabelle 8 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 8: Zu- und Ablaufkonzentrationen der Grundwasserreinigungsanlage

Spülkreisläufe	Parameter	Konzentration im Zulauf [$\mu\text{g/l}$]	Max. Konzentration im Ablauf [$\mu\text{g/l}$]
Spülkreislauf D1 (GK35, GK33, GK10)	Eisen	Erwartet: 2.300 Derzeit: 1.000	250
	Mangan	Erwartet: 500 Derzeit: 130	500
	EPA-PAK o.N.	erwartet: 200 derzeit: 3.000	0,2
	BTEX	erwartet: 1.000 derzeit: 6.500 (BTEX), 8.500(AKW)	20
Spülkreislauf E West (GWM-E7, GWM-E8)	Eisen	Ca. 4.500	250
	Mangan	Ca. 500	500
	EPA-PAK o.N.	400 bis 2.000	0,2
	BTEX	100 bis 500	20
Spülkreislauf E Ost (GWM-E3, GWM-E4)	Eisen	Ca. 3.000	250
	Mangan	Ca. 600	500
	EPA-PAK o.N.	200 bis 1.000	0,2
	BTEX	300 bis 1.500	20

„derzeit“ bezieht sich auf die Entnahme an GK35 (Abstromsicherung)

„erwartet“ ursprüngliche Planung, Werte aus Grundwasseranalysen

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

Beim Bereich E wurde aus diesem Grund eine Konzentrationsspanne angegeben, die sich aus dem Mittelwert der Analysenergebnisse im Bereich der Entnahmebrunnen bis zum 5fachen dieses Wertes zusammensetzt.

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

8.5.3 Verfahrensbeschreibung

Die Wasseraufbereitungsanlage besteht aus 2 parallel geschalteten Straßen mit folgenden Anlagenkomponenten:

Straße 1:

Stripturm
Oxidator
Zwischenbehälter
Mehrschichtfilter 1+2
Aktivkohlefilter 1
Aktivkohlefilter 2 (Polizeifilter)

Straße 2:

(Stripturm – nur optional)
Oxidator
Zwischenbehälter (falls erforderlich)
Mehrschichtfilter 1
Biologische Stufe (z.B. Mehrschichtfilter, Bioaktivkohlefilter)
Aktivkohlefilter 1
Aktivkohlefilter 2 (Polizeifilter)

Im Ablauf der beiden Straßen wird in Reihe eine Nitrifikationsstufe geschaltet.

Das entnommene Grundwasser wird auf die beiden Straßen aufgeteilt, wobei das hochbelastete Wasser (GK35, GK33) über die Strippstufe (geschlossene Kreisgasführung) gefahren wird. Nach der Strippstufe wird eine Verbindung zwischen den beiden Straßen geschaltet, so dass das Wasser alternativ über Straße 1 oder 2 geleitet wird.

Für die 2. Straße wird (aufgrund der Erfahrungen aus dem Betrieb der Abstromsicherung / Teilsanierung am Freizeitheim, d.h. Straße 1) für den Fall, dass das entnommene Grundwasser deutlich höhere Schadstoffgehalte enthalten würde als aus den Grundwasserbeprobungen zu schließen ist und die hohen Schadstoffgehalte nicht wirtschaftlich über eine biologische Stufe abzu-

reinigen wären, eine Stripstufe zugeschaltet. Grundlage dieser Entscheidung ist dann eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Danach wird das Wasser in einem Oxidator belüftet. Die Luftverteilung erfolgt z.B. über das Luftverteilungssystem Typ MVV-MEMOX, wobei wahlweise Luft oder technischer Sauerstoff verwendet werden kann. Eisen und Mangan werden oxidiert.

Falls das Wasser nach dem Oxidator zu viele Luftblasen enthält, die eine gleichmäßige Verteilung des Wassers in der mikrobiologischen Stufe stören könnten, wird dem Oxidator ein Zwischenbehälter nachgeschaltet, in dem die Luftblasen ausperlen können. Danach folgt ein Mehrschichtfilter, in dem Eisen- bzw. Manganoxid abgetrennt wird. Durch Rückspülung des Mehrschichtfilters mit Stadtwasser aus einem Hydranten wird bei Bedarf das Eisen- und Manganoxid entfernt. Die erforderliche Spülluft wird über ein Spülluftgebläse erzeugt.

Anschließend wird das Wasser in eine biologische Stufe (z.B. Mehrschichtfilter oder Biokativkohlefilter mit ausreichender Verweilzeit) geleitet. Dort findet ein biologischer Abbau der Schadstoffe statt. Anschließend werden 2 Aktivkohlefilter nachgeschaltet, der 2. Aktivkohlefilter dient als Polzeifilter.

Das Rückspülwasser wird in einem Betonbecken aufgefangen. Das Klarwasser aus der Sedimentation wird entweder zurückgeführt und mit dem Rohwasser vor der Oxidationsstufe vermischt oder in den Kanal abgeschlagen. Die Eindickung des abgesetzten Schlamms erfolgt in Absetzcontainern. Entsprechend den Ergebnissen der Deklarationsanalytik werden für den Schlamm Entsorgungswege aufgezeigt und in Abstimmung mit den Behörden wird der Entsorgungsweg festgelegt.

Zusätzlich wird im Ablauf der beiden Strassen eine Nitrifikation (für einen Teilstrom, d.h. 2/3 des Anlagenablaufs) nachgeschaltet. Durch Einbringen von Sauerstoff wird das vorhandene Ammonium zu Nitrat oxidiert. Die Nitrifikationsstufe wird so eingestellt, dass Konzentrationen von bis zu 100mg/l Nitrat erreicht werden. Weiterhin wird eine Dosierstelle für H_2O_2 und Phosphat eingerichtet, wobei das Wasser mit max. 100mg/l H_2O_2 beaufschlagt wird. Dieses Wasser wird innerhalb des Spülkreislaufts infiltriert, das restliche 1/3 wird direkt in die Infiltrationsbrunnen ohne Zugaben versickert.

Ein Grundfließbild der Anlage ist in Anlage 8.5 beigelegt.

Für den Betrieb gilt grundsätzlich:

- Generell wird die Infiltration nach einem Infiltrationsstillstand schrittweise (in 3m³/h-Schritten) 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 Gaswerkstandort 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, Acenaphthen) 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 ge-

zielt 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" "Polzeifilterfunktion".

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

In Kapitel 7.1.1 wurden die Ergebnisse aus [U18] erläutert. Es wurde festgestellt, dass die Ergebnisse aus der Pilotsanierung auch auf andere Sanierungsbereiche übertragbar sind und dass ein mikrobiologischer Abbau der PAK und AKW möglich ist.

Ergebnisse Grundwassermodell

In Kapitel 8.2 wurde 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 des Gesamtgeländes zunächst mit der Einrichtung von Spülkreisläufen in den Kernsanierungsbereichen. Über die Erweiterung der Spülkreisläufe wird nach etwa 3 Betriebsjahren entschieden.

Die bestehende Teilsanierung/Abstromsicherung am Freizeitheim im Sanierungsbereich D1 bleibt bestehen bis zur Inbetriebnahme der erweiterten Wasserreinigungsanlage (siehe Pkt. 3. in Tabelle 9).

Der Sanierungsablauf für beide Sanierungsbereiche wird wie folgt durchgeführt:

Tabelle 9: Sanierungsablauf

	Maßnahmen	Dauer
1.	<p>Ausschreibung, Vergabe</p> <p>Ausführungsplanung; Erstellen, Verschicken und Auswerten der Ausschreibung zum Brunnenbau und Anlagenbau; Vergabe der Arbeiten</p>	9 Monate
2.	<p>STUFE 1: Bau der Basis-Sanierungseinrichtung (für Kernsanierungsbe- reiche)</p> <p>Bau weiterer Infiltrationsbrunnen (9 Stk.: VB6-8, VB-E1 bis VB-E4, VB- E9 bis VB-E10) und Entnahmefunnen (1 Stk.: GWM-E7), Anschlüsse, Verlegung der Leitungen zur Wasserreinigungsanlage</p> <p>Umbau von Messstellen zu Entnahme- (2 Stk.: GK33, GWM-E6) und Infiltrationsbrunnen (1 Stk.: GK34), Verlegung der Leitungen zur Was- serreinigungsanlage</p> <p>Montage der Anlagenteile für die Parallelstraße der Wasserreinigungsan- lage, Anschluß der Parallelstraße an die bestehende Straße</p> <p>Nullbeprobung Sanierungsbereich E</p>	12 Monate
3.	<p>Inbetriebnahme der Sanierungseinrichtung</p> <p>Inbetriebnahme der Spülkreisläufe und der oberirdischen Aufbereitungs- anlage: Schrittweises Anfahen aller Entnahme- und der Infiltrations- brunnen, Inbetriebnahme der Wasseraufbereitungsanlage, Ableitung des gereinigten Wassers in die Kanalisation.</p> <p>Steigerung des Anlagendurchsatzes um 3m³/h pro Woche auf die berech- neten Entnahme- und Infiltrationsmengen. Infiltration von Nährstoffen in</p>	6 Monate

	Maßnahmen	Dauer
	die bestehenden Infiltrationsbrunnen.	
4a	<p>Sanierungsbetrieb Stufe 1</p> <p>Nach 3 Jahren Sanierungsbetrieb wird über weitere Maßnahmen (Stufe 2: Nährstoffinfiltration und die Erweiterung des Spülkreislaufs auf den Gesamtsanierungsbereich) entschieden. Wird Stufe 2 durchgeführt, bzw., die Erweiterung des Spülkreislaufs so läuft der Sanierungsbetrieb während dem Bau von Brunnen, etc. weiter.</p>	3 Jahre
	<p>STUFE 2 (OPTIONAL): Erweiterte Nährstoffinfiltration, Erweiterung Spülkreisläufe</p> <p>Bau von 2 Horizontalinfiltrationen, 2 Vertikalinfiltrationen (VB-E11, VB-E12), Anschluß aller Nährstoffinfiltrationen an Pumpstation und an Wasserreinigungsanlage, Probetrieb über 0,5 Jahre (Entscheidung für die restlichen Sanierungsbereiche)</p> <p>Erweiterung des Spülkreislaufs im Kernsanierungsbereich (auf Gesamtsanierungsbereich)</p> <p>Bau weiterer Infiltrationsbrunnen (4 Stk.: VB-E5 bis VB-E8), Anschlüsse, Verlegung der Leitungen zur Wasserreinigungsanlage</p> <p>Umbau von Messstellen zu Entnahmebrunnen (2 Stk.: GWM-E3, GWM-E4), Verlegung der Leitungen zur Wasserreinigungsanlage</p> <p>Montage der Anlagenteile für die Erweiterung der Wasserreinigungsanlage auf rd. 30m³/h</p>	
4b	Sanierungsbetrieb Stufe 2	17 Jahre

	Maßnahmen	Dauer
5.	Nachweis des Sanierungserfolgs	3 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).

Da im Sanierungsbereich D1 die Abstomsicherung bereits in Betrieb genommen wurde und eine Nullbeprobung erfolgte, ist dies ausschließlich für den Sanierungsbereich E erforderlich. Auf EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW) sowie Ammonium werden folgende Messstellen beprobt:

- GWM-E3, GWM-E4, GWM-E7, GWM-E6
- GK18, VB-E10, VB-E9, VB8
- GK3, GWM-E1
- VB-E1 bis VB-E8

Nach der Durchführung der Nullbeprobung erfolgt die Inbetriebnahme. Die beiden Anlagenstraßen der Wasseraufbereitung werden parallel in Betrieb genommen.

Die Inbetriebnahmephase wird über einen Zeitraum von 6 Monaten durchgeführt.

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.

D1:

- GK35, GK33, GK10 (E)
- GK1, GK6 (Z)

E:

- GWM-E3, GWM-E4, GWM-E6, GWM-E7 (E)
- GWM-E2, GWM-E5, GK3 (Z)

An den Entnahmebrunnen (s.o.) werden zusätzlich die NH_4 -Konzentrationen bestimmt. Im Ablauf der Wasseraufbereitungsanlage und an den Entnahmebrunnen werden die Eisen- und Mangankonzentrationen ermittelt.

Als Beprobungsrhythmus wird 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 (dieser Pegel auf dem Gelände der Südkabelwerke ist seit September 2003 zugeschüttet und muß wiederhergestellt werden). Chemisch analysiert werden die Grundwasserproben auf EPA-PAK, BTEX und Ammonium. Die Ergebnisse bis September 2003 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 Messtellen (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 Freizeitheim/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_1 = 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:

$$Q_{A-SH1} = A_1 \cdot v_{A1} \cdot n_{S1}$$

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

A_1 = 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 Tabelle 10 sind die E_{\max} -W-Werte dargestellt.

Tabelle 10: 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 nachfolgend in Tabelle 11 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 11: Zu beprobenden Messstellen zum Nachweis des Sanierungserfolgs (Emissionsbedingungen im OGWL)

Sanierungsbereich	Messstelle im Zustrom	Messstelle im Abstrom
D1	VB4 VB5	GK35 GK33
E	GWM-E1 GK17	GWM-E7

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 10 eingehalten werden.

Die Überprüfung erfolgt an den in Tabelle 11 dargestellten Messstellen.

11 Kostenschätzung und Zeitplan

11.1 Kostenschätzung

11.1.1 Sanierungsbereich D1

Für die Kostenschätzung wurden folgende Maßnahmen und Mengen (siehe Anlage 12.1) angesetzt:

I. Investitionskosten

I.1 Ingenieurleistungen

Für die Planung, Ausschreibung der Arbeiten und Vergabe sowie Bauüberwachung wurden die Kosten prozentual (rd. 16%) an die Investitionskosten angeglichen. Dies gilt für die Stufe 1 und die Stufe 2.

I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen

Die Pilotversuche, Voruntersuchungen wurden bereits zum Großteil durchgeführt und sind der Vollständigkeit halber in der Kostenschätzung mitaufgeführt.

I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau

STUFE 1:

Im Zuge der geplanten Sanierung werden zum derzeitigen Bestand der Abstromsicherung (Wasseraufbereitungsanlage, Infiltrationsbrunnen VB1-VB5, Entnahmebrunnen, Rohrleitungsbau), die aus den Mitteln des Pilotvorhabens finanziert wurden, noch folgende Maßnahmen erforderlich:

- Umbau von 1 Messstelle zu Entnahmebrunnen (GK33)

- Bau von 1 Infiltrationsbrunnen innerhalb des Spülkreislaufts (VB6: Durchmesser 400mm, Tiefe 30m), Bau von 2 Infiltrationsbrunnen außerhalb des Spülkreislaufts (VB7, VB8: Durchmesser 300mm, Tiefe 15m)
- Umbau von 1 Brunnen als Infiltrationsbrunnen (GK34)
- Verlegung von Leerrohren (je 1 Stück für Steuerung und Strom) und Wasserleitungen über jeweils ca. 700m
- Herstellen von 9 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 eine Kostenschätzung einer ausführenden Firma.

STUFE 2 (nur OPTIONAL)

Bzgl. des Einbringens von Nährstoffen über Horizontalinfiltration werden folgende Investitionen benötigt:

- Durchführung von 2 Horizontalbohrungen, Einziehen der druckhaltenden Schläuche
- Errichten einer Pumpstation
- Chemische Analytik zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Systems
- Herstellen von 2 Kabelzugsschächten
- Verlegung von Leerrohren (je 1 Stück für Steuerung und Strom) und Wasserleitungen über jeweils ca. 230m

I.4 Wasserreinigungsanlage

Die Erweiterung der Wasseraufbereitungsanlage von 7,5m³/h auf 20m³/h (Sanierung Kernbereich) wurde auf rd. 180.000 € abgeschätzt und jeweils zur Hälfte auf die beiden Sanierungsbereiche verteilt. Weiterhin sind in diese Position die Kosten

- für die Inbetriebnahme der Anlage über 6 Monate miteingerechnet (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. 15.500€).

Als Gesamtsumme ergeben sich Kosten in Höhe von 220.500 €

II. Betriebskosten

Prinzipiell wurden die Betriebskosten für die Wasserreinigungsanlage aufgrund der in etwa gleichen Entnahmeraten der beiden Bereiche (D1: 8,5m³/h, E: 9m³/h) jeweils zur Hälfte auf die beiden Sanierungsbereiche verteilt.

II.1 Chemische Analytik

Diese Position beinhaltet die Beprobung/Analytik der Pegel innerhalb und z.T. außerhalb der Spülkreisläufe im Rahmen der

- Kontrollbeprobung im Routinebetrieb (siehe Anlage 9.1),
- Fremdüberwachung sowie
- die Beprobung/Analytik der Pegel an der Gaswerksgrenze im Rahmen des Monitorings an der Gaswerksgrenze (siehe Kapitel 9.3 und Anlage 9.1).

Es wurden die aktuellen Angebotspreise für die Analytik (Fremdüberwachung) für die Abstromsicherung/Teilsanierung am Freizeitheim angesetzt.

II.2 Betrieb der Sanierung

Die Betriebskosten wurden ebenfalls wie die Kosten der chemischen Analytik zu jeweils 50% auf die beiden Sanierungsbereiche verteilt.

Personalkosten:

An Personalkosten wurde für die Betreuung der Anlage insgesamt 1,5 Tage pro Woche mit einem Stundensatz von 45€ angesetzt (gesamt rd. 28.000 €).

Aktivkohlewechsel:

(a) Wasseraktivkohle

Für die Anlage werden rd. 15 m³ Aktivkohle benötigt, die pro Anlagenstraße in jeweils 2 in Reihe geschalteten Behälter eingebaut werden (d.h. 4-Aktivkohlefilter insgesamt). Für die Kostenschätzung wurde davon ausgegangen, dass 2 Behälter alle 2 Jahre, d.h. 7,5m³ Aktivkohle ausgetauscht werden. Der mikrobiologische Schadstoffabbau findet in der vorangegangenen Anlagenstufe statt.

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. Die Kosten werden jeweils zur Hälfte auf beide Sanierungsbereiche aufgeteilt.

(b) Luftaktivkohle

Luftaktivkohle befindet sich im Stripturm (2x170kg) sowie nach dem Oxidator. Bei den derzeitigen Konzentrationen im Zulauf der Anlage wird der Luftaktivkohlefilter alle 5 Wochen gewechselt, der Luftaktivkohlefilter nach dem Oxidator schätzungsweise 2x pro Jahr. Für einen Luftaktivkohleaustausch werden Kosten von 2,30 €/kg Kohle angesetzt, so dass für den Luftaktivkohlewechsel pro Jahr insgesamt 9.600 € abgeschätzt werden.

Zusammen ergeben sich für die Wasserreinigungsanlage Kosten für Aktivkohlewechsel von 13.800 €

Reparatur:

Für Reparaturkosten (Materialkosten) werden 5% der Investitionskosten der Wasserreinigungsanlage (180.000€) pro Jahr angesetzt (d.h. 4.500€), verteilt zu je 50% auf die beiden Sanierungsbereiche.

Weiterhin wird hier ebenfalls ein Austausch der Entnahmepumpen (geschätzte Anschaffungskosten je Pumpe ca. 2.300€) alle 1,5 Jahre miteingerechnet. Für den Bereich D1 werden 2 Entnahmepumpen angesetzt, für Bereich E 2 Pumpen.

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 den Bereich D1 werden 10 Brunnen angesetzt, für Bereich E 8 Brunnen.

Kosten H₂O₂, Phosphat:

Es wird bei einer Infiltrationsmenge von 12m³/h und einer 95%igen Anlagenverfügbarkeit von folgenden in Tabelle 14 dargestellten Konzentrationen und Kosten für die Infiltration pro Jahr ausgegangen:

Tabelle 12: Kosten H₂O₂ und Phosphorsäure pro Jahr

Stoff	Konzentration für die Infiltration [mg/l]	Benötigte Menge [t/a]	Kosten pro Tonne [€/t]	Kosten pro Jahr [€a]
H ₂ O ₂	100	19,5 (50%iges H ₂ O ₂)	400	7.800
Phosphat	0,2	0,6 (35%ige Phosphorsäure)	600	350
Summe				8.200

Energiekosten:

Die Energiekosten wurden entsprechend der Kostenschätzung aus dem Wasserrechtsantrag für die 4-fach größer dimensionierte Anlage hochgerechnet.

Chemische Analytik (Eigenüberwachung):

Für die Eigenüberwachung werden in der Kostenschätzung monatliche Beprobungen der Anlage angesetzt. 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 angesetzt (siehe Pkt. II.1)

Dokumentation:

Für die 4 Quartalsberichte werden jeweils 2.000€ angesetzt, für den jährlichen Sachstandbericht mit Empfehlungen für den Weiterbetrieb 8.000€

II.3 Ingenieurleistungen

Für die Betreuung der Wasseraufbereitungsanlage werden insgesamt 4 Tage pro Monat (rd. 480€/Tag) angesetzt, wobei jedem Sanierungsbereich 2 Tage zugeordnet werden. Insgesamt ergibt sich pro Jahr eine Summe von 23.100€

11.1.2 Sanierungsbereich E

I. Investitionskosten

I.1 Ingenieurleistungen

(siehe Sanierungsbereich D1)

I.2 Brunnen- und Rohrleitungsbau

STUFE 1:

Im Zuge der geplanten Sanierung werden noch folgende Maßnahmen erforderlich:

- Bau von 1 Entnahmebrunnen (GWM-E7)
- Umbau von 1 Brunnen zu Entnahmebrunnen (GWM-E6)
- Bau von 4 Infiltrationsbrunnen innerhalb des Spülkreislaufs (VB-E1 bis VB-E4: Durchmesser 400mm, Tiefe 30m), Bau von 2 Infiltrationsbrunnen außerhalb des Spülkreislaufs (VB-E9 und VB-E10: Durchmesser 300mm, Tiefe 15m)
- Verlegung von Leerrohren (je 1 Stück für Steuerung und Strom) und Wasserleitungen über jeweils ca. 1.400m
- Herstellen von 16 Kabelzugsschächten (um Entnahme- und Infiltrationsbrunnen und bei Richtungsänderung der Leitungen)

Die Kosten werden wie für Sanierungsbereich D1 beschrieben, angesetzt.

STUFE 2 (nur OPTIONAL)

Bzgl. des Einbringens von Nährstoffen über Vertikalinfiltration werden folgende Investitionen benötigt:

- Bau von 2 Pegeln zur Nährstoffinfiltration (VB-E11 und EB-E12: Durchmesser 50mm, Tiefe 30m)
- Anschluß von 3 bestehenden Pegeln an die Nährstoffinfiltration
- Einziehen der druckhaltenden Schläuche in die 5 Infiltrationspegel
- Errichten einer Pumpstation
- Herstellen von 6 Kabelzugsschächten
- Verlegung von Leerrohren (je 1 Stück für Steuerung und Strom) und Wasserleitungen über jeweils ca. 500 m

I.3 Wasserreinigungsanlage

(siehe Sanierungsbereich D1)

In diese Position ist ebenfalls die Nullbeprobung im Sanierungsbereich E miteingerechnet.

II. Betriebskosten

II.1 Chemische Analytik

(siehe Sanierungsbereich D1)

II.2 Betrieb der Sanierung

(siehe Sanierungsbereich D1)

II.3 Ingenieurleistungen

(siehe Sanierungsbereich D1)

11.1.3 Zusammenfassung der geschätzten Kosten

Die Kostenschätzungen für die beiden Kernsanierungsbereiche der Bereiche D1 und E sind in den nächsten beiden Tabellen dargestellt.

Die absoluten Kosten beinhalten auch die Kosten für die Sanierungsvoruntersuchungen, die für die beiden Bereiche beendet sind.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsbereich D1 (1.-3. Betriebsjahr)

	Sanierungsplan Stufe 1 (Stand 2004)	Sanierungsplan Stufe 2 OPTIONAL (Stand 2004)
I. Investitionskosten		
I.1 Planung, Bauüberwachung	38.440	11.512
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen*	51.100	
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau	130.000	71.950
I.4 Wasserreinigungsanlage	110.250	
Summe Pos. I	329.800	83.462
II. Betriebskosten 1.-3. Jahr		
Summe Pos. II	239.900	0
III. Unvorhergesehenes (10%)	57.000	8.300
Gesamtsumme (netto)	626.700	91.800

* Leistungen bereits erbracht

Tabelle 14: Zusammenfassung der Kostenschätzung für Sanierungsbereich E (1.-3 Betriebsjahr)

	Sanierungsplan Stufe 1 (Stand 2004)	Sanierungsplan Stufe 2 (Stand 2004)
I. Investitionskosten		
I.1 Planung, Bauüberwachung	61.672	10.800
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen*	86.900	
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau	272.500	67.500
I.4 Wasserreinigungsanlage	112.950	
Summe Pos. I	534.000	78.300
II. Betriebskosten 1.-3. Jahr		
Summe Pos. II	232.400	0
III. Unvorhergesehenes (10%)	76.600	7.800
Gesamtsumme (netto)	843.000	86.100

* Leistungen bereits erbracht

Falls eine Stripstufe (siehe Kapitel 8.5.3) aufgrund der angetroffenen Randbedingungen realisiert werden würde, würden Zusatzkosten in Höhe von 50.000€ erforderlich werden.

Die beiden vorangegangenen Tabellen zeigen, dass im Vergleich zu den Kostenschätzungen der E_{3,4} Bearbeitung im Jahr 1999 sich für die ersten 3 Betriebsjahre der Sanierung zunächst eine Kostenerhöhung für beide Sanierungsbereiche von 226.800€ (netto) ergibt, die sich durch Kosteneinsparungen in den anderen Sanierungsbereichen ausgleicht. Diese Kostenerhöhung ergibt sich durch

- jährliche Grundkosten, die auf beide Sanierungsbereiche umgelegt wurden und bei den anderen Sanierungsbereichen nicht mehr anfallen (z.B. Monitoring an der Gaswerksgrenze, Personalkosten (Kontroll- und Wartungsgänge) für Wasserreinigungsanlage, Eigenüberwachung der Wasserreinigungsanlage) bzw. in geringerem Maße anfallen werden (z.B. Reparaturen der Wasserreinigungsanlage, Energiekosten, Dokumentation, Aktivkohlewechsel).
- die Abschätzung der durchschnittlichen Betriebskosten für einen Betriebszeitraum von 20 Jahren in der E_{3,4}-Kostenschätzung von 1999. Erfahrungsgemäß sind die Kosten in den er-

sten Betriebsjahren höher bis sich der Routinebetrieb mit entsprechenden Optimierungen eingestellt hat.

11.2 Zeitplan

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

Es wird davon ausgegangen, dass die Genehmigung bis zum 3. Quartal 2004 erteilt wird, so dass die Ausführungsplanung mit der Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten bis zum 1. Quartal 2005 durchgeführt werden kann. Der anschließende Brunnen- und Anlagenbau soll Mitte 2006 beendet werden, so dass in der 2. Jahreshälfte die Inbetriebnahme der Wasserreinigungsanlage erfolgen kann. Ab 2007 beginnt der Sanierungsbetrieb.

Nach 3 Jahren Sanierungsbetrieb wird entschieden, ob die 2. Stufe (Nährstoffinfiltration) durchgeführt wird.

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 Gesamtanierung wurde eine KW-Elimination von 0,5t pro Jahr angenommen.

In Tabelle 17 ist die prognostizierte Schadstoffabreinigung nach dem 1., 2., 3. und 20. Sanierungsjahr dargestellt.

Tabelle 15: Prognostizierte Schadstoffabreinigung

Sanierungsbe- reich	Schadstoffin- ventar (vor Sa- nierungsbeginn) in gesättigter Zone [t]	Abbaurrate (t/a)	Schadstoffinventar nach [Jahre Sanierungsbetrieb]			
			1	2	3	20
D1	10	0,5	9,5	9,0	8,5	0
E	10	0,5	9,5	9,0	8,5	0

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 2026 (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 verfaßt wurde.

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 (siehe Anlagen 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3).

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 ehemaligen Produktionsanlagen im Bereich D1 befinden sich die z.T. unterhalb des Freizeitheims liegenden Ammoniakwassergruben, sowie die Teergrube/Benzolbehältergrube, weiter östlich eine Ammoniakwassergrube, eine Teerleitung, eine weitere ehem. Teergrube sowie die Teerfüllstation. Im Bereich E befanden sich die Ammoniak- und Benzolwaschanlage, sowie die ehem. Waschölregeneration und Teerdestillation sowie eine Sickergrube.

12.5 Darstellung Bodenbelastung

Es zeigt sich, dass bei beiden Sanierungsbereichen im Aquifer bis etwa 9m u. GOK hohe Belastungen auftreten (max. 5.600mg/kg PAK, 18.400mg/kg AKW). Im Sanierungsbereich D1 nehmen mit zunehmender Tiefe die Konzentrationen ab, um im Bereich 13-17m (Übergangsbereich zwischen Kies/Sand- und Feinsand-Aquifer) nochmals anzusteigen, im Sanierungsbereich E nehmen die Belastungen kontinuierlich ab.

Im unteren Aquiferbereich (Fein- Mittelsandschicht) sind teilweise EPA-PAK bzw. AKW nachweisbar, die Konzentrationen liegen unterhalb 65 mg/kg. Im Oberen Zwischenhorizont sind stellenweise wenige, d.h. <10 mg/kg EPA-PAK/AKW festzustellen.

12.6 Darstellung Grundwasserbelastung

Sanierungsbereich D1: Max. gemessene Grundwasserkonzentrationen (flächig):

- 11.300µg/l BTEX
- 6.800µg/l Benzol
- 1.900µg/l EPA-PAK o.N.
- 6.500µg/l Naphthalin

Vertikal: Die höchsten BTEX –Konzentrationen (und hohe Naphthalin-Konzentrationen) liegen in einer Tiefe von rd. 30m vor, die höchsten PAK-Konzentrationen in einer Tiefe von 20m.

Schadstoffspektren: Die BTEX setzen sich an den Messstellen unterschiedlich zusammen, teilweise überwiegt der Anteil an Benzol, teilweise der Anteil an Trimethylbenzole, Methyl-

naphthaline, sowie Inden, Indan und 1,1-Biphenyl. Die EPA-PAK setzen sich im wesentlichen aus Naphthalin und Acenaphthen zusammen.

Sanierungsbereich E: Max. gemessene Grundwasserkonzentrationen (flächig):

- 470µg/l BTEX
- 370µg/l Benzol
- 900µg/l EPA-PAK o.N.
- 160µg/l Naphthalin

Vertikal: Die höchsten BTEX –Konzentrationen liegen z.T. in 30m, z.T. in rd. 15m Tiefe vor. Die EPA-PAK verteilen sich in den einzelnen Pegeln unterschiedlich, z.T. sind sie in ähnlichen Konzentrationen über den gesamten Aquifer verteilt, z.T. finden sich die höchsten Konzentrationen in 11-14m Tiefe. Naphthalin findet sich entweder in rd. 11m oder in rd. 30m Tiefe vor.

Schadstoffspektren: Die BTEX setzen sich an den einzelnen Messstellen unterschiedlich zusammen, teilweise überwiegt der Anteil an Benzol, teilweise der Anteil an Trimethylbenzole, Methylnaphthaline, sowie Inden, Indan und 1,1-Biphenyl. Die EPA-PAK setzen sich im wesentlichen aus Naphthalin und Acenaphthen, teilweise auch aus Fluoren und Phenanthren zusammen.

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 D1 und E 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

1. 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

2. 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.

3. Wasserrechtliche Erlaubnis der Stadt Mannheim zur Teilsanierung/ Abstromsicherung im Bereich des Freizeitheimes

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

4. 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 Februar 2003 wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- (1) Bau von 19 Stk. 6“-Grundwassermessstellen bis in den Oberen Zwischenhorizont
- (2) Beprobung und chemische Analytik des Bodens
- (3) Tiefenzonierte Beprobung des Grundwassers in 19 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 H₂O₂ (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 ($100\text{mg/l H}_2\text{O}_2$) 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. Prinzipiell werden zunächst die Kernsanierungsbereiche saniert. Nach rd. 3 Jahren Betriebsphase wird aufgrund der gewonnenen Erfahrungen über eine Erweiterung der Spülkreisläufe auf den Gesamtsanierungsbereich entschieden.

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

Sanierungsbereich D1

Der Gesamtbereich wird über 3 Spülkreisläufe (Kernsanierungsbereich: 2 Spülkreisläufe) abgereinigt, d.h. im Vergleich zum jetzigen Bestand der Teilsanierung am Freizeitheim werden zusätzliche Infiltrationsbrunnen benötigt, Umrüstungen von bestehenden Messstellen sind erforderlich. Weiterhin wird, unter besonderer Berücksichtigung des Bereichs der ehemaligen Teergrube am Freizeitheim [U21], ein weiterer Versickerungsbrunnen VB6 im Zustrom der südli-

chen Teergrube errichtet. Im Gesamtsanierungsbereich D1 werden 14m³/h (Kernsanierungsbereich: 8,5m³/h) Wasser entnommen und wieder infiltriert.

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe betragen in den Schichten 1-4 zwischen 3 und 7 Monaten, in der Schicht 5 zwischen 5 und 9 Monaten und in den Schichten 6 und 7 zwischen 8 und 18 Monaten.

Sanierungsbereich E

Der Gesamtsanierungsbereich E wird über 4 Spülkreisläufe (Kernsanierungsbereich: 2 Spülkreisläufe) saniert. Es werden neue Infiltrationsbrunnen/Entnahmebrunnen benötigt, vorhandene Brunnen werden umgerüstet. Insgesamt werden 15m³/h Grundwasser entnommen (im Kernsanierungsbereich 9m³/h) und wieder infiltriert.

Die Fließzeiten innerhalb der Spülkreisläufe betragen in den Schichten 1-4 zwischen 2 und 8 Monaten in der Schicht 5 zwischen 4 und 14 Monaten in den Schichten 6 und 7 zwischen 15 und 36 Monaten. Das Grundwassermodell zeigt, dass die relevanten Bereiche gut in den einzelnen Schichten durchströmbar sind, auch der Feinsandbereich wird durchströmt.

Neben der Grundvariante für die beiden Gesamtsanierungsbereiche D1 und E (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

Nährstoffe und H₂O₂ werden grundsätzlich über die Infiltrationsbrunnen in die Spülkreisläufe eingebracht, in der sog. Stufe 1. Stellt sich nach drei Jahren Sanierungsbetrieb heraus, dass zusätzliche Einrichtungen zum Infiltrieren der o.g. Stoffe erforderlich sind, folgt die Stufe2 (optional):

Für den Sanierungsbereich D1, sind zusätzlich zu der Versickerung von Nährstoffen über die Infiltrationsbrunnen 2 Horizontalinfiltrationen in rd. 18-20m und 29-30m Tiefe vorgesehen, da dort hohe Schadstoffkonzentrationen vorzufinden sind. Die Infiltration erfolgt mittels druckhaltenden Schläuchen. Die Eignung des Verfahrens soll über einen Zeitraum von einem halben Jahr getestet werden.

Für den Sanierungsbereich E wurde aufgrund der eher diffusen Verteilung der Schadstoffe die zusätzliche Nährstoffinfiltration über Vertikalbrunnen geplant. Hierfür werden 3 bestehende Messstellen verwendet, 2 neue werden errichtet.

12.13 Oberirdische Wasseraufbereitung

Für die Abstomsicherung am Freizeitheim wurde eine Grundwasserreinigungsanlage [U15, U16] mit einem Durchsatz von 7,5m³/h am 13.02.03 in Betrieb genommen. Für die Sanierung der beiden Bereiche D1 und E wird der Durchsatz über die Zuschaltung einer parallelen Anlagenstraße von 7,5m³/h auf 30m³/h erhöht (für die Sanierung der Kernsanierungsbereiche Erhöhung der Anlagenkapazität auf 20m³/h). Die Wasseraufbereitungsanlage besteht aus folgenden Anlagenteilen:

Straße 1:

- Stripturm
- Oxidator
- Zwischenbehälter
- Mehrschichtfilter 1+2
- Aktivkohlefilter 1
- Aktivkohlefilter 2 (Polizeifilter)

Straße 2:

- Stripturm (optional)
- Oxidator
- Zwischenbehälter
- Mehrschichtfilter 1
- Biologische Stufe (z.B. Mehrschichtfilter, Bioaktivkohlefilter)
- Aktivkohlefilter 1
- Aktivkohlefilter 2 (Polizeifilter)

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 entnommenen 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 soll im Zuge der Sanierung der Bereiche D1 und E um einige Messstellen erweitert werden.

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} -Werte) in den aufgeführten Messstellen eingehalten werden.

12.17 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung des Sanierungsplans für die Sanierung der Kernsanierungsbereiche ergibt für die Investitionskosten und die ersten 3 Jahre Betriebskosten (Stufe 1) Gesamtsummen (netto) von

D1: 626.700€ abzgl. der Sanierungsvoruntersuchungen ergibt 575.600€

E: 843.000€ abzgl. der Sanierungsvoruntersuchungen ergibt 756.100€

Die Summen zeigen, dass im Vergleich zu den Kostenschätzungen der E_{3-4} Bearbeitung im Jahr 1999 sich für die ersten 3 Betriebsjahre der Sanierung zunächst eine Kostenerhöhung für beide Sanierungsbereiche von 226.800€(netto) ergibt, die sich durch Kosteneinsparungen in den anderen Sanierungsbereichen ausgleicht. Diese Kostenerhöhung ergibt sich durch

- jährliche Grundkosten, die auf beide Sanierungsbereiche umgelegt wurden und bei den anderen Sanierungsbereichen nicht mehr anfallen bzw. in geringerem Maße anfallen werden,
- die Abschätzung der durchschnittlichen Betriebskosten für einen Betriebszeitraum von 20 Jahren in der E_{3-4} -Kostenschätzung von 1999. Erfahrungsgemäß sind die Kosten in den ersten Betriebsjahren höher bis sich der Routinebetrieb mit entsprechenden Optimierungen eingestellt hat.

12.18 Zeitplan

Es wird davon ausgegangen, dass die Genehmigung bis zum 3. Quartal 2004 erteilt wird, so dass die Ausführungsplanung mit der Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten bis zum 1. Quartal 2005 durchgeführt werden kann. Der anschließende Brunnen- und Anlagenbau soll Mitte 2006 beendet werden, so dass in der 2. Jahreshälfte die Inbetriebnahme der Wasserreinigungsanlage erfolgen kann. Ab 2007 beginnt der Routinebetrieb. Nach etwa 3 Jahren wird aufgrund der gewonnenen Erfahrungen entschieden, ob die 2. Stufe (Nährstoffinfiltration) durchgeführt wird und ob die Spülkreisläufe erweitert werden sollen.

Das Sanierungsende wird derzeit für das Jahr 2026 (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 ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Standortverhältnisse

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	3
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

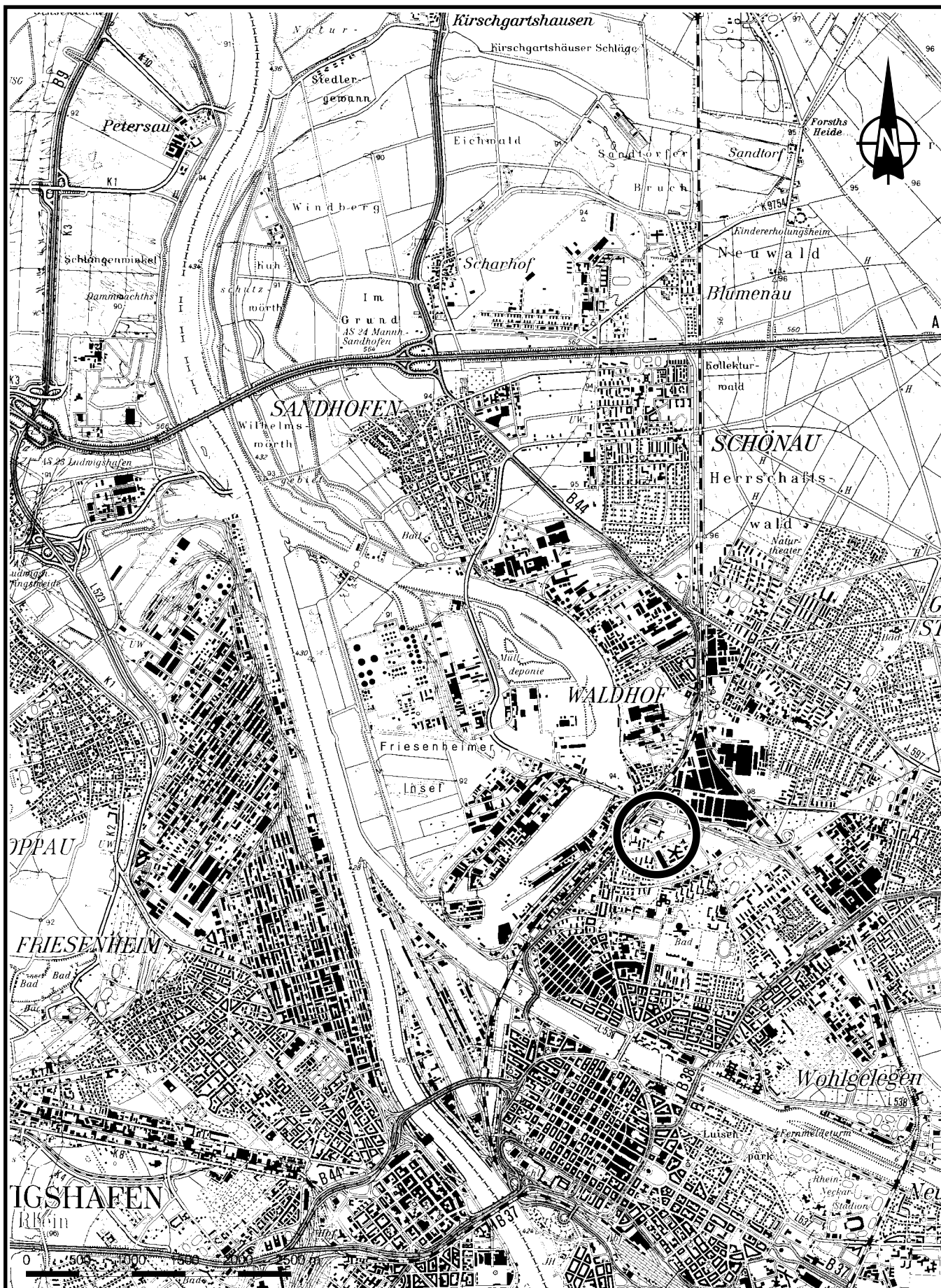
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Lage, Nutzung, Bebauung, Eigentumsverhältnisse

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	3.1
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

Übersichtslageplan



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

M :	1 : 50.000	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr. 3.1.1
Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

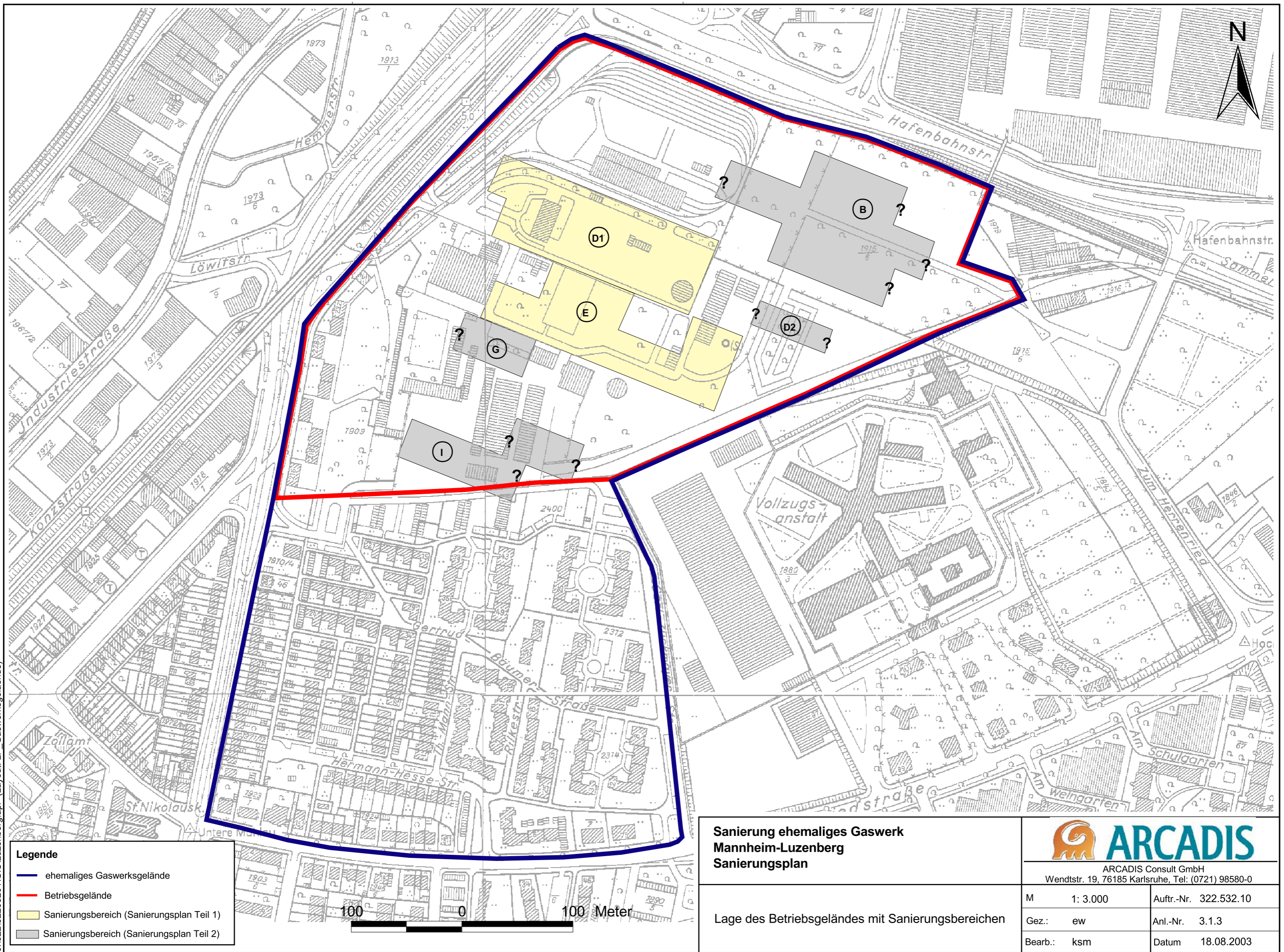
Übersichtslageplan



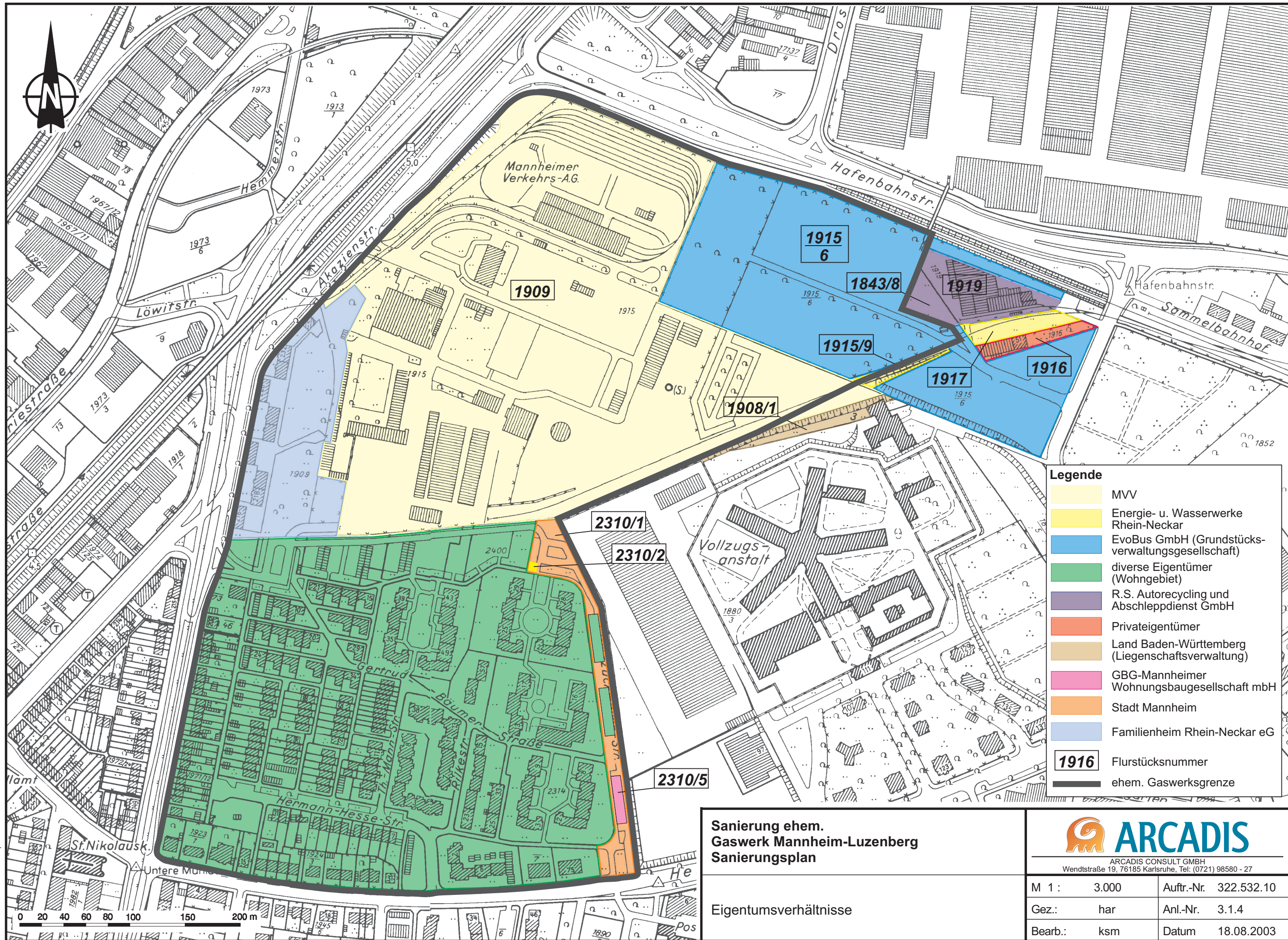
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

M :	1 : 25.000	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr. 3.1.2
Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003

J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: LP_Gaswerksgeleände)



32213225320132253210:Sanplan/corel63210-314.CDR



Nutzung des Geländes

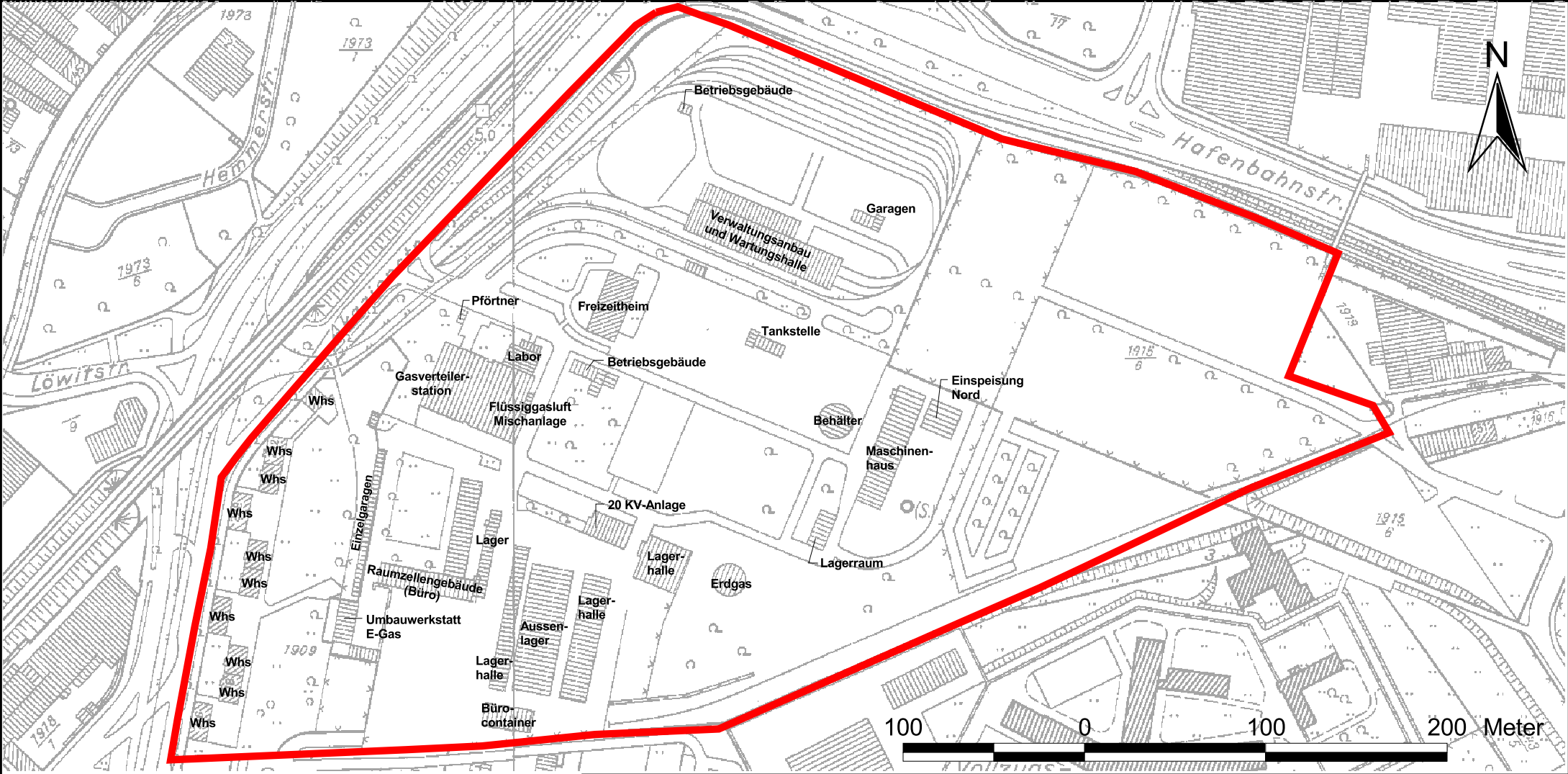
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Nutzung des Geländes

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	3.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003




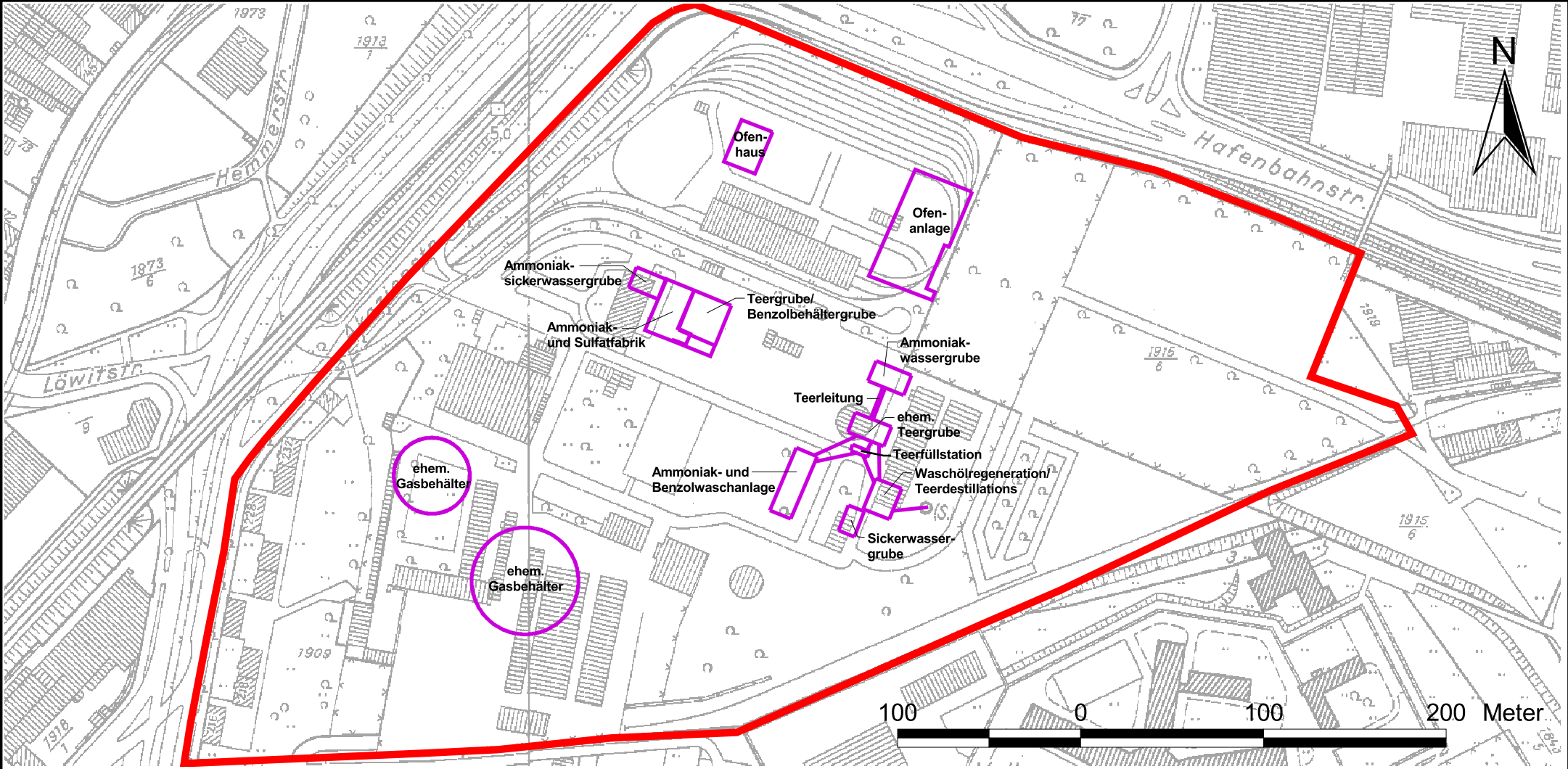
Legende

Betriebsgelände

Whs

 Wohnhäuser

Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan				
	ARCADIS Consult GmbH Wendtstr. 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580-0			
Derzeitige Nutzung / Bebauung	M	1: 3.000	Auftr.-Nr.	322.532.10
	Gez.:	ew	Anl.-Nr.	3.2.1
	Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan**

Ehemallige Nutzung / Bebauung



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

M	1: 3.000	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	3.2.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Legende

- Betriebsgelände
- ehemalige Anlagen

Untergrundaufbau

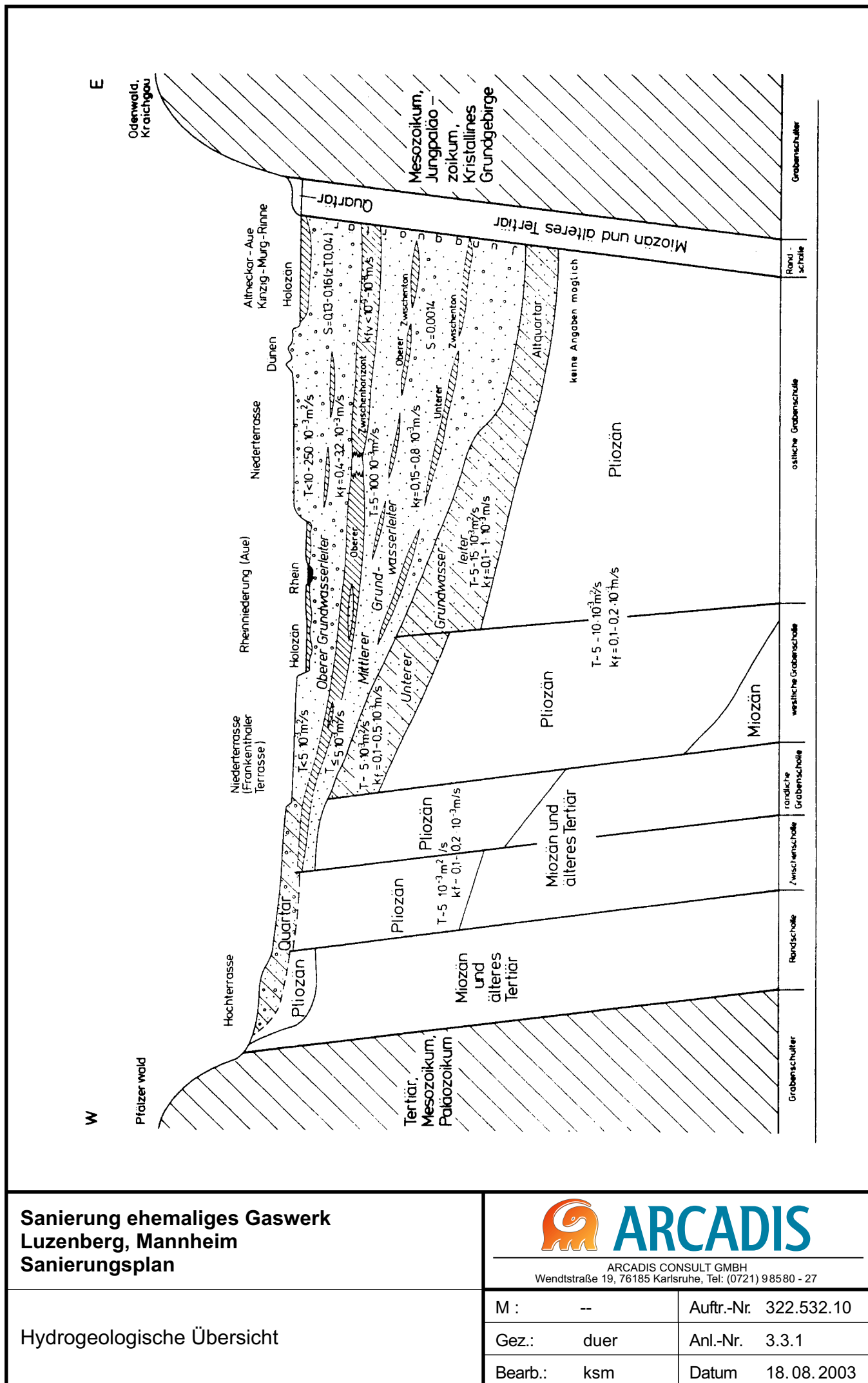
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

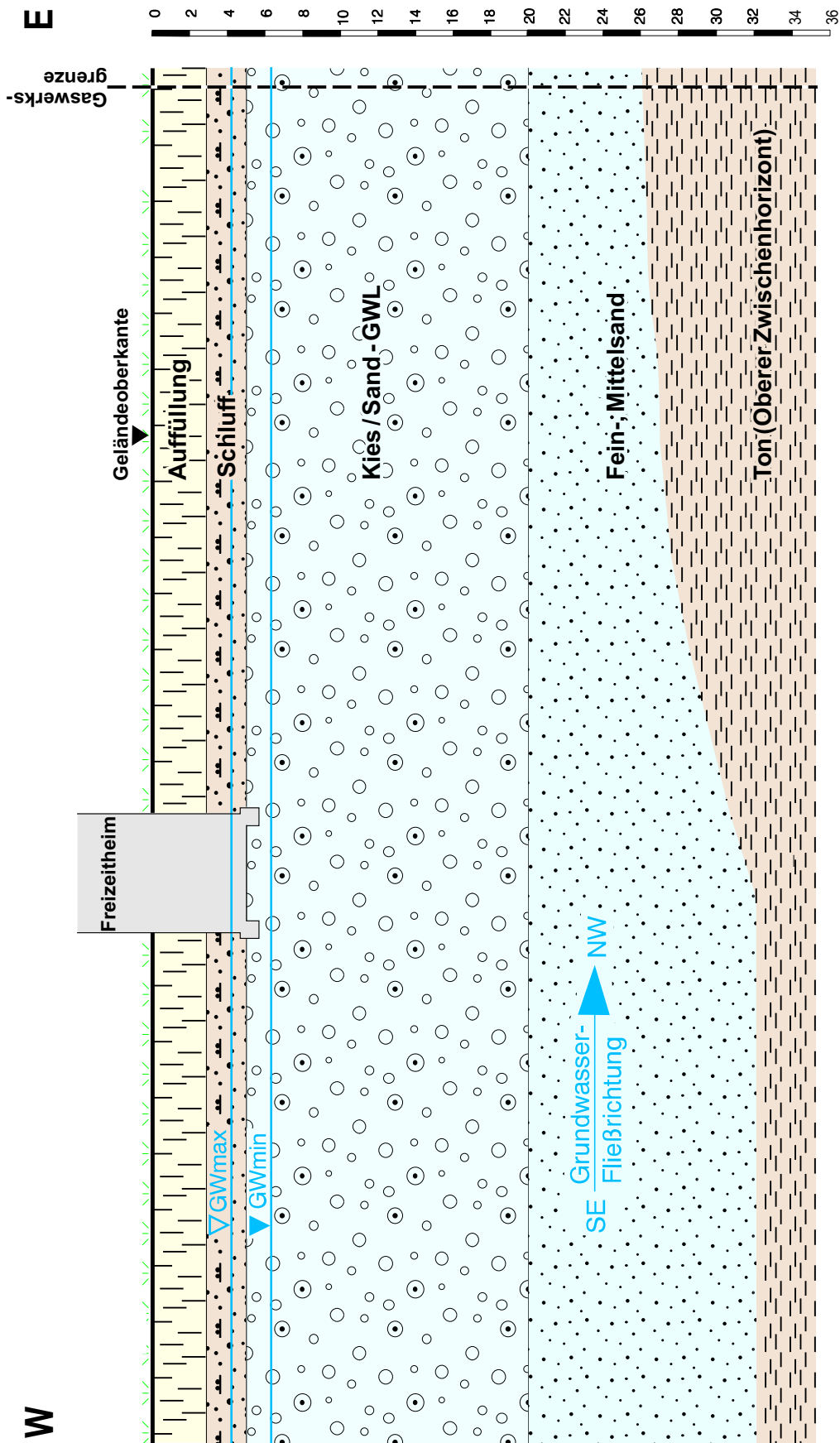


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Untergrundaufbau

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	3.3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003





L = 1:800
0 10 20 30 40 m

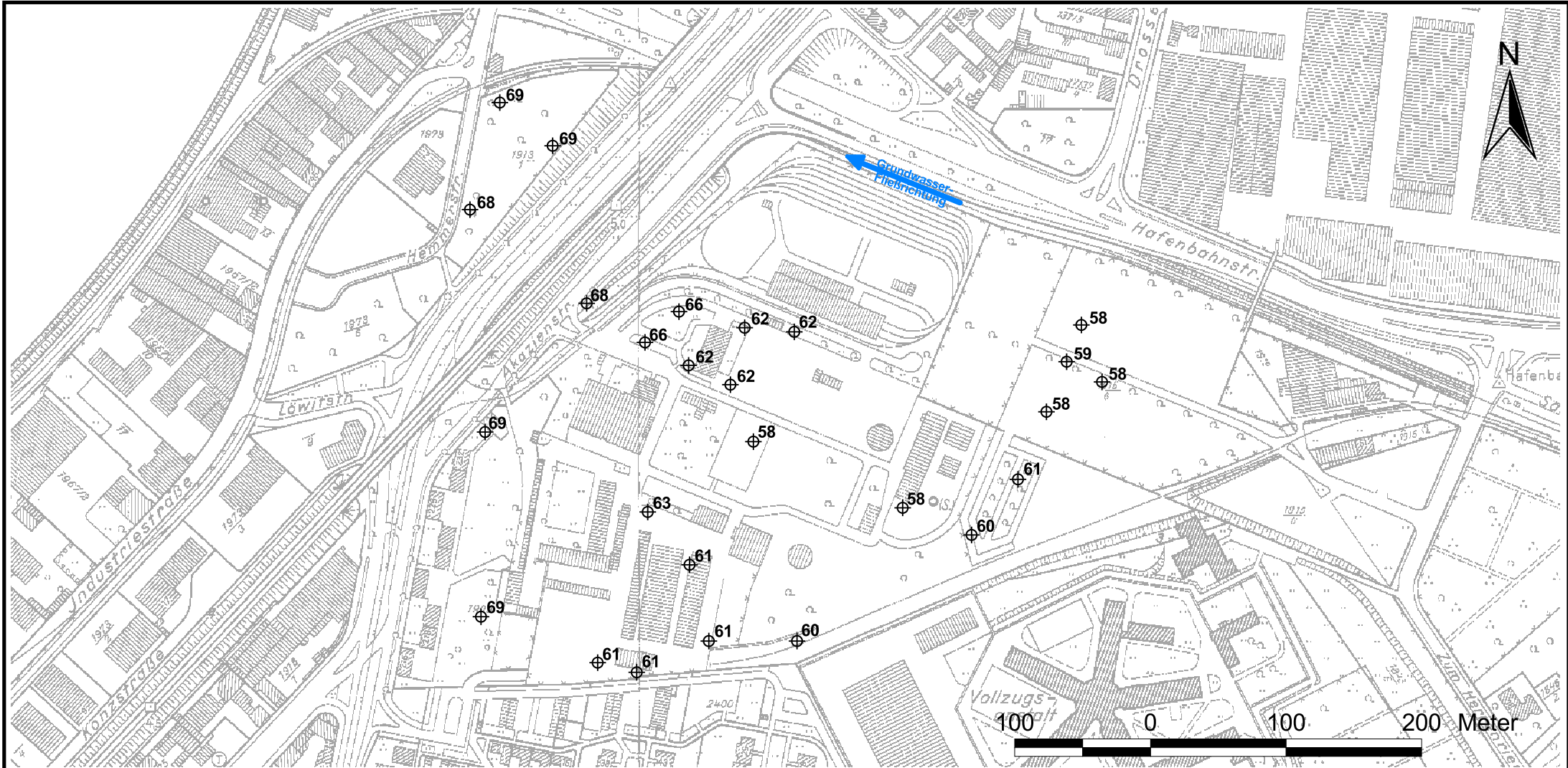
Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

Schnitt Freizeitheim - Gaswerksgrenze



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

M :	1:800 / 1:333	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	3.3.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



Legende

⊕⁶¹ Lage des OZH
in m ü. NN

Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan

Höhenlage des Oberen Zwischenhorizontes



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

M	1: 4000	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	3.3.3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Gefahrenlage

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Gefahrenlage

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	4
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Geländeschnitte mit Schadstoffverteilung im Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW) in den Sanierungsbereichen D1 und E

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Geländeschnitte mit Schadstoffverteilung im
Boden (EPA-PAK ohne Naphthalin und AKW)
in den Sanierungsbereichen D1 und E

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Lageplan mit Schnittführung

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



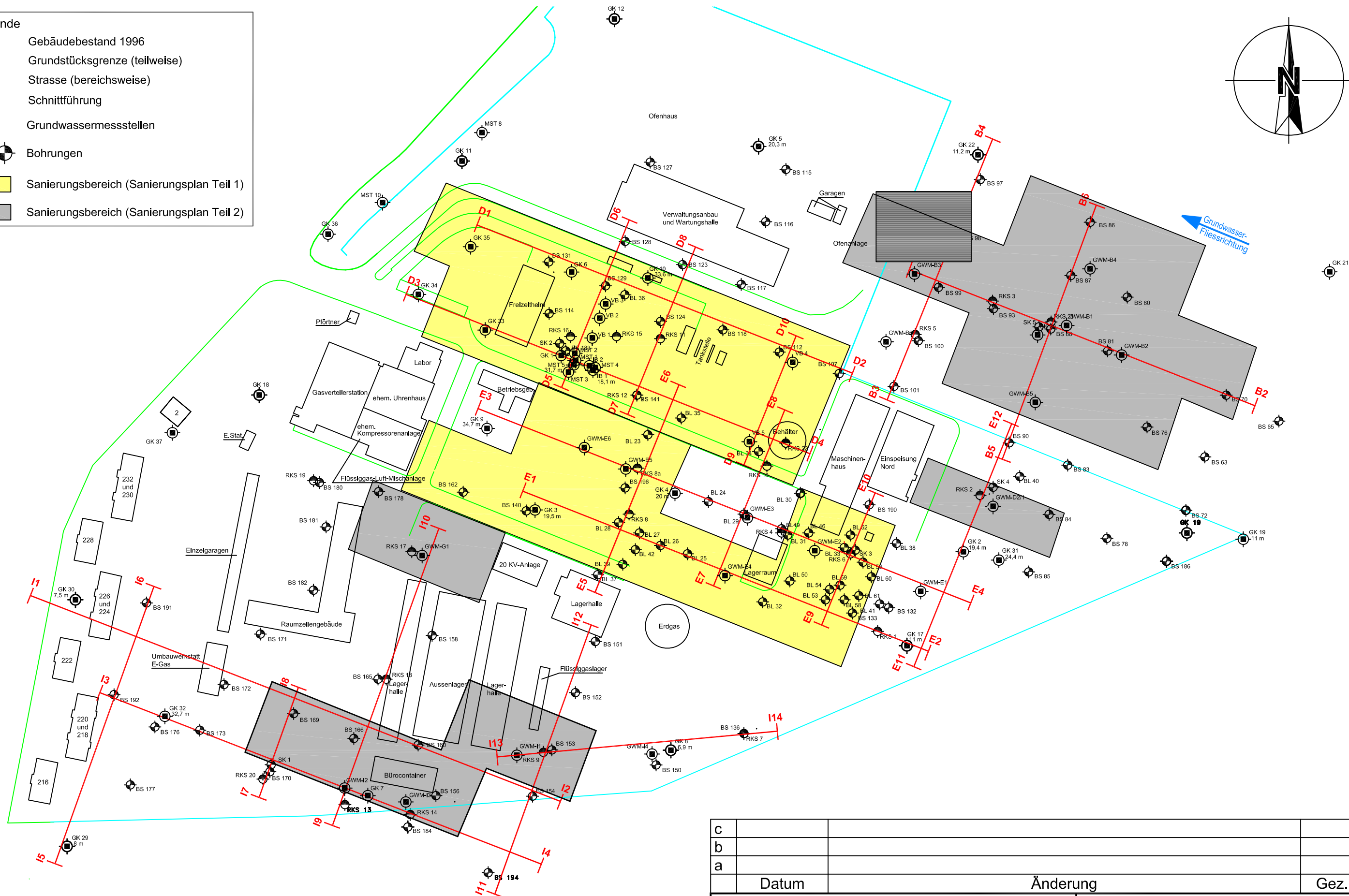
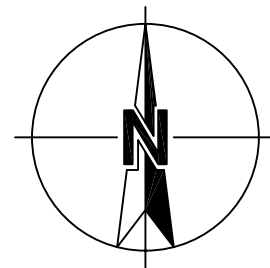
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27


Lageplan mit Schnittführung

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Legende

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



c			
b			
a			
	Datum	Änderung	Gez.
Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 27	
Lageplan mit Schnittführung		M 1 :	1.750
		Gez.:	ew
		Bearb.:	ksm
		Auftr.-Nr.	322.532.10
		Anl.-Nr.	4.1.1
		Datum	18.08.2003

Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1 EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

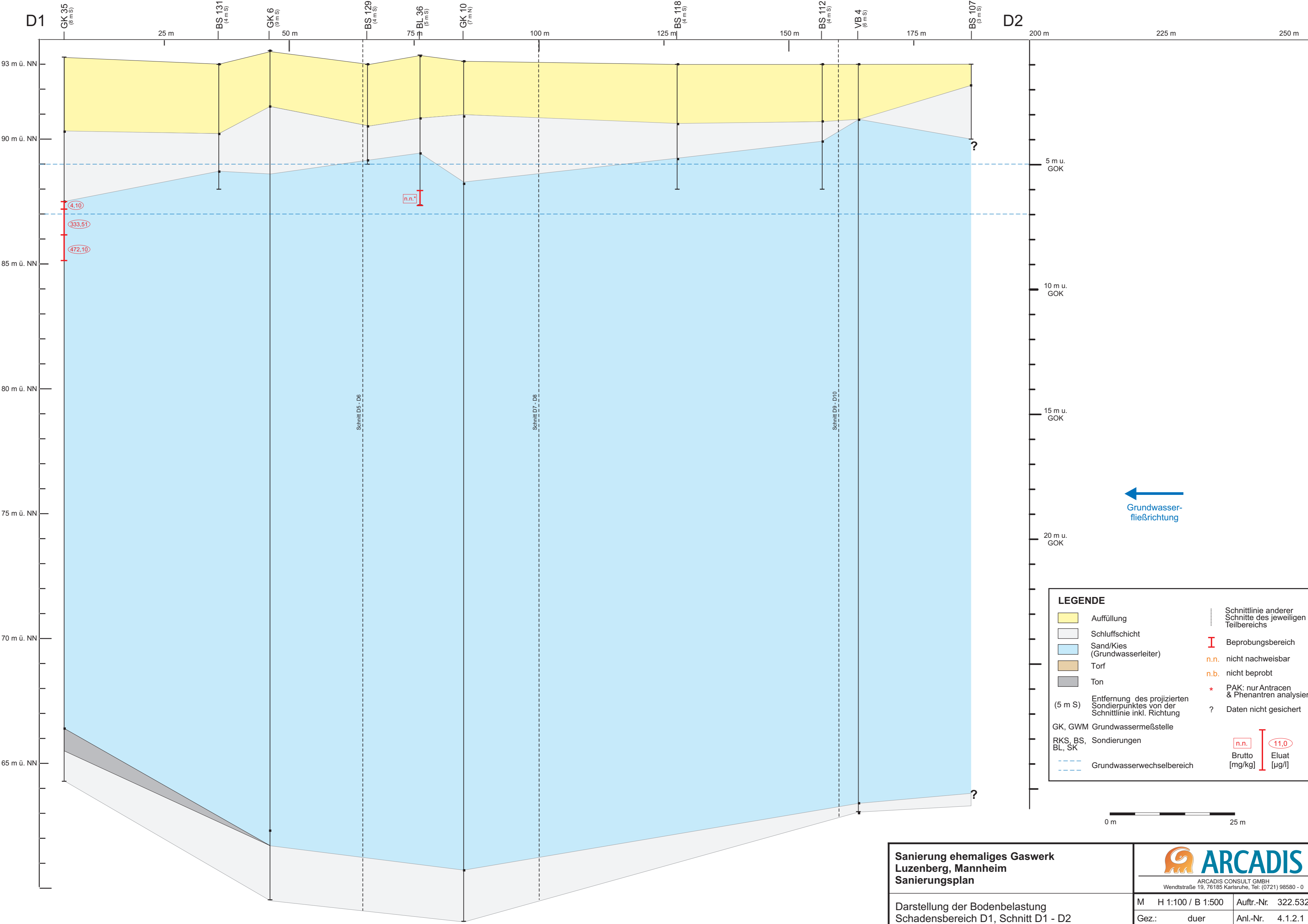


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D1 - D2



Grundwasser-
fließrichtung

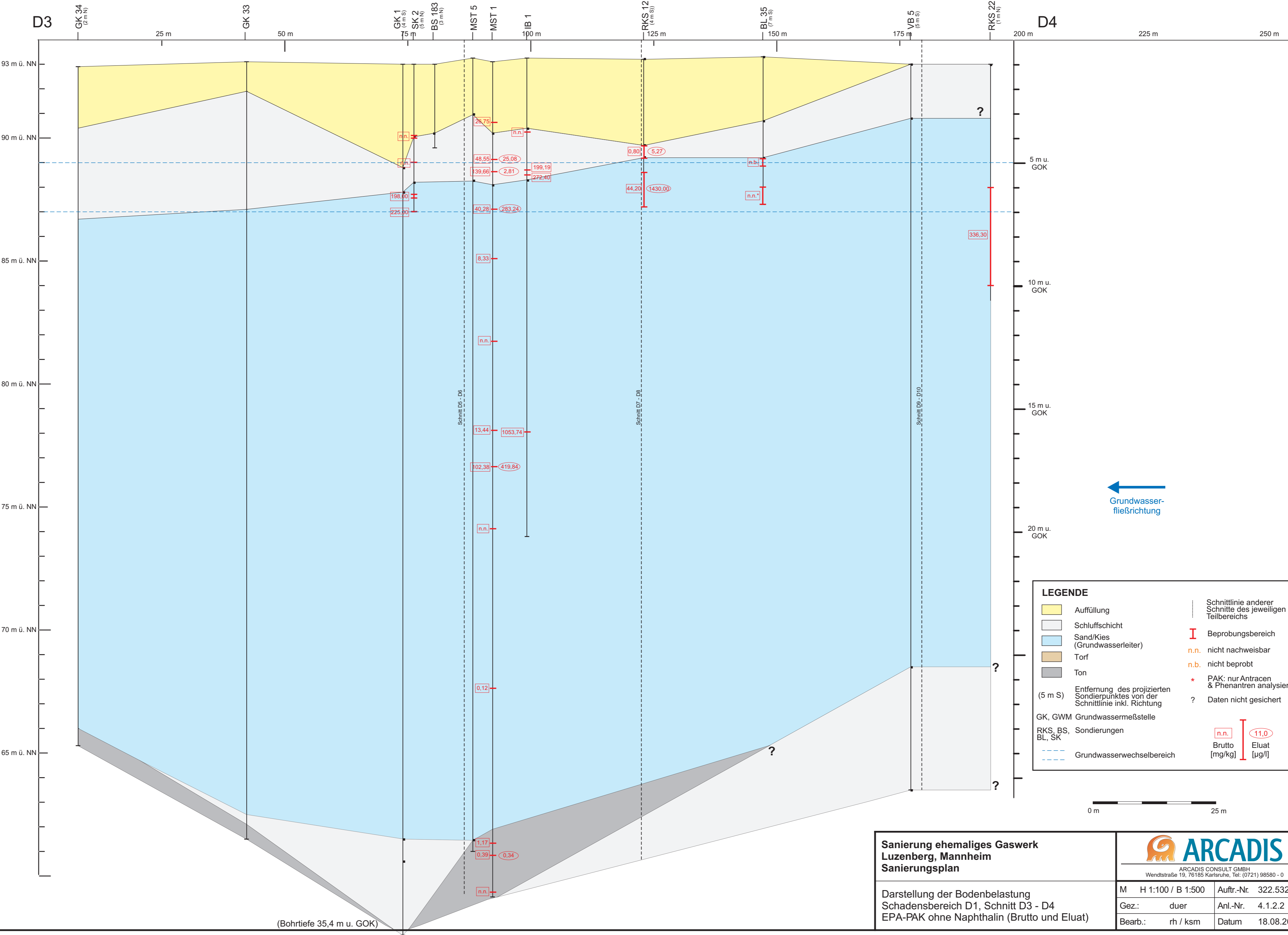
LEGENDE

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




Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0	
Darstellung der Bodenbelastung Schadensbereich D1, Schnitt D1 - D2 EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)		M H 1:100 / B 1:500	Aufr.-Nr. 322.532.10
		Gez.: duer	Anl.-Nr. 4.1.2.1
		Bearb.: rh / ksm	Datum 18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D3 - D4

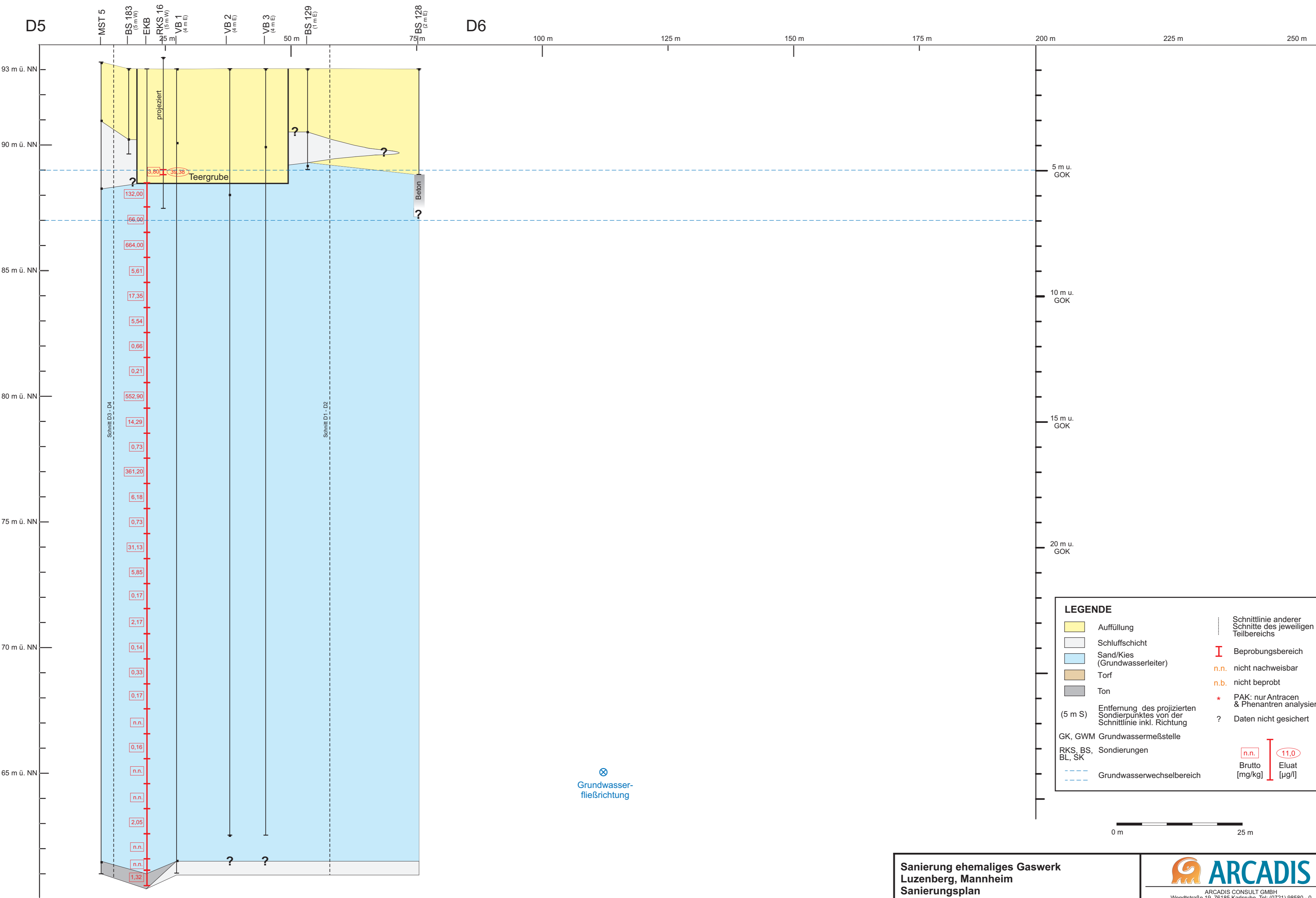


LEGENDE

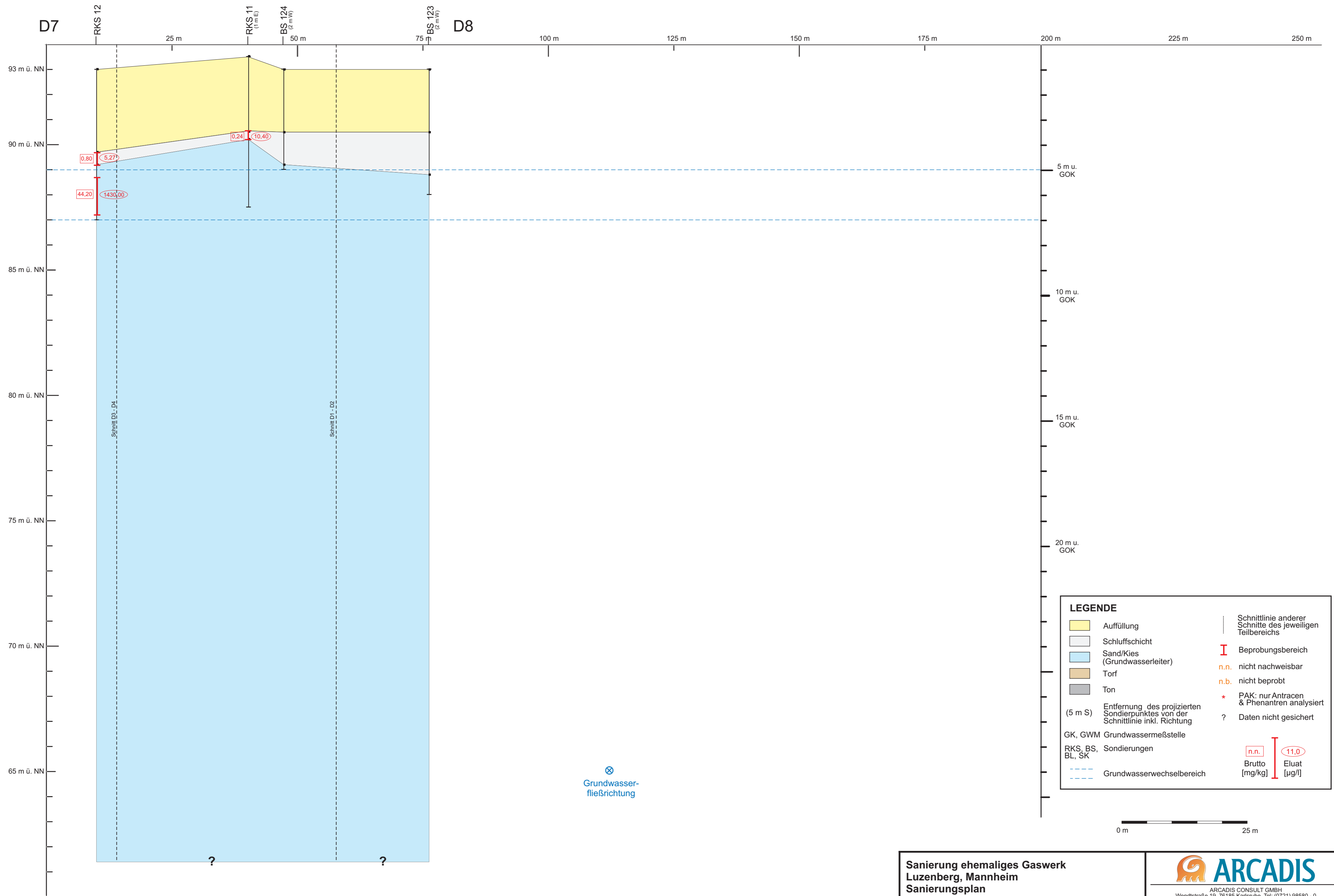
- Auffüllung
- Schluffschicht
- Sand/Kies (Grundwasserleiter)
- Torf
- Ton
- (5 m S) Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung
- GK, GWM Grundwassermeßstelle
- RKS, BS, BL, SK Sondierungen
- Grundwasserwechselbereich
- Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen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

Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0	
Darstellung der Bodenbelastung Schadensbereich D1, Schnitt D3 - D4 EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)		M H 1:100 / B 1:500	Aufr.-Nr. 322.532.10
		Gez.: duer	Anl.-Nr. 4.1.2.2
		Bearb.: rh / ksm	Datum 18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D5 - D6



Schadensbereich D1
Schnitt D7 - D8



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

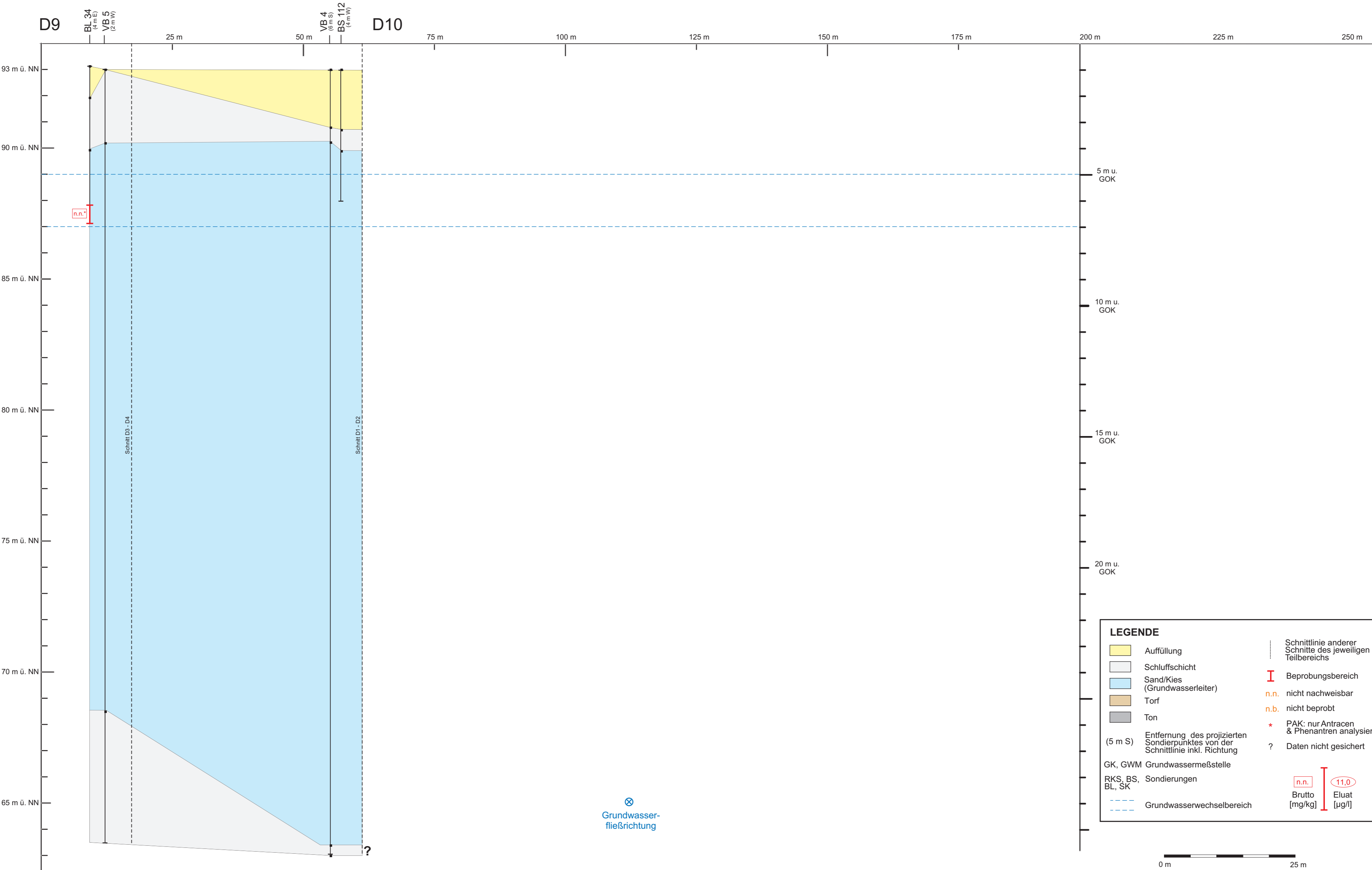


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D7 - D8
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.2.4
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D9 - D10



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan



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

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D9 - D10
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.2.5
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1 AKW (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

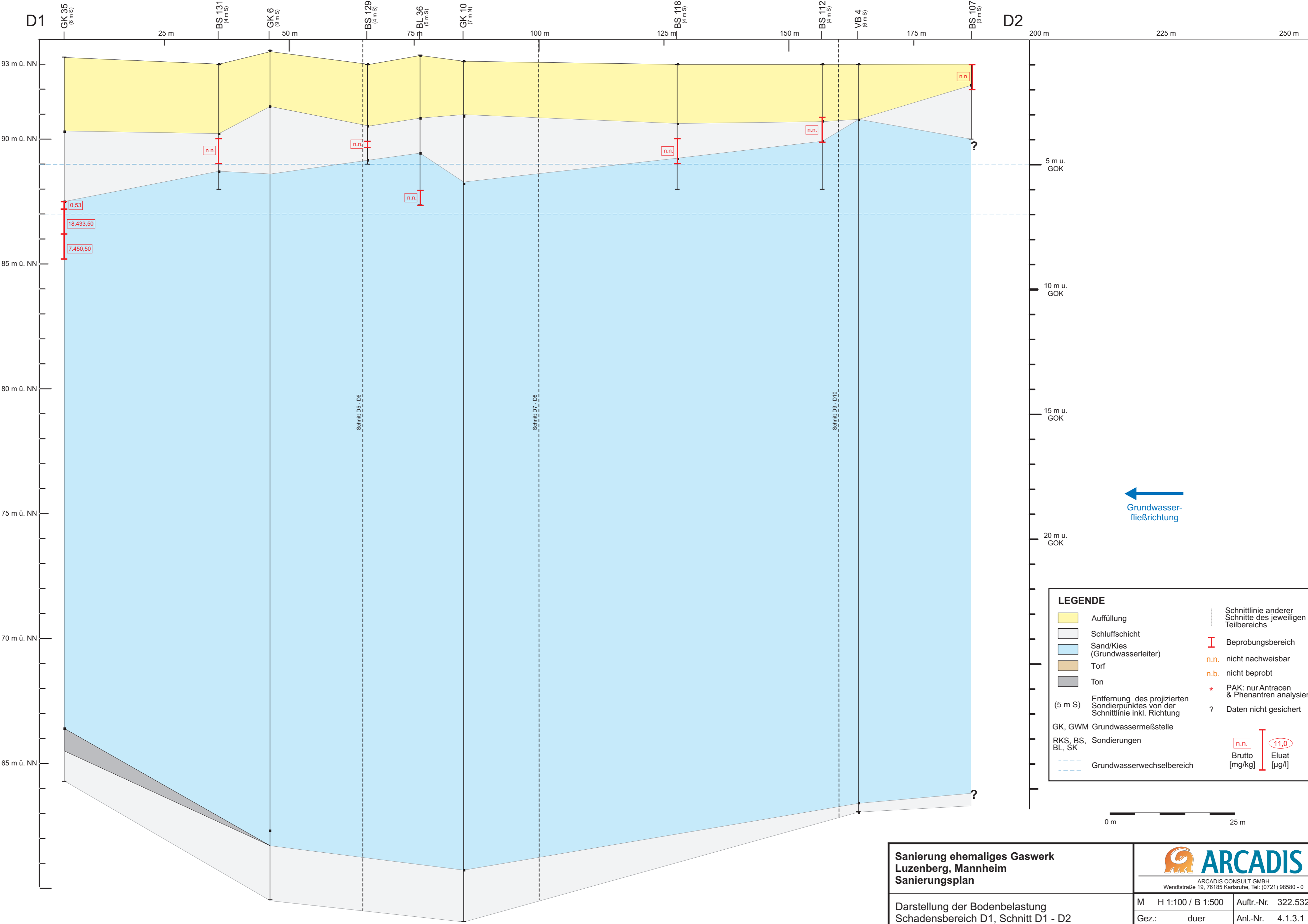


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich D1
AKW (Brutto und Eluat)

M :	--	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr. 4.1.3
Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D1 - D2



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

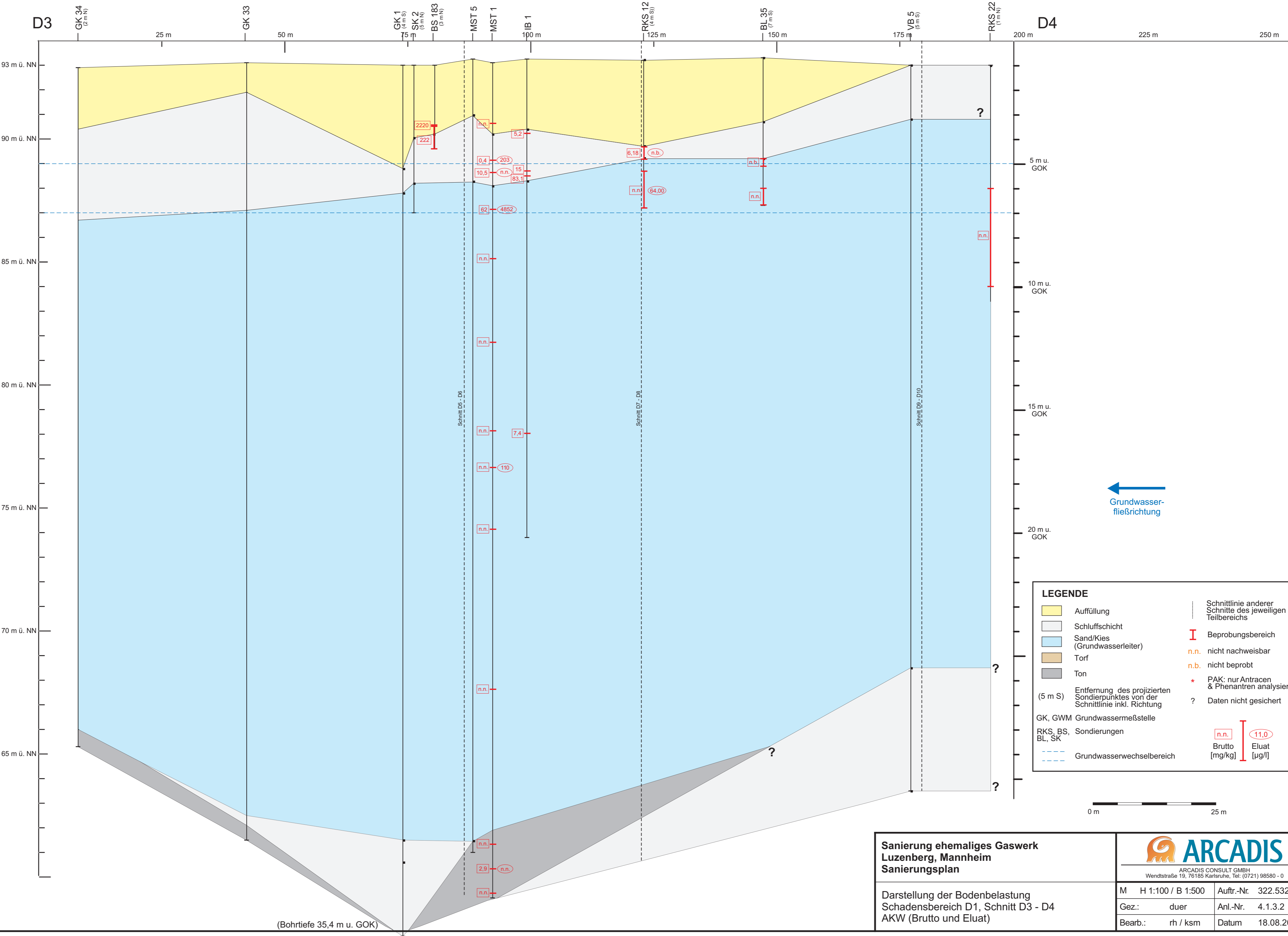


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D1 - D2
AKW (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Aufr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.3.1
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D3 - D4

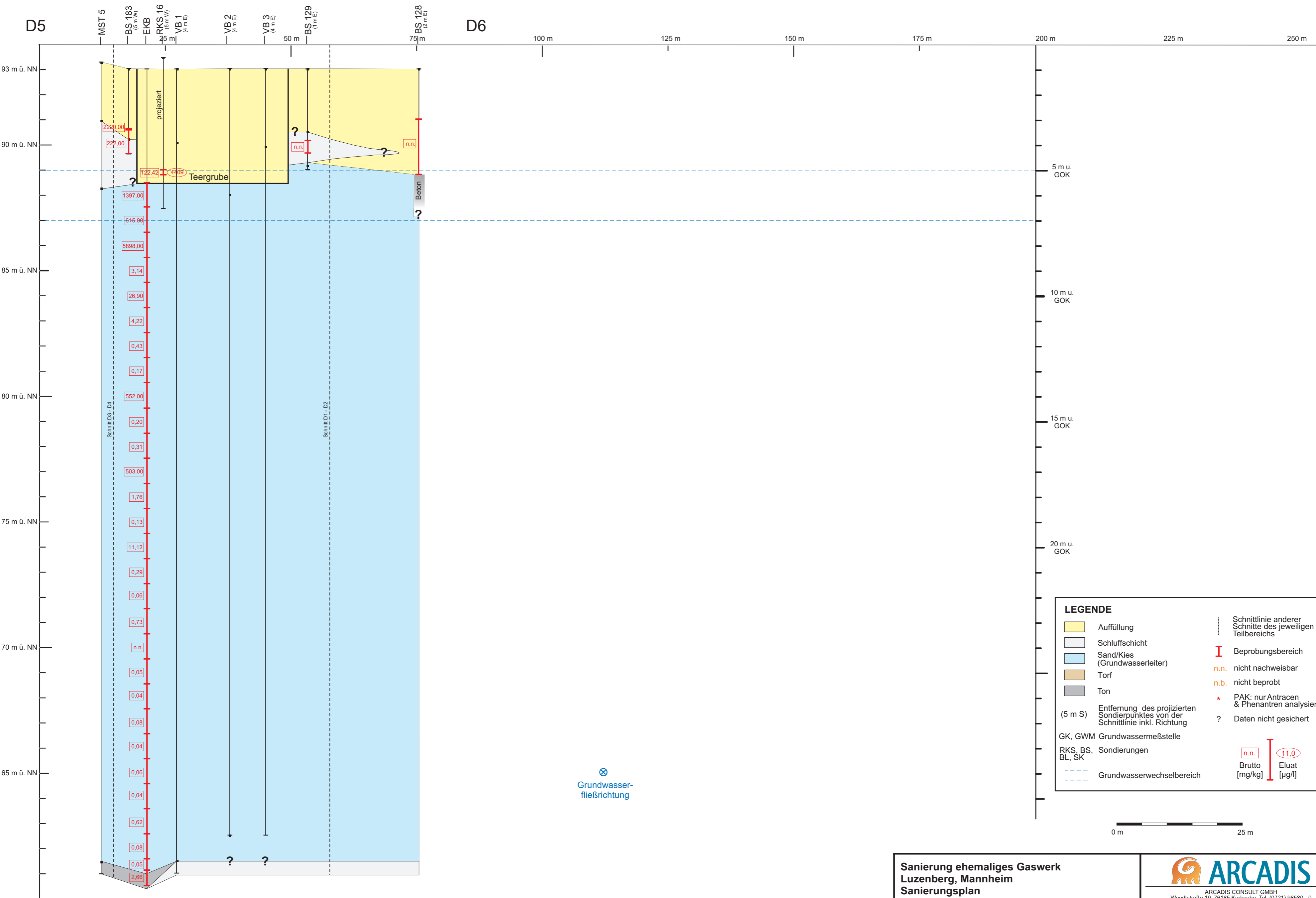


LEGENDE

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

Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0	
Darstellung der Bodenbelastung Schadensbereich D1, Schnitt D3 - D4 AKW (Brutto und Eluat)		M H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr. 322.532.10
		Gez.: duer	Anl.-Nr. 4.1.3.2
		Bearb.: rh / ksm	Datum 18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D5 - D6



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

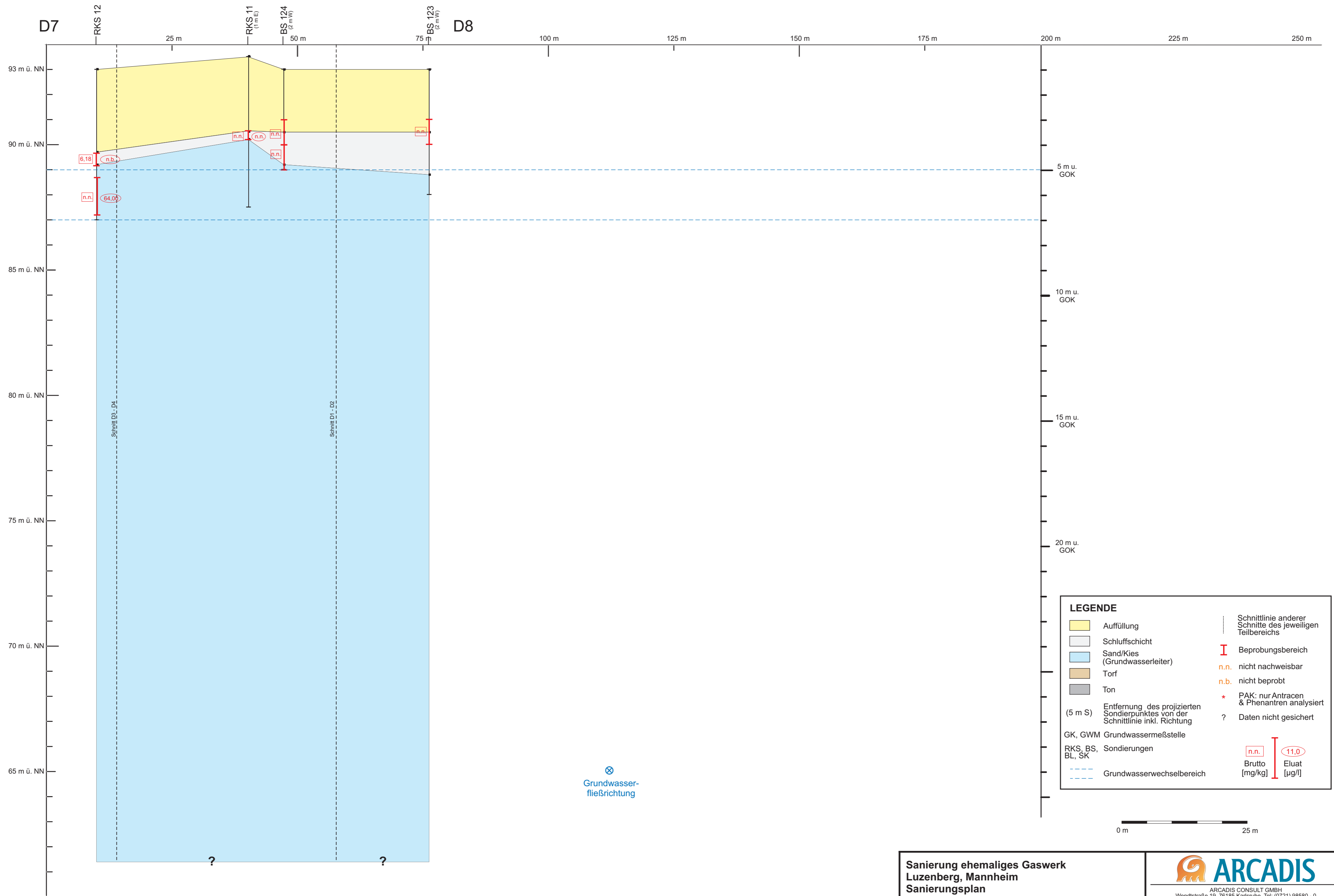


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D5 - D6
AKW (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.3.3
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D7 - D8



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

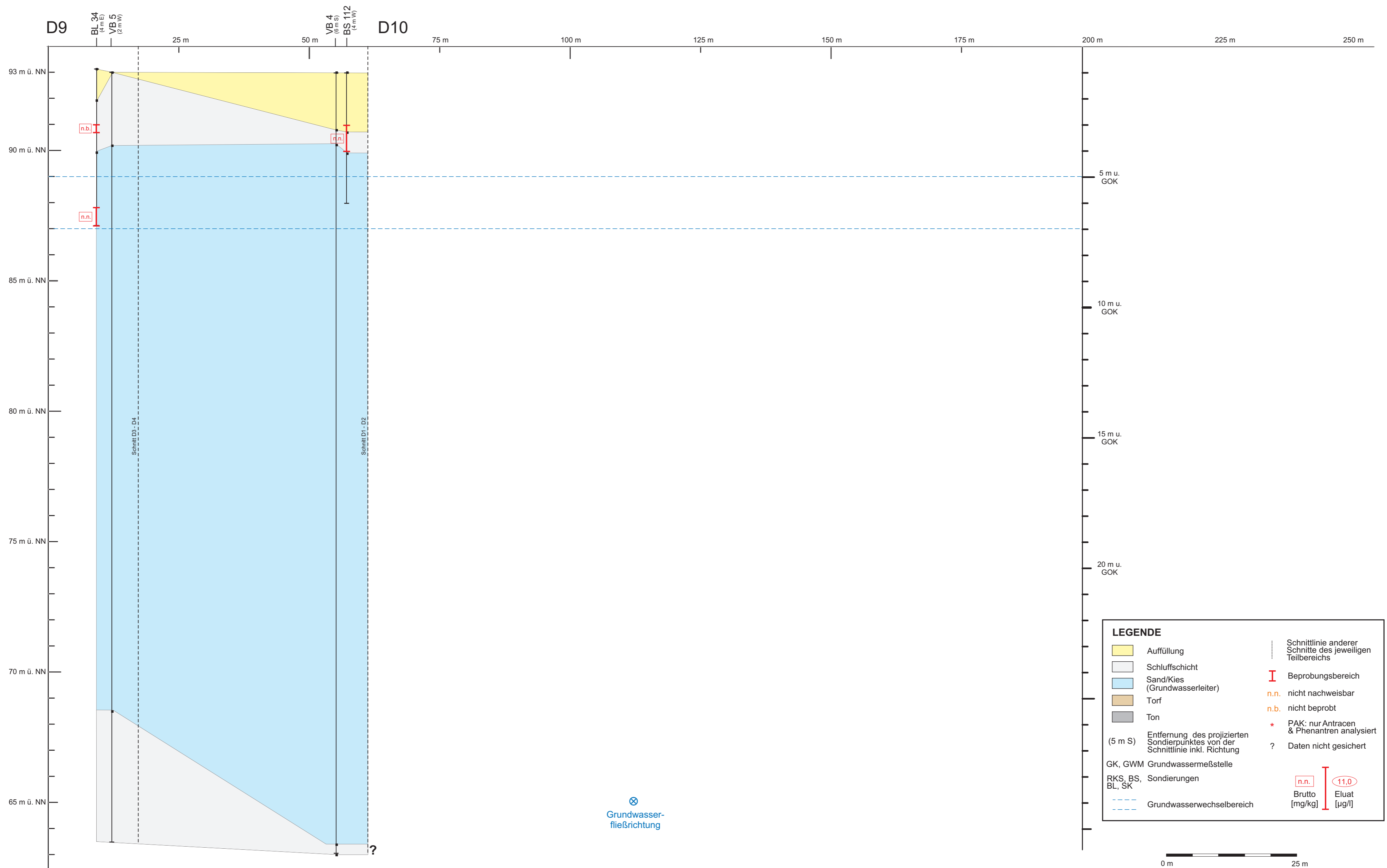


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D7 - D8
AKW (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.3.4
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich D1
Schnitt D9 - D10



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan



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

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich D1, Schnitt D9 - D10
AKW (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.3.5
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Geländeschnitte im Sanierungsbereich E EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

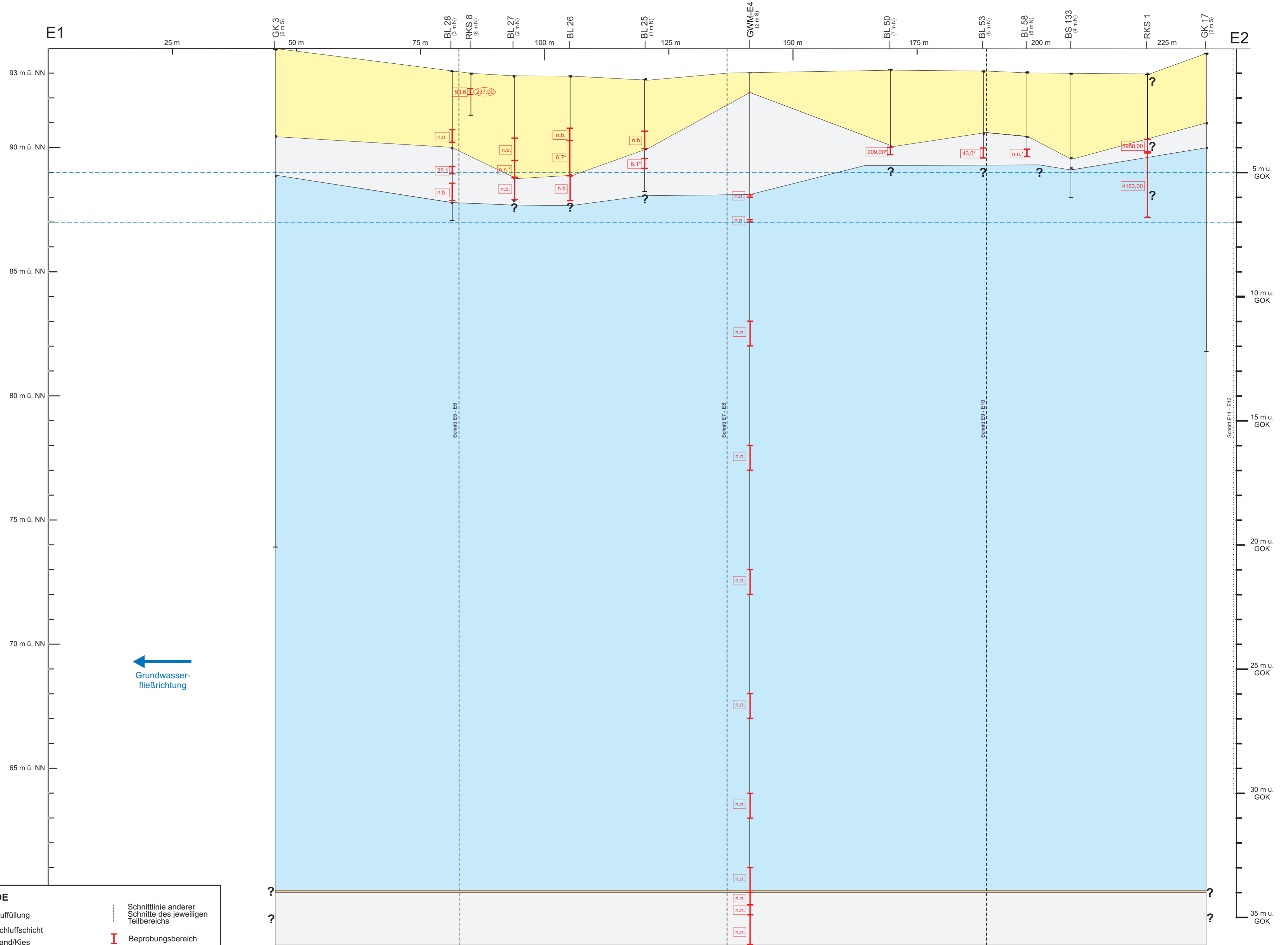


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich E
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E1 - E2



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
	Brutto [mg/kg]
	Eluat [µg/l]

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

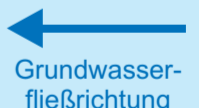
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E1 - E2
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)



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

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4.1
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

E3



	Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs
I	Beprobungsbereich
n.n.	nicht nachweisbar
n.b.	nicht beprobt
*	PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert
?	Daten nicht gesichert

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4.2
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Geological Cross-Section Diagram











Legend:

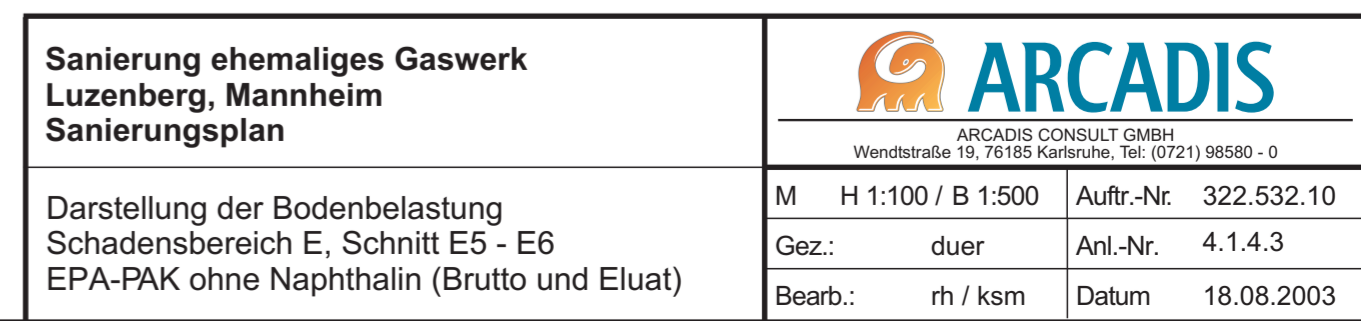
- Colors:**
 - Yellow: Auffüllung
 - Light Blue: Sand/Kies (Grundwasserleiter)
 - Brown: Torf
 - Grey: Ton
- Symbols:**
 - Red line with error bars: Beprobungsbereich
 - Red line with asterisk: PAK: nur Antracen & Phenantren analysiert
 - Red line with question mark: Daten nicht gesichert
 - Red line with 'n.n.': nicht nachweisbar
 - Red line with 'n.b.': nicht beprobt
- Text:**
 - Schnittlinie anderer Schnitte des jeweiligen Teilbereichs
 - Entfernung des projizierten Sondierpunktes von der Schnittlinie inkl. Richtung (5 m S)
 - GK, GWM Grundwassermeßstelle
 - RKS, BS, Sondierungen
 - BL, SK
 - Grundwasserwechselbereich

Scale: 0 to 225 m

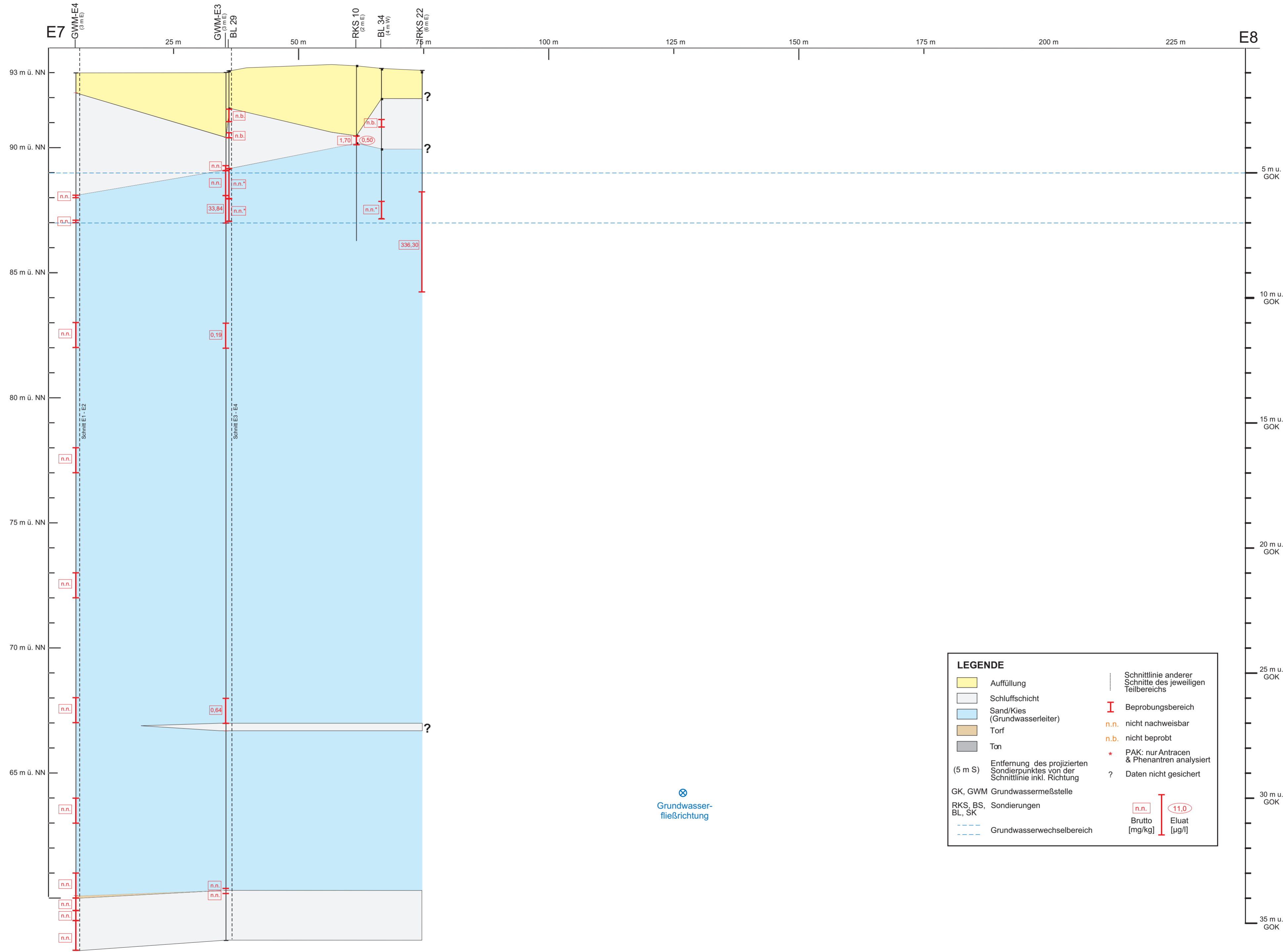
Key Features:

- Groundwater Levels:** Indicated by red lines with numerical values (e.g., 103.00, 145.30, 149.60).
- Soil Layers:** Yellow (Auffüllung), Light Blue (Sand/Kies), Brown (Torf), Grey (Ton).
- Groundwater Flow Direction:** Indicated by a blue arrow pointing right.

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



Schadensbereich E
Schnitt E7 - E8



0 m 25 m

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

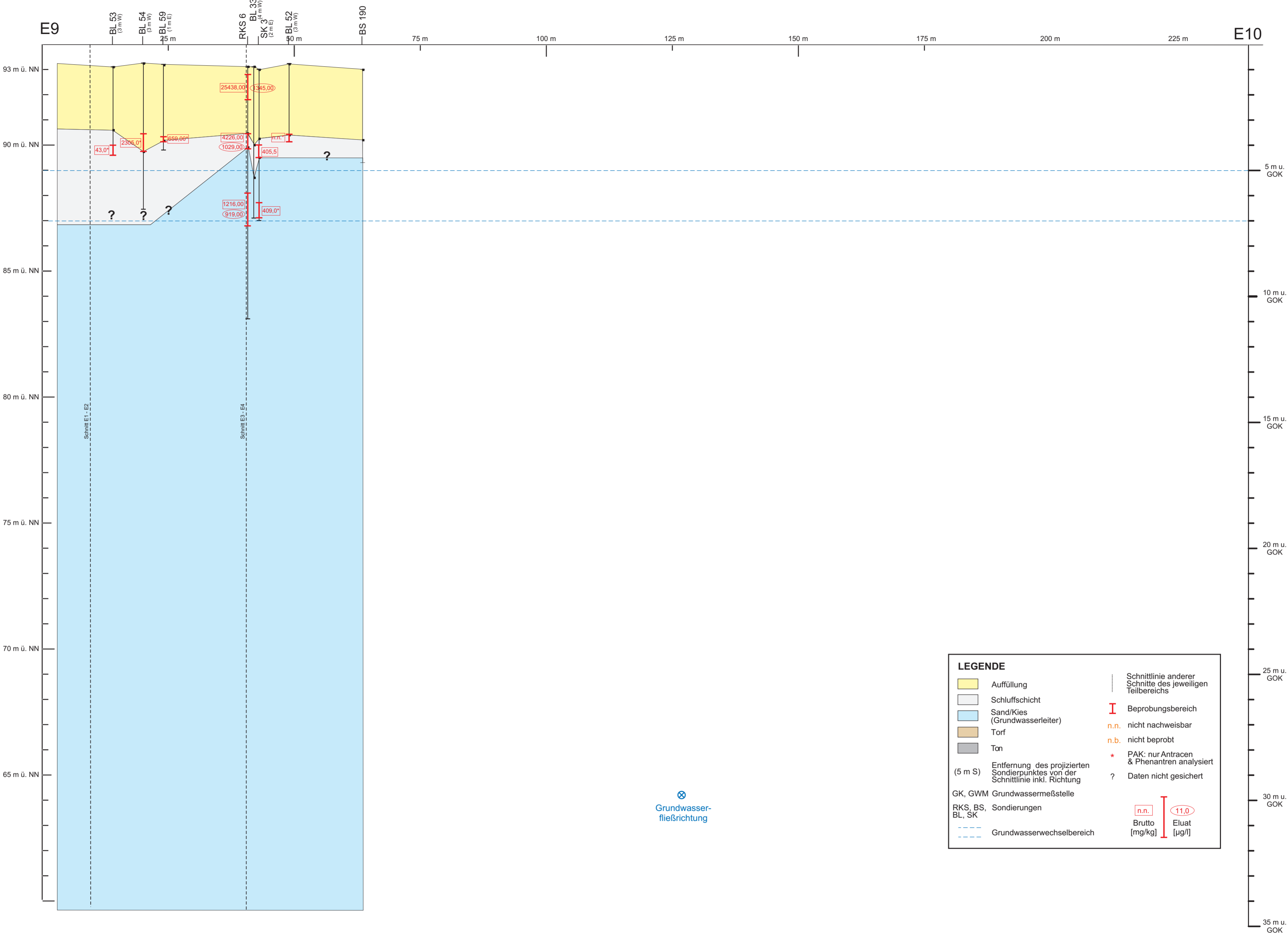
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E7 - E8
EPA-PAK ohne Naphthalin (Brutto und Eluat)



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

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4.4
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E9 - E10



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]

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E9 - E10
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.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4.5
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

0 m 25 m

E11



M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.4.6
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Geländeschnitte im Sanierungsbereich E AKW (Brutto und Eluat)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

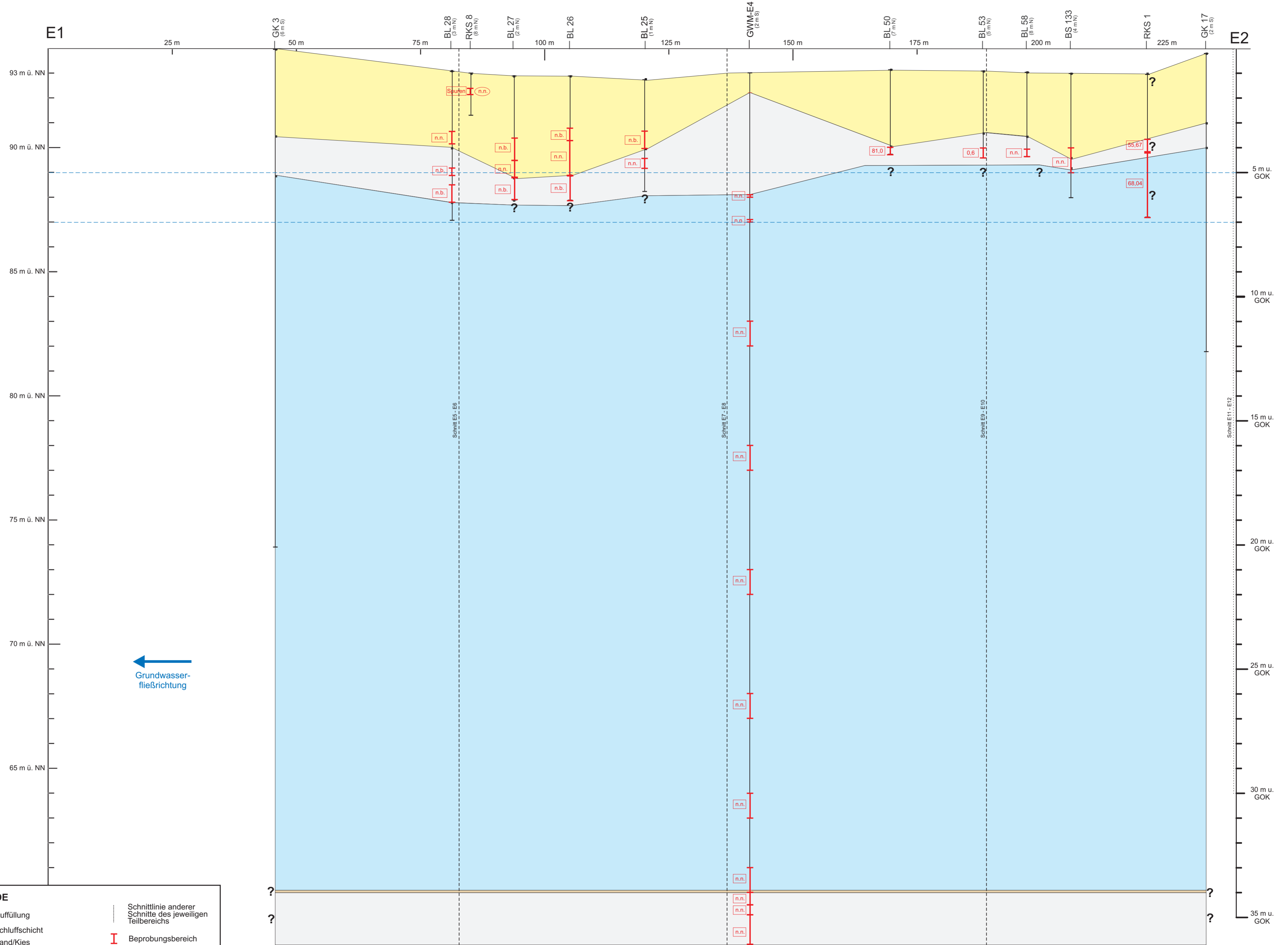


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Geländeschnitte im Sanierungsbereich E
AKW (Brutto und Eluat)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E1 - E2



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

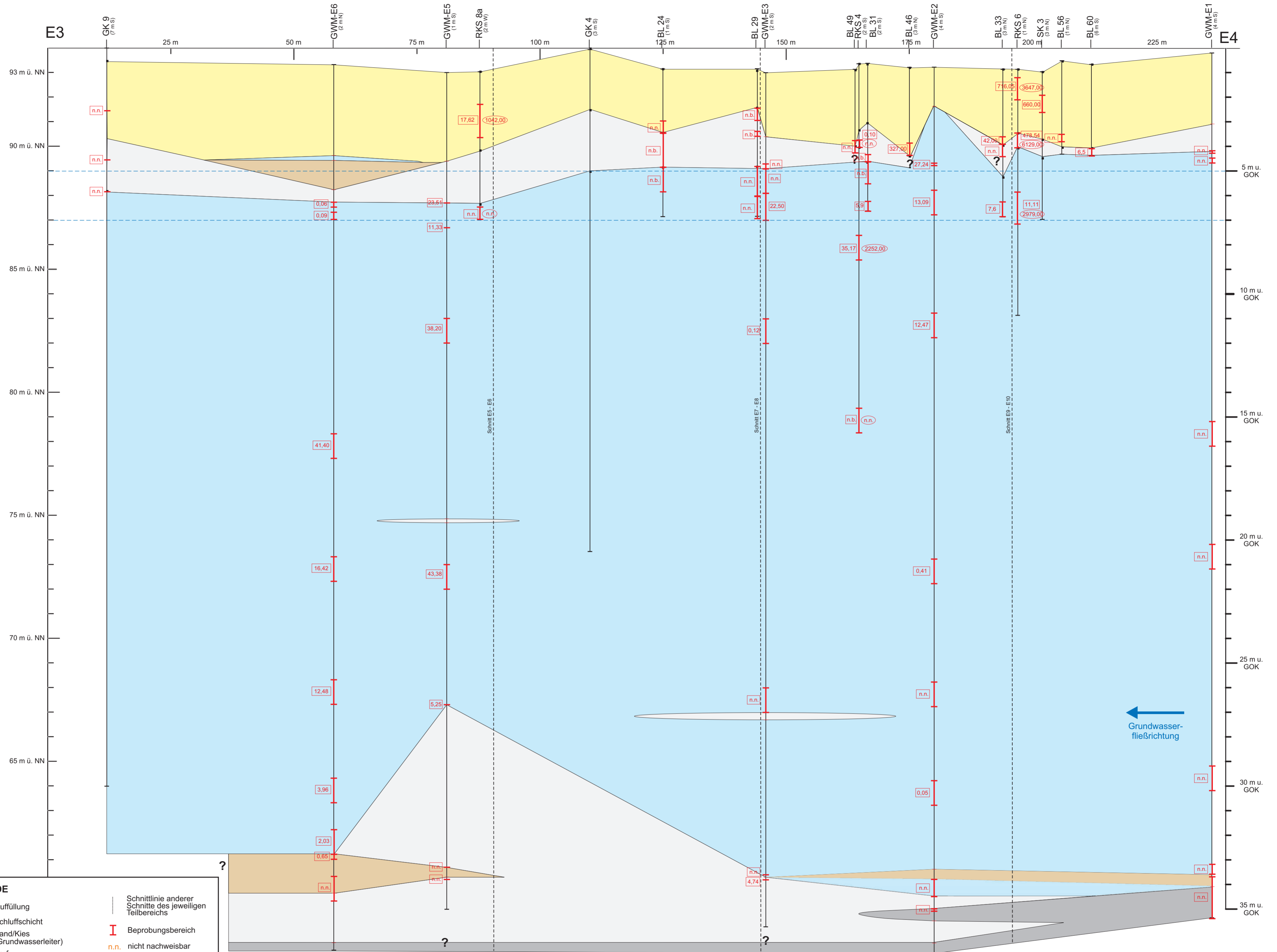
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E1 - E2
AKW (Brutto und Eluat)



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

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5.1
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E3 - E4



LEGENDE

Auffüllung

Schluffschicht

Sand/Kies
(Grundwasserleiter)

Torf

Ton

(5 m S)

GK, GWM Grundwassermeßstelle

RKS, BS,
BL, SK Sondierungen

Grundwasserwechselbereich

Schnittlinie anderer
Schnitte des jeweiligen
Teilbereichs

I

Beprobungsbereich

n.n. nicht nachweisbar

n.b. nicht beprobt

* PAK: nur Antracen
& Phenantren analysiert


? Daten nicht gesichert

n.n.

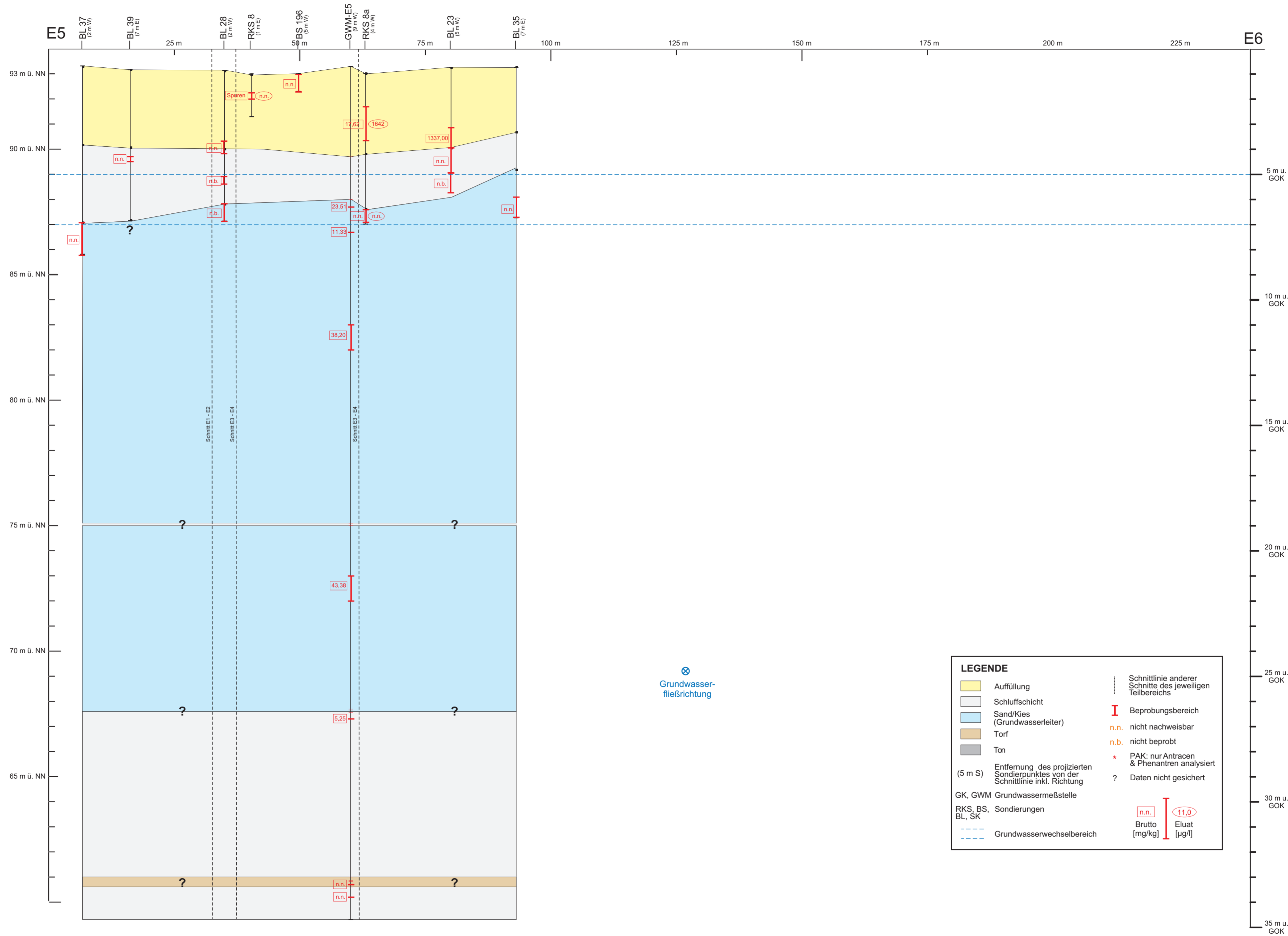
Brutto
[mg/kg]

11,0

Eluat
[µg/l]

Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel. (0721) 98580 - 0	
M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5.2
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E5 - E6



⊗
Grundwasser-
fließrichtung

0 m 25 m

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

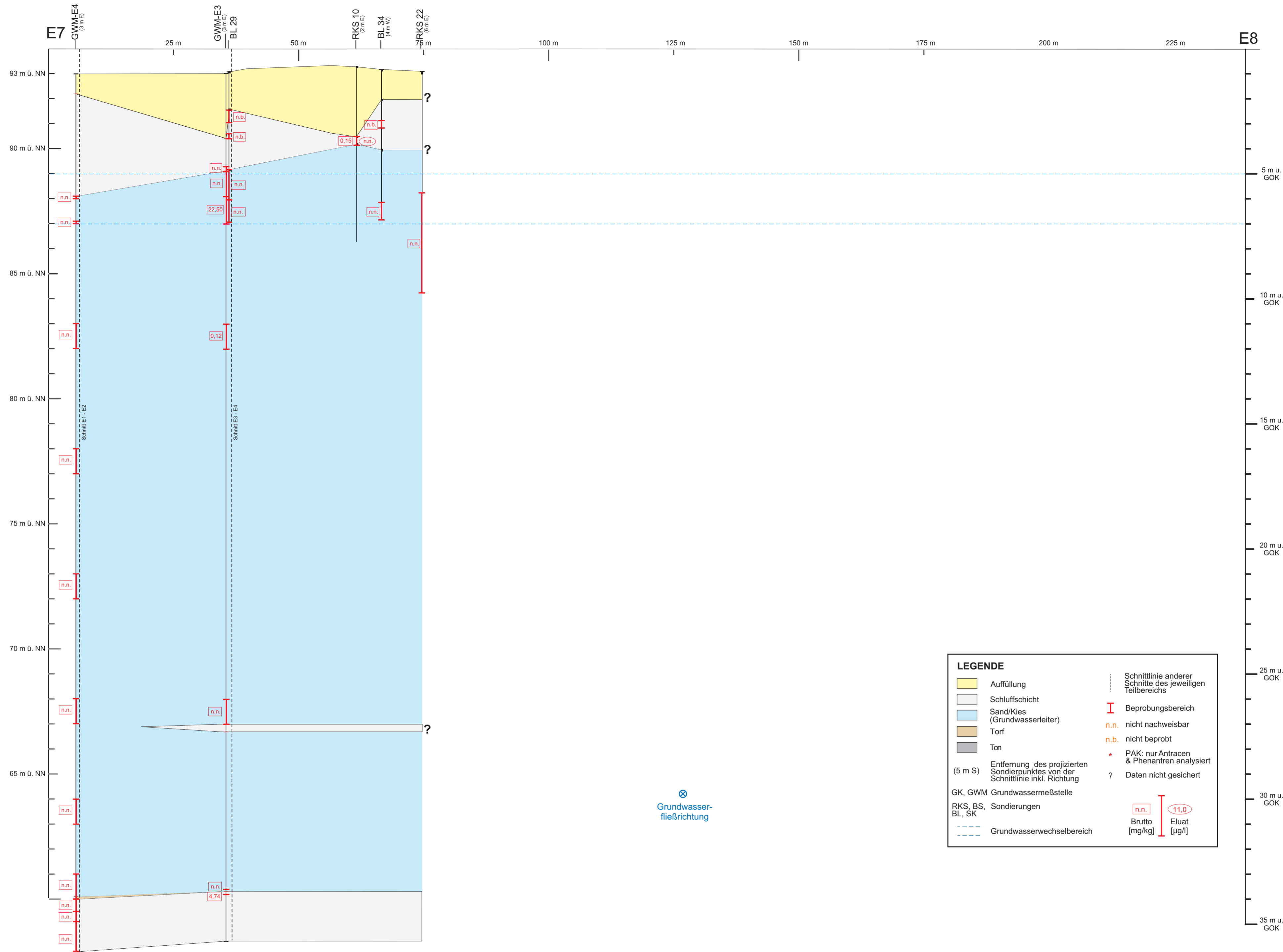


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E5 - E6
AKW (Brutto und Eluat)

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5.3
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E7 - E8



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

I 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

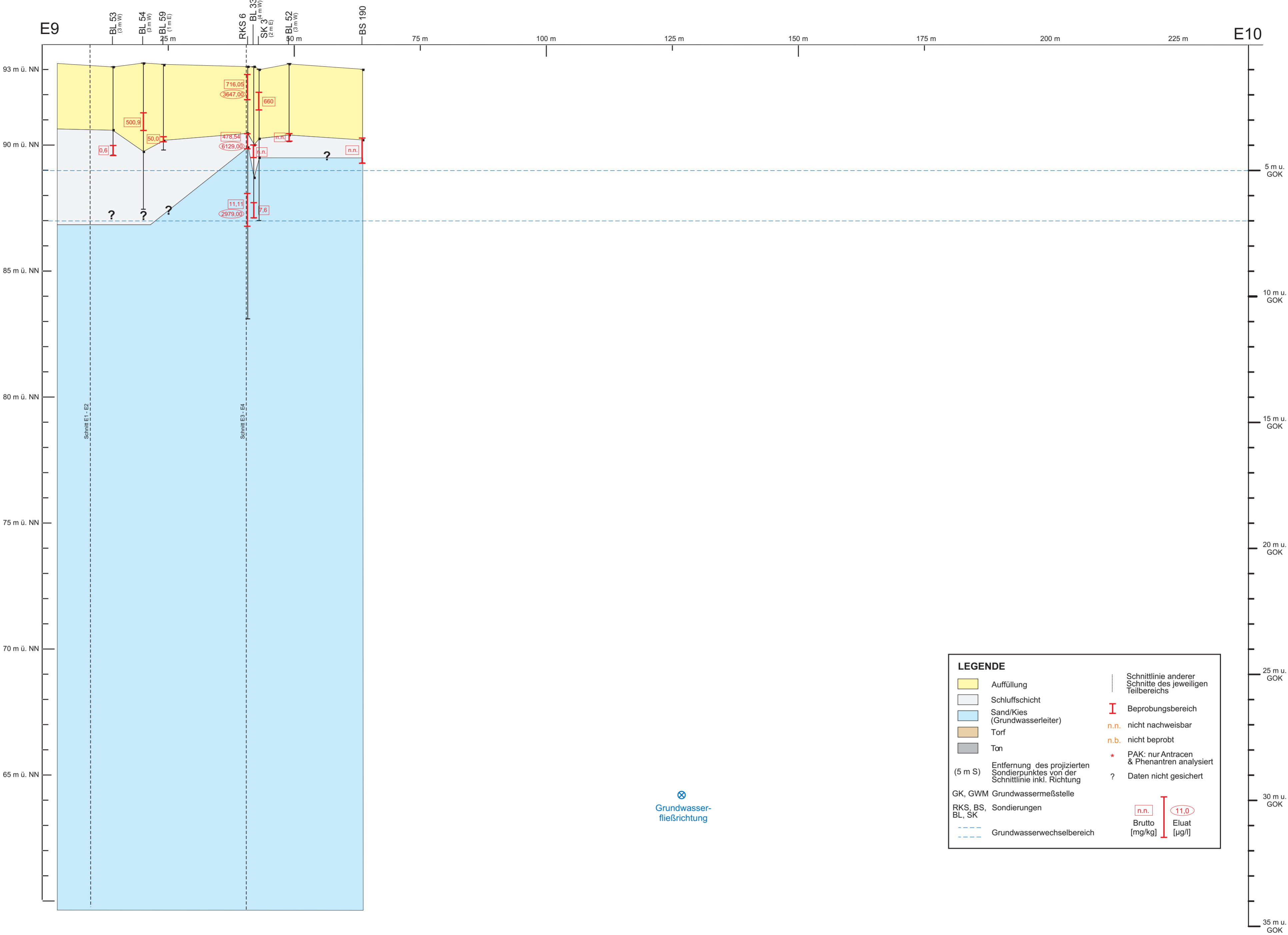
Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E7 - E8
AKW (Brutto und Eluat)

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

M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5.4
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

32253201\ControllPROFILE_E.cdr

Schadensbereich E
Schnitt E9 - E10



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

I

Beprobungsbereich

n.n.

nicht nachweisbar

n.b.

nicht beprobt

*

PAK: nur Antracen
& Phenantren analysiert

?

Daten nicht gesichert


n.n.

Brutto
[mg/kg]

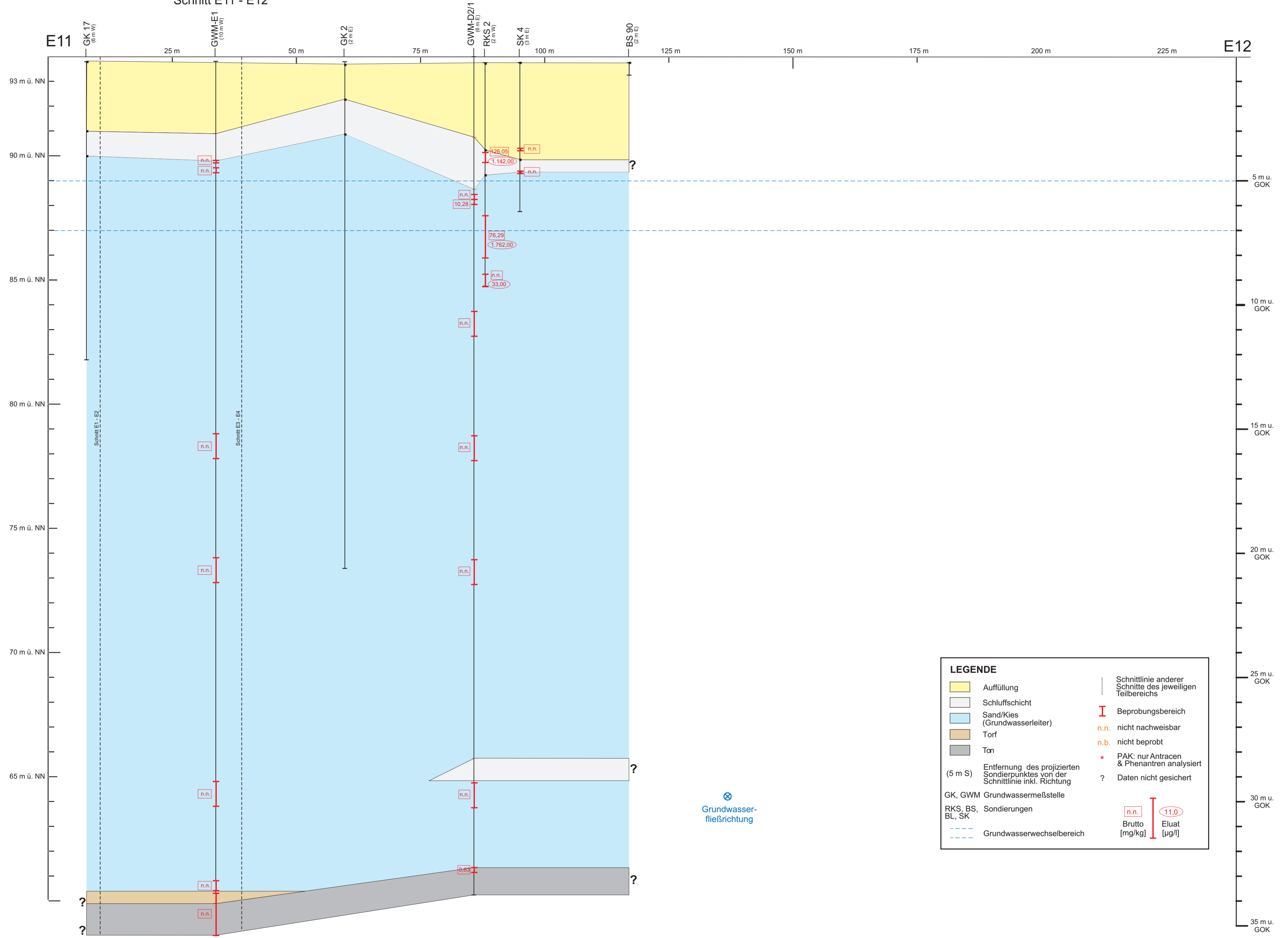
11.0

Eluat
[µg/l]



Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 0	
Darstellung der Bodenbelastung Schadensbereich E, Schnitt E9 - E10 AKW (Brutto und Eluat)	M	H 1:100 / B 1:500	Auftr.-Nr. 322.532.10
	Gez.:	duer	Anl.-Nr. 4.1.5.5
	Bearb.:	rh / ksm	Datum 18.08.2003

Schadensbereich E
Schnitt E11 - E12



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. 11.0

Brutto
[mg/kg]

Eluat
[µg/l]

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

Darstellung der Bodenbelastung
Schadensbereich E, Schnitt E11 - E12
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.:	duer	Anl.-Nr.	4.1.5.6
Bearb.:	rh / ksm	Datum	18.08.2003

Grundwasserkonzentrationen

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Grundwasserkonzentrationen

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Flächige Schadstoffverteilung

*dargestellt in Anlage
5.1.1 - 5.1.4*

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



ARCADIS

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

Flächige Schadstoffverteilung
dargestellt in Anlage 5.1.1 - 5.1.4

M : --

Auftr.-Nr. 322.532.10

Gez.: duer

Anl.-Nr. 4.2.1

Bearb.: ksm

Datum 18.08.2003

Vertikale Schadstoffverteilung

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

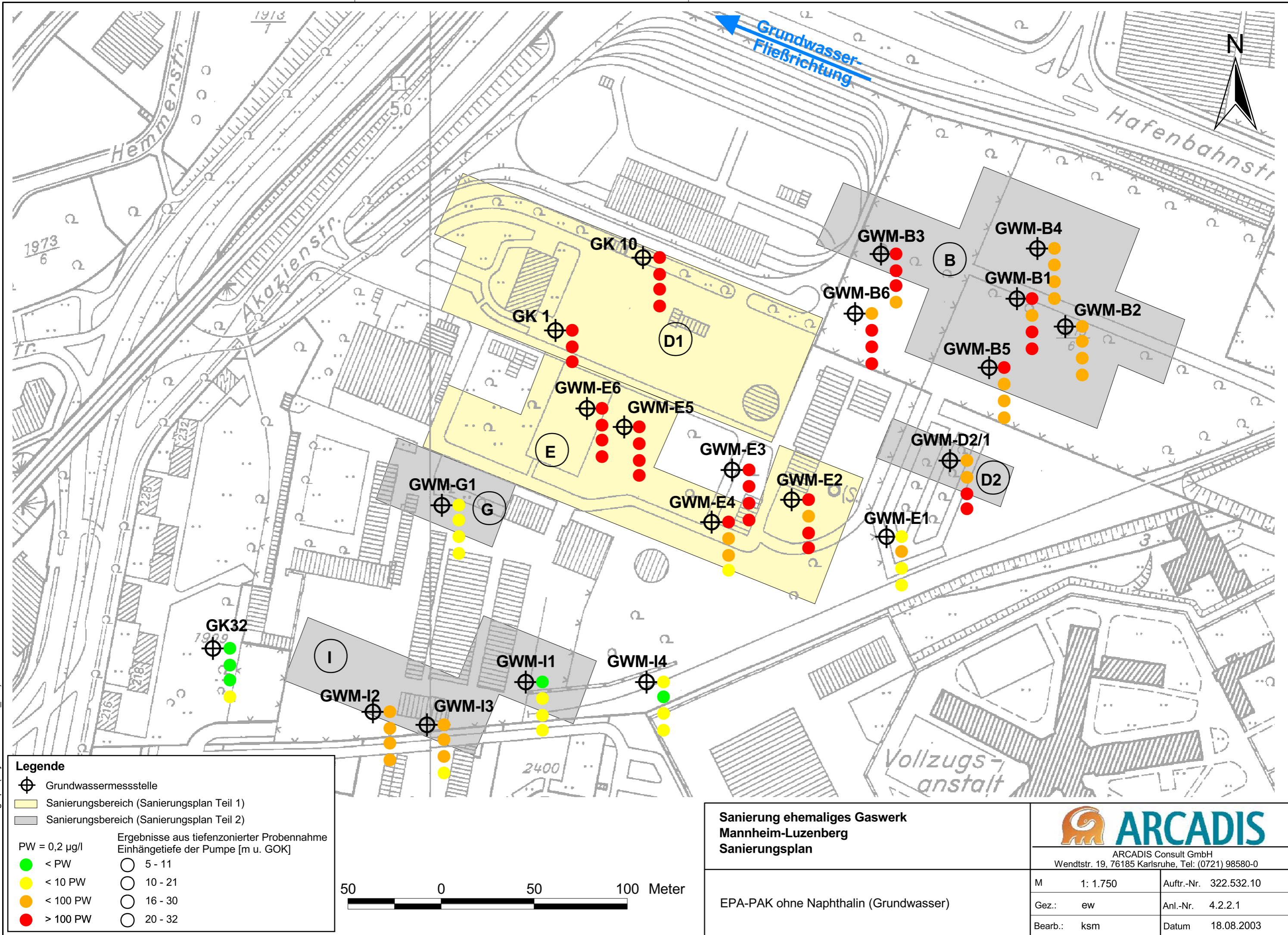


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

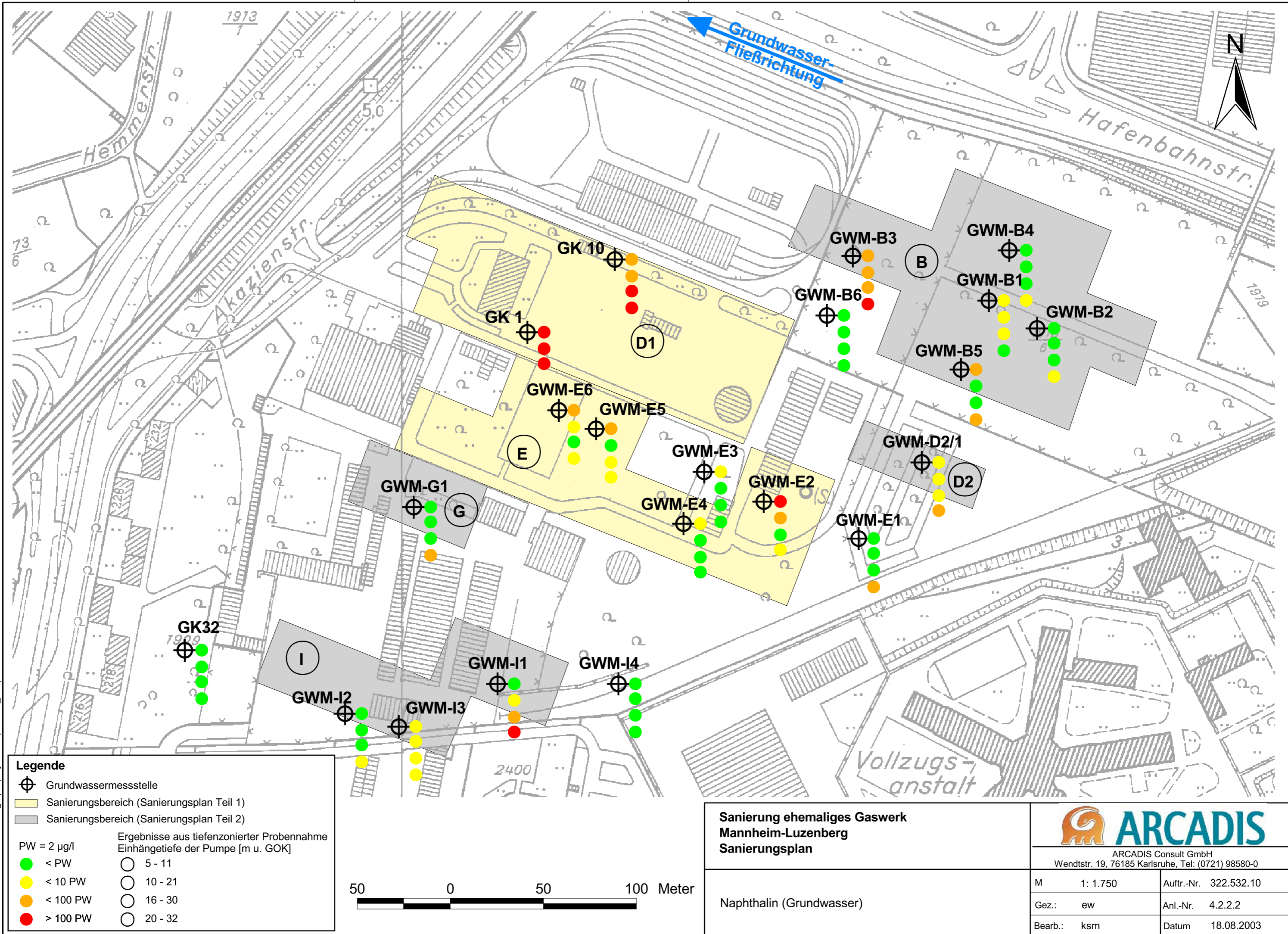
Vertikale Schadstoffverteilung

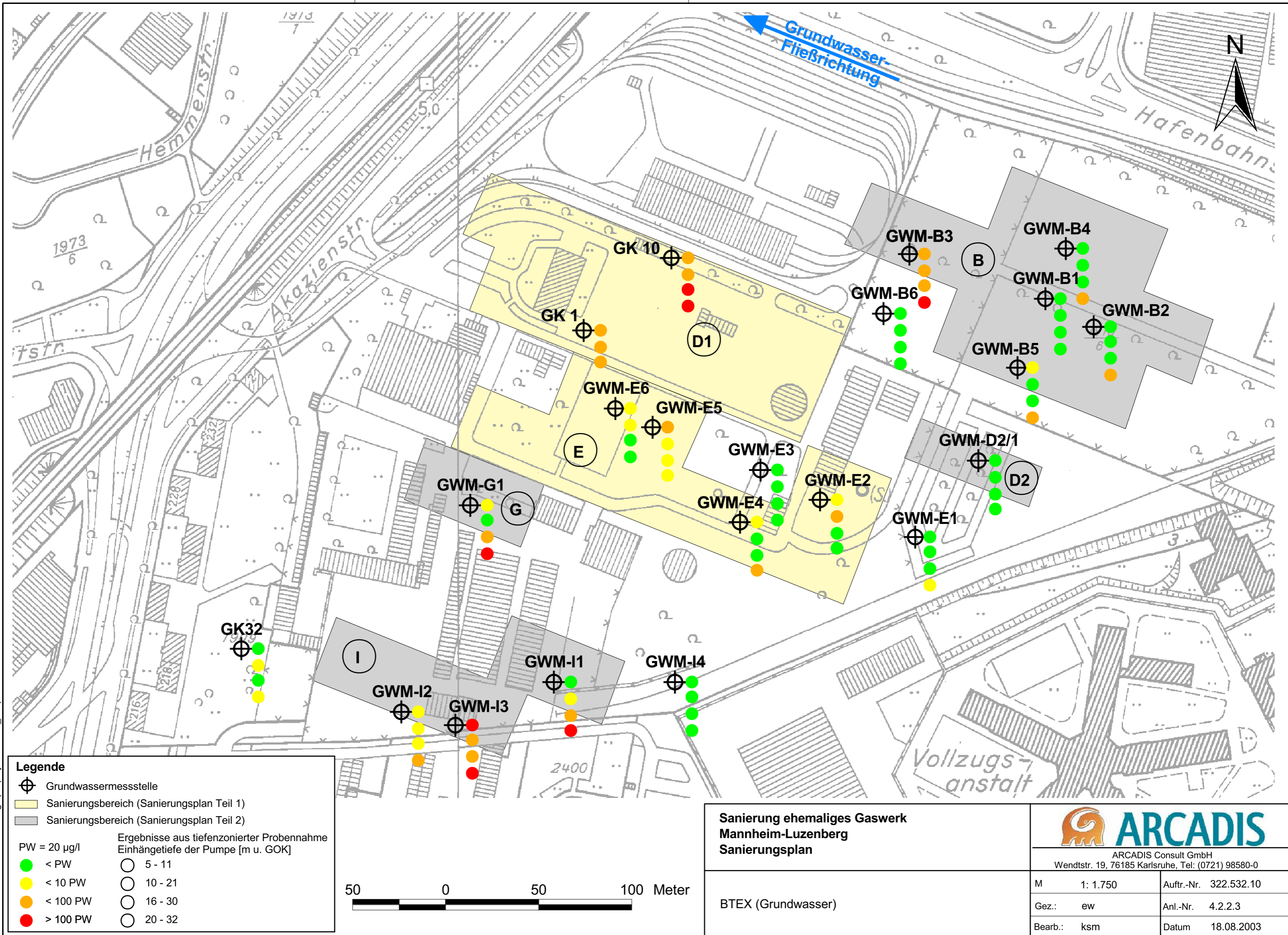
M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: EPA-PAK_neu)

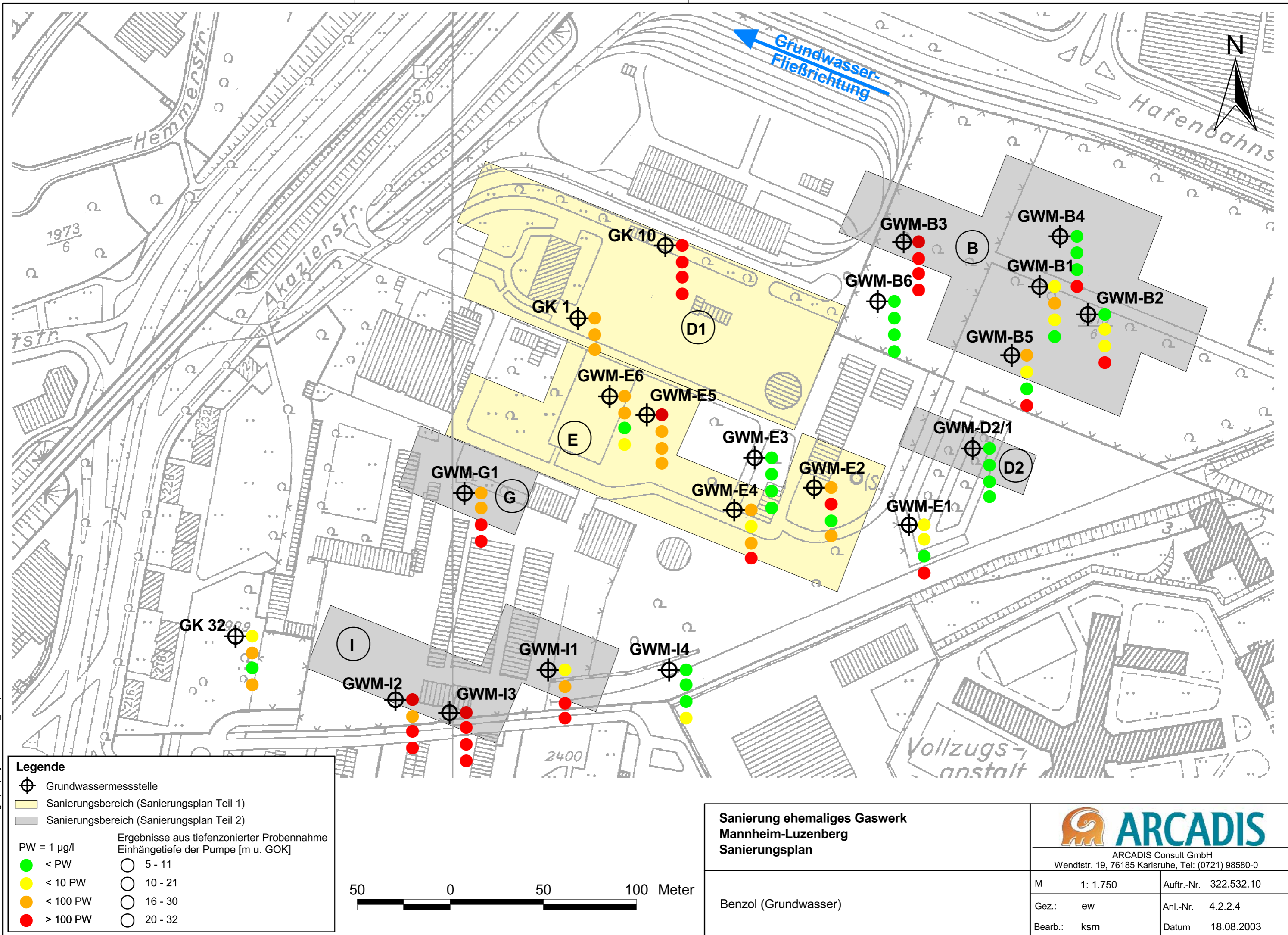


J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: Naphthalin_neu)





J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: Benzol_neu)



Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Tabellarische Darstellung der Analysenergebnisse
(tiefenzonierte Probennahme)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.2.5
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Ergebnisse der Grundwasseranalysen																		
Pegel	Proben- nahme- datum	Ent- nahme- tiefe [m u. GOK]	EPA-PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]	EPA-PAK o. Naphthalin [µg/l]	BTEX (nach BodschV) [µg/l]	Benzol [µg/l]	Phenolindex [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 D1																		
GK1	16.06.1995	10	5.315	4.050	1.265	3.439	591	10										
GK1	16.06.1995	20	2.056	450	1.606	1.658	270	14										
GK1	16.06.1995	30	2.865	1.850	1.015	2.712	653	14										
GK10	16.06.1995	10	220	95	125	941	843	800										
GK10	16.06.1995	20	278	100	178	1.120	1.020	980										
GK10	16.06.1995	30	506	440	66	4.301	3.781	3.560										
GK10	16.06.1995	32,5	798	760	38	7.822	7.072	6.350										
Sanierungsbereich E																		
E1	17.10.2002	7,1	1,98	0,7	1,2	3,3	3,3	3,3								47,7		
E1	17.10.2002	12	5,03	0,6	4,4	3,1	3,1	3,1								48,6		
E1	17.10.2002	22,5	0,603	0,1	0,5	n.n.	n.n.	<0,5								58		
E1	17.10.2002	32,5	37,6	37,1	0,5	215,9	197,8	131								292		
E2	24.10.2002	7,8	713	287,0	426,0	27,5	27,5	10,3	<10					1,33	45,2			
E2	24.10.2002	15,3	54,6	39,8	14,8	1.840,0	1.840,0	1470	<10	3,67	2,65	1,02	0,35	0,16	62,4	<1	289	
E2	24.10.2002	21,8	29,4	0,9	28,5	n.n.	n.n.	<0,5	<10	2,53				<0,1	71,4		<1	250
E2	24.10.2002	28,6	107,5	17,7	89,8	18,5	18,5	16	<10	2,48	1,7	0,78	0,165	0,12	141	<1		
E3	23.10.2002	11,2	162	6,4	155,6	50,2	n.n.	<0,5							75,6			
E3	23.10.2002	20,4	148	0,1	147,9	10,1	n.n.	<0,5							84,2			
E3	23.10.2002	24,2	101	0,2	100,8	47,7	n.n.	<0,5							84			
E3	23.10.2002	29,5	115	0,2	114,8	28,0	n.n.	<0,5							83,2			
E4	23.10.2002	7,2	68,8	6,4	62,4	38,0	25,9	25,9							112			
E4	23.10.2002	13,9	15,3	0,0	15,3	8,9	8,9	8,9							40,8			
E4	23.10.2002	23,2	2,64	0,0	2,6	12,6	12,6	12,6							171			
E4	23.10.2002	30,5	2,14	0,9	1,3	275,3	274,0	274							417			
E5	23.10.2002	7,4	810	89,0	721,0	456,0	305,9	289	65	5,98	3,8	2,18	0,604	0,87	38			
E5	23.10.2002	13,9	288	0,9	287,1	109,5	92,0	92	<10	3,55	2,2	1,35	0,606	0,42	48,2			
E5	23.10.2002	20	328	3,0	325,0	90,4	64,3	64,3	<10	4,08	2,37	1,71	0,462	0,73	76			
E5	23.10.2002	24	247	2,9	244,1	62,9	38,4	38,4	35	3,65	2,3	1,35	0,331	0,25	128			
E6	22.10.2002	7,5	886	52,8	833,2	425,4	38,9	26							178			
E6	22.10.2002	13,6	1185	3,5	1181,5	488,4	52,7	46,3	3,34	2,3	1,04	0,353	0,353		128	2,6	<1	240
E6	22.10.2002	21,7	180	0,3	179,7	19,3	n.n.	<0,5							173			
E6	22.10.2002	28,6	672	4,1	668,0	280,6	2,9	2,9	4,19	2,15	2,04	0,179	0,179		218	2,55	<1	171

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Bereich D1 (GK1, GK10)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



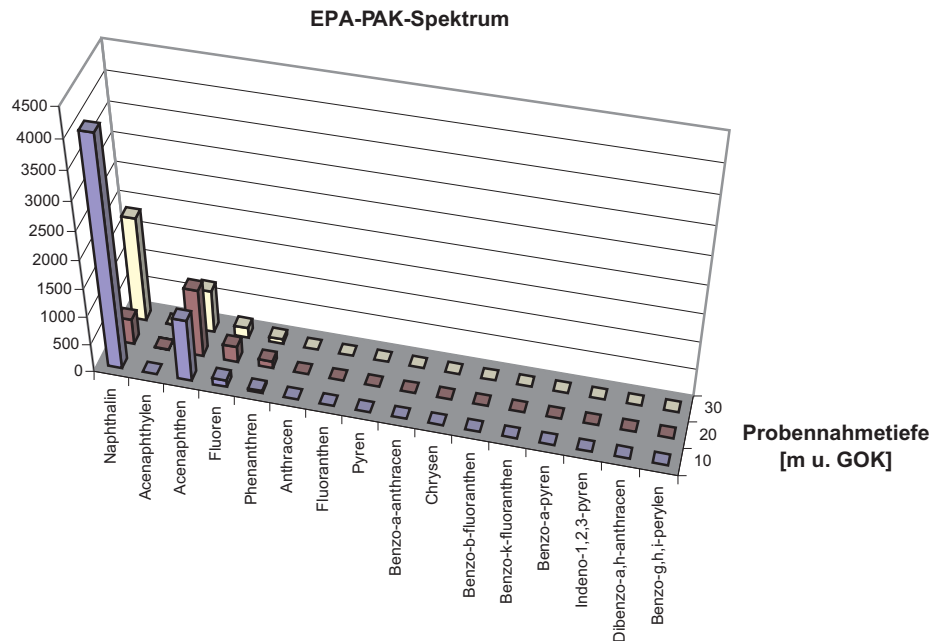
ARCADIS

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

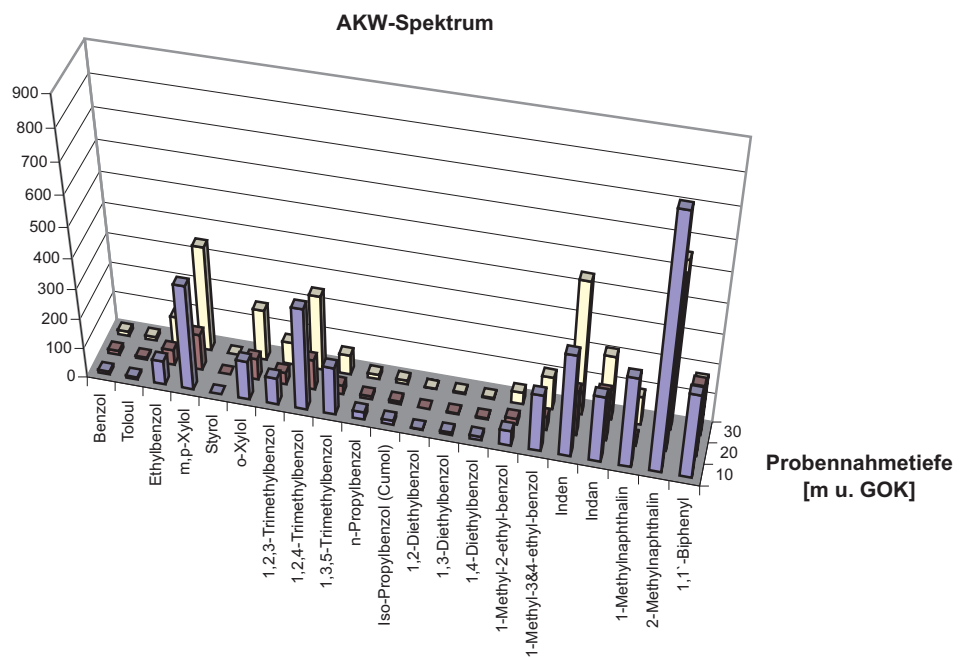
Bereich D1 (GK1, GK10)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

EPA-PAK [$\mu\text{g/l}$]



AKW [$\mu\text{g/l}$]



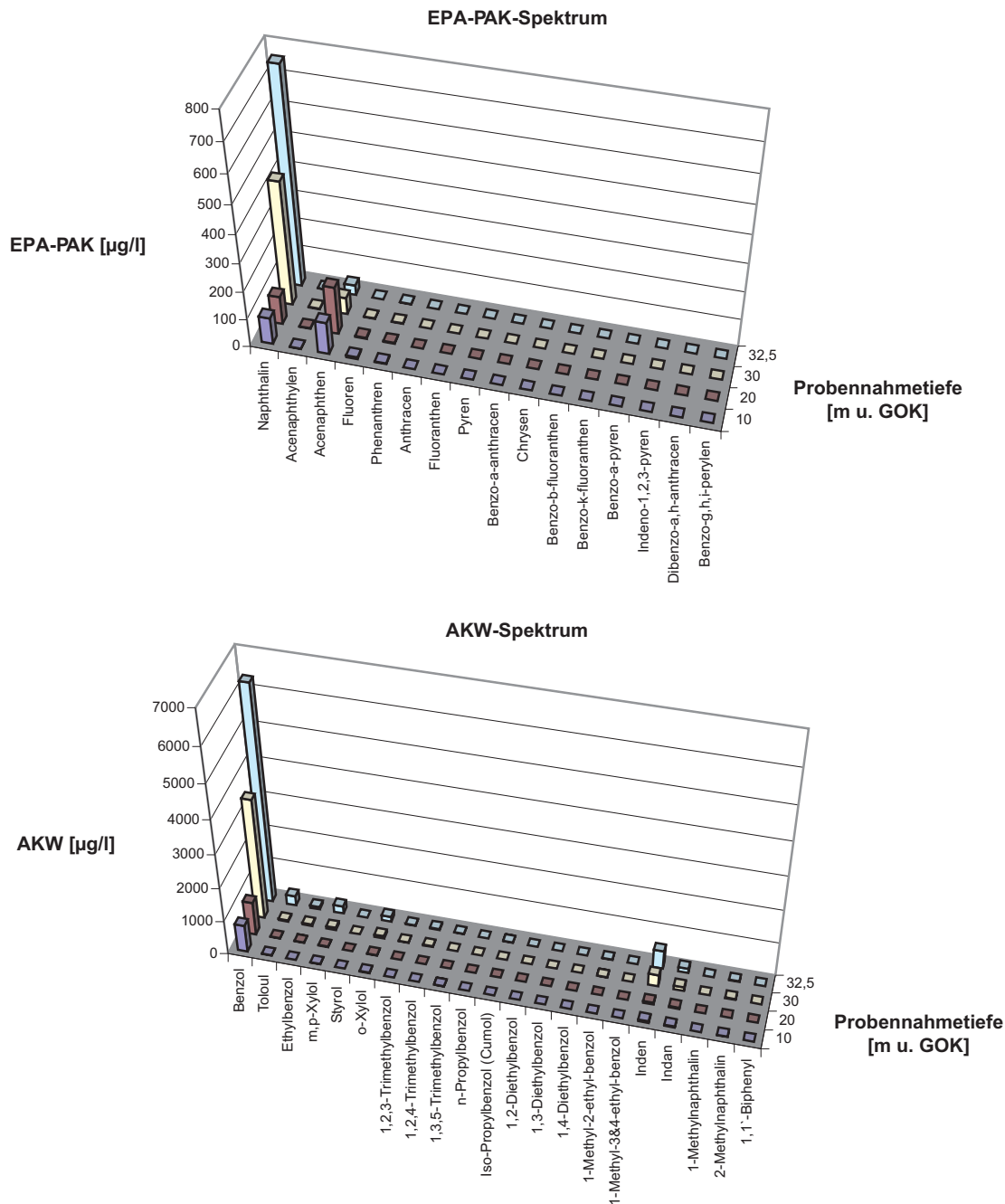
Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GK1



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.1.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GK10



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.1.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Bereich E (GWM-E1 bis GWM-E6)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Bereich E (GWM-E1 bis GWM-E6)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

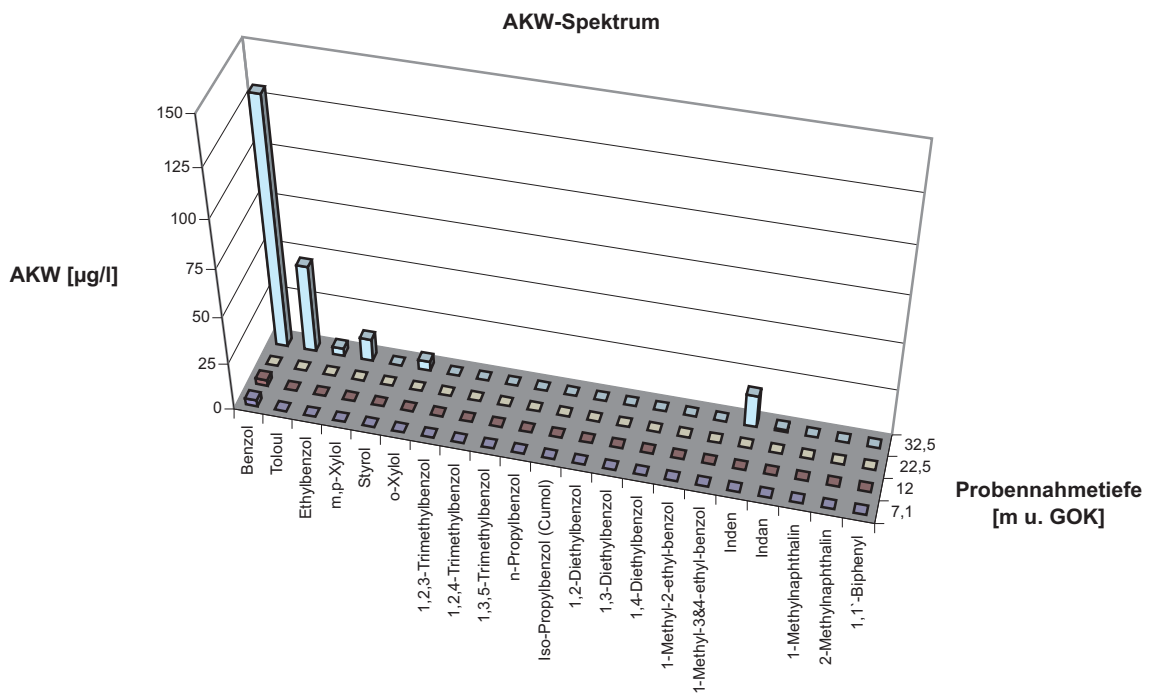
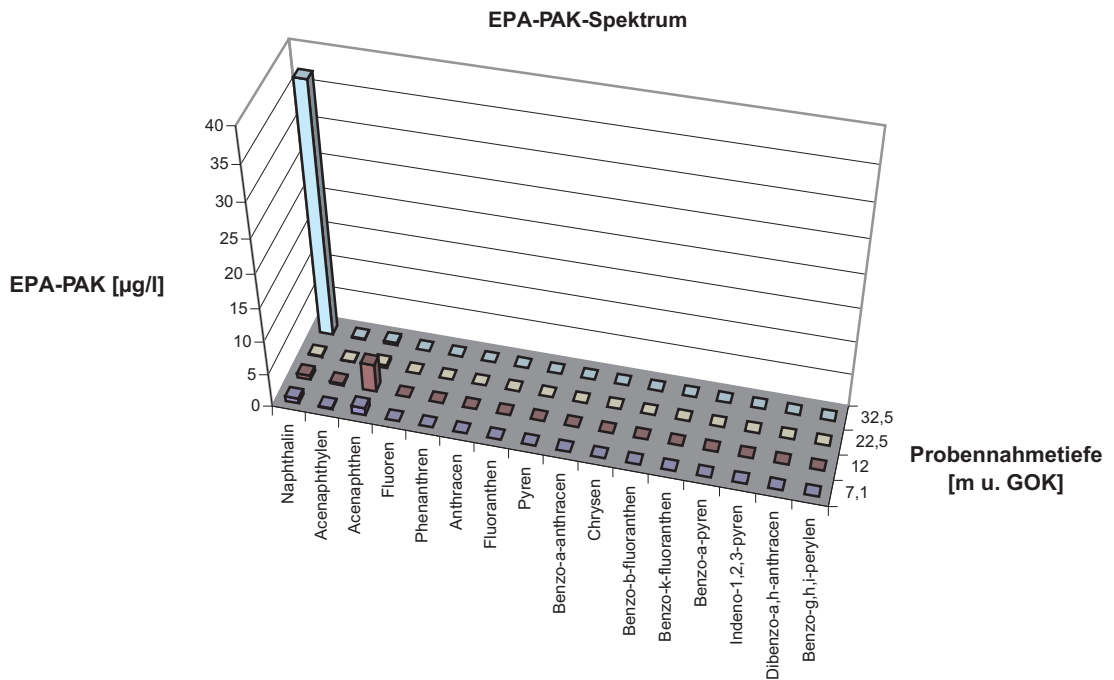
Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

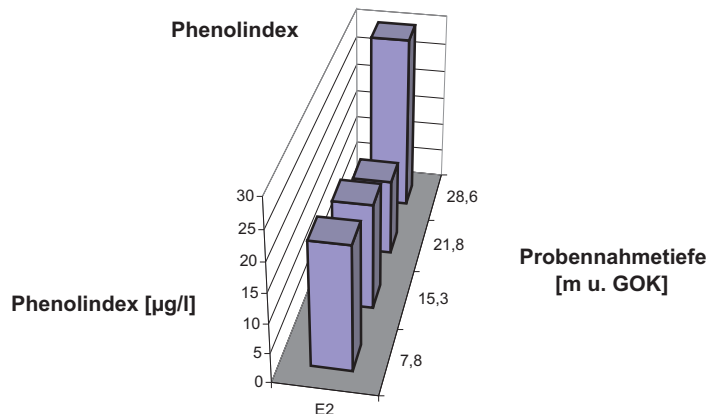
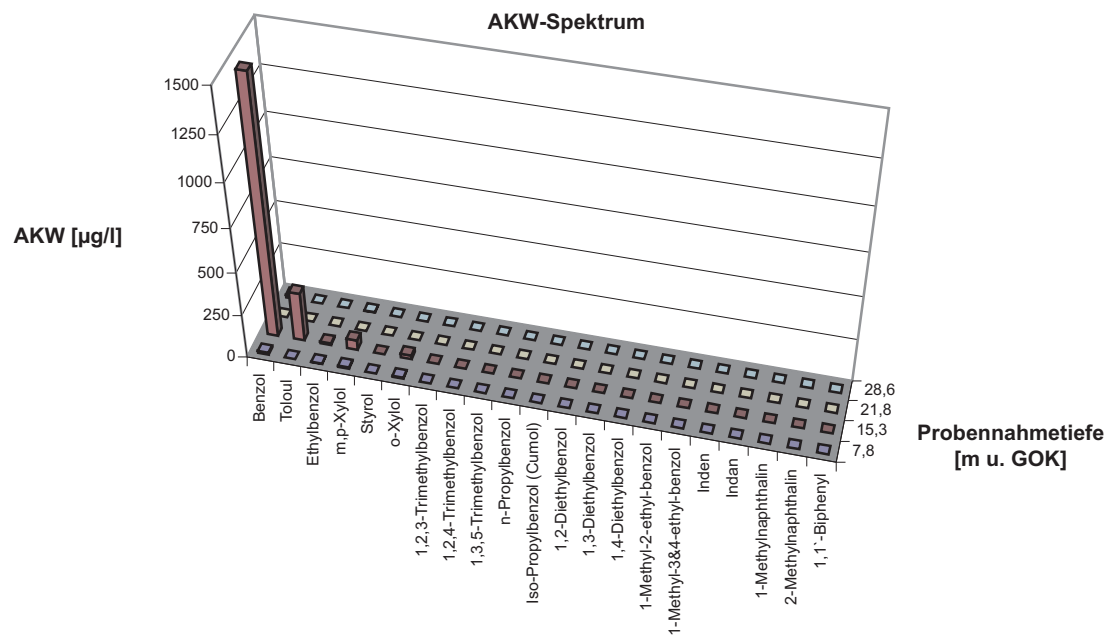
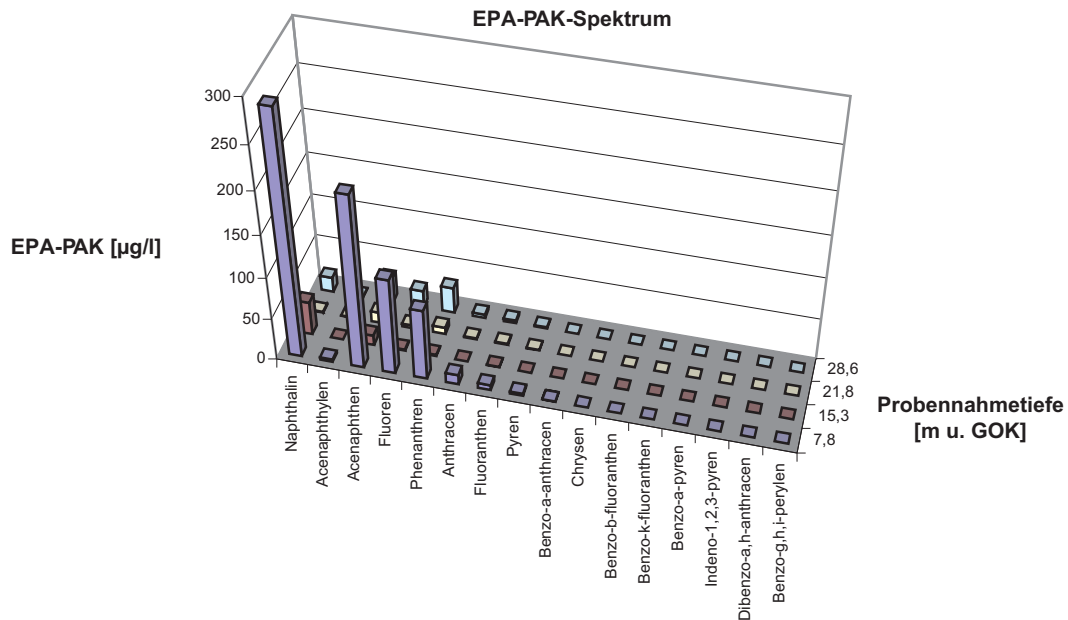
Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E1



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003





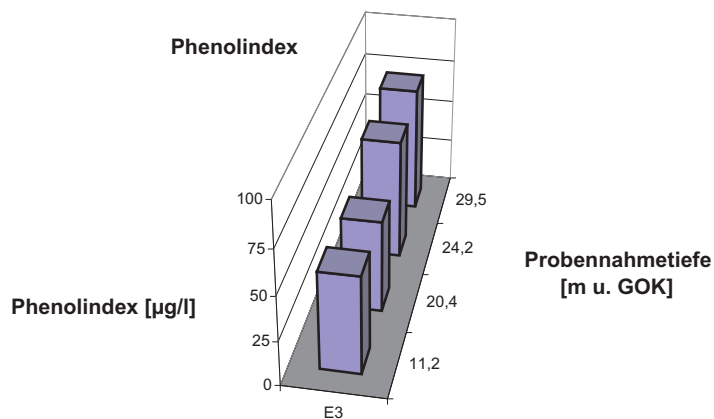
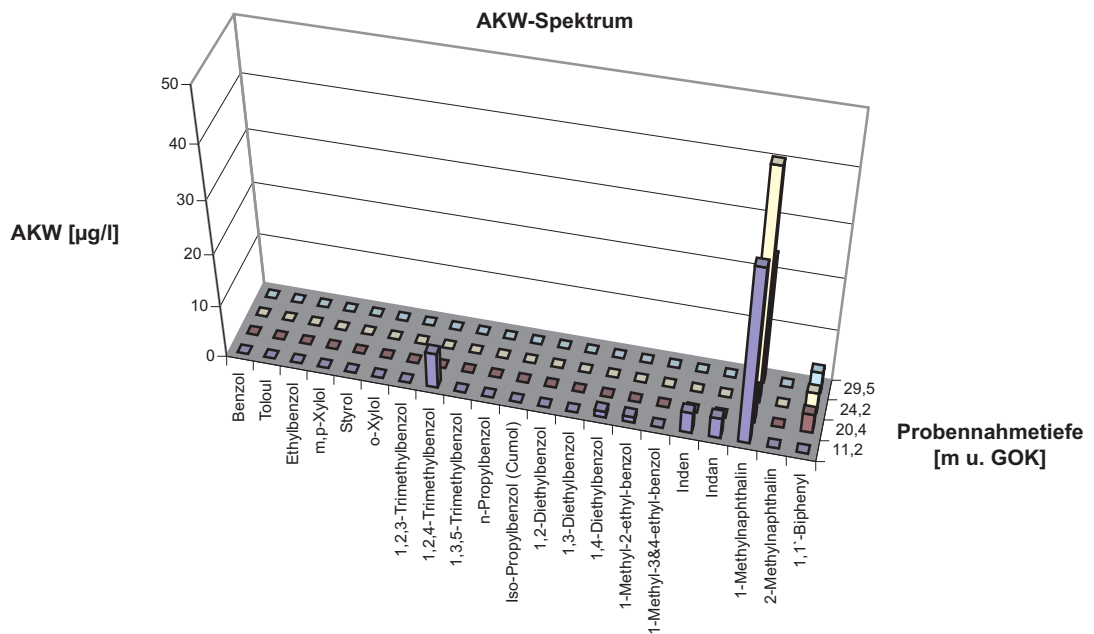
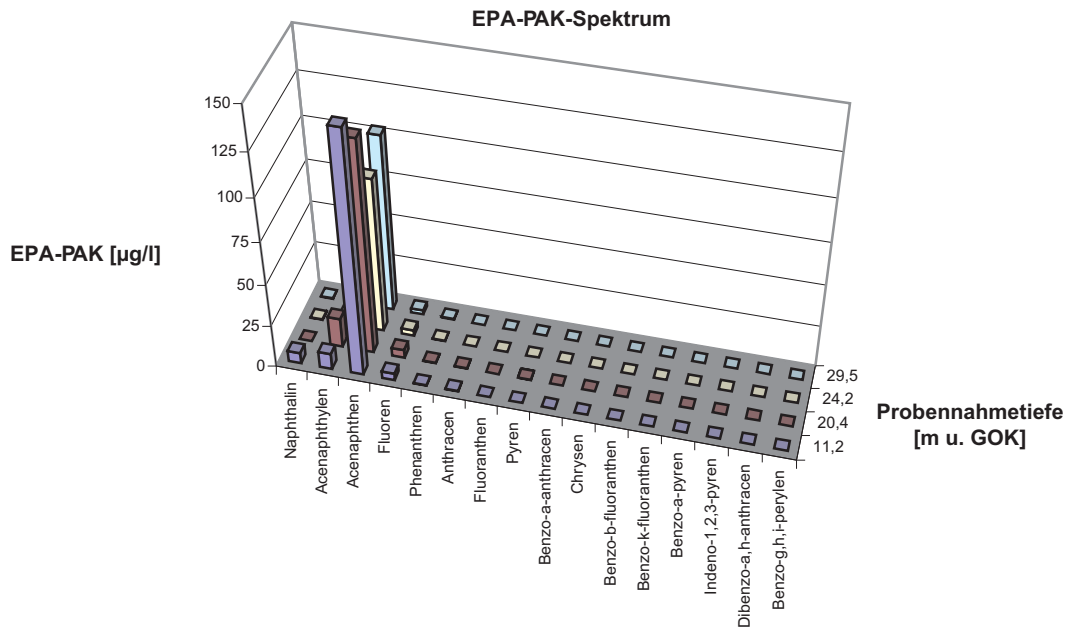
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E2



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



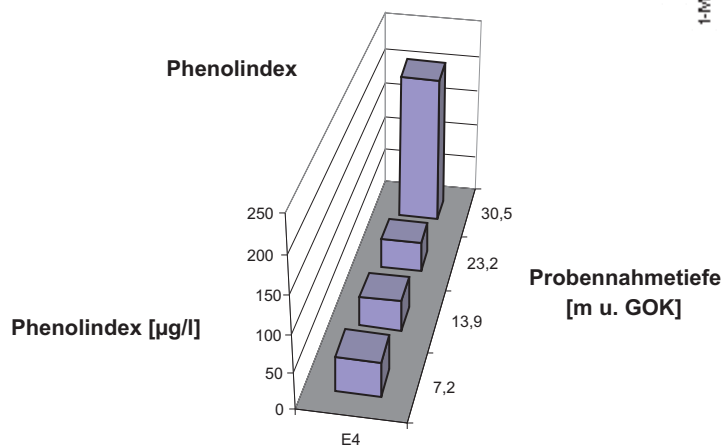
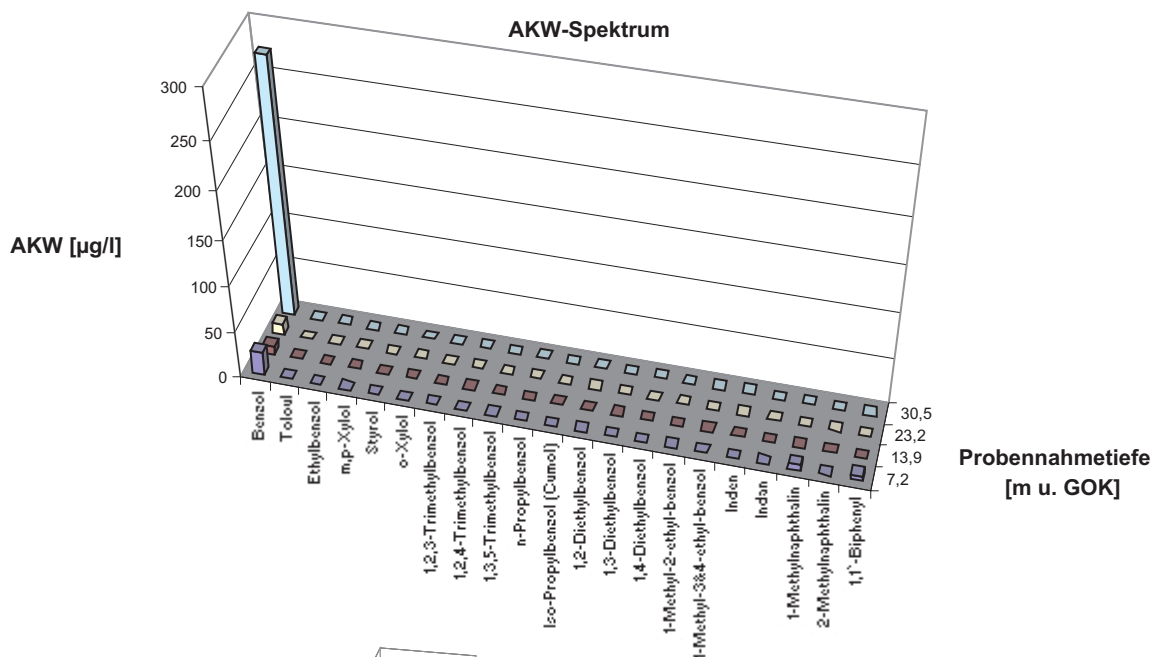
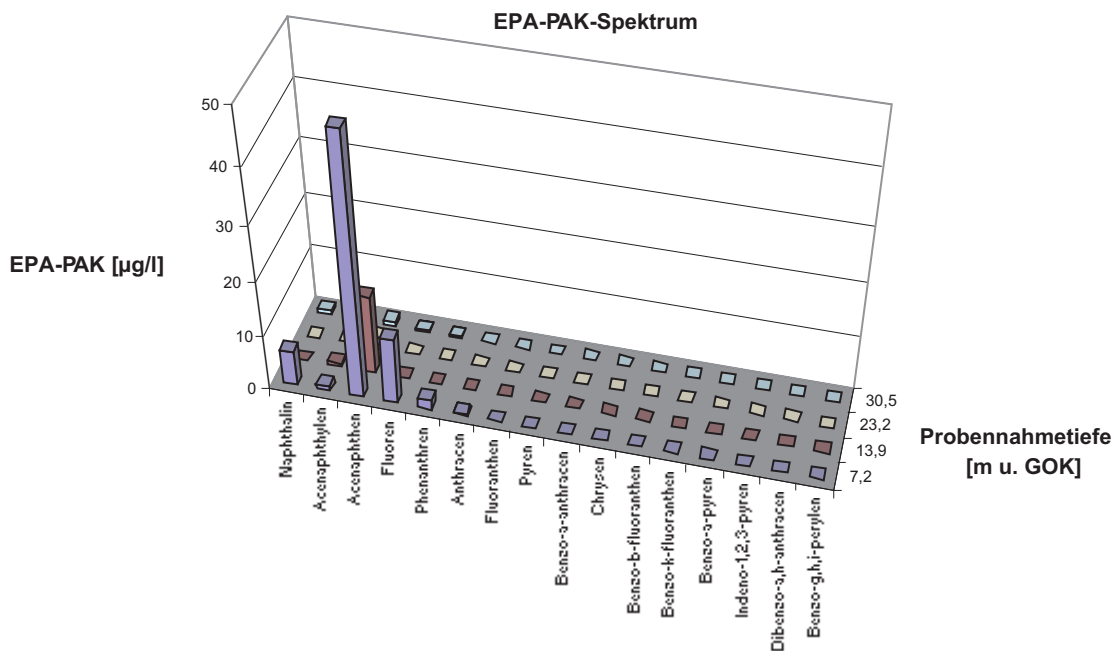
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E3



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



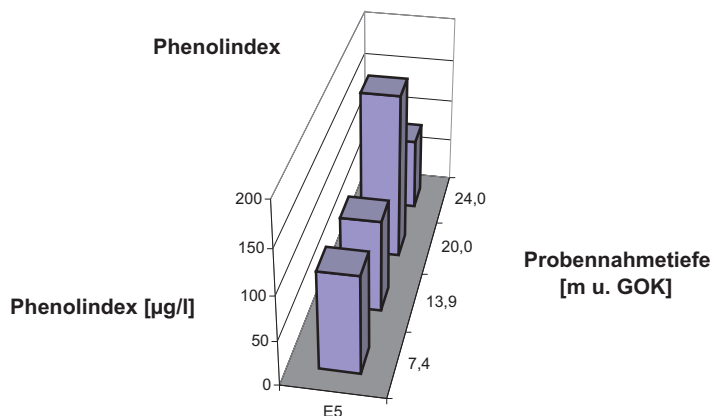
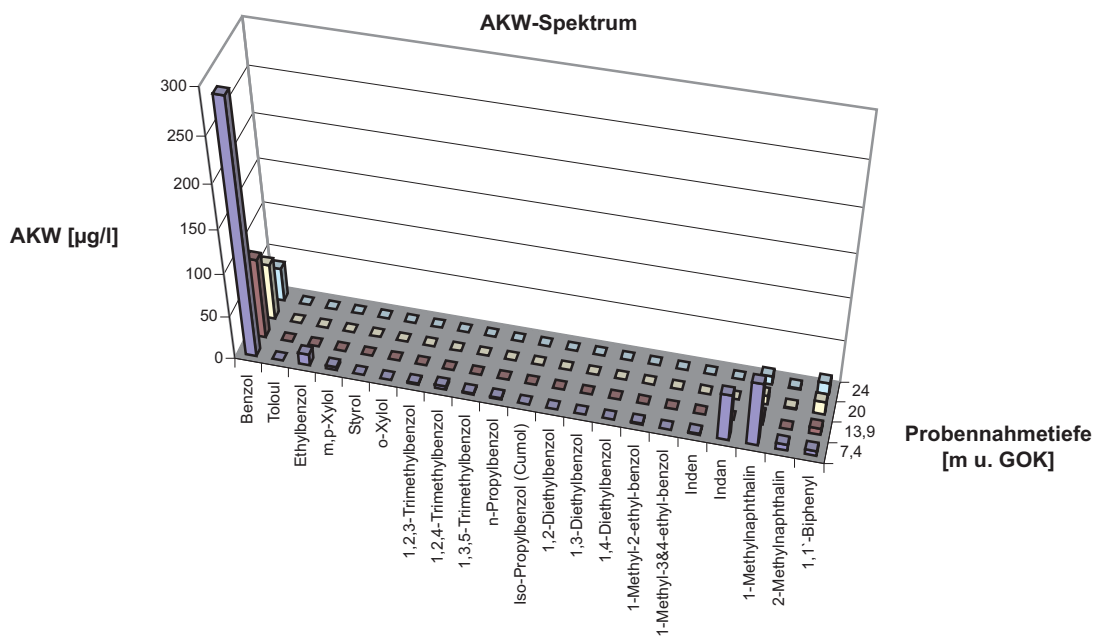
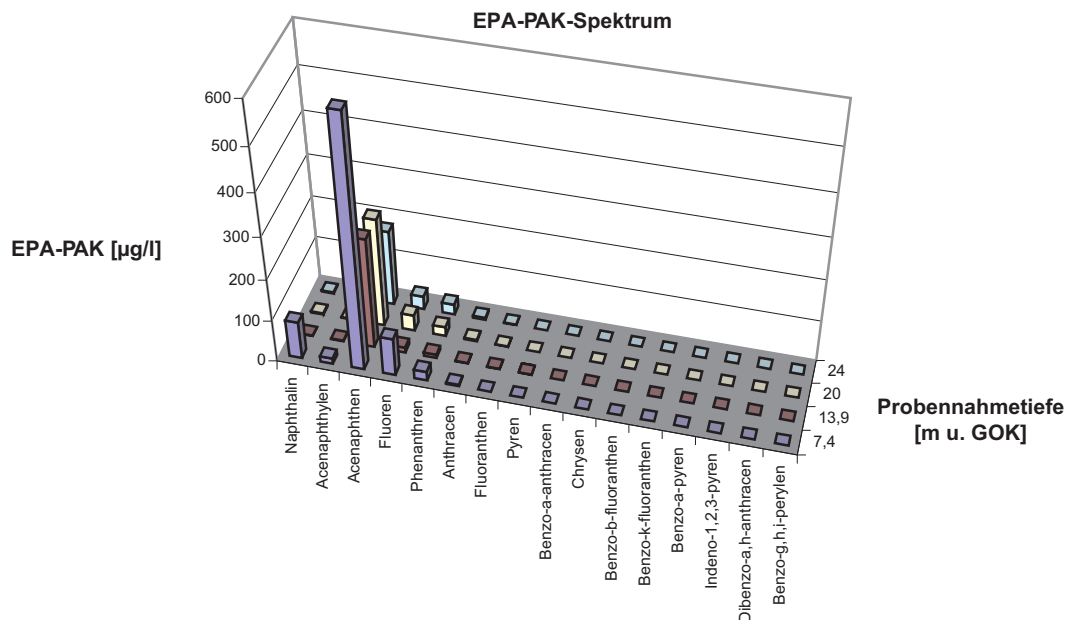
Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E4



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.4
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



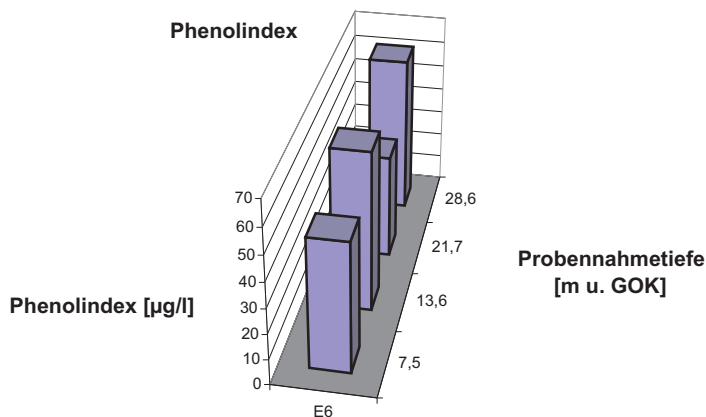
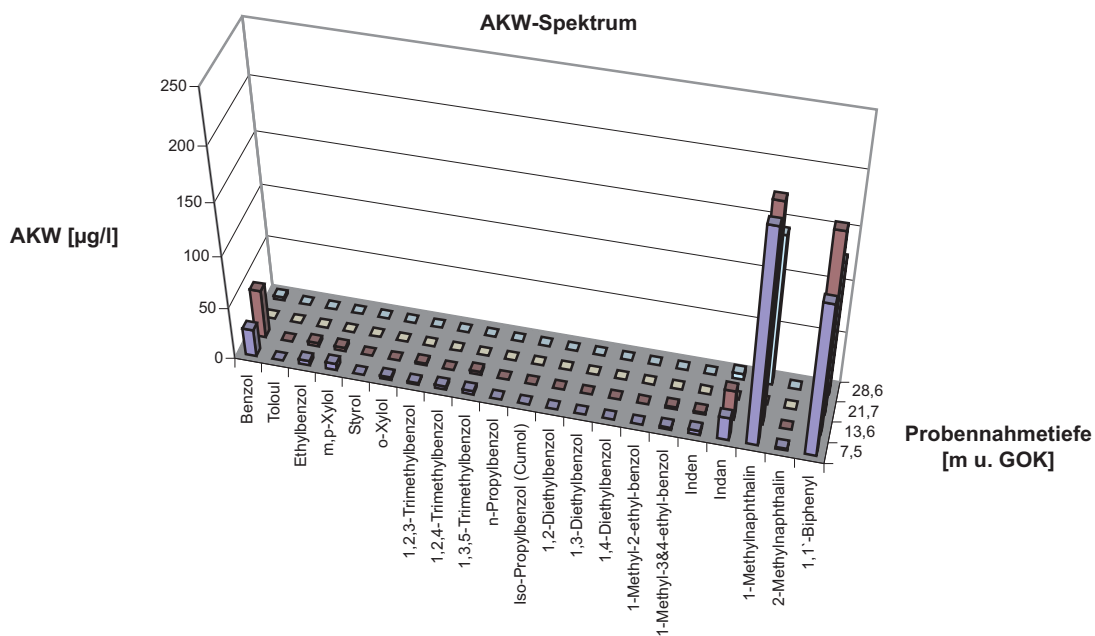
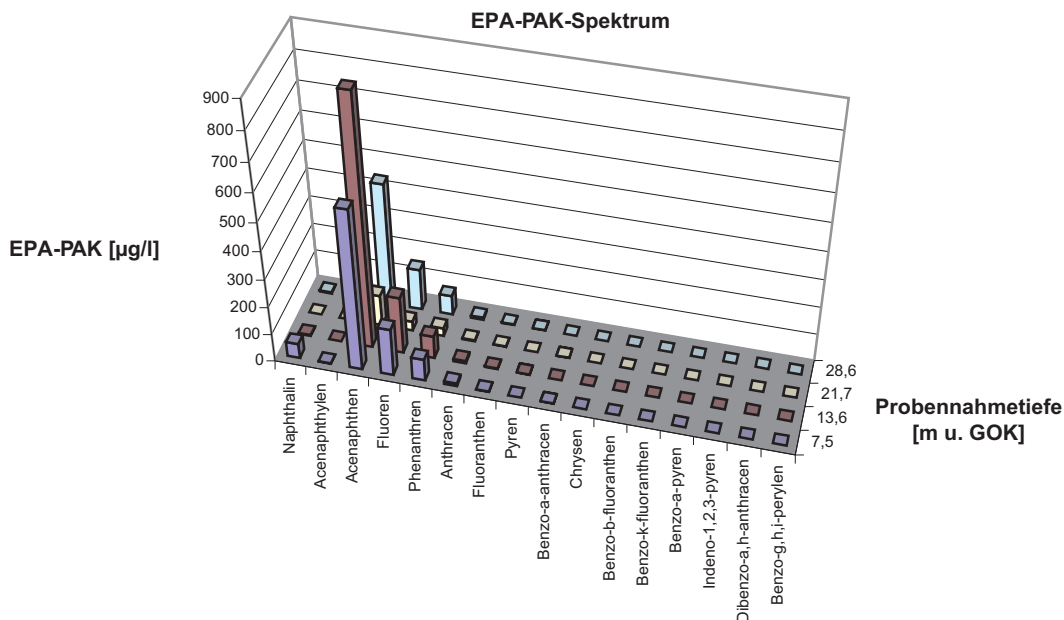
Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E5



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.5
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

Schadstoffspektren (EPA-PAK und AKW)
Grundwasseranalysen an GWM-E6



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

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	4.2.3.2.6
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Sanierungsziele und Sanierungsbereiche

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	5
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Sanierungsbereiche

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

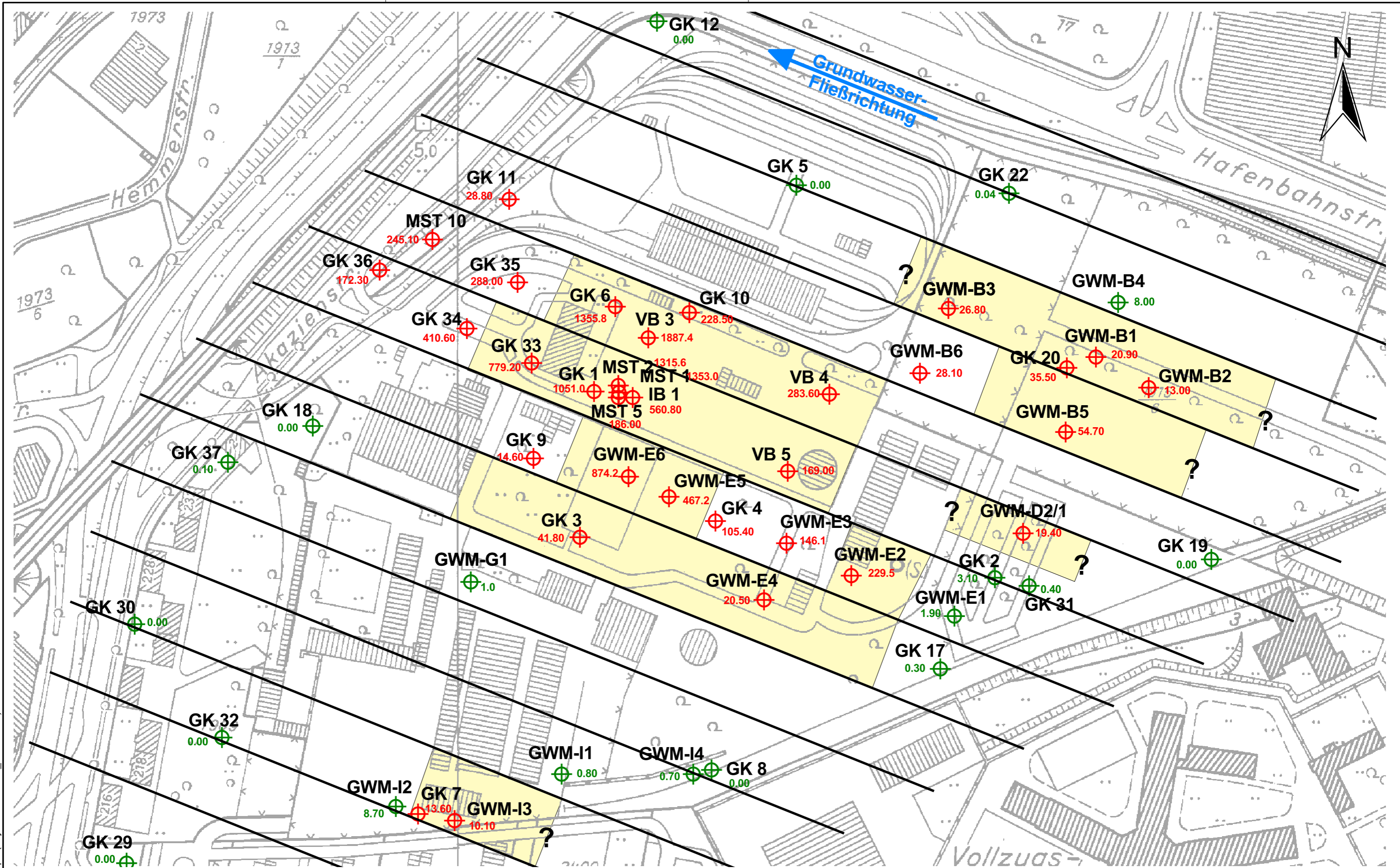


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Sanierungsbereiche

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	5.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: EPA-PAK_BBodSchV)



Legende	
	< 9,4 µg/l EPA-PAK ohne Naphthalin
	> 9,4 µg/l EPA-PAK ohne Naphthalin
	Stromröhren
	Sanierungsbereich (Sanierungsplan)

50 0 50 100 Meter

Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan

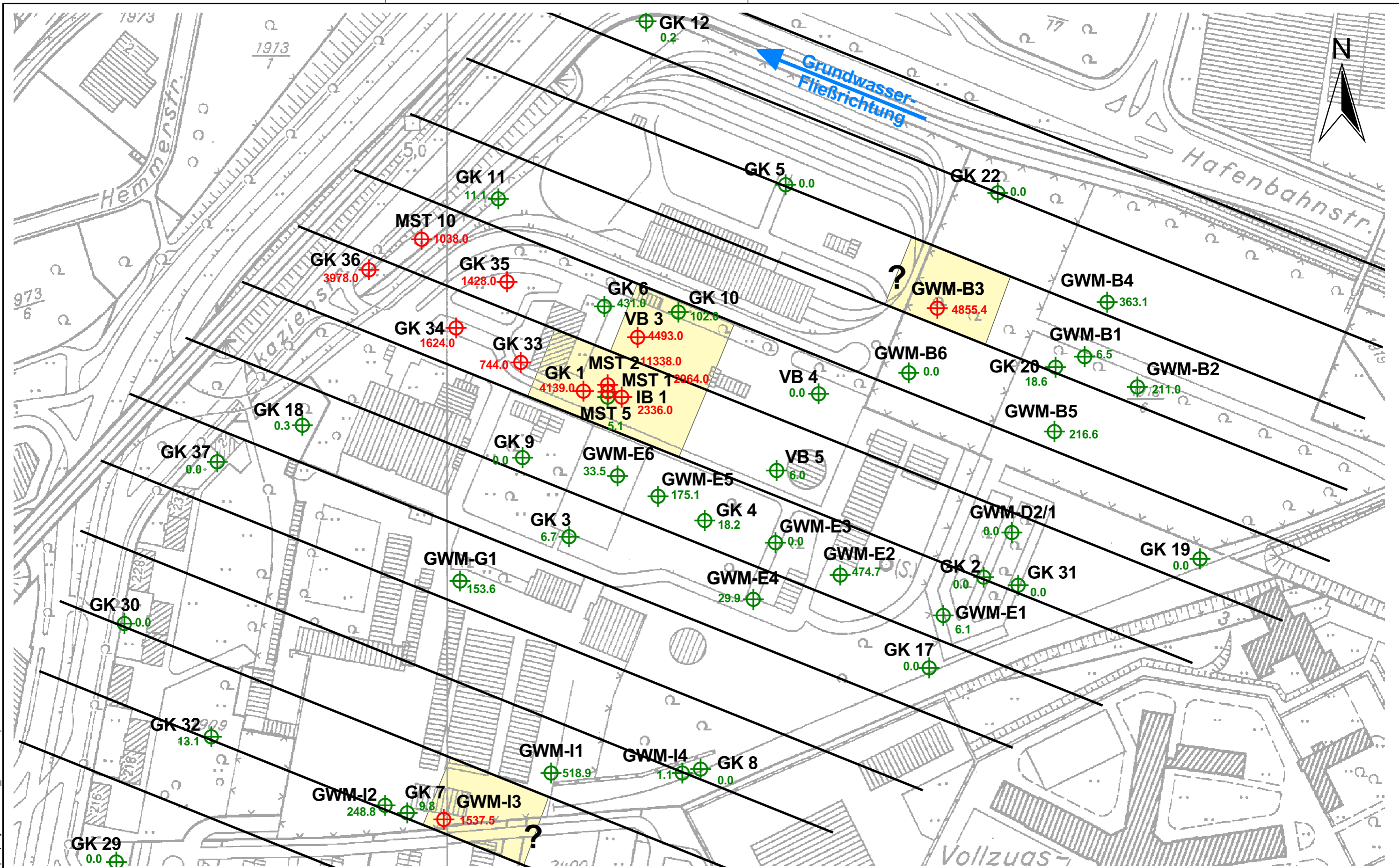
Sanierungsbereiche bezogen auf
EPA-PAK o. Naphthalin



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

M	1: 1.750	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr. 5.1.1
Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003

J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: BTEX_BBodSchV)



Legende	
	< 588 µg/l BTEX
	> 588 µg/l BTEX
	Stromröhren
	Sanierungsbereich (Sanierungsplan)



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan

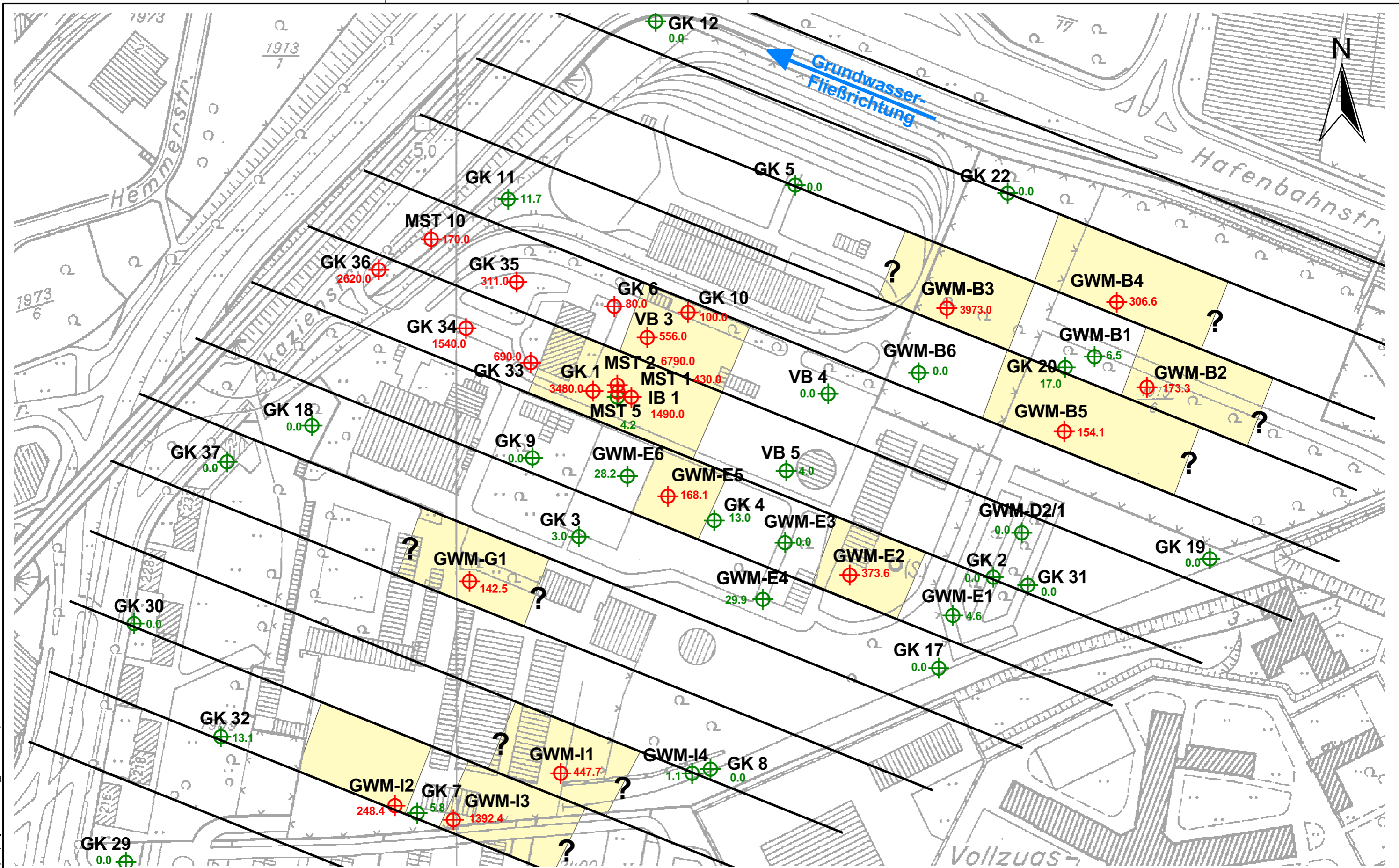
Sanierungsbereiche bezogen auf BTEX



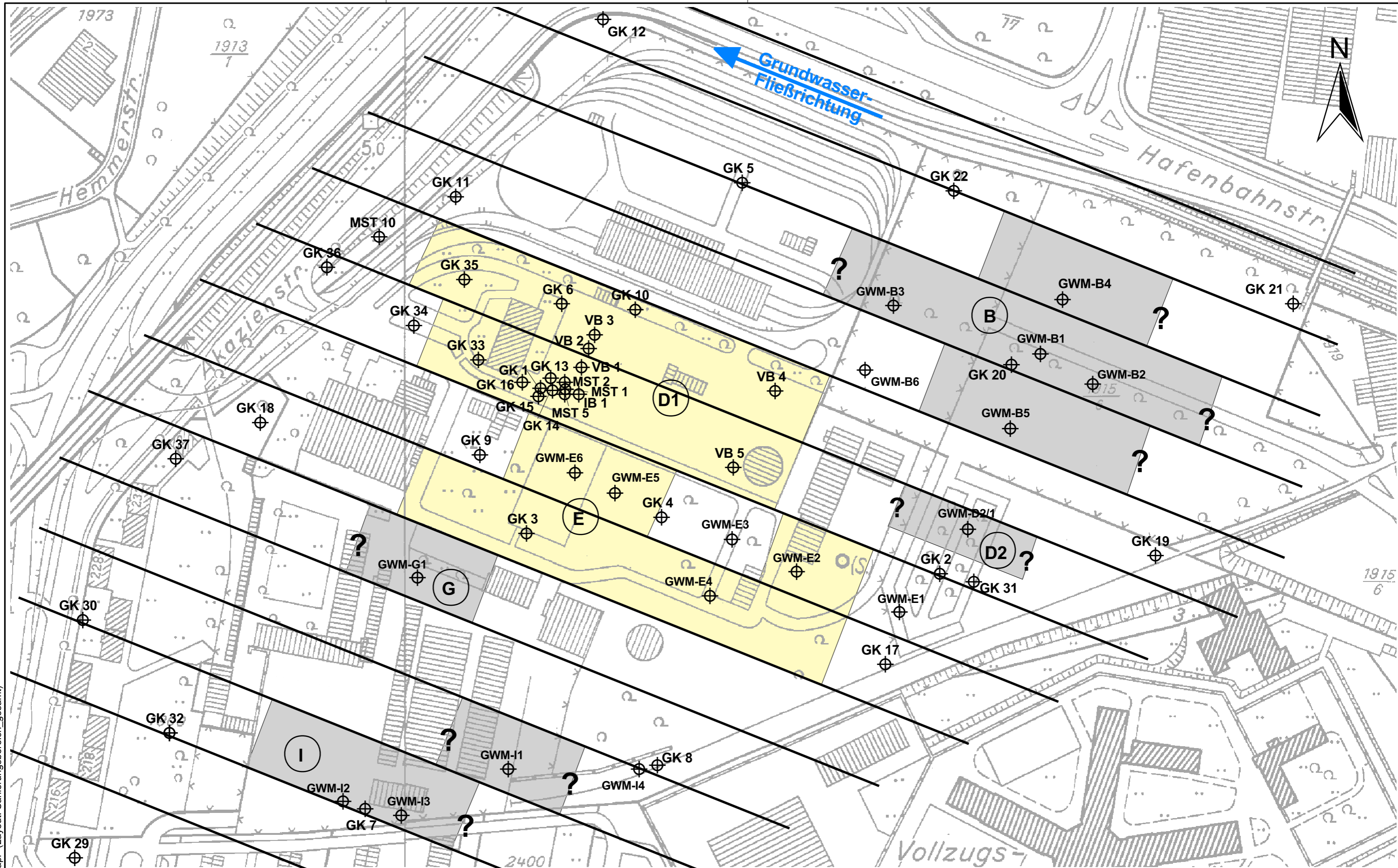
ARCADIS Consult GmbH
Wendtstr. 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580-0

M	1: 1.750	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr. 5.1.3
Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003

J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: Benzol_BBodSchV)




J:\322\32253201\GIS\Luzenberg.apr (Layout: Sanierungsbereich_gesamt)



Legende

- ⊕ Grundwassermessstellen
- Stromröhren
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 1)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 2)

Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan		 ARCADIS Consult GmbH Wendtstr. 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580-0	
Lage der Gesamtsanierungsbereiche	M	1: 1.750	Auftr.-Nr. 322.532.10
	Gez.:	ew	Anl.-Nr. 5.1.5
	Bearb.:	ksm	Datum 18.08.2003

**zu Kapitel 6
existieren keine Anlagen**

**zu Kapitel 7
existieren keine Anlagen**

Vorgesehenes Sanierungsverfahren

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



ARCADIS

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

Vorgesehenes Sanierungsverfahren

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	8
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Darstellung der Spülkreisläufe

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

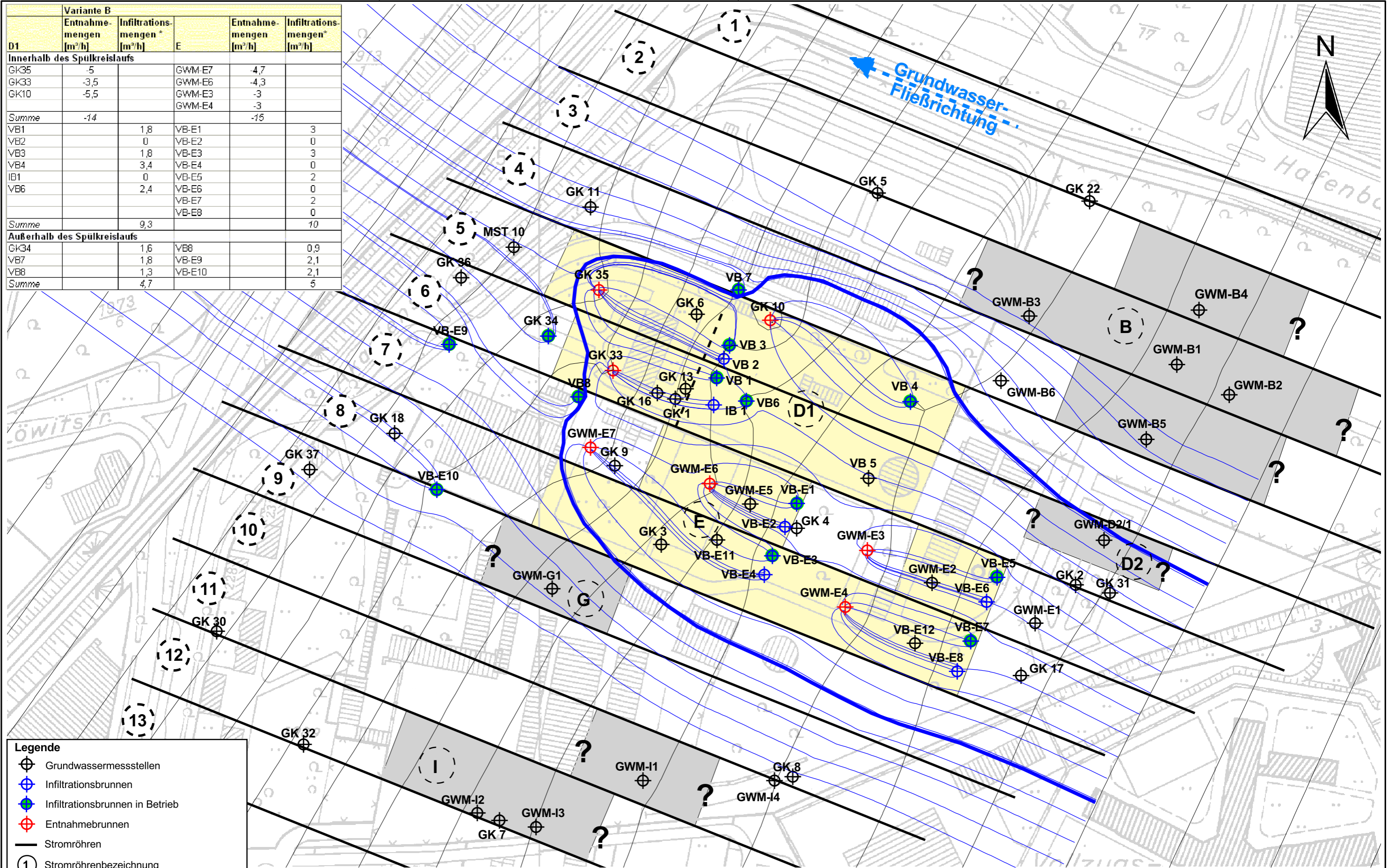


ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

Darstellung der Spülkreisläufe

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	8.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Variante B					
D1	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen* [m³/h]	E	Entnahme- mengen [m³/h]	Infiltrations- mengen* [m³/h]
Innerhalb des Spülkreislaufs					
GK35	-5		GWM-E7	-4,7	
GK33	-3,5		GWM-E6	-4,3	
GK10	-5,5		GWM-E3	-3	
			GWM-E4	-3	
Summe	-14			-15	
VB1		1,8	VB-E1		3
VB2		0	VB-E2		0
VB3		1,8	VB-E3		3
VB4		3,4	VB-E4		0
IB1		0	VB-E5		2
VB6		2,4	VB-E6		0
			VB-E7		2
			VB-E8		0
Summe		9,3			10
Außerhalb des Spülkreislaufs					
GK34		1,6	VB8		0,9
VB7		1,8	VB-E9		2,1
VB8		1,3	VB-E10		2,1
Summe		4,7			5



Legende

- Grundwassermessstellen
- Infiltrationsbrunnen
- Infiltrationsbrunnen in Betrieb
- Entnahmebrunnen
- Stromröhren
- Stromröhrenbezeichnung
- Trennstromlinie
- Lage der 2 Horizontalinfiltrationen (Tiefe rd. 20 m, 29 m)
- Bahnlinie (Ebene 1)
- Isohypsen
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 1)
- Sanierungsbereich (Sanierungsplan Teil 2)

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Mannheim-Luzenberg
Sanierungsplan

Spülkreislauf Variante B

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

M	1: 1.750	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	8.1.3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Partikelfließwege in den verschiedenen Bodenebenen (Grundvariante)

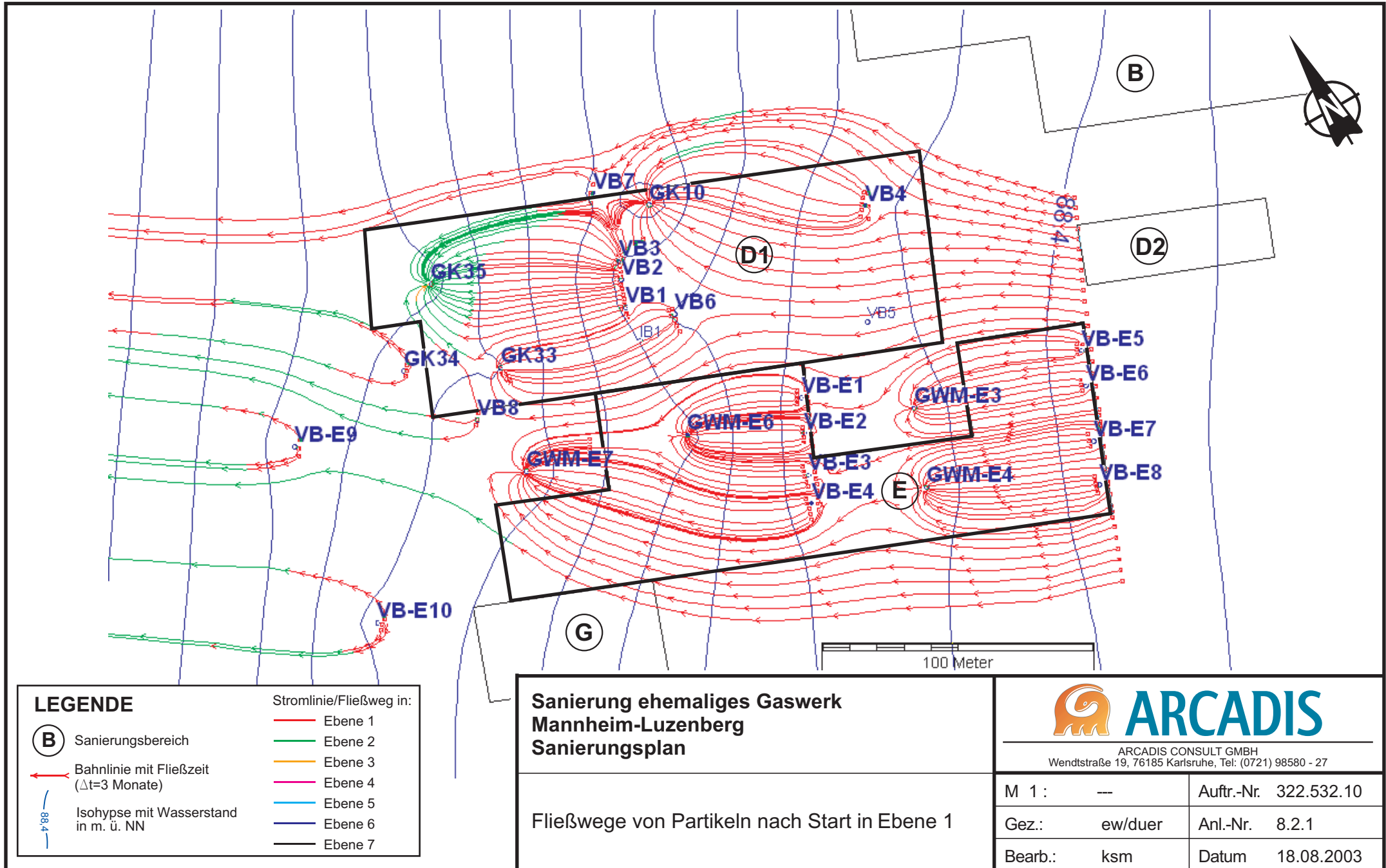
**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

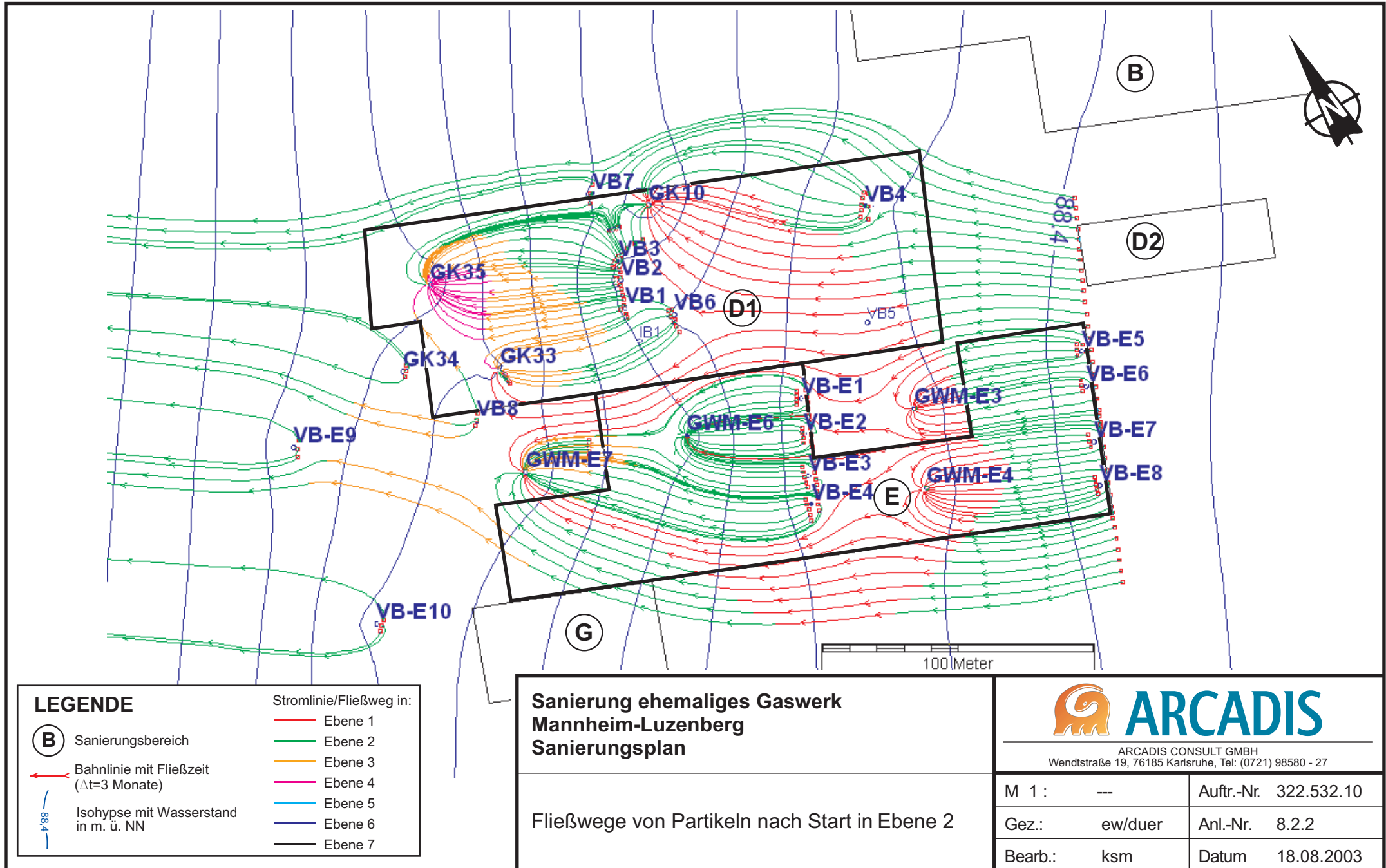


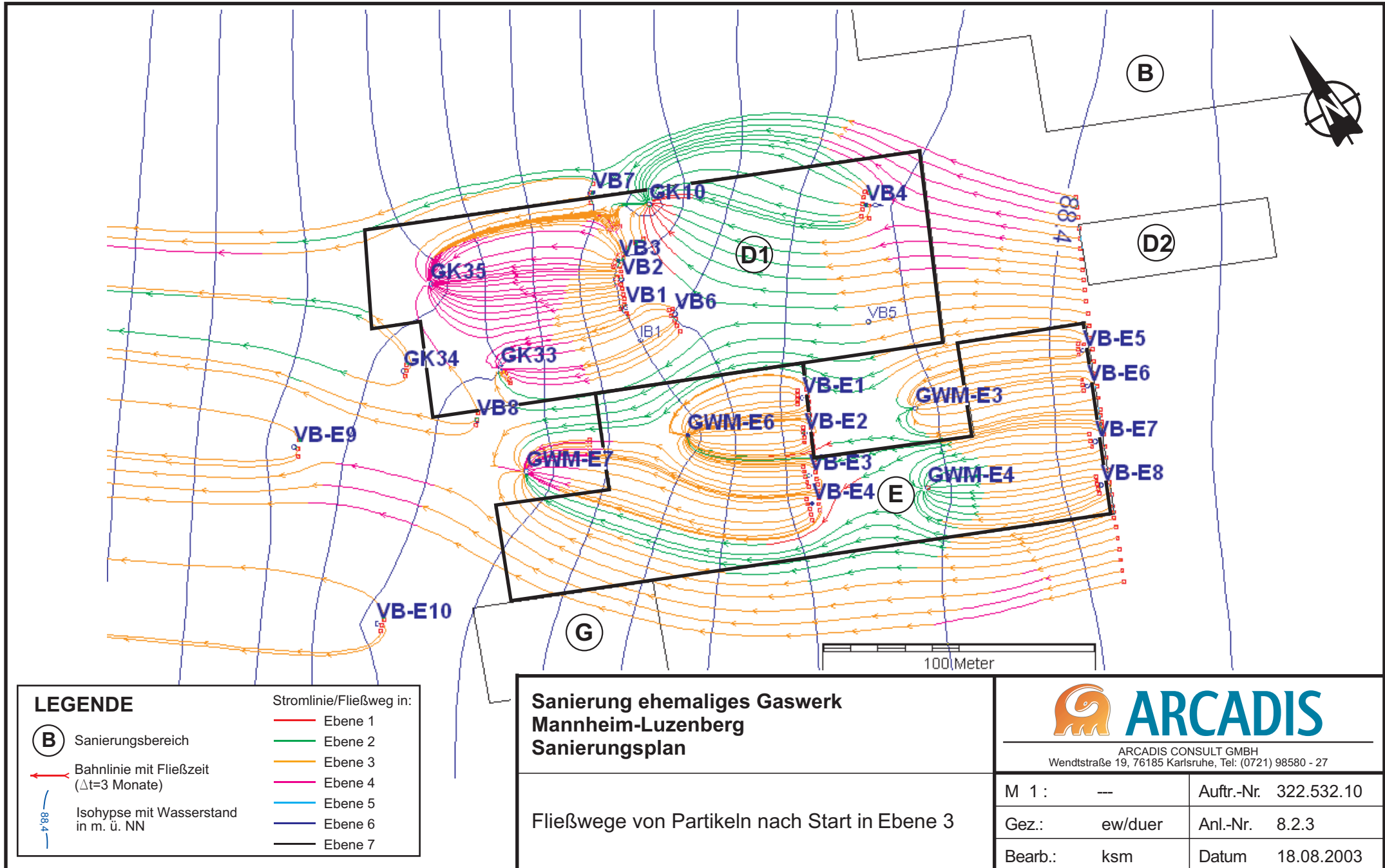
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

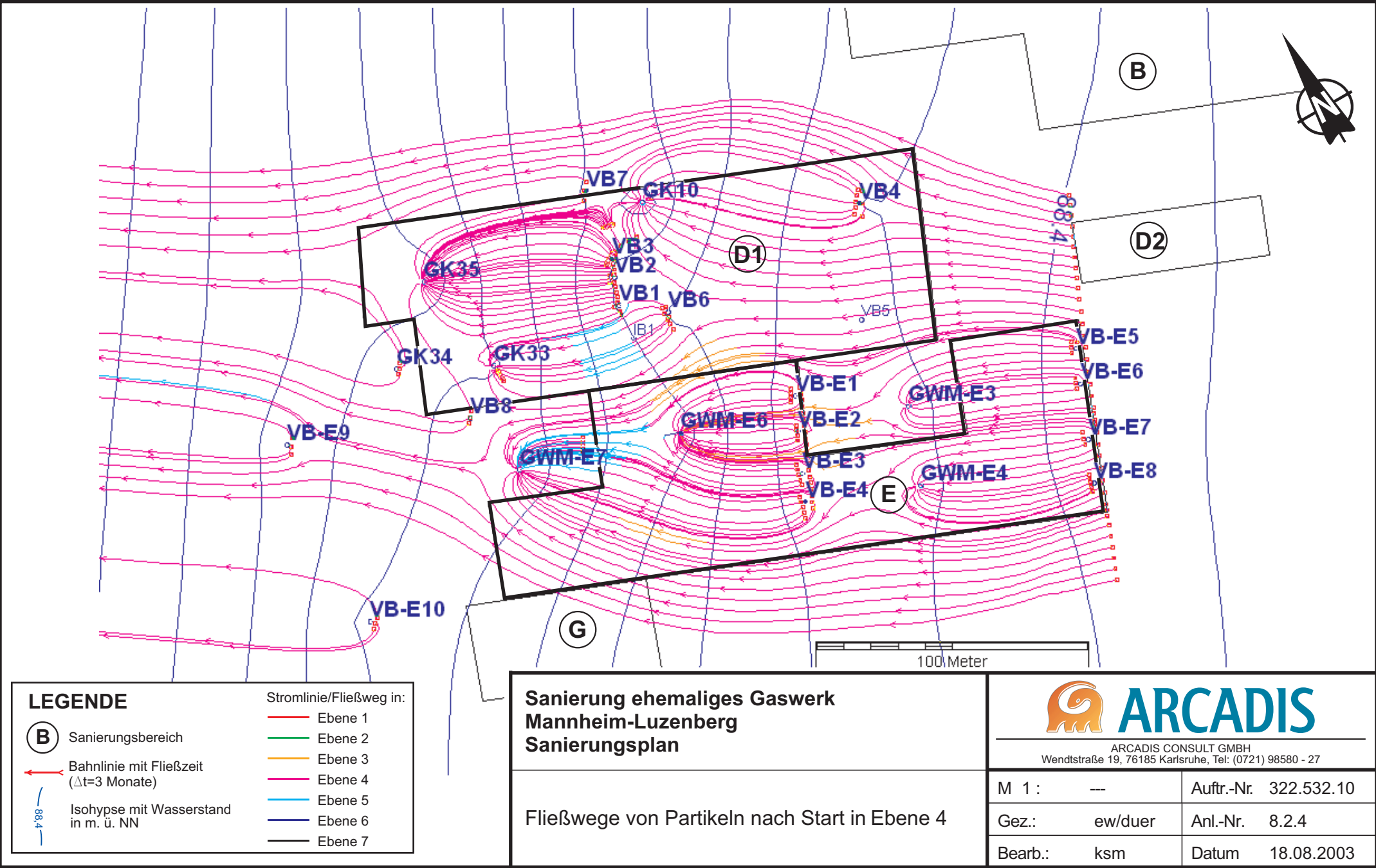
Partikelfließwege in den verschiedenen
Bodenebenen (Grundvariante)

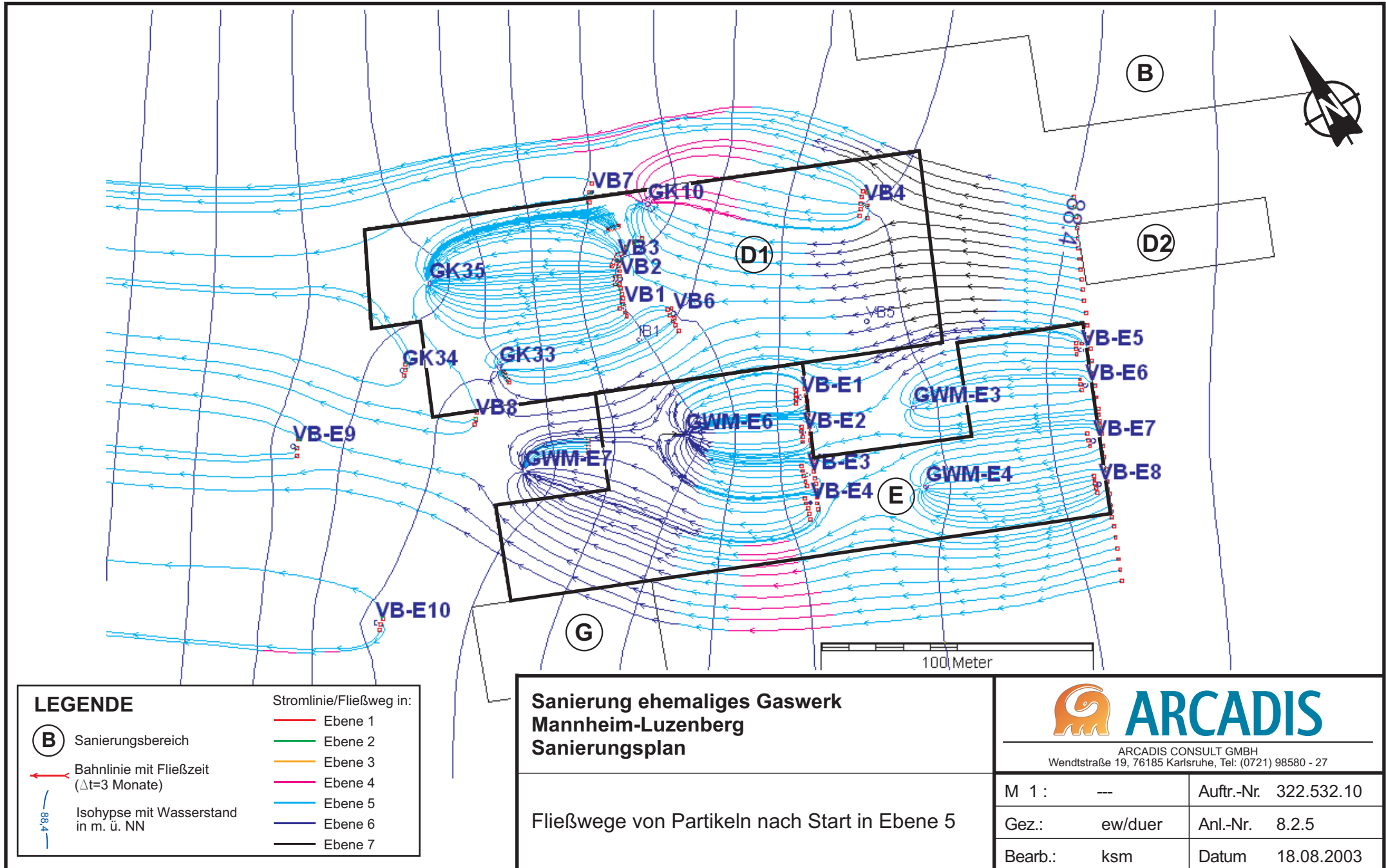
M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	8.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

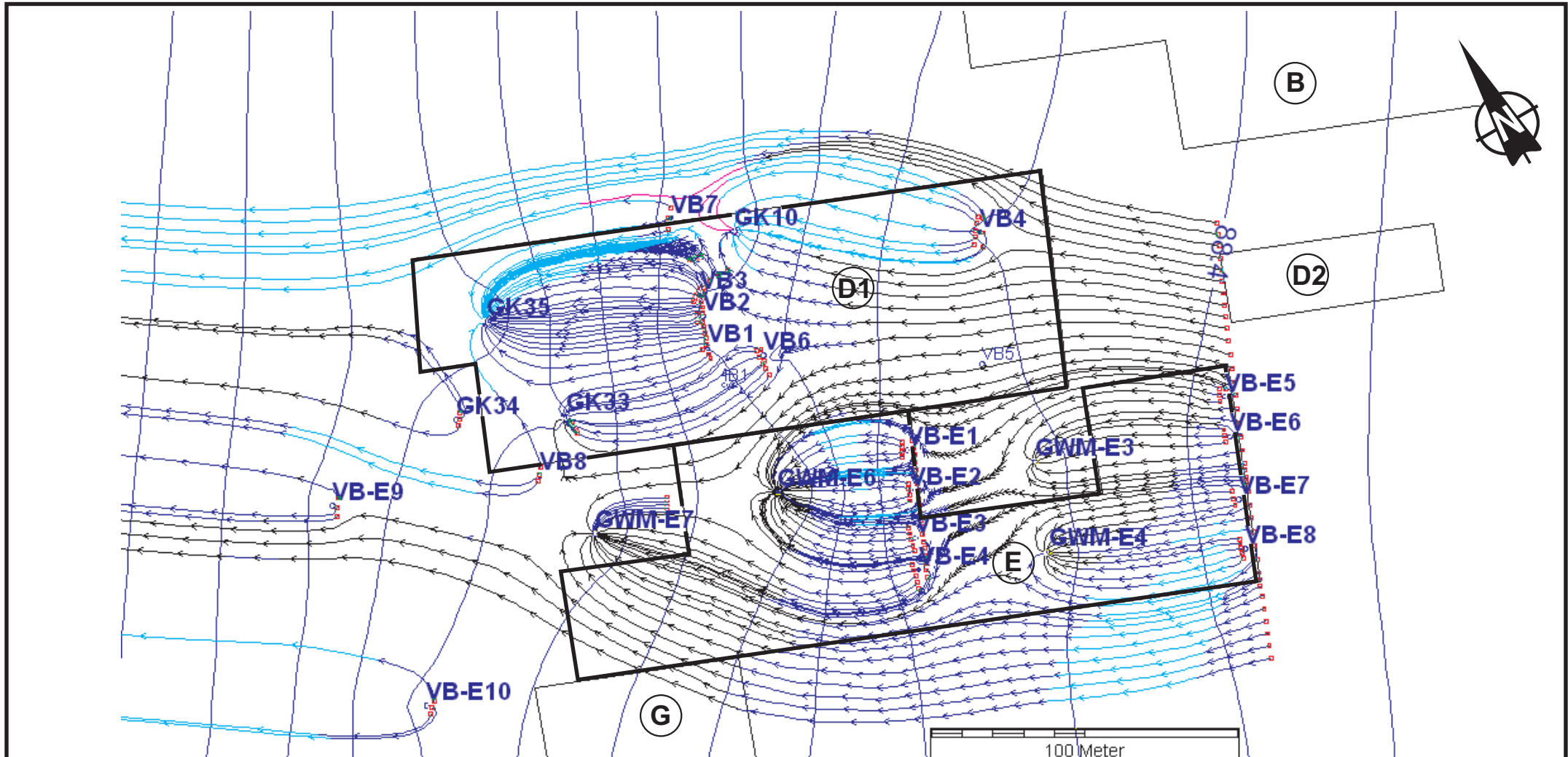












LEGENDE

(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

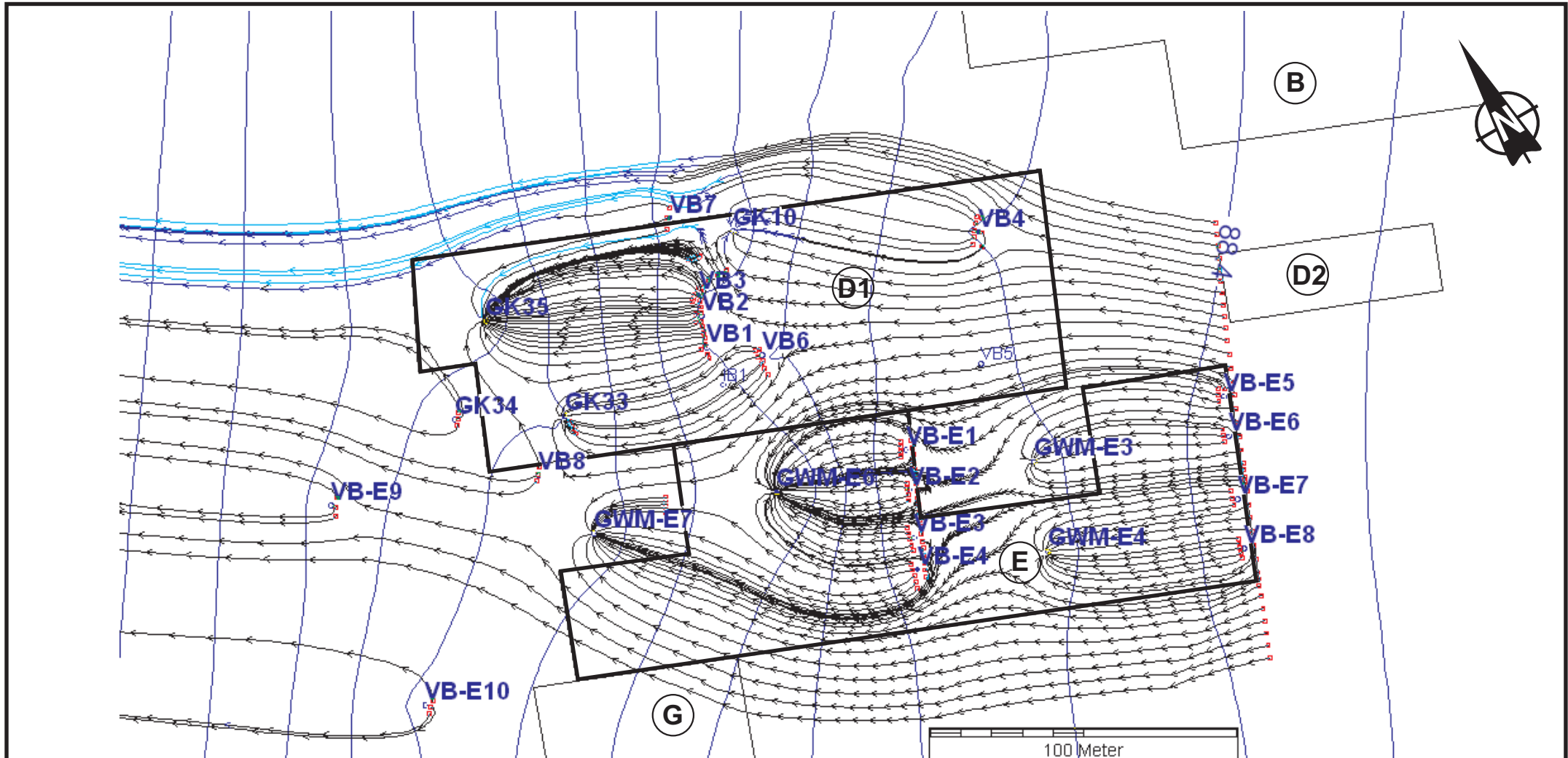
Sanierung ehemaliges Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan

Fließwege von Partikeln nach Start in Ebene 6



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

M 1:	---	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew/duer	Anl.-Nr.	8.2.6
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



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 7



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

M 1:	---	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew/duer	Anl.-Nr.	8.2.7
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Lage der Horizontalinfiltrationen

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

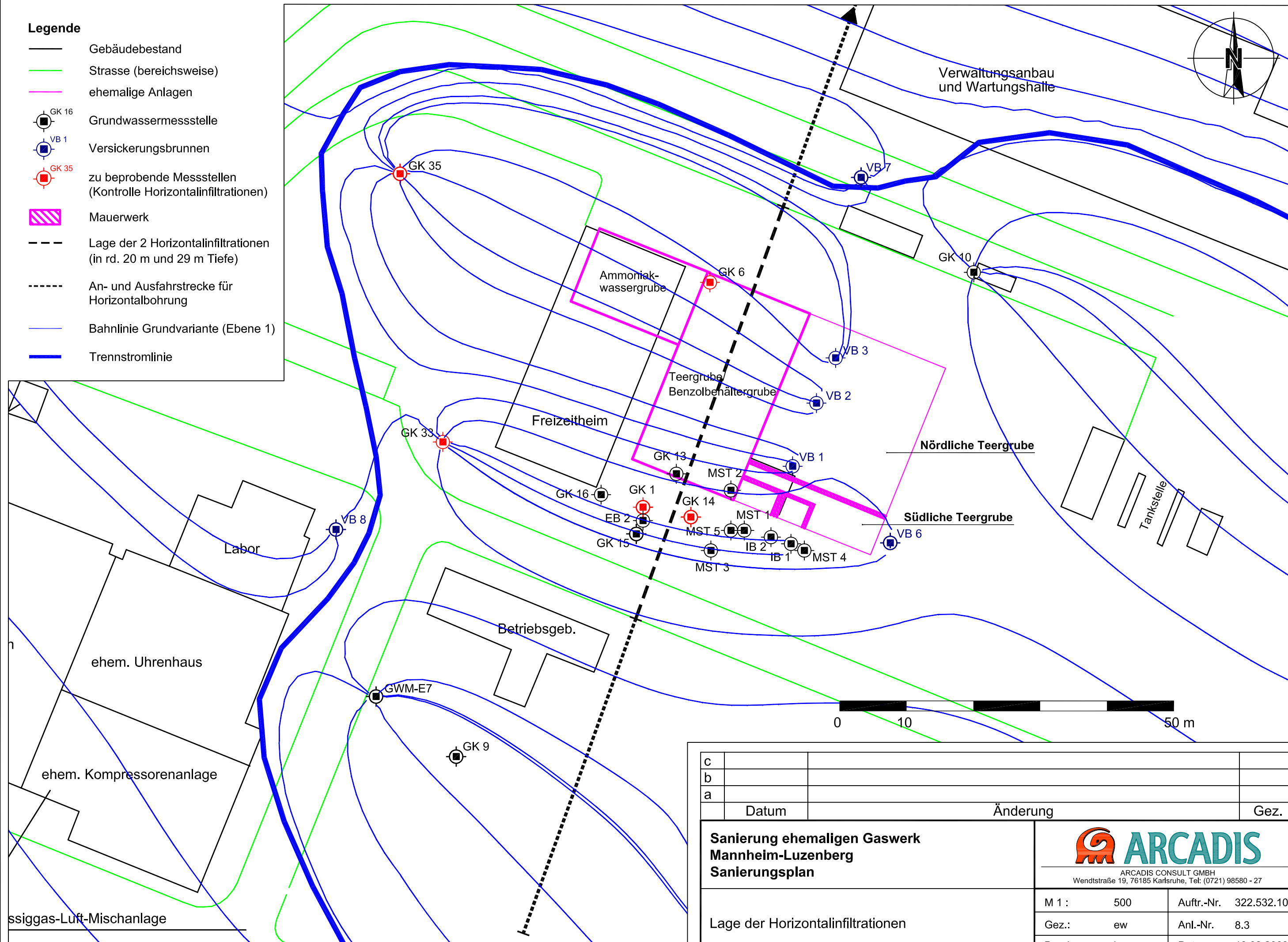
Lage der Horizontalinfiltrationen


M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	8.3
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

j:\322\32253201\32253210\Sanplan\Acad\53210-83.DWG

Legende

- Gebäudebestand
- Strasse (bereichsweise)
- ehemalige Anlagen
- GK 16 Grundwassermessstelle
- VB 1 Versickerungsbrunnen
- GK 35 zu beprobende Messstellen (Kontrolle Horizontalinfiltrationen)
- Mauerwerk
- - - Lage der 2 Horizontalinfiltrationen (in rd. 20 m und 29 m Tiefe)
- - - - An- und Ausfahrstrecke für Horizontalbohrung
- Bahnlinie Grundvariante (Ebene 1)
- Trennstromlinie



c			
b			
a			
	Datum	Änderung	Gez.
Sanierung ehemaligen Gaswerk Mannheim-Luzenberg Sanierungsplan		 ARCADIS CONSULT GMBH Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27	
Lage der Horizontalinfiltrationen		M 1 :	500
		Gez.:	ew
		Bearb.:	ksm
		Auftr.-Nr.	322.532.10
		Anl.-Nr.	8.3
		Datum	18.08.2003

Informationsmaterial zu:

- Horizontalbohrverfahren
- Bohrsuspension Xanthan
- Drausy-Schläuchen

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

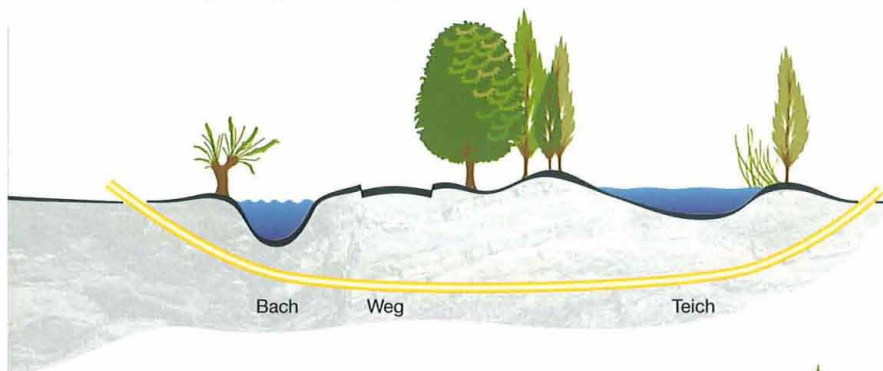
Informationsmaterial

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	8.4
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

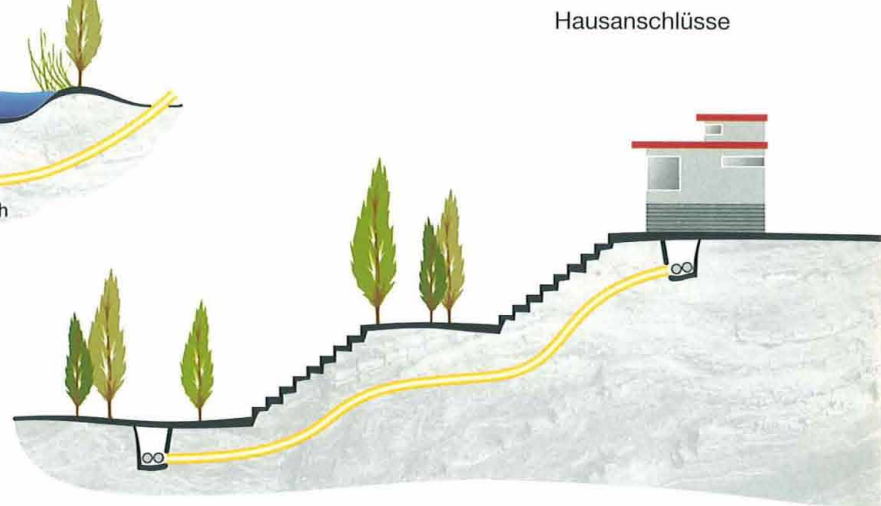
LEONHARD WEISS - Spülbohrtechnik

Anwendungsbeispiele

Unterquerung von Biotopen



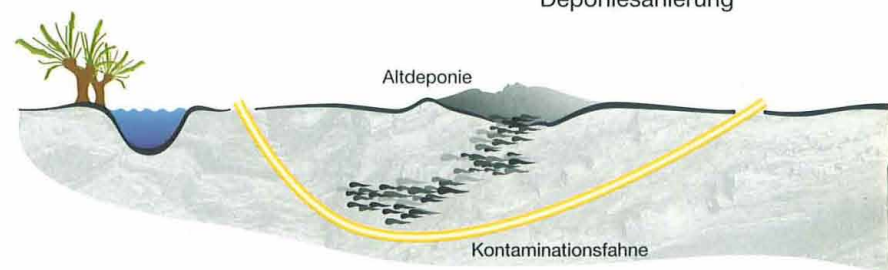
Hausanschlüsse



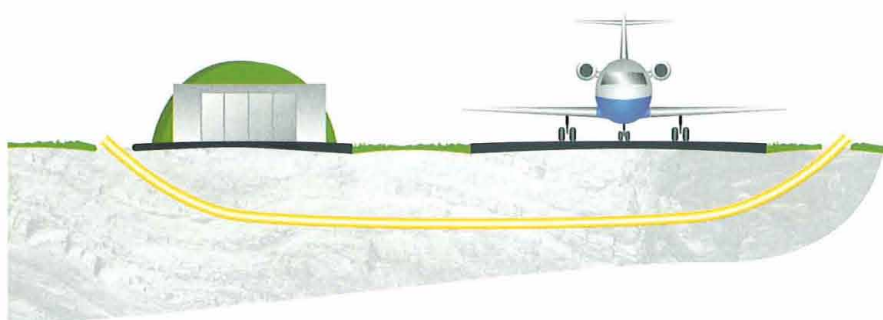
Verkehrsunterquerungen



Deponiesanierung



Unterquerung von Start- und Landebahnen



LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG
BAUUNTERNEHMUNG

Paul-Ehrlich-Straße 5
71229 Leonberg-Höfingen
Tel. +49 (0) 71 52/9 39-22-0
Fax +49 (0) 71 52/9 39-22 22

boa@leonhard-weiss.de
www.leonhard-weiss.de

b.o.a

bauen ohne aufgraben



LEONHARD WEISS
BAUUNTERNEHMUNG

BAUEN OHNE AUFGRABEN



b.o.a



Spitzentechnologie schont Ressourcen

Innovation hat Tradition bei LEONHARD WEISS: Wo konventionelle Baumethoden an ihre Grenzen stoßen, setzt das Unternehmen auf moderne, intelligente Lösungen.

Die innovative Spülbohrtechnik ist beim Rohrverlegungs- und Leitungsbau eine kostengünstige, zeitgemäße und zeitsparende Alternative zum Aufgraben, Deponieren, Reparieren – insbesondere, wenn es um komplizierte Düker- oder Querungsmaßnahmen geht. Denn Straßen, Gleise, Gewässer und schwieriges Gelände sind für das grabenlose Verlegeverfahren »b.o.a.« kein Hindernis, sondern eine Herausforderung, die mit Kompetenz und Know-how gemeistert wird.

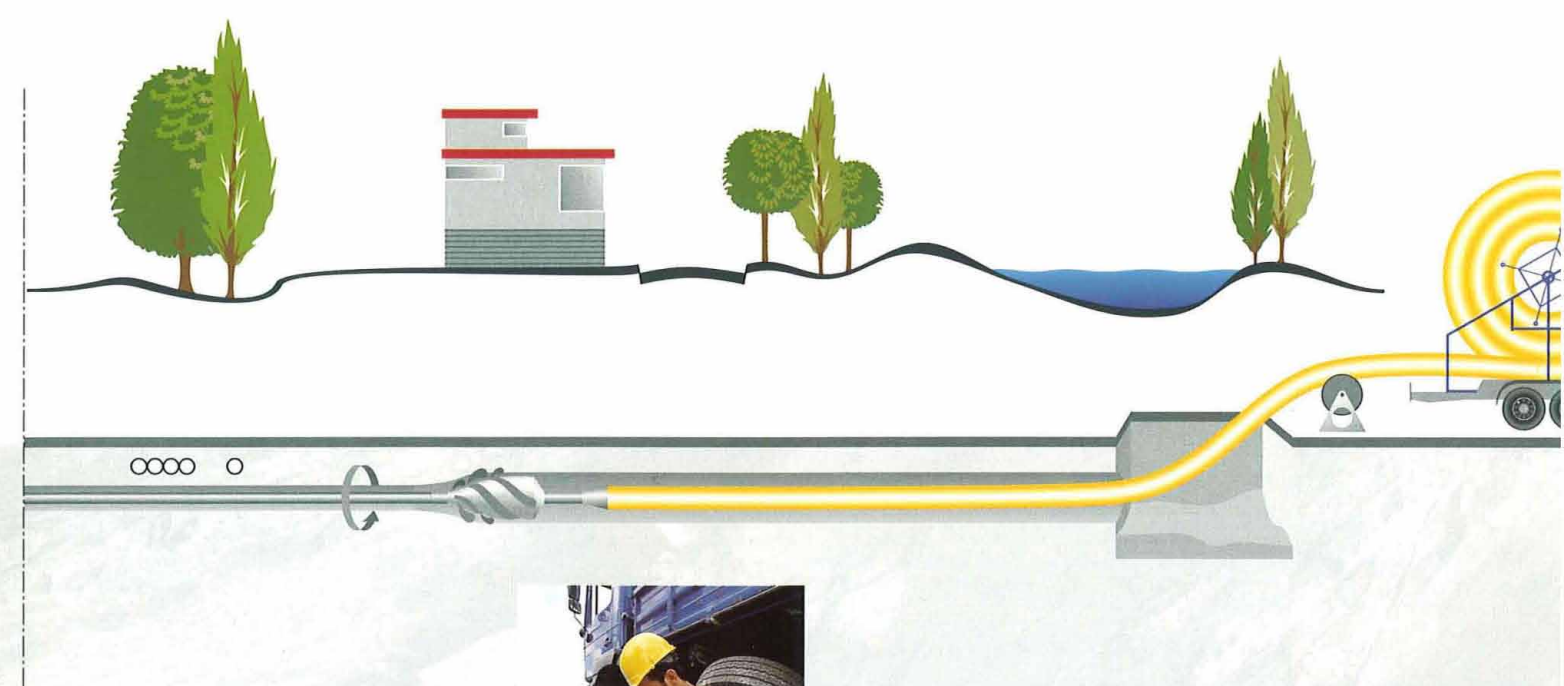
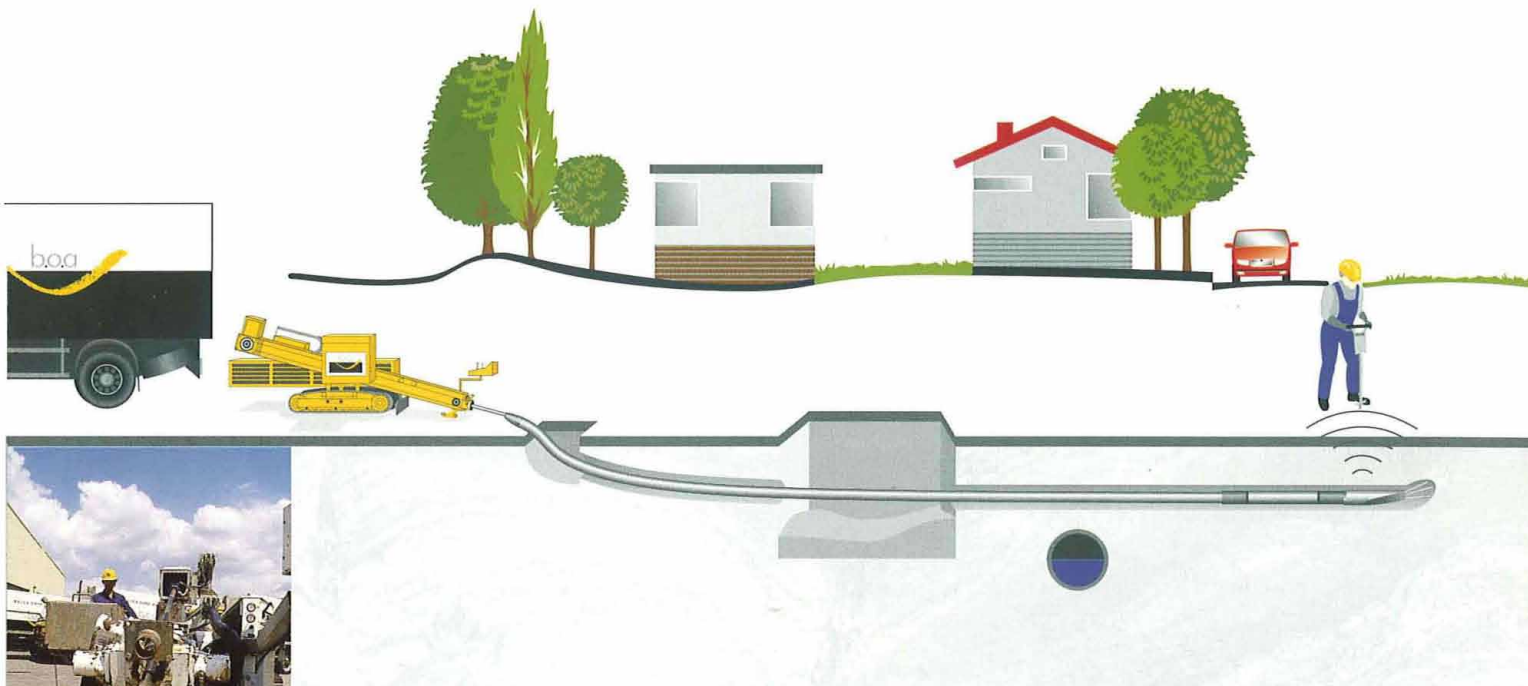
Die Spülbohrtechnik ist sauber, ressourcenschonend und bürgerfreundlich. Aufgerissene Straßen, Lärm und Schmutz werden vermieden; Biotope, landwirtschaftliche Nutzflächen und Verkehrswege bleiben erhalten, Oberflächen unberührt. Diese ökologischen Vorteile erschließen der Horizontal-spülbohrtechnik zunehmend auch neue Einsatzmöglichkeiten im Umweltbereich oder bei der Altlastensanierung.

Technik, die sich rechnet

Berücksichtigt man alle Herstellungs- und Folgekosten der traditionellen offenen Bauweise – aufwendige Baukoordination, Deponiekosten für große Mengen an Aushubmaterial, die notwendige Reparatur von Straßen und Landschaft – dann erweist sich gerade die Spülbohrtechnik als wirtschaftlich optimale Lösung. Denn diese moderne Technologie ist deutlich weniger material- und arbeitsintensiv. So werden durch die intelligente Zusammenführung von Ökologie und Ökonomie sowohl die Belastungen als auch die Kosten auf ein Minimum gesenkt.



bauen ohne aufgraben



Das Verfahren: Unter- und überirdische Intelligenz

Das Horizontalspülbohrverfahren ist ein steuerbares und umweltschonendes Naßbohrverfahren. Es eignet sich für Längs- und Querverlegungen. Der unterirdische Bohrvortrieb erfolgt hydromechanisch. Das bedeutet: Die Bohrspülsuspension (ein Betonit-Wasser-Gemisch) tritt mit hohem Druck aus den Düsen der Bohrkopfspitze aus. Das bei der Bohrung gelöste Material wird durch den Rückfluß abtransportiert; teilweise lagert es sich auch durch Verdichtung des Umgebungsbereiches ab.

Damit die Verlegung in jeder Situation optimal realisiert werden kann, gehen der eigentlichen Bohrung kartographische oder geophysikalische Erkundungen bzw. Baugrundsondierungen voraus.



Auf der Grundlage der Bodenuntersuchungen wird das Bohrgerät eingerichtet. Ein eingebauter Sender im Bohrkopf steuert die paßgerechte Bohrung der zylindrischen Lanze.

Das flexible Bohrgestänge für die Pilotbohrung hat einen Durchmesser von ca. 80 mm. Lage und Neigung des Bohrverlaufes sind jederzeit kontrollier- und steuerbar.

Der Vortrieb des Bohrkopfes im Erdreich erfolgt durch Rotation des Bohrgestänges und durch die Spülflüssigkeit. Gleichzeitig wird gelöstes Material entlang des Gestänges nach hinten in die Auffanggrube transportiert.



Am Zielpunkt (also wieder über der Erde) wird der Bohrkopf gegen einen sogenannten Aufweitkopf ausgetauscht. Im Rückwärtsgang wird der Bohrkanal dann in entgegengesetzter Richtung – wiederum durch Rotation plus Spülung – aufgeweitet. Auch dabei befördert die Spülflüssigkeit gelöstes Material in die Auffanggrube.

Ist durch das Aufweiten der erforderliche Bohrungsdurchmesser erreicht, kann das Leitungsrohr eingezogen werden. Die zu verlegende Leitung wird dazu an einem Aufweitkopf befestigt, der einen größeren Durchmesser hat als das Mediumrohr. Die Größe des Aufweitkopfes und die Gleitwirkung der eingesetzten Spülsuspension bewirken, daß sich das Rohr ebenso schonend wie spannungsfrei einziehen läßt.



1 Pilotbohren



2 Aufweiten



3 Einziehen

Know-how als Basis effektiver Partnerschaft

Das Spektrum von LEONHARD WEISS reicht von der Vorerkundung über die Planung bis hin zur Ausführung der Ver- und Entsorgungsanlagen. Ingenieurbüros erhalten fachkundige Beratung, wenn es um clevere Alternativen in der Spülbohrtechnik oder um den Einsatz anderer Verfahren (z.B. Berstlining) geht.

Die hochqualifizierten Fachleute verfügen neben ingenieurtechnischen auch über geologische und ökologische Spezialkenntnisse. Mit Fingerspitzengefühl und Engagement erarbeiten die einzelnen Teams komplette, individuelle Lösungen – einschließlich aller erforderlichen Tief- und Rohrbauarbeiten (mit DVGW-Zulassung). Solche Sonderlösungen gewährleisten eine Verlegung stets im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen – selbst in schwierigem Gelände, bei ungewöhnlichen Rohrleitungsradien oder ungünstigen Platzverhältnissen.

Mit jahrzehntelanger Erfahrung, höchsten Qualitätsstandards und innovativen Technologien hat sich LEONHARD WEISS bundesweit als zuverlässiger Full-Service-Anbieter einen Namen gemacht. Kompetenz, von der Sie nur profitieren können – insbesondere, wenn Sie das Unternehmen und seine motivierten Mitarbeiter auch in allen angrenzenden Gewerken wie Tiefbau, Leitungsbau, Grundbau oder beim Bau von Verkehrswegen als Partner fordern.



	Zugkraft maximal	Bohrlänge maximal	Aufbaufläche <small>B=Bohrgeräte V=Versorgungseinheit</small>	Ortungstechnik	Ortungstiefe maximal	Gestängedurchmesser	Krümmungsradius minimal	Ausrüstung	Geologisch bohrbar	Produktdurchmesser maximal	Produktart Material	Transport Medien	Typische Anwendungsbereiche
	KN	m	m x m		m	mm	m			mm			
Hausanschlußgerät 2-m-Bohrgestänge	20	60		Radiodetection	4	25	9	Kompaktsystem VW-Doppelkabiner	sandig bindig	110	PE-HD PE-X E-Kabel	Gas, Wasser, Abwasser, Strom, Telekom, Datenleitungen	Hausanschlüsse
Grundopit 40/60 (Hausanschluß)	40	50	LxBxH (mm) 750 x 400 x 80	Radiodetection	4,5	45	25	Kompaktsystem VW-Doppelkabiner	leicht kiesig	110			Hausanschlüsse Längsverlegung Straßenkreuzung
Spülbohrsystem 10t	100	250	B=1,1x5,5 V=2,4x6,0	Radiodetection	10	34	15	Bohrsystem Versorgungseinheit VW-Doppelkabiner Rohrhänger		300	PE-HD PE-X duktiles Gußrohr Stahl		Längsverlegung Straßenkreuzung Dükerbau
Spülbohrsystem 10t (Schlagunterstützung)	100	250	B=2,1x7,7 V=2,4x6,0	Radiodetection	10	44	25	Bohrsystem Versorgungseinheit Pick-up Rohrhänger	sandig bindig	300	PE-HD PE-X duktiles Gußrohr Stahl		Längsverlegung Straßenkreuzung Dükerbau
Spülbohrsystem Grundodrill 10 S (Schlagunterstützung)	100	300	LxBxH (mm) 5300 x 1600 x 2500	Radiodetection DigiTrak	23	57	42	Bohrsystem Versorgungseinheit VW-Doppelkabiner Rohrhänger	kiesig mit Feinbestandteilen	300	PE-HD PE-X duktiles Gußrohr Stahl		Längsverlegung Dükerbau Umweltprojekte
Spülbohrsystem 12t (Schlagunterstützung)	120	300	B=1,8x6,3 V=2,4x6,0	Radiodetection DigiTrak	23	44	25	Bohrsystem Rohrhänger		300	Fernwärme Drainageleitung		Längsverlegung Dükerbau Umweltprojekte
Spülbohrsystem 20t	200	500	LxBxH (mm) 6200 x 2260 x 2300	Radiodetection DigiTrak	23	80	75	Bohrsystem VW-Doppelkabiner Rohrhänger	alle Böden, außer reine Gerölle (auch Fels)	600			Längsverlegung Dükerbau Umweltprojekte Felsbohrungen
Berstlining													Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserleitungen durch das Verlegen eines Neuohres gleicher oder größerer Nennweite in das zu verdrängende Altrohr im Nennweitenbereich DN 100 bis DN 500
Rammung													Rammarbeiten im Nennweitenbereich DN 200 bis DN 500 (Stahl) Vorteil: kurze Baugrube ohne Widerlager, keine Verdrängung, kurzfristige Ausführungszeiten, Einsatzlänge bis ca. 30 m





Technische Information

Experimental Produkt EX M629

Xanthan

Das Produkt

EX M629 ist ein Verdicker für wässrige Systeme. Es zeigt im Hochscherbereich nur eine geringe Verdickung, aber im niedrigerscherenden Bereich eine außerordentliche Verdickung und eine ausgeprägte Fließgrenze. Aufgrund dieser Eigenschaften wird EX M629 als Stabilisierungsadditiv empfohlen, dass das Absetzen von Pigmenten und Füllstoffen verhindert. EX M629 reduziert Syneresebildung und erlaubt den Auftrag dickerer Farbschichten in einem Arbeitsgang ohne Ablaufprobleme.

Physikalische Daten

Farbe und Form	cremefarbenes Pulver
Schüttgewicht	ca. 600 g/l
pH-Wert (1 % Suspension)	ca. 7
Wassergehalt	max. 15 %
Siebrückstand auf 250µm	0 %

Anwendungen

Wässrige Farben und Lacke
Dispersionsgebundene Systeme

Alle Informationen in dieser Druckschrift entsprechen unseren derzeitigen Erfahrungen und Kenntnissen. Da wir auf Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte keinen Einfluß haben, muß der Verwender eigenverantwortlich deren Eignung prüfen. Bestehende Schutzrechte, Gesetze und Bestimmungen sind zu beachten. Alle Angaben dieser Technischen Information stellen keine Garantien dar. Aufgrund von technisch bedingten Gegebenheiten der Produktion sind Abweichungen von den genannten Angaben möglich.



SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 93/112/EWG EX M629

Stand
24.08.2001

Druckdatum
30.7.2003

Version
2

1. STOFF-/ZUBEREITUNGS- UND FIRMENBEZEICHNUNG

Produktinformation

Handelsname : EX M629

Firma : Süd-Chemie AG
Rheological and Performance Additives
Ostenriederstrasse 15
85368 Moosburg

Telefon :
Telefax :

Kontaktadresse : BRA-D +49 8761/82-323

Notrufnummer : +49 (0)613284463 Nur für Notfälle am Arbeitsplatz (Kontakt nur in Deutsch oder Englisch)

2. ZUSAMMENSETZUNG/ANGABEN ZU BESTANDTEILEN

Chemische : Polysaccharid, CAS-Nr. 11138-66-2

Charakterisierung

Inhaltstoffe	CAS-Nr.	Symbol(e)	R-Sätze	Konzentration
--------------	---------	-----------	---------	---------------

3. MÖGLICHE GEFAHREN

Keine bei bestimmungsgemäßem Umgang

4. ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN

Allgemeine Hinweise : keine

Augenkontakt : Sofort mit viel Wasser mindestens 15 Minuten lang ausspülen, auch unter den Augenlidern.

Hautkontakt : Mit Seife und viel Wasser abwaschen.

Einatmen : An die frische Luft gehen.

Verschlucken : Mund ausspülen.

Hinweise für den Arzt

Behandlung : keine

5. MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG

Besondere Gefahren bei der Brandbekämpfung : keine

Besondere Schutzausrüstung : keine

bei der Brandbekämpfung

Geeignete Löschmittel : Sprühwasser
Trockenpulver
alkoholbeständiger Schaum
Kohlendioxid (CO₂)

Aus Sicherheitsgründen : keine



SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 93/112/EWG EX M629

Stand
24.08.2001

Druckdatum
30.7.2003

Version
2

ungeeignete Löschmittel

6. MASSNAHMEN BEI UNBEABSICHTIGTER FREISETZUNG

Personenbezogene : keine
Vorsichtsmaßnahmen : keine
Umweltschutzmaßnahmen : keine
Verfahren zur Reinigung : Nicht verschmutztes Material aufnehmen und der Weiterverarbeitung zuführen. Verschmutztes Material mechanisch aufnehmen, in saubere Behälter füllen und vorschriftsmäßig entsorgen.

7. HANDHABUNG UND LAGERUNG

Handhabung

Hinweise für sichere Handhabung : Keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen erforderlich
Hinweise zum Brand- und Explosionschutz : Bei der Verarbeitung des Produkts können Stäube ein explosionsfähiges Gemisch mit Luft bilden. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen. Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.

Lagerung

Anforderung an Lagerräume und Behälter : Behälter trocken und dicht geschlossen halten.
Zusammenlagerungshinweise : keine Einschränkungen
Lagerklasse : 11
Lagerklasse : Lagerklassenkonzept der VCI (1993)

8. EXPOSITIONSBEGRENZUNG UND PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG

Zusätzliche Hinweise zur Gestaltung technischer Anlagen : keine

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten

Inhaltsstoffe	CAS-Nr.	Wert	Basis / Bemerkungen
allg. Staubgrenzwert		4 mg/m ³	TRGS900 MAK

Persönliche Schutzausrüstung

Atemschutz : Keine besondere Schutzausrüstung erforderlich.
Handschutz : keine
Augenschutz : keine
Schutzmaßnahmen : Die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten.

9. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Erscheinungsbild

Form : fest
Pulver
Farbe : weiß bis grau/beige



SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 93/112/EWG EX M629

Stand
24.08.2001

Druckdatum
30.7.2003

Version
2

Geruch : keine

Weitere Angaben

Schmelzpunkt : 160 °C

Siedepunkt : n.s.

Flammpunkt : n.a.

Obere Explosionsgrenze : n.v.

Untere Explosionsgrenze : n.v.

Dampfdruck : n.a.

Dichte : 1,54 g/cm³
bei 20 °C

Schüttdichte : 600 kg/m³
bei 20 °C

Wasserlöslichkeit : 30 g/l
bei 20 °C

pH-Wert : ca. 7
bei 10 g/l (20 °C)
Methode: wässrige Lösung

Viskosität, dynamisch : 1.300 mPa.s
bei 20 °C
1%ig in Wasser

Explosionsgefahr : Bemerkungen: Staubexplosionsgefahr

10. STABILITÄT UND REAKTIVITÄT

Gefährliche Reaktionen (Zu vermeidende Bedingungen) : Keine bekannt

Gefährliche Reaktionen (Zu vermeidende Stoffe) : Keine bekannt

Angaben zur Zersetzung : Verkohlungstemperatur 270 °C

11. ANGABEN ZUR TOXIKOLOGIE

Akute Toxizität

Akute orale Toxizität : LD50 Ratte
Dosis: 45.000 mg/kg



SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 93/112/EWG EX M629

Stand
24.08.2001

Druckdatum
30.7.2003

Version
2

Reizung, Sensibilisierung, Weitere Angaben Toxizität

Augenreizung : Ergebnis: keine

Sensibilisierung : Ergebnis: keine

Toxizität bei wiederholter : Keine Daten verfügbar
Verabreichung

Weitere Angaben : Bei sachgemäßer Handhabung und bestimmungsgemäßer
Verwendung sowie unter Beachtung der üblichen
Hygienemaßnahmen sind keine Gesundheitsschädigungen bekannt.

12. ANGABEN ZUR ÖKOLOGIE

Transport in der Umwelt : Keine Daten verfügbar

Ökotoxische Wirkungen

Weitere Angaben Ökotoxizität : Keine Daten verfügbar

Wassergefährdungsklasse : (SelbstEinstufung nach VwVwS-Konzept)
1 schwach wassergefährdend

13. HINWEISE ZUR ENTSORGUNG

Produkt : Kann unter Beachtung der örtlichen behördlichen
Vorschriften abgelagert werden.

Vorunreinigte Verpackungen : Wiederverwendung nach Entleerung und Reinigung.

14. ANGABEN ZUM TRANSPORT

Landtransport : Kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften.

Seeschifftransport : Kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften.

Lufttransport : Kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften.

15. VORSCHRIFTEN



SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 93/112/EWG EX M629

Stand
24.08.2001

Druckdatum
30.7.2003

Version
2

Allgemeine Hinweise : Das Produkt ist nach EG-Richtlinien oder den jeweiligen nationalen Gesetzen nicht kennzeichnungspflichtig.

Gefahrenbestimmende Komponente(n) zur Etikettierung:

Zubereitung : Entfällt

Nationale Vorschriften

Gefahrklasse nach VbF : Gruppe/Klasse: nicht anwendbar

Störfallverordnung: : Störfallverordnung Anhang I
nicht genannt

Andere Vorschriften : Hinweise zur Beschäftigungsbeschränkung
keine

16. SONSTIGE ANGABEN

Datenblatt ausstellender Bereich: Umweltschutz Abteilung CBQ Tel.:
08761/82-654

Diese Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer
Kenntnisse und Erfahrungen.
Das Sicherheitsdatenblatt beschreibt Produkte im Hinblick auf
Sicherheitsanforderungen.
Die Angaben haben nicht die Bedeutung von
Eigenschaftszusicherungen im Sinne von Qualitätsbeschreibungen.

Sonkrechte Striche (!) am linken Rand weisen auf Änderungen gegenüber der vorangehenden Version hin.

Legende

n.a.: nicht anwendbar
n.v.: nicht verfügbar
n.r.: nicht relevant



Druck ausgleichendes Schlauchsystem

DRAUSY-liquid löst Probleme

in Kanälen, Absetzteichen, Gewässern,
kontaminierten Böden, bei der Kompostie-
rung und bei großflächiger Versickerung.

Angepaßt für jeden Problemfall.

Neu: DRAUSY-gas
feinblasig linear behandeln
Kilometer weit

DRAUSY-liquid ist ein längs gelochter Schlauch, der
flüssige Medien bis zu 10.000 Meter gleichmäßig
verteilen kann.

alle Flüssigkeiten, wie

- H_2O_2 und Nährlösungen
- Säuren, Laugen
- Mikroorganismen

an jeder Austrittsstelle:

- biologische, chemische Reaktionen
- aerobe, anaerobe Milieus
- homogene Grundwasseranhebung
- wirkungsvoll,
- sparsam,
- umweltfreundlich und
- kostengünstig



DRAUSY GmbH

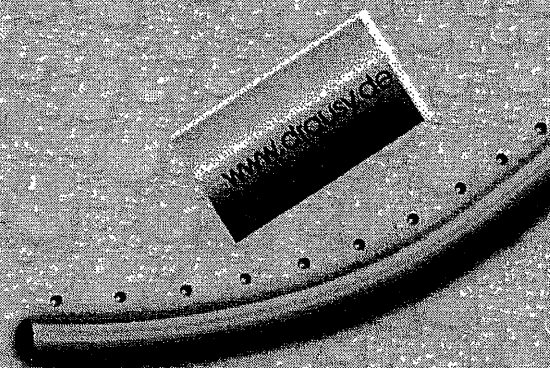
Schulstrasse 5

D-76889 Schweigen-Rechtenbach

Telefon: 06342-929130

Telefax: 06342-7461

E-Mail: drausy@t-online.de



In-Situ Bodensanierung

Problemfall:

- Grundstück nicht veräußerbar
- hoher Sanierungsaufwand

Problemlösung:

- Aktivieren der Mikroorganismen in den kontaminierten Schichten
- Kohlenwasserstoff-Abbau mit geringem Wirkstoffeinsatz
- kein Auskoffern, auch unter Gebäuden zu verlegen
- große Schlauchlängen bei einer Einspeisung
- verschiedene Wirkstoffe durch ein System

Beispiel:

Behandlung mit H_2O_2 :

Durch homogene Feinstverteilung mit **DRAUSY-liquid** genügen 60 kg H_2O_2 , um 1 kg Kohlenwasserstoffe zu mineralisieren. Bisherige Verfahren benötigen dafür 600 kg H_2O_2

Einspareffekt 90% H_2O_2 .

Konzentration H_2O_2 :	0,3%
Austrittsmenge pro Loch:	150 ml/h
Lochabstand:	50 cm
Verlegeabstand:	100 cm
Schlauchlänge nach Bedarf:	

Kanalbehandlung

Problemfall:

- Geruchsbelästigung
- Toxizität
- H_2S -Korrosion
- geringe Lebensdauer der Kanalrohre
- Belastung der Kläranlagen

Problemlösung:

DRAUSY-liquid ermöglicht die Behandlung der problematischen Kanalstrecken mit verschiedensten Reagenzien nach Bedarf. Besonders geeignet für Druckleitungen.

Beispiel:

Konzentration H_2O_2 : 0-100%

je nach Sauerstoffbedarf
im 24-Stunden-Ablauf.

Austrittsmenge pro Loch
wird an die maximal benötigte Sauerstoffmenge angepaßt.

Lochabstand: 50 cm (Beispiel)

Es sind Schlauchlängen von über 10 km bei einer Einspeisung möglich.

Einspareffekt:

Die Haltbarkeit der Kanalrohre wird wesentlich erhöht. So kann die Kanalsanierung um Jahre hinausgezögert werden.

Wasserbehandlung

Problemfall:

- schlechte Wasserqualität
- hoher Einsatz von Chemikalien
- Schwierigkeiten in toten Winkeln
- Geruchsprobleme

Problemlösung:

DRAUSY-liquid ermöglicht

- flexible Verlegung
- eine Einspeisestelle
- sparsame Wirkstoffeinbringung
- gezielt dosierbar
- behandelt selbst "gegen den Strom"

Beispiel:

- Behandlung mit Ihren Reagenzien
- Konzentration: kann je nach Durchfluß zeitlich angepaßt werden
- Austrittsmenge pro Loch sowie Lochabstand: nach Ihren Vorgaben

Vorteile:

- angepaßte, sparsame Dosierung
- gute Wasserqualität
- keine Geruchsbelästigung

Flächige Verteilung

Problemfall:

- Versickern großer Wassermengen

Problemlösung:

- großflächiges Versickern von abgepumptem Grundwasser ins Erdreich
- künstliches Anheben des Grundwasserspiegels
- Renaturierung von Tagebau-Abbauflächen

Beispiel:

DRAUSY-liquid für die gleichmäßige Versickerung auf großen Flächen.

Durchflußmenge:

Austrittsmenge pro Loch: 2,5 l/h

Lochabstand: 10 cm

Austrittsmenge pro lfd. Meter: 25 l/h

Verlegeabstand: 1,00 m

Versickerungsmenge: 250 m³/h/ha

abhängig von den geologischen Gegebenheiten.



Verhinderung der Geruchsbildung und Korrosion in Abwasserkanälen durch gezielte lineare Abwasserbehandlung mit dem DRAUSY-Schlauchsystem

FUNKTIONSEIGNUNG DES DRAUSY-SCHLAUCHSYSTEMS

1. Problemstellung

Im Abwassersammlersystem einer Kommune in Süddeutschland kommt es durch Sauerstoffmangel im Abwasser bereichsweise zu unangenehmen Geruchsemissionen. Zur Vermeidung dieser Geruchsemissionen wurde in Zusammenarbeit der Kommune, des Lehrstuhls für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe und der DRAUSY GmbH das DRAUSY-Schlauchsystem zum Einsatz gebracht. Ziel des Vorhabens ist es, den Sauerstoffgehalt des Abwassers durch eine linienhafte Zugabe von atmosphärischer Luft zu erhöhen, und damit die Entstehung unangenehmer Gerüche zu verhindern. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde die technische und funktionsmäßige Eignung des DRAUSY-Schlauchsystems überprüft.

2. Funktionsprinzip und Materialeigenschaften

Bedingt durch seine Materialeigenschaften und die besondere Geometrie kompensiert der DRAUSY-Schlauch unterschiedliche Innendrucke durch eine Querschnittsverformung. Dabei ergeben sich Veränderungen der im Ausgangszustand einheitlichen Lochgröße. So entsteht bei hohem Druck ein kleines Loch, bei abfallendem Druck werden die Löcher größer (Abb. 1). Als Ergebnis kommt es bei allen Austrittsöffnungen zu gleichen Austrittsmengen. Diese Eigenschaft ermöglicht es, Flüssigkeiten und Gase über lange Strecken (bis zu 10 km) gleichmäßig fein dosiert in das Abwasser einzubringen.

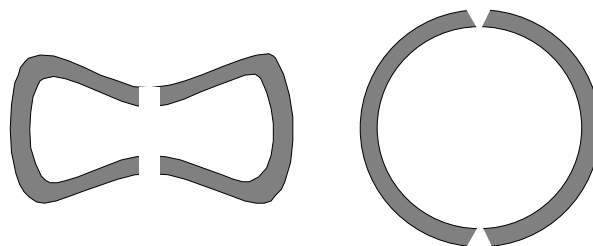


Abb. 1: Querschnittsdeformation des DRAUSY-Schlauchs: Druckkompensation durch Veränderung der Austrittsöffnung.



Der DRAUSY-Schlauch wird endlos gefertigt und je nach Sauerstoffbedarf des Kanalabschnitts gelocht (Lochgröße und Lochzahl). Der DRAUSY-Schlauch wird aus thermoplastischem Polyurethan (PUR) hergestellt. Dieser Werkstoff verbindet die hochwertigen mechanischen Eigenschaften der Elastomere mit der Verarbeitungstechnik für thermoplastische Kunststoffe. Innerhalb der auch bei extremen Bedingungen im Abwasserkanal auftretenden Temperaturbereiche besitzt der Schlauch die charakteristischen elastischen Eigenschaften von Gummi. Er zeichnet sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit aus, die sowohl in der hohen Stoßelastizität und Abriebfestigkeit, wie auch in der Einreiß-, Weiterreiß- und Zerreißfestigkeit zum Ausdruck kommt. Zur Zugentlastung und um ein Aufschwimmen zu verhindern ist der Schlauch mit einem Stahlseil mit Kunststoffummantelung verschweißt.

3. Eignungstest

Zur technischen Überprüfung der Schlaucheignung wurde das DRAUSY-Schlauchsystem in einem 211 m langen Kanalabschnitt eingebracht. Der Kanalabschnitt weist ein Gefälle von ca. 11‰ auf und wird von häuslichen und industriellen Abwässern mit zeitlich stark variierender Wasserführung durchflossen.

Das eingebrachte Schlauchsystem war mit Löchern von 40 µm Durchmesser, die in einem Abstand von 40 cm eingebracht waren, versehen. Das Ziel war eine Luftaustrittsmenge von $125 \text{ cm}^3 \times \text{min}^{-1} \times \text{m}^{-1}$. Auf eine Lauflänge von 210 m ergeben sich insgesamt beidseitig je 525 Löcher. Die Beschickung des Schlauchs mit Luft erfolgt über einen Seitenkanalverdichter des Typs V12YR der Firma ORPU GmbH (Oranienburger Pumpen und Verdichter GmbH). Dieses sehr kompakte Gerät ist mitsamt der gesamten Anschlußtechnik in einem Geräteschrank mit den Ausmaßen B 81 cm \times T 84 cm \times H 125 cm untergebracht. Bedingt durch die gute Schalldämpfung des Seitenkanalverdichters und die zusätzlich wirkende Dämpfung der Umhausung ist bereits beim nächstgelegenen bebauten Grundstück (Distanz ca. 10 m) keine Geräuschimmission mehr wahrnehmbar.

Die Luft wurde mit einem Druck von 0,3 bar in den Schlauch eingebracht. Dadurch traten durch jedes Loch 25 cm³ Luft pro Minute in das Abwasser über (Abb. 2). Die eigentliche Druckstabilität erreicht das System bei einem Druck > 0,5 bar entsprechend einer Gasaustrittsmenge von 30 cm³/min/Loch.

Mittels Online-Messungen mit einer Sauerstoffsonde entlang der Behandlungsstrecke konnte eine sehr gleichmäßige Luftabgabe und eine damit verbundene Erhöhung des Sauerstoffgehalts des Abwassers auf über 80% der Sauerstoffsättigung nachgewiesen werden. Bei den bereits vorliegenden mittleren Sättigungswerten im Abwasser entsprach dies einem zusätzlichen Sauerstoffeintrag von ca. 2mg/l.

Seit Beginn der Sauerstoff-Zugabe mittels des DRAUSY-Schlauchsystems kam es entlang der Zugabestrecke zu keiner Geruchsbelästigung mehr.

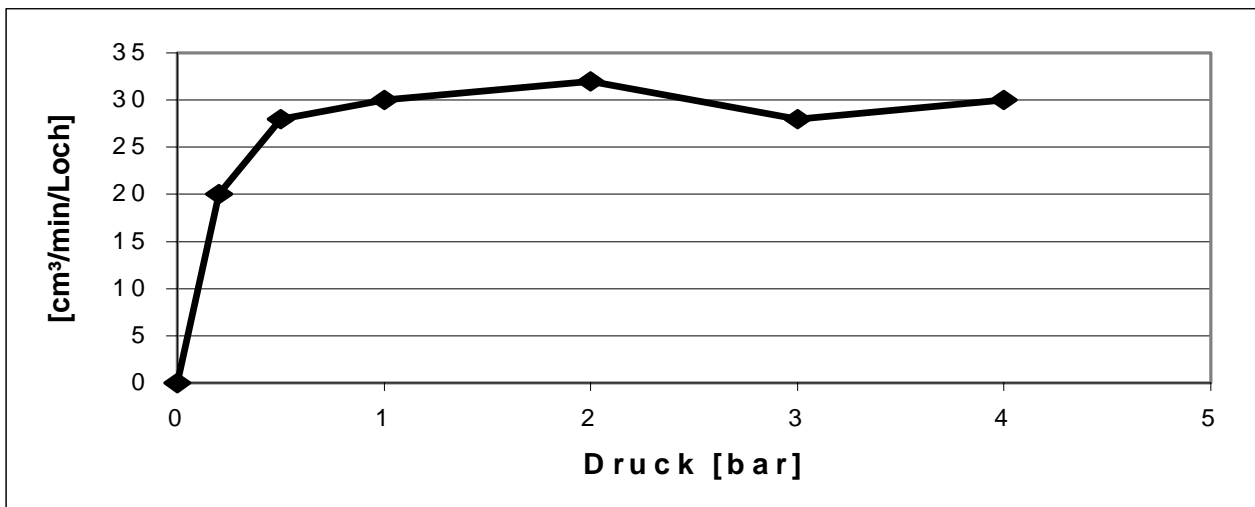


Abb.2: Messprotokoll des eingesetzten DRAUSY-Schlauches

Zur Fixierung des Schlauchsystems im Abwasserkanal wurden verschiedene Möglichkeiten überprüft. Am unempfindlichsten gegenüber Materialanlagerungen erwies sich die freie Verlegung im Kanal. Die Fixierung erfolgte nur im Einlaßschacht. Dadurch wurden Materialanlagerungen und Zopfbildung vermieden.

Zur Kontrolle der Widerstandsfähigkeit des Schlauches gegen mechanische Beanspruchungen im Kanalrohr wurde der Kanal achtmal mit einer Reinigungsdüse unter höchster Druckbelastung gereinigt. Bei der anschließenden Kontrolle konnte weder eine Funktionsbeeinträchtigung noch eine sichtbare Beschädigung des Schlauches festgestellt werden.

Der Schlauch ist chemisch beständig gegen mineralische Öle und Fette, gegen Benzin und gegen eine Vielzahl von Lösungsmitteln, Säuren und Laugen. Aus demselben Material werden die seit mehreren Jahren eingesetzten Kanal-Inliner hergestellt.

Es kann somit davon ausgegangen werden, daß der Schlauch auch bei extremsten Bedingungen den Verhältnissen im Abwasserkanal problemlos standhält.

4. Zusammenfassende Wertung

Es kann festgehalten werden, dass das DRAUSY-Schlauchsystem die gestellten Anforderungen bezüglich der Funktionstüchtigkeit bei der gleichmäßigen, linienhaften Wirkstoffabgabe und der mechanischen Widerstandsfähigkeit voll und ganz erfüllen konnte.

Grundwasserreinigungsanlage (Grundfließbild)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

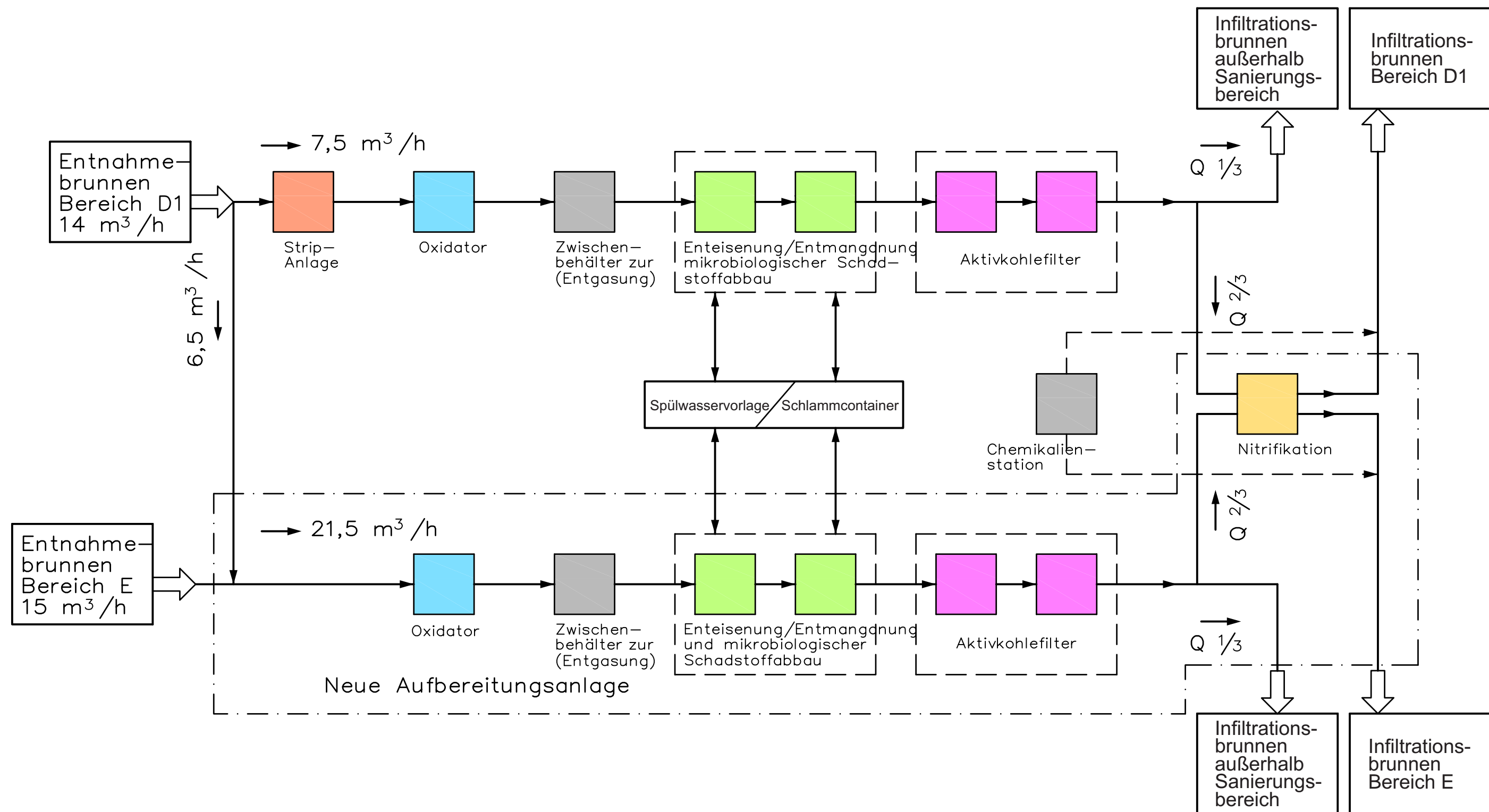


ARCADIS

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

Grundwasserreinigungsanlage
(Grundfließbild)

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	8.5
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003



Anlage 8.5

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen des Betriebs

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Eigenkontrollmaßnahmen
im Rahmen des Betriebs

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	9
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Kontrollprogramm innerhalb und außerhalb der Spülkreisläufe in den Kernsanierungsbereichen

Sanierungs- bereich	Proben- nahmestelle	Parameter	im 1. Halbjahr	im 2. Halbjahr	jedes weitere Halbjahr
D1/E	GK33, GK35, GWM-E6, GWM-E7	EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW), NH ₄ , Fe, Mn	alle 2 Monate	alle 3 Monate	alle 6 Monate
		PAK-/BTEX-Verwerter, GKZ	alle 3 Monate	alle 3 Monate	alle 6 Monate
D1/E	nach Wasser- aufbereitung	EPA-PAK, BTEX (+weitere AKW), Fe, Mn	alle 2 Monate	alle 3 Monate	alle 6 Monate
D1/ E	GK1, GK6, GWM-E5, GK3	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

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



ARCADIS

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

Kontrollprogramm innerhalb und außerhalb
der Spülkreisläufe

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	9.1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

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 , Nitrat	alle 2 Monate	alle 3 Monate	alle 6 Monate

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kontrollprogramm an den
Monitoring-Messstellen

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	9.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Ergebnisse des bestehenden Monitorings an der Gaswerksgrenze

(dargestellter Zeitraum:
September 1993 bis Oktober 2003)

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



ARCADIS

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

Ergebnisse des bestehenden Monitorings
an der Gaswerksgrenze
(dargestellter Zeitraum: Sept.1993 bis Okt. 2003)

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	9.3
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

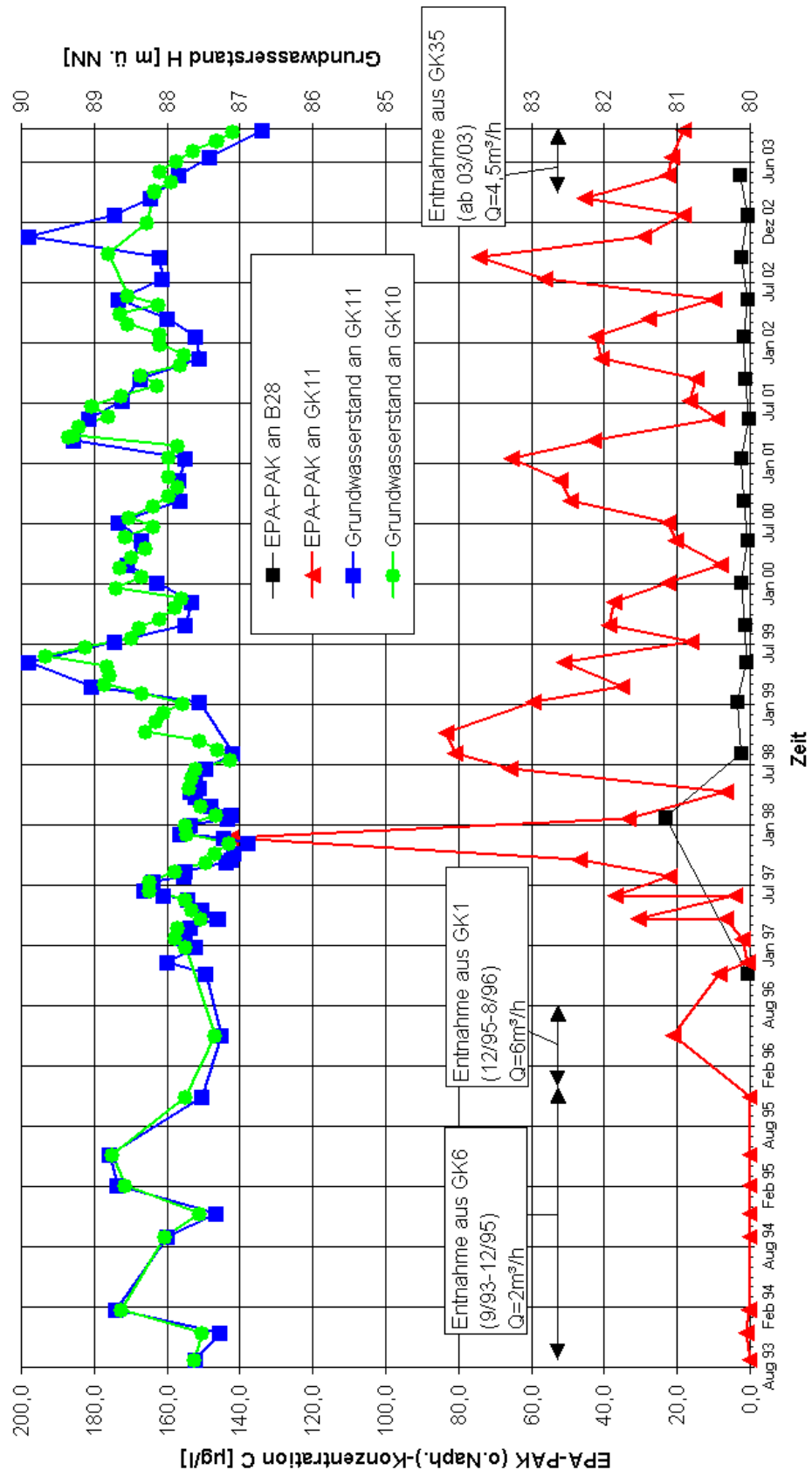
GK 11 und B 28



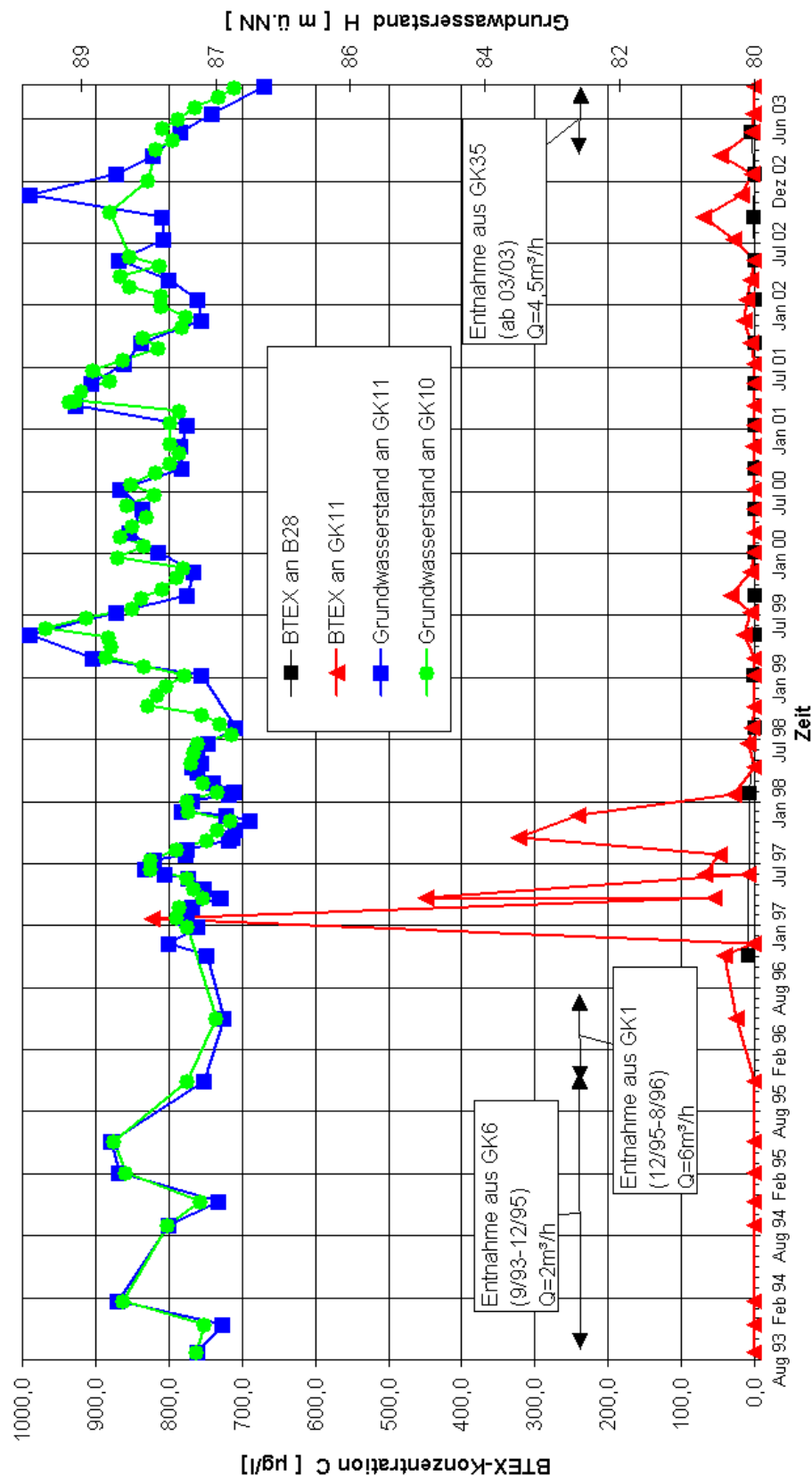
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel: (0721) 98580 - 27

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.1 Seite 1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

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



Abstrommeßstelle GK11 und B28 BTEX-Konzentrationen und Grundwasserstände



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

GK 11 und B 28



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

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.1 Seite 2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Sanierung ehemaliges Gaswerk Luzenberg, Mannheim Sanierungsplan

GK 11 und B 28

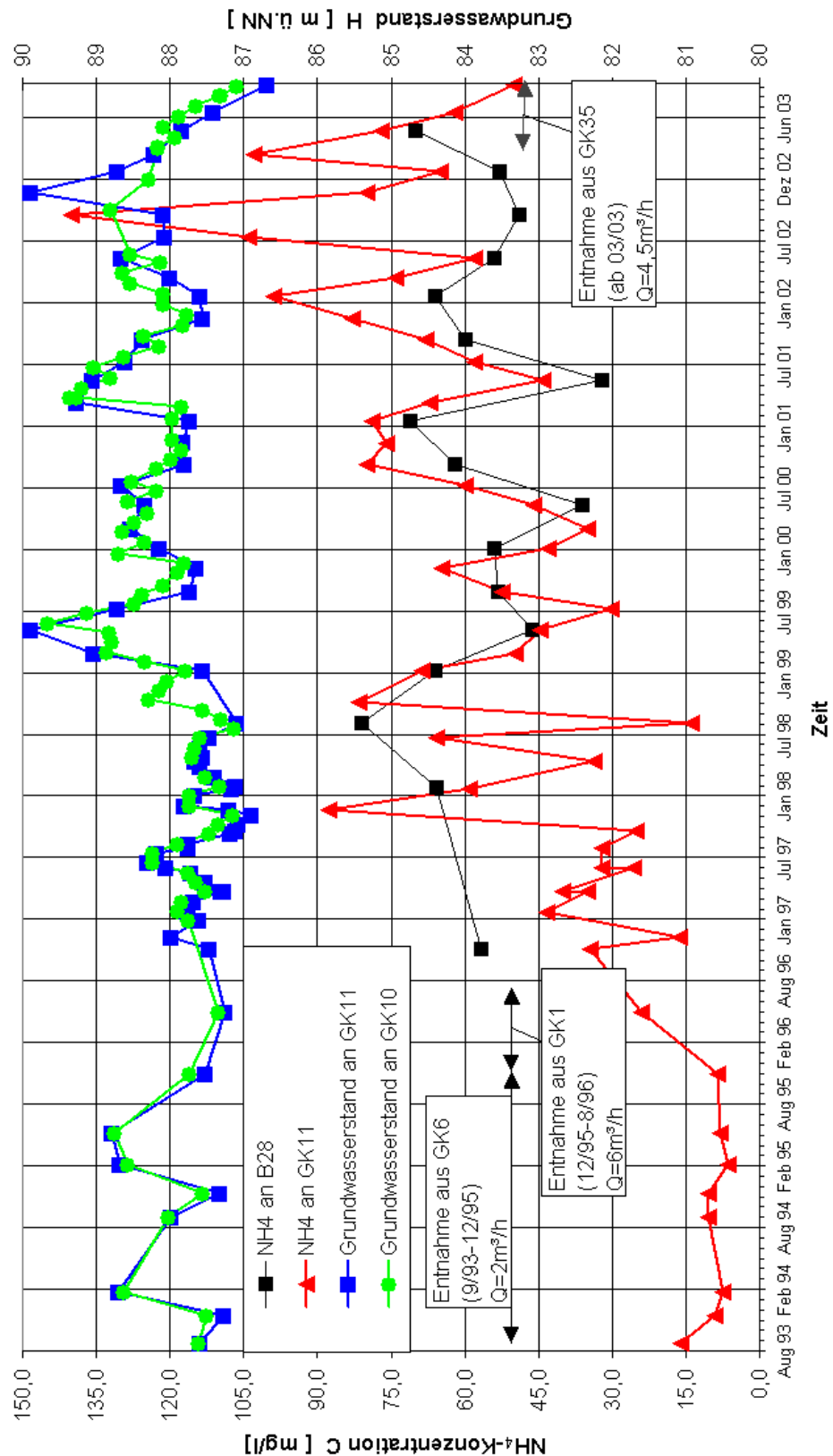


ARCADIS

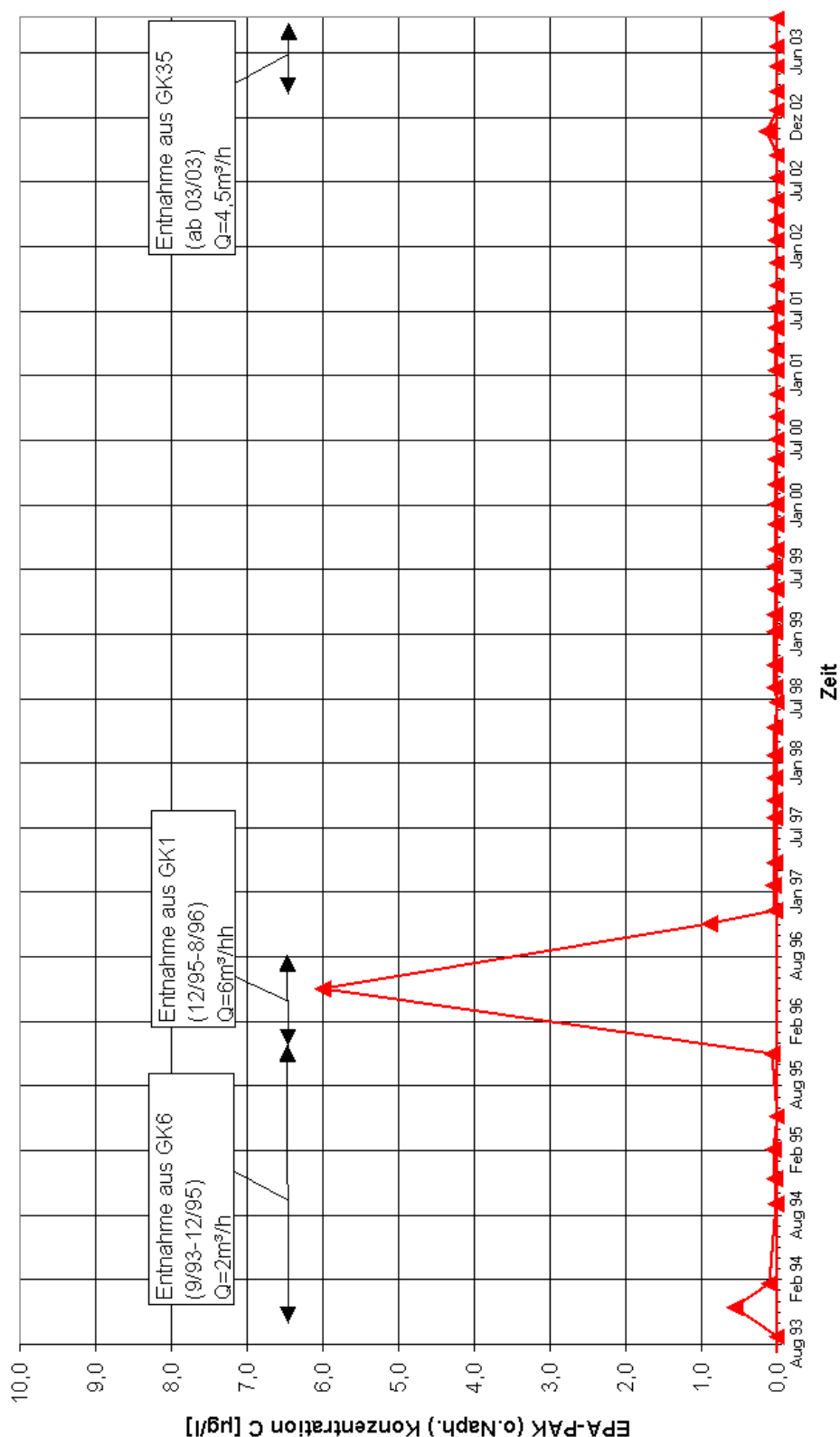
ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19, 76185 Karlsruhe, Tel.: (0721) 98580 - 27

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.1 Seite 3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Abstrommeßstelle GK11 und B28 NH₄-Konzentrationen und Grundwasserstände



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



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

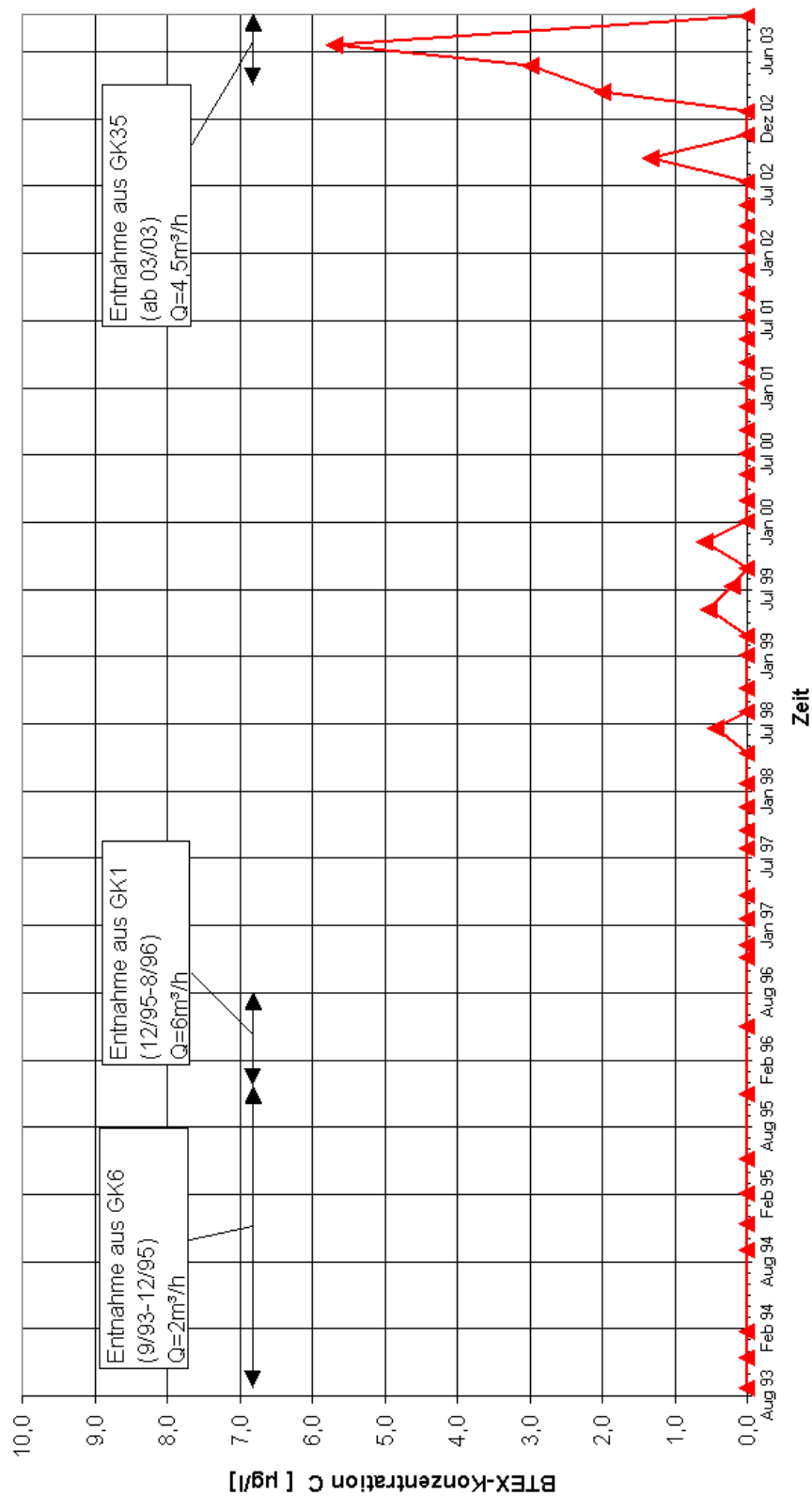
GK 12



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

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.2 Seite 1
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Abstrommeßstelle GK 12 BTEX-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

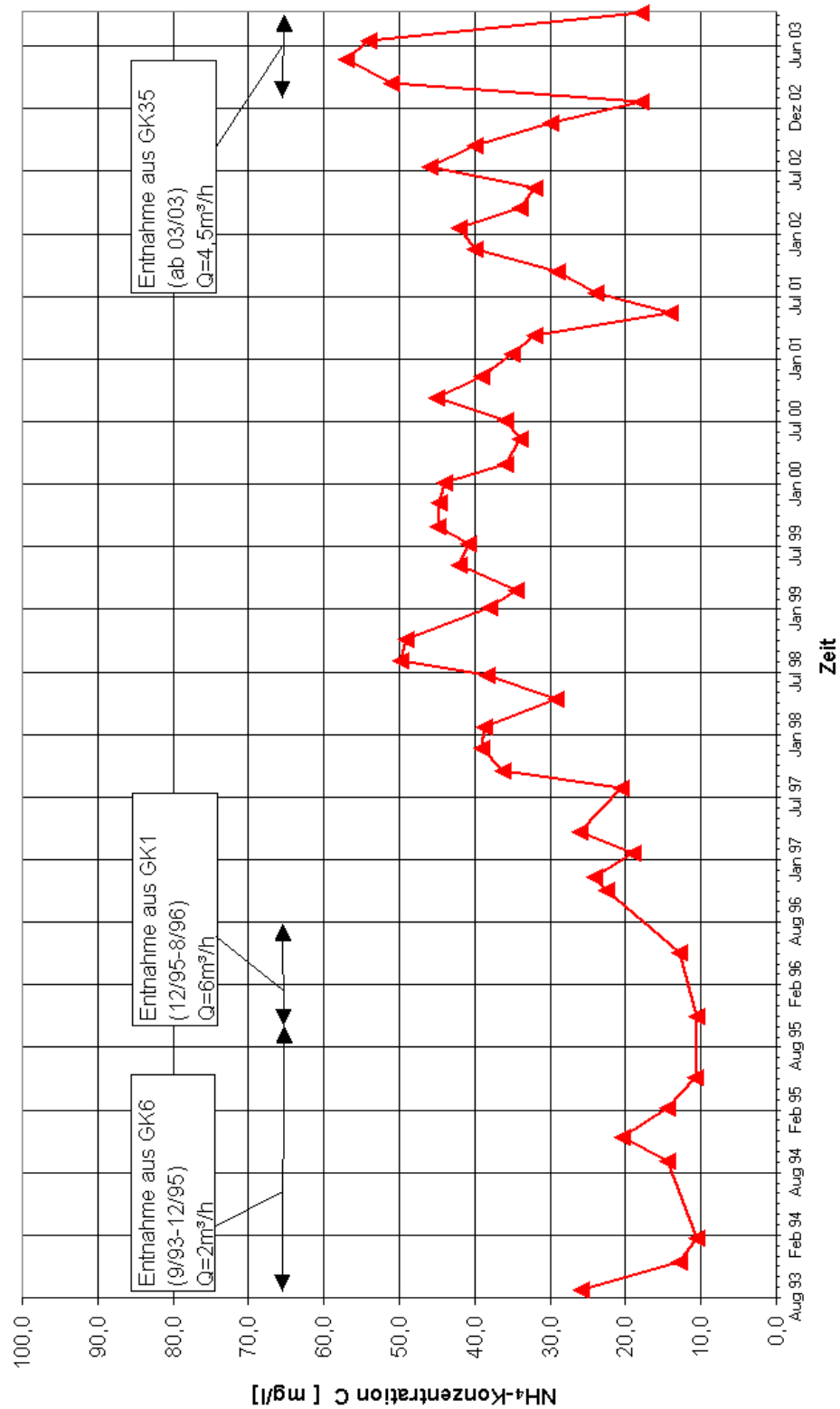
GK 12



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

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.2 Seite 2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Abstrommeßstelle GK 12 NH₄-Konzentrationen



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

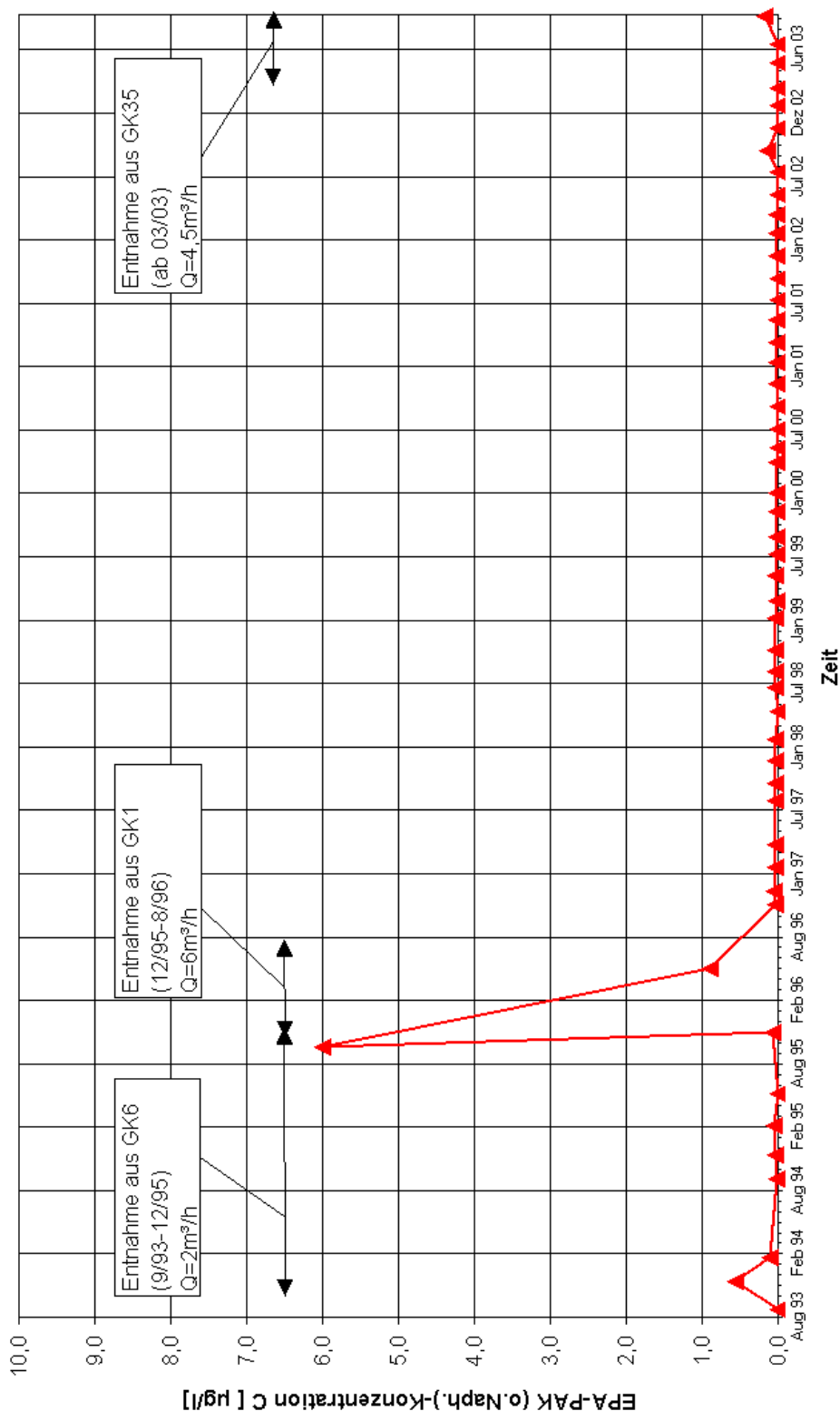
GK 12



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

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.2 Seite 3
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

Abstrommeßstelle GK18 EPA-PAK (o.Naph.)-Konzentrationen und Grundwasserstände



Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

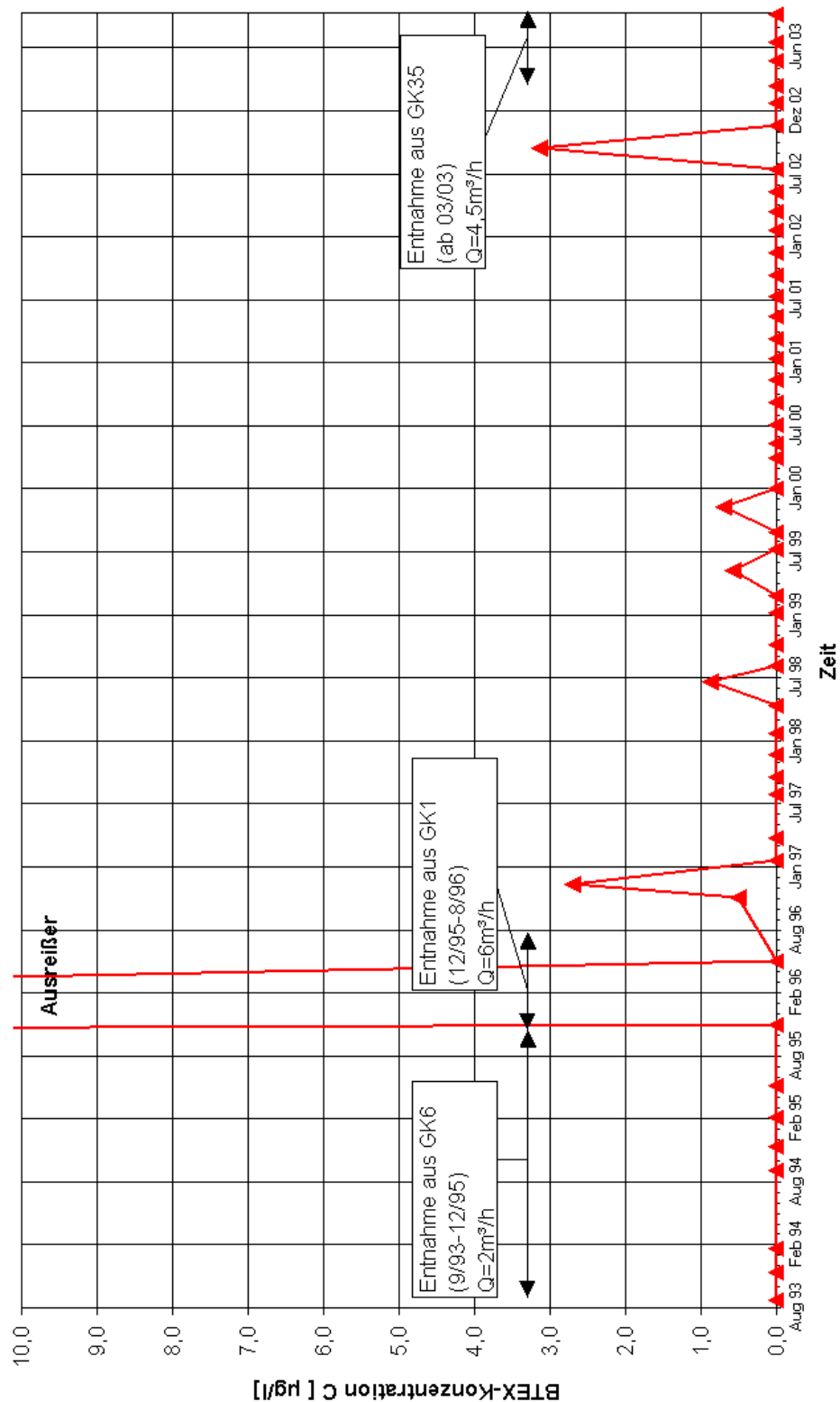
GK 18



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

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.3 Seite 1
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

Abstrommeßstelle GK18 BTEX-Konzentrationen und Grundwasserstände



32253201\32253210\Sanplan\correll521-0-90.CDR

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

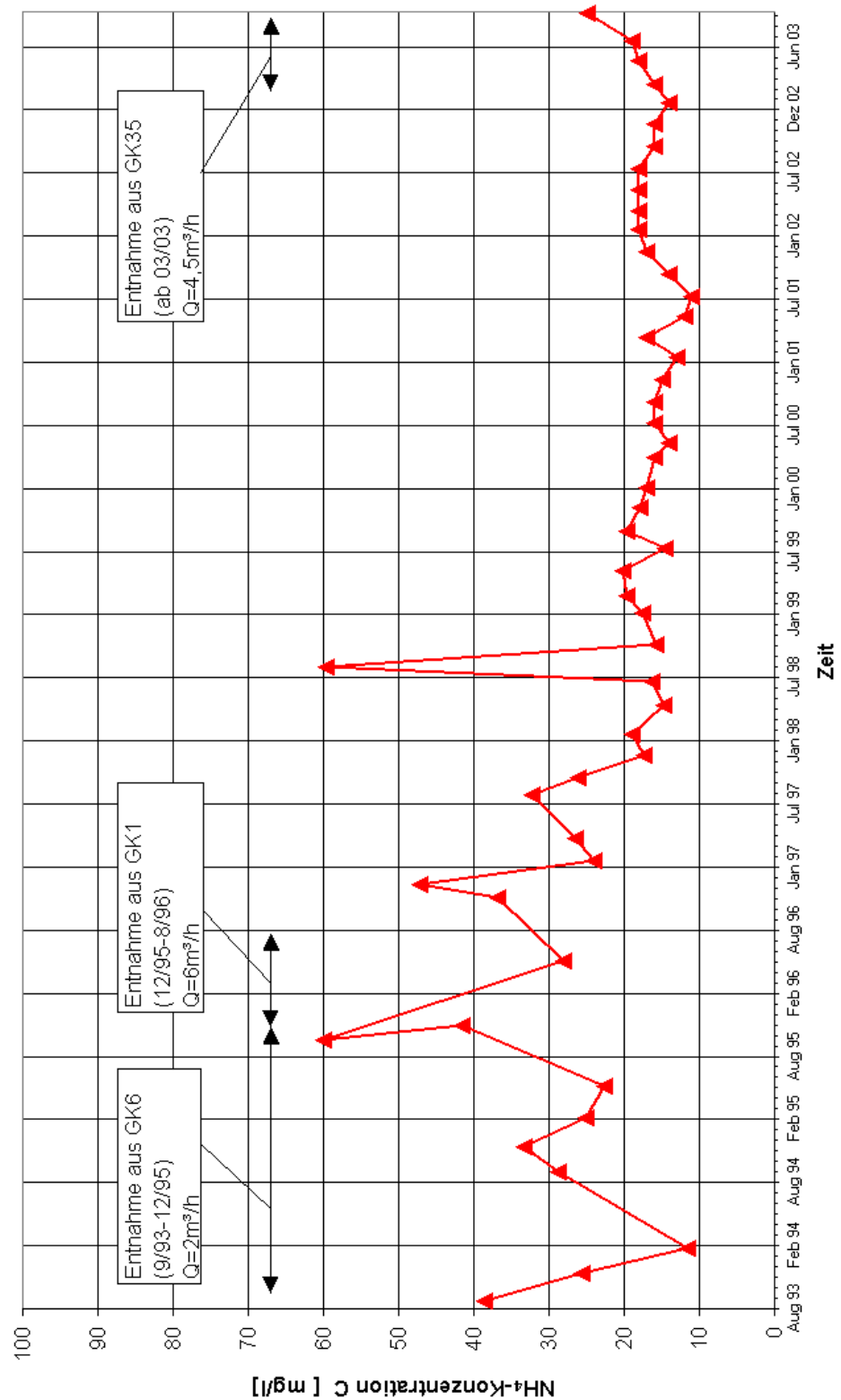
GK 18



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

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.3 Seite 2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Abstrommeßstelle GK 18 NH₄-Konzentrationen



32253201\32253210\Sanierungsplan\5210-90.CDR

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

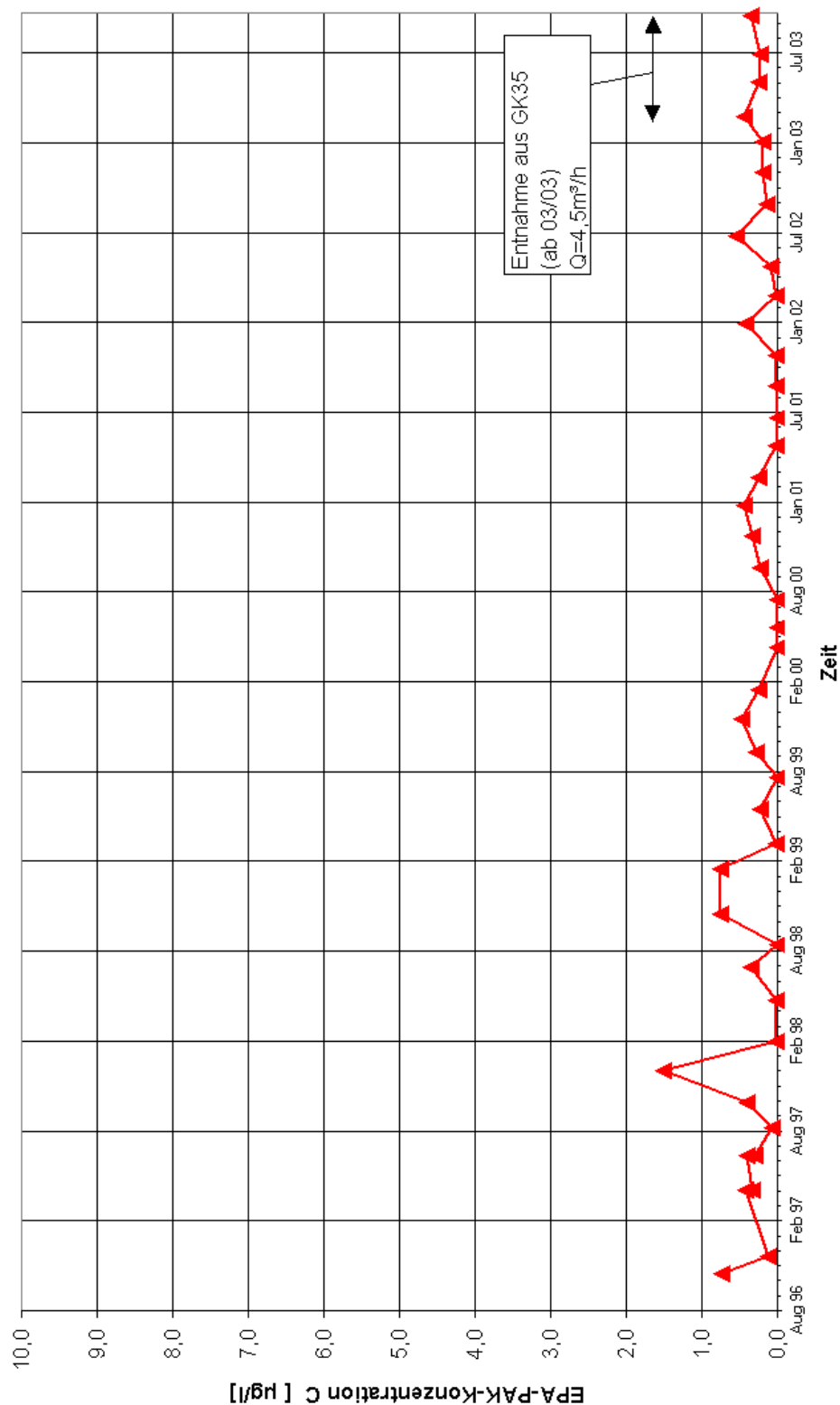
GK 18



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

M :		Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	ew	Anl.-Nr.	9.3.3 Seite 3
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

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



**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

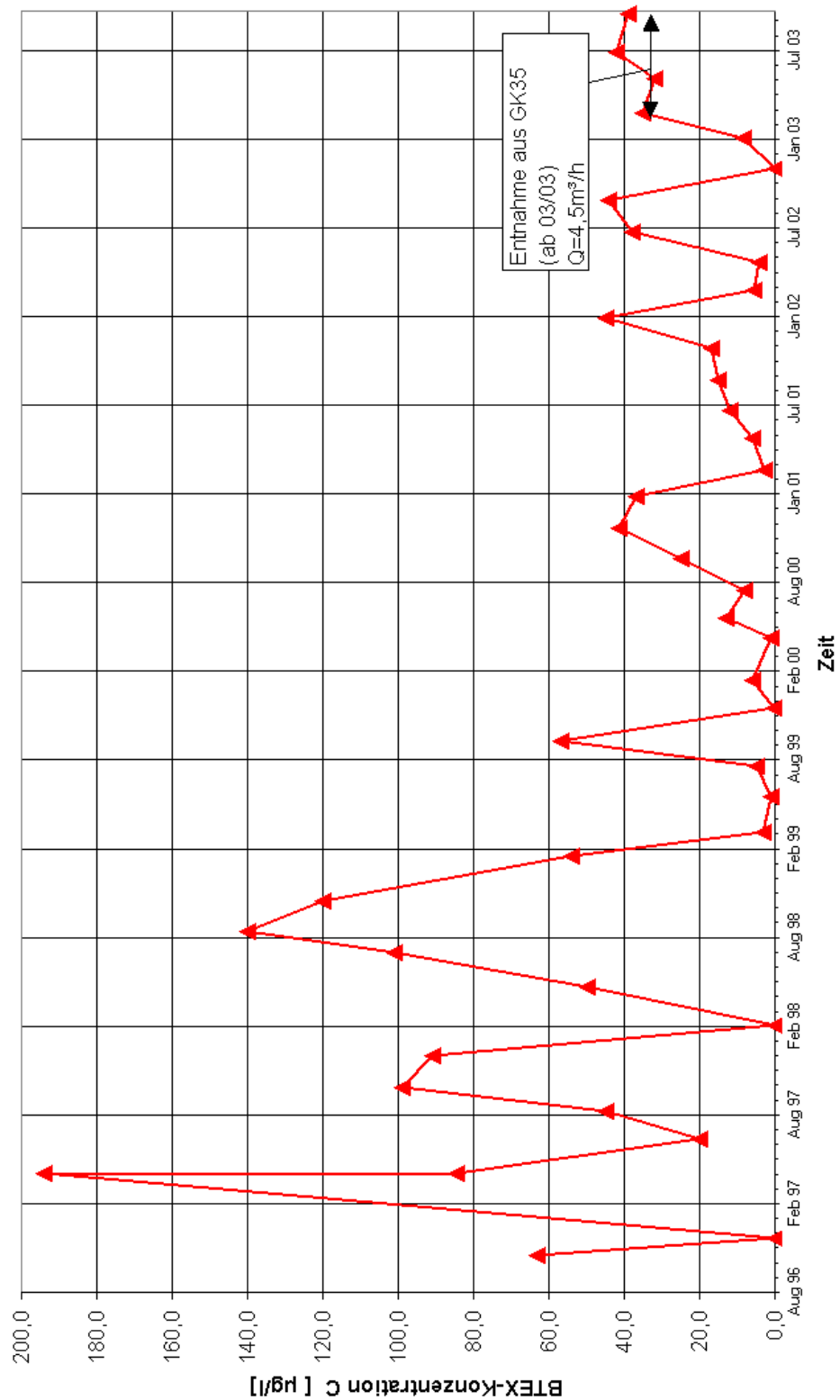
GK 32



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

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr.	9.3.4 Seite 1
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Abstrommeßstelle GK32 BTEX-Konzentrationen und Grundwasserstände



32253201\32253210\Sanplan\cor\5321-0-90.CDR

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

GK 32

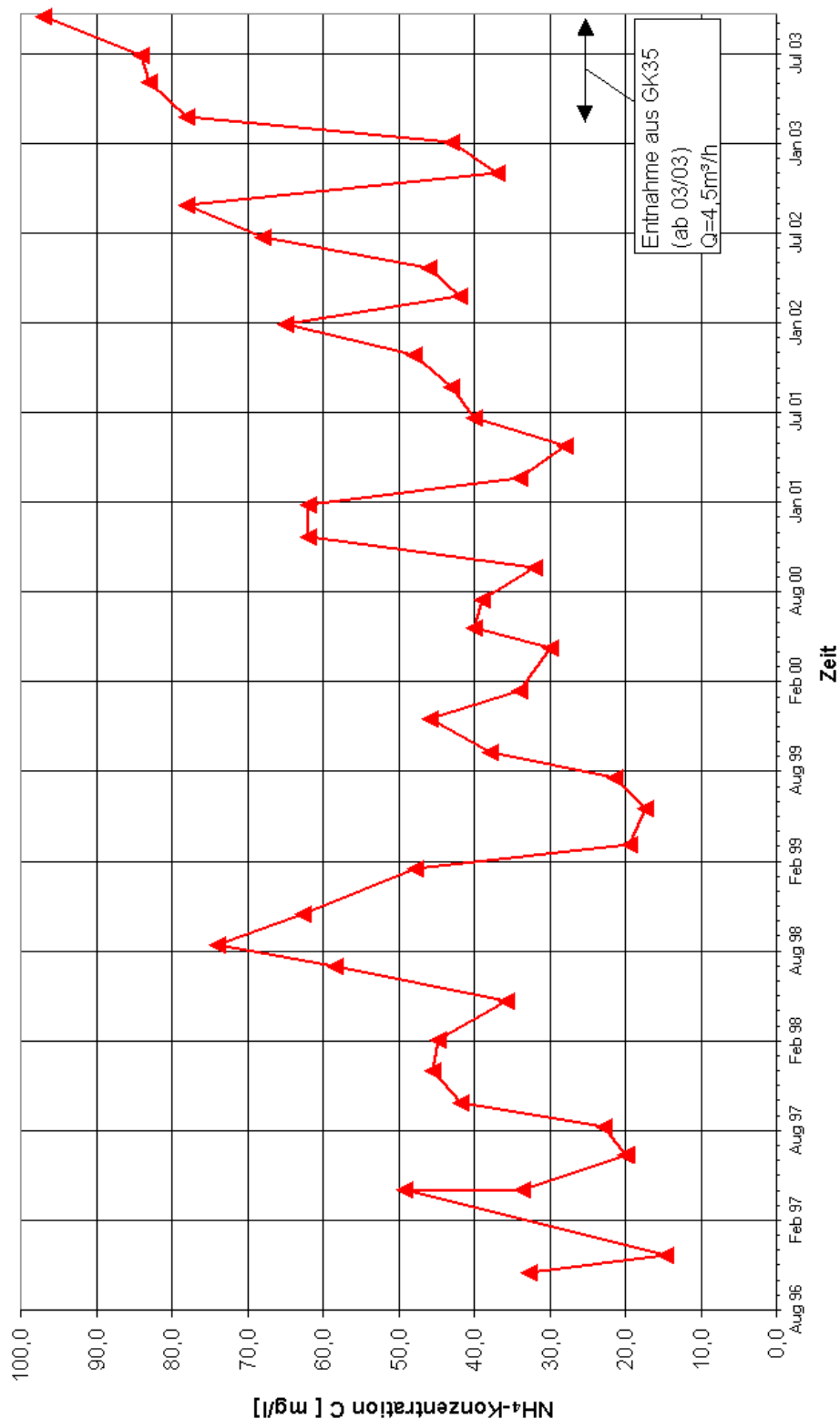


ARCADIS

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

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.4 Seite 2
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

Abstrommeßstelle GK32 NH₄-Konzentrationen



32253201\32253210\Sanierungsplan\5321-0-90.CDR

Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan

GK 32



ARCADIS

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

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.4 Seite 3
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

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

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

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 :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 1
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

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

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

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 :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 2
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

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

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

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 :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 3
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

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

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**

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 :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 4
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

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

B28 Datum der Entnahme	NH4 mg/l	Summe BTEX µg/l	Summe EPA-PAK o.N. µg/l	Naphthalin µg/l
5-Nov-96	56,6	9,3	0,61	0
19-Feb-98	65,9	6,6	23,40	8,0
26-Aug-98	81,1	0	2,60	0
26-Jan-99	66,1	1,0	3,54	0
26-Mai-99	46,3	0	1,13	0
15-Sep-99	53,3	0,2	1,27	0
18-Jan-00	54,0	0	2,46	0
23-Mai-00	36,0	0	0,67	0
19-Sep-00	62,0	0	1,60	0
23-Jan-01	71,0	0	2,63	0
22-Mai-01	32,0	0	0,36	0
22-Mai-01	32,0	0	0,36	0
18-Sep-01	60,0	0	1,34	0
22-Jan-02	66,0	0	1,73	0
15-Mai-02	54,0	0	0,70	0
17-Sep-02	49,0	1,0	2,37	2,1
21-Jan-03	53,0	0	0,85	0
21-Mai-03	70,0	6,0	2,91	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**



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

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

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: ew	Anl.-Nr. 9.3.5 Seite 5
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

**zu Kapitel 10
existieren keine Anlagen**

**zu Kapitel 11
existieren keine Anlagen**

Zeitplan und Kostenschätzung

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Zeitplan und Kostenschätzung

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	12
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Kostenschätzung

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	12.1
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Sanierungsbereich D1

Kostenschätzung für

Stufe 1 (Kernsanierungsbereiche und Stufe 2 (Optional)

(Investitionskosten und Betriebskosten 1. - 3. Jahr)

	Sanierungsplan Stufe 1 (Stand 2004)	Sanierungsplan Stufe 2 (Stand 2004) OPTIONAL
I. Investitionskosten		
I.1 Planung, Bauüberwachung	38.440	11.512
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen*	51.100	
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau	130.000	71.950
I.4 Wasserreinigungsanlage	110.250	
Summe Pos. I	329.790	83.462
II. Betriebskosten 1.-3. Jahr		
Summe Pos. II	239.900	0
III. Unvorhergesehenes (10%)	57.000	8.300
Gesamtsumme (netto)	626.700	91.800

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich D1

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr. 12.1.1 Seite 1
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

Kostenschätzung Sanierungsbereich D1 - Stufe 1

	Einzelpreis [€, netto]	Menge	Gesamt-preis [€, netto]
I. Investitionskosten			
I.1 Planung, Bauüberwachung			38.440
Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung	240.250	16%	38.440
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen			51.100
aus E3-4 Kostenschätzung			
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau			130.000
Brunnenbau			
Bau von Entnahmebrunnen	20.000	0 Stk.	0
Umbau zu Entnahmebrunnen	10.500	1 Stk.	10.500
Bau von Infiltrationsbrunnen, tief, 400mm	25.000	1 Stk.	25.000
Bau von Infiltrationsbrunnen, flach, 300mm	17.500	2 Stk.	35.000
Umbau zu Infiltrationsbrunnen	5.000	1 Stk.	5.000
Rohrleitungsbau			
Einbau von Kabelzugsschächten	1.000	9 Stk.	9.000
Verlegung von 2 Leerrohren (für Elektrokabel+Steuerung)	5	1400 m	7.000
Liefern und Einziehen von Elektro- und Steuerungsleitungen	10	1400 m	14.000
Liefern und Verlegung von Rohrleitungen für Wasser	35	700 m	24.500
Nährstoffinfiltrationen			
Nährstoffinfiltrationsbrunnen	12.000	0 Stk.	0
Horizontalbohrungen	20.000	0 Stk.	0
Pumpstation	5.000	pauschal	0
Chemische Analytik	10.000	pauschal	0
I.4 Wasserreinigungsanlage			110.250
Erweiterung der Wasserreinigungsanlage (inkl. Analytik Inbetriebnahme, Kontrollbeprobungen im 1. Jahr)	220.500	50%	110.250
Summe Investitionskosten [€, netto]			329.800
II. Jährliche Betriebskosten		Anteil an Gesamtsanie- rungskosten für D1/E	
II.1 Chemische Analytik			6.100
Kontrollbeprobungen	9.700	50%	4.850
Monitoring	2.500	50%	1.250
II.2 Betrieb der Sanierung			62.300
Personal (1,5 Tage pro Woche, 624 h x 45 €/h)	28.000	50%	14.000
Aktivkohlewechsel	13.800	50%	6.900
Reparatur (nur Materialkosten)			7.600
Regenerierung von Brunnen			12.500
Kosten H ₂ O ₂ , Phosphat	8.200	50%	4.100
Energiekosten	6.000	50%	3.000
Chemische Analytik (Eigenüberwachung)	12.400	50%	6.200
Dokumentation	16.000	50%	8.000
II.3 Ingenieurleistungen (4 Tage pro Monat, 480 €/d)	23.100	50%	11.550
Summe Betriebskosten [€, netto]			79.950

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich D1

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	12.1.1 Seite 2
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Kostenschätzung Sanierungsbereich D1 - Stufe 2- Optional

	Einzelpreis [€, netto]	Menge	Gesamt-preis [€, netto]
I. Investitionskosten			
I.1 Planung, Bauüberwachung			
Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung	71.950	16%	11.512
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen			
aus E3-4 Kostenschätzung			
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau			71.950
Brunnenbau			
Bau von Entnahmebrunnen	20.000	0 Stk.	
Umbau zu Entnahmebrunnen	10.500	0 Stk.	
Bau von Infiltrationsbrunnen, tief, 400mm	25.000	0 Stk.	
Bau von Infiltrationsbrunnen, flach, 300mm	17.500	0 Stk.	
Umbau zu Infiltrationsbrunnen	5.000	0 Stk.	
Rohrleitungsbau			
Einbau von Kabelzugsschächten	1.000	2 Stk.	2.000
Verlegung von 2 Leerrohren (für Elektrokabel+Steuerung)	5	460 m	2.300
Liefern und Einziehen von Elektro- und Steuerungsleitungen	10	460 m	4.600
Liefern und Verlegung von Rohrleitungen für Wasser	35	230 m	8.050
Nährstoffinfiltrationen			
Nährstoffinfiltrationsbrunnen	12.000	0 Stk.	
Horizontalbohrungen	20.000	2 Stk.	40.000
Pumpstation	5.000	pauschal	5.000
Chemische Analytik	10.000	pauschal	10.000
I.4 Wasserreinigungsanlage			
Erweiterung der Wasserreinigungsanlage (inkl. Analytik Inbetriebnahme, Kontrollbeprobungen im 1. Jahr)			
Summe Investitionskosten [€, netto]			83.500
II. Jährliche Betriebskosten		Anteil an Gesamtsanie- rungskosten für D1/E	
II.1 Chemische Analytik			0
Kontrollbeprobungen			
Kontrollbeprobungen			
Monitoring			
II.2 Betrieb der Sanierung			0
Personal			
Aktivkohlewechsel			
Reparatur (nur Materialkosten)			
Regenerierung von Brunnen			
Kosten H ₂ O ₂ , Phosphat			
Energiekosten			
Chemische Analytik (Eigenüberwachung)			
Dokumentation			
II.3 Ingenieurleistungen			0
Summe Betriebskosten [€, netto]			0

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich D1

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	12.1.1 Seite 3
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Sanierungsbereich E

Kostenschätzung für

Stufe 1(Kernsanierungsbereiche) und Stufe 2 (Optional)

(Investitionskosten und Betriebskosten 1. - 3. Jahr)

	Sanierungsplan Stufe 1 (Stand 2004)	Sanierungsplan Stufe 2 (Stand 2004) OPTIONAL
I. Investitionskosten		
I.1 Planung, Bauüberwachung	61.672	10.800
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen*	86.900	
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau	272.500	67.500
I.4 Wasserreinigungsanlage	112.950	
Summe Pos. I	534.022	78.300
II. Betriebskosten 1.-3. Jahr		
Summe Pos. II	232.400	0
III. Unvorhergesehenes (10%)	76.600	7.800
Gesamtsumme (netto)	843.000	86.100

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich E

M :	Auftr.-Nr. 322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr. 12.1.2 Seite 1
Bearb.: ksm	Datum 18.08.2003

Kostenschätzung Sanierungsbereich E - Stufe 1

	Einzelpreis [€, netto]	Menge	Gesamt-preis [€, netto]
I. Investitionskosten			
I.1 Planung, Bauüberwachung			61.672
Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung	385.450	16%	61.672
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen			86.900
aus E3-4 Kostenschätzung			
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau			272.500
Brunnenbau			
Bau von Entnahmefrünnen	20.000	1 Stk.	20.000
Umbau zu Entnahmefrünnen	10.500	1 Stk.	10.500
Bau von Infiltrationsbrunnen, tief, 400mm	25.000	4 Stk.	100.000
Bau von Infiltrationsbrunnen, flach, 300mm	17.500	2 Stk.	35.000
Umbau zu Infiltrationsbrunnen	5.000	0 Stk.	0
Rohrleitungsbau			
Einbau von Kabelzugsschächten	1.000	16 Stk.	16.000
Verlegung von 2 Leerrohren (für Elektrokabel+Steuerung)	5	2800 m	14.000
Liefen und Einziehen von Elektro- und Steuerungsleitungen	20	1400 m	28.000
Liefen und Verlegung von Rohrleitungen für Wasser	35	1400 m	49.000
Nährstoffinfiltrationen			
Nährstoffinfiltrationsbrunnen	12.000	0 Stk.	0
Horizontalbohrungen	20.000	0	0
Pumpstation	5.000	pauschal	0
Chemische Analytik	10.000	pauschal	
I.4 Wasserreinigungsanlage			112.950
Erweiterung der Wasserreinigungsanlage (inkl. Analytik Inbetriebnahme, Kontrollbeprobungen im 1. Jahr)	220.500	50%	110.250
Nullbeprobung Sanierungsbereich E	2.700		2.700
Summe Investitionskosten [€, netto]			534.000
II. Jährliche Betriebskosten		Anteil an Gesamtsanie- rungskosten für D1/E	
II.1 Chemische Analytik			6.100
Kontrollbeprobungen	9.700	50%	4.850
Monitoring	2.500	50%	1.250
II.2 Betrieb der Sanierung			59.800
Personal (1,5 Tage pro Woche, 624 h x 45 €/h)	28.000	50%	14.000
Aktivkohlewechsel	13.800	50%	6.900
Reparatur (nur Materialkosten)			7.600
Regenerierung von Brünnen			10.000
Kosten H ₂ O ₂ , Phosphat	8.200	50%	4.100
Energiekosten	6.000	50%	3.000
Chemische Analytik (Eigenüberwachung)	12.400	50%	6.200
Dokumentation	16.000	50%	8.000
II.3 Ingenieurleistungen (4 Tage pro Monat, 480 €/d)	23.100	50%	11.550
Summe Betriebskosten [€, netto]			77.450

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich E

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	12.1.2 Seite 2
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Kostenschätzung Sanierungsbereich E - Stufe 2 - Optional

	Einzelpreis [€, netto]	Menge	Gesamt-preis [€, netto]
I. Investitionskosten			
I.1 Planung, Bauüberwachung			10.800
Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung	67.500	16%	10.800
I.2 Pilotversuche, Voruntersuchungen			
aus E3-4 Kostenschätzung			
I.3 Brunnen- und Rohrleitungsbau			67.500
Brunnenbau			
Bau von Entnahmebrunnen	20.000	0 Stk.	0
Umbau zu Entnahmebrunnen	10.500	0 Stk.	0
Bau von Infiltrationsbrunnen, tief, 400mm	25.000	0 Stk.	0
Bau von Infiltrationsbrunnen, flach, 300mm	17.500	0 Stk.	0
Umbau zu Infiltrationsbrunnen	5.000	0 Stk.	0
Rohrleitungsbau			
Einbau von Kabelzugsschächten	1.000	6 Stk.	6.000
Verlegung von 2 Leerrohren (für Elektrokabel+Steuerung)	5	1000 m	5.000
Liefern und Einziehen von Elektro- und Steuerungsleitungen	10	1000 m	10.000
Liefern und Verlegung von Rohrleitungen für Wasser	35	500 m	17.500
Nährstoffinfiltrationen			
Nährstoffinfiltrationsbrunnen	12.000	2 Stk.	24.000
Horizontalbohrungen	20.000	0	0
Pumpstation	5.000	pauschal	5.000
Chemische Analytik	10.000	pauschal	
I.4 Wasserreinigungsanlage			0
Erweiterung der Wasserreinigungsanlage (inkl. Analytik Inbetriebnahme, Kontrollbeprobungen im 1. Jahr)			
Summe Investitionskosten [€, netto]			78.300
II. Jährliche Betriebskosten		Anteil an Gesamtsanie- rungskosten für D1/E	
II.1 Chemische Analytik			0
Kontrollbeprobungen			
Monitoring			
II.2 Betrieb der Sanierung			0
Personal (0,75 Tage pro Woche)			
Aktivkohlewechsel			
Reparatur (nur Materialkosten)			
Regenerierung von Brunnen			
Kosten H ₂ O ₂ , Phosphat			
Energiekosten			
Chemische Analytik (Eigenüberwachung)			
Dokumentation			
II.3 Ingenieurleistungen			0
Summe Betriebskosten [€, netto]			0

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Kostenschätzung Sanierungsbereich E

M :	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.: duer	Anl.-Nr.	12.1.2 Seite 3
Bearb.: ksm	Datum	18.08.2003

Zeitplan

**Sanierung ehemaliges Gaswerk
Luzenberg, Mannheim
Sanierungsplan**



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

Zeitplan

M :	--	Auftr.-Nr.	322.532.10
Gez.:	duer	Anl.-Nr.	12.2
Bearb.:	ksm	Datum	18.08.2003

Zeitplan - Sanierung der Teilbereiche D1 und E

Jahr		2004				2005				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
Nr. (s. Kap. 8.7)	Maßnahme	1. Qtl.	2. Qtl.	3. Qtl.	4. Qtl.	1. Qtl.	2. Qtl.	3. Qtl.	4. Qtl.	1. Qtl.	2. Qtl.	3. Qtl.	4. Qtl.																								
	Teilsanierung am Freizeitheim (D1)																																				
1	Einreichen Sanierungsplan Teil 1 bei Stadt Mannheim																																				
	Erteilung der Genehmigung 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																																				
4a,b	Sanierungsbetrieb Stufe 1																																				
5																																					
	Planungsphase																																				
	Bauphase																																				
	1.-3. Betriebsjahr																																				
Angabe der geschätzten Kosten in TEUR, netto inkl. für die ersten 3 Betriebsjahre		0				50				749				173	173	173	jedes weitere Betriebsjahr: 173																				
Gesamtsumme, geschätzt [TEUR, netto]		1.318																																			