

HALLE SAALE INVESTVISION*
Entwicklungsgesellschaft Industriegebiet
Halle – Saalkreis mbH & Co. KG
Marktplatz 1
06108 Halle (Saale)

Ihr Auftrag vom: 11.10.2022
Unser Zeichen: 4468/wi-ri
Datum: 14.08.2023, Rev.1

GERICHTSRAIN 1
06217 MERSEBURG

TEL 03461 73 28 0
FAX 03461 73 28 28
gut@gut-merseburg.de
www.gut-merseburg.de

QUALITÄTS-
MANAGEMENTSYSTEM



DQS-zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 061609

**Revitalisierung des Geländes des ehemaligen
Reichsbahnausbesserungswerkes (RAW) Halle (Saale)
Ergänzende Standortuntersuchung zur Altlastensituation**



Südportal des ehemaligen RAW-Werkhallenkomplexes im März 2013

GESCHÄFTSFÜHRER
DR. HANS-JOACHIM BERGER
EYK HASSELWANDER

HANDELSREGISTER
AMTSGERICHT STENDAL
HRB 205057

UST-IDNR DE139713830

COMMERZBANK MERSEBURG
DE42 8004 0000 0408 0776 00
BIC COBADEFFXXX

SAALESPARKASSE HALLE
DE52 8005 3762 1894 1069 50
BIC NOLADE21HAL

Inhalt

Inhalt	2
Tabellenverzeichnis.....	7
Abbildungsverzeichnis.....	7
Anlagenverzeichnis	10
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	15
1.1 Anlass.....	15
1.2 Auftrag.....	16
1.3 Projektbeteiligte	16
2 Standortbeschreibung.....	17
2.1 Allgemeine Standortsituation	17
2.2 Eigentumssituation.....	19
2.3 Strukturelle Gliederung des Projektareals und Nutzungshistorie	21
2.4 Baufelder	21
2.5 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen im Projektareal	22
2.6 Kriegseinwirkungen.....	24
2.7 Gegenwärtige Nutzung	24
2.8 Gebäude.....	24
2.8.1 Denkmalschutz	25
2.9 Geplante Nachnutzung	27
2.10 Geplante Verkehrserschließung.....	28
2.11 Schutzgebiete, sensible Nutzung im Umfeld	28
2.12 Geologie und Hydrologie.....	28
2.13 Altbergbau	28
2.14 Projektbezogenen Geoinformationssystems (GIS).....	29
2.14.1 GIS	29
2.14.2 Projektbezogene Datenbank.....	30
2.14.3 Erstellung eines Gebäudekatasters	30
3 Zielstellung, Untersuchungskonzept und rechtliche Grundlagen.....	31
3.1 Ausgangslage	31
3.2 Zielstellungen der ergStU.....	32
3.3 Arbeitsplan der erStU.....	32
3.4 Quellenabgrenzung (MIP-Sondierungen, Gewerk 03).....	33
3.5 Grundwasser-Screening (Gewerke 01 und 02)	34
3.5.1 Tiefenrammpegel (Gewerk 01).....	35
3.5.2 Kernbohrungen (Gewerk 02).....	35
3.6 Untersuchung der Grundwasserbelastung im Tertiär	35
3.7 Baggerschürfe (Gewerk 04)	35
3.8 Analytische Untersuchungen (Gewerk 06)	36
3.9 Systematisierung, begriffliche Einordnung	36
3.9.1 Altlasten.....	36
3.9.2 Weitere vornutzungsbedingte Beeinträchtigungen des Grundstücks.....	38
3.10 Gesetzliche Grundlagen	38
3.10.1 Mantelverordnung.....	38
3.10.2 Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV).....	39

3.10.3	Bundesbodenschutzverordnung.....	41
3.10.4	Bewertung und Relevanz für die Baufeldfreimachung des ehem. RAW-Gelände	42
4	Durchgeführte Untersuchungen	44
4.1	Vorbereitende Tätigkeiten	44
4.1.1	Einholung der Zustimmung seitens der Grundstückseigentümer.....	44
4.1.2	Abstimmungen mit den Akteuren der laufenden GW-Sanierung des BEV.....	44
4.1.3	vor-Ort-Begehung der geplanten Ansatzpunkte	44
4.1.4	Einholung von Schachtscheinen	44
4.1.5	Verkehrsrechtliche Anordnung Kanenaer Weg	45
4.1.6	Sicherheitstechnische Einweisung und Begleitung der Feldarbeiten	46
4.1.7	Ausschreibung der Gewerke	46
4.2	Kampfmittelfreigabe	46
4.3	Kernbohrungen, Errichtung von Grundwassermessstellen.....	47
4.4	Tiefenrammpege.....	47
4.5	MIP-Sondierungen.....	48
4.6	Baggerschürfe	51
4.7	Laborleistungen	53
4.7.1	Bodenproben/ -analytik	53
4.7.2	Grundwasserproben/ -analytik	53
5	Untersuchungsergebnisse.....	55
5.1	Schichtenaufnahme	55
5.2	Ergebnisse der Bodenproben	55
5.3	Ergebnisse der Schurferkundung.....	56
5.4	Ergebnisse der Grundwasserproben.....	56
5.5	Ergebnisse der MIP-Sondierungen	57
6	Grundwasserbezogene Auswertung der Ergebnisse.....	60
6.1	Geologie	60
6.2	Hydraulische/hydrogeologische Situation.....	65
6.3	Gesamtschadenssituation.....	66
6.3.1	Mineralölkohlenwasserstoffe	68
6.3.2	PAK	69
6.3.3	BTEX	71
6.3.4	Nitroaromaten	72
6.3.5	LHKW	72
6.3.6	Zwischenfazit zur Grundwasserbelastung.....	72
6.4	Kenntnisstand vor der ergStU zum LHKW-Schaden der ehem. TRI-Anlage.....	73
6.4.1	Quellenabgrenzung.....	73
6.4.2	Grundwasser-Sanierungskonzept.....	74
6.4.3	Sanierungsstand.....	77
6.4.4	Grundwasserbelastung durch LHKW	85
6.5	Aktuelle Interpretation des LHKW-Schadens der ehem. TRI-Anlage.....	89
6.5.1	Oberflächennah diffuse LHKW-Belastung.....	89
6.5.2	Ausbreitung der LHKW-Phase (Quellenbetrachtungen)	89
6.5.3	Aktuelle LHKW-Grundwasserbelastung	101

6.5.4	Grundwasserbelastung im Tertiär	114
6.6	Frachtabschätzung	117
6.7	Fazit zum gegenwärtigen Stand der Sanierung.....	119
6.8	Vorläufiger grundwasserbezogener Sanierungsansatz	120
6.8.1	Kernpunkte zum Schadensbild	120
6.8.2	Grundwasserbezogene Sanierungsziele.....	122
6.8.3	Variantenvorauswahl	123
6.8.4	Szenarienbetrachtungen.....	126
6.8.5	Szenario 1 - Hydraulische Sicherung	126
6.8.6	Szenario 2 - Quellensanierung durch Austauschbohrungen.....	129
6.8.7	Einkapselung	131
6.8.8	Vorzugsvariante.....	135
7	Nachnutzungsbezogene Betrachtung	136
7.1	Nutzungsbezogene Sanierung des LHKW-Schadens der TRI-Anlage	136
7.1.1	Nutzungsbezogene Sanierungsziele.....	136
7.1.2	Bezug zur Nachnutzung.....	136
7.1.3	Kernpunkte des Schadens.....	137
7.1.4	Variantenvorauswahl	139
7.1.5	Sanierungskonfiguration	140
7.1.6	Kostenschätzung	141
7.2	Abfalltechnische Charakterisierung des anfallenden Bodenmaterials	142
7.2.1	abfall- und bodenschutzrechtliche Bewertung.....	143
7.2.2	Auffüllmächtigkeiten.....	150
7.3	Konzept für die Baufeldfreimachung	152
7.3.1	Randbedingungen bei der Baufeldfreimachung	152
7.3.2	Investitionsgrundflächen	155
7.4	Verkehrskonzept für die Baufeldfreimachung.....	156
7.5	Areale zusammenhängender Investitionsgrundflächen	158
7.5.1	Logistikflächen.....	162
7.5.2	Szenarien für die Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung.....	164
7.5.3	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung.....	167
7.5.4	Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen.....	168
7.5.5	Maßnahmen zum Arbeits- und Immissionsschutz	168
7.5.6	Konzept zur Kampfmittelfreimessung.....	169
7.5.7	Konzept zum Umgang mit dem LHKW-Schaden im Rahmen der Baufeldfreimachung.....	169
7.5.8	Umgang mit den Altlastenverdachtsflächen bei der Baufeldfreimachung	171
7.5.9	Betriebliches Abwassersystem.....	173
7.6	Standortbezogene Einbauwerte für den Einbau in technischen Bauwerken.....	174
7.6.1	Reguläre Vorgaben der ErsatzbaustoffV für den Einbau von Bodenmaterial	174
7.6.2	Zulassung abweichender Feststoffwerte für Bodenmaterial	177
7.6.3	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung.....	178
7.6.4	Abweichende Eluatwerte für Bodenmaterial.....	179
7.7	Standortbezogene Einbauwerte für Auf- und Einbringen von Bodenmaterial unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht.....	181

7.7.1	Empfehlungen für standortbezogene Einbauwerte für die Investitionsgrundflächen	182
8	Gesamtkostenübersicht	184
9	Handlungsempfehlungen	188
9.1	Übersicht	188
9.2	Abstimmung mit der Deutschen Bahn zu Leitungsverläufen	189
9.3	Bereich Werkhalle im BF-03	189
9.4	Planungsleistungen Altlastensanierungen und Baufeldfreimachung	190
9.4.1	Aufteilung und Fach- oder Mengenlose.....	190
9.4.2	Baufeldfreimachung	190
9.4.3	Altlastensanierungen	191
9.5	Zeitplan	193
10	Zusammenfassung	195
10.1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	195
10.2	Standortsituation.....	195
10.3	Geplante Verkehrserschließung.....	196
10.4	Durchgeführte Untersuchungen	197
10.4.1	Kampfmittelfreigabe	197
10.4.2	Kernbohrungen, Errichtung von Grundwassermessstellen.....	198
10.4.3	Tiefenrammpege.....	198
10.4.4	Sondierungen	198
10.4.5	Baggerschürfe	198
10.4.6	Laborleistungen	198
10.5	Grundwasserbelastungen	198
10.6	Fazit zum gegenwärtigen Stand der Sanierung.....	202
10.7	Konzept zur zukünftigen Grundwassersanierung	203
10.8	Fachlich geeignete Sanierungsvarianten	203
10.8.1	Variante 1	203
10.8.2	Variante 2	204
10.8.3	Variante 3	204
10.8.4	Vorzugsvariante	204
10.9	Nutzungsbezogene Sanierung für die LHKW-Schaden	205
10.10	Konzept zur Baufeldfreimachung	205
10.10.1	Randbedingungen für die Baufeldfreimachung	206
10.10.2	Investitionsgrundflächen	207
10.10.3	Verkehrskonzept für die Baufeldfreimachung.....	208
10.10.4	Areale zusammenhängender Investitionsgrundflächen	209
10.10.5	Logistikflächen	209
10.10.6	Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen.....	210
10.10.7	Konzept zur Kampfmittelfreimessung.....	211
10.10.8	Konzept zum Umgang mit dem LHKW-Schaden im Rahmen der Baufeldfreimachung.....	211
10.10.9	Umgang mit den Altlastenverdachtsflächen bei der Baufeldfreimachung	212
10.10.10	Standortbezogene Einbauwerte für den Einbau in technischen Bauwerken	212
10.10.11	Standortbezogene Einbauwerte für Auf- und Einbringen von Bodenmaterial....	213

10.11	Gesamtkostenübersicht	214
10.12	Handlungsempfehlungen	215
11	Unterlagen zum Projekt.....	218
11.1	Unterlagen zum Auftrag	218
11.2	Unterlagen zum Projektstandort.....	218
11.3	Gesetze und Richtlinien, Literatur	222

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1	Liste und Zuordnung der Flurstücke in der Gemarkung Halle.....	20
Tab. 2-2	Übersicht Baufeld-Unterteilung und Größe.....	22
Tab. 4-1	Gewerke der ergStU.....	46
Tab. 4-2	Übersicht MIP-Sondierungen.....	50
Tab. 4-3	Übersicht Schürfe.....	52
Tab. 5-1	Detektionsverhalten relevanter LCKW- und BTEX-Aromaten (vgl. Dokumentation FUGRO, Anlage 3.5)	58
Tab. 6-1	geologischer Aufbau und Unterteilung der Grundwasserleiter im Bereich des RAW-Geländes)	61
Tab. 6-2	Sanierungsziele [U35]	77
Tab. 6-3	Übersicht über Förder- und Reinfiltrationsregime der GW-Sanierung [U67]	80
Tab. 6-4	Zusammenfassende Übersicht zum Szenarienvergleich	135
Tab. 7-1	Schätzung der Entsorgungsmengen und des damit verbundenen Transportaufkommens.....	156
Tab. 7-2	Altlastenverdachtsflächen, die im Zuge der Baufeldfreimachung abschließend zu untersuchen sind	172
Tab. 7-3	Standortbezogene Darstellung der zulässigen Einbauweisen für MEB in technischen Bauwerken	175
Tab. 7-4	Gegenüberstellung der Materialwerte BM-F0* nach ErsatzbaustoffV mit den Ergebnissen der Bodenproben aus den Schürfe	177
Tab. 7-5	Vergleich Eluatwerte für Sulfat und Leitfähigkeit.....	180
Tab. 7-6	Gegenüberstellung der Materialwerte BM-F0* / BM-F3 nach ErsatzbaustoffV mit den Ergebnissen der Bodenproben aus den Schürfe (Auffüllung).....	182
Tab. 7-7	Einbauwerte für die Investitionsgrundsicht.....	183
Tab. 8-1	Gesamtkostenübersicht, nach Baufeldern gegliedert.....	186
Tab. 8-2	Gesamtkostenübersicht, nach Arealen gegliedert (Brutto).....	187
Tab. 9-1	Zeitplan für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierungsmaßnahmen mit Mittelabflussplanung	194
Tab. 10-1	Gewerke der ergStU.....	197
Tab. 10-2	Einbauwerte für die Investitionsgrundsicht.....	213
Tab. 10-3	Gesamtkostenübersicht, nach Baufeldern gegliedert.....	214
Tab. 10-4	Gesamtkostenübersicht, nach Arealen gegliedert (Brutto).....	215
Tab. 10-5	Zeitplan für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierungsmaßnahmen mit Mittelabflussplanung	217

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1	Schrägluftbild des RAW-Geländes, Blick nach Osten (https://m.halle.de/de/Wirtschaft/Kohleausstieg/)	17
Abb. 2-2	Räumliche Einordnung des Projektareals mit Grundwasserfließrichtung (blauer Pfeil) (Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022).....	18
Abb. 2-3	Bahndamm östlich des RAW-Geländes.....	18
Abb. 2-4	Projektareal (Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022).....	19
Abb. 2-5	Strukturelle Gliederung des Projektareals bzgl. der Nutzungshistorie.....	21
Abb. 2-6	Baufeldübersicht (vgl. auch Anl. 1.2)	22

Abb. 2-7	Verdachtsflächen aus der Orientierenden Untersuchung der IHU [U13].....	23
Abb. 2-8	Gleisanlagen innerhalb des Projektareals	24
Abb. 2-9	Teileinsturz der Dachkonstruktion (24.01.2023)	25
Abb. 2-10	vorläufige Denkmalschutzfestlegung (rote Markierung: Gebäude ist zu schützen)	26
Abb. 2-11	Ausweisung schützenswerter Anlagen im Gebäudekomplex (Schreiben vom 24.09.2007)	27
Abb. 2-12	Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes (https://www.youtube.com/watch?v=Pz8gdcOwVK0)	27
Abb. 2-13	Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes mit Haupterschließungsstrasse (rot)	28
Abb. 2-14	durch Altbergbau beeinflusstes Areal [U79].....	29
Abb. 3-1	Kopf einer MIP-Sonde	34
Abb. 3-2	Prinzipschema der erweiterten Altlastenbewertung in Vorbereitung der Baufreimachung des Areals	37
Abb. 3-3	Bisherige Rechtssystematik	39
Abb. 3-4	Übersicht zu den Geltungsbereichen der EBV und des BBodSchV	39
Abb. 3-5	Auszug aus der Tabelle 3 der ErsatzbaustoffV zu den Materialwerten für Bodenmaterial	40
Abb. 4-1	Schematische Darstellung der MIP-EC-Sondenkombination (vgl. Dokumentation FUGRO, Anl. 3.5)	49
Abb. 5-1	Darstellung der Messergebnisse der MIP 03a-23	59
Abb. 6-1	Geologischer Prinzipschnitt Halle/Ost-Hufeisensee aus [U12].....	60
Abb. 6-2	Zusammensetzung der Auffüllung am Dammbauwerk Beispielhaft an KB1/23	61
Abb. 6-3	Ausbildung GWL14 in KB 5/23	62
Abb. 6-4	Flint im Geschiebemergel, Bohrung zur KB1/23 (2,80 m), Geschiebe KB2/23 (6,50 m)	62
Abb. 6-5	Kiese der Saalehauptterrasse KB5/23.....	63
Abb. 6-6	Übergang Saalehauptterrasse/tertiäre Sande am Beispiel der KB4/23.....	64
Abb. 6-7	Kohleschluff GWM 2/23 (18-21 m u GOK).....	64
Abb. 6-8	Grundwasserisohypsen Mittelwasserstand oberster GWL, Quelle: Datenportal Gewässerkundlicher Landesdienst Sachsen-Anhalt.....	66
Abb. 6-9	Darstellung Ansatzpunkte der Tiefenrammpegele und Kernbohrungen für das Grundwasser-Screening	67
Abb. 6-10	Darstellung der MKW-Befunde im Grundwasser in µg/l.....	68
Abb. 6-11	Darstellung der PAK-Befunde im Grundwasser in µg/l	70
Abb. 6-12	Darstellung der BTEX-Befunde im Grundwasser in µg/l	71
Abb. 7-1	DELCD-Profil der MIP05	137
Abb. 7-2	Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im Geschiebemergel	138
Abb. 7-3	Variantenvorauswahl nutzungsbezogene Sanierung des LHKW-Schadens der TRI-Anlage	139
Abb. 7-4	Vorläufiger Sanierungsbereich für den nutzungsbezogenen für den Bodenaustausch.....	141
Abb. 7-5	Auffüllung (grau); darunter Geschiebemergel (braun) im Schurf S-04/23 im BF01.....	142

Abb. 7-6	Auffüllung (braun, ocker, graubraun bis 2,0 m, darunter Geschiebemergel (braun) im Schurf S-30/23 im BF08	143
Abb. 7-7	Bewertung der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel) nach Anl. 1, Tab. 4 BBodSchV, siehe auch Anlage 2.2.2.....	144
Abb. 7-8	Bewertung der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel) nach Anl. 1, Tab. 3 ErsatzbaustoffV, siehe auch Anlage 2.2.1	146
Abb. 7-9	Darstellung der Kupfer-Gehalte in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.3	147
Abb. 7-10	Darstellung der Sulfat-Gehalte im Eluat in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.5	148
Abb. 7-11	Darstellung der PAK-Gehalte in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.4	149
Abb. 7-12	Auffüllmächtigkeiten (vgl. auch Anl. 2.1.3).....	151
Abb. 7-13	Beispielfoto für eine großräumige Baufeldfreimachung	153
Abb. 7-14	Beispielansicht einer Investitionsgrundfläche	155
Abb. 7-15	Bestehende Gleise im Projektareal und deren Anbindung an das Streckennetz	157
Abb. 7-16	Eisenbahntunnel in Richtung Osten („Südende“).....	158
Abb. 7-17	Projektareal nach Rückbau aller nicht unter Denkmalschutz stehenden Gebäude	159
Abb. 7-18	Untergliederung in Areale.....	160
Abb. 7-19	Beispielfoto eines Boden-/Bauschuttlagers mit Aufbereitungsanlage (unten links).....	163
Abb. 7-20	Beispielfoto einer Brecheranlage.....	163
Abb. 7-21	Möglicher Standort für die Logistikflächen mit Boden-/Bauschuttlager.....	164
Abb. 7-22	Szenario 1 Baufeldfreimachung.....	165
Abb. 7-23	Szenario 2 Baufeldfreimachung.....	166
Abb. 7-24	Szenario 3 Baufeldfreimachung.....	167
Abb. 8-1	Areal-bezogene Gesamtkostenübersicht für die Baufeldvorbereitung.....	185
Abb. 9-1	vorgeschlagener Erkundungsbereich für den Bodenaustausch bis 5 Metern.....	192
Abb. 9-2	vorgeschlagene Ansatzpunkte für die Kernbohrungen der Planungsphase 1 (5 KB als Reserve)	193
Abb. 10-1	Projektareal (Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022).....	196
Abb. 10-2	Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes mit Haupteerschließungsstrasse (rot)	197
Abb. 10-3	Beispielansicht einer Investitionsgrundfläche	208
Abb. 10-4	Untergliederung in Areale.....	209
Abb. 10-5	Möglicher Standort für die Logistikflächen mit Boden-/Bauschuttlager.....	210

Anlagenverzeichnis

1 Übersichtskarten

- 1.1 Übersichtslageplan Standort RAW im Stadtgebiet
- 1.2 Übersichtslageplan RAW – Lage der Baufelder mit Gebäudesituation
- 1.3 Übersichtslageplan mit Flurstücksunterteilung/Eigentümer
- 1.4 Übersicht vorhandener Aufschlüsse (ohne Grundwasser-Messstellen)
- 1.5 Übersicht vorhandener Grundwassermessstellen (Bereich des RAW)
- 1.6 Übersicht der vorhandenen Grundwassermessstellen im Großraum des RAW
- 1.7 Übersichtslageplan aller erfolgten Untersuchungen (Neuaufschlüsse)

2 Thematische Karten

2.1 Bodenuntersuchungen

- 2.1.1 Lageplan mit Schurferkundung
- 2.1.2 Rückbausituation der unterirdischen Bausubstanz abgerissener Gebäude
- 2.1.3 Darstellung der Auffüllmächtigkeiten im Bereich RAW

2.2 Chemische Beschaffenheit und abfallrechtliche Einstufung

- 2.2.1 Abfallrechtliche Einstufung der oberflächennahen Bodenhorizonte
- 2.2.2 Bodenschutzrechtliche Einstufung der oberflächennahen Bodenhorizonte
- 2.2.3 Belastung der oberflächennahen Bodenhorizonte durch Kupfer
- 2.2.4 Belastung der oberflächennahen Bodenhorizonte durch PAK
- 2.2.5 Belastung der oberflächennahen Bodenhorizonte durch Sulfat
- 2.2.6 Altlastenverdachtsflächen mit Untersuchungsbedarf während der Baufeldfreimachung

2.3 Ergebnisse Grundwassererkundung

- 2.3.1 Darstellung der Ergebnisse der MIP-Sondierungen
- 2.3.2 Zusammenfassende Darstellung der LHKW-Gehalte der teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen GWL15 sowie Ergebnisse der Nachsorgeüberwachung zur Grundwassersanierung EcoConcept aus 03/2023
- 2.3.3 Darstellung der LHKW-Gehalte der Grundwasseruntersuchungen GWL14 (Ergebnisse der Nachsorgeüberwachung zur Grundwassersanierung EcoConcept aus 03/2023)
- 2.3.4 LHKW-Gehalte der ergStU im Grundwasser im Tertiär (mit Darstellung der Filterlage)
- 2.3.5 Darstellung der Anteile von PCE/TCE am Gesamtgehalt für LHKW für die teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen als Ergebnisse der Nachsorgeüberwachung zur Grundwassersanierung EcoConcept aus 03/2023
- 2.3.6 Darstellung der Nitrat-Gehalte der teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen
- 2.3.7 Darstellung der Sulfat-Gehalte der teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen
- 2.3.8 Darstellung der Ammonium-Gehalte der teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen

- 2.3.9 Darstellung der Hydrogenkarbonat-Gehalte der teufenorientierten Grundwasseruntersuchungen
- 3 Geologische Ergebnisse**
 - 3.1 Darstellung der Basis des GWL 15
 - 3.2 Geologische Schnitte
 - 3.3 Schichtenverzeichnisse, Ausbauzeichnungen, Klarpumpprotokolle Grundwassermessstellen
 - 3.4 Schurfdokumentation
 - 3.5 Dokumentation der MIP-Sondierungen: Ergebnisbericht, Dokumentation, Profile
- 4 Steckbriefe**
- 5 Probenahmeprotokolle**
 - 5.1 Probenahmeprotokolle Grundwasser aus Kernbohrungen und Grundwassermessstellen
 - 5.2 Probenahmeprotokolle Grundwasser aus Tiefenrammpegeln
- 6 Prüfberichte**
 - 6.1 Prüfberichte Boden
 - 6.2 Prüfberichte Grundwasser
 - 6.3 Deklarationsanalytik Bohrgut
- 7 Datentabellen**
 - 7.1 Tabellarische Darstellung der Bodenproben und Gegenüberstellung mit den Materialwerten nach ErstattbaustoffV
 - 7.2 Tabellarische Darstellung der Bodenproben und Gegenüberstellung mit den Beurteilungswerten nach BBodSchV für den Einbau unterhalb der durchwurzelbaren Bodenzone
 - 7.3 Tabellarische Darstellung der Bodenproben und Gegenüberstellung mit den Prüfwerten nach BBodSchV für den Pfad Boden - Mensch
 - 7.4 Tabellarische Darstellung der Grundwasserproben
 - 7.5 Tabellarische Darstellung Deklarationsuntersuchung Container nach LAGA
- 8 Vermessungsergebnisse**
- 9 Kampfmittelfreigabeschreiben für die Ansatzpunkte**
- 10 Arbeits- und Sicherheitsplan nach DGUV-R 101-004, Belehrungen**

11 Kostenschätzungen

- 11.1 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-01
- 11.2 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-02
- 11.3 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-03
- 11.4 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-04
- 11.5 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-05
- 11.6 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-06
- 11.7 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-07
- 11.8 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-08
- 11.9 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-09
- 11.10 Kostenschätzung Baufeldfreimachung BF-10
- 11.11 Kostenschätzung Zentrale Logistik
- 11.12 Kostenschätzung GW-Sanierung – V1 Hydraulische Maßnahme
- 11.13 Kostenschätzung GW-Sanierung – V2 Austauschbohrungen
- 11.14 Kostenschätzung GW-Sanierung – V3 Einkapselung
- 11.15 Kostenschätzung Boden-Sanierung – Bodenaustausch

12 Sonstige Unterlagen

- 12.1 Unterlagen zur Sicherheitsbegehung der ehem. Werkhallen vom 24.01.2023

Abkürzungsverzeichnis

A	Auffüllung
AG	Auftraggeber
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ALVF	Altlastenverdachtsfläche
AN	Auftragnehmer
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutzverordnung
BEV	Bundeseisenbahnvermögen
BL	Bodenluft
BLP	Bodenluftpegel
BTEX	aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole)
BO	Boden
BP	Bohrpunkte
cDCE	cis-1,2-Dichlorethen (CIS)
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
DB	Deutsche Bahn
DCE	1,1-Dichlorethen
DCM	Dichlormethan
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsches Institut für Normung
DNAPL	Schwerphase (dense non aqueous phase liquid)
DP	Druckpegel
DU	Detailerkundung
EBV	Ersatzbaustoffverordnung
ergStU	ergänzende Standortuntersuchung
ENA	Enhanced Natural Attenuation (stimulierte natürliche Schadstoffminderung)
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy (Schlüsselnummer für ein KBS)
ET	Endteufe
FB	Fachbereich
FLST	Flurstück
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA)
GIS	Geoinformationssystem
GOK	Geländeoberkante
GrwV	Grundwasserverordnung
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
GWS	Grundwasserstauer
GWRA	Grundwasserreinigungsanlage (GWRA-E = Eingang, GWRA-A = Ausgang = Ablauf)
HE	Historische Erkundung
HW	Hochwert (Vermessungsangabe)
KBS	Koordinatenbezugssystem
KRB	Kleinrammbohrung
HE	Historische Erkundung
LAGA	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (s. Quellenverzeichnis)
LAGB	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
LAU	Landesamt für Umweltschutz
LAWA	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (s. Quellenverzeichnis)

LHKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
LNAPL	Leichtphase (Light non-aqueous phase liquid)
LSA	Land Sachsen-Anhalt
MEB	Mineralischer Ersatzbaustoff
MIP	Membrane Interface Probe
MKW	Mineralöl-Kohlenwasserstoff
MS	Messstellen
n.a.	nicht analysiert
n.n.	nicht nachweisbar
o.B.	ohne Befund
öBÜ	örtliche Bauüberwachung
OK	Oberkante
OU	Orientierende Untersuchung
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PER/PCE	Tetrachlorethen
PN	Probenahme
RAW	Reichsbahnausbesserungswerk
Rbd.	Reichsbahndirektion
RKS	Rammkernsondierung
RW	Rechtswert (Vermessungsangabe)
SU	Sanierungsuntersuchung
SWOT	Strengths-Weaknesse-Opportunities-Threats=Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken
SZ	Sanierungszone
SZW	Sanierungszielwert
TÖB	Träger öffentlicher Belange
TRANS	trans-1,2-Dichlorethen
TRI-Anlage	Verarbeitungsanlage des Trichlorethens
TRI/TCE	Trichlorethen
TRP	Tiefenrammpege
TS	Trockensubstanz
UA	Umweltamt
UWB	Untere Wasserbehörde
VC	Vinylchlorid
WRE	Wasserrechtliche Erlaubnis
WGK	Wassergefährdungsklasse
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

1.1 Anlass

Die Stadt Halle (Saale) plant den Erwerb des Geländes des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes (RAW) und die städtebauliche Entwicklung des Standortes mit Hilfe von Fördermitteln. In diesem Zusammenhang beabsichtigt die HALLE SAALE INVESTVISION* Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH¹ im Rahmen des Investitionsgesetzes Kohleregionen, das Gelände zu revitalisieren. Geplant ist ein neues Stadtquartier mit einem multifunktionalen Nutzungsmix aus Arbeiten, Gründen, Forschen und Wohnen [A1].

Das Projektareal mit einer Fläche von ca. 19 ha befindet sich südlich des Hauptbahnhofes Halle (Saale) in innerstädtischer Randlage. Auf dem ehemals industriell genutzten Gelände, welches im Wesentlichen Standort eines Bahnreparaturwerkes war, befinden sich aktuell noch immer weitläufige Industriehallen, die teilweise unter Denkmalschutz stehen.

Ein wesentlicher Aspekt bei der geplanten Umnutzung und Erschließung des Areals ist die Umwelt- und Altlastensituation. Neben den Altlasten im engeren Sinn (gefahrenrelevante Boden- und Grundwasserbelastungen) stellen die Schadstoffbelastung der vorhandenen Bausubstanz, die zu erwartenden Entsorgungskosten bei Tiefbau- und Abbrucharbeiten und die Kampfmittelbelastung des Areals wesentliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung des Gebietes dar.

In einem ersten Schritt wurde 2022 zunächst beprobungslos und auf Basis der vorliegenden umfangreichen Unterlagen sowie auf Grundlage der Ergebnisse von Ortsbegehungen eine Historische Recherche/Untersuchung und eine Ersterkundung/Altlasten mit Bewertung zur Altlasten- und Kontaminationssituation auf dem Gelände durchgeführt [U79].

In der Ersterkundung wurden relevante Kenntnisdefizite ausgewiesen, die für eine abschließende Bewertung der Altlastensituation und für eine belastbare Schätzung der Kosten für die Baufeldfreimachung erforderlich sind. Zur Schließung dieser Kenntnisdefizite wurde ein Untersuchungsprogramm erarbeitet, das nach Prioritäten gegliedert wurde.

Für die Untersuchungen der höchsten Priorität wurde seitens der HALLE SAALE INVESTVISION* eine ergänzende Standortuntersuchung ausgeschrieben. Ziel war zum einen die Beantwortung der Kernfragen zur Altlastensituation – der weitere Umgang mit dem LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage – und die Frage, ob weitere Quellen existieren, von denen relevante Schadstoffgehalte in das Grundwasser eingetragen werden. Zum anderen sollten im Rahmen der ergänzenden Standortuntersuchungen Informationen zur Existenz unterirdischer Bauwerke und eine abfalltechnische Charakterisierung der Auffüllmassen erfolgen, da diese Informationen für die Baufeldfreimachung im besonderem Maße kostenrelevant sind.

Auf Basis der Ergebnisse der ergänzenden Standortuntersuchungen sollte ein Konzept für die Baufeldfreimachung und den weiteren Umgang mit den Altlasten am Standort erarbeitet werden. Dieses Konzept war kostenseitig zu unterlegen und soll als Grundlage für die weiteren Planungsphasen der Revitalisierung des Geländes dienen.

Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der ergänzenden Standortuntersuchung und die abgeleiteten Bewertungen für das Gelände des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes Halle (Saale) dokumentiert.

¹ ein Tochterunternehmen der Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH, deren Geschäftsanteile vollständig von der Stadt Halle (Saale) gehalten werden

1.2 Auftrag

Mit Schreiben vom 11.10.2022 [A3] beauftragte die HALLE SAALE INVESTVISION* Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH die G.U.T. Gesellschaft für Umweltsanierungstechnologien mbH mit der Ausführung der Leistungen.

1.3 Projektbeteiligte

Auftraggeber	HALLE SAALE INVESTVISION* Entwicklungsgesellschaft Industriegebiet Halle – Saalkreis mbH & Co. KG als Treuhänder der Stadt Halle (Saale) Marktplatz 1 06108 Halle (Saale) Ansprechpartner: Herr Weber
Zuständige Behörde	Stadt Halle (Saale) Fachbereich Umwelt Untere Bodenschutzbehörde Neustädter Passage 18 06122 Halle (Saale) Ansprechpartner: Herr Johannemann
Gutachter	G.U.T. mbH Gerichtsrain 1, 06217 Merseburg Ansprechpartner: Herr Winter-Pelliccioni
Grundstückseigentümer	Deutsche Bahn/ Bundeseisenbahnvermögen/ Privateigentum vgl. Kap. 2.2
Gewerk 1 – Tiefenrammpege	ASBT Umwelt GmbH & Co. KG Schönböckener Str. 28 D 23556 Lübeck Ansprechpartner: Herr Niekamp
Gewerk 2 – Bohrleistungen	IBOTECH Bohr- und Brunnenbau GmbH Zum Rittergut 28 06188 Landsberg OT Zöberitz Ansprechpartner: Herr Preißler
Gewerk 3 – MIP-Sondierungen	FUGRO Germany Land GmbH Emil-Berliner-Str. 17 30851 Langenhangen Herr Dr. Hirsch
Gewerk 4 – Baggerschürfe	Todte GmbH & Co. KG Kies & Abbruch Straße nach Trebnitz 06682 Teuchern Ansprechpartner: Herr Bahnmüller
Gewerk 5 – Kampfmittelfreimessungen	Dresdner Bohrgesellschaft mbH Zschoner Ring 10 01723 Kesselsdorf

Ansprechpartner: Herr Elsweiler

2 Standortbeschreibung

2.1 Allgemeine Standortsituation

Das Gelände des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes (RAW) in Halle (Saale) befindet sich im Zentrum der Stadt Halle (Saale), d.h. südöstlich des Hauptbahnhofes und erstreckt sich über ein Areal von ca. 26 ha, wobei ca. 7 ha auf eine Sportanlage im südöstlichen Bereich entfallen, die nicht Teil der Untersuchung ist (vgl. Anlage 1.1).



Abb. 2-1 Schrägluftbild des RAW-Geländes, Blick nach Osten (<https://m.halle.de/de/Wirtschaft/Kohleausstieg/>)

Regionalgeographisch gehört das Projektareal zur Hochfläche des „Halleschen Ackerlandes“ (Bitterfeld-Wolfener Ebene). In einer Entfernung von ca. 1,1 km befindet sich der Hufeisensee, das Restloch eines Braunkohletagebaus mit einer Fläche von ca. 12 ha, der derzeit und auch zukünftig zur Erholung genutzt werden soll, vgl. nachfolgende Abbildung.

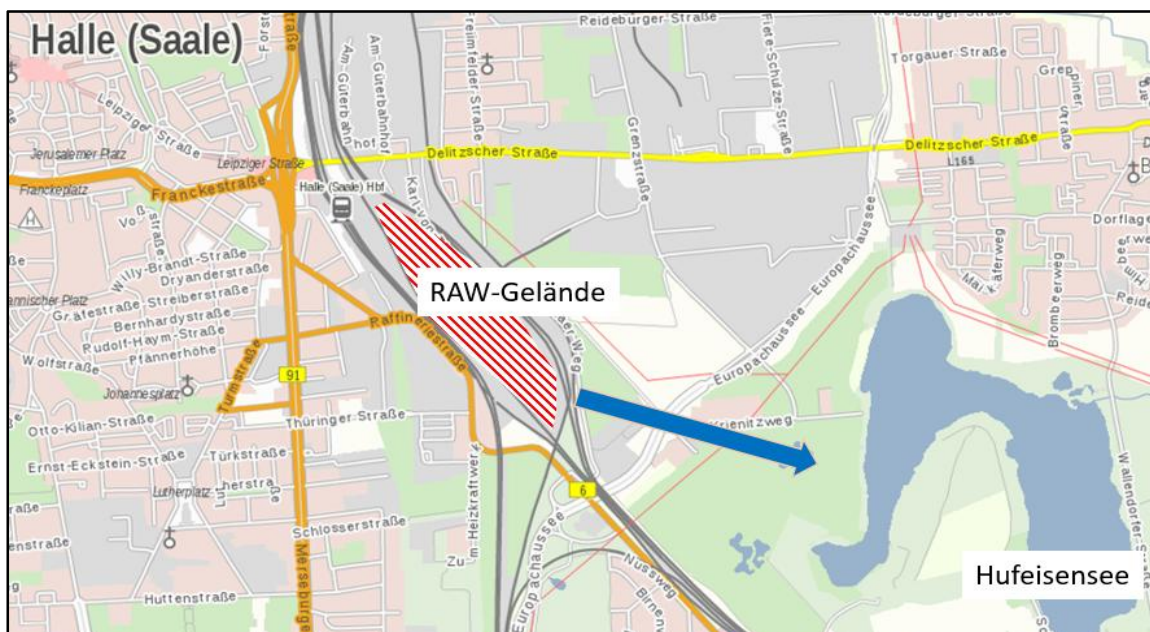


Abb. 2-2 Räumliche Einordnung des Projektareals mit Grundwasserfließrichtung (blauer Pfeil)
(Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022)

Das Projektareal für die ergStU umfasst das Gelände des ehemaligen RAW, den sich östlich anschließenden Bahndamm und den sich östlich des Bahndamms befindlichen Kanenaer Weg.

Das Gelände des RAW ist weitgehend eben und besitzt einen leichten Einfall in Richtung Südosten. Im nordöstlichen Teil liegen die Geländehöhen bei etwa 107 m NHN, im südöstlichen Teil bei 103 m NHN.

Der östlich des RAW-Geländes verlaufende Bahndamm besitzt eine Höhe von etwa 111 m NHN.



Abb. 2-3 Bahndamm östlich des RAW-Geländes

In der folgenden Abbildung ist die Lage des Projektareals dargestellt.



Abb. 2-4 Projektareal (Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022)

2.2 Eigentumssituation

Grundstückseigentümerin des ehemaligen RAW-Geländes sind die Deutsche Bahn AG und das Bundeseisenbahnvermögen. Ein Flurstück befindet sich in Privatbesitz. Über das Grundstück in Privatbesitz kann das Amt für Bundeseisenbahnvermögen verfügen (vgl. Anlage 1.3).

Somit ergibt sich folgende Aufstellung (Tab. 2-1), wobei die Flurstücke einerseits den jeweiligen Baufeldern (vgl. Kap. 2.4) zugeordnet sind und andererseits wird angegeben, an welchen weiteren Baufeldern das jeweilige Flurstück einen Anteil hat (Zuordnung Baufelder). Dabei werden die Flurstücksflächen einmal als Gesamtfläche des Flurstücks und dann unter

Baufeldzuordnung ausgewiesen werden (6 Flurstücke werden geteilt). Insgesamt beträgt der Untersuchungsbereich ca. 191.904 m².

Tab. 2-1 Liste und Zuordnung der Flurstücke in der Gemarkung Halle

Baufeld ID	Flur	FLST Nr.	Eigentümer	Fläche [m²] FLST	Zuordnung Baufelder	Fläche [m²] FLST Zuordnung BF
BF-01	6	3541	Bundeseisenbahnvermögen	4.084,33	BF-01, BF-02, BF-03	2.891,42
	6	3869	Bundeseisenbahnvermögen	58.951,48	BF-01, BF-03, BF-04, BF-05	15.027,57
BF-02	6	3534	Deutsche Bahn AG	24.658,67	BF-02, BF-06, BF-07	619,57
	6	3541	Bundeseisenbahnvermögen	4.084,33	BF-01, BF-02, BF-03	913,29
	6	3550	Deutsche Bahn AG	7,32	BF-02	7,32
	6	3483	Bundeseisenbahnvermögen	1.282,61	BF-02	1.282,61
	6	3864	Bundeseisenbahnvermögen	9.789,26	BF-02	9.789,26
	6	3542	Bundeseisenbahnvermögen	1.305,77	BF-02	1.305,77
BF-03	6	3541	Bundeseisenbahnvermögen	4.084,33	BF-01, BF-02, BF-03	279,62
	6	3868	Bundeseisenbahnvermögen	110,52	BF-03	110,52
	6	3869	Bundeseisenbahnvermögen	58.951,48	BF-01, BF-03, BF-04, BF-05	21.529,78
	6	3543	Deutsche Bahn AG	228,42	BF-03	228,42
BF-04	7	440	Bundeseisenbahnvermögen	121,00	BF-04	121,00
	7	439	Deutsche Bahn AG	96,65	BF-04	96,65
	7	552	Bundeseisenbahnvermögen	501,51	BF-04	501,51
	7	553	Bundeseisenbahnvermögen	9.650,46	BF-04	9.650,46
	7	445	Bundeseisenbahnvermögen	118,92	BF-04	118,92
	6	3869	Bundeseisenbahnvermögen	58.951,48	BF-01, BF-03, BF-04, BF-05	10.832,40
	6	3544	Deutsche Bahn AG	24,46	BF-04	24,46
	7	432	Deutsche Bahn AG	389,28	BF-04	389,28
	7	442	Deutsche Bahn AG	199,18	BF-04	199,18
	7	441	Deutsche Bahn AG	28,85	BF-04	28,85
	7	444	Deutsche Bahn AG	32,62	BF-04	32,62
	6	3862	Bundeseisenbahnvermögen	622,63	BF-04	622,63
BF-05	6	3869	Bundeseisenbahnvermögen	58.951,48	BF-01, BF-03, BF-04, BF-05	11.561,72
BF-06	6	3534	Deutsche Bahn AG	24.658,67	BF-02, BF-06, BF-07	15.070,05
BF-07	6	3534	Deutsche Bahn AG	24.658,67	BF-02, BF-06, BF-07	8.969,06
	7	434	Deutsche Bahn AG	6.493,44	BF-07, BF-08	415,40
	7	469	Deutsche Bahn AG	16.071,30	BF-07, BF-08, BF-09	11.113,70
BF-08	7	434	Deutsche Bahn AG	6.493,44	BF-07, BF-08	6.078,04
	7	5/1	Privatbesitz - Verfügung über DB AG	29.725,83	BF-08, BF-09	27.116,67
	7	469	Deutsche Bahn AG	1.6071,30	BF-07, BF-08, BF-09	1.752,63
BF-09	7	5/1	Privatbesitz - Verfügung über DB AG	29.725,83	BF-08, BF-09	2.609,16
	7	437	Deutsche Bahn AG	17.311,96	BF-09, BF-10	3.369,08
	7	438	Bundeseisenbahnvermögen	10.097,55	BF-09	10.097,55
	7	469	Deutsche Bahn AG	16.071,30	BF-07, BF-08, BF-09	3.204,97
BF-10	7	437	Deutsche Bahn AG	17.311,96	BF-09, BF-10	13.942,88

Die Eigentumssituation ist in [U79] visualisiert.

2.3 Strukturelle Gliederung des Projektareals und Nutzungshistorie

Das eigentliche Reichsbahnausbesserungswerk, dessen Nutzungsgeschichte 1864 mit der Eröffnung als „Eisenbahn-Centralwerkstatt“ begann, umfasst im engeren Sinne nur den nördlichen und zentralen Teil des Projektareals.

Nordwestlich des Projektareals befinden sich die Anlagen des Halleschen Hauptbahnhofes, im Norden (ebenfalls außerhalb des Projektareals) befand sich das ehemalige Bahnstromwerk.

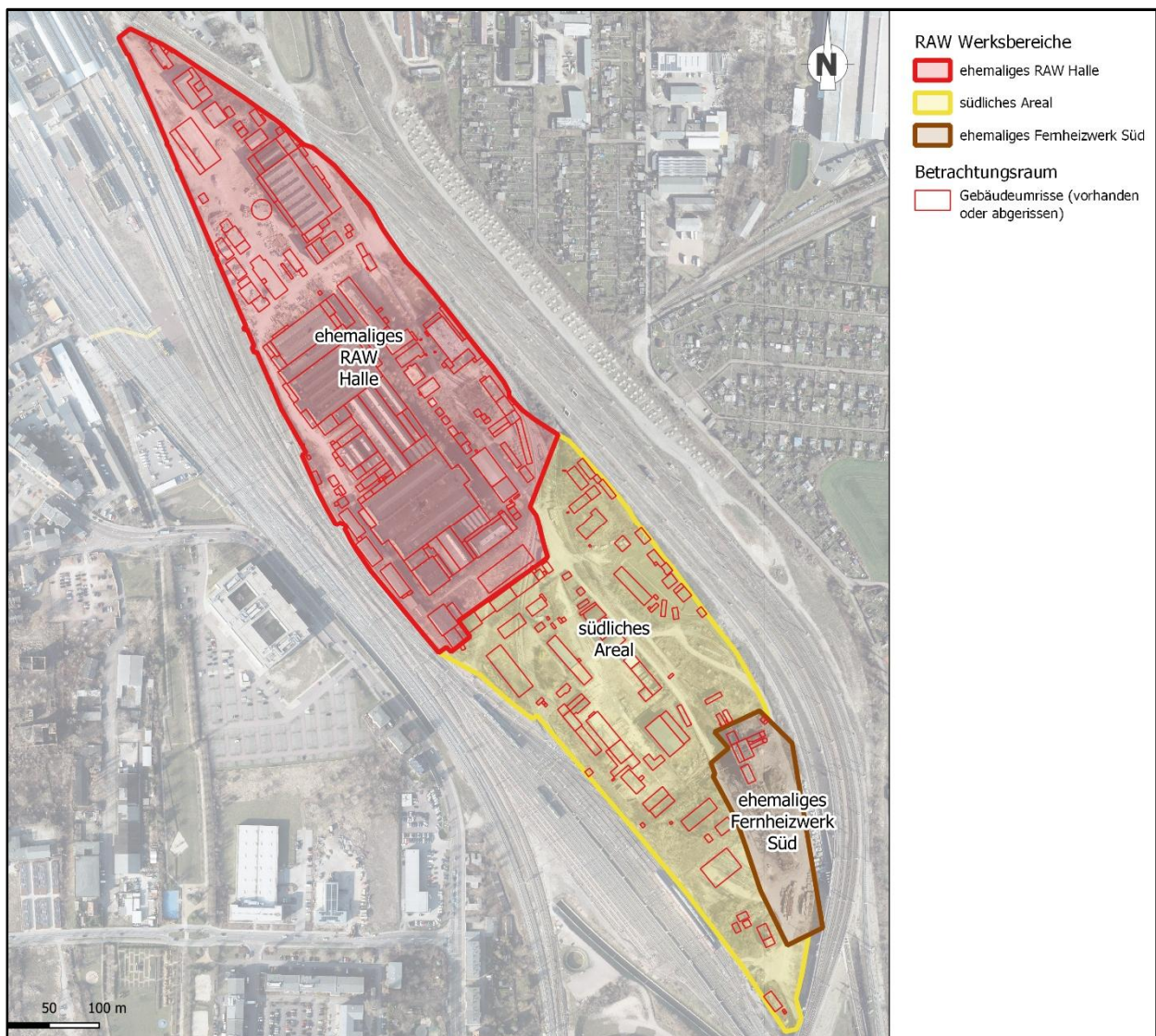


Abb. 2-5 Strukturelle Gliederung des Projektareals bzgl. der Nutzungshistorie

Südöstlich des ehemaligen RAW-Geländes schließt sich ein Areal mit heterogener Nutzungshistorie an, dass in der Abbildung als „südliches Areal“ bezeichnet wurde. Daran grenzt das Gebiet des ehemaligen Fernheizwerkes Süd.

In [U79] ist die historische Nutzung des Projektareals detailliert dargestellt.

2.4 Baufelder

Aufgrund der Größe des Projektareals (19 Hektar) und seiner unterschiedlichen Struktur bzgl. des bereits erfolgtem Rückbaus, der bestehenden Gebäudesubstanz (teilweise unter Denkmalschutz stehend), der Vornutzung, der infrastrukturellen Gegebenheiten u. dgl. erfolgt in [U79] eine Untergliederung des Projektareals in insgesamt 10 Baufelder. In der folgenden

Tabelle sind eine Übersicht zu den einzelnen Baufeldern sowie ein entsprechender Lageplan dargestellt.

Tab. 2-2 Übersicht Baufeld-Unterteilung und Größe

Baufeld Nr	Baufeld ID	Flächengröße [m²]
1	BF-01	17.919
2	BF-02	13.918
3	BF-03	22.148
4	BF-04	22.618
5	BF-05	11.562
6	BF-06	15.070
7	BF-07	20.498
8	BF-08	34.947
9	BF-09	19.281
10	BF-10	13.943
Gesamtfläche:		191.904

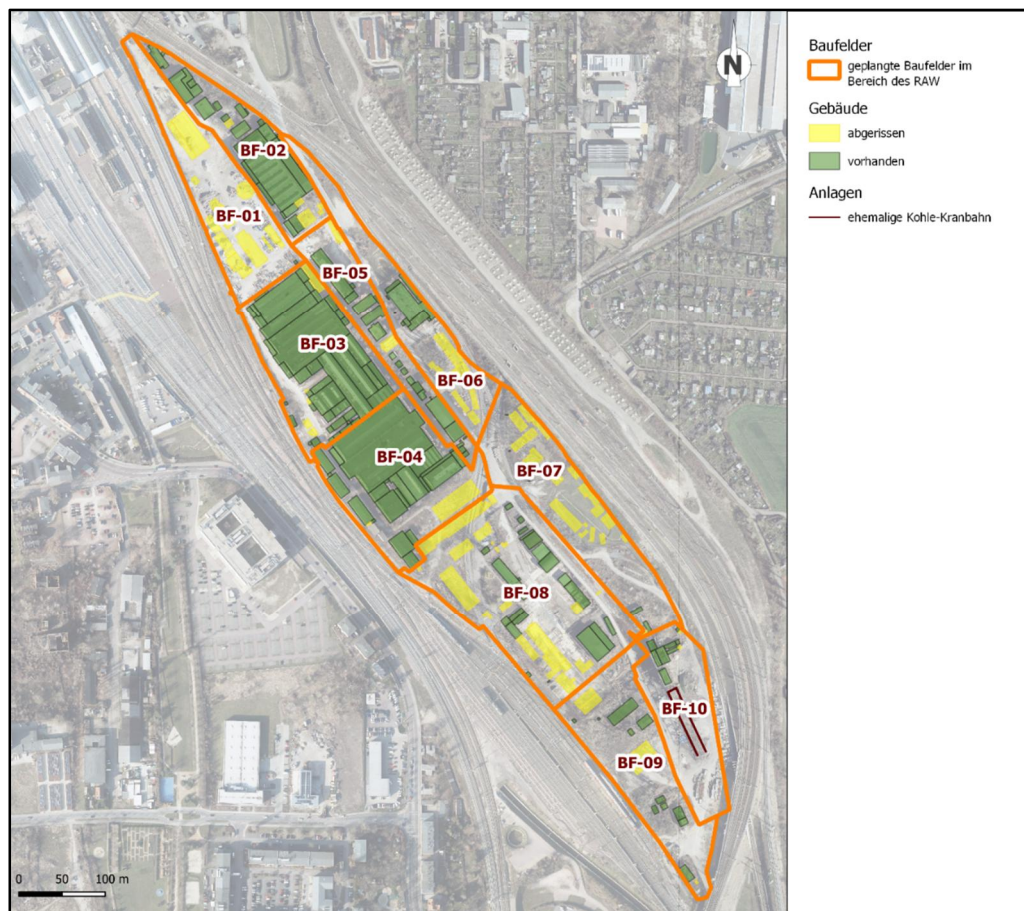


Abb. 2-6 Baufeldübersicht (vgl. auch Anl. 1.2)

2.5 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen im Projektareal

Im Ergebnis der Historischen Untersuchung [U79] wurden für das gesamte Projektareal die nachfolgend aufgeführten Altlastenverdachtsflächen (ALVF) ermittelt. Eine detaillierte Beschreibung sowie die Darstellung zur Lage der ALVF wurde in [U79] vorgenommen

Verdachtsfläche	Flächennummer	Bezeichnung
006	B-00-2104-006	Schrottplatz neben Gebäude 70-5
007	B-00-2104-007	Farblager in Gebäude 20
008	B-00-2104-008	Strahlanlage in Gebäude 21
009	B-00-2104-009	Arbeitsgrube in Gebäude 20
010	B-00-2104-010	Radzwischenlager vor Gebäude 14
012	B-00-2104-012	Lokabstellplatz Gleis 16
013	B-00-2104-013	Lokabstellplatz Gleis 14
014	B-00-2104-014	Lokabstellplatz Gleis 13
015	B-00-2104-015	Teilewäsche in Gebäude 5
016	B-00-2104-016	Dieselmotorenlagerplatz vor Gebäude 21
018	B-00-2104-018	Freilagerplatz vor Gebäude 41
023	B-00-2104-023	Ölabscheider vor Gebäude 21
025	B-00-2104-025	Abspritzstand Gleis 28
026	B-00-2104-026	Ölabscheider neben Gebäude 5
030	B-00-2104-030	Tankanlage
031	B-00-2104-031	Farbspritzanlage Gebäude 15
032	B-00-2104-032	Teilewaschanlage Gebäude 152
034	B-00-2104-034	Kleinteilfarbgebung Gebäude 20
035	B-00-2104-035	Härterei Gebäude 88
038	B-00-2104-038	Metallkleinteilreinigung Gebäude 1202
039	B-00-2104-039	Trianlage/Grundwassermeßstellen
040	B-00-2104-040	Schrottlager Gleis 35
044	B-00-2104-044	Teilewäsche in Gebäude 5
046	B-00-2104-046	Kfz-Reparaturhalle
047	B-00-2104-047	Drehscheibe
048	B-00-2104-048	Waschanlage
049	B-00-2104-049	Klebewerkstatt
050	B-00-2104-050	Faßlager
051	B-00-2104-051	Benzinbunker
052	B-00-2104-052	Arbeitsgrube Gleis 25
054	B-00-2104-054	Lokschuppen
055	B-00-2104-055	Getriebeprüfstand
056	B-00-2104-056	Motorenprüfstand
057	B-00-2104-057	Arbeitsgrube/Lokabstellplatz Gleise 8 und 18
058	B-00-2104-058	Lager Versandhaus
059	B-00-2104-059	Ehemaliger Getriebeprüfstand
060	B-00-2104-060	Farblager im Feuerweherschuppen
061	B-00-2104-061	Lageraum 16
062	B-00-2104-062	Gleisbereich Prüfstand
063	B-00-2104-063	Teilelager Lokschuppen
064	B-00-2104-064	Faßfreilager
066	B-00-2104-066	Motorenmontage
067	B-00-2104-067	Motorenlager Gebäude 94
068	B-00-2104-068	Staplergarage
069	B-00-2104-069	Motorenmontage
070	B-00-2104-070	System Ölabscheider
080	B-00-2104-080	System Kanalisation

Abb. 2-7 Verdachtsflächen aus der Orientierenden Untersuchung der IHU [U13]

Im Rahmen der berichtsgegenständlichen ergänzenden Standortuntersuchung wurde diese ALVF mit Ausnahme der ehemaligen TRI-Anlage (Nr. 39) nicht zielgerichtet untersucht. Anhand der Grundwasseruntersuchungen können jedoch indirekt Rückschlüsse über einen möglichen Schadstoffeintrag in das Grundwasser gezogen werden.

2.6 Kriegseinwirkungen

In [U79] wurde zudem die Kampfmittelsituation detailliert betrachtet. Die Recherchen ergaben, dass nahezu das gesamte RAW-Gelände als Kampfmittelverdachtsfläche einzustufen ist. Insofern ist im gesamten Areal mit dem Auffinden von nicht detonierten Fliegerbomben (Blindgängern) zu rechnen. Daher erfolgten für alle Ansatzpunkte der ergStU eine Kampfmittel-freimessung und eine Kampfmittelbegleitung der Schurfarbeiten.

2.7 Gegenwärtige Nutzung

Das gesamte Projektareal des ehemaligen RAW Halle, des Südgeländes sowie des ehemaligen Heizkraftwerkes ist gegenwärtig weitgehend ungenutzt. Auf dem Gelände befinden sich Anlagen der Deutschen Bahn (Gleise, Regenrückhaltebecken), zudem werden Freiflächen zum Teil als Lagerplätze für Baumaßnahmen der Deutschen Bahn genutzt.



Abb. 2-8 Gleisanlagen innerhalb des Projektareals

2.8 Gebäude

Im Rahmen der Historischen Untersuchung [U79] erfolgte eine Begehung sämtlicher gegenwärtig im Projektareal noch vorhandener Gebäude und eine erste Bestandsaufnahme. Die Ergebnisse wurden in einem Gebäudekataster zusammengestellt. Für jedes der erfassten Gebäude wurde das Volumen der Bauhülle (umbauter Raum) ermittelt, diese Angaben wurden dann als Basis für die Grobkostenschätzung für den Gebäuderückbau verwendet.

Der Großteil der aktuell noch vorhandenen Gebäude befindet sich in BF-02 bis BF-05 überwiegend in Form von größeren zusammenhängenden Gebäudekomplexen. Daher nimmt in diesen Baufeldern die bebaute Fläche den größten flächenhaften Anteil im Baufeld ein.

Im Gebäude 257-VOR (BF-03) befindet sich ein ehemaliger Luftschutzbunker, der Wasser gefüllt ist (vermutlich Niederschlagswasser, das über das defekte Dach in die Halle eintritt). Nach Auskunft des Mitarbeiters der DB Services steht der Bunker seit längerem unter Wasser, reicht bis unter den Gleisbereich und wurde noch zu DDR-Zeiten genutzt.

In BF-06 bis BF-10 stehen die Gebäude eher vereinzelt bzw. ist der Anteil an bebauter Fläche wesentlich geringer. In BF-01 befinden sich keine oberirdischen Gebäude.

Die vorhandenen Gebäude sind in unterschiedlichem Zustand. Teilweise sind Dächer beschädigt und teilverbrochen, so dass einige Gebäude nicht mehr gefahrlos begehbar sind.



Abb. 2-9 Teileinsturz der Dachkonstruktion (24.01.2023)

Am 24.01.2023 erfolgte eine Sicherheitsbegehung der ehemaligen Werkhallen (BF 03 und 04) im Bereich des ehemaligen RAW. Im Ergebnis der Sicherheitsbegehung wurde durch den Gebäudesachverständigen Herrn Storch aufgrund des desolaten baulichen Zustandes der Dachkonstruktion ein **Betretungsverbot für die Hallen** verfügt. Die ursprünglich innerhalb der Hallen geplanten Untersuchungen konnten daher nicht ausgeführt werden. Das Protokoll zur Sicherheitsbegehung und der Vermerk des BEV sind in Anlage 12.1 beigefügt.

Es ist davon auszugehen, dass sich der bauliche Zustand der Dächer der Hallen in den nächsten Monaten und Jahren weiter verschlechtern wird und ein Einsturz großer Areale der Dachkonstruktion zu erwarten ist.

Für die bereits rückgebauten Gebäude konnten in der Historischen Untersuchung [U79] keine Angaben zur unterirdischen Bebauungssituation recherchiert werden, da keine (Rück)Baudokumentationen vorliegen. Daher erfolgten im Rahmen der ergStU Erkundungsschürfe zur Ermittlung der Rückbausituation.

2.8.1 Denkmalschutz

Eine formale Festsetzung als Flächendenkmal liegt für das RAW-Gelände nicht vor. Im Jahr 2021 fand eine Begehung des RAW-Geländes durch die obere Denkmalschutzbehörde statt, bei der einzelne erhaltenswerte Gebäude gekennzeichnet wurden (vgl. nachfolgende Abbildung).

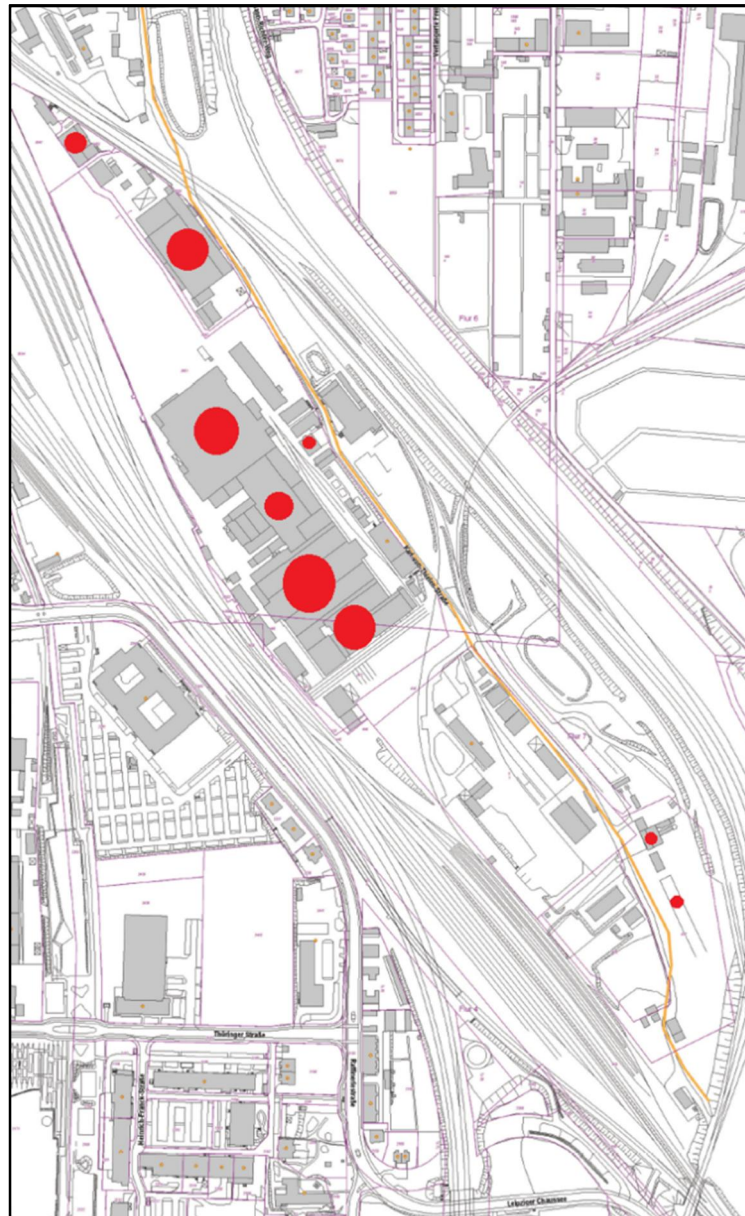


Abb. 2-10 vorläufige Denkmalschutzfestlegung (rote Markierung: Gebäude ist zu schützen)

Zu den vorläufig unter Denkmalschutz gestellten Gebäuden zählen die zentralen Werkhallen, die nördlich gelegenen, erhaltenen Gebäude sowie das ehemalige Heizkraftwerk inklusive der Kranbahn. Demnach stehen die Gebäude unter vorläufigem Denkmalschutz insbesondere auf dem BF-02 bis BF-04 sowie BF-10.

Innerhalb der großen Halle in zentralen Bereich des RAW-Geländes wurden neben dem schützenswerten Gebäude auch schützenswerte Anlagen ausgewiesen (24.09.2007). Es handelt sich um die untereinander verbundenen Montagegruben insbesondere in der Lokhalle und in der Räderwerkstatt (vgl. folgende Abb.).

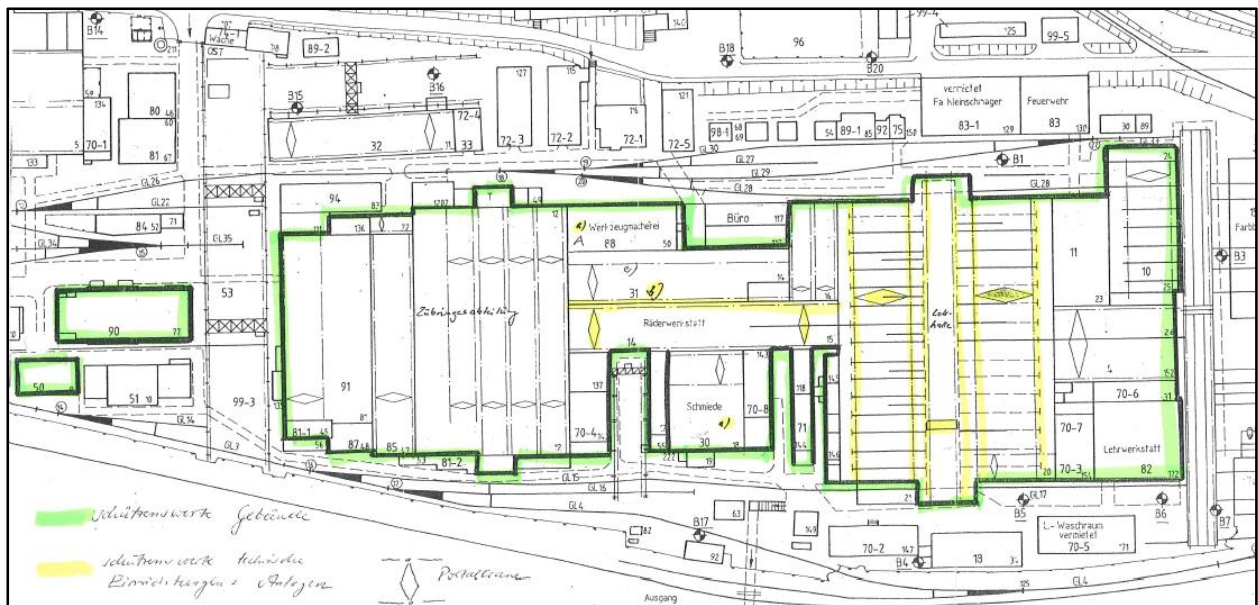


Abb. 2-11 Ausweisung schützenswerter Anlagen im Gebäudekomplex (Schreiben vom 24.09.2007)

2.9 Geplante Nachnutzung

Im Hinblick auf die Nutzung des Areals strebt die Stadt Halle (Saale) ein Mischgebiet (Nutzungsmix) an. Ziel ist demnach der Aufbau eines IT-Campus mit Forschungseinrichtungen, Firmen, Ansiedlungsflächen für nicht-störendes Gewerbe und Tagungsmöglichkeiten aber auch Wohnbauflächen. Dazu wurde ein erstes Grobnutzungskonzept erstellt [U79].



Abb. 2-12 Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes (<https://www.youtube.com/watch?v=Pz8gdcOwVK0>)

In diesem Zusammenhang soll auch die infrastrukturelle Anbindung an das von Gleisen umgebene Areal durch die Konzeption von Tunneln und/oder Brücken an die Bedürfnisse des innovativen neuen Stadtteiles angepasst werden.

2.10 Geplante Verkehrserschließung

Seitens der HALLE SAALE INVESTVISION* wurde eine Machbarkeitsuntersuchung zur Verkehrserschließung des RAW-Geländes veranlasst, die durch das Ingenieurbüro ICL Ingenieur Consult GmbH, Leipzig im April 2023 vorgelegt wurde.

Vorgeschlagen wird darin

- eine Hauptverkehrsanbindung von Süden her von der Bundesstraße B6 aus über ein Brückenbauwerk, das über die Gleisanlagen führt.
- eine Ertüchtigung des vorhandenen Bahnübergangs in Richtung Delitzscher Straße.
- die Errichtung einer Fußgänger-/Fahrradbrücke im Westen und
- die Verlängerung des Fußgängertunnels des Hauptbahnhofes in Richtung Osten.

Die Hapterschließungsachse soll unmittelbar östlich des unter Denkmalschutz stehenden RAW-Hallenkomplexes verlaufen. In der nachfolgenden Abbildung ist die Vorzugsvariante zusammenfassend dargestellt.

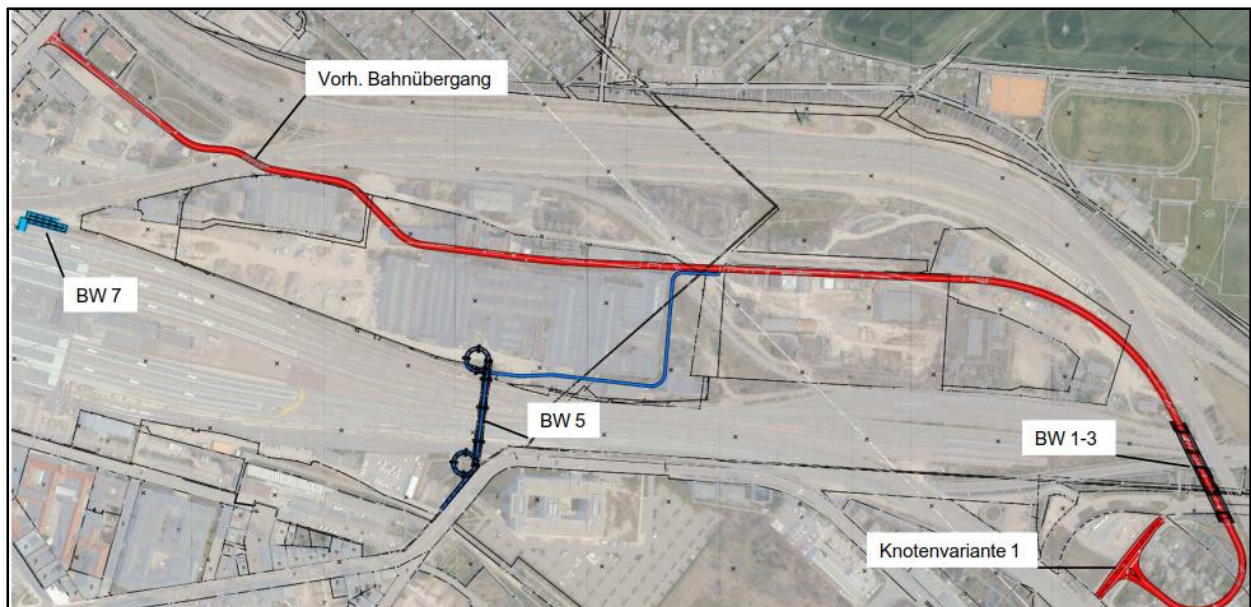


Abb. 2-13 Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes mit Hapterschließungsstrasse (rot)

2.11 Schutzgebiete, sensible Nutzung im Umfeld

Schutzgebiete und sensibel genutzte Flächen im Umfeld sind in [U79] aufgeführt.

2.12 Geologie und Hydrologie

Die allgemeine Situation zur Geologie und Hydrogeologie ist ebenfalls in [U79] detailliert dargestellt. Auf Basis der im Rahmen der ergänzenden Standortuntersuchung neu gewonnenen Daten zur Geologie und Hydrogeologie erfolgt in Kapitel 6.1 eine Fortschreibung der Darstellungen zur Geologie und Hydrogeologie insbesondere im Hinblick auf die Schadstoffausbreitung im Untergrund.

2.13 Altbergbau

Am Standort des RAW erfolgte ab 1843 der Abbau von Braunkohle im Tiefbau. Südwestlich des RAW-Geländes befindet sich das Abbaufeld der Grube „Belohnung“, in der zwischen 1843 und 1867 Braunkohle im Tiefbau über zwei Schächte abgebaut wurde. Die „Hallesche Grube“ – der spätere „Consolidierte Alwiner Verein“ – förderte Braunkohle im Tiefbau aus 31 bis 48 m Tiefe im Zeitraum von 1877 bis 1893 (als „Hallesche Grube“) und bis 1943 als „Consolidierter Alwiner

Verein“ gleichfalls über zwei Schächte. In der folgenden Anlage ist der Bereich der ehemaligen Braunkohlenabbau dargestellt [U79].

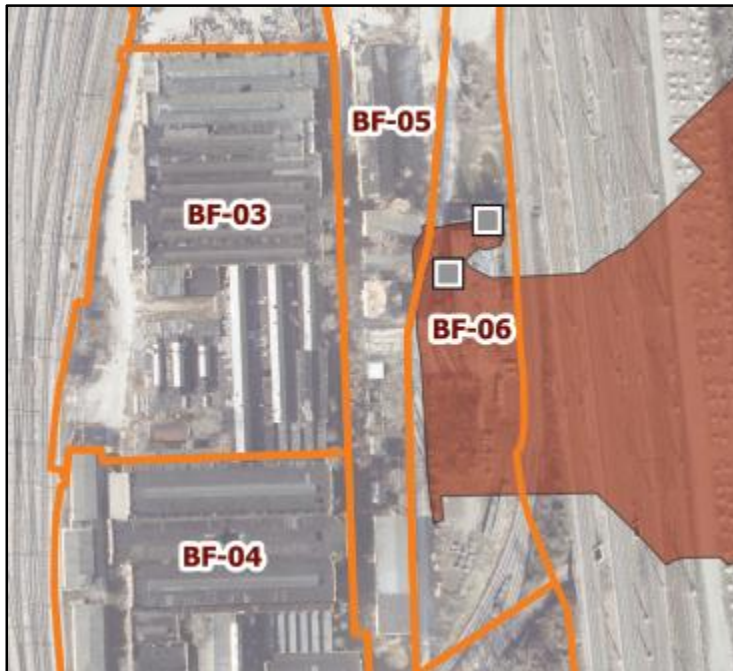


Abb. 2-14 durch Altbergbau beeinflusstes Areal [U79]

Der Bereich des RAW wird von Streckenarbeiten und durch die beiden Schächte der „Halleschen Grube“ berührt. Der eigentliche Braunkohlenabbau im Tiefbau erfolgte weiter östlich. Die bergbaulichen Aktivitäten bestehen in historischen Schachtanlagen (Schacht 1 (1877): 47,7 m tief und Schacht 2 (1879): 46,6 m tief) und im Stollenvortrieb. Die Strecken stehen im Bereich der Schächte in Mauerung. Teilbereiche sind teilverfüllt, vermutlich durch Handversatz. Zur konkreten Lage der Schächte in der Örtlichkeit sowie zum Zustand der Schächte und Strecken liegen keine weiteren Informationen vor. Es muss von einem unverwahrten Zustand der Strecken und Schächte ausgegangen werden.

In der Stellungnahme des LAGB [U77] wird dazu ausgeführt:

„Der Möglichkeit des Auftretens von Tagesbrüchen ist Rechnung zu tragen. Sicherungsmaßnahmen können a) - im Verfüllen der bergmännischen Hohlräume durch Bohrungen von Übertage aus oder b) - im Einleiten geeigneter bautechnischer Maßnahmen liegen. Durch geeignete Fundamentausbildung oder andere bautechnische Maßnahmen ist zu gewährleisten, dass Tagesbrüche ohne den Einsturz des Bauwerks oder Teilen davon überspannt werden.“

Wegen der bergbaulichen Vorbeanspruchung des Deckgebirges ist ein zuverlässiges Regime der Fassung und Ableitung der Oberflächenwässer unbedingt erforderlich. Diese Aussage gilt auch für Bauzustände (Erdarbeiten).“

2.14 Projektbezogenen Geoinformationssystems (GIS)

2.14.1 GIS

Im Rahmen der Historischen Untersuchung [U79] wurde ein projektbezogenes GIS aufgebaut, das auch für die ergStU genutzt wurde. Als Basis für die räumliche Datenaufbereitung diente das Programm QGIS (Version 3.18). Zur Verwaltung und Speicherung der Geodaten wurde das offene, standardbasierte und plattformunabhängige Format GeoPackage genutzt. Dabei handelt es sich um einen Geodatenstandard auf Basis einer SQLite-Datenbank.

In der Stadtvermessung der Stadt Halle wird als Raumbezug das Koordinatenbezugssystem (KBS) Pulkovo 1942 (83) /3-Grad Gauß-Krüger Zone 4 (EPSG-Code 2398) verwendet. Die

Abteilung Stadtvermessung der Stadt Halle äußerte im Vorfeld einer Datenübergabe den Wunsch, die Ergebnisdaten ebenfalls in diesem KBS zurückzuliefern. Dementsprechend wurden sämtliche Geodaten in dieses KBS transformiert bzw. gleich aufbereitet.

2.14.2 Projektbezogene Datenbank

Darüber hinaus wurde im Rahmen der Historischen Untersuchung [U79] eine projektbezogene Datenbank aufgebaut. Darin wurden sämtliche verfügbare Analyseergebnisse und Messstellen zum Boden, zur Bodenluft, zum Grundwasser und zur Bausubstanz zusammengefasst. Es wurde 266 Lokationen erfasst, die Messdaten zu den Kompartimenten Boden, Grundwasser, Bodenluft und Beton enthalten.

Parallel zur Verortung im GIS erfolgte die digitale Aufnahme der Analyseergebnisse zu den genannten Kompartimenten in einer Excel-Tabelle. Dafür wurde die Bezeichnung der Messstelle aus dem GIS-Datensatz verwendet, um eine nachträgliche Verortung der Messergebnisse zu ermöglichen. Es wurden alle bisher untersuchten Parameter aus den Berichten erfasst. Abschließend erfolgte die Übernahme der Excel-Tabellen in das GeoPackage-Format. Dies stellt die Grundlage für die ortsbezogene Auswertung dieser Analyseergebnisse dar.

2.14.3 Erstellung eines Gebäudekatasters

Weiterhin wurde im Rahmen der Historischen Untersuchung [U79] für den aktuellen Gebäudebestand ein digitales Gebäudekataster erstellt.

Basis für das Kataster stellte die Digitale Stadtgrundkarte aus dem Jahr 2022 dar. Hieraus wurde der aktuell vorhandene Bebauungsstand für das RAW-Gelände übernommen. Anschließend wurde anhand der Digitalen Stadtgrundkarten aus den 1990er Jahren sowie aus den Jahres-scheiben 2000 und 2010 der bereits abgerissene und damit ehemalige Gebäudebestand ergänzt. Der Bebauungsstand der 1990er Jahre repräsentiert dabei den maximalen Bebauungsstand auf dem Areal des RAW.

Jedem Gebäude wurde eine Gebäudenummer zugewiesen. Dazu wurde eine laufende Nummerierung genutzt, die durch VOR = vorhanden bzw. ABG = abgerissen ergänzt wurde. Einige, der in der Stadtgrundkarte vorhandenen Attribute, wurden zudem in den Datensatz der Gebäude übernommen. Dazu zählen bspw. die Anzahl der Geschosse, die Gebäudeart sowie die Hausnummer. Ergänzt wurden, soweit möglich, eine Gebäudenummer der DB AG, die Nutzung zum Stand 1997 sowie das Baujahr. Eine Ergänzung der Nutzung erfolgte im Laufe der Arbeiten auf Basis der Durchsicht weiterer Altdaten. Insgesamt konnten 108 abgerissene und 178 vorhandene Gebäude identifiziert und attribuiert werden. Die Datensätze zu den Gebäuden wurden im Anschluss an eine Geländebegehung ergänzt und zu einem Gebäudekataster zusammengeführt [U79].

3 Zielstellung, Untersuchungskonzept und rechtliche Grundlagen

3.1 Ausgangslage

Im Ergebnis der historischen Untersuchung [U79] wurden Kenntnisdefizite ausgewiesen, die in Vorbereitung Planung der Erschließung des Areals in Bezug auf die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierung zwingend behoben werden müssen. Diese sollten in einer ergStU ergänzenden Standortuntersuchung beseitigt werden. Nach der ergStU sollten dann

- belastbare Aussagen getroffen werden, ob neben dem bereits bekannten LHKW-Schaden, der von der ehemaligen TRI-Anlage ausgeht, weitere Grundwasserschäden existieren (sowohl für die Saalehauptterrasse GWL 15 als auch für tertiäre Grundwasserleiter)
- eine belastbare Charakterisierung und Bewertung des LHKW-Grundwasserschadens der ehemaligen TRI-Anlage erfolgen, insbesondere eine belastbare Abgrenzung der Verbreitung von LHKW-Phase im Untergrund (Quellen) als Voraussetzung für die Ableitung geeigneter Sanierungsverfahren
- eine plausible Charakterisierung des Fahnenbildes für den LHKW-Schaden vorgenommen werden
- Aussagen getroffen werden, wie weit am Standort in Teilbereichen eine Belastung der Bodenluft vorliegt, die im Zuge der Baufeldfreimachung saniert werden müsste
- eine belastbare Abschätzung der bei der Baufeldfreimachung anfallenden Mengen für den Bodenaushub, für die rückzubauenden unterirdischen Bauwerke (Tiefenenttrümmerung) erfolgen
- belastbare Aussagen zur Beschaffenheit der Auffüllung getroffen werden, die für die Bewertung der Wiedereinbaubarkeit von Teilchargen, für das Entsorgungskonzept und letztlich für die Schätzung der Entsorgungskosten von großer Relevanz ist
- die Notwendigkeit, der Umfang und die Kosten zur Beseitigung von Gebäudeschadstoffen (Asbest, künstliche Mineralfasern, PAK-Belastungen in der Bausubstanz etc.) getroffen und damit der Umfang und die Kosten für eine Gebäudeschadstoffsanierung belastbar abgeschätzt werden und
- belastbare Aussagen zur Baugrundcharakterisierung getroffen werden, die für die Konzeption der Neubebauung insbesondere auch für Sonderbauwerke wie Tunnel, Hochhäuser, Brückenbauwerke etc. relevant ist.

Aufgrund der terminlichen Randbedingungen wurden die ergänzenden Untersuchungen in zwei Prioritäten untergliedert:

Priorität 1:

Behebung von Kenntnisdefiziten zur grundlegenden Schadenscharakterisierung (insbesondere Abgrenzung der Quellen und Klärung, inwieweit ggf. weitere, bislang nicht erkannte Grundwasserschäden am Standort existieren) sowie die Behebung von Kenntnisdefiziten mit hoher Kostenrelevanz für die Baufeldfreimachung.

Priorität 2:

Schließung aller weiteren Kenntnisdefizite, die für die Erstellung des Konzeptes zur Baufeldfreimachung/ Altlastensanierung mit der Planungstiefe einer Vorplanung relevant sind.

Aus projektorganisatorischen Gründen wurden die ergänzende Standortuntersuchung zunächst nur für die Zielstellungen der Priorität 1 durchgeführt. Die Behebung der Kenntnisdefizite der Priorität 2 soll dann im Rahmen der weiteren Planungsphasen für die Altlastensanierung / Baufeldfreimachung erfolgen.

3.2 Zielstellungen der ergStU

Ziel der ergänzenden Standortuntersuchung ist die Schließung folgender Kenntnisdefizite der Priorität 1, die bei der Historischen Untersuchung abgeleitet wurden:

1. Klärung der Existenz bislang nicht erkundeter Bodenbelastungen im gesamten Projektareal, von denen relevante Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgehen

Bislang orientierten sich die Grundwasseruntersuchungen ausschließlich auf den TRI-Schaden. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass im südlichen Areal weitere relevante Schadensherde bestehen, die zu relevanten Schadstoffeinträgen in das Grundwasser führen. Aufgrund des hohen Abbaugrades im südlichen Teil der Fahne in der Sanierungszone B2 wurde vermutet, dass diese Fahne u. U. durch oxidativ abbaubare Schadstoffe (MKW, PAK, BTEX) überprägt wird. Eine konkrete räumliche Lokalisierung dieser möglichen weiteren Quelle war bislang nicht möglich, da bzgl. der Flächennutzung vor 1950 keine lagekonkreten Informationen vorliegen. Daher sollte die ergStU weitere mögliche Quellen im gesamten südlichen Areal berücksichtigen.

2. Abgrenzung der LHKW-Quellen insbesondere im GWL 15

Belastbare Informationen zur Ausdehnung der LHKW-Quellen, die gegenwärtig noch zum Schadstoffeintrag in den Grundwasserleiter GWL 15 führen (die insbesondere an der Basis des GWL 15 in entsprechenden Senken vermutet werden) sind unerlässlich für die Neukonzeption der Grundwassersanierung. Hierzu ist eine deutliche Schärfung des Kenntnisstandes zur Quellencharakterisierung erforderlich.

3. Ausschluss, dass ein weiterer Schadstofftransfer über präquartäre GWL erfolgt

Die Betrachtungen zum TRI-Schaden orientierten sich bislang ausschließlich auf die quartären Sedimente. Beim Hufeisensee handelt es sich um ein Tagebaurestloch eines ehemaligen Braunkohletagebaus. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass das Restloch auch tertiäre Schichten anschneidet. Die präquartäre Schichtenfolge wurde bislang nicht betrachtet. Seitens des Gutachters der Historischen Untersuchung [U79] wird auf Basis des vorliegenden Kenntnisstandes zunächst nicht davon ausgegangen, dass über tertiäre Grundwasserleiter ein weiterer relevanter Schadstoffeintrag in den Hufeisensee erfolgt. Diese sollte jedoch durch exemplarische Untersuchungen belegt werden.

4. Informationen zur Auffüllung und dem Stand der Tiefenenttrümmerung

Für die Planung der Baufeldfreimachung und die Abschätzung der hierfür erforderlichen Kosten sind Kenntnisse über die Mächtigkeit und chemische Beschaffenheit der Auffüllung von hoher Relevanz, da zur Kampfmittelfreimessung die Auffüllung faktisch im gesamten Bereich der Freiflächen beseitigt werden muss. Geeignete Chargen der Auffüllung können nach entsprechender Aufbereitung für die Rückverfüllung genutzt werden. Die Ermittlung der Auffüllungsmächtigkeiten und deren Beschaffenheit besitzt somit hohe Priorität.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde ein Teil der ehemaligen Gebäude auf dem Gelände des RAW bereits zurückgebaut. Eine Dokumentation zum Rückbau liegt nicht vor. Insofern ist durch geeignete Untersuchungen zu prüfen, inwieweit beim Gebäuderückbau auch eine Tiefenenttrümmerung der Fundamente und Keller erfolgte.

3.3 Arbeitsplan der erStU

Die Leistungen zur ergStU wurden in 6 Gewerke untergliedert:

- Gewerk 01: Tiefenrammpegel (Entnahme teufenorientierter Grundwasserproben)
- Gewerk 02: Kernbohrungen und Errichtung von Grundwassermessstellen
- Gewerk 03: MIP-Sondierungen
- Gewerk 04: Baggerschürfe
- Gewerk 05: Kampfmittelfreimessungen
- Gewerk 06: Laborleistungen

3.4 Quellenabgrenzung (MIP-Sondierungen, Gewerk 03)

Belastbare Abgrenzungen des Quellbereiches des TRI-Schadens liegen bislang nicht vor. Aufgrund der geologischen Lagerungsverhältnisse (Absinken der Basis des GWL 15 in Richtung Süden und Osten) konnte nicht ausgeschlossen werden, dass sich die LCKW-Phase an der Basis des GWL 15 auch in größerer Entfernung von der primären Eintragsquelle (TRI-Grube) ausgebreitet hat.

Informationen zur aktuellen Abgrenzung der Quelle sind insbesondere im Hinblick auf die Neukonzeption der Grundwassersanierung von großer Bedeutung. Die Auswertung im Rahmen der historischen Untersuchung [U79] hat gezeigt, dass mit dem bisherigen Sanierungsansatz in absehbaren Zeiträumen der Schadstoffaustrag am Standort nicht in ausreichendem Maß minimiert werden kann.

Aufgrund der hohen Flüchtigkeit der LHKW sind Bodenuntersuchungen auch bei sehr sorgfältiger Beprobung problematisch zur Abgrenzung der Quellen. Daher sollten in situ-Messungen (MIP-Sondierungen mit einem entsprechenden DELCD-Detektor) zur Detektion von LCKW-Quellen genutzt werden.

Bei einer MIP-Sondierung wird eine Sonde in den Untergrund gedrückt. Am Sondenkopf ist ein Heizblock integriert, der die Umgebung auf etwa 120°C aufheizt. Die im Grundwasser gelösten bzw. in Phase an die Bodenpartikel sorbierten organischen Schadstoffe werden verdampft (Thermoresorption), über eine Membran adsorbiert und in das Innere der Sonde geleitet. Anschließend werden die gasförmigen Schadstoffe mittels eines Trägergases (Stickstoff) über einen Kapillarschlauch, der sich im Inneren des Sondengestänges befindet, an die Oberfläche transportiert. In einer Laboreinheit, die in einem Messwagen installiert ist, befinden sich verschiedene Detektoren, in denen das Gasgemisch ionisiert wird. Dabei erfolgt eine halbquantitative Messung der Gaszusammensetzung. Im vorliegenden Fall wurden ein PID-Detektor (Fotoionisationsdetektor), ein FID (Flammenionisationsdetektor) und ein DELCD (trockener elektrolytischer Leitfähigkeitsdetektor) eingesetzt. Mit Hilfe dieser Messmethodik ist es möglich, ein lückenloses vertikales Profil zur Untergrundbelastung mit leichtflüchtigen Schadstoffen aufzunehmen. Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen Monoschaden (ausschließlich LCKW), so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Signal ausschließlich von den sich noch im Untergrund befindlichen LCKW-Konzentrationen in Phase bzw. in Lösung stammt. Parallel zur Schadstoffbelastung werden über weitere Messgeräte (Aufzeichnung der Leitfähigkeit, Spitzendruck und Mantelreibung) Informationen zum geologischen Aufbau abgeleitet.

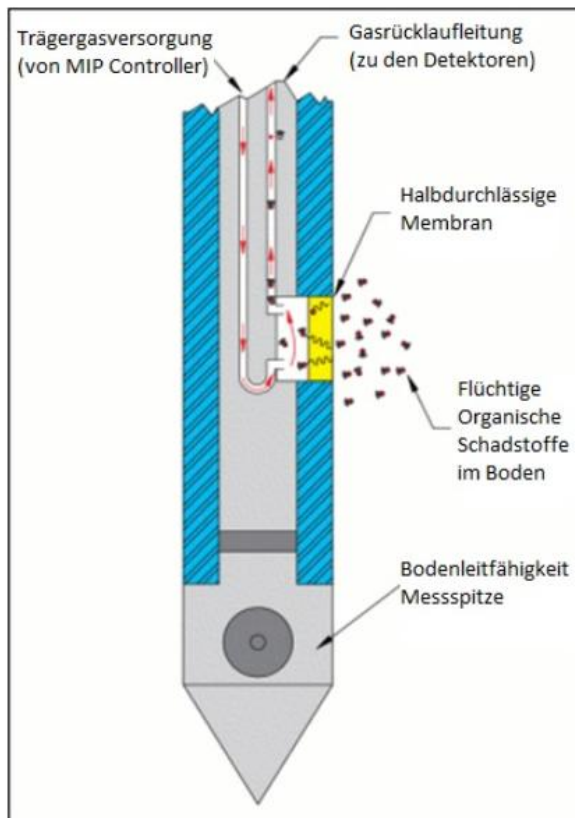


Abb. 3-1 Kopf einer MIP-Sonde

In einer ersten Phase sollten zunächst 20 MIP-Sondierungen geteuft werden (Tiefen zwischen 18 und 23 m). Die MIP-Sondierungen sollten mindestens 1 m in die tertiäre Basis des GWL 15 geteuft werden.

Auf Basis der Zwischenauswertung der MIP-Sondierung nach Phase 1 sollte dann geprüft werden, ob eine hinreichende Abgrenzung der LCKW-Quelle möglich ist. Bei Erfordernis sollten in einer zweiten Phase weitere MIP-Sondierungen geteuft werden.

Einige der Ansatzpunkte der MIP-Sondierungen befanden sich innerhalb der Werkhallen. Da die Sondierungen aus Sicherheitsgründen nicht möglich waren, mussten die Ansatzpunkte auf Bereiche außerhalb der Hallen verschoben und teilweise gestrichen werden.

Für sämtliche Ansatzpunkte war eine Kampfmittelfreimessung mittels Tiefensondierung erforderlich (Gewerk 05).

3.5 Grundwasser-Screening (Gewerke 01 und 02)

Im Zuge einer Neukonzeption der Grundwassersanierung war es erforderlich eine deutlich bessere Auflösung der Fahnenkontur im Abstrom der LCKW-Quelle der ehemaligen TRI-Anlage zu erreichen. Im quellnahen Bereich erfolgte vor der ergStU keine Konfiguration auf Basis von Bilanzebenen. Weiterhin lagen praktisch keine Grundwasseruntersuchungsergebnisse für das südliche Projektareal vor.

Aufgrund der aktuellen Fahnenkontur östlich des Projektareals konnte nicht ausgeschlossen werden, dass im südlichen Projektareal weitere relevante Quellen wirksam sind. Zudem beschränkten sich die Grundwasseruntersuchungen im Projektareal einschließlich dem Abstrom fast ausschließlich auf den Parameter LCKW. Daher sollte im Rahmen der ergStU ein Grundwasserscreening für das komplette Projektareal mittels Tiefenrammpege (Gewerk 01) und Kernbohrungen (Gewerk 02) durchgeführt werden.

3.5.1 Tiefenrammpegel (Gewerk 01)

Flächenübergreifend sollten an 37 Ansatzpunkten teufenorientierte Grundwasserproben entnommen werden. Dies sollte mittels Tiefenrammpegeln erfolgen (Gewerk 01).

In Abhängigkeit der Mächtigkeit des Grundwasserleiters sollten teufenorientiert 1 bis 3 Grundwasserproben je Aufschluss entnommen werden. Die Sonden sollten dazu bis zur Basis des GWL 15 gerammt werden, da insbesondere an der Basis die höchsten LHKW-Gehalte zu erwarten gewesen waren.

Das Grundwasserprobeentnahmesystem besteht aus einem Filterrohr, dass in einem gedichteten Mantelrohr unter Verwendung einer verlorenen Spitze in den Untergrund eingebracht und dort unter Zurückziehen des Mantelrohres freigelegt wird. Anschließend kann Grundwasser in den Filter eintreten. Über das Hohlgestänge wird das Wasser dann mittels Fußventilpumpe an die Oberfläche gefördert.

Einige der Ansatzpunkte der TRP befanden sich innerhalb der Werkhallen. Da die Sondierungen aus Sicherheitsgründen nicht möglich waren, wurden die Ansatzpunkte in Bereiche außerhalb der Hallen verschoben.

3.5.2 Kernbohrungen (Gewerk 02)

Bei der teufenorientierten Grundwasserprobenahme mittels Tiefenrammpegel bzw. Grundwassersondierungen werden keine Informationen zur Schichtenfolge gewonnen. Das bedeutet, dass bezüglich der Festlegung der Beprobungsteufen ausreichend genaue Kenntnisse zum geologischen Aufbau erforderlich sind. Für jeden Ansatzpunkt der Tiefenrammpegel musste ein Vorprofil zum geologischen Untergrundaufbau erstellt werden. Hierfür wurden vorrangig die vorhandenen Bohrungsdaten genutzt. In Teilbereichen (insbesondere im Südgelände) waren jedoch keine entsprechenden Bohrungen vorhanden. Hier war vorgesehen zur Ermittlung der Schichtenfolge 9 Kernbohrungen zu teufen. Außerdem sollten auf dem Bahndamm südlich des RAW-Geländes Kernbohrungen geteuft werden, da aus geotechnischen Gründen Tiefenrammpegel hier nicht möglich waren. Aus Synergiegründen erfolgte im Rahmen der Kernbohrungen ebenfalls die Entnahme von teufenorientierten Grundwasserproben.

Die 9 Kernbohrungen (Gewerk 02) sollten als kleinkalibrige Trockenbohrungen mit einem Durchmesser DN180 mm geteuft werden. Während des Bohrprozesses sollten in durch den begleitenden Geologen festzulegenden Teufen das auflässige Bohrloch jeweils verfiltert und eine Pumpprobe entnommen werden, so dass die aus den Kernbohrungen entnommenen teufenorientierten Bodenproben das Grundwasser-Screening der Tiefenrammpegel ergänzen können.

Auch für die Ansatzpunkte der Kernbohrungen war eine Kampfmittelfreimessung mittels Tiefensondierungen erforderlich (Gewerk 05).

3.6 Untersuchung der Grundwasserbelastung im Tertiär

Bislang erfolgten keine Grundwasseruntersuchungen in tertiären Grundwasserleitern. Um ausschließen zu können, dass ein weiterer Schadstoffzustrom zum Hufeisensee über tertiäre Grundwasserleiter erfolgt, sollen insgesamt zwei Grundwassermessstellen errichtet werden, die den oberen tertiären Grundwasserleiter verfiltern (Gewerk 02).

3.7 Baggerschürfe (Gewerk 04)

Zur Ermittlung der Mächtigkeit und zur Beprobung der Auffüllung sowie zur Prüfung bereits erfolgter Tiefenenttrümmerungsmaßnahmen bei den zurückgebauten Gebäuden sollen verteilt auf das gesamte RAW-Gelände ca. 50 Baggerschürfe ausgeführt werden (Gewerk 04). Die Tiefe der Baggerschürfe beträgt zwischen 2 und 3 m, die Baggerschürfe waren durch einen Kampfmitteldienst zu begleiten (Gewerk 05).

3.8 Analytische Untersuchungen (Gewerk 06)

Die tiefenorientierten Grundwasserproben aus den Tiefenrammpegeln und den Kernbohrungen sowie die Proben aus den beiden neu errichteten Grundwassermessstellen sollten auf folgende Parameter zu analysieren (Gewerk 06):

- MKW (C10-C40)
- PAK (EPA)
- BTEX
- LHKW
- Nitrobenzole (im Südteil)
- Nitrat Ammonium, Sulfat, Sulfid, Hydrogencarbonat und Methan (Parameter zur Charakterisierung mikrobieller Abbauprozesse im Untergrund).

Darüber hinaus sollten zur Bewertung der Grundwassersituation die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen einbezogen werden, die sanierungsbegleitend durch das BEV gewonnen wurden (Gutachter: EcoConcept).²

Aus den Baggerschürfen sollten Bodenproben entnommen und diese abfalltechnisch untersucht werden (Parameterliste nach ErsatzbaustoffV sowie DepV). Bei Auffälligkeiten sollten ergänzend analytische Untersuchungen auf die Parameter MKW, PAK und BTEX erfolgen (Gewerk 06).

3.9 Systematisierung, begriffliche Einordnung

In [U79] wurden detailliert die rechtlichen und fachlichen Grundlagen für die Altlastenbewertung vorgestellt. Nachfolgend sollen daher nur noch einmal die wesentlichen Kernpunkte und die mit dem Inkrafttreten der Mantelverordnung am 01.08.2023 geänderten rechtlichen Randbedingungen zusammenfassend dargestellt werden.

3.9.1 Altlasten

Altlasten sind vornutzungsbedingte Beeinträchtigungen des Grundstücks. Altlasten im engeren gesetzlichen Sinne werden in § 2 des Bundesbodenschutzgesetzes BBodSchG definiert. Demnach handelt es sich um stillgelegte Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltrelevanten Stoffen umgegangen worden ist, die sog. „schädliche Bodenveränderungen“ oder sonstige Gefahren hervorgerufen haben. Schädliche Bodenveränderungen sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktion, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen hervorzurufen. Das bedeutet, dass der Begriff „Altlasten“ immer im Zusammenhang mit Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen im Zusammenhang stehen muss.

Somit sind Kontaminationen im Untergrund erst dann als **Altlast** zu bewerten, wenn von diesen eine Gefährdung, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für Schutzgüter ausgehen, die Kontamination per se stellt noch keine Altlast im bodenschutzrechtlichen Sinne dar. Entsprechend ist es für eine Bewertung der Altlastensituation erforderlich, die Kontaminationen im Untergrund im Hinblick auf Ihre **Wirkung** zu charakterisieren.

Im Laufe der Altlastenbearbeitung in den letzten 30 Jahren zeigte sich, dass dabei eine grundsätzliche Trennung zwischen

- einer **grundwasserbezogenen Betrachtung** und
- einer **nutzungsbezogenen Betrachtung**

der Altlastensituation zielführend ist.

Die grundwasser- und die nutzungsbezogene Betrachtung der Altlastensituation unterscheiden sich signifikant voneinander. In der folgenden Abbildung ist zunächst schematisch das

² Zwischen der EVG und dem BEV / Deutsche Bahn wurde eine Datenaustauschvereinbarung abgeschlossen.

Prinzipschema der erweiterten Altlastenbewertung in Vorbereitung der Baufreimachung des Areals dargestellt.

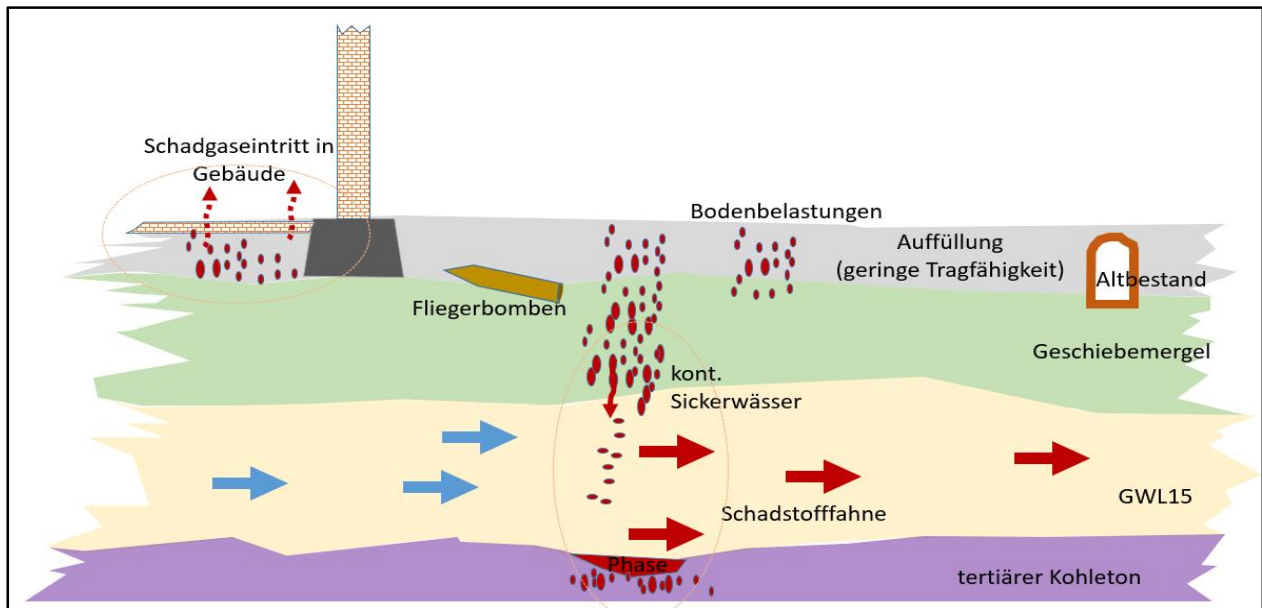


Abb. 3-2 Prinzipschema der erweiterten Altlastenbewertung in Vorbereitung der Baufreimachung des Areals

Bei der grundwasserbezogenen Betrachtung ist zu bewerten, ob von dem im Untergrund nachgewiesenen Schadstoffen ein relevanter Eintrag in das Schutzgut Grundwasser erfolgt. Dies kann zum einen über den **Sickerwasserpfad** sein (sofern die Kontaminationen sich in der ungesättigten Bodenzone befinden) oder aber die Kontaminationsquelle befindet sich bereits in der grundwassergesättigten Bodenzone und wird entsprechend vom Grundwasser umspült. Hier erfolgt ein permanenter Schadstoffeintrag über die sog. **Kontaktwasser**.

Das bedeutet im Umkehrschluss, dass alle Bodenkontaminationen in der ungesättigten Bodenzone, von denen keine relevanten Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgehen (z.B. weil das Grundwasser durch bindige Deckschichten geschützt ist) für die grundwasserbezogene Betrachtung ohne Relevanz sind. Da am Standort in der Regel eine mehrere Meter mächtige bindige Deckschicht existiert (Geschiebemergel), ist davon auszugehen, dass nur in wenigen Bereichen diese Deckschichten durch die Kontaminationen durchbrochen wurden und ein relevanter Schadstoffeintrag in das Grundwasser erfolgt. Der überwiegende Teil der Bodenkontamination ist somit für die grundwasserbezogene Betrachtung ohne Relevanz.

Weiterhin unterscheidet sich die grundwasserbezogene Betrachtung dahingehend, dass diese für aktuelle bzw. die geplante Nutzung praktisch ohne Bedeutung ist. Das Grundwasser stellt im deutschen Umweltrecht ein Schutzgut per se dar, so dass (unter Berücksichtigung von Verhältnismäßigkeitsaspekten) Grundwassergefährdungen bzw. Grundwasserschäden grundsätzlich ungeachtet einer Nutzung des Grundwassers sanierungspflichtig sind.

Anders sieht dies für die nutzungsbezogene Betrachtung der Altlastensituation aus. Hierbei stehen Gefährdungen im Mittelpunkt, die von den Schadstoffbelastungen im Untergrund bei der aktuellen bzw. einer geplanten Folgenutzung der Grundstücke bestehen. Die hierbei relevanten Wirkungspfade sind in der Regel eine **direkte Schadstoffaufnahme** durch auf der Fläche verkehrende oder aber die **Freisetzung von Schadgasen**. Besondere Relevanz besitzt eine mögliche Akkumulation von Schadgasen (gesundheitsgefährdende und/oder explosive Gase) in Gebäuden.

Weiterhin sind mögliche **Gefährdungen bei Tiefbauarbeiten** zu berücksichtigen.

Naturgemäß ist insofern die nutzungsbezogene Gefahrenbewertung im hohen Maß abhängig von der aktuellen Nutzung bzw. der geplanten Folgenutzung.

3.9.2 Weitere vornutzungsbedingte Beeinträchtigungen des Grundstücks

Nur die in der Abb. 3-2 orange eingekreisten Kontaminationssituationen sind Altlasten im bodenschutzrechtlichen Sinne (Gefährdung von Schutzgütern).

Für die Baufreimachung des Areals sind jedoch zahlreiche weitere Aspekte der vornutzungsbedingten Beeinträchtigungen des Grundstückes zu berücksichtigen. Dies sind:

- die vorhandenen noch vorhandenen Gebäude, die vor der Neuerschließung zurückgebaut werden müssen (einschl. der Beseitigung von Gebäudeschadstoffen)
- die Baugrundsituation (die Gründung von zu errichtenden Gebäuden ist in hohem Maße abhängig von örtlichen Baugrundverhältnissen, die in der Regel in industriellen Arealen vorhandene mächtige anthropogene Auffüllung ist in der Regel als Baugrund aufgrund schlechter Tragfähigkeitseigenschaften ungeeignet)
- die Kampfmittelsituation (beim Projektareal handelt es sich um eine Kampfmittelverdachtsfläche, so dass vor einer Neubebauung eine Kampfmittelfreigabe erforderlich ist)
- Altfundamente und unterirdische Bauwerke der Vornutzung im Untergrund (in der Regel müssen diese unterirdischen Bauwerke vor einer Neubebauung beseitigt werden „Tiefenenttrümmerung“)
- unterirdische Leitungssysteme, die häufig nicht mehr sicher zuordenbar sind und deren Betriebszustand nicht immer bekannt ist
- Beeinträchtigen durch den Altbergbau (unterirdische Hohlräume von Strecken, die bislang nicht oder nicht vollständig eingebrochen sind, sowie Überreste alter Schächte)
- erhöhte Entsorgungsaufwendungen durch erhöhte Schadstoffgehalte im Boden (selbst wenn erhöhte Schadstoffgehalte im Boden keine bodenschutzrechtliche Gefährdung bedingen, führen diese in der Regel zu teilweise erheblichen Mehrkosten für eine Entsorgung des Aushubs, im Rahmen der Planung sind entsprechend Optimierungsvarianten zur Kostenminderung vorzusehen, beispielsweise die Aufbereitung von Aushubmassen und der Wiedereinbau).

3.10 Gesetzliche Grundlagen

3.10.1 Mantelverordnung

Die gesetzlichen Grundlagen zur Altlastenbewertung sind detailliert in [U79] dargestellt. Nachfolgend sollen ausschließlich die sich aus der Mantelverordnung ergebenden neuen gesetzlichen Grundlagen, die für die Aufgabenstellung zur Revitalisierung des ehemaligen RAW-Geländes von hoher Relevanz sind, dargestellt werden.

Nach langjährigen Verhandlungen wurde durch den Bundestag und den Bundesrat in 2021 eine neue Rechtssystematik für die Verwertung von mineralischen Stoffen, die sog. **Mantelverordnung** verabschiedet. Die Regelungen werden am 01.08.2023 in Kraft gesetzt. Wesentliche Bestandteile der Mantelverordnung sind die **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** und die **Novellierung der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)**.

Die novellierte Bundesbodenschutzverordnung regelt das Auf- und Einbringen von mineralischem Material bei bodenähnlichen Anwendungen innerhalb und unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht. Die altlastenbezogenen Aspekte (Nachsorge) sind von der Neuregelung nicht betroffen, hier gelten weiterhin die Bestimmungen des BBodSchG und der BBodSchV.

Bislang wurde das Auf- und Einbringen in die durchwurzelbare Bodenzone in der BBodSchV und bodenähnliche Anwendungen, sowie Verfüllungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenzone als auch der Einsatz von mineralischen Stoffen bei der Herstellung von Bauwerken in der LAGA M20 bzw. in Sachsen-Anhalt in der RsVminA geregelt.

Zukünftig regelt die Ersatzbaustoffverordnung die Verwertung von *mineralischen Ersatzbaustoffen* (MEB - zentraler Begriff der EBV) in technischen Bauwerken.



Abb. 3-3 Bisherige Rechtssystematik

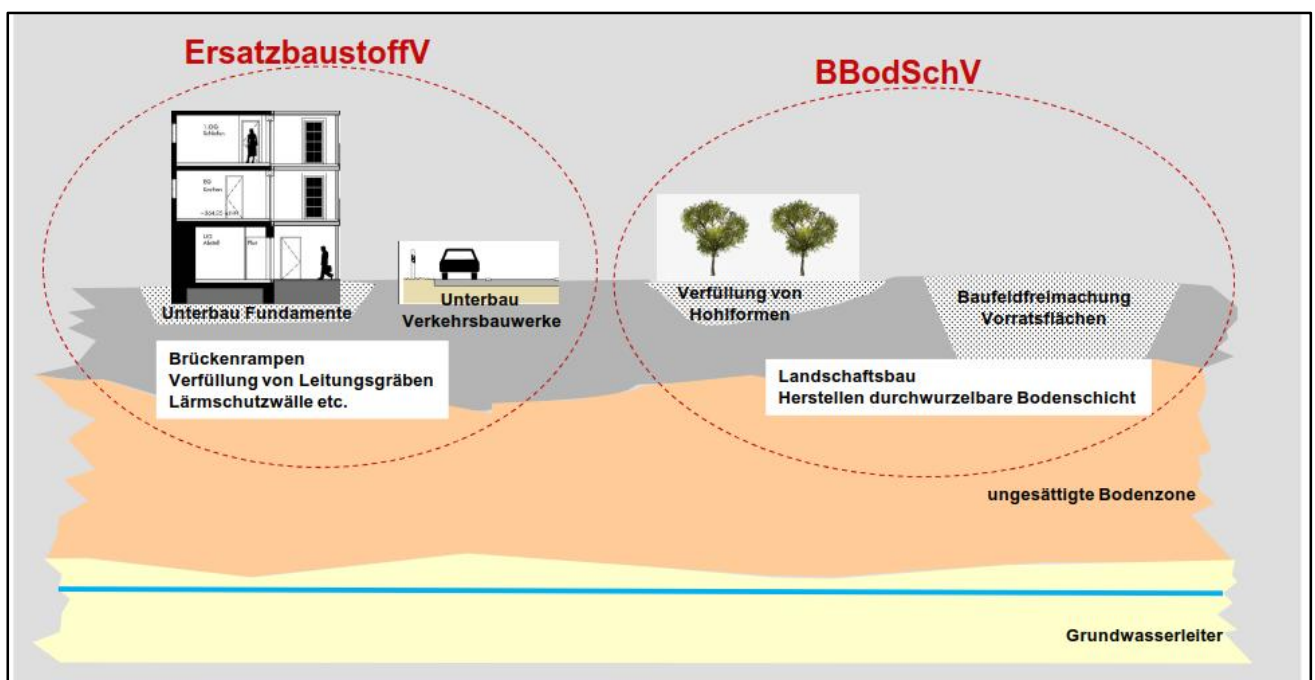


Abb. 3-4 Übersicht zu den Geltungsbereichen der EBV und des BBodSchV

3.10.2 Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV)

Mit der Ersatzbaustoffverordnung soll die Herstellung und der Einbau von *mineralischen Ersatzbaustoffen* (MEB) geregelt werden.

Die Herstellung erfolgt dabei in erster Linie in Aufbereitungsanlagen³, in denen die mineralischen Ersatzbaustoffe im Ergebnis einer Behandlung (bspw. Sortieren, Trennen, Zerkleinern, Reinigen)

³ Nach der Definition ist der ErsatzbaustoffV ist jedoch bereits die Auflegung, Separierung und Sichtung eines für den Wiedereinbau vorgesehenen Bodenmaterials die Herstellung eines MEB.

hergestellt werden. Diese ist für die vorliegende Aufgabenstellung im Rahmen der Baufeldfreimachung von Relevanz, sobald eine Aufbereitung von Boden und Bauschutt vor Ort erfolgt.

In der ErsatzbaustoffV werden darüber hinaus *Materialklassen* definiert. Für den Standort relevante Materialklassen sind dabei insbesondere Bodenmaterial (BM, Boden mit bis zu 10 % mineralischen Fremdbestandteilen), BM-F (Boden mit bis zu 50 % mineralischen Fremdbestandteilen) sowie Recycling-Baustoffe (RC).

Je nach Schadstoffbelastung werden diese Materialklassen weiter untergliedert (bspw. RC1, RC2, RC; BM0, BM0*; BM-F0*, BM-F1, BM-F2, BM-F3).

Für alle Materialklassen werden *Materialwerte* definiert (vergleichbar mit den früheren Zuordnungswerten der LAGA M20). Nachfolgend ist ein Auszug aus der EBV zu den Materialwerten für Bodenmaterial dargestellt.

Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial ¹ und Baggergut

Parameter	Dim.	BM-0 BG-0 Sande	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²	BM-0 BG-0 Ton ²	BM-0* BG-0 ³	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 50	bis 50	bis 50	bis 50
pH-Wert ⁴						6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Elektrische Leitfähigkeit. ⁴	µS/cm				350	350	500	500	2.000
Sulfat	mg/l	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	450	450	1.000
Arsen	mg/kg	10	20	20	20	40	40	40	150
Arsen	µg/l				8 (13)	12	20	85	100

Abb. 3-5 Auszug aus der Tabelle 3 der ErsatzbaustoffV zu den Materialwerten für Bodenmaterial

Weiterhin enthält die ErsatzbaustoffV Regelungen zur Probenahme und für die analytische Untersuchung der MEB. Zu berücksichtigen ist hierbei insbesondere, dass in der EBV gegenüber der LAGA M20 und der Deponieverordnung (DepV) ein geändertes Elutionsverfahren vorgegeben ist⁴.

Weiterhin sind in der ErsatzbaustoffV *Einbautabellen* für jede Materialklasse angegeben, in denen zulässige Verwertungswege in technischen Bauwerken dargestellt sind.

In der ErsatzbaustoffV existieren verschiedene Ausnahmeregelungen für den Einbau von MEB in technischen Bauwerken:

- abweichende Einbauweisen
 § 21 Abs. 2 ErsatzbaustoffV regelt, dass auf Antrag des Bauherrn die zuständige Behörde (im vorliegenden Fall die *untere Immissionsschutz- und Abfallbehörde der Stadt Halle*) im Einzelfall Einbauweisen zulassen kann, die nicht in den Einbautabellen für die jeweilige Mineralklasse aufgeführt sind, wenn dadurch keine nachteiligen Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen zu besorgen sind.
- abweichende Materialwerte für den Wiedereinbau von Standortmaterial auf Grund erhöhter Hintergrundwerte im Grundwasser
 In Gebieten, in denen die Hintergrundwerte im Grundwasser naturbedingt oder siedlungsbedingt einen oder mehrere Eluatwerte oder den Wert der elektrischen Leitfähigkeit der Anlage 1 Tabelle 3 für Bodenmaterial der Klasse BM-0 - BM-F0* überschreiten, kann die zuständige Behörde gem. § 21 Abs. 4 ErsatzbaustoffV auf Antrag oder von Amts wegen das Gebiet bestimmen und für dieses Gebiet oder für bestimmte Einbaumaßnahmen in diesem Gebiet höhere Materialwerte für Bodenmaterial festlegen,

⁴ Statt dem bisherigen Elutionsverfahren mit einem Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:10 ist nunmehr ein Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:2 vorgesehen. Daher sind die Eluat-Materialwerte der EBV nicht mit den Zuordnungswerten der LAGA M20 und der Deponieverordnung vergleichbar.

soweit das einzubauende Bodenmaterial aus diesen Gebieten stammt. Die Materialwerte sind so festzulegen, dass der Einbau des Bodenmaterials nicht dazu geeignet ist, Stoffkonzentrationen im Grundwasser über die Hintergrundwerte hinaus zu erhöhen.

- abweichende Materialwerte für den Wiedereinbau von Standortmaterial auf Grund erhöhter Hintergrundwerte im Boden

In Gebieten, in denen naturbedingt oder siedlungsbedingt ein oder mehrere Feststoffwerte der Anlage 1 Tabelle 3 für Bodenmaterial der Klasse F0* - BM-F0* - im Boden flächenhaft überschritten werden, kann die zuständige Behörde gem. § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV das Gebiet bestimmen und für bestimmte Einbauweisen in diesem Gebiet höhere Materialwerte für Bodenmaterial, das aus diesem Gebiet stammt, festlegen oder im Einzelfall zulassen. Höhere Materialwerte nach Satz 1 sind von der zuständigen Behörde so zu bemessen, dass sich die stoffliche Situation nicht nachteilig verändert. Die Sätze 1 und 2 gelten in räumlich abgegrenzten Industriestandorten für Bodenmaterial, das einen oder mehrere Feststoffwerte der Anlage 1 Tabelle 3 für Bodenmaterial der Klasse F0* - BM-F0* überschreitet und das am Herkunftsort oder in dessen räumlichem Umfeld unter vergleichbaren geologischen und hydrogeologischen Bedingungen in ein technisches Bauwerk eingebaut werden soll, entsprechend. Gebiete nach Satz 1 und Standorte nach Satz 3 können von der zuständigen Behörde im Einzelfall der Bewertung zugrunde gelegt oder allgemein festgelegt werden

3.10.3 Bundesbodenschutzverordnung

In den §§ 6 – 8 der ab 01.08.2023 geltenden neu novellierten Bundesbodenschutzverordnung vom 9. Juli 2021 ist das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden geregelt. Differenziert wird zwischen dem Auf- und Einbringen von Materialien in die durchwurzelbare Bodenschicht und unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschichten.

Von Relevanz für die Revitalisierung des ehemaligen RAW-Geländes sind die in der Verordnung verankerten Ausnahmeregelungen:

- Wiedereinbau von Boden mit erhöhten Schadstoffgehalten in behördlich erklärten Gebieten

So ist gemäß § 6 Abs. 4 BBodSchV nicht von schädlichen Bodenveränderungen auszugehen, wenn in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten Bodenmaterial mit erhöhten Schadstoffgehalten innerhalb des Gebietes umgelagert wird und die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die stoffliche Situation nicht nachteilig verändert wird. Entsprechende Gebiete können von den zuständigen Behörden (im vorliegenden Fall die *untere Wasser- und Bodenschutzbehörde der Stadt Halle*) festgelegt werden.

- abweichende Einbauwerte

§ 6 Abs. 5 BBodSchV regelt die Pflichten zur Untersuchung von Bodenmaterial, das auf- oder in den Boden eingebracht werden soll. In Anlage 1 BBodSchV sind dazu für verschiedene Parameter entsprechende *Einbauwerte* angegeben. Die Tabellen 1 und 2 der Anlage 1 enthalten Vorsorgewerte für anorganische und organische Stoffe, die grundsätzlich zur Bewertung der Einbaubarkeit herangezogen werden.

In § 8 Abs. 3 ist ergänzend dargestellt, dass bei der Verfüllung einer Abgrabung und bei Massenausgleich im Rahmen von Baumaßnahmen die Einbauwerte nach Tabelle 4 der Anlage 1 (alternativ die Materialwerte BM0* nach EBV) herangezogen werden können, wenn der Einbau mind. 1,5 Meter oberhalb des maximalen Grundwasserspiegels und bei einer Überdeckung von mindestens 2 Metern erfolgt⁵. Diese Regelung gilt ausschließlich

⁵ Die zuständige Behörde kann geringere Mächtigkeiten gestatten, wenn keine schädlichen Bodenveränderungen zu erwarten sind.

für das Auf- und Einbringen von Materialien unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht.

Hierbei handelt es sich um einen typischen Anwendungsfall für die geplante Baufeldfreimachung des ehemaligen RAW-Geländes, da in der Regel im Zusammenhang mit Baumaßnahmen (Tiefenenttrümmerung, Kampfmittelfreimessung) Bodenmaterial bei Aushubarbeiten anfällt. Sofern vorgesehen ist dieses Bodenmaterial vor Ort wieder auf- oder einzubringen, kann dieses Material unter den o.g. weiteren Randbedingungen entsprechend der Einbauwerte nach Anlage 1, Tabelle 4 BBodSchV bewertet werden, sofern nicht gem. § 6 Abs.4 BBodSchV für das entsprechende Gebiet abweichende Einbauwerte festgelegt wurden.

- Entfall von analytischen Untersuchungen im Zuge der Umlagerung
Nach § 6 Abs. 6 Nr. 3 BBodSchV muss Bodenmaterial, das innerhalb eines Gebietes wieder eingebaut werden soll, analytisch nicht untersucht werden, wenn auszuschließen ist, dass eine Altlast oder sonstige schädliche Bodenveränderung aufgrund von Schadstoffgehalten auszuschließen ist und durch die Umlagerung das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung nicht zu besorgen ist.
- mineralische Fremdbestandteile für das Einbaumaterial
Nach § 8 Abs. 1 BBodSchV darf nur Bodenmaterial (kein Oberboden) mit einem mineralischen Fremdbestandanteil von max. 10 Volumen-% eingebaut werden. Störstoffe dürfen nur in einem vernachlässigbaren und unvermeidbaren Anteil enthalten sein. Abweichungen von den Einbauwerten gelten außerhalb behördlich festgelegter Gebiete.
§ 8 Abs. 7 BBodSchV enthält zudem eine Öffnungsklausel zu den Einbauwerten, sofern diese nicht zu behördlich festgelegten Gebieten nach § 6 Abs. 4 BBodSchV erklärt wurden. Demnach kann die für die Zulassung der Verfüllung einer Abgrabung zuständige Behörde das Auf- oder Einbringen von Bodenmaterial gestatten, das die Werte nach Anlage 1, Tabelle 4 BBodSchV **nicht erheblich** überschreiten, wenn nachgewiesen ist, dass dort trotz der Überschreitung eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung erfolgt. Dabei sind die Standortverhältnisse, insbesondere die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen, die natürlichen Bodenfunktionen des Untergrundes und der Umgebung sowie bereits vorhandene Verfüllkörper zu berücksichtigen. Gegebenenfalls kann die Behörde die Durchführung von Kontrollmaßnahmen, insbesondere Boden- und Wasseruntersuchungen sowie die Errichtung und den Betrieb von Messstellen verlangen.

3.10.4 Bewertung und Relevanz für die Baufeldfreimachung des ehem. RAW-Gelände

Im Zuge der Baufeldfreimachung für das ehemalige RAW-Gelände sind in Bezug auf die zuvor erörterte Mantelverordnung folgende Anwendungsfälle relevant:

- Verwertung von standorteigenem Bodenmaterial, das bei der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreigabe anfällt und das vor Ort im Rahmen von bodenähnlichen Anwendungen wieder eingebaut werden soll⁶
- Verwertung von standorteigenem Bodenmaterial, das bei der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreigabe anfällt und das vor Ort zur Herstellung technischer Bauwerke genutzt werden soll⁷

⁶ Die Baufeldfreimachung erfolgt im Rahmen der Erschließung des ehemaligen Industrieareals, so dass in der Regel zum Zeitpunkt der Baufeldfreimachung in den einzelnen Baufeldern noch keine konkreten Nachnutzungslayouts vorliegen.

⁷ Große Mengen an Bodenmaterial wird bei der Herstellung des Brückenbauwerkes im südlichen Teil des Geländes benötigt, wir gehen davon aus, dass dafür durch Siebung aufbereitetes Bodenmaterial genutzt werden kann, das bei der Tiefenenttrümmerung mit der Kampfmittelfreimessung anfällt.

- Bodenmaterial (Fremdmaterial) das zum Standort geliefert und in bodenähnlichen Anwendungen oder zur Herstellung technischer Bauwerke genutzt werden soll⁸

Zunächst sollte mit der unteren Wasser- und Bodenschutzbehörde der Stadt Halle (Saale) abgestimmt werden, dass es sich bei dem Areal des ehemaligen RAW Halle um ein „*Gebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten im Bodenmaterial*“ nach § 6 Abs. 4 BBodSchV handelt.

Anschließend sollten Festlegungen zur Umlagerung von standorteigenem Bodenmaterial innerhalb dieses Gebietes getroffen werden. Bodenmaterial fällt insbesondere bei der Tiefenenttrümmerung und bei der Kampfmittelfreigabe an. Ein Wiedereinbau am Standort im Zuge von bodenähnlichen Anwendungen ist zur vorläufigen Profilierung der tiefenenttrümmerten und kampfmittelfrei gemessenen Flächen erforderlich, die nach deren Veräußerung neu bebaut werden. In diesem Zusammenhang sollten auch Regelungen zu den Untersuchungen von Bodenmaterial und zu Kriterien für den Wiedereinbau vor Ort festgelegt werden.

Für den Einsatz von Material aus der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung in technischen Bauwerken (insbesondere bei der Herstellung von Brückenrampen und im Straßenbau) sollten ebenfalls mit der zuständigen Behörde Abstimmungen zu abweichenden Materialwerten für die Verwendung getroffen werden. Grundlagen hierfür sind insbesondere die Regelungen nach § 21 Abs. 4 f. ErsatzbaustoffV.

⁸ Die Anlieferung von Fremdmaterial wird nur in untergeordnetem Umfang erfolgen, da Maßnahmen zur Profilierung oder der Einbau von Fremdmaterial in technischen Bauwerken erst im Zusammenhang mit konkreten Bauvorhaben in größerem Umfang erfolgen werden, Anlieferung von Material erfolgt jedoch im Zuge der Herstellung der Infrastruktur (Straßenbau).

4 Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Vorbereitende Tätigkeiten

4.1.1 Einholung der Zustimmung seitens der Grundstückseigentümer

BEV

Seitens dem BEV wurde mit Schreiben vom 14.09.2022 an die EVG die Zustimmung zur Ausführung der Arbeiten erteilt.

Am 27.10.2022 wurden die Feldarbeiten seitens G.U.T. beim BEV angezeigt.

Deutsche Bahn

Die Zustimmung für die Arbeiten auf dem Gelände der Deutschen Bahn wurde im Zusammenhang mit dem Schachtscheinverfahren eingeholt. Die Zustimmung wurde mit der Betretungsgenehmigung und mit dem Erlaubnisschein vom 02.02.2023 erteilt.

TC Halle Ost e.V.

Die GWM 2/23 wurde auf dem Grundstück des TC Halle Ost e.V. errichtet. Mit E-Mail vom 26.12.2022 wurde durch den Vereinsvorsitzender des TC Halle-Ost e.V. der Errichtung der Grundwassermessstelle zugestimmt.

4.1.2 Abstimmungen mit den Akteuren der laufenden GW-Sanierung des BEV

Mit den Bearbeitern der laufenden GW-Sanierung wurde eine Übernahme der laufenden Analytikergebnisse der 14 täglichen Beprobungen abgestimmt. Die Daten werden vom Labor gleich parallel versendet. Die Information zu den am Standort ausgeführten Erkundungsarbeiten werden aktuell weitergegeben, um die Beeinflussung von Bohrarbeiten auf die Schadstoffentwicklung zurückführen zu können.

Die vorhandene Infrastruktur am Standort ist zu schützen, im Gelände jedoch durch den Bewuchs schwer erkennbar.

4.1.3 vor-Ort-Begehung der geplanten Ansatzpunkte

Am 02.11.2022 erfolgte ein Ortstermin, bei dem alle Ansatzpunkte in Augenschein genommen wurden. Einige Punkte wurden auf Grund der örtlichen Gegebenheiten verschoben (weitere Verschiebungen waren dann nach Vorlage der Schachtscheine und im Zuge der Kampfmittelfreimessung erforderlich).

4.1.4 Einholung von Schachtscheinen

Die Einholung der Schachterlaubnisse gestaltete sich als schwierig und langwierig. Nachdem zunächst die Ansatzpunkte aus fachlicher Sicht festgelegt wurden, erfolgte am 03.11.2022 über das Portal INFREST die Beantragung der Schachtscheine der folgenden TÖP:

- 1 + 1
- 50 Hz
- HLKomm
- Inexion
- Mitnetz
- MNGS Mitteldeutsche Netzgesellschaft
- PERCOM
- PRIMACOM
- PRIMAGAS
- Stadtwerke Halle
- Strom

- Wasser
- Abwasser
- Gas
- Fernwärme
- Stadtbeleuchtung
- TELECOLUMBUS
- Telekom
- Vodafone.

Parallel dazu musste eine Schachterlaubnis seitens der Deutschen Bahn beantragt werden. Seitens des AG wurden am 08.11.2022 Leitungspläne der Deutschen Bahn für das RAW-Gelände zur Verfügung gestellt. Auf Basis der Pläne wurden dann vor Ort die Ansatzpunkte angepasst und vorläufig eingemessen.

Mit Schreiben vom 21.11.2022 wurden die Pläne mit den Ansatzpunkten und die Koordinaten an die DB Immobilien, Bereich Baurecht II CR.R042 gesendet.

Am 23.01.2023 sendete die DB Immobilien Bereich Baurecht ihre Stellungnahme zu den geplanten Untersuchungsarbeiten zu.

Auf Basis der Stellungnahme der DB Immobilien erfolgte seitens G.U.T. am 24.01.2023 die Beantragung eines „eisenbahntypischen Lageplans“, der Voraussetzung für die Beantragung einer Betretungsgenehmigung und eines Erlaubnisscheins für Erdarbeiten der DB Netz war. Da seit dem 01.01.2023 bei der Beantragung eines eisenbahntypischen Lageplans auf ein elektronisches Bestellsystem über das Informationsportal Infrastrukturdaten der DB Netz AG umgestellt wurde, kam es auch hier zu verlängerten Wartezeiten.

Nach der Zusendung der entsprechenden eisenbahntypischen Lagepläne wurden am 01.02.2023 seitens G.U.T. bei DB Netz dann die Betretungsgenehmigung und der Erlaubnisschein für die Erdarbeiten beantragt.

Am 10.02.2023 wurden die Betretungsgenehmigung und der Erlaubnisschein für die Erdarbeiten mit der Auflage erteilt, im Rahmen von Ortsterminen mit den zuständigen Medienvertretern die Ansatzpunkte abzustimmen.

Im Zeitraum vom 13.02. bis zum 16.02.2023 wurden die Ortstermine mit den Medienvertretern seitens G.U.T. ausgeführt. Für einige Medien konnten die Leitungsverläufe nicht sicher ausgewiesen werden. Für die Hauptstromzuführung zum Hauptbahnhof wurden zusätzliche Pläne zur Verfügung gestellt, so dass einige der geplanten Schurfe verschoben werden mussten bzw. entfielen.

Von der Verlegung einer zusätzlichen und neuen Stromleitung südlich des ehemaligen Kulturhauses wurde berichtet, ohne dass dazu Leitungspläne vorgelegt werden konnten.

Es wurden einige Bereiche markiert, in denen die Schurfarbeiten mit Handschachtungen zu beginnen waren. Auf Grund der Altbebauung und des unklaren Leitungsverlaufs wurde der Einsatz eines Minibaggers vorgesehen, der die Leitungsprüfung und Kampfmittelfreigabe ermöglicht.

4.1.5 Verkehrsrechtliche Anordnung Kanenaer Weg

Für die Ausführung der Kampfmittelfreigabe und Tiefenrammpege am Kanenaer Weg, einer öffentlichen Straße, wurde die Einholung einer verkehrsrechtlichen Anordnung beim Tiefbauamt der Stadt Halle erforderlich. Die Vorbereitung und Einholung der Anordnung gestaltete sich aufwändig. Letztendlich erfolgte die Fremdvergabe der Leistung an die HASTRA im Auftrag des Gewerkes 01, die gleichzeitig die Verkehrssicherung übernahm.

Zum Termin 30.-31.05.2023 erfolgte die Sperrung und Bearbeitung des östlichsten Untersuchungsbereiches.

4.1.6 Sicherheitstechnische Einweisung und Begleitung der Feldarbeiten

Alle am Standort ausgeführten Arbeiten erfolgten nach Sicherheitsunterweisung am 21.02.2023. Informationsblätter mit Ansprechpartnern und Daten wurden an alle Beteiligten durch die öBÜ übergeben. Als zusätzliche Forderung neben der persönlichen Schutzausrüstung wurde das Tragen orangefarbener Warnwesten mit Reflektoren verpflichtend. Die Vorgabe wurde von allen Beteiligten umgesetzt.

Die arbeitstäglichen An- und Abmeldungen erfolgten über die öBÜ entweder per E-Mail oder per SMS, so dass der Flächeneigentümer jederzeit über die Aktivitäten im Gelände informiert war.

4.1.7 Ausschreibung der Gewerke

Die für die ergStU erforderlichen gewerblichen Leistungen wurden in sechs Gewerken wie folgt ausgeschrieben.

Tab. 4-1 Gewerke der ergStU

Gewerk	Vergabeverfahren	Auftragnehmer
01 Tiefenrammpegel	Öffentliche Ausschreibung nach VOL / A	ASBT Umwelt GmbH & Co. KG Schönböckener Str. 28 D 23556 Lübeck
02 Kernbohrungen, Grundwassermessstellen	Öffentliche Ausschreibung nach VOB / A	IBOTECH Bohr- und Brunnenbau GmbH Zum Rittergut 28 06188 Landsberg OT Zöberitz
03 MIP-Sondierungen	Öffentliche Ausschreibung nach VOL / A	FUGRO Germany Land GmbH Emil-Berliner-Straße 17 30851 Langenhagen
04 Baggerschürfe	Öffentliche Ausschreibung nach VOB / A	Todte GmbH & Co. KG Kies und Abbruch Straße nach Trebnitz 06682 Teuchern
05 Kampfmittelfreigabe	Öffentliche Ausschreibung nach VOL / A	Dresdner Bohrgesellschaft mbH Zschoner Ring 10 01723 Kesselsdorf
06 Laborleistungen	Öffentliche Ausschreibung nach VOL / A	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH Labor Analytikum Umweltlabor Jagdrain 14 06217 Merseburg

4.2 Kampfmittelfreigabe

Aufgrund der zahlreichen Störkörper im Untergrund mussten alle Ansatzpunkte mittels Kampfmittelsondierungen freigemessen werden, eine Freigabe von der Oberfläche aus war nicht möglich.

Die Kampfmittelfreigabe der ersten Kampagne erfolgte im Zeitraum vom 16.02. bis zum 03.03.2023.

Im Rahmen der Beschaffung von Schachtscheinen bei den Leitungsträgern der Deutschen Bahn wurde seitens einigen Leitungsträger die Forderung erhoben, dass die Bohr- und Sondieransatzpunkte vorzuschachten sind, da keine genaue Kenntnis zu dem Verlauf von Leitungen besteht. Zudem existieren im Untergrund zahlreiche Altleitungen (tw. Stahlleitungen

für Wasser und Gas), die nicht mehr in Betrieb sind aber als Störkörper für die Kampfmittelfreimessungen wirken.

Daher war es erforderlich zur Kampfmittelfreimessung jeden Ansatzpunkt vorzuschachten, um mögliche Leitungen im Untergrund aufzusuchen und einen geeigneten Ansatzpunkt für die Kampfmittelfreimessung zu finden, bei dem keine Störkörper in unmittelbarer Umgebung existieren.

Dazu war es erforderlich einen entsprechend ausgerüsteten Bagger mit einer Zusatzausrüstung gemäß DGUV 201_27 Nr. 8.5.1 (Panzerverglasung BR 6, verstärkter Unterbodenschutz) einzusetzen. Zudem war es erforderlich eine weitere Aufsicht mit befähigungsschein nach § 20 SprengG einzusetzen. Zum Aufbrechen versiegelter Oberflächen musste der Bagger zudem mit einem entsprechenden Stemmmeißel ausgerüstet werden. Nachdem die Vorschachtungen erfolgt waren, wurde dann am Ansatzpunkt sondiert und der Punkt freigemessen. Im Anschluss daran wurde der Schurf wieder verfüllt.

Aus vergaberechtlichen Gründen war es erforderlich, die zweite Kampagne zur Freimessung der Ansatzpunkte im Bereich des Kanenaer Weges gesondert auszuschreiben. Auch für die Leistungen für die Dresdner Bohrgesellschaft mbH beauftragt. Die Kampfmittelfreimessung der zweiten Kampagne erfolgt im Zeitraum vom 30.05. bis zum 31.05.2023.

In der Anlage 9 sind die Dokumentationen der Dresdner Bohrgesellschaft für die Freigabe der Bohransatzpunkte beider Kampagnen beigelegt.

4.3 Kernbohrungen, Errichtung von Grundwassermessstellen

Die Kernbohrungen zur Untersuchung des Schichtaufbaus und Gewinnung von Grundwasserproben aus relevanten Bereichen erfolgten mittels Bohrgerät RRB3 der Firma IboTech im Durchmesser DN 273 als Trockenbohrung. Das Bohrgut wurde profilgerecht in Kernkisten ausgelegt und durch die öBÜ arbeitstäglich bemustert. Zu den Bohrungen wurden die Schichtenverzeichnisse erstellt und die Schichtenabfolge stratifiziert (vgl. Anlage 3.3).

Die Bohrungen wurden nach Erreichen der für die Beprobung relevanten wasserführenden Bereiche unterbrochen und als temporäre GWM ausgebaut. Als Filterstrecke wurden jeweils 2 m Filterrohr in die relevanten Horizonte eingebaut. Ausgewählt wurden der oberste und der unterste Bereich des GWL sowie ein besonders gut durchlässiger Bereich in der Mitte des GWL.

Die Probe mit dem Bezeichnungszusatz -1 jeder Bohrung stammt aus dem Anschnittsbereich des GWL (o=oben), Probe 2 von der Sohle (u=unten) und Probe 3 wurde nach Abteufen und bereits erfolgter teilweiser Rückverfüllung der Bohrung aus einem besonders gut durchlässigen Horizont aus dem mittleren Bereich (m=Mitte) zusätzlich entnommen.

Diese Vorgehensweise wurde bei fast allen Bohrungen, in denen ein mächtiger GWL 15 angetroffen wurde, ausgeführt. Aus den Bohrungen zur Errichtung der GWM im Tertiär wurden an der GWM1/23 nur 2 Proben entnommen. Der GWL 15 wurde hier nicht angetroffen, beide Proben wurden aus tertiären Schichten gewonnen. (eine Probe konnte nur geschöpft werden.) Aus der Bohrung zur Errichtung der GWM2/23 erfolgte die Probenahme der drei Proben aus dem GWL 15, bevor das tertiäre Material erreicht wurde, vgl. Kap. 5.4.

Die Probeentnahme erfolgte durch die öBÜ unter Bestimmung der Feldparameter. Die Daten sind Bestandteil der Anlage 5.1 im Probenahmeprotokoll sowie tabellarisch in Anlage 7.4. Die Proben wurden nach der Entnahme zum Labor transportiert.

4.4 Tiefenrammpege

Die Tiefenrammpege wurden durch Firma ASBT an den freigegebenen Bohransatzpunkten mit Bohrgerät und der Geoprobe GW-Sonde SP15/16 ausgeführt. Dabei erfolgte zuerst die Sondierung bis zur möglichen Endteufe. Wie bereits bei der Verfahrensbeschreibung zu den MIP-Sondierungen aufgeführt, bereitete das dicht gelagerte Sediment der Saale-Hauptterrasse erhebliche Ausführungsprobleme und die Sondierungen waren kraftintensiv und langwierig. So kein Bohrfortschritt mit vertretbarem Aufwand erzielt werden konnte, wurde der Filter geöffnet

und die erste Wasserprobe (u=Unten) entnommen. Beim Rückzug des Sondiergestänges wurde die zweite Probe in der Mitte (m) und aus dem vermeintlichen Anschnittsbereich die 3. Probe (o=Oben) entnommen.

Die Probeentnahme erfolgte über eine elektrisch betriebene Fußventilpumpe durch den AN in die über den Auftrag des Labors (Gewerk 06) gelieferten Flaschensätze. Die Probenahmeprotokolle sind in Anlage 5.2 beigelegt. Die bei der Probenahme ermittelten Feldparameter sind tabellarisch in Anlage 7.4 erfasst.

Der Probentransport in das Labor erfolgte mit einer Ausnahme durch die öBÜ. Zu einem Termin wurde der Probentransport aus der Leistungsposition des Gewerkes 06 ausgeführt.

4.5 MIP-Sondierungen

Die MIP-Sonde (MIP: Membrane Interface Probe) dient der Erfassung leicht- bis mittelflüchtiger Substanzen (VOC: Volatile Organic Compounds, z.B. LHKW, BTEX) in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone. Das MIP-System besteht aus einer Sonde, an deren Mantel eine semipermeable Membran angebracht ist. Die hydrophobe Beschichtung der Membran ist nur für gasförmige Stoffe, nicht aber für Flüssigkeiten durchlässig (vgl. Kap. 3.4).

Während des Sondiervorgangs wird die Membran permanent auf ca. 120 - 135 °C erhitzt. Dadurch werden leicht- bis mittelflüchtige Substanzen in der Umgebung verdampft und diffundieren durch die Membran in die dahinterliegende Kammer (s. folgende Abbildung). Über eine Kapillare im Sondiergestänge wird Stickstoff als inertes Trägergas mit gleichbleibendem Druck durch eine hinter der Membran befindliche Kammer und anschließend wieder nach oben zum Sondierfahrzeug geleitet. In der Membrankammer werden die VOC vom Trägergasstrom erfasst, in einer Trunkline nach oben transportiert und im Sondierfahrzeug kontinuierlich über drei Detektoren, einem PID (Photoionisationsdetektor), einem FID (Flammenionisationsdetektor) und einem DELCD (Dry Electrolytic Conductivity Detector) gemessen. Zusätzlich wird simultan die elektrische Leitfähigkeit gemessen und aufgezeichnet.

MIP-Sonden sind zur Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit und um Kondensations- und Retardationseffekte zu reduzieren, mit einer Trunkline aus Edelstahl ausgerüstet.

In Abhängigkeit von den durchteuften Bodenschichten kühlt die Membrantemperatur während des Sondiervorgangs ab. Das System wird daher etwa alle 30 cm kurz angehalten, um am Messort immer die optimale Umgebungstemperatur von ca. 120 – 135 °C zu erreichen und um damit eine entsprechend hohe Ausbeute an flüchtigen Substanzen zu gewährleisten.

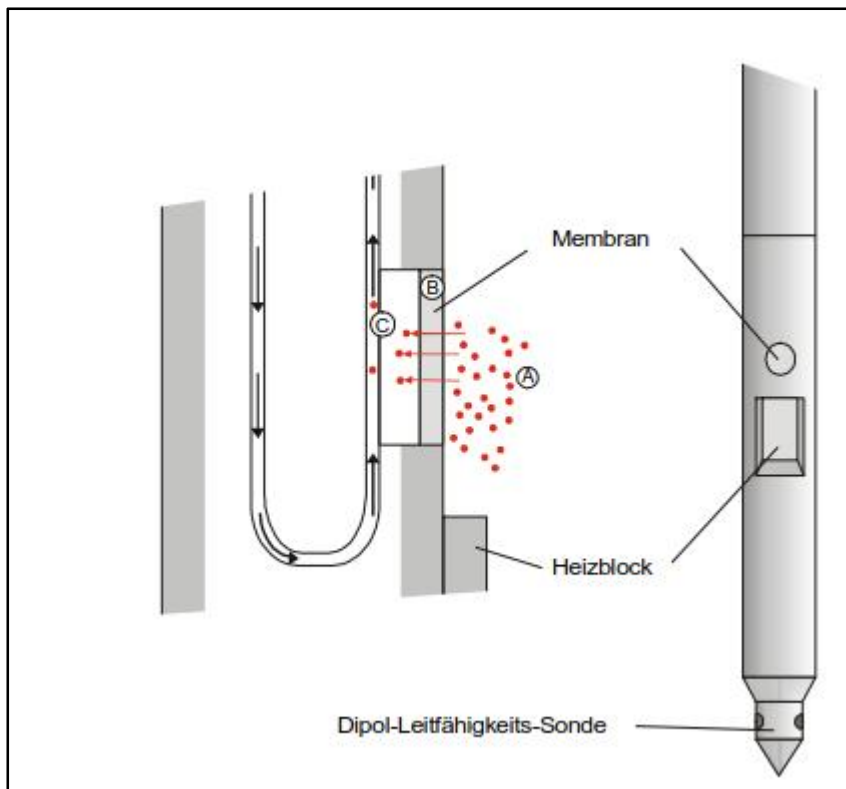


Abb. 4-1 Schematische Darstellung der MIP-EC-Sondenkombination (vgl. Dokumentation FUGRO, Anl. 3.5)

Die MIP-Sondierungen wurden im Zeitraum zwischen dem 21.02.2023 und dem 04.04.2023 ausgeführt. Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse und des Verfahrens ist in Anlage 3.5 enthalten.

In der folgenden Abbildung sind die geteufte MIP-Sondierungen, die Sondiertiefen und die Tiefen der Auflockerungsbohrungen dargestellt. Die MIP-Sondierungen, die nach den Auflockerungsbohrungen geteuft wurden, sind mit dem Suffix „a“ bzw. „b“ gekennzeichnet.

Eine zusammengefasste Darstellung der Sondierungen enthält Anlage 3.5. Insgesamt wurden an 18 Ansatzpunkten MIP-Sondierungen geteuft.

Tab. 4-2 Übersicht MIP-Sondierungen

MIP-ID	Datum	MIP Tiefe 1 (m u. GOK)	MIP Tiefe 2 (m u. GOK)	MIP Tiefe 3 (m u. GOK)	Auflockerung (m u. GOK)
01-23	22.02.23	9,89			
01a-23	14.03.23		20,50		16,00
02-23	27.02.23	11,10			
02a-23	13.03.23		20,10		16,00
03-23	01.03.23	11,93			
03a-23	14.03.23		20,00		16,00
04-23	23.02.23	10,38			
04a-23	02.03.23		12,71		11,40
04b-23	03.03.23			25,00	20,00
05-23	22.02.23	10,65			
05a-23	08.04.23		20,00		16,00
06-23	28.02.23	12,98			
06a-23	23.03.23		16,15		16,00
08-23	23.02.23	11,90			
08a-23	03.04.23		21,30		16,00
10-23	23.02.23	11,57			
10a-23	31.03.23		21,50		16,00
11-23	28.02.23	12,66			
11a-23	22.03.23		19,00		16,00
12-23	01.03.23	11,61			
12a-23	30.03.23		17,07		16,00
13-23	24.02.23	12,83			
13a-23	30.03.23		22,01		16,00
14-23	23.02.23	12,45			
14a-23	31.03.23		16,05		
14b-23	04.04.23			23,01	16,00
15-23	28.02.23	12,42			
15a-23	23.03.23		19,96		16,00
16-23	21.02.23	13,43			
17-23	24.02.23	11,19			
17a-23	30.03.23		22,01		16,00
18-23	01.03.23	11,32			
18a-23	14.03.23		18,94		16,00
19-23	01.03.23	11,20			
19a-23	15.03.23		17,08		16,00
20-23	01.03.23	10,97			
20a-23	15.03.23		17,92		16,00

Die erreichbare Zieltiefe für die Sondierungen ist abhängig von der Lagerungsdichte des Gesteines. Reicht die maximale Kraft zum Eindringen der Sonde nicht mehr aus, ist die maximale Endteufe erreicht.

In einem ersten Schritt wurde in der ersten Kampagne an 17 Ansatzpunkten die Sonde in den ungestörten Untergrund gedrückt. Der grundwasserführende Sand wies eine hohe Lagerungsdichte auf, so dass die Sonde hier nicht weiter eingedrückt werden konnte, es wurden Sondiertiefen zwischen 10 und 13 Metern erreicht.

Dies war voraussehbar, so dass zusätzlich Auflockerungsbohrungen im Vertrag vorgesehen waren. Bei Auflockerungsbohrungen wurde eine Endlosschnecke drehend in den Untergrund gebohrt, so dass das Bodengefüge aufgelockert wurde, was den eindringenden Widerstand der Sonde verringert. Nachteil der Auflockerungsbohrung ist die Störung des Gefüges. Beim

Herausziehen der Endlosschnecke wird zudem die horizontale Schichtung der Böden gestört. Daher war geplant, in einem zweiten Schritt zunächst nur den Geschiebemergel aufzulockern und anschließend in den darunter folgenden Sanden zu sondieren. Anhand von Erfahrungen aus anderen Standorten wurde davon ausgegangen, dass nach der Auflockerung des Geschiebemergels die Sonde tiefer in den grundwasserführenden Sand eingedrückt werden kann, da dann praktisch keine Mantelreibung mehr im Mergel besteht.

Diese Annahme erwies sich jedoch am Standort aufgrund der spezifischen geologischen Gegebenheiten als unzutreffend. Nach der Auflockerung des Geschiebemergels konnte die Sonde nur 1 bis 2 m in den grundwasserführenden Sand eingedrückt werden. Aus fachlicher Sicht war aber gerade der untere Teil der grundwasserführenden Sande von Interesse, weil hier eine Akkumulation der Schadstoffe erwartet wurde.

Daher wurde im Rahmen des Projektes ein Verfahren entwickelt, bei dem die Auflockerungsbohrungen mittels Endlosschnecke langsam und vorsichtig in den grundwasserführenden Sand eingebracht werden sollte. Das Bohrwerkzeug wurde anschließend nicht herausgezogen, sondern langsam herausgedreht, so dass das Bodengefüge so wenig wie möglich gestört wurde. Dieses Verfahren erwies sich technisch und fachlich als geeignet. Die vorgegebenen Zielteufen bis zur Basis der grundwasserführenden Sande konnten erreicht werden, die anschließend erfolgten MIP-Profile erbrachten plausible Ergebnisse.

4.6 Baggerschürfe

Insgesamt 43 Baggerschürfe wurden im Zeitraum zwischen dem 21.02. - 02.03.2023 ausgeführt.

Die Baggerschürfe wurden entsprechend der Zielstellung zur Ermittlung der Mächtigkeit und der Beschaffenheit der Auffüllung, zur Ermittlung der Fundamentsituation und zur Probenahme durchgeführt. Die durchschnittliche breite der Baggerschürfe betrug ca. 1,5 m, die Länge 2,5 – 4 m und die Tiefe zwischen 2,0 und 4,5 m.

In Anlage 3.4 ist die Schurfdokumentation beigelegt. Darin sind

- die Lage des Schurfes (Koordinaten)
- die Abmessungen (Länge, Breite, Höhe)
- Situation zur Untergrundbeschaffenheit (Leitungen, Fundamente etc.)
- die Darstellung des Schichtenprofils mit entsprechenden Teufen und der Beschaffenheit des Materials
- die entnommenen Bodenproben und
- eine Fotodokumentation

zusammengestellt.

Die Schürfe wurden durch einen Geotechniker der G.U.T. permanent begleitet.

Nach der Aufnahme, Dokumentation und der Probenahme wurden die Schürfe wieder mit seitlich gelagertem Standortmaterial zurückverfüllt.

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die geteufen Schürfe im Projekt dargestellt.

Tab. 4-3 Übersicht Schürfe

Name	ET	A bis m uGOK	Bemerkung
S02/23	2,5	1,2	Kabelkanal 0,5-1,1m, Kabel in Beton ab 1,1m
S03/23	2,1	1,7	Westseite mit Ziegelbauwerk mit Betonsohle bis 1,10 m
S04/23	3,0	1,0	Benzingeruch an 2,5-3,0 m
S05/23	2,3	1,5	
S06/23	2,5 (2,3)	1,5	
S07/23	3,0	0,8	Ostseite Ziegel- und Betonfundament bei 1,60 m
S08/23	3,1	1,5	tlw. Betonfundamente bis 0,90 m
S10/23	1,8	1,5	
S12/23	2,1	1,3	
S15/23	2,8	2,8	Fundament an der Stirnseite bis 0,80 m
S18/23	2,0	1,7	
S19/23	4,5	4,3	
S21/23	4,0	1,5 (4,0)	Spundwand bei 1,5 m
S22/23	4,0	4,0	Spundwand Nordseite ab 1,5 m
S24/23	3,0	3,0	
S25/23	1,3 (2,2)	1 (1,9)	Kabeltrassen bereits zerstört
S26/23	2 (2,5)	1,6	Bauschutt unter Bodenbedeckung mit Kabelkanal
S27/23	2,8	2,0	
S28/23	2,5	2,3	
S29/23	2,2	2,0	Betonfundament Westseite
S30/23	2,8	2,0	
S32/23	2,6	2,5	Betonfundament Ostseite 0,6 m
S33/23	2,5	2,2	
S34/23	3	2,0	
S35/23	2,4	1,8	
S36/23	2,8 (3,2)	2,3 (2,8)	Westseite Stützmauer
S37/23	3,0		
S38/23	3,2	2,8	Südseite Betonfundament bis 0,80 m
S39/23	2,8	2,5	
S40/23	3,2	3,0	
S41/23	2,3	2,0	Bodenplatte ehem. Gebäude 6027 ab 2,00
S44/23	3,2	3,2	
S45/23	3,4	3,2	
S46/23	3,4	3,4	
S47/23	3,6	3,5	
S48/23	3,0	1,8	

ET = Endteufe A = Auffüllung

Wie im Kapitel 4.2 dargestellt, war es für die Kampfmittelfreigabe der Bohr- und Sondieransatzpunkte erforderlich Baggerschürfe durchzuführen. Auch diese **45 zusätzlichen** Baggerschürfe wurden fotografisch dokumentiert und zum Teil beprobt. Die Dokumentation auch dieser Schürfe ist in Anlage 3.4 beigefügt.

4.7 Laborleistungen

Die Laborleistungen wurden durch die Firma ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH, Merseburg ausgeführt. Die ANALYTIKUM ist Mitglied der GBA Group. Das Labor ANALYTIKUM, Merseburg ist durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert (Registriernummer der Urkunde: D-PL-18032-01-00).

Vom Labor wurden für das Kompartiment Wasser alle Probenahmegefäße bereitgestellt. Die Gefäße wurden durch die öBÜ übernommen, die Probenahme und der Probentransport arbeitstäglich organisiert.

4.7.1 Bodenproben/ -analytik

Bodenproben wurden aus den Baggerschürfen (AN Todte) und aus den Schürfen entnommen, die zur Kampfmittelfreigabe der Bohr- und Sondieransatzpunkte geteuft wurden (Dresdner Bohrgesellschaft).

Es erfolgte jeweils eine getrennte Beprobung der anthropogenen Auffüllung (oben, Probe mit Zusatz -1) und dem darunter anstehenden Geschiebemergel (unten, Probe mit Zusatz-2).

Aus Synergiegründen wurden teilweise Proben der Auffüllung bzw. des Geschiebemergels von benachbarten Schürfen als Mischprobe zusammengefasst. In einigen auffälligen Bereichen erfolgte eine gezielte Probenahme und Untersuchung nur der relevanten Parameter (LHKW oder MKW).

Die Bodenprobenahme erfolgte durch den Geotechniker der öBÜ, die Probenahmegefäße wurden durch G.U.T. gestellt. Der Transport zum Labor erfolgte arbeitstäglich. Die Dokumentation der Bodenprobenahme erfolgte in der Schurfdokumentation Anlage 3.4.

Die Bodenproben wurden zunächst auf die Parameter gemäß Anlage 1, Tab. 3 ErsatzbaustoffV untersucht. Hierbei handelt es sich um Materialwerte für Bodenmaterial.

Anhand der Ergebnisse ist eine orientierende Bewertung für die Auffüllung bzw. den darunter anstehenden Geschiebemergel möglich, in welche Materialklasse der Boden im Falle von Aushubarbeiten eingeordnet werden muss. Bei den analytischen Untersuchungen handelt es sich nicht um eine Deklarationsanalytik, da hierfür die Bildung von Haufwerken und eine entsprechende Beprobung nach LAGA PN98 notwendig wäre.

Für auffällige Bodenproben wurden anschließend noch die Parameter nach Anlage 1, Tab. 4 ErsatzbaustoffV (zusätzliche Materialwerte für spezifische Belastungsparameter vom Bodenmaterial) analysiert.

In den Tabellen in Anlage 7.1-7.3 sind die entnommenen Bodenproben aus den Schürfen zusammenfassend dargestellt.

4.7.2 Grundwasserproben/ -analytik

Grundwasserproben wurden im Projekt aus den Tiefenrammpegeln und den Kernbohrungen als teufenorientierte Proben entnommen. Für jeden Tiefenrammpegel wurde zunächst ein Vorprofil erstellt und die Probenahmeteufen festgelegt. Die Probenahme aus den Tiefenrammpegeln erfolgte durch die Firma ASBT, die Probenahme aus den Kernbohrungen durch Probenehmer der G.U.T.. Es wurden jeweils die Feldparameter bestimmt (vgl. Probenahmeprotokolle Anlage 5.1 und 5.2 sowie in den tabellarischen Übersichten in Anlage 7.4).

Die Proben wurden unverzüglich ins Labor transportiert und dort auf folgende Parameter analysiert:

- LHKW⁹
- MKW (C10 – C40)
- PAK nach EPA
- BTEX
- Nitrobenzene¹⁰ (nur Südgelände)

Ergänzend wurden Parameter untersucht, die für die Charakterisierung von mikrobiellen Abbauprozessen im Grundwasser bzw. zur geogenen Herkunft der Wässer herangezogen werden können:

- Nitrat
- Ammonium
- Sulfat
- Sulfid
- Hydrogencarbonat
- Methan

Auf Grund spezifischer Verdachtsmomente wurden einige Grundwasserproben aus dem Südgelände ergänzend auf Nitrobenzene untersucht.

Die entnommenen Grundwasserproben sind mit Unterteilung der Probengewinnung und Darstellung der stratigraphischen Zuordnung und den relevanten Untersuchungsergebnissen (LHKW) Bestandteil der Anlage 7.4.

⁹ Dichlormethan; Trichlormethan; 1,1,1-Trichlorethen; Tetrachlormethan; Trichlorethen; Tetrachlorethen; cis-1,2-Dichlorethen; trans-1,2-Dichlorethen; Vinylchlorid

¹⁰ Nitrobenzen; 1,2-Dinitrobenzen; 1,3-Dinitrobenzen; 1,4-Dinitrobenzen; 2-Nitrotoluen; 3-Nitrotoluen; 4-Nitrotoluen

5 Untersuchungsergebnisse

Nachdem im Kapitel 4 die durchgeführten Untersuchungen aufgeführt wurden, werden im nachfolgenden Kapitel die Ergebnisse der in 2023 ausgeführten ergänzenden Standortuntersuchungen dargestellt.

Im Sinne einer Transparenz und Nachvollziehbarkeit zwischen primären Untersuchungsergebnissen und gutachterlichen Bewertungen werden im Kapitel 5 ausschließlich die Primärergebnisse aufgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse und die gutachterliche Interpretation und Bewertung erfolgt dann im Kapitel 6 ff.

5.1 Schichtenaufnahme

Die Ergebnisse der geologischen Schichtenaufnahmen bei den Kernbohrungen sind im Schichtenverzeichnis in der Fotodokumentation in Anlage 3.3 detailliert dargestellt. Auf Basis der Ergebnisse wurden zudem zwei geologische Schnitte erstellt (Anlage 3.2.2 und 3.2.3, den Schnittlinienverlauf enthält Anlage 3.2.1).

Die Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf die Fortschreibung des geologischen und hydrogeologischen Standortmodells erfolgt dann im Kapitel 6.1.

5.2 Ergebnisse der Bodenproben

Die Ergebnisse der Bodenproben sind in den Prüfberichten (Anlage 6.1) sowie in der tabellarischen Übersicht (Anlage 7) zusammenfassend dargestellt. Zudem wurden die Ergebnisse in den Kartenwerken der Anlagen 2.2.1 ff. eingearbeitet. Hierbei erfolgt eine differenzierte Darstellung nach einzelnen Schadstoffparametern:

- Anlage 2.2.3: Belastung durch Kupfer der oberflächennahen Bodenhorizonte
- Anlage 2.2.4: Belastung durch PAK der oberflächennahen Bodenhorizonte
- Anlage 2.2.5: Sulfatgehalte der oberflächennahen Bodenhorizonte

Darüber hinaus erfolgte eine Einstufung der Analysenergebnisse nach Tabelle 3 und 4, Anlage 1 der ErsatzbaustoffV (Materialwerte). Die Ergebnisse dieser Einstufung sind in der tabellarischen Übersicht in Anlage 7.1 dargestellt. Zudem sind die Ergebnisse der Einstufung im Lageplan der Anlage 2.2.1 dargestellt.

Darüber hinaus erfolgte eine bodenschutzrechtliche Einstufung der Ergebnisse der oberflächennahen Bodenproben nach Anlage 1, Tabelle 4 BBodSchV vom 09.07.2021. In dieser Tabelle in der BBodSchV sind Beurteilungswerte für Bodenmaterial für das Auf- oder Einbringen unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht dargestellt. Bei den Eluatwerten erfolgt eine Unterscheidung nach dem TOC-Gehalt (der TOC-Gehalt wurde bei den Bodenproben ebenfalls bestimmt).

Weiterhin erfolgte eine Einstufung der Ergebnisse nach Anlage 2, Tabelle 4 BBodSchV. Hier sind die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch dargestellt. Auf Grund der zukünftig geplanten Mischnutzung als Wohn- und Gewerbestandort wurde die Nutzungsart „Wohngebiete“ zum Ansatz gebracht. Die Gegenüberstellung ist tabellarisch in Anlage 7.2 dargestellt. Die grafische Darstellung im Lageplan erfolgt in Anlage 2.2.2.

Außerdem sind die Ergebnisse der Bodenproben in den Steckbriefen zu den 10 Baufeldern dargestellt und bewertet, vgl. Anlage 4.

5.3 Ergebnisse der Schurferkundung

Für sämtliche Schürfe wurde eine Schurfdokumentation erstellt, die in Anlage 3.4 beigelegt ist.

In Anlage 2.1.1 ist ein Lageplan mit Darstellung der einzelnen Schürfe enthalten. In der Anlage 2.1.2 erfolgt eine Auswertung der Schürfe im Hinblick auf angetroffene Fundamente und Keller im Bereich zurückgebaute Gebäude. In Anlage 2.1.3 erfolgt auf Basis der Ergebnisse aus den Schürfen die Darstellung der Auffüllmächtigkeit am Standort.

Eine detaillierte baufeldbezogene Auswertung der Ergebnisse der Schürfe erfolgt in den Steckbriefen (Anlage 4).

5.4 Ergebnisse der Grundwasserproben

Im Rahmen der ergStU wurden insgesamt 35 Tiefenrammpegel geteuft und i.d.R. drei Grundwasserproben teufenorientiert entnommen. 96 Proben standen für die Analytik zur Verfügung.

Aus den 11 Bohrungen wurden 31 Proben entnommen und entsprechend der LV-Pos. 2.2 analysiert. Abschließend wurden die beiden errichteten GWM klargepumpt und gleichfalls gemäß der LV-Pos. 2.2 analysiert. Alle Untersuchungsergebnisse der ausgeführten Grundwasseruntersuchung sind Bestandteil der Anlage 7.4.

Weiterhin wurden die Untersuchungsergebnisse aus Grundwassermessstellen vom sanierungsbegleitenden Monitoring aus dem Jahr 2023 bei der Bewertung berücksichtigt. Die Daten sind Bestandteil der Anlage 7.4 und in den Karten wurden die Daten aus dem betreffenden Untersuchungszeitraum der ergStU (Mai 2023) mit graphisch dargestellt.¹¹ Die Entnahme- (Förder-) und Infiltrationselemente sind gekennzeichnet.

In der Anlage 7.4 sind alle Untersuchungsergebnisse tabellarisch zusammenfassend dargestellt. Weiterhin sind die Untersuchungsergebnisse in den Prüfberichten (Anlage 6.2) beigelegt.

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse im Grundwasser in Karten erfolgt in den Anlagen 2.3.2 ff.

In der zentralen Karte 2.3.2 erfolgt eine integrale Darstellung aller relevanten Grundwasserbefunde aus dem Jahr 2023 für den GLW 15:

- Ergebnisse der teufenorientierten Probenahmen aus den Tiefenrammpegeln (Gewerk 03 ASBT)
- teufenorientierte Grundwasserproben aus den Kernbohrungen (Gewerk 02 IBOTECH)
- Ergebnisse von Grundwasserproben aus Grundwassermessstellen, die im Rahmen der ergStU neu errichtet wurden (Errichtung IBOTECH, Probenahme G.U.T.)
- Ergebnisse aus Grundwasserproben aus dem sanierungsbegleitenden Monitoring (EcoConcept, Daten Mai 2023).

Dargestellt wird jeweils die Summe LHKW.

In der Anlage 2.3.5 ist der Anteil zwischen den primär eingetragenen Lösemitteln (Tetrachlorethen [PCE] und Trichlorethen [TCE]) und den Abbauprodukten (cis-Dichlorethen [cDCE] und Vinylchlorid [VC]) dargestellt.

In den Karten der Anlagen 2.3.6 bis 2.3.9 sind die Ergebnisse für die Parameter Sulfat, Nitrat, Ammonium und Hydrogencarbonat dargestellt. Hierbei handelt es sich um Parameter zur

¹¹ Das Monitoring erfolgt im Rahmen der Grundwassersanierung des Schadens der ehemaligen TRI-Anlage durch das Bundeseisenbahnvermögen, Gutachter EcoConcept, die Daten wurden seitens EcoConcept im Rahmen eines Datenaustauschabkommens zwischen der EVG und dem BEV vor deren Veröffentlichung übergeben.

geochemischen Charakterisierung der Grundwässer. Die Parameter sind zudem Marker für mikrobielle Abbauprozesse im Untergrund.

In Anlage 3.1 ist ein Grundwasserisohypsenplan dargestellt, der auf Basis der Ergebnisse der Probenahme beim sanierungsbegleitenden Monitoring (EcoConcept – Stand: 03.2023 sowie den Erkundungsergebnissen der ergStU (Wasseranschnitt beim Bohren und Sondieren März-Mai 2023) erstellt wurde.

Im Rahmen des sanierungsbegleitenden Grundwassermonitoring wurden zudem Grundwasserproben aus dem GWL 14 (gering mächtiger Grundwasserleiter innerhalb des Geschiebemergelpaketes) entnommen. Für diese Grundwassermessstellen liegen nur Ergebnisse für den Parameter LHKW bzw. den Anteil PCE/CCE zu DCE/VC vor. Die Ergebnisse sind gesondert in Anlage 2.3.3 gekennzeichnet.

Weiterhin erfolgte im Rahmen der ergStU die Errichtung von 2 Grundwassermessstellen, die in tertiären grundwasserführenden Schichten verfiltert wurden (GWM 1/23, GWM 2/23). Auch die Ergebnisse dieser Grundwasserproben, die nicht in die oben genannten Lamellen einzuordnen sind, wurden in Anlage 2.3.4 dargestellt.

In den Lageplänen wurden die Ergebnisse nach den Probenahmetiefe (Lamellen) differenziert dargestellt.

5.5 Ergebnisse der MIP-Sondierungen

Die Dokumentation zu den MIP-Sondierungen ist in Anlage 3.5 enthalten.

Im Ergebnisbericht sind für alle geteuften MIP-Sondierungen die Messergebnisse teufenorientiert in Profilen nebeneinander dargestellt. Hierbei handelt es sich um folgende Messergebnisse:

- DELCD-Detektor (dieser Detektor reagiert ausschließlich auf organisch gebundenes Chlor)
- FID-Detektor (dieser Detektor reagiert allgemein auf organisch gebundenen Kohlenstoff)
- PID-Detektor (der Detektor erfasst diejenigen VOC, die bei einer Lichtquelle von 10,6 eV ionisierbar sind)
- Leitfähigkeitsmessung (anhand der Leitfähigkeit können orientierende Rückschlüsse auf die Petrologie der durchteuften Schichten gezogen werden)
- Temperaturmessung
- Darstellung der Geschwindigkeit für das Eindringen der Sonde.

Durch die drei simultan aufgenommenen Detektorprofile können eine summarische Erfassung des Kontaminationspotentials und dazu eine Selektion der Komponenten insbesondere im Hinblick auf LHKW erfolgen. Die Detektoren reagieren in Abhängigkeit der Stoffeigenschaft mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten. In der folgenden Tabelle ist das Detektionsverhalten für relevante leichtflüchtige Schadstoffe zusammenfassend dargestellt.

Tab. 5-1 Detektionsverhalten relevanter LCKW- und BTEX-Aromaten (vgl. Dokumentation FUGRO, Anlage 3.5)

Substanz	PID	FID	DELCD
PCE	++	+	+++
TCE	+++	+	+++
cDCE	++	+	++
tDCE	++	+	++
VC	+	+	+
DCA/TCA/TCM	-	+	+++
Benzol	++	++	-
Toluol	+++	+++	-
Ethylbenzol	+++	+++	-
Xylole	+++	+++	-

Erläuterungen: **PCE:** Tetrachlorethen, **TCE:** Trichlorethen, **cDCE:** cis-1,2-Dichlorethen, **tDCE:** trans-1,2-Dichlorethen, **VC:** Monochlorethen (Vinylchlorid), **DCA:** Dichlorethan, **TCA:** Trichlorethan, **TCM:** Trichlormethan;
Nachweisempfindlichkeit: +++ = gut, ++ = mittel, + = gering, - = kein Nachweis

Die Tabelle zeigt, dass insbesondere LCKW durch den DELCD-Detektor gut gegenüber dem Parameter BTEX abgrenzbar sind. Die beste Nachweisempfindlichkeit sind für die primär eingetragenen Schadstoffe PCE und TCE, mittlere Nachweisempfindlichkeiten für die Abbauprodukte CIS und TRANS vorhanden. Das im weiteren Stadium des mikrobiellen Abbaus entstehende VC weist dagegen eine geringe Nachweisempfindlichkeit auf.

In der folgenden Abbildung sind beispielhaft die Ergebnisse der MIP-Sondierung für die MIP 03a-23 dargestellt. Bei der MIP 03a-23 begann die Aufzeichnung erst in einer Tiefe von 10 m (der Teufenbereich 0 bis 10 m ist in der MIP 03-23 dokumentiert).

Deutlich erkennbar sind hohe DLCD-Signale im Teufenbereich zwischen 10 und 11 m. Geringe Signalausschläge sind auch für den PID und den FID-Detektor erkennbar. Bei der nachgewiesenen Belastung handelt es sich zweifelsohne um LHKW. Mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessungen wurde orientierend eine Bestimmung der Petrologie vorgenommen (orange=Sand, grün=Schluff, violett=Ton). Erkennbar ist, dass der Grundwasserleiter bis etwa 15 m anzutreffen ist, darunter folgen bindige Sedimente, wie tertiäre Schluffe und Tone.¹²

¹² Eine Unterscheidung zwischen Braunkohlen und Tonen / Schluffen ist anhand der EC-Sonde nicht möglich.

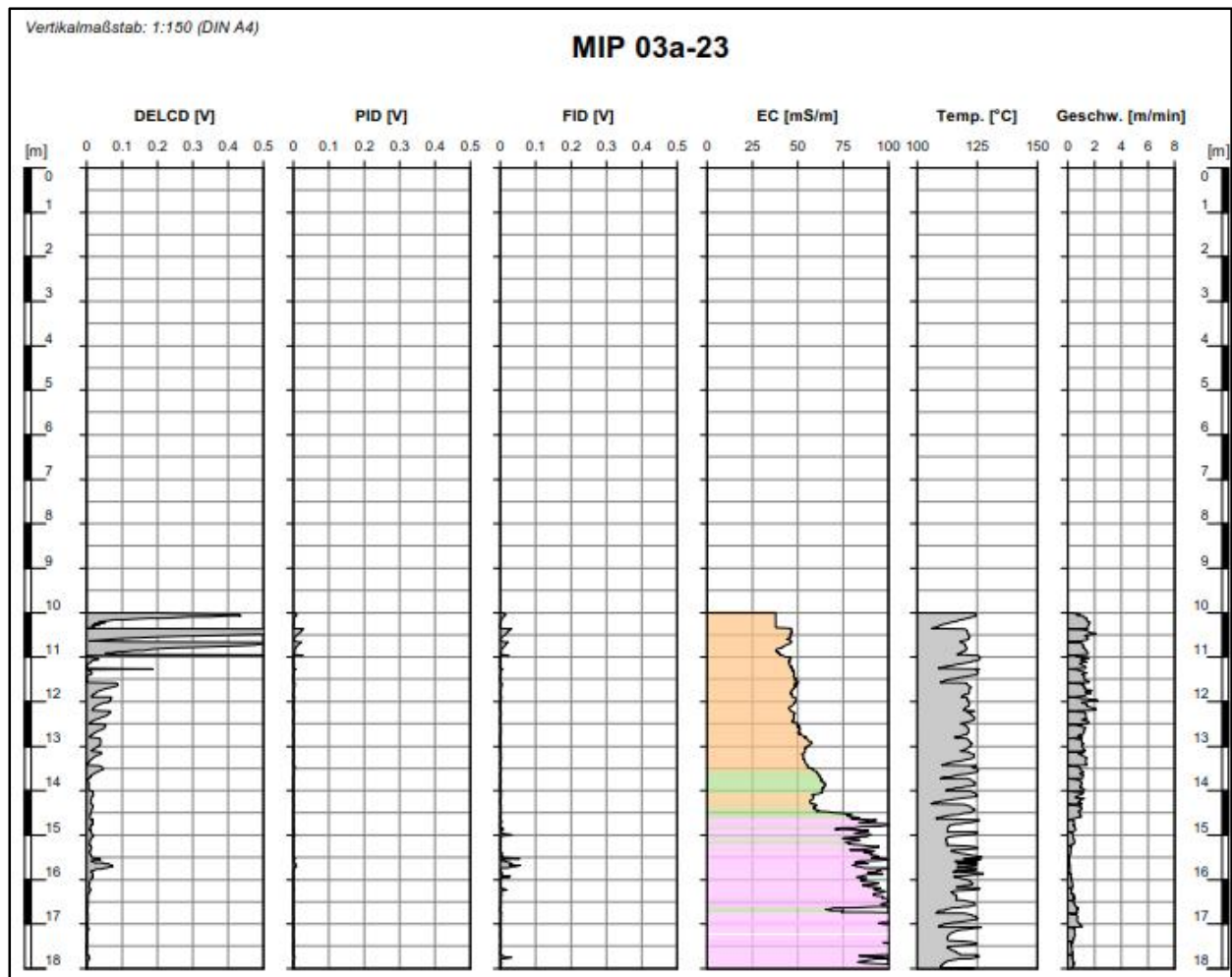


Abb. 5-1 Darstellung der Messergebnisse der MIP 03a-23

In Anlage 2.3.1 erfolgt eine Auswertung der MIP-Profile im Hinblick auf den Nachweis von LHKW-Kontaminationen im Untergrund. Da der Nachweis ein halbquantitatives Verfahren darstellt und auch die angetroffenen Schichtenfolgen nur indirekt bestätigt wird, erfolgte die Auswertung mathematisch. Dazu erfolgte die Ermittlung der Maximalkonzentrationen der gemessenen Volt der DELCD-Sonde aus petrographisch zusammenfassbaren Bereichen und die Visualisierung in folgenden 4 Bereichen:

- Oberer Geschiebemergel/GWL14 (MG1/GWL14)
- Unterer Geschiebemergel (MG2)
- Saalehauptterrasse (GWL15)
- Tertiäre Sande und Schluffe.

Dazu ist das Treffen von Annahmen zur Auswertung erforderlich, die sich auf Vergleiche der vorhandenen benachbarten Altbohrungen zurückführen lassen.

Für die farbige Hervorhebung wurden Voltbereiche zusammengefasst (vgl. Legende Anlage 2.3.1). Eine Konzentrationszuordnung zur Auswertung ist problematisch und wird hier nicht vorgenommen. Die Größenordnung der LHKW-Konzentration ist Bestandteil der Anlage 2.3.2. Sie korreliert gut mit den markierten Horizonten aus den MIP-Sondierungen. Im Schadenszentrum weist die Belastung in der MIP5/23 bereits oberflächennah den größten Nachweis auf (vgl. Anl. 2.3.1).

6 Grundwasserbezogene Auswertung der Ergebnisse

Die Rechtsgrundlagen für die grundwasserbezogene Bewertung wurden detailliert in [U79] dargestellt und werden daher an dieser Stelle nicht noch einmal wiederholt.

6.1 Geologie

Im Projektareal ist oberflächennah die Schichtenfolge von quartären und tertiären Bildungen anzutreffen, die von Südwest nach Nordost beschrieben, die Schichten des Mittleren und Unteren Buntsandstein, sowie das aufgestiegene Zechsteinmaterial an der Halleschen Störung und den Porphyre des Rotliegenden überdecken, wie der nachfolgende Prinzipschnitt der IHU aus 1999 verdeutlicht.

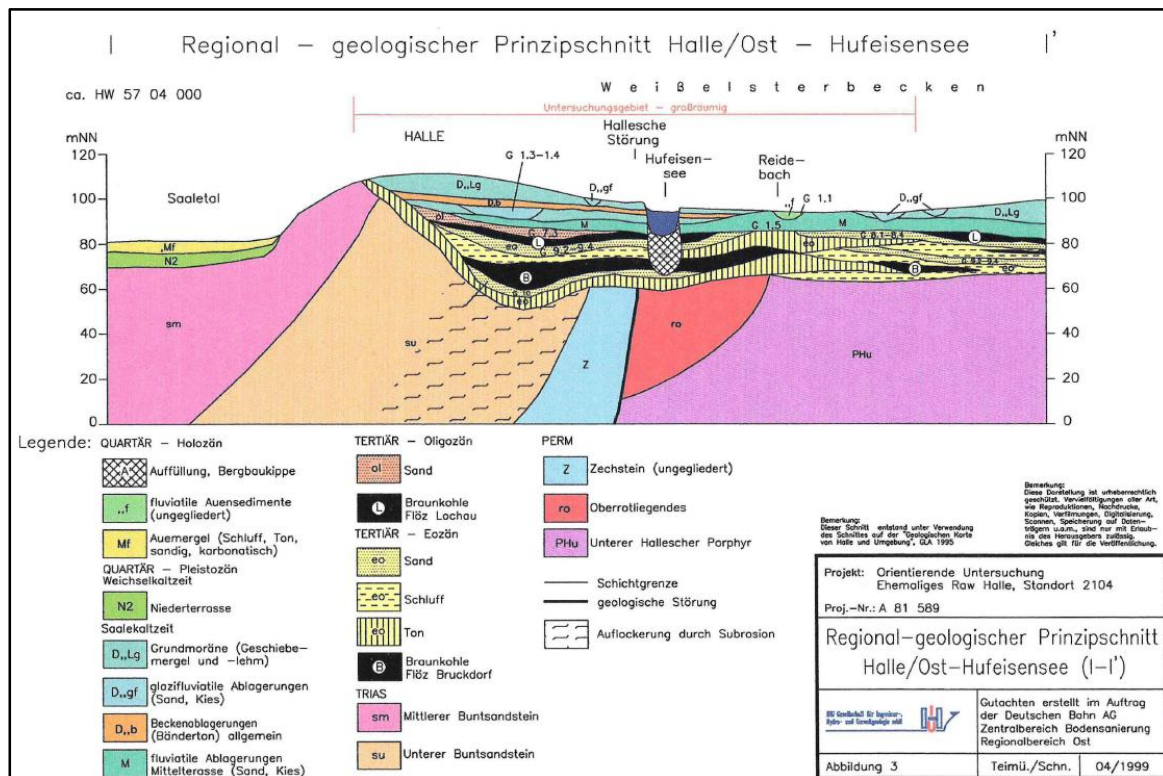


Abb. 6-1 Geologischer Prinzipschnitt Halle/Ost-Hufeisensee aus [U12]

Festzustellen ist, dass im Osten, im Saaletal, die gut wasserführenden Schichten des mittleren Buntsandsteins unter quartären Bildungen ausstreichen. Im Bereich des Halleschen Hauptbahnhofs, an den das Projektareal angrenzt, überlagern tertiäre und quartäre Bildungen die Schichtenfolge des Unteren Buntsandsteins. Die Hallesche Störung verläuft steilherzynisch (NNW-SSE-orientiert) in etwa nördlich des Untersuchungsgebietes und parallel zur Delitzscher Straße. Sie trennt die mesozoischen Schichten von der Schichtenfolge des Oberrotliegenden und dem Unteren Halleschen Porphyre. Das Zechsteinsalinar ist an der Störungszone aufgestiegen. Die vulkanischen Gesteine im Nordosten der Schichtenfolge des Übergangsstockwerks weisen keine relevanten nutzbaren Grundwasservorkommen auf.

Der Ostteil von Halle ist Bestandteil des Weißelsterbeckens, in dem die tertiäre Schichtenfolge (obereozäne bis mitteloligozäne) mit unterschiedlichen Sedimenten (u.a. mehrere Braunkohlenflöze) ausgebildet sind. Die tertiären Sedimente werden von Tonen, Schluffen und Sanden gebildet. Teilweise erfolgte ein Abbau von Braunkohle im Tiefbau (Flöz Bruckdorf). Der Bergbau fand zwischen 1877 und 1893 in einer Abbautiefe von ca. 31 bis 48 m statt. Im Zusammenhang mit dem Altbergbau ist von offenen Strecken und Schächten (Kap. 2.13) auszugehen, so dass Tagesbrüche nicht auszuschließen sind. Der heutige Hufeisensee ist das Ergebnis der bergmännischen Tätigkeit.

Die lokale und für die Projektbearbeitung relevante Schichtenfolge wird anhand der Bohrerergebnisse nachfolgend beschrieben. Am Standort wurden 11 Kernbohrungen abgeteuft, davon erschließen 2 Aufschlüsse die tertiären Sedimente.

Es gilt die folgende prinzipielle Unterteilung:

Tab. 6-1 geologischer Aufbau und Unterteilung der Grundwasserleiter im Bereich des RAW-Geländes)

Stratigraphie			Petrografie	GWL/GWS
Quartär	Holozän	Auffüllung/Kippe/Boden	Schluff, sandig, kiesig	GWL 10 (GWS-GWL)
	Pleistozän	Löß (qW)	Schluff, tonig	GWL 11 GWL
		Saalegrundmoräne II (qS) Bruckdorfer Bänderton Saalegrundmoräne I	Schluff, feinsandig, tonig Ton, schluffig Schluff, feinsandig, tonig	GWS, eingelagert Sande: GWL 13 -14
		Saale-Hauptterrasse	Sand, kiesig / Kies,sandig	GWL 15
		Elstergrundmoräne (qE)	Schluff, feinsandig, tonig	GWS
Tertiär	Unter-oligozän	Rupel	Ton, schluffig - Rupelton (lokale Rupelsande)	GWS (GWL 62)

Die Schichtenfolge wird vom Hangenden zum Liegenden beschrieben. Unter einer unterschiedlich mächtigen anthropogenen Auffüllung, die die unterschiedlichen Bebauungsstände des RAW repräsentieren, folgen saalekaltzeitliche Geschiebemergel. Der Bahndamm an der östlichen Begrenzung des Projektareals ist aufgeschüttet und im Schnitt der vorigen Abbildung nicht dargestellt. Die Auffüllung besteht zu einem großen Teil aus umgelagertem Geschiebemergelmaterial, in das auch Aschen und Schlacken, Bauschutt oder Ziegelmaterial eingearbeitet ist. Am Dammbauwerk (KB1/23, vgl. nachfolgendes Foto) sind in einer Tiefe von 7-9 m (unter Dammkrone) Bauschutt und Ziegelmaterial angetroffen worden.



Abb. 6-2 Zusammensetzung der Auffüllung am Dammbauwerk Beispielhaft an KB1/23

Eine ähnliche Zusammensetzung zeigen die Schichten der KB3/23 und KB4/23 zwischen 6-8 m u GOK , vgl. Fotodokumentation Anlage 3.3.4. In der KB3/23 wurden weiterhin zwischen 7-8 m u GOK gleichfalls Keramikreste, Porzellanscherben und Reste von Siedlungsmüll (Gewebe, Schrott) angetroffen.

Im Zentrum des Untersuchungsgebietes wurden im Niveau von etwa 5 m u GOK teilweise Sande des Grundwasserleiters GWL 14 im Geschiebemergel eingelagert angetroffen, der nur temporär wasserführend ist. In der KB5/23 wurde zwischen 5,40-5,60 m u GOK gleichfalls eine sandige Lage angetroffen, vgl. nachfolgende Abbildung.



Abb. 6-3 Ausbildung GWL14 in KB 5/23

Der GWL ist im Schadenzentrum durch Altbohrungen belegt. Die Ablagerung der Sande erfolgten im Ergebnis von Eisrandbewegungen durch Erosion und Materialablagerung grobkörnigerer Fraktionen sowie einen weiteren fluviatilen Vorstoß. Lokal wird es Verbindungen zum unterlagernden GWL15 geben, je nach Lage in der Terrasse und petrographischer Ausbildung. Auch auf Grund der Trockenheit in den vergangenen Jahren wurde in keiner der in 2023 ausgeführten Bohrungen Schicht- oder schwebendes Grundwasser angetroffen.

In einigen Bohrung wurde der Bruckdorfer Bänderton, gut erkennbar an seiner Warvenstruktur einer mm bis cm-starken Schichtung, angetroffen. Der Bruckdorfer Bänderton ist meist nur 0,30 – 0,50 m mächtig, vgl. Schnitt 1, Anlage 3.2.2. Allein in der KB 2/23 zeigt sich der Ton mit einer Mächtigkeit von 1,60 m.

Dieser wird vom Geschiebemergel der Saalegrundmoräne unterlagert. Der meist beige-braun ausgebildete Geschiebemergel ist bindig ausgebildet. In den Schluff- und Feinsandpaketen sind einzelne Geschiebe mit unterschiedlicher Größe eingelagert, vgl. nachfolgende Abbildungen. Der Geschiebemergel weist einen hohen Kalkanteil auf.

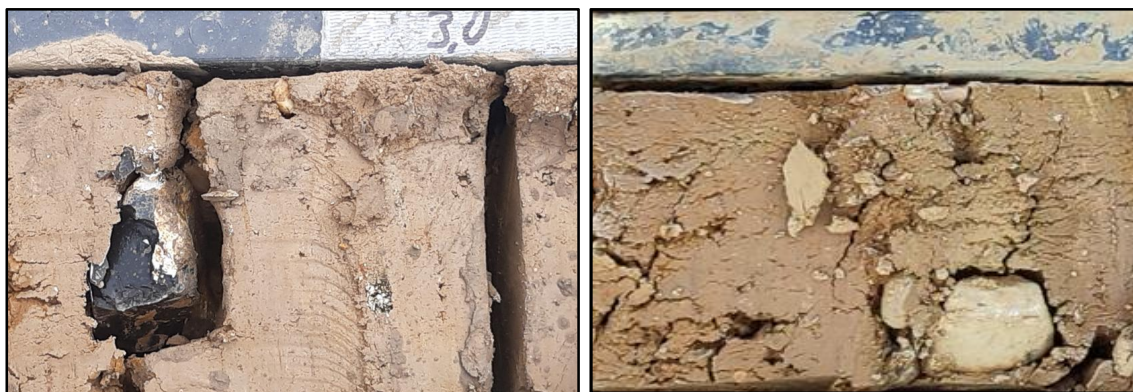


Abb. 6-4 Flint im Geschiebemergel, Bohrung zur KB1/23 (2,80 m), Geschiebe KB2/23 (6,50 m)

Im Liegenden des Geschiebemergels folgen Sande und Kiese der Saalehauptterrasse (GWL 15), der im Nordwesten des Projektareals (im Bereich des Halleschen Hauptbahnhofs) einsetzt und dessen Mächtigkeit nach Osten hin weiter zunimmt. Die Saalehauptterrasse streicht bereits im Bereich der Merseburger Straße nach Osten aus und ist vermutlich im Schadenzentrum des

Projektgebietes nur reliktsch vorhanden und nicht mit den Bohrungen zur GWM1/23 und nur mit einer Mächtigkeit von 2,30 m in der KB1/23 im Norden nachgewiesen.



Abb. 6-5 Kiese der Saalehauptterrasse KB5/23

Die Ablagerungen der Saalehauptterrasse sind im Hangenden meist feinkörnig und braun gefärbt. Zum Liegenden wechseln sich gröbere Schüttungen, die eher grau-bunt gefärbt sind, unterschiedliche Geröllführungen aufweisen mit sandigen Partien ab. Im Liegenden ist häufig eine Steinsohle ausgebildet die in Einzelfällen als Steinhindernis die Bohrarbeiten verzögerten, d.h. die Geschiebeausbildung weist einen Durchmesser >30 cm auf. Dabei ist die Mächtigkeit der unterschiedlich verfärbten Partien nicht aushaltend, entsprechend der Schüttung zum Zeitpunkt der Terrassenbildung.

Die Altbohrungen im Schadenszentrum (GWM 4/94 und GWM 3/01 weisen noch 3-5 m des Terrassenkörpers nach. In der Bohrung zur GWM1/23 wurden keine Terrassensedimente angetroffen, vgl. Schnitt 1 Anlage 3.2.2. Auch in der ca. 500 m östlich gelegenen Bohrung KB1/23 ist die Terrasse nur 2,30 m mächtig.

Nach Auswertung der Lithofazieskarte Quartär (LKQ) verläuft die westliche Uferlinie der Terrasse in einem Niveau von 95-100 m NHN. Die Unterkante der flach nach Süden einfallenden Terrasse wird mit einer Geländehöhe von ca. 84-86 m NHN angegeben. Die Angaben werden durch die ausgeführten Bohrungen bestätigt, vgl. Darstellung in den geologischen Schnitten Anlage 3.2 und mit der Unterkante des GWL in Anlage 3.1. Die wellige Sohle der Terrasse wurde mit den Kernbohrungen 83,5-86 m NHN erbohrt. Im Schadenszentrum des RAW ist eine Hochlage der Terrassensohle bei ca. 90-100 m NHN ausgebildet und die Terrasse entweder durch den nachfolgenden Geschiebemergel ausgeräumt oder nicht ausgebildet, d.h. die tertiären Sedimente bilden hier eine Hochlage, vgl. Anlage 3.1.

Die Mächtigkeit der Saalehauptterrasse nimmt deutlich nach SW zu, vgl. Anlage 3.1 und 3.2. Sie erstreckt sich nach Süden bis nach Ammendorf und im Osten über Halle-Reideburg bis zur Fuhneniederung. Im Südwesten wird der Ausstrich durch 90 m NHN charakterisiert.

Im Norden und Bereich des Schadstoffeintrags an der TRI-Grube ist der GWL nicht flächendeckend vorhanden. Durch die Lage des Schadenszentrums im Ausstrichsbereich der Terrasse, durch das sicherlich mäandrierende Flusssystem wurde immer wieder Material aus dem Tertiär aufgenommen und in Stillwasserbereichen klassifiziert abgelagert. Möglicherweise liegen aus diesem Grund exakt im Schadenszentrum die Schichten der Grundmoräne auf den tertiären

Sedimenten (GWM1/23) und die Terrasse war nicht flächendeckend verbreitet. Auch in den Altbohrungen schwanken die Mächtigkeitsangaben der Terrasse erheblich bzw. sind nicht verbreitet (HyHal1/99), vgl. Anlage 3.1.

Die tertiären Sedimente wurden durch die Terrassenschotter zum Teil meist aufgearbeitet, so dass, wie nachfolgende Abbildung zeigt, unter der Steinsohle Fein-Mittelsande mit einem hohen Glimmeranteil und unterschiedlich stark kohligen Bestandteilen zu finden sind.



Abb. 6-6 Übergang Saalehauptterrasse/tertiäre Sande am Beispiel der KB4/23

Die tertiären Sedimente sind zu Beginn feinsandig und noch wasserführend, weisen aber bereits nach wenigen Dezimetern bereits eine geringe Wasserführung auf. Der Kohleschluff in der Bohrung zur GWM2/23 war ab 20,80 m u GOK sofort trocken, vgl. nachfolgende Abbildung.



Abb. 6-7 Kohleschluff GWM 2/23 (18-21 m u GOK)

Eine Wasserführung wurde erst in einer Tiefe von 28,70 m u GOK wieder angetroffen, die Braunkohleschichten waren komplett trocken. Vergleichbare Verhältnisse wurden zur Errichtung der GWM 1/23 angetroffen.

Die 9 Kernbohrungen dienten ausschließlich der Erkundung der Zusammensetzung der quartären Schichtenfolge. Die Bohrungen wurden nach Antreffen der tertiären Sedimente eingestellt.

Im Tertiär wurde mit der Bohrung zur GWM1/23 der oberste Bereich der Feinsande verfiltert (13-16 m u GOK). Zum Klarpumpen wurde anfänglich eine sehr geringe Förderrate von 2 l/min eingestellt, der Wasserspiegel fiel in den Filterbereich, die Pumprate wurde halbiert, d.h. die GWM ist nur gering ergiebig.

Im weiteren Abstrom am Kanenaer Weg wurde die GWM2/23 unterhalb des Kohleflözes errichtet und die Filterstrecke in den Feinsanden zwischen 29-31 m u GOK ausgebaut. Auch hier erfolgte der Pumpversuch mit nur 2 l/min und zeigte eine deutliche Absenkung. Das Grundwasser wurde auf Grund des verfilterten Sediments nicht klar aber sandfrei.

6.2 Hydraulische/hydrogeologische Situation

Das Grundwasserfließen ist in Richtung E-SE orientiert, der Grundwasserflurabstand beträgt 8 – 10 m, wobei das Grundwasser des GWL 15 teilweise gespannt ist. Da insgesamt keine Stichtagsmessung und Beprobung aller vorhandenen GWM erfolgt ist¹³ und der Standort durch die Grundwasserentnahme und Infiltration beeinflusst ist, kann die Darstellung der Isohypsen in Anlage 3.1 nur als Hilfsmittel zur Betrachtung herangezogen werden. Ausgewertet und in die Konstruktion einbezogen wurden alle Ergebnisse des Grundwasseranschnitts aus den Bohrungen und Tiefenrammpegeln sowie von der Probenahme aus dem März 2023.

Der im Rahmen der Stichtagsbeprobung in 2018 erstellte Isohypsenplan zeigt eine ausschließlich zum Hufeisensee orientierte Grundwasserfließrichtung (EcoConcept 2018).

In den geologischen Schnitten sind die Wasseranschnitte aus den Bohrungen und Tiefenrammpegeln mit dargestellt, sie schwanken gering und zeigen ein recht einheitliches Bild. Zu beachten ist, dass einige Bohrungen an die Schnittlinie projiziert wurden und sich westlich der eigentlichen Schnittlinie befinden. Bei 94-95 m NHN ist das Grundwasser anzutreffen.

Hydrogeologische Schnitte sind gleichfalls Bestandteil der Altunterlagen, vgl. [U13] und waren in der HE Bestandteil der Anlage 3.5. Hier wird auch die Änderung der Grundwasserfließrichtung durch Einstellungen von Grundwasserentnahmen (Bergbau, landwirtschaftliche Betriebe) über die Zeit des Betriebes des RAW betrachtet.

Nachfolgende Darstellung zeigt die aktuellen Hydroisohypsen des obersten GWL, der durch die Darstellung in Anlage 3.1 bestätigt wird.

¹³ Die Untersuchung der großräumigen hydrogeologischen Situation war nicht Ziel der ausgeführten Untersuchung.



Abb. 6-8 Grundwasserisohypsen Mittelwasserstand oberster GWL, Quelle: Datenportal Gewässerkundlicher Landesdienst Sachsen-Anhalt

Nicht berücksichtigt werden die Wasserentnahmen und Infiltration der laufenden Sanierung. Dargestellt wird auch in Anlage 3.1 ein verallgemeinerter Trend (Wasserstände aus Bohrungen und GWM, Zeitraum März 2023).

Östlich des Projektareals befindet sich der Hufeisensee, ein Tagebaurestloch, in das die Grundwässer der Saalehauptterrasse im Abstrom des Projektareals zuströmen. Hier erfolgte ab 1843 der Abbau von Braunkohle im Tage- und Tiefbau. Eine bergbauliche Beeinflussung (Tiefbau) ist für den äußersten Ostteil des Projektareals (Baufeld BF-06) zu konstatieren.

Am Hufeisensee ist ein Überlauf des ansonsten abflusslosen Tagebaurestsees bei 91,5 m NHN in die Reide definiert.

6.3 Gesamtschadenssituation

Die Beseitigung von Grundwassergefährdungen bzw. Grundwasserschäden ist unabhängig von der Folgenutzung der Fläche erforderlich, da das Grundwasser in Deutschland unter Schutz gestellt ist.

Da unter Umständen grundwasserbezogene Maßnahmen auch Einfluss auf die Folgenutzung haben (beispielsweise der Teilrückbau von Gebäuden im Zuge von grundwasserbezogenen Sanierungsmaßnahmen, die längerfristige Nutzung von Brunnen, Grundwassermessstellen u. dgl.) soll die grundwasserbezogene der nachnutzungsbezogenen Betrachtung vorangestellt werden.

Für das ehemalige RAW-Kerngelände, das Südgelände und das ehemalige Heizkraftwerk wurden in den 1990er Jahren durch die Deutsche Bahn Orientierende Untersuchungen durchgeführt. Dabei erfolgten jedoch keine Grundwasseruntersuchungen.

Im weiteren Verlauf wurde dann ausschließlich der LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage betrachtet. Für alle weiteren Altlastenverdachtsflächen erfolgten keine weiteren Untersuchungen.

Für das Südgelände wurden für den Zeitraum vor 1950 verschiedene, zum Teil umweltrelevante Nutzungen recherchiert [U79], altlastenbezogene Untersuchungen im Hinblick auf diese Vornutzungen erfolgten bislang nicht.

Daher wurde für die ergänzende Standortuntersuchung zunächst ein Grundwasserscreening durchgeführt. Dabei wurden flächendeckend Grundwasserproben entnommen und auf die Schadstoffparameter analysiert, die für die infrage kommenden Nutzungen relevant sind.

Die Grundwasseruntersuchungen wurden teufenorientiert mittels Tiefenrammpegel und Kernbohrungen durchgeführt (vgl. Kapitel 3.5). In der Regel wurden drei Grundwasserproben aus dem Grundwasserleiter GWL15 entnommen und analysiert.

In der folgenden Abbildung ist die Lage der Tiefenrammpegel und Kernbohrungen zusammenfassend dargestellt.

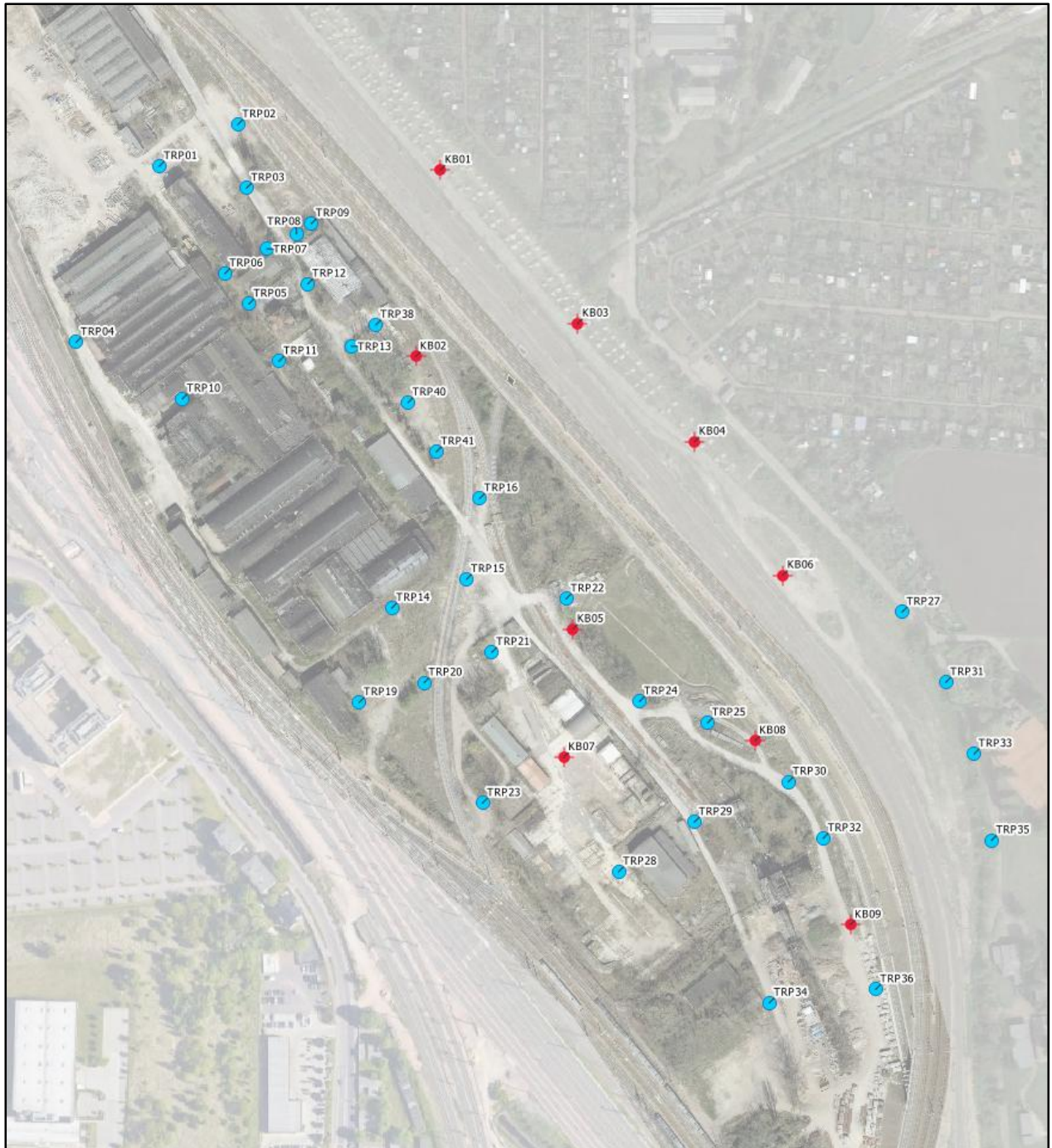


Abb. 6-9 Darstellung Ansatzpunkte der Tiefenrammpegel und Kernbohrungen für das Grundwasser-Screening

Auf Basis der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen kann geschlussfolgert werden, ob im Betrachtungsgebiet Bodenkontaminationen vorhanden sind, die zu einem Schadstoffeintrag ins Grundwasser führen. Dies kann entweder durch den Eintrag von kontaminierten Sickerwässern (gelöste Schadstoffe) erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist, dass Schadstoffe als Produktphase in den Grundwasserleiter eingedrungen sind und hier vom Grundwasser umspült werden (Kontaktwässer).

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist die Grundwasserfließrichtung zu berücksichtigen. Diese verläuft am Standort Richtung Süd-Südost (vgl. Kap. 6.1). Daher konzentrieren sich die Aufschlüsse auf den zentralen, östlichen und südlichen Teil des Projektareals.

Nachfolgend soll eine Diskussion der Ergebnisse für die relevanten Schadstoffparameter erfolgen.

6.3.1 Mineralölkohlenwasserstoffe

Zunächst sollen die Ergebnisse für den Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe C10-C40 (MKW) erfolgen. Dieser Parameter kann als Leitparameter für Kraft- und Schmierstoffe, Waschbenzin sowie sonstige Öle betrachtet werden.

In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse für die Grundwasseruntersuchungen zusammenfassend dargestellt. In allen TRP und KB, bei denen kein Konzentrationswert dargestellt wurde, liegen die Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze.



Abb. 6-10 Darstellung der MKW-Befunde im Grundwasser in µg/l

Die höchste Belastung wurde in der TRP15 mit 860 µg/l festgestellt. Eine Konzentration in gleicher Größenordnung wurde für die TRP04 im Baufeld BF-03 (650 µg/l) ermittelt.

An einigen Grundwassermessstellen im zentralen Teil des ehemaligen RAW-Geländes sowie am Kanenaer Weg im Abstrom lagen die MKW-Gehalte geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenze von 100 µg/l.

Die Grundwasserbelastungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe sind in Anbetracht der enormen Mengen beim Umgang mit Kraft- und Schmierstoffen und der sehr langen Nutzungsdauer des RAW als unauffällig zu bewerten. Die Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA [L8] von 100 µg/l wurde nur an 9 Messstellen und in der Regel nur sehr geringfügig überschritten. Lediglich die Gehalte an der TRP04 und TRP15 liegen leicht erhöht vor.

Anhand der Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass

- der Eintrag in das Grundwasser ausschließlich über Sickerwässer erfolgt, d. h. die Schadstoffe (Kraft- und Schmierstoffe) sind nicht so tief in den Geschiebemergel eingedrungen, dass sie den GWL 15 erreicht haben und
- die Mineralölkohlenwasserstoffe im Grundwasser auf Grund der sehr geringen Konzentrationen mikrobiell sehr schnell abgebaut werden und keine relevanten Fahnen ausbilden.

Ursache dieser unauffälligen Befunde ist die hohe Mächtigkeit des Geschiebemergels oberhalb des Grundwassers. Das Grundwasser weist somit eine sehr hohe Geschütztheit auf. Der Geschiebemergel verhindert zum einen aufgrund seiner hohen Anteile an Schluffen und Tonen den tieferen Eintrag von Kraft- und Schmierstoffen in den Untergrund, zudem weist der Geschiebemergel ein hohes Adsorptionspotential für Sickerwässer auf.

Im Ergebnis der Betrachtung kann geschlussfolgert werden, dass am Standort keine Mineralölkohlenwasserstoff-Schäden vorhanden sind, die zu einem relevanten Eintrag ins Grundwasser führen, so dass (auf diesen Parameter bezogen) für alle Altlastenverdachtsflächen grundwasserbezogen kein weiterer Untersuchungs- oder Sanierungsbedarf besteht.

6.3.2 PAK

Im Folgenden wird die Grundwasserbelastung am Standort für den Parameter PAK betrachtet. In Bezug auf die vormalige Nutzung des Standortes als Reichsbahnausbesserungswerk sind PAK-Einträge nur untergeordnet zu erwarten (insbesondere im Zusammenhang mit der früheren Verwendung von teerhaltigen Substanzen als Dichtungsmittel). Weiterhin sind geringe Mengen an PAK in Kraftstoffen enthalten.



Abb. 6-11 Darstellung der PAK-Befunde im Grundwasser in µg/l

Dargestellt wurden alle Befunde oberhalb der Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA [L8] von 0,2 µg/l.

Eine erhöhte Konzentration im Grundwasser ist ausschließlich für die TRP04 westlich der RAW-Werkhalle zu verzeichnen (12,2 µg/l). Alle anderen Konzentrationen liegen zwischen 0,2 und 3 µg/l d auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau.

Auch hier kann anhand der flächendeckend erhobenen Grundwasserbefunde ausgeschlossen werden, dass von punktuellen Schadstoffeinträgen Fahnen im Grundwasser ausgehen, vielmehr werden die Schadstoffe im Grundwasser innerhalb kurzer Fließweges (einige dutzend Meter) abgebaut bzw. retardiert.

Aufgrund der sehr niedrigen Konzentrationen kann auch hier geschlussfolgert werden, dass der Eintrag auch für die PAK ausschließlich über Sickerwässer erfolgt.

Auch für den Parameter PAK ist somit zu konstatieren, dass von den Altlastenverdachtsflächen des ehemaligen RAW-Geländes keine für das Grundwasser relevanten Schadstoffeinträge erfolgen, so dass auch im Hinblick auf diesen Parameter weder zusätzliche Untersuchungen noch Sanierungsmaßnahmen notwendig sind.

6.3.3 BTEX

Nachfolgend werden die Grundwasserbefunde für den Parameter BTEX (Aromaten) betrachtet. Der Eintrag von Aromaten ist typisch für den Umgang mit Lacken und Farben (insbesondere Toluol), mit Kraftstoffen (vorrangig Benzin, im Dieselmotorkraftstoff sind nur geringe Mengen an Aromaten enthalten) und mit Lösemitteln (Benzol).

Auch hier soll die BTEX-Belastung im Grundwasser zusammenfassend betrachtet werden. Dazu wurden in der folgenden Abbildung sämtliche Konzentrationen $> 1 \mu\text{g/l}$ für BTEX dargestellt.



Abb. 6-12 Darstellung der BTEX-Befunde im Grundwasser in $\mu\text{g/l}$

Die Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA [L8] von $20 \mu\text{g/l}$ wurde in keiner der Grundwasserproben überschritten. Benzol (Geringfügigkeitsschwelle $1 \mu\text{g/l}$) wurde in keiner der Grundwasserproben oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt.

Insofern kann abgeleitet werden, dass im Grundwasser keine relevante BTEX-Belastung vorliegt und weitere Untersuchungs- oder Sanierungsmaßnahmen in Bezug auf das Schutzgut Grundwasser nicht erforderlich sind.

6.3.4 Nitroaromaten

Zudem wurden im Südgelände ausgewählte Grundwasserproben auf Nitroaromaten untersucht, da sich bei der historischen Recherche Hinweise ergaben, dass am Standort Pflanzenschutzmittel hergestellt wurden sein könnten.

Sämtliche untersuchten Grundwasserproben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l je Einzelstoff, so dass eine Grundwasserbelastung durch Nitroaromaten ausgeschlossen werden kann.

6.3.5 LHKW

Bereits vor der ergStU bekannt war die massive Grundwasserbelastung am Standort durch LHKW im Zusammenhang mit dem Schadstoffeintrag im Bereich der ehemaligen TRI-Grube im Baufeld BF-03.

Dieser LHKW-Schaden wird gesondert in Kapitel 6.4 ff. diskutiert. Die LHKW-Belastung am Standort wird durch diesen Schaden dominiert. Inwieweit auf Basis der Ergebnisse Hinweise auf weitere Schadstoffeinträge für LHKW abgeleitet werden können, wird ebenfalls in diesen Kapiteln betrachtet.

6.3.6 Zwischenfazit zur Grundwasserbelastung

Im Ergebnis der zuvor erfolgten Betrachtung ist festzustellen, dass mit Ausnahme des Parameters LHKW keine weiteren relevanten Schadstoffbelastungen im Grundwasser auf dem ehemaligen RAW-Gelände vorhanden sind.

Die Ursache, dass trotz der intensiven und langjährigen umweltrelevanten Nutzung, insbesondere der Umgang mit Kraft- und Schmierstoffen, kein relevanter Schadstoffeintrag ins Grundwasser erfolgte, ist in den geologischen Lagerungsverhältnissen begründet. Der Grundwasserleiter wird flächendeckend durch ein zum Teil mehr als 10 m mächtiges Geschiebemergelpaket überdeckt. Das Grundwasser weist somit eine sehr hohe Geschütztheit auf. Der Geschiebemergel verhindert zum einen aufgrund seiner hohen Anteile an Schluffen und Tonen den tieferen Eintrag von Kraft- und Schmierstoffen in den Untergrund, zudem weist der Geschiebemergel ein hohes Adsorptionspotential für Sickerwässer auf.

Die geringfügigen Schadstoffeinträge für Mineralölkohlenwasserstoffe und PAK erfolgen über Sickerwässer, sind räumlich eng begrenzt und werden innerhalb von kurzen Fließwegen im Grundwasser mikrobiell vollständig abgebaut.

Das bedeutet, dass grundwasserbezogen für alle Altlastenverdachtsflächen, bei denen kein Stoffumgang mit LHKW erfolgte, eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwassers ausgeschlossen werden kann und grundwasserbezogen kein weiterer Untersuchungs- und/oder Sanierungsbedarf besteht.

Der weitere Umgang mit diesen Altlastenverdachtsflächen im Rahmen der Baufeldfreimachung wird im Kapitel 7.5.8 erörtert. Die LHKW-Belastung wird zusammenfassend in den folgenden Kapiteln betrachtet.

6.4 Kenntnisstand vor der ergStU zum LHKW-Schaden der ehem. TRI-Anlage

Zunächst soll ein Einstieg in die Betrachtungen zur LHKW-Belastung am Standort noch einmal zusammenfassend der Kenntnisstand vor Beginn der ergStU dargestellt werden.

6.4.1 Quellenabgrenzung

In der folgenden Abbildung ist zunächst schematisch die Genese des TCE-Schadens im Bereich der ehemaligen TRI-Anlage des RAW dargestellt.

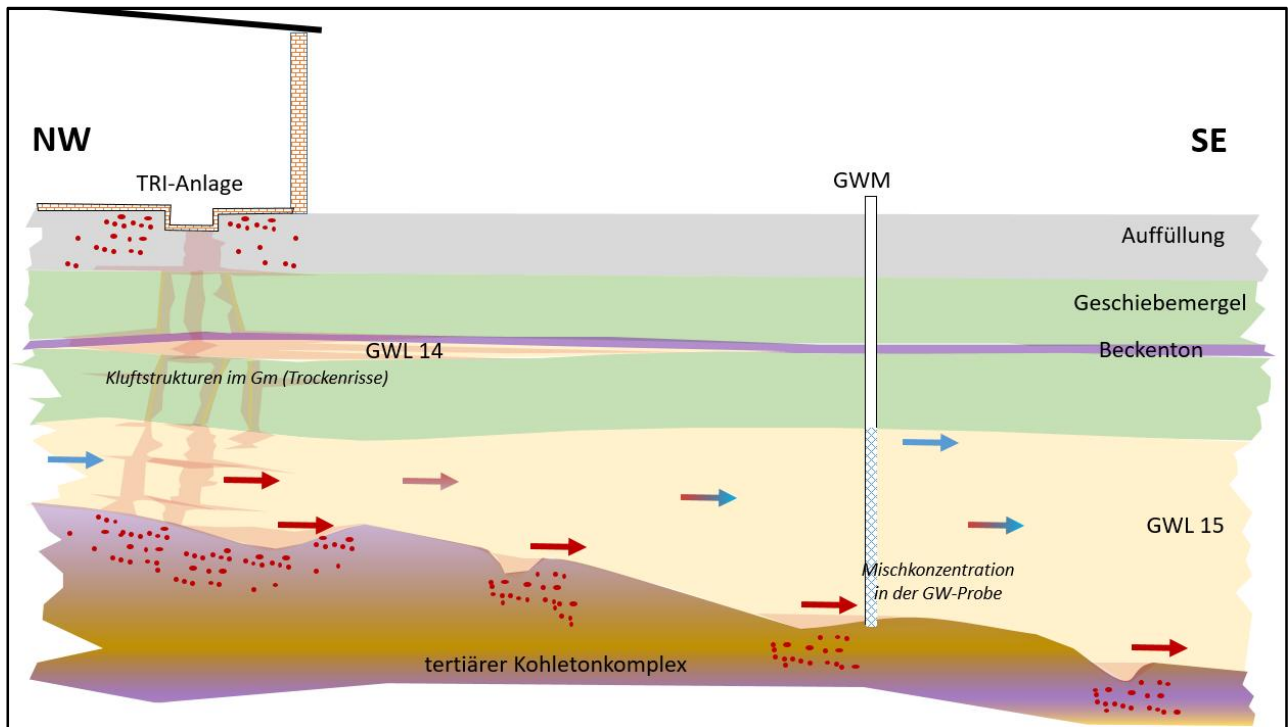


Abb. 6-1 Prinzipdarstellung zur Schadensgenese TRI-Anlage

Anhand der oben Prinzipskizze wird die Schwierigkeit der Erkundung der LHKW-Quellen (hier TCE-Phasen) deutlich. Die Verbreitung der Phasen ist häufig räumlich sehr eng begrenzt (beispielsweise vertikale Klüfte oder horizontal orientierte Schichtflächen). Aufgrund der hohen Flüchtigkeit des TCE ist ein direkter Nachweis in Bodenproben schwierig, da die Schadstoffe bei dem Kontakt mit Luft (beispielsweise beim Öffnen der Boden-Liner) verdampfen und so einen direkten Labornachweis in den Bodenproben erschweren.

Gut geeignet zum Nachweis von LHKW im Untergrund sind dagegen in-situ Messungen mittels MIP-Sondierungen. Auch die Entnahme von teufenorientierten Grundwasserproben mit kleinem Volumen ermöglicht zumindest indirekt einen Nachweis von Produktphase.

Zur Ermittlung der räumlichen Ausbreitung der TCE-Phase erfolgten in den 1990er und Anfang der 2000er Jahre zahlreiche Untersuchungen, unter anderem mit MIP-Sondierungen, Grundwassersondierungen zur teufenorientierten Probenahme und Liner-Bohrungen [U79]. In der folgenden Abbildung ist die in [U23] kartierte Phasenverbreitung für TCE dargestellt.

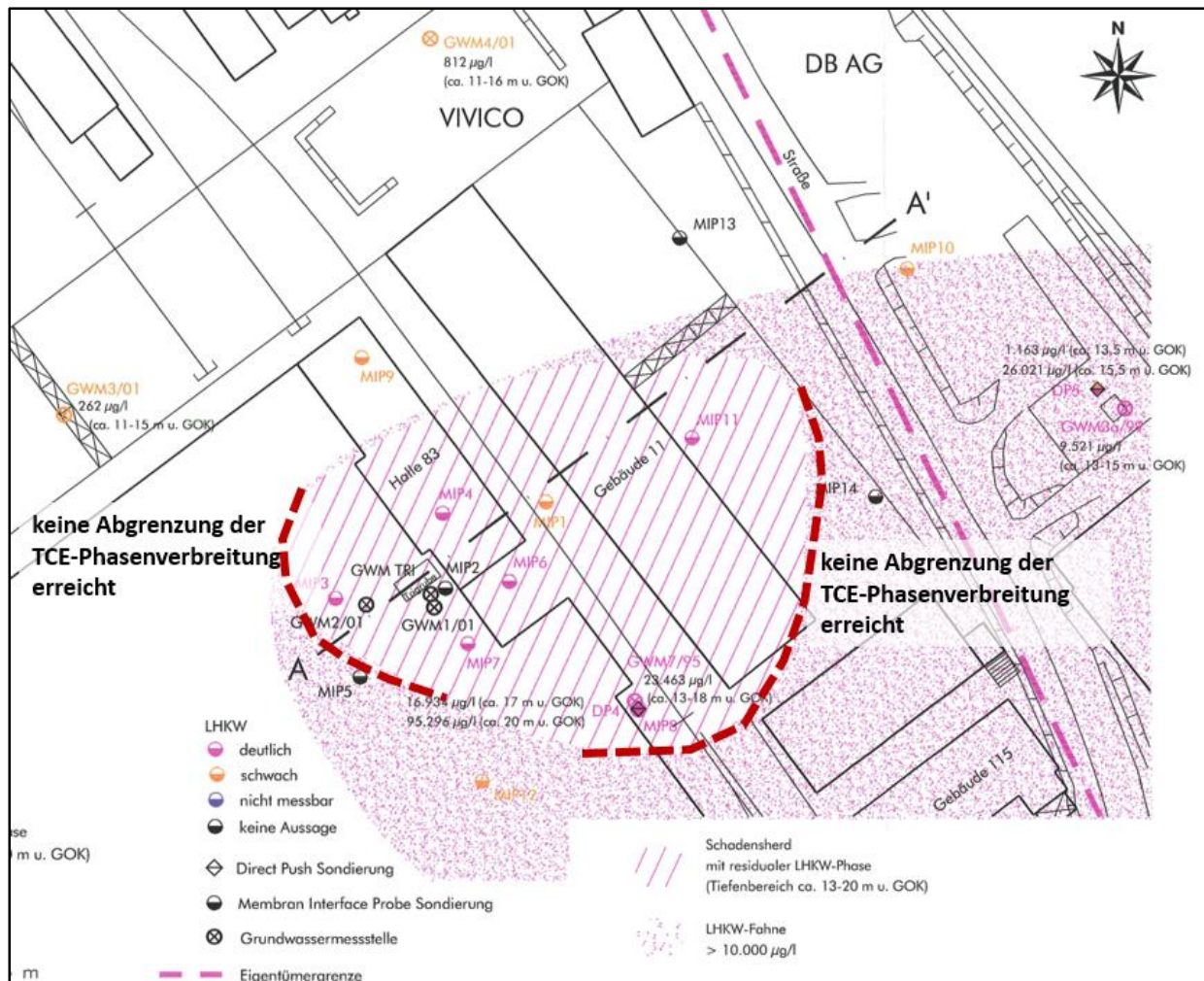


Abb. 6-2 LHKW-Befunde der Quellenuntersuchung aus [U23]

Die Abbildung verdeutlicht, dass in Richtung Westen, Süden, Südosten und Osten keine Abgrenzung der TCE-Quelle erreicht werden konnte. Aufgrund der Morphologie der Basis des GWL 15 war insbesondere in südliche, südöstliche und östliche Richtung eine Phasenausbreitung zu erwarten. Die Phasenkartierung musste insofern als unzureichend bewertet werden.

Daher erfolgte im Rahmen der ergStU eine ergänzende Kampagne zur Untersuchung der LHKW-Schadstoffverteilung im Untergrund durch MIP-Sondierungen.

Da die ehemaligen Hallen des RAW aus statischen Gründen zum Zeitpunkt der ergStU nicht betreten werden durften, konnte die MIP-Erkundung nur außerhalb der Hallen erfolgen. Die Abgrenzung des Schadens in Richtung Westen war damit nicht möglich.

6.4.2 Grundwasser-Sanierungskonzept

Auf Basis dieser Kontaminationssituation im Jahr 2003/2004 wurde in [U28] ein Sanierungskonzept erstellt. Zunächst erfolgte eine Untergliederung des Projektareals in insgesamt vier Sanierungszonen, die nachfolgend dargestellt sind.

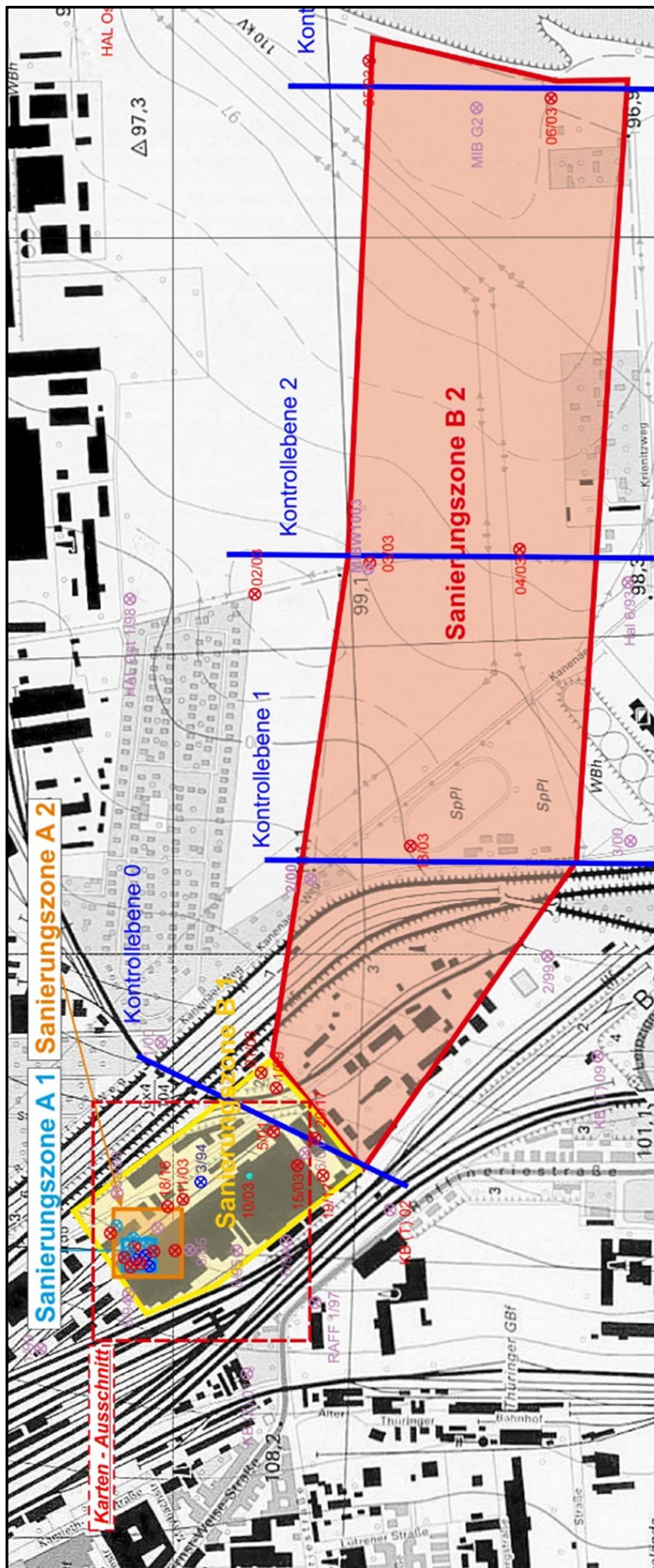


Abb. 6-3 Sanierungszonen des TRI-Schadens [U28]

Die Sanierungszonen sind wie folgt definiert:

- Sanierungszone A 1: ungesättigte Bodenzone (Geschiebemergel) mit Bänderton und eingeschaltetem GWL 14) im Bereich des Schadenszentrums
- Sanierungszone A 2: GWL 15 - Quellbereich
- Sanierungszone B 1: GWL 15 - quellnaher Abstrom
- Sanierungszone B 2: GWL 15 - weiterer Abstrom.

Das ursprüngliche Sanierungskonzept aus [U28] sah folgende Elemente der Sanierung vor:

Sanierungszone A 1

- Infiltration von Tensiden im Schadenszentrum (TRI-Grube)
- Grundwasserförderung im GWL 14

Sanierungszone A 2

- Grundwasserförderung aus Grundwassermessstellen, die im GWL 15 ausgebaut sind (Gesamtfördermenge ca. 25 m³/h)
- Reinfiltration der gesamten gereinigten Grundwässer vorzugsweise im Anstrom, optional auch im Abstrom

Sanierungszonen B 1 und B 2

- Errichtung einer reaktiven Wand nach dem Prinzip funnel & gate mit einer nullwertigen Eisenfüllung zwischen den Kontrollebenen 2 und 3 (Einbindetiefe der Dichtwand 12 m)

Im weiteren Projektverlauf wurde das Sanierungskonzept wie folgt modifiziert [U35]:

- Die Gesamtfördermenge in Sanierungszone A 2 wurde von 25 m³/h auf 24 m³/h verringert, 6 m³/h sollen im Anstrom und 18 m³/h im Abstrom reinfiltrierte werden.
- Auf die reaktive Wand in der Sanierungszone B 2 wurde im modifizierten Konzept verzichtet, vielmehr sollte an der Grenze zwischen den Sanierungszonen B 1 und B 2 (GWM 5/01 und 01/01) eine hydraulische Abstomsicherung implementiert werden (Fördermenge je 1 m³/h).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Sanierungsziele für die Sanierung zusammenfassend dargestellt.

Tab. 6-2 Sanierungsziele [U35]

Zone	vordringliches Erfordernis	vorrangiges Sanierungsziel	Sanierungszielwert
A1	- Verringerung des Schadstoffpotentials - Unterbrechung des Pfades Boden-Grundwasser	Beseitigung ungelöster Produktphasen aus den Zuständen 1 und 2	kein
A2	- Sicherung der Maßnahmen in Zone A1 - Verminderung des Schadstoffpotentials - Wirkung des (unterstützten) natürlichen Schadstoffabbaus	dauerhafte Verminderung der Grundwasserbelastung auf das Konzentrationsniveau des Abstroms	2 mg/l* bis 100 µg/l**
B1	- Sicherungsbereich für die Maßnahmen in Zone A2 - Infiltrationsraum - Wirkung des (unterstützten) natürlichen Schadstoffabbaus	Sicherung der Verminderung der Grundwasserbelastung auf das Konzentrationsniveau des Abstroms	1 mg/l* bis 50 µg/l**
B2	Unterbrechung des Pfades Grundwasser-Oberflächenwasser	Reduzierung der Grundwasserbelastung an Kontrollebene 3	10 µg/l

* am Ende der aktiven Sanierung, Übergang zu „enhanced natural attenuation (ENA)“

** Zielwert nach aktiver Sanierungsphase zu präzisieren

Mit Datum vom 18.06.2008 wurde seitens des Umweltamtes der Stadt Halle der Sanierungsplan zur Sanierung des TRI-Schadens für verbindlich erklärt. Als Nebenbestimmung wurden folgende vorläufige Sanierungszielwerte für das Grundwasser formuliert (vgl. Abb. 6-3):

- Sanierungszone A 2: 100 µg/l Summe LHKW
- Sanierungszone B 1: 50 µg/l Summe LHKW.

In der Begründung zu den Nebenbestimmungen wurde als langfristiges Ziel für die Kontrollebene 1 eine LHKW-Konzentration von <10 µg/l formuliert.

6.4.3 Sanierungsstand

Auf Basis der Kenntnisse zur Kontaminationssituation im Jahr 2003/2004 wurde in [U28] ein Sanierungskonzept erstellt, das in [U35] modifiziert wurde.

In der folgenden Abbildung sind alle bislang zur Grundwasserförderung und zur Reinfiltration genutzten Grundwasseraufschlüsse dargestellt.

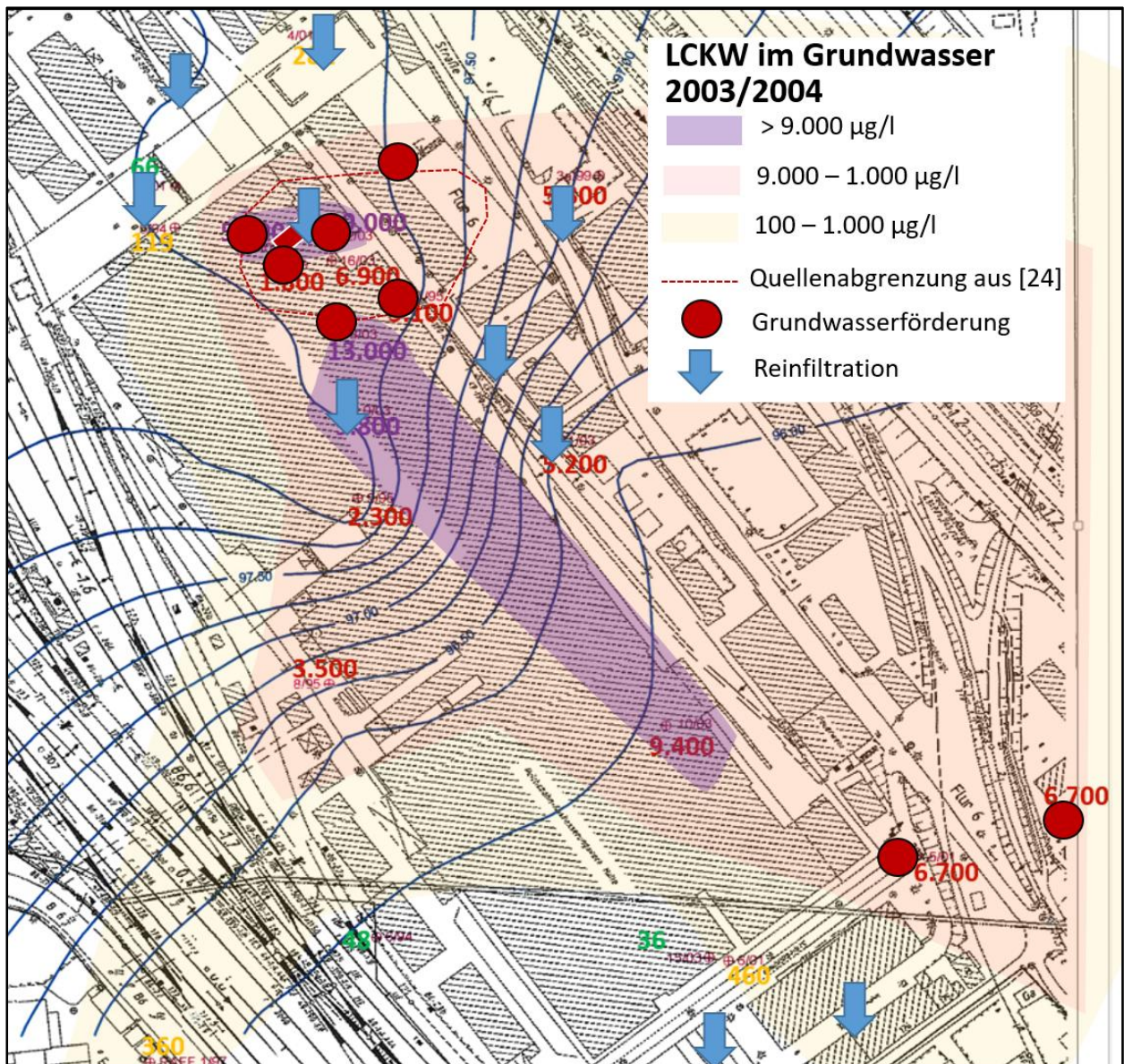


Abb. 6-4 LHKW-Befunde im Grundwasser (Monitoring 2003/2004) und Darstellung aller bisherigen Förder- und Infiltrationsbrunnen Kartengrundlage aus [A1][U28]

Zu Beginn der Sanierung wurde insgesamt etwa 8 m³/h gefördert (ca. 6,5 m³/h im Schadenszentrum und 1,5 m³/h im Abstrom). Dies verdeutlicht, dass sich die Grundwasserförderung zunächst auf das Schadenszentrum konzentrierte. Darüber hinaus erfolgte in der Fahne eine Grundwasserförderung zur Abstromsicherung in den GWM 1/03 und GWM 5/01. Aufgrund der sehr geringen Fördermenge von 1,5 - 2 m³/h ist jedoch keine maßgebliche hydraulische Wirkung im Sinne einer Abstromsicherung zu erwarten.

Im Bereich der TRI-Grube erfolgte eine Reinfiltration von der Oberfläche aus. Alle anderen Infiltrationselemente speisen das gereinigte Grundwasser über Grundwassermessstellen direkt in den GWL 15 ein. Ein Infiltrationsbrunnen befindet sich im Grundwasseranstrom, alle anderen Infiltrationsbrunnen sind im quellenahen Abstrom positioniert.

Die Sanierung erfolgte zunächst im Zeitraum 2009 bis 2014. Nach dem deutlichen Rückgang der Schadstoffgehalte im Schadenszentrum wurde zwischen der Sanierungspflichtigen und dem Umweltamt der Stadt Halle (Saale) vereinbart, die Grundwasserförderung im Schadenszentrum einzustellen. Die Brunnen 5/01 und 1/03 wurden im Rahmen einer Abstromsicherung weiter betrieben (Fördermenge je 1 m³/h). Die Entwicklung des Schadens sollte im Rahmen eines sanierungsbegleitenden Monitorings überwacht werden.

In den Jahren 2014 bis 2016 war im Rahmen dieser Monitoringuntersuchungen dann ein massiver Anstieg der LHKW-Gehalte im Schadenszentrum zu verzeichnen. Als maßgebliche Ursache wurden die umfangreichen Bautätigkeiten beim Umbau des benachbarten Halleschen Hauptbahnhofes benannt, die eine Mobilisierung von Schadstoffen im Quellbereich verursachten.

Daraufhin wurde vereinbart, die Sanierung im 2. Halbjahr 2016 im Schadenszentrum wieder auszuweiten. Aktuell erfolgt die Förderung in 3 Brunnen im Schadenszentrum (12/03, 07/95 und SB1/05) mit insgesamt ca. 2,75 m³/h und im Abstrom in den Messstellen 5/01 und 1/03 (jeweils 1 m³/h).

Bis 2022 wurde in der TRI-Grube ein Teil der gereinigten Grundwässer reinfiltrierte (ca. 1,2 m³/h), die restliche Wassermenge wurde im Brunnen 19/17 reinfiltrierte, der sich südlich der ehemaligen RAW-Werkshalle befindet. Aktuell erfolgt eine Reinfiltration der gesamten Wassermenge im Brunnen 19/17.

In der folgenden Abbildung ist die Sanierungskonfiguration für das Jahr 2022 dargestellt.

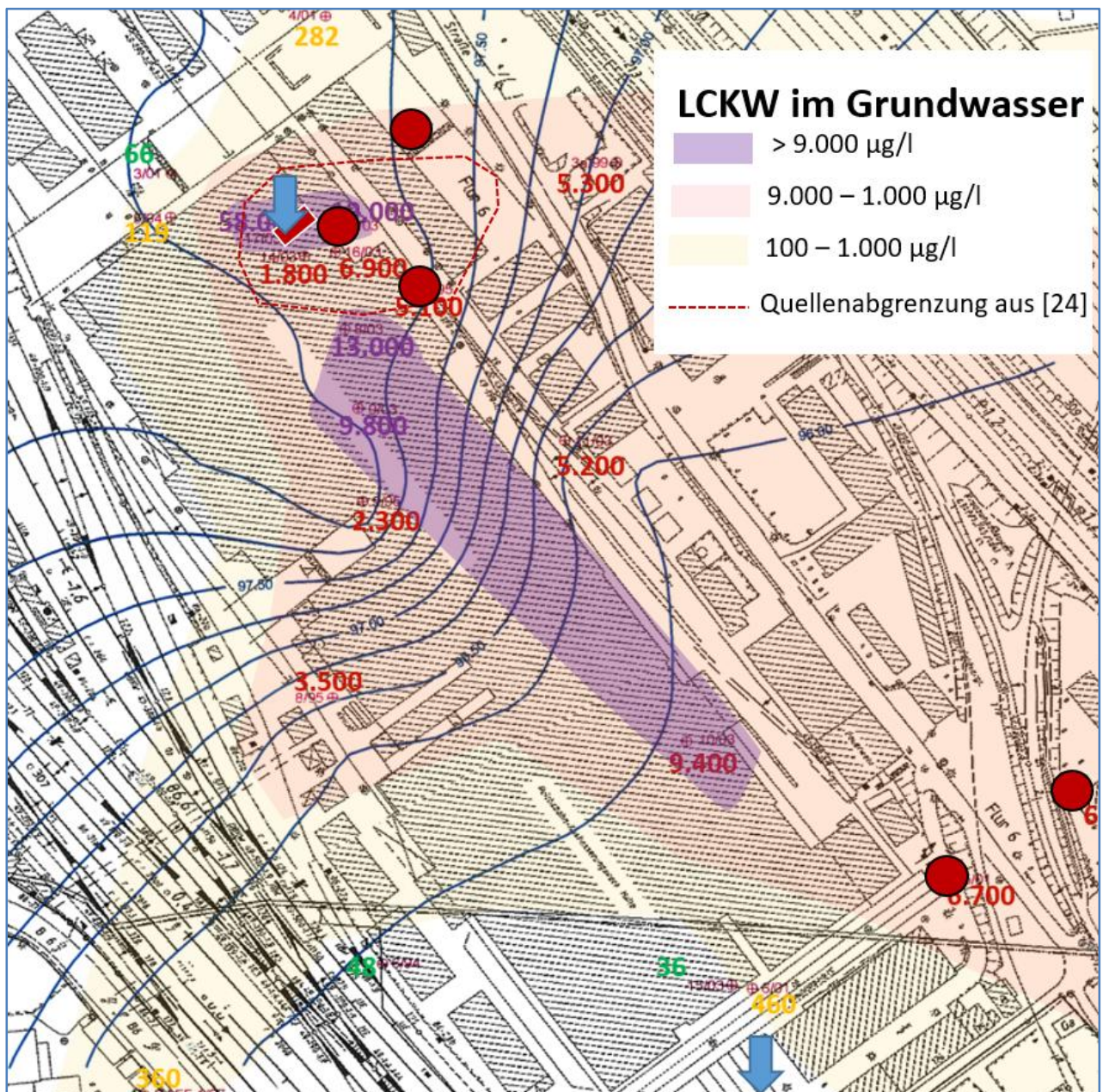


Abb. 6-5 LHKW-Befunde im Grundwasser (Monitoring 2003/2004) und Darstellung der Förder- und Infiltrationsbrunnen zum Stand 2022 Kartengrundlage aus [28]

Die folgende Darstellung zeigt eine Übersicht über die im Rahmen der GW-Sanierung erfolgte Förderung und Infiltration in den einzelnen Brunnen [U67].

Tab. 6-3 Übersicht über Förder- und Reinfiltrationsregime der GW-Sanierung [U67]

Bereich	GWL	Bis Mitte 06/14	Mitte 06/14 - 07/16	08/16 - 01/17	02/17	03/17 - 01/18	02/18 - 06/18	07/18 - 06/19	07/19 - 12/20	01/21 - 06/22	Probenahme (PN)			
Anstrom	1.5	03/01	~ 1	Weiterbetrieb mit Σ 2 m³/h	[m³/h]							ohne		
		IB 1/05	~ 1		stillgelegt 06/16	zurückgebaut [21]								
		04/01	~ 1		stillgelegt 09/15									
					stillgelegt 11/16									
Schadenszentrum	1.5	12/03	~ 3	stillgelegt (zur Probenahme manuelle Inbetriebnahme für ca. 2 h)	1,00	0,50	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	Förderströme; wöchentlich		
		14/03	~ 1		0,75	0,50	0,50	0,50	0,00					
		17/03	~ 2		0,75	0,75	0,50	0,50	0,00					
		08/03			0,75	0,00	0,50	0,50	0,00					
		07/95			0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00			
		SB 1/05			0,75	0,75	0,50	0,75	0,75	0,75				
	1.4	D/03	gering		stillgelegt (zur PN manuelle Inbetriebnahme für ca. 2 h)									
		E/05	gering											
	Tri-Grube mit Schachtbrunnen		0,04 - 0,08		stillgelegt	Ø 1,9	Ø 1,5	Ø 1,6		Ø 1,37	Ø 1,38		Ø 1,36	
	Abstrom	1.5	18/16		nicht existent	5, dann schnell 2	~ 2,0	rückläufig; zuletzt 0,6	Ø 0,5	Ø 0,36	Reserve		ohne	
19/17			nicht existent [21]			Reserve		Ø 2,10	Ø 2,86					
20/17			nicht existent [21]			3 Ø 2,3	Ø 2,00	Reserve						
3a/99			~ 1	stillgelegt (Schöpfprobe)	stillgelegt (Schöpfprobe)						Schöpfprobe; wöchentlich			
11/03			~ 3								Schöpfprobe; monatlich (seit 07/20)			
09/03			~ 1		~ 1 – 0,5	2~0,5	stillgelegt (Schöpfprobe)⁶							
10/03				Schöpfprobe										
05/01			0,5	Betrieb je 1 m³/h	1,00						Förderströme; wöchentlich			
01/03			1,0		1,00									

Gelb: Förderung; grau: Beaufschlagung;

* ... Sollwert, durch Ausfall und Beschädigung erheblich niedrigere Förderung;

* ... bis einschließlich Mai 2017;

Bezüglich der Sanierungszielwerte bestehen aktuell noch gegensätzliche Auffassungen zwischen der Sanierungspflichtigen und dem Umweltamt. Die vorliegenden Sanierungszielwerte der Verbindlichkeitserklärung sind in keiner der ausgewiesenen Sanierungszonen eingehalten.

Nachfolgend soll die Situation für den Stand 2021 (nach elfjähriger Sanierung), zunächst für den Bereich der Quelle und den quellnahen Abstrom betrachtet werden.

LHKW-Belastungen > 2.500 µg/l waren in einzelnen GWM/Brunnen im Schadenszentrum sowie nordöstlich des ehemaligen Werkstattgebäudes nachweisbar. Für den weiteren quellnahen Abstrom lagen nur sehr wenige Aufschlüsse vor, die GWM 1/03 wurde als Fahnenabstrom interpretiert.

Nach nunmehr 13-jähriger Grundwasserförderung im Schadenszentrum konnte die LHKW-Belastung im Schadenszentrum deutlich gesenkt werden. Im 2. Halbjahr 2021 betrug die maximale LHKW-Konzentration 4.200 µg/l.

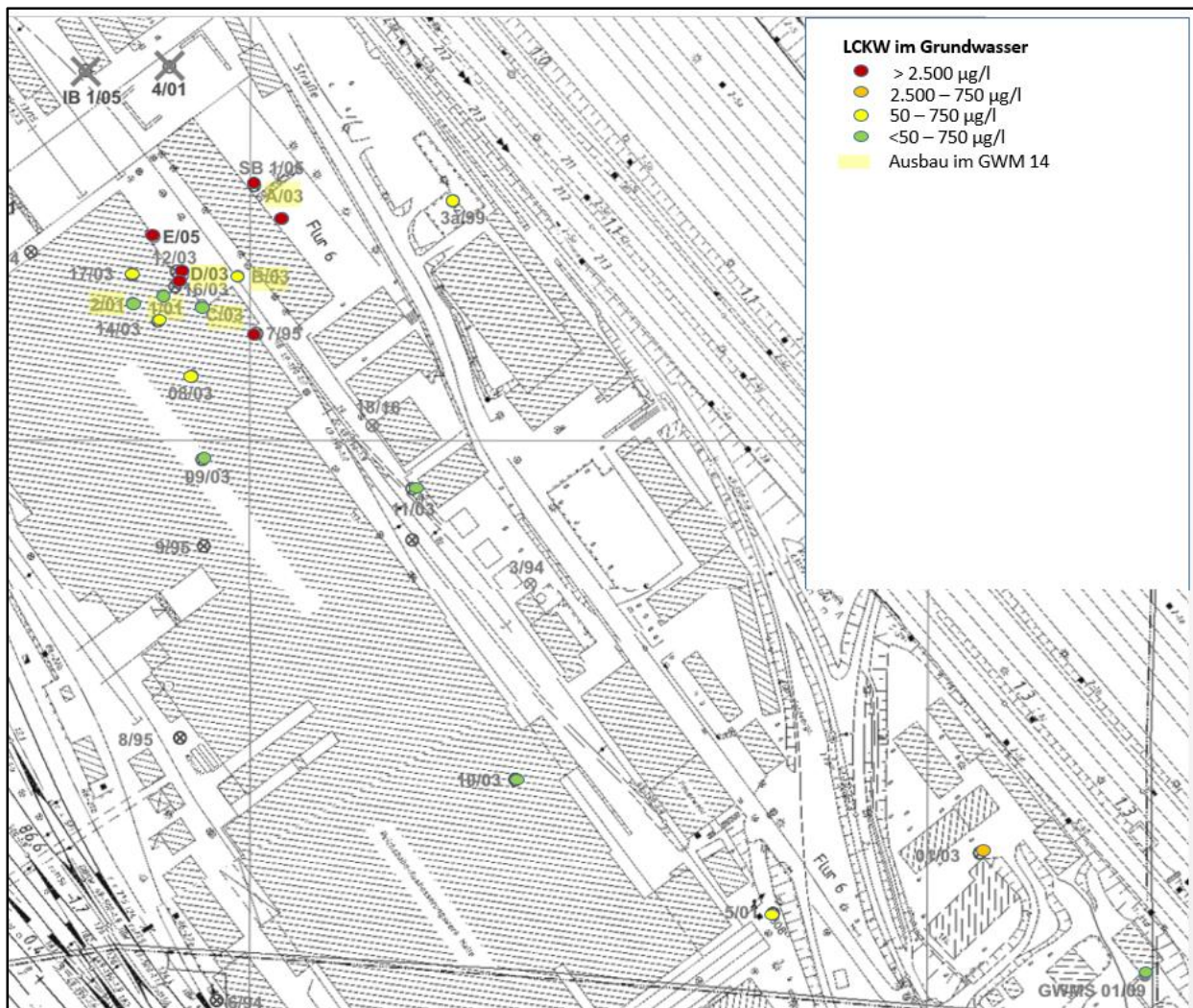


Abb. 6-6 Aktuelle Belastungssituation im Grundwasser im Schadenszentrum (1. Halbjahr 2021 [73])

Zur Bewertung der aktuellen Schadstoffsituation sollen für ausgewählte Brunnen die Konzentrations-Zeitverläufe betrachtet werden. Begonnen werden soll mit dem Brunnen 12/03, der sich in unmittelbarer räumlicher Nähe zur ehemaligen TRI-Grube und damit zum primären Eintragszentrum befindet.

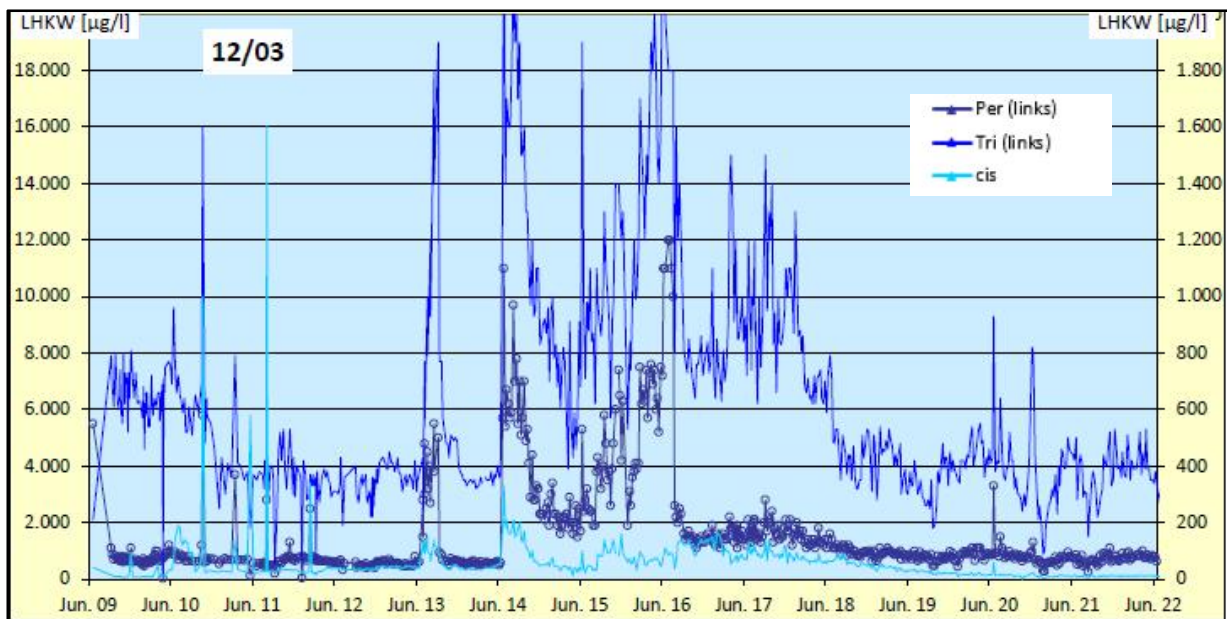


Abb. 6-7 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 15 in der GWM 12/03 [81]

Auffällig ist auch bei diesem Brunnen ein oszillierender Verlauf, der durch einzelne Konzentrationspeaks gekennzeichnet ist. Der Verlauf verdeutlicht die hohe Instationarität der Prozesse der Schadstoffeinführung in das Grundwasser im Quellbereich. Durch geringfügig geänderte Randbedingungen werden verschiedene Quellen verschieden stark aktiviert, so dass die Konzentrationen in den Kontaktwässern vergleichsweise hohe Schwankungen aufweisen.

Durch die engmaschige Kontrolle ist jedoch der grundlegende Verlauf der Entwicklung der Konzentrationen gut nachvollziehbar. Zu Beginn der Sanierung lag das Konzentrationsniveau bei etwa 6.500 µg/l LHKW, innerhalb von 2 Jahren konnte das Niveau auf ca. 3.000 µg/l LHKW abgesenkt werden, bevor im 1. Halbjahr 2014 die Förderung im Bereich der Quelle stark reduziert wurde. Der Zeitraum der Verringerung der Fördermengen im Schadenszentrum fiel mit den Bautätigkeiten des benachbarten Hauptbahnhofes zusammen. Beide Effekte (Rebound-Effekt und Mobilisierung durch Energieeintrag) führten zu einer massiven Erhöhung der Schadstoffgehalte auf fast 20.000 µg/l LHKW.

Mit Beginn der Wiederaufnahme der umfassenden Grundwasserförderung im Schadenszentrum stabilisierte sich die Konzentration zunächst auf ein Niveau von etwa 8.500 µg/l LHKW und sank dann (nach Ende der Mobilisierung durch die Bauarbeiten) auf ein Niveau von etwa 3.500 µg/l. Dieses Niveau ist seit Mitte 2018 fast unverändert und entspricht in etwa dem Niveau der Plateauphase zwischen 2011 und 2013.

Es kann insofern davon ausgegangen werden, dass gegenwärtig Gleichgewichtszustände bezüglich der Schadstoffeinführung über die Kontaktwässer und des Austrages durch die Grundwasserförderung vorliegen. Wie lange diese Plateauphase bei unveränderten Randbedingungen anhält, ist nicht absehbar und kann nach Erfahrungslage des Gutachters zwischen wenigen Jahren und einigen Jahrzehnten liegen.

In der folgenden Abbildung wird die Konzentrationsentwicklung für den Brunnen SB 1/05 dargestellt. Dieser befindet sich in einer abstromigen Entfernung von ca. 45 m zum primären Eintragszentrum.

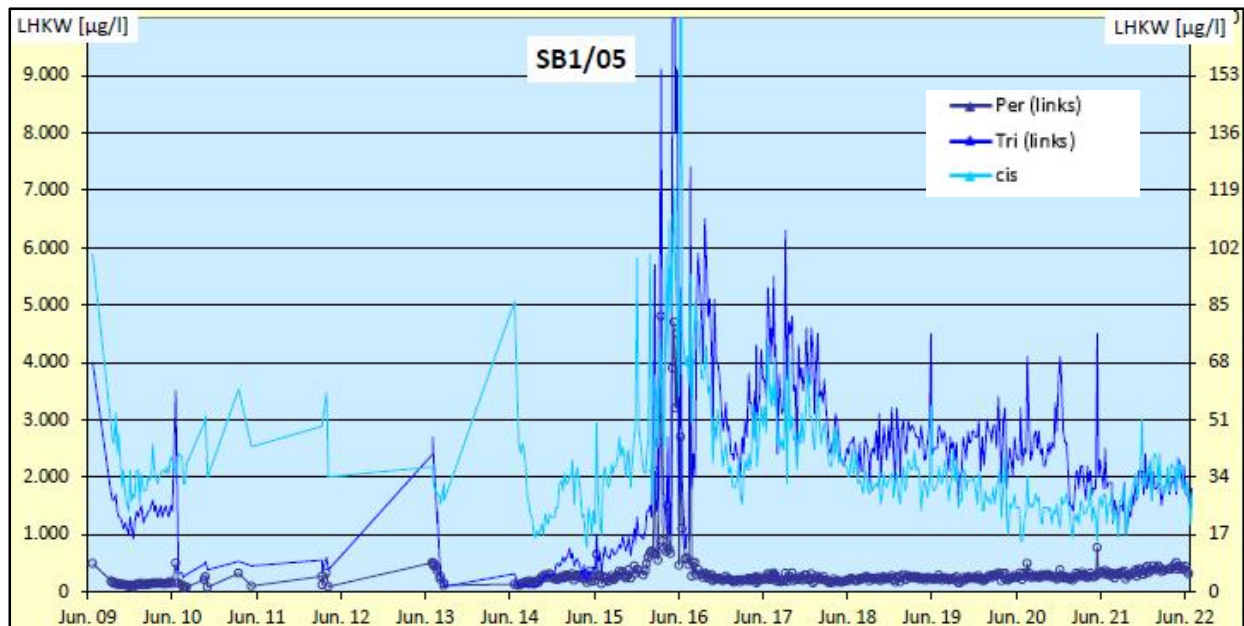


Abb. 6-8 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 15 in der GWM SB 1/05 [81]

Auch an diesem Brunnen ist eine vergleichbare Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen erkennbar, die LHKW-Konzentrationen liegen seit Mitte 2018 im Niveau von etwa 1.500 bis 2.500 µg/l LHKW. Auch hier ist die deutliche Aktivierung des Schadstoffeintrages während der Bautätigkeiten im benachbarten Areal erkennbar.

Nach Auffassung des Gutachters ist mit der aktuellen Sanierungskonfiguration kurz- und mittelfristig keine signifikante Verringerung des Konzentrationsniveaus erreichbar. Vielmehr haben sich im Schadenszentrum Gleichgewichtszustände eingestellt. Es kann davon ausgegangen werden, dass der überwiegende Schadstoffeintrag aus Quellen resultiert, die sich in der gesättigten Bodenzone befinden. Zudem ist von einem Schadstoffeintrag an der Kontaktfläche des Kohletonkomplexes an der Basis des GWL 15 auszugehen. Vorrangig erfolgt die Einlösung in die Kontaktwässer an den Kontaktflächen der Mikro- zu den Makroporen. Es kann aus Sicht des Gutachters davon ausgegangen werden, dass mit der vorliegenden pump & treat-Sanierung in Verbindung mit der Reinfiltration des gereinigten Grundwassers (das überwiegend im Abstrom infiltriert und damit kein Effekt auf das Schadenszentrum besitzt) die TCE-Phasen in den Mikroporen nur unzureichend erreicht werden und mit dem Verfahren keine maßgebliche Reduzierung der Quelle (TCE-Phase in den Mikroporen) mehr erfolgt.

Ein grundlegend anderer Konzentrations-Zeitverlauf ergibt sich dagegen für die Brunnen im Abstrom (5/01 und 1/03, die außerhalb des Phasenverbreiterungsraumes liegen). Exemplarisch soll der Konzentrations-Zeitverlauf für den Brunnen 1/03 betrachtet werden.

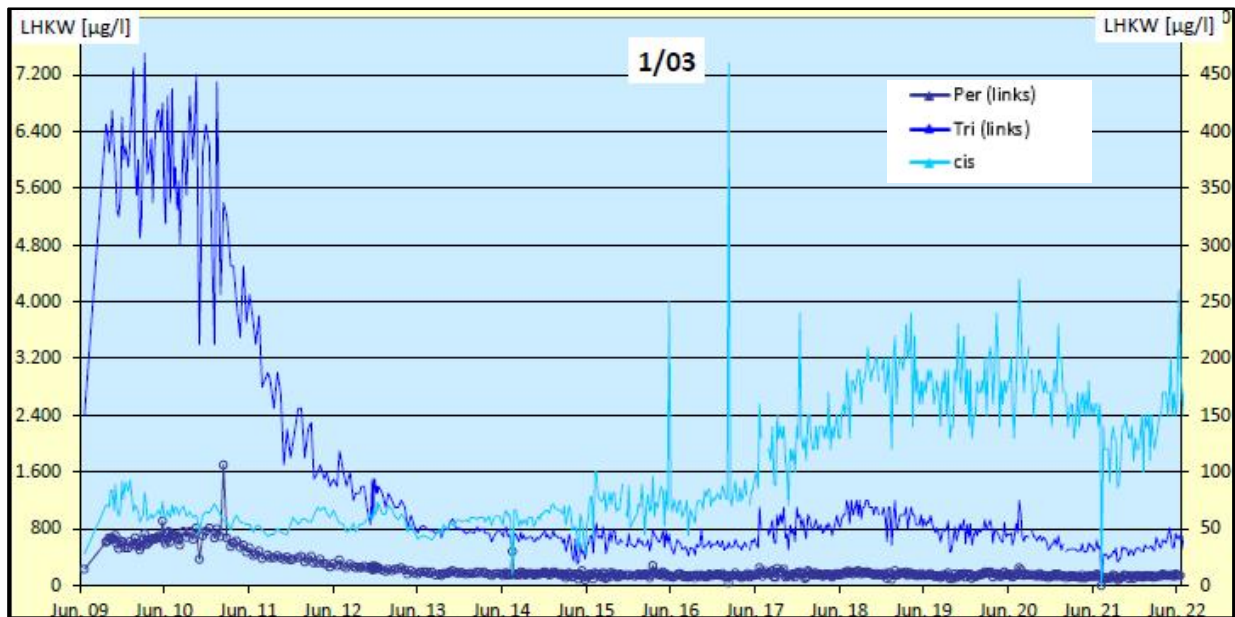


Abb. 6-9 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 15 in der GWM 01/03 [A1][U81]

Zunächst soll dabei die Konzentrationen für TCE (linke Ordinate) betrachtet werden. In der ersten Phase der pump & treat-Sanierung verharrte das Konzentrationsniveau bei etwa 6.000 µg/l. Etwa 1,5 Jahre nach Beginn der Grundwasserförderung sank das Konzentrationsniveau nach der Funktion $c = \frac{1}{t}$. Nach zwei Jahren stellte sich ein Plateau im Konzentrationsniveau im Bereich von etwa 800 µg/l ein. Wiederum zeitversetzt kam es 2017 zu einem Anstieg des Konzentrationsniveaus auf etwa 1.000 µg/l. Dies dürfte im Zusammenhang mit dem verstärkten Frachtaustrag in der Quelle in Folge der Verringerung der Fördermengen (Rebound-Effekt) und insbesondere des Energieeintrages infolge der Bautätigkeiten am Halleschen Hauptbahnhof stehen.

Anhand des Konzentrations-Zeitverlaufes kann insofern die Abstandsgeschwindigkeit für den Schadstofftransport an LHKW zwischen dem Schadenszentrum und der GWM 01/03 mit ca. 1,5 Jahren abgeschätzt werden. In Bezug auf die Entfernung zwischen Schadenszentrum und der GWM 01/03 von 320 m entspricht dieser einer Abstandsgeschwindigkeit von etwa 210 m/a. Diese Abstandsgeschwindigkeit kann als typisch für pleistozäne Grundwasserleiter betrachtet werden.

Gleichzeitig ist im Diagramm die Konzentrationsentwicklung für cDCE, dass bei mikrobiellem Abbau von TCE gebildet wird, dargestellt (rechte Ordinate). Seit 2015 ist hier ein Anstieg von etwa 60 µg/l auf 180 µg/l festzustellen. Allerdings liegt der Anteil an cDCE an der Gesamt-LHKW-Konzentration nur bei etwa 25 %.

In [U79] wurde dargestellt, dass 2003/2004 – entgegen der eigentlichen Grundwasserfließrichtung – massive Grundwasserbelastungen auch südlich und südwestlich der ehemaligen TRI-Anlage zu verzeichnen waren. Charakteristisch hierfür ist die GWM 8/03, deren Konzentrationsentwicklung nachfolgend betrachtet werden soll.

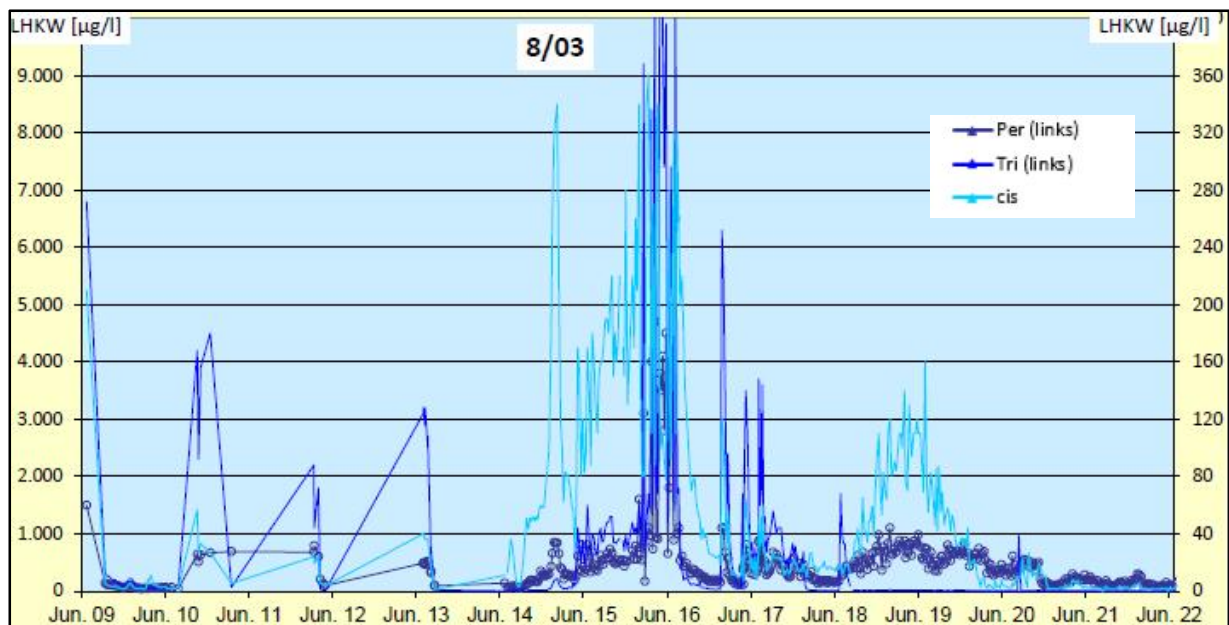


Abb. 6-10 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 15 in der GWM 8/03 [81]

Auch hier ist für den Zeitraum 2013 bis 2016 ein massiver Konzentrationsanstieg erkennbar, der im Zusammenhang mit den Baumaßnahmen am Halleschen Hauptbahnhof stehen dürfte. Nach Beendigung der Baumaßnahme und verstärkter Förderung im Schadenszentrum seit 2016 sanken die LHKW-Konzentrationen in diesem Brunnen, gegenwärtig liegt das Konzentrationsniveau $< 10 \mu\text{g/l}$.

Leider liegen für die weiter südwestlich gelegenen Messstellen 9/95 und 10/95 nur Schadstoffbefunde bis zum Jahr 2004 vor. Zu diesem Zeitpunkt wurden hier LHKW-Belastungen zwischen 3.000 und 4.000 $\mu\text{g/l}$ ermittelt. Insofern kann keine Aussage getroffen werden, ob durch die Sanierung im Schadenszentrum (der nächst gelegene beprobte Brunnen ist der Br. 8/03) auch hier das Belastungsniveau deutlich gesenkt werden konnte. Dies ist im Rahmen der ergStU zu verifizieren.

6.4.4 Grundwasserbelastung durch LHKW

Zunächst soll hierzu noch einmal die Monitoringkampagne 2003/2004 betrachtet werden. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Grundwassersanierung noch nicht begonnen, es stand jedoch bereits ein umfangreiches Grundwassermessnetz zur Verfügung. In der folgenden Abbildung sind die ermittelten LHKW-Befunde sowie die Grundwasserisohypsen im Quellbereich und im quellnahen Abstrom dargestellt.

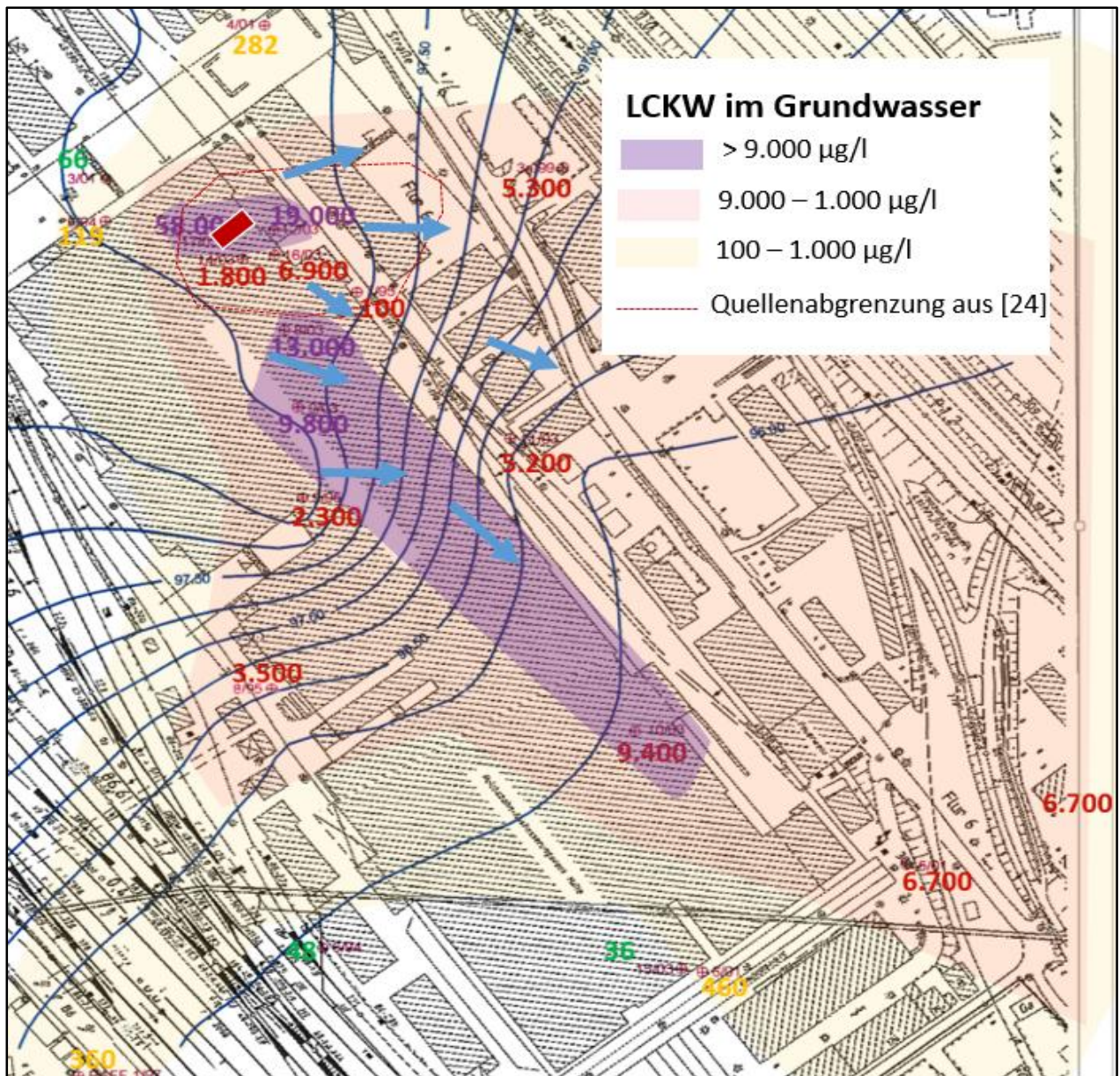


Abb. 6-11 LHKW-Befunde im Grundwasser (Monitoring 2003/2004), Kartengrundlage aus [U28]

Rot dargestellt ist die damalige Quellenabgrenzung aus [U24]. Plausibel erscheint der Hochlastbereich im Grundwasser >9.000 µg/l im unmittelbaren Umfeld der TRI-Grube.

Auffällig ist ein weiterer Hochlastbereich südlich der TRI-Grube. So wurde in der GWM 8/03 eine Konzentration von 13.000 µg/l LHKW ermittelt, in der GWM 9/03 wurden 9.800 µg/l und in der GWM 10/03 wurden 9.400 µg/l LHKW nachgewiesen.

Zu erkennen ist zudem der Belastungsbereich in Richtung Südwesten, der sich von der GWM 8/95 (3.500 µg/l) bis zur Messstelle RAFF 1/97 (360 µg/l) erstreckt. Anhand der Grundwasserisohypsen ist diese Südwestkomponente der Schadstoffausbreitung nicht nachvollziehbar. Möglicherweise erfolgte hier eine Phasenausbreitung entsprechend dem morphologischen Gefälle an der Basis des GWL 15 auch in Richtung Süden. Wie zuvor diskutiert befindet sich die TRI-Anlage auf einem morphologischen Sporn, bei dem die Basis des GWL 15 auch in Richtung Süden abfällt.

Aufgrund des Schadensalters kann davon ausgegangen werden, dass aktuell in den Makroporen im GWL 15 praktisch keine Vorkommen an LHKW mehr vorhanden sind, die Schadstoffnachlieferung erfolgt an der Grenzfläche der Mikroporen zu den Makroporen. Bestimmender

Prozess des Schadstoffübertrittes ist hier die Diffusion. Der Schadstoffeintrag in das Grundwasser ist in diesem Fall frachtmäßig limitiert.

Problematisch bei der Sanierung von Grundwasserschäden ist die Zugänglichkeit der Mikroporen. Hydraulisch können die LHKW-Phasen aus den Mikroporen praktisch nicht entfernt werden. Auch die Zugabe von Substanzen, die die Löslichkeit der LHKW-Phase erhöhen, greifen nur an der Grenzfläche zwischen den Mikro- und den Makroporen an, so dass die Wirksamkeit ebenfalls limitiert ist. Eine wirksame Beseitigung der Restbelastungen in den Mikroporen ist faktisch nur durch einen Bodenaustausch oder aber durch thermische Verfahren (Erhitzung des Untergrundes) möglich.

Die gelösten Schadstoffe werden mit dem Grundwasser in der Fahne abtransportiert. Der Verlauf der Fahne ist somit von der Grundwasserfließrichtung abhängig. Das Grundwasser strömt immer dem jeweils wirksamen hydraulischen Entlastungselement entgegen. Natürliche hydraulische Entlastungselemente sind in der Regel Vorfluter (Flüsse oder Seen). Das alleinige hydraulische Entlastungselement beim vorliegenden Schaden ist der Hufeisensee, d.h. der gesamte Grundwasserabstrom im GWL 15 vom ehemaligen RAW-Gelände strömt dem Hufeisensee zu. Der Wasserspiegel des Hufeisensees wird durch einen Überlauf zur Reide sowie durch Grundwasserförderungen umliegender Nutzer reguliert.

In der folgenden Abbildung ist die LHKW-Belastung im Grundwasser beim Monitoring 2003/2004 (d.h. vor Beginn der Grundwassersanierung) dargestellt. Es erfolgte eine Auswahl dieses Zeitpunktes, da hier die meisten Grundwasserbefunde für einen zusammenhängenden Zeitraum vorlagen.

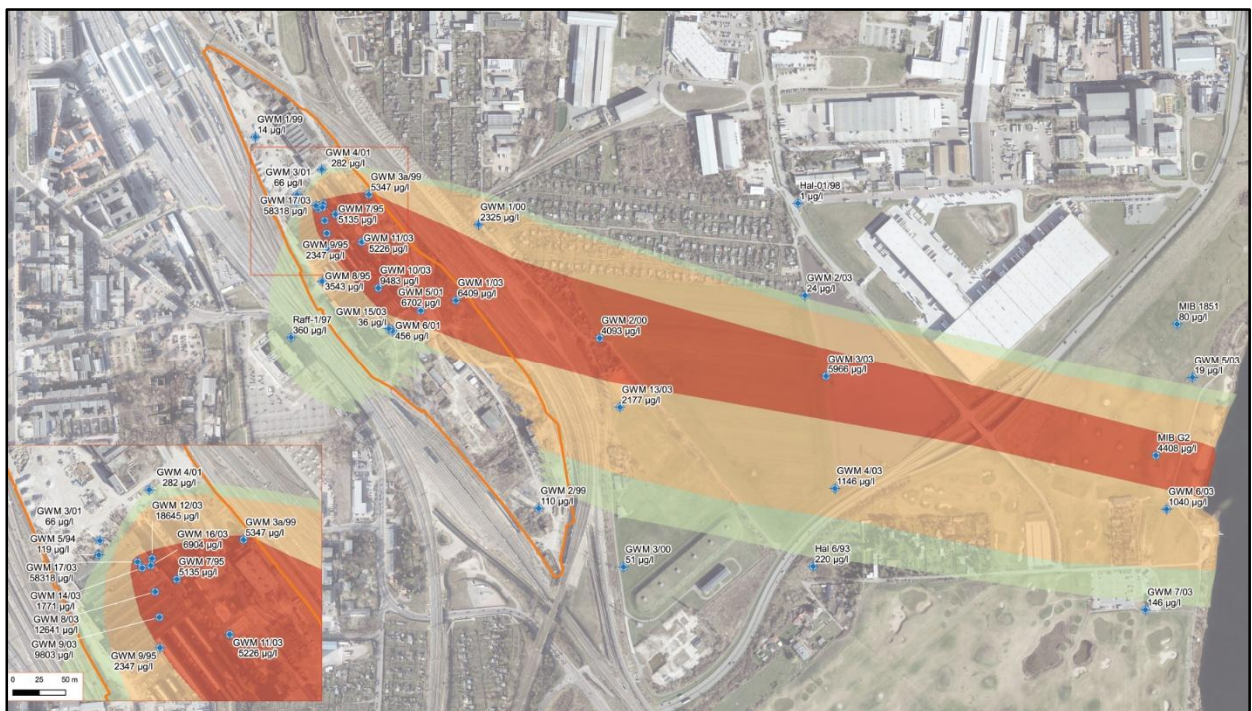


Abb. 6-12 LHKW-Konzentrationen im Grundwasser 2003/2004 [U79]

Die höchsten LHKW-Konzentrationen waren erwartungsgemäß im Schadenszentrum mit 58.000 µg/l zu verzeichnen. Auffällig ist, dass, obwohl die Grundwasserfließrichtung in Richtung Ost-Südost verläuft, südlich des Schadenszentrums ebenfalls sehr hohe LHKW-Gehalte anzutreffen sind (8/03, 9/03). Das Konzentrationsniveau > 1.000 µg/l erstreckt sich bis zur GWM 8/95 (3.500 µg/l) und wird erst durch die Messstelle 6/94 (48 µg/l) nach Süden zu abgegrenzt. Wie bereits zuvor diskutiert, wird als Ursache hierfür eine sekundäre TCE-Phasenausbreitung in Richtung Süden vermutet.

Im weiteren Verlauf folgt die Fahne dem Grundwasserfließen in Richtung Ost-Südost. An der Grundstücksgrenze lagen die Konzentrationen in 2003/2004 bei 6.400 µg/l (GWM 1/03). Der

Fahnenkern setzt sich entlang einer Achse der Grundwassermessstellen 2/00, 03/03 bis zur GWM MIB G2 bis zum Hufeisensee fort.

In der folgenden Abb. sind die LHKW-Konzentrationen im Grundwasser für die Monitoringkampagne für das 2. Halbjahr 2021 für das Projektareal und den Abstrom bis zum Hufeisensee dargestellt.

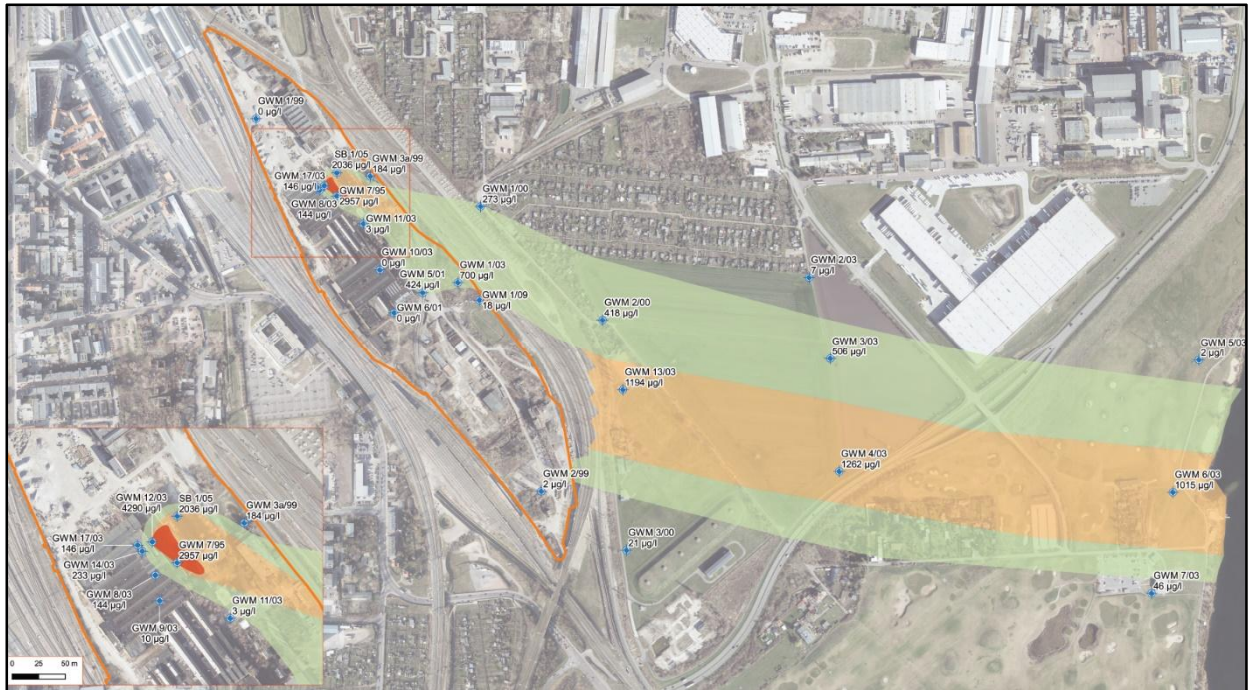


Abb. 6-13 LHKW-Konzentrationen im Grundwasser 2. Halbjahr 2021 [U79]

Deutlich wird zunächst, dass sich das Fahnenbild durch die zu diesem Zeitpunkt 11-jährige Sanierung deutlich verändert hat. Im Schadenszentrum lagen die Konzentrationen 2021 bei max. 4.300 µg/l LHKW. Im quellenahen Abstrom (GWM 1/03) lagen die LHKW-Konzentration bei 700 µg/l. Im weiteren Verlauf des Fahnenkerns aus 2003/2004 (GWM 2/00 bis GWM 03/03) lagen die CKW-Gehalte noch zwischen 400 und 500 µg/l¹⁴ LHKW.

Anders sah die Situation im südlichen Teil der Fahne aus. In der GWM 13/03 (LHKW-Konzentration in 2003/2004: 2.200 µg/l) lag die Konzentration im 2. Halbjahr 2021 bei etwa 1.200 µg/l, in der GWM 4/03 (2003/2004: 1.100 µg/l) bei etwa 1.300 µg/l und in der GWM 6/03 (2003/2004: 1.040 µg/l) bei etwa 1.000 µg/l.

Im südlichen Teil der Fahne erfolgte im Zuge der mehr als 11-jährigen Sanierung, anders als im ehemaligen Fahnenkern, nur eine geringe Reduzierung der LHKW-Konzentrationen.

¹⁴ Die 2003/2004 beprobte Messstelle MIB G2 ist aktuell nicht mehr im Untersuchungsprogramm enthalten, so dass gegenwärtig keine Informationen zur LHKW-Konzentration im Uferbereich des Hufeisensees für diesen Teil der Fahne vorliegen.

6.5 Aktuelle Interpretation des LHKW-Schadens der ehem. TRI-Anlage

6.5.1 Oberflächennah diffuse LHKW-Belastung

Im Umfeld der ehemaligen TRI-Anlage erfolgte über viele Jahre ein diffuser LHKW-Eintrag durch Tropfverluste beim Reinigen der Metallteile und beim Umgang mit dem Lösemittel Trichlorethen (TRI). Es kann insofern davon ausgegangen werden, dass unterhalb des Fußbodens großflächig im Umfeld der ehemaligen TRI-Anlage LHKW-Belastungen vorhanden waren. Die erfolgte Bodenluftsanierung dürfte diese Belastungen nur unzureichend erfasst haben, da Bodenluftabsaugungen in bindigen Sedimenten nur eine geringe Effizienz aufweisen.

Inwieweit zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch immer relevante oberflächennahe Kontaminationen im Untergrund vorhanden sind, kann keine Aussage getroffen werden, da Untersuchungen im Rahmen der ergStU innerhalb der Hallen nicht möglich waren. In Bezug auf die Folgenutzung sind diese Informationen jedoch relevant, da Ausgasungen von Trichlorethen zukünftig ggf. zu Gefährdungen führen können. Die diesbezüglichen Handlungsempfehlungen zur weiteren Vorgehensweise sind zusammenfassend in Kapitel 9 dargestellt.

6.5.2 Ausbreitung der LHKW-Phase (Quellenbetrachtungen)

Vor Beginn der ergStU bestanden noch erhebliche Kenntnisdefizite zur Charakterisierung des TRI-Schadens und den Einfluss der Sanierung. Durch die ergänzenden Untersuchungen (Tiefenrammpege, Kernbohrungen und MIP-Sondierungen) sollten diese Kenntnisdefizite behoben werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden im Kapitel 5 zusammengefasst (Primärergebnisse). Nachfolgend soll basierend auf den Altuntersuchungen und den 2023 erfolgten ergänzenden Untersuchungen eine zusammenfassende Interpretation und Charakterisierung des LHKW-Schadens zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgen.

Hierfür soll zunächst die Ausbreitung der LHKW-Phase, ausgehend von der ehemaligen TRI-Anlage und die aktuelle Verteilung betrachtet werden.

Primäre Schadstoffeinträge von LHKW erfolgten durch Tropfverluste bei der Reinigung von Metallteilen in der Werkhalle, in der sich auch die TRI-Anlage befand. Diese Tropfverluste sind durch vergleichsweise geringe Schadstoffengen gekennzeichnet. Die Schadstoffe drangen über die Fugen im Fußboden in den Untergrund (Auffüllung) ein. Aufgrund der vergleichsweise geringen Mengen wurde dabei die Residualsättigung in der Auffüllung nicht überschritten, so dass hier nur oberflächliche Kontaminationen zu verzeichnen sind.

Der Haupteintrag erfolgte im Bereich der TRI-Grube. Von besonderer Relevanz war der Eintrag größerer Mengen von TCE innerhalb kurzer Zeiträume, beispielsweise im Zuge der „Entsorgung“ nicht mehr regenerierungsfähiger Lösungsmittel.



Abb. 6-14 Ehemalige TRI-Grube, die zum Zeitpunkt der Aufnahme im Februar 2022 zur Infiltration von gereinigtem Grundwasser im Rahmen der GW-Sanierung genutzt wurde (Aufnahme G.U.T. mbH)

Anders als Kraftstoffe, die eine geringere Dichte als Wasser besitzen, zeigen LHKW aufgrund ihrer höheren Dichte ein völlig anderes Ausbreitungsverhalten im Grundwasser. Sie können tief in den Aquifer eindringen und damit eine deutlich größere Quellstärke als LNAPL entwickeln, da sie wesentlich größere Oberflächen in der grundwassergesättigten Bodenzone für die Kontaktwässer bieten.

Der Eintrag von LHKW-Phase (DNAPL) in den Untergrund folgt den Gesetzmäßigkeiten des Zweiphasenfließens, wobei das Grundwasser die benetzende und die LHKW die nicht benetzende Flüssigkeit darstellen. Die LHKW-Phase durchdringt damit den wassergesättigten Porenraum so lange, bis die Residualsättigung überschritten ist. Dies erfolgt in der Regel bei entsprechender Nachlieferung von Phase (beispielsweise von einem Eintrag von großen LHKW-Mengen in kurzen Zeiträumen, beispielsweise bei der Entsorgung von gebrauchtem Lösungsmittel) oder aber bei einer entsprechenden mechanischen Anregung. Fällt die LHKW-Sättigung unter die Residualsättigungsgrenze verbleibt die LHKW-Phase lagestabil im Untergrund (insulare Phasenverteilung). Diese Phasen sind nur schwer zu remobilisieren (beispielsweise durch mechanischen Energieeintrag). Solange die Residualsättigung überschritten ist, kann somit die LHKW-Phase auch den grundwassergesättigten Porenraum durchdringen und der Schwerkraft folgend bis zur Basis des Grundwasserleiters absinken.

Das TCE versickerte zunächst vertikal in der vergleichsweise gut durchlässigen Auffüllung. Beim Antreffen von Schichtgrenzen erfolgt in der Regel „fingerartig“ eine laterale Ausbreitung. Bei ausreichendem Fluidruck (hohe Eintragsmengen in kurzen Zeiträumen) drang das TCE tiefer in den Untergrund ein. In [U28] wurden vertikal verlaufende kluftartige Strukturen im Geschiebemergel beschrieben, die mit Feinsand verfüllt sind. Im Rahmen hochauflösender Bodenuntersuchungen wurden innerhalb dieser kluftartigen Strukturen deutlich erhöhte TCE-

Gehalte ermittelt. Diese vertikalen Strukturen waren prädestiniert für den weiteren vertikalen Eintrag des TCE in den Untergrund.

Im Bereich des Beckentons und des unmittelbar darunter folgenden Grundwasserleiters GWL 14 (der nicht flächendeckend am Standort verbreitet ist) folgte eine laterale Ausbreitung der TCE-Phase (sekundäre Phasenausbreitung). Das bedeutet, dass sich die TCE-Phase weit über den eigentlichen Eintragsort hinaus ausgebreitet hat.

Bei stetiger Schadstoffnachlieferung in hohen Mengen und dem damit erzeugten entsprechenden Fluiddruck erfolgte eine weitere vertikale Ausbreitung des TCE im Geschiebemergel, so dass dieser die Schichtgrenze des darunter folgenden Grundwasserleiters GWM 15 erreichte.

Die räumliche Schadstoffverteilung im Geschiebemergel ist kleinräumig stark differenziert, Schwerpunkt der Belastung dürften die in [U28] beschriebenen kluftartigen Strukturen sein. Eine belastbare Abgrenzung der LHKW-Belastung im Geschiebemergel war eines der Ziele der ergStU.

Im Rahmen der Bodenluftabsaugung erfolgte eine Reduzierung der LHKW-Belastung, allerdings ist die Reichweite von Bodenluftabsaugepegeln im bindigen Geschiebemergel stark limitiert, so dass sich die Schadstoffreduktion auf den Nahbereich der Pegel beschränkt haben dürfte, entsprechend niedrig waren die Rückgewinnungsraten bei der Bodenluftsanierung.

Die Infiltration von Tensiden in der TRI-Grube und die Grundwasserförderung in GWL 14 und GWL 15 dürfte zu einer maßgeblichen Verringerung der Schadstoffbelastung im Geschiebemergel geführt haben. Die Tensidlösung wird jedoch vorrangig die bevorzugten Wegsamkeiten genutzt haben, insofern ist mit einem entsprechenden Rebound-Effekt zu rechnen, bei dem durch Diffusionsprozesse eine Rekontamination erfolgt.

Durch die Infiltration von Tensiden und gereinigtem Grundwasser in der TRI-Grube und der gleichzeitigen Grundwasserförderung aus zahlreichen Aufschlüssen im GWL 14 konnte für diesen Grundwasserleiter ein vergleichsweise hoher Sanierungseffekt erzielt werden. Die LHKW-Konzentration liegt in den meisten Aufschlüssen des GWL 14 unterhalb von 50 µg/l. In der folgenden Abbildung ist exemplarisch für den Brunnen 02/01 die Schadstoffentwicklung während der Grundwassersanierung dargestellt.

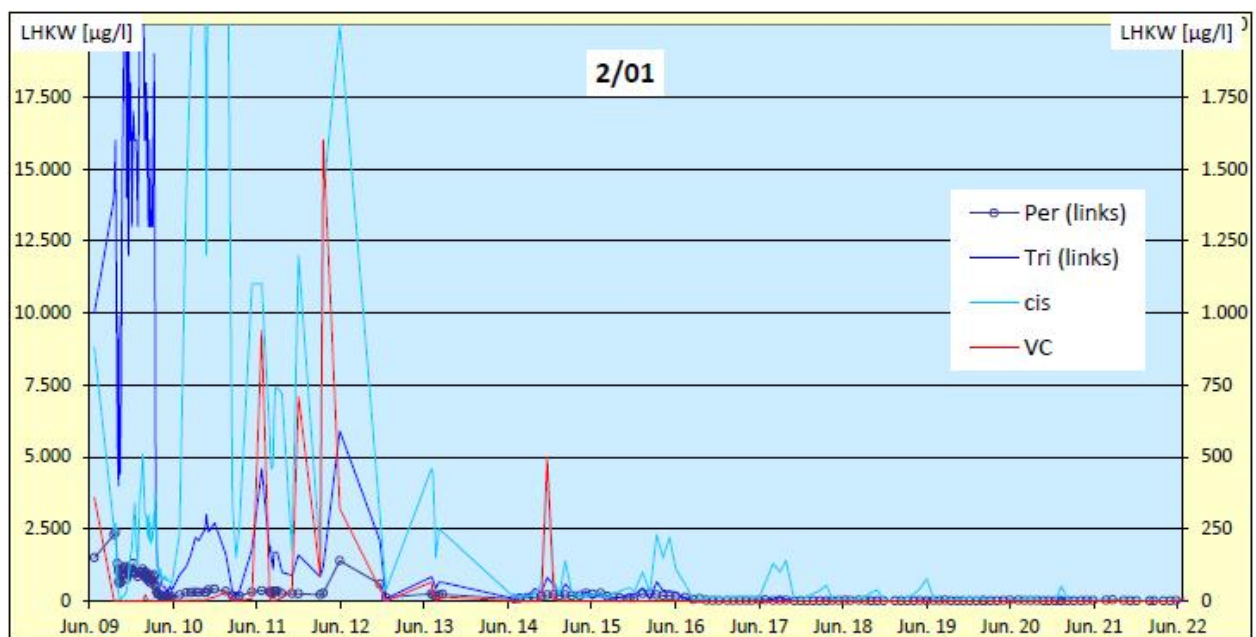


Abb. 6-15 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 14 in der GWM 02/01 [81]

Deutlich wird, dass faktisch seit 2013 keine relevanten Schadstoffmengen mehr gefördert werden.

Der Sanierungserfolg beschränkt sich jedoch auf den Nahbereich der ehemaligen TRI-Grube. Im Sanierungsbrunnen A/03, der sich in einer Entfernung von ca. 40 m von der TRI-Grube befindet, wurden im 1. Halbjahr 2020 noch immer 1.050 µg/l an LHKW ermittelt. In der folgenden Abbildung ist die Konzentrationsentwicklung für die einzelnen LHKW-Kongenere für diesen Brunnen dargestellt.

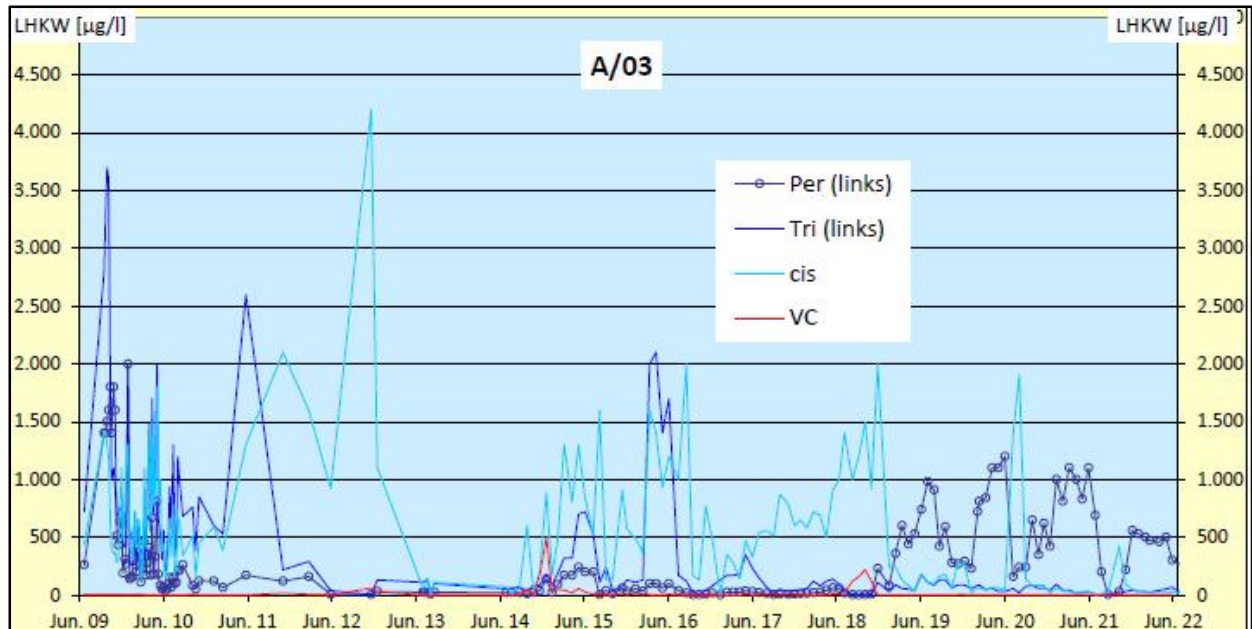


Abb. 6-16 Konzentrationsentwicklung LHKW im GWL 14 in der GWM A/03 [U81]

Deutlich werden die starken Schwankungen der Schadstoffgehalte, die auf eine jahreszeitliche Beeinflussung schließen lassen. Auffällig ist, dass seit 2019 die Belastung durch PCE (Tetrachlorethen) dominiert, das heißt, dass unter den aktuellen hydraulischen Voraussetzungen lokale PCE-Quellen hydraulisch aktiviert werden. Die Ursache hierfür ist nicht nachvollziehbar, spiegelt jedoch die große Inhomogenität der Schadstoffverteilung in der ungesättigten Bodenzone wieder.

Im Rahmen der ergStU konnte mit Hilfe der MIP-Sondierungen die vertikale Schadstoffverteilung im Untergrund hochaufgelöst gemessen werden. In der folgenden Abb. ist zunächst die Lage der MIP-Sondierungen dargestellt (vgl. auch Anlage 2.3.1).



Abb. 6-17 Lageplan zu den Ansatzpunkten der MIP-Sondierungen mit Schnittspuren

In der folgenden Abbildung sind die DELCD-, PID- und FID-Profile exemplarisch für die MIP05 dargestellt. Die MIP05 befindet sich nördlich des Eintragszentrums der ehemaligen TRI-Grube.

Den Detektorprofilen wurde das Schichtenprofil der GWM 12/03 gegenübergestellt, die sich in unmittelbarer Nähe zum Ansatzpunkt der MIP05 befindet. Die Sondensignale sind in der vorliegenden Abbildung in einer Skalierung von 0 bis 5 V dargestellt.

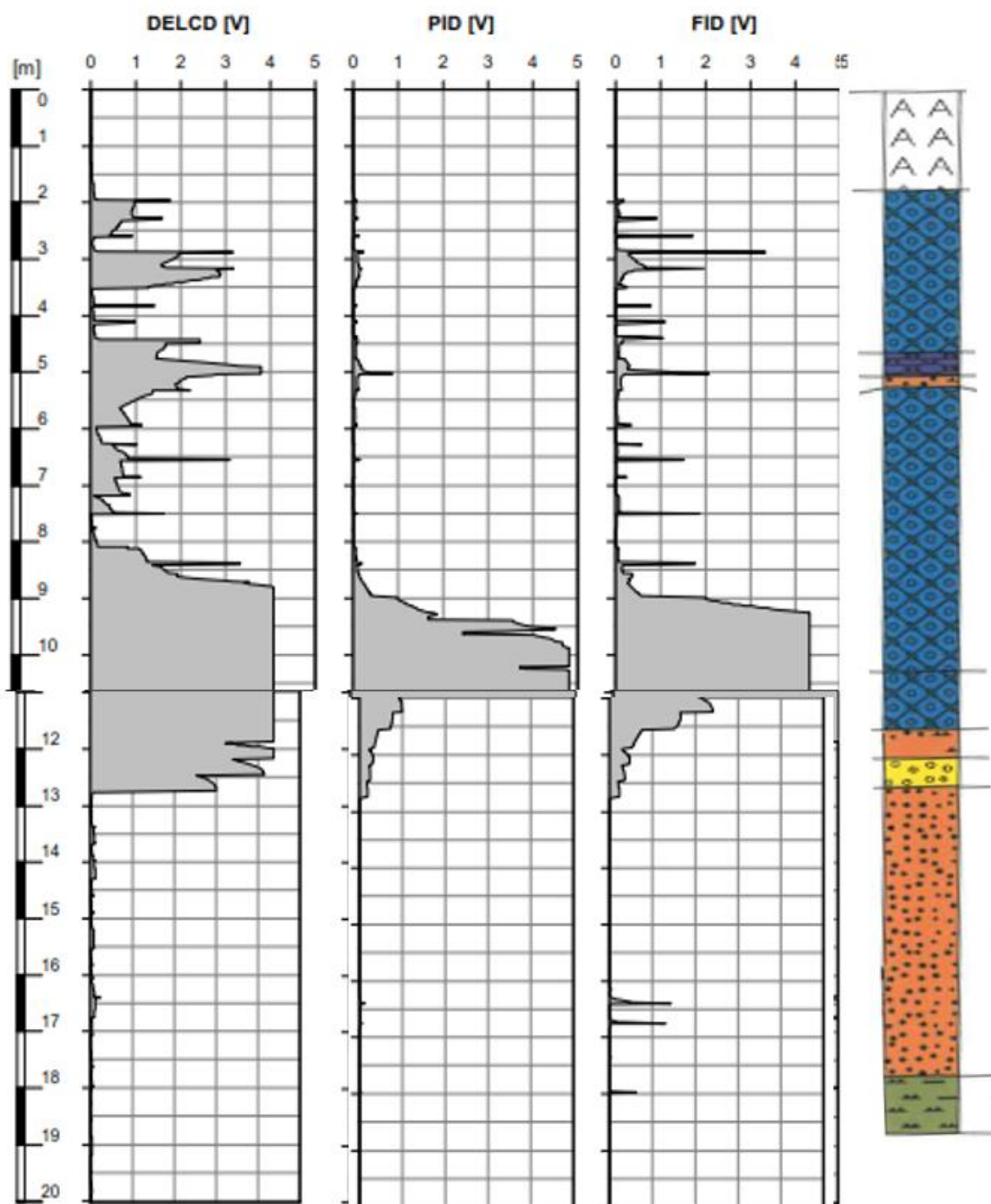


Abb. 6-18 DELCD-, FID- und PID-Profil MIP5 sowie Profildarstellung der GWM 12/03

Erkennbar sind zunächst hohe DELCD-Signale im Geschiebemergel im Niveau zwischen 2 und 7,5 m unter GOK (max. 4 V) und eine erhöhte Signalstärke im Bereich des GWL 14.

Die mit Abstand höchsten DELCD-Signale wurden im Teufenniveau zwischen 9 und 13 m, d.h. an der Basis des Geschiebemergels bis zur Oberkante des GWL 15 nachgewiesen. Hier erfolgte eine massive Akkumulation von LHKW-Phase, die auch 2023 noch im Geschiebemergel und in den oberen Schichten des Grundwasserleiters 15 vorhanden ist. Eine scharfe Grenzziehung ist im Tiefenniveau von 13 m erkennbar, darunter sind nur noch geringe Schadstoffgehalte nachweisbar.

Seitens des Gutachters wird davon ausgegangen, dass das geologische Profil der gegenübergestellten GWM 12/03, die sich in einem Abstand von ca. 20 m von der MIP05

befindet, nicht genau der Schichtenfolge am Standort der MIP05 entspricht. Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass die Grenze zwischen Geschiebemergel und den Kies-Sanden des Grundwasserleiters GWL 15 im Bereich von 13 m anzutreffen ist und die massiven LCKW-Belastungen sich im unteren Teil des Geschiebemergels befinden.

Im Grundwasserleiter sind im Bereich der MIP05 zum Zeitpunkt der Messungen keine massiven LHKW-Phasen erkennbar. Auch an der Basis des Grundwasserleiters ist hier keine auffällige Akkumulation von LHKW-Phase erkennbar.

Die LHKW-Phase verdrängte das Grundwasser aus dem Porenraum. Aufgrund der deutlich größeren Dichte als Wasser ist die LHKW-Phase in der Lage sich vertikal im Grundwasserleiter bis zur Sohle auszubreiten. Dass das auch am Standort erfolgt ist, zeigen die MIP-Profile, in der nachfolgenden Abb. als schematischer NW-SE-Schnitt dargestellt sind (Schnittspur in Abb. 6 17).

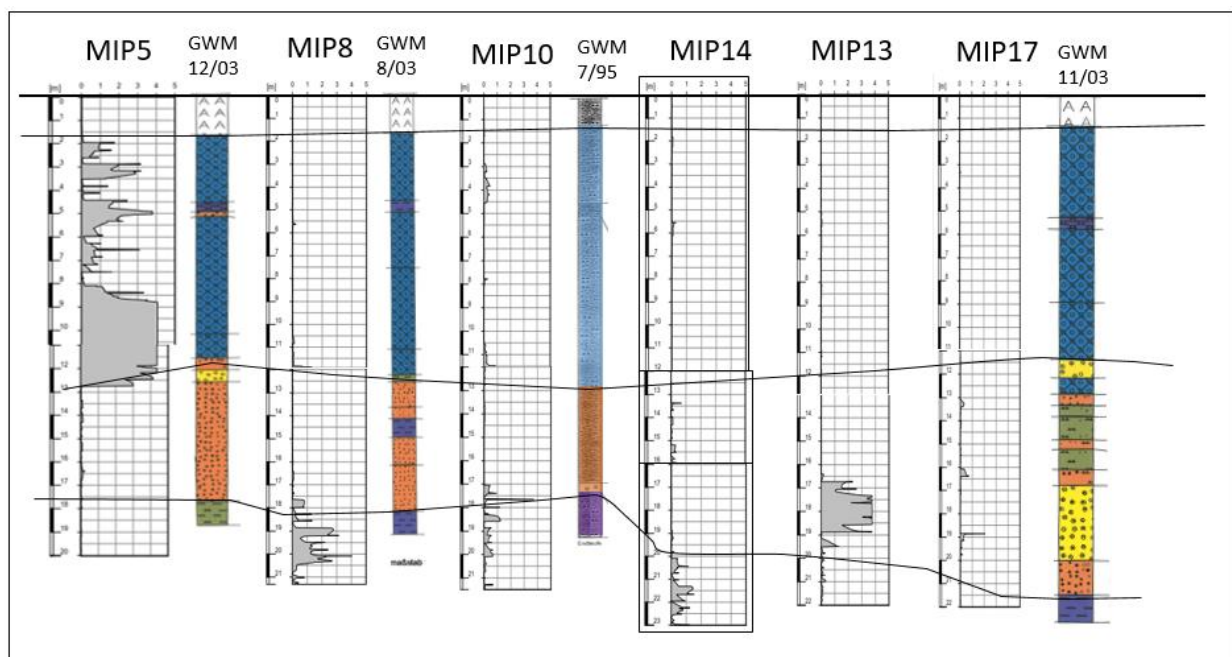


Abb. 6-19 Schematischer NW-SE-Schnitt der DELCD-Profile

Deutlich wird zunächst, dass gegenwärtig die höchste LHKW-Phasen-Akkumulation im Geschiebemergel im Bereich der MIP05, d.h. nördlich der ehemaligen TRI-Grube anzutreffen ist. Hier wurden DELCD-Signale deutlich größer 5 V nachgewiesen. Im Grundwasserleiter sind hier jedoch hier keine Signale erkennbar. Ursache hierfür dürfte die langjährige Grundwassersanierung sein. In der kiesig-sandigen Matrix des GWL 15 sind die LHKW-Phasen durch die Grundwasserförderung in Kombination mit der Reinfiltration (Spülkreislauf) gut erreichbar.

Die südöstlich gelegene MIP08 weist im Geschiebemergel praktisch keine relevanten DELCD-Signale auf, auch im Grundwasserleiter sind keine LHKW-Konzentrationen nachweisbar. Hohe Signalausschläge sind jedoch im Tiefenniveau zwischen 17,5 und 20,5 m erkennbar, was anhand der benachbarten Bohrungen dem Teufenniveau der tertiären Schichtenfolge entspricht. Dies kann als Nachweis dafür betrachtet werden, dass die LHKW-Phase den GWL 15 vertikal durchdrungen und sich an der Basis des GWL 15 auf den Schichten des Tertiärs akkumuliert hat. Das Tertiär besteht aus Tonen, Schluffen, Feinsanden und Braunkohlen. Häufig sind die Tone, Schluffe und Feinsande mit Braunkohle imprägniert.

Durch Diffusionsprozesse kam es über lange Zeiträume zu einer Imprägnierung der tertiären Basis, was gut in den MIP08, MIP10 und MIP14 erkennbar ist. Auch in diesen MIP-Sondierungen sind im Geschiebemergel und im Grundwasserleiter GWL 15 keine relevanten DELCD-Signale erkennbar, was auch hier sicher auf die langjährige Grundwassersanierung zurückzuführen ist.

Bei einer pump&treat-Sanierung werden nur die vergleichsweise gut durchströmbaren Porenräume gereinigt. Bei dem tertiären Komplex im Liegenden handelt es sich überwiegend um bindig-kohlige Sedimente, die kaum durchströmbare sind und damit einer Reinigung durch pump & treat-Sanierung nicht zugänglich sind. An der Grenzfläche des Kohletons werden jedoch permanent Schadstoffe in den Grundwasserleiter eingelöst, was zu einer stetigen Nachlieferung von LHKW in den Grundwasserleiter führt. Sofern die Basis durch tertiäre Feinsande gebildet wird, akkumuliert sich die LHKW-Phase wegen des hohen Korngrößenunterschiedes zwar ebenfalls an der Basis des GWL, die Phasen können aber besser in die Feinsande eindringen.

Der Grundwasserleiter GWL 15 weist im Bereich der ehemaligen TRI-Anlage eine Besonderheit aus. Die TRI-Anlage befindet sich im Randbereich des ehemaligen eiszeitlichen Tals der Saale (glaziale Erosionsrinne). Der Fluss schnitt sich in den tertiären Untergrund ein, zudem kam es beim Abschmelzen des Inlandgletschers zur Ablagerung großer Mengen an sandigem und kiesigem Material.

In Anlage 3.1 wurde auf Basis der Altaufschlüsse und der neu geteufte Kernbohrungen die Basis des Grundwasserleiters GWL15 interpoliert. Die Darstellung der Basis des GWL15 ist auch in der folgenden Abbildung dargestellt. Zur Orientierung wurden die TRI-Anlage und die Schnittpur der Abb. 6-17 dargestellt.



Abb. 6-20 Morphologie der Basis des GWL 15 im Umfeld der ehem. TRI-Anlage [U28]

In einigen Aufschlüssen nördlich der ehemaligen TRI-Anlage wurde der GWL15 nicht nachgewiesen, hier streicht der Grundwasserleiter aus. Gut erkennbar ist, dass die Basis des Grundwasserleiters in Richtung Osten, Süden und Südwesten hin vergleichsweise steil abfällt. Die ehemalige TRI-Anlage befindet sich demnach auf einem Sporn an der Talschulter.

Der Abfall der Basis des GWL 15 ist auch im Schnitt der Abb. 6-19 erkennbar. In der GWM 12/03 im Nordwesten liegt die Basis des Grundwasserleiters bei 17,5 m uGOK und in der GWM 11/03 im Südosten bei 22 m uGOK (das Gelände ist hier weitgehend eben).

Die Lage der ehemaligen TRI-Anlage kann hinsichtlich der Schadstoffausbreitung im Untergrund als äußerst ungünstig bewertet werden. Ausgehend von der Spornlage breitete sich die LHKW-Phase im Untergrund an der Basis des GWL 15 entsprechend dem morphologischen Gefälle in östliche und südliche Richtungen aus. In kleinräumigen morphologischen Senken erfolgte eine Akkumulation der LHKW-Phase.

Im nachfolgend dargestellten SW-NE-Schnitt (Schnittpur in Abb. 6-17) soll die Ausbreitung der LHKW-Phase in Richtung Nordosten betrachtet werden.

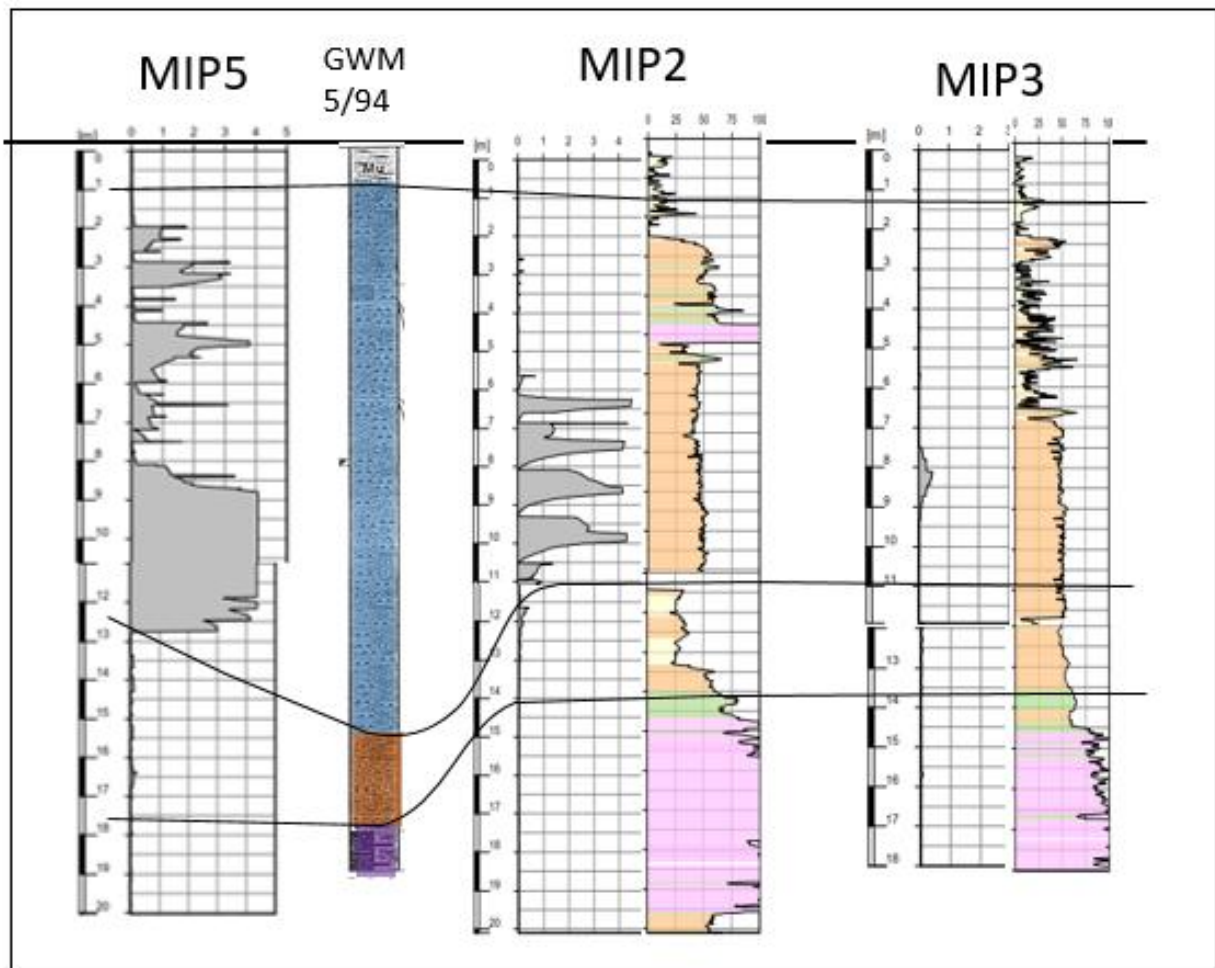


Abb. 6-21 Schematischer SW-NE-Schnitt der DELCD-Profile

Ausgangspunkt der Betrachtung ist wiederum die MIP05 nördlich des Schadenszentrums, in der 2023 massive LHKW-Phase im Geschiebemergel nachgewiesen wurde. In Ermangelung von Kernbohrungen wurden zur Gegenüberstellung der Schichtenfolge die Leitfähigkeitsprofile der MIP-Sondierungen dargestellt. Zumindest die Basis des GWL 15 und damit der Übergang zu den bindigen tertiären Sedimenten sind anhand der Leitfähigkeitsprofile gut erkennbar.

Ca. 50 m nordöstlich der MIP05 zeigt auch die MIP02 noch massive DELCD-Signale im unteren Teil des Geschiebemergels. Der obere Teil (oberhalb des GWL 14) weist dagegen keine Belastungen auf. Auch in der MIP02 sind im Grundwasserleiter keine DELCD-Befunde vorhanden. Ergänzend zu erwähnen ist, dass der Grundwasserleiter im nördlichen Teil des Projektareals ausstreicht und dieser sowohl in der MIP02 als auch in der MIP03 entweder gar nicht vorhanden ist oder er hier nur eine sehr geringe Mächtigkeit besitzt (0 - 2 m). In der MIP03 sind nur noch sehr geringe LHKW-Befunde im Geschiebemergel im Niveau zwischen 8 und 9 m erkennbar, so dass die Belastung durch die MIP03 in Richtung Nordosten gut abgrenzbar ist.

In Anlage 2.3.1 sind die Ergebnisse der MIP-Sondierungen zusammenfassend dargestellt. Dabei wurden die MIP-Profile in folgende 4 Teufenbereiche gegliedert:

- oberer Teil des Geschiebemergels einschl. GWL14
- unterer Teil des Geschiebemergels
- GWL15
- tertiäre Schichtenfolge.

Auf Basis der Informationen aus umliegenden Bohrungen und den Leitfähigkeitsmessungen wurden für jedes MIP-Profil die 5 Teufenbereiche den Sondiertiefen zugeordnet. Für jeden Teufenbereich erfolgte dann eine Darstellung der jeweils maximalen Signalstärke der DELCD-

Sonde. Zunächst soll die Ergebnisse der MIP-Sondierungen für den Geschiebemergel (Feld Nr. 2 von oben) betrachtet werden.

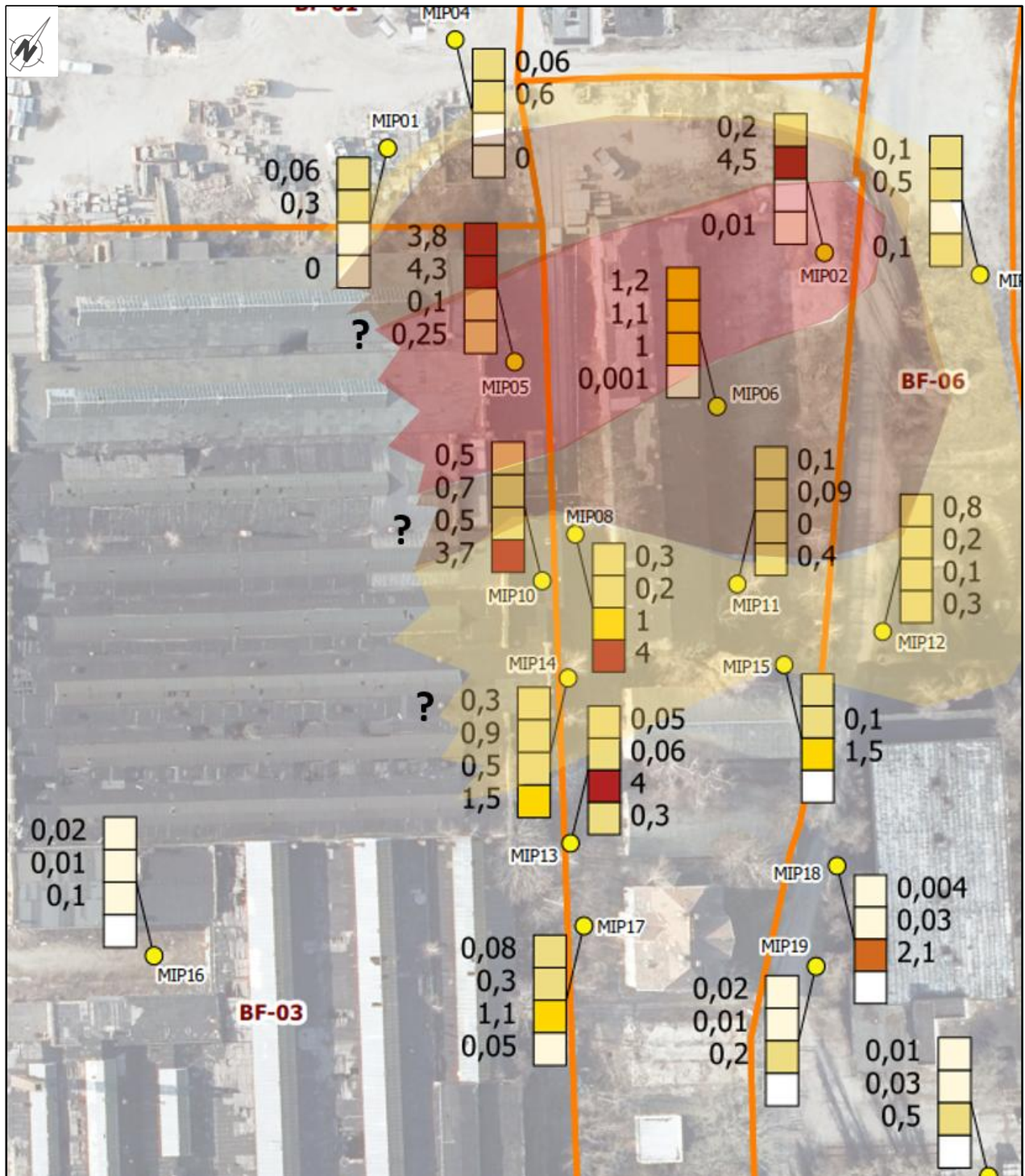


Abb. 6-22 Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im Geschiebemergel

Der Schwerpunktbereich der LHKW-Belastung im Geschiebemergel liegt nördlich der TRI-Anlage in den MIP05 und MIP02. Darum erstreckt sich ein Saum mit mittleren bis geringeren LHKW-Gehalten. Eine Abgrenzung in Richtung Westen ist nicht möglich, da innerhalb der Hallen keine MIP-Sondierungen geteufte werden konnten.

In der folgenden Abbildung ist die LHKW-Belastung im GWL15 im Ergebnis der MIP-Sondierungen (Feld. Nr.3 von oben) zusammenfassend dargestellt.

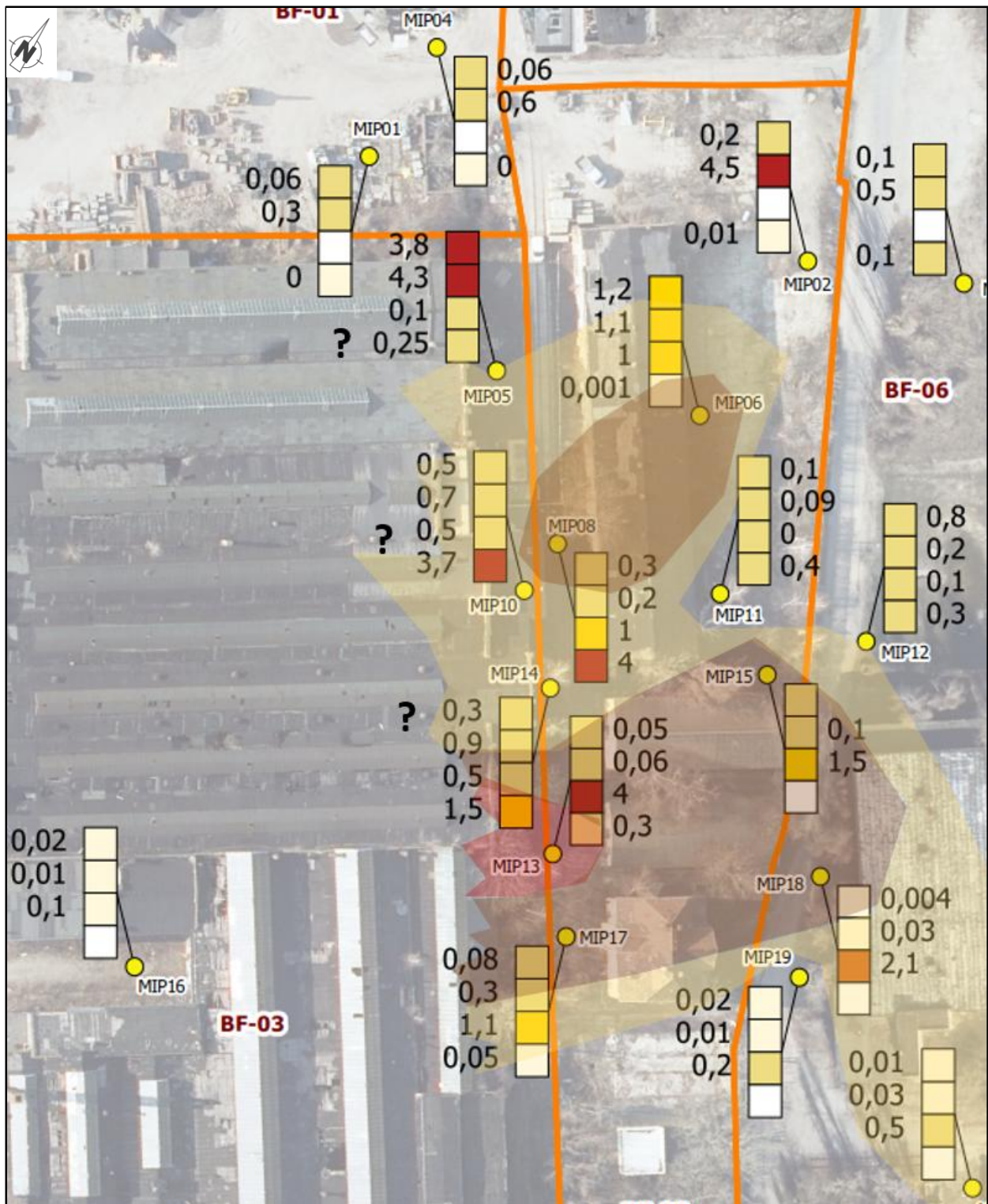


Abb. 6-23 Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im GWL 15

Die mit Abstand höchste Belastung wurde in der MIP13 ermittelt. Daran schließt sich ein Bereich mit mittleren LHKW-Belastungen an. Auch nördlich davon im Bereich der MIP06 und MIP08 erstreckt sich ein Bereich mit mittlerer Belastung im GWL15. Auch für den GWL 15 kann keine Abgrenzung in Richtung Westen (RAW-Halle) erfolgen.

In der folgenden Abbildung wurden die MIP-Sondierungen hinsichtlich der LHKW-Belastung in den tertiären Liegendsedimenten (Feld Nr.4 von oben) vorgenommen.

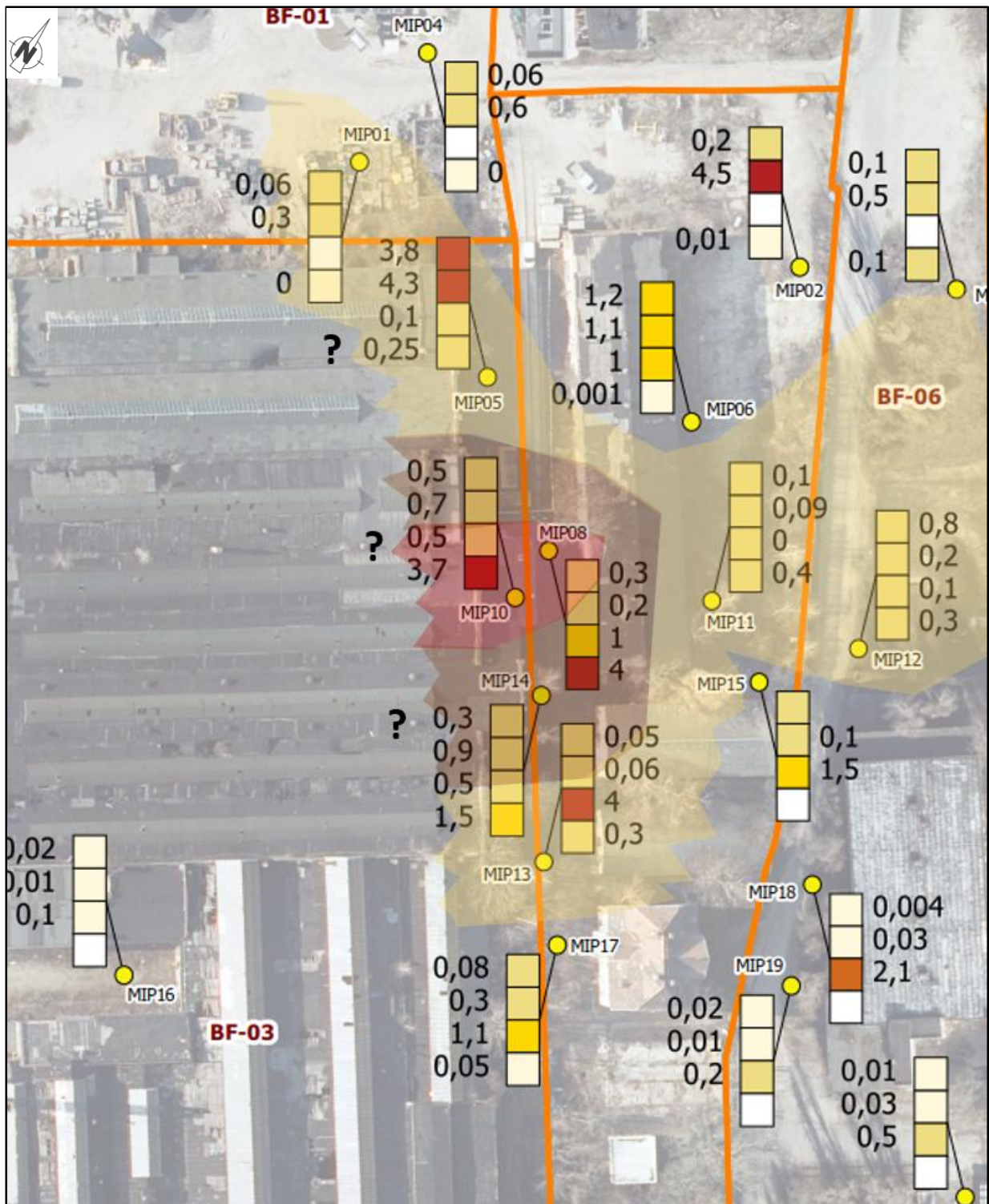


Abb. 6-24 Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im Tertiär

Der Belastungsschwerpunkt im Tertiär liegt im Bereich der MIP08 und MIP10. Auch hier erstreckt sich ein Saum mittlerer Belastung um diesen Komplex. Großflächig sind geringfügige LHKW-Belastungen im Tertiär nachweisbar.

Im Ergebnis der Betrachtungen ist festzustellen, dass die Belastungsschwerpunkte für LHKW für den Geschiebemergel, den GWL15 und die tertiären Sedimente räumlich differenzieren. Hohe LHKW-Befunde im Geschiebemergel sind nördlich und nordöstlich der TRI-Grube vorhanden. Hier erfolgte vermutlich im GWL14 eine laterale Ausbreitung der LHKW-Phase, was zur Imprägnation des Geschiebemergels mit LHKW-Phase führt.

Der Schwerpunkt der Grundwasserbelastung liegt im Bereich der MIP13. Im Zusammenhang mit der Betrachtung der Grundwasserbefunde erfolgt hier eine weitere Diskussion zur Ursache der räumlichen Schadstoffverteilung. Mit Ausnahme der MIP13 liegen die LHKW-Gehalte im Grundwasserleiter vergleichsweise niedrig, was auf den Effekt der langjährigen Grundwassersanierung zurückzuführen ist. Bei den DELCD-Signalen der MIP-Sondierungen ist keine Differenzierung zwischen gelösten LHKW und LHKW in Phase möglich. Überwiegend dürfte es sich daher bei den niedrigen DELCD-Signalen im GWL15 um gelöste LHKW handeln.

Auch in Bezug auf die LHKW-Belastung in den tertiären Sedimenten erfolgt im Zusammenhang mit den Grundwasserbefunden eine weiterführende Betrachtung.

6.5.3 Aktuelle LHKW-Grundwasserbelastung

Das Konzept der ergStU sah vor die aktuelle LHKW-Phasenverbreitung durch MIP-Sondierungen sowie hochaufgelöste Grundwasseruntersuchungen abzuleiten. Anhand der räumlichen Verbreitung von LHKW im Grundwasser können indirekt Rückschlüsse auf LHKW-Phasen im Untergrund gezogen werden.

Nach der Verschneidung beider Untersuchungsmethoden soll dann die aktuelle Phasenverbreitung zusammenfassend interpretiert werden.

Nachfolgend sollen die Ergebnisse der Grundwasserscreening-Untersuchungen (Tiefenramm-pegel und Kernbohrungen) im Hinblick auf die Charakterisierung des Quelle-Fahne-Komplexes betrachtet werden. Dabei werden auch die vorliegenden Altbefunde integriert.

Zunächst soll eine Betrachtung für das Schadenszentrum erfolgen. In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse der teufenorientiert entnommenen Grundwasserproben für LHKW in farblicher Abstufung dargestellt. Schematisch wurde auch die Zuordnung der teufenorientierten Grundwasserproben zu den stratigrafischen Einheiten vorgenommen und durch eine waagerechte Linie gekennzeichnet¹⁵. Weiterhin wurden in schwarzer Schrift die Entnahmetiefen in mNHN eingetragen. Dargestellt sind auch geologische Informationen zur Lithologie und zur Teufenlage des GWL 15 und der darunter anstehenden tertiären Schichtenfolge. Außerdem wurde als farbige Kästchen der Anteil von PCE/TCE an der Gesamtsumme der LHKW in der Probe dargestellt (Abstufung gem. Anlage 2.3.5).

¹⁵ Befunde oberhalb der Linie: GWL 15; Befunde unterhalb der Linie: Tertiär.

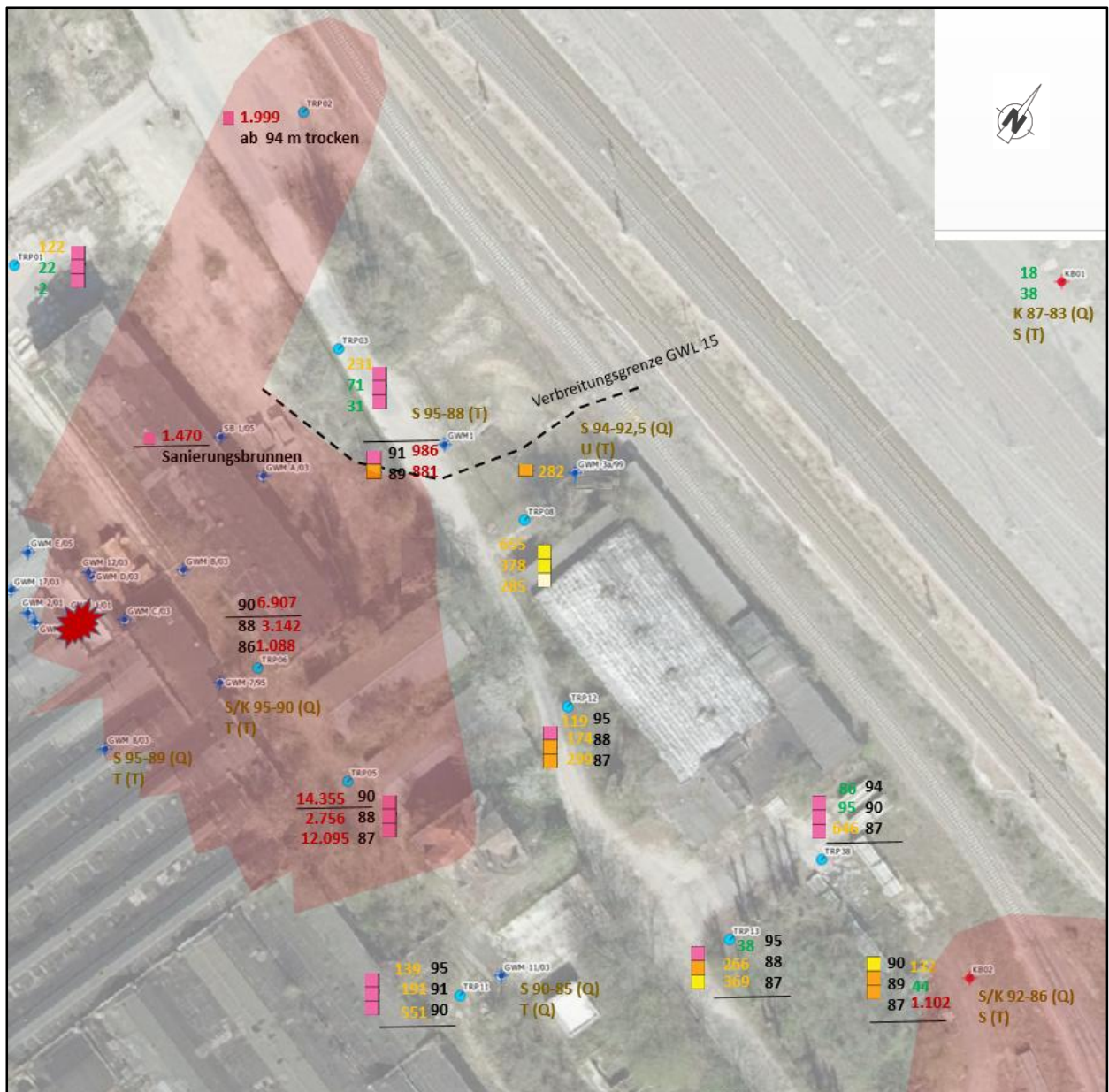


Abb. 6-25 Ergebnisse des Grundwasser-Screening im Schadenszentrum

Die mit Abstand höchsten LHKW-Konzentrationen im Grundwasser wurden in den TRP05 und TRP06 ermittelt. Das Maximum liegt in der TRP05 bei etwa 14.000 µg/l. Die TRP05 liegt ca. 55 m südöstlich des primären Eintragszentrums der TRI-Grube.

Ebenfalls sehr hohe Belastungen wurden im GWL15 für die TRP06 festgestellt, die etwa 25 m südöstlich der TRI-Grube liegt (ca. 7.000 µg/l).

Die Mächtigkeit des GWL15 im Bereich der TRP05 und TRP06 ist vergleichsweise gering, so dass nur die obere Grundwasserprobe dem GWL15 zuzuordnen ist. Die beiden unteren Grundwasserproben aus den Tiefenrammpegeln wurden aus tertiären Schichten gefördert. In der Abbildung 6-25 dargestellt wurden auch die geologischen Informationen aus umliegenden Bohrungen. So wurde in der GWM7/95, die in unmittelbarer Nähe der TRP06 geteuft wurde, zwischen 90 und 95 m NHN quartäre Kiese und Sande und darunter ein tertiärer Ton nachgewiesen. In anderen Aufschlüssen (KB01, KB02 sowie GWM1) wurden unterhalb des GWL15 dagegen tertiäre Feinsande angesprochen. Insofern variiert am Standort die Tertiärbasis, d.h. der GWL15 wird teilweise durch tertiäre Feinsande, teilweise durch tertiäre Schluffe und Tone unterlagert.

Aufgrund der Tatsache, dass im Bereich der TRP05 und TRP06 Grundwasserproben entnommen werden konnten, kann geschlussfolgert werden, dass hier tertiäre Feinsande an der Basis anstehen. Für diese tertiäre Feinsanden wurden zum Teil massive LHKW-Belastungen nachgewiesen (TRP05 im Teufenniveau von 87 m NHN 12.000 µg/l, TRP06 im Teufenniveau von 88 m NHN 3.000 µg/l).

Für den Bereich der ehemaligen RAW-Halle im Westen und Südwesten der Quelle liegen keine Informationen aus Tiefenrammpegel und Kernbohrungen vor, da Untersuchungen aufgrund des baulichen Zustandes der Halle nicht möglich waren. Es liegen jedoch für 2023 Untersuchungsergebnisse aus 4 Grundwassermessstellen vor (vergleiche Anlage 2.3.2). Die Befunde aus Grundwassermessstellen, insbesondere aus Förderbrunnen bzw. Messstellen in unmittelbarer Nähe von Förderbrunnen sind jedoch nur bedingt für das Grundwasserscreening geeignet.

In der GWM1, die westlich des Regenrückhaltebeckens geteuft wurde, ist der GWL15 nicht nachweisbar, unter dem Geschiebemergelpaket wurden hier tertiäre Feinsande angetroffen. Die Feinsande weisen Belastungen zwischen 880 und 990 µg/l LHKW auf. Die nordwestlich geteufte TRP03 weist nur geringe Schadstoffbelastungen auf und kann somit zur Abgrenzung der Belastung herangezogen werden.

Im Sanierungsbrunnen SB1/05 werden aktuell ca. 1.500 µg/l LHKW nachgewiesen. In Richtung Norden lässt sich der Grundwasser-Belastungsbereich durch die TRP01 abgrenzen. Hier ist ein starkes vertikales Gefälle in der Grundwasserbelastung festzustellen. In der oberen Lamelle wurden 122 µg/l, in der mittleren 22 µg/l und in der unteren nur 2 µg/l ermittelt.

Auffällige LHKW-Belastungen sind dagegen für die TRP02 im Norden des Projektareals zu verzeichnen. Hier konnte nur in einer Teufe von 94 m NHN eine Grundwasserprobe entnommen werden, die darunter folgenden Schichten waren trocken. Vermutlich handelt es sich hierbei um gering mächtige Sedimente des GWL15 in äußerster Randlage der Rinne. Die vergleichsweise hohe LHKW-Belastung in der TRP02 ist in Bezug auf die hohen DELCD-Befunde in der MIP02, die in räumlicher Nähe zur TRP02 geteuft wurde, plausibel. In der MIP02 wurden im unteren Teil des Geschiebemergels hohe LCKW-Befunde nachgewiesen. Diese führen zu einem Schadstoffeintrag über Sickerwässer in den hier in geringer Mächtigkeit anzutreffenden GWL15.

In Anlage 2.3.3 sind die LHKW-Gehalte im GWL 14 dargestellt, einem Schichtenwasser-führendem Horizont innerhalb des Geschiebemergelpaketes. Im Schadenszentrum (GWM D/03: 3.900 µg/l) in der GWM A/03 (885 µg/l) wurden erhöhte LHKW-Gehalte festgestellt. Im südlichen Teil sind die Gehalte dagegen unauffällig.

Auffällig ist, dass südlich und östlich der TRP05 zunächst ein Bereich mit moderaten LHKW-Gehalten zwischen 100 und 700 µg/l vorhanden ist (TRP08, TRP12, TRP13, TRP11). In der TRP08 im Norden ist ebenfalls ein Konzentrationsgefälle von oben nach unten zu verzeichnen, in der TRP12 kein Konzentrationsgefälle. In den südlichen TRP (TRP11, TRP13 und TRP38) ist dagegen ein gegensätzliches Konzentrationsgefälle anzutreffen, bei dem die Grundwasserprobe aus der unteren Lamelle die mit Abstand höchste Konzentration aufweist.

In der KB02 liegen die LHKW-Konzentrationen in der unteren Lamelle > 1.000 µg/l, auch hier ist in der Grundwasserprobe aus der tiefsten Lamelle die mit Abstand höchste Belastung festzustellen. Die Basis des Grundwasserleiters liegt hier bei 86 m NHN, im Liegenden sind tertiäre Feinsande anzutreffen.

In Anlage 2.3.2 sind alle LHKW-Grundwasserbefunde in einem integrierten Plan dargestellt. Berücksichtigt wurden folgende Grundwasseruntersuchungsergebnisse:

- teufenorientiert genommene Grundwasserproben aus den Tiefenrammpegeln
- teufenorientiert entnommene Grundwasserproben aus den Kernbohrungen
- Ergebnisse für Grundwasserproben aus bestehenden Grundwassermessstellen, die im Rahmen des sanierungsbegleitenden Monitorings durch EcoConcept ermittelt wurden.

In der folgenden Abbildung ist die großräumige Verteilung der LHKW-Gehalte im Grundwasser auf Basis der Anlage 2.3.2 dargestellt.



Abb. 6-26 Ergebnisse des Grundwasser-Screening im Großraum RAW

Deutlich erkennbar ist die (scheinbare) Unterbrechung der Fahne zwischen dem Schadenszentrum und dem TRP38 / KB02. Von dort aus verläuft die Fahne in Richtung Südosten bis zu den Tiefenrammpegeleln am Kanenaer Weg (TRP31, TRP33 und TRP35). Der Fahrensaum ist in Richtung Nordosten nicht vollständig abgrenzbar. Im Südwesten ist der Fahrensaum (LHKW-Konzentrationen zwischen 100 und 500 µg/l) relativ breit und erstreckt sich im nördlichen Teil des Südgeländes. Im westlichen und südlichen Teil des Südgeländes liegen die Konzentrationen dagegen < 100 µg/l.

Das Fahnenbild, das im Ergebnis des Grundwasserscreening ermittelt wurde, charakterisiert den Zustand der LHKW-Belastung nach 13-jähriger Grundwassersanierung (die zum Zeitpunkt der Untersuchungen andauerte).

Im nächsten Schritt soll das Phänomen detaillierter untersucht werden, dass in Kapitel 6.4.3 erläutert wurde. Demnach ist für den südlichen Teil der Fahne ein deutlich geringerer Sanierungseffekt als für den nördlichen Teil der Fahne zu verzeichnen. Zudem war (auch bereits vor Beginn der Sanierung) festgestellt worden, dass im südlichen Teil der Fahne die cDCE-

Gehalte deutlich höher als im nördlichen Teil der Fahne waren, hier dominiert TCE und PCE und damit die Ausgangsstoffe für den Schadstoffeintrag.

In den Grundwasserproben wurden praktisch nur TCE, PCE und cDCE nachgewiesen. Andere LHKW waren nicht in relevanten Konzentrationen nachweisbar, auch die VC-Gehalte sind am Standort vernachlässigbar gering. In Anlage 3.3.3 wurde der Anteil von PCE/TCE (eingetragene Ausgangsstoffe) am Gesamtgehalt für LHKW dargestellt.

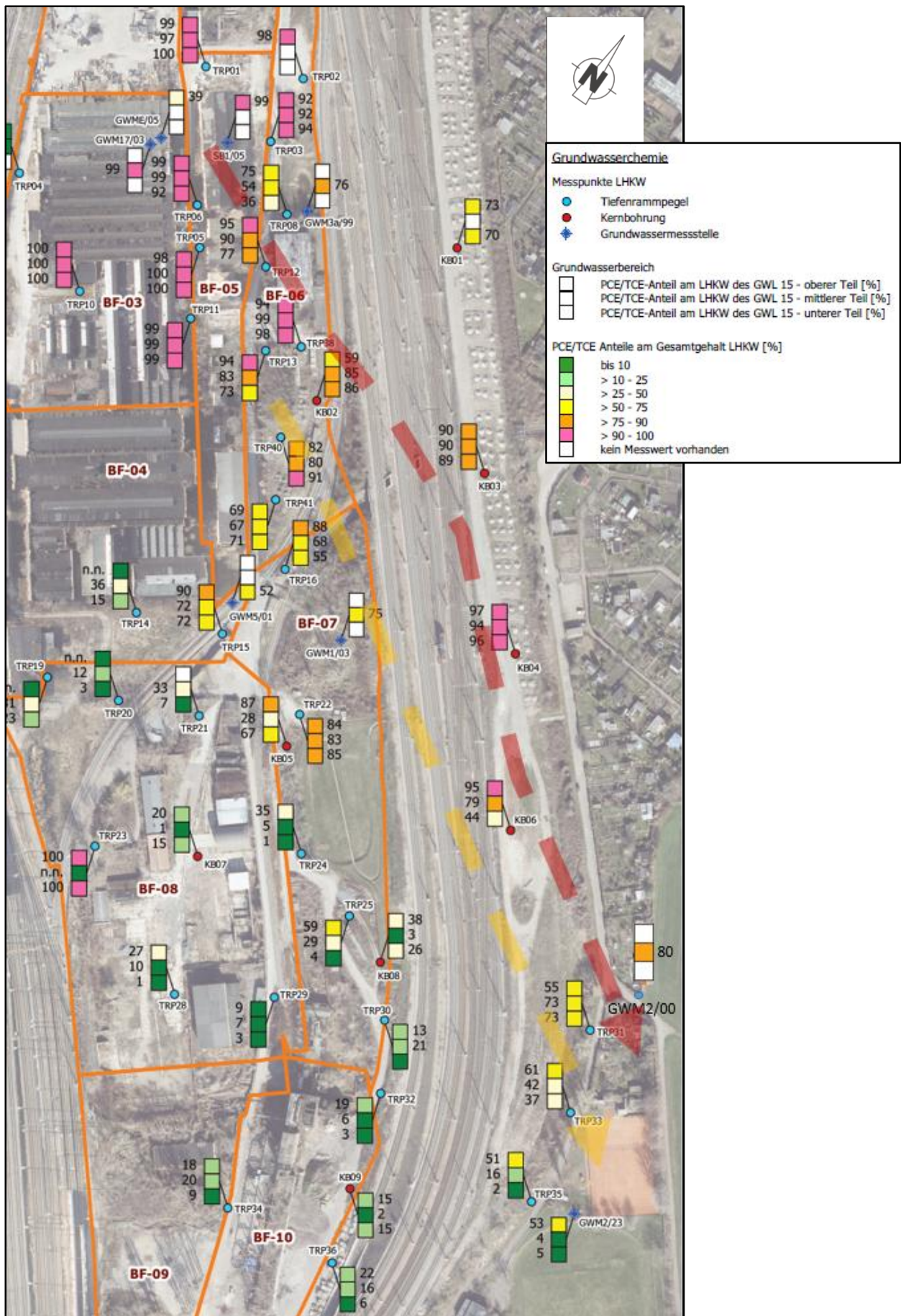


Abb. 6-27 Anteil PCE/TCE an der Summe LHKW

Erwartungsgemäß liegen die PCE/TCE-Anteile im Schadenszentrum bei > 90 %. Im weiteren Abstrom ist jedoch eine deutliche Differenzierung erkennbar. Im südöstlichen Teil der Fahne (KB03, KB04, KB06) liegen (zumindest in der oberen Lamelle) die PCE/TCE-Gehalte noch immer bei etwa 90 %. Im westlichen Teil der Fahne sind dagegen deutlich höhere Gehalte für cDCE zu verzeichnen.

Deutlich wird die Differenzierung auch im Bereich der TRP31 am Kanenaer Weg. In der östlich gelegenen GWM2/02 liegt der PCE/TCE-Gehalt bei 80 %, in der westlich gelegenen TRP31 dagegen nur zwischen 50 und 73 %.

Es ist somit zunächst festzustellen, dass die nordöstliche Abstrombahn deutlich höhere PCE/TCE-Gehalte als die südwestliche Abstrombahn aufweist.

In der folgenden Abbildung ist die Kongeneren-Verteilung vor Beginn der Grundwassersanierung (2003/2004) dargestellt.

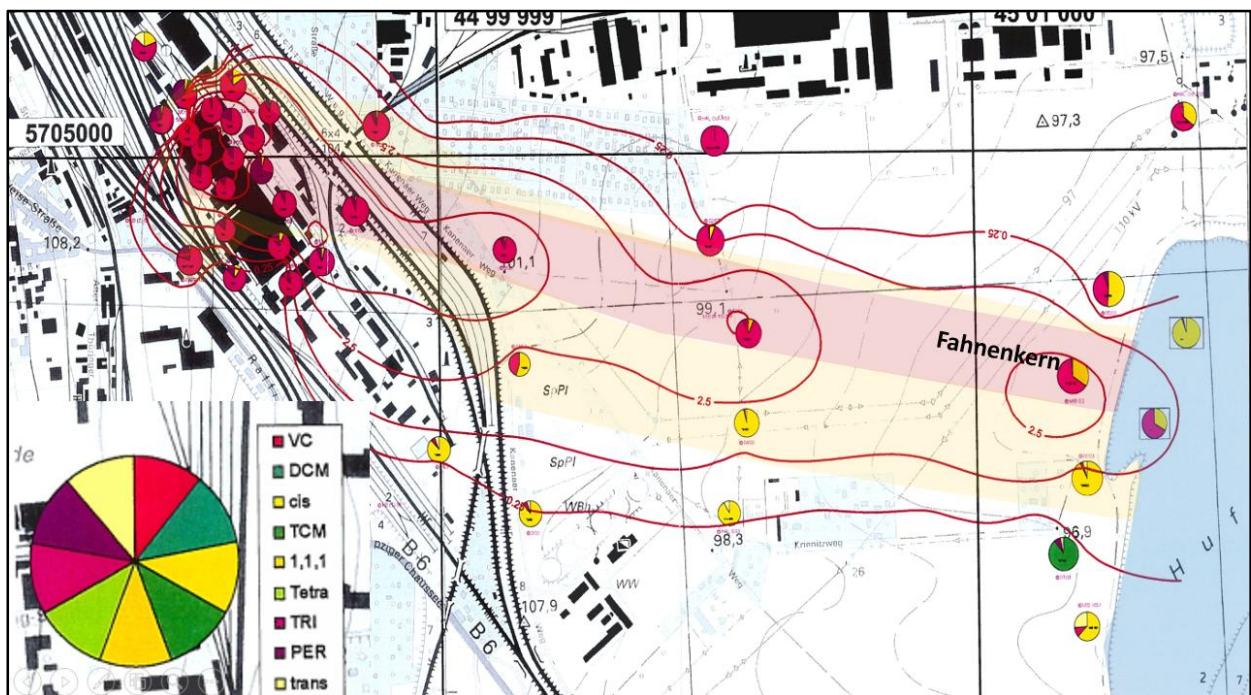


Abb. 6-28 LHKW-Kongenerenverteilung im Grundwasser zum Monitoring 2003/2004 [U28]

Bereits vor Beginn der Sanierung beim Monitoring 2003/2004 waren der nordöstliche Teil der Fahne durch PCE/TCE und der südwestliche Teil durch cDCE dominiert. Diese Differenzierung der Strombahnen ist auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch vorhanden und kann durch hoch aufgelöste Grundwasseruntersuchungen bis zur Quelle verfolgt werden. (siehe Abb. 6-27). Über die Ursachen der unterschiedlichen Kongenerenverteilung wird im Folgenden des Kapitels diskutiert.

Nachdem zunächst nur die Kongenerenverteilung der beiden Abstrombahnen betrachtet wurde, soll im Folgenden auch die LHKW-Belastung dieser beiden Strombahnen näher betrachtet werden. Die LHKW-Belastungen sind zusammenhängend in Anlage 2.3.2 dargestellt. In der folgenden Abbildung sind in die beiden zuvor ermittelten Strombahnen PCE/TCE-Strombahn und cDCE-Strombahn) eingezeichnet.

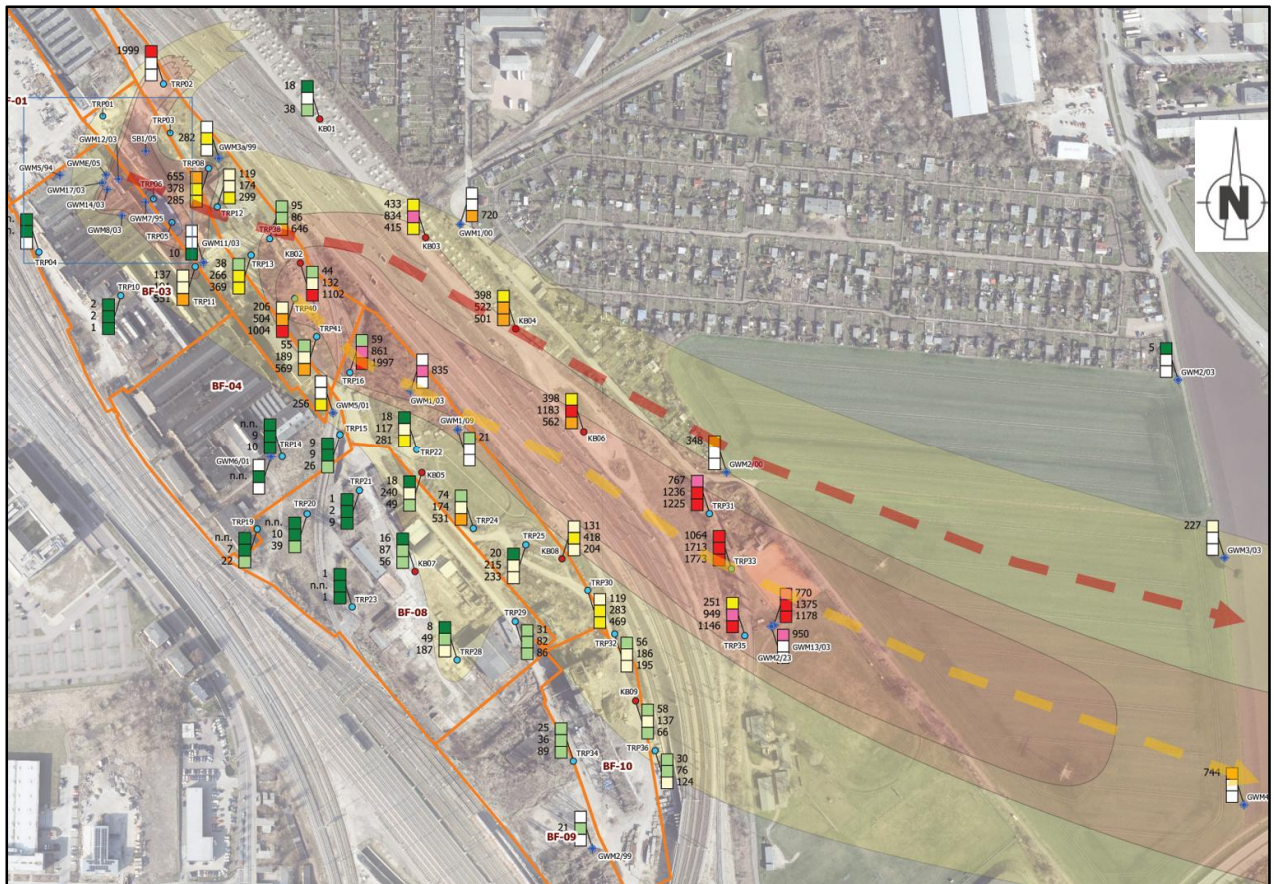


Abb. 6-29 LHKW-Belastung im Grundwasser im 1. Halbjahr 2023 mit PCE/TCE- und cDCE-Strombahnen (aus Anlage 2.3.2)

Die beiden Strombahnen mit der unterschiedlichen Kongenerenverteilung lassen sich gut bis nah an das Schadenszentrum nachvollziehen. Die LHKW-Belastungen der nordöstlichen PCE/TCE-Strombahn liegen dabei niedriger als die in der südwestlichen cDCE-Strombahn.

Im nächsten Schritt soll die in [U79] aufgestellte Vermutung untersucht werden, wonach der südliche Teil der cDCE-dominierten Fahne durch eine separate, bislang nicht bekannte Quelle im Südgelände verursacht wird. Dazu soll in der nächsten Abbildung die LHKW-Belastungssituation im Südgelände näher betrachtet werden.

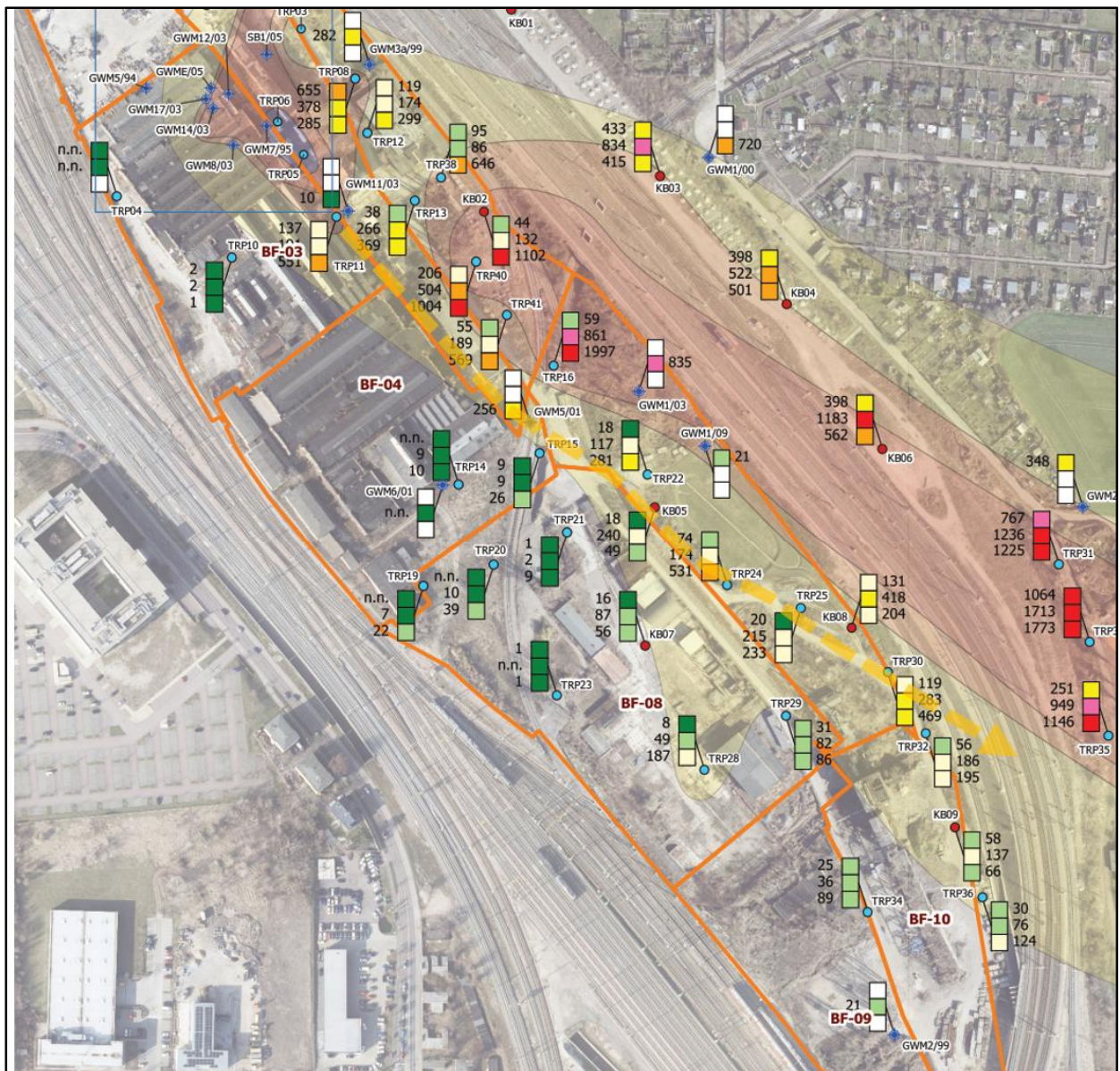


Abb. 6-30 LHKW-Belastung im Grundwasser im 1. Halbjahr 2023 im Südgelände

Erkennbar ist ein relativ breiter LHKW-Fahnensaum, der sich im nordöstlichen Teil des Südgeländes erstreckt.

Erkennbar ist weiterhin eine LHKW-Strombahn mit Belastungen zwischen 250 und 600 µg/l entlang der GWM5/01, TRP22, TRP24, KB08, TRP30, die durch das Südgelände in Richtung Abstrom. Der Startpunkt dieser Strombahn liegt im Bereich der TRP13.

Der eigentliche Fahnensaum mit Belastungen zwischen 100 und 250 µg/l schließt sich südwestlich dieser Abstrombahn an. Beeinflusst wird die hydraulische Situation im Südgelände noch durch die langjährige Infiltration des gereinigten Grundwassers südlich der ehemaligen RAW-Halle (TRP04). Zudem ist nicht auszuschließen, dass im Zuge der Baumaßnahmen der Deutschen Bahn temporäre Wasserhaltungsmaßnahmen erfolgten, die zu einer Verzerrung der Fahnengeometrie führten.

Separate Eintragsbereiche für LHKW sind anhand der hoch aufgelösten Grundwasseruntersuchungen nicht abzuleiten, sämtliche Befunde sind auf Einträge in das Schadenszentrum der ehemaligen TRI-Anlage zurückführbar.

Nachdem zunächst das Fahrenbild differenzierter betrachtet wurde, soll im Folgenden der Blick noch einmal zurück zu den Quellen gerichtet werden.

Zunächst soll eine Diskussion zur Ursache der unterschiedlichen Kongenerenverteilung der beiden Hauptabstrombahnen geführt werden.

Die reduktive Dechlorierung von PCE (4 Chloratome) bzw. TCE (3 Chloratome) zu cDCE (2 Chloratome) ist an das Vorhandensein von gut abbaubarer organischer Substanz (sogenannte Co-Substrate) gebunden, die den abbauenden Mikroorganismen als Kohlenstoff- und Energiequelle dienen. Im Zuge des anaeroben Abbaus des Co-Substrats werden Elektronen auf die LHKW übertragen (cometabolische Reaktion). Elektronendonator ist der Wasserstoff, der beim anaeroben Abbau des Co-Substrates gebildet wird.

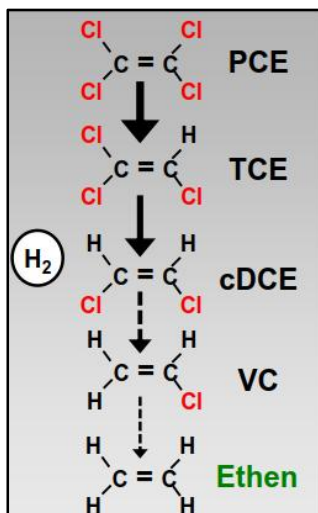


Abb. 6-31 Prinzipdarstellung für den anaeroben reduktiven Abbau von LHKW

Als Co-Substrate können verschiedene gelöste organische Stoffe im Grundwasser dienen. Bei Altlastenschäden sind dies oft Mineralöl-, Teer- oder Aromatenschäden, die die LHKW-Fahne überlagern. Anhand der Untersuchungen zum Grundwasserscreening kann das Vorhandensein dieser Schadstoffkomponenten jedoch ausgeschlossen werden.

Weiterhin sind Einträge von organischen Stoffen aus Abwässern, Gülle oder Silage möglich. Auch dies ist am Standort in Größenordnungen nicht zu erwarten.

Einen hohen Anteil an organischer Substanz weisen dagegen die tertiären Schichten auf. Häufig sind in den Schluffen und Tonen (sogenannte „Kohletone“) jedoch auch in den Feinsanden größere Mengen an Braunkohlenresten enthalten (Imprägnationen). Diese Braunkohlenreste können als Co-Substrat für die reduktive Dechlorierung von LHKW wirksam werden. Andererseits sind die quartären GWL auf Grund ihrer Genese sehr arm an organischen Kohlenstoff.

Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der südliche Teil der Fahne deutlich stärker durch tertiäre braunkohleführende Sedimente beeinflusst sein muss.

Wie zuvor dargestellt, wird der GWL15 im Schadenszentrum und im quellnahen Abstrom teilweise durch tertiären Tone und Schluffe, teilweise jedoch auch durch tertiäre Feinsande unterlagert. Sowohl bei den Tonen/Schluffen als auch bei den Feinsanden ist von einem hohen Anteil an Braunkohlenpartikeln auszugehen (typische Braunfärbung).

Sofern der GWL15 durch tertiäre Tone oder Schluffe unterlagert wird, strömt der Grundwasser im GWL 15, die Kontaktfläche zu den Kohletonen ist vergleichsweise gering, so dass nur geringe organische Anteile aus den Braunkohlen an das Grundwasser eingelöst werden.

Anders sieht das bei den tertiären Feinsanden aus. Diese werden vom Grundwasser (mit langsamerer Geschwindigkeit) durchströmt. Dabei werden und dabei deutlich größere Mengen an gelösten organischen Stoffen eingelöst. Unter diesem Aspekt soll noch einmal die Situation im Schadenszentrum betrachtet werden.

In der Nähe des Eintragungszentrums ist in den TRP05 und TRP06 das Tertiär sandig ausgebildet, Grundwasserproben konnten hier im Niveau zwischen 86 und 88 mNHN entnommen werden.

Diese Grundwasserproben wiesen zum Teil massive LHKW-Kontaminationen auf (bis 12.000 µg/l).

In Richtung Südosten sinkt die Basis des GWL15 dann steil ab (Flanke der Erosionsrinne, vgl. Anlage 3.1). Das heißt, dass die Erosionsrinne diese tertiären Feinsande angeschnitten hat. Dies soll in der nachfolgenden Skizze verdeutlicht werden.

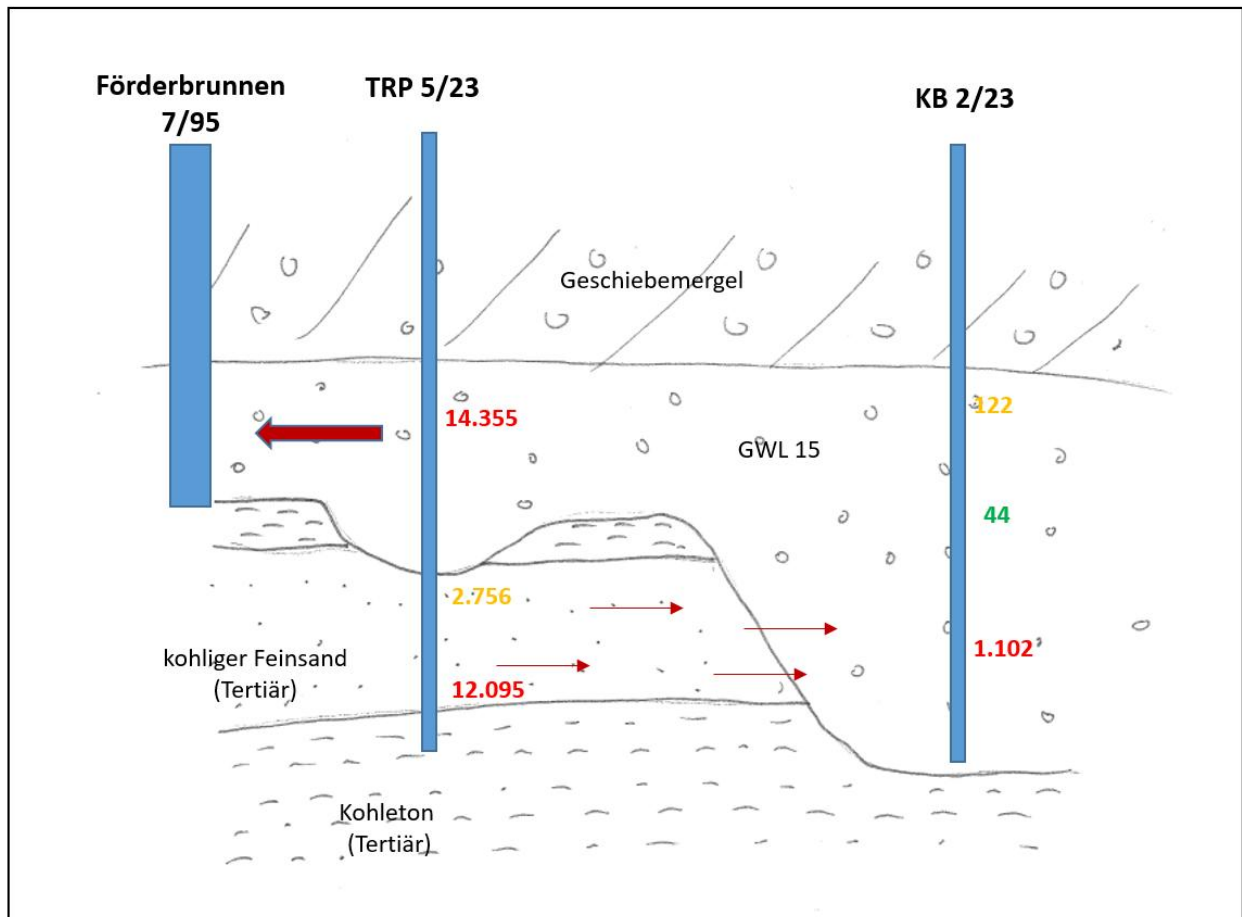


Abb. 6-32 Prinzipische Skizze zum Einfluss tertiärer Feinsande beim Schadstofftransfer im Schadenszentrum

Im Bereich der TRP05 sind in unmittelbarer Umgebung noch LHKW-Belastungen (Quellen) vorhanden, die zu einem massiven Eintrag von gelösten Schadstoffen in das Grundwasser führen. Diese werden durch den unmittelbar benachbarten Förderbrunnen 7/95 hydraulisch gefasst, so dass im GWL 15 kein nennenswerter Schadstoffabstrom erfolgt.

In diesem Zusammenhang soll ein Rückblick auf die MIP-Sondierungen geworfen werden. In der nachfolgenden Abbildung ist noch einmal das schematische MIP-Profil entlang der Werkhalle dargestellt. Darin sind die TRP05 und 06 mit den entsprechenden Belastungen eingetragen.

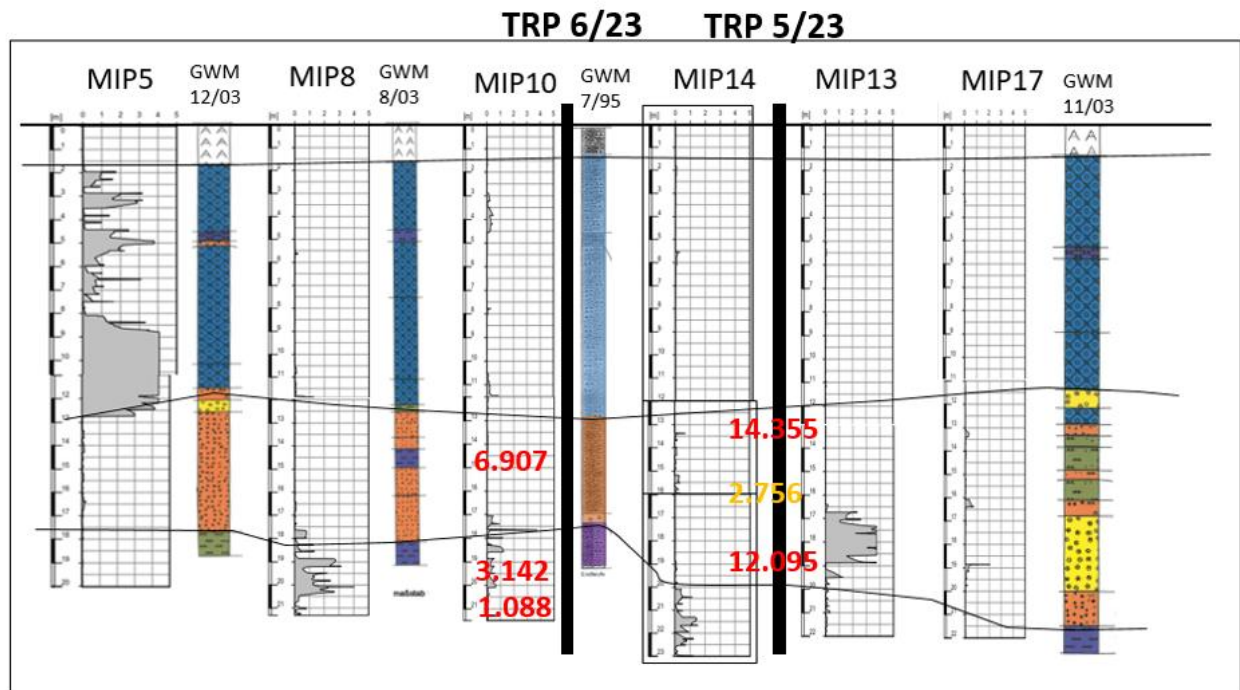


Abb. 6-33 MIP-Profil mit Darstellung der Ergebnisse der TRP 5 und TRP6 (Schnittspur in Abb. 6-9)

Die Abbildung verdeutlicht, dass in den MIP08, MIP10 und MIP14 die LHKW-Belastungen vorrangig in den tertiären Sedimenten unterhalb der Basis des GWL15 vorhanden sind. Im Geschiebemergel und im GWL 15 sind keine relevanten Belastungen erkennbar.

In der MIP13 dagegen sinkt die Basis des GWL15 ab. Hier sind an der Basis des GWL15 hohe DELCD-Signale erkennbar, was auf eine Akkumulation von LHKW-Phase schließen lässt. Insofern ist der Befund der TRP05 plausibel. Auch hier stehen die Schadstoffeinträge mit den kontaminierten tertiären Feinsanden im Zusammenhang.

Die geologischen Lagerungsverhältnisse an der Basis des GWL15 und der darunter folgenden tertiären Schichtenfolge sind im Randbereich der pleistozänen Rinne engräumig stark differenziert. Je nach Erosionsniveau wird die Basis durch Feinsande oder Tone/Schluffe gebildet. Zudem ist auch die tertiäre Schichtenfolge lithologisch differenziert, feinsandige und schluffige Lagen wechseln sich hier in zum Teil enger Folge ab (fluviale bzw. limnische Bildungen).

Insofern kann auf Basis der vorliegenden Ergebnisse der Einfluss der tertiären Feinsande auf das Schadensbild zwar prinzipiell nachvollzogen werden, eine räumlich exakte Zuordnung der Strombahnen ist jedoch nicht möglich.

Die tertiären Feinsande an der Basis des GWL15 im Schadenszentrum sind nicht nur für den Transfer von gelösten Schadstoffen in Richtung Abstrom von Bedeutung. Es kann auch davon ausgegangen werden, dass LHKW-Phase in die tertiären Feinsande eingedrungen ist. Diese Phasen wurden durch die bisherige hydraulische Sanierung praktisch nicht beeinflusst, da die Förderung ausschließlich im GWL15 erfolgte und die tertiären Feinsande hydraulisch deutlich schlechter leitfähig sind. Die Wirkung dieser Quellen auf den Grundwasserabstrom dürfte sich somit im Laufe der Sanierung deutlich weniger verändert haben.

Damit schließt sich das Bild der zwei unterschiedlichen Strombahnen im Abstrom. Seitens des Gutachters wird darauf aufbauend folgender Erklärungsansatz für die Schadenscharakteristik abgeleitet:

PCE/TCE dominierte nordöstliche Strombahn

Die nordöstliche PCE/TCE dominierte Strombahn wird aus Quellen gespeist, die durch die hydraulische Sanierung gut erreicht werden. Im GWL 15 sind kaum noch relevante LHKW-

Quellen vorhanden. Der Schadstoffeintrag erfolgt über Sickerwässer aus dem Geschiebemergel (von oben) und über Kontaktwässer aus Quellen an der tertiären Basis.

Die Belastungen im Grundwasserleiter sind im Verlauf der Sanierung deutlich gesunken und liegen aktuell unter 1.000 µg/l. So lag die LHKW-Belastung in der GWM3/03 zu Beginn der Sanierung bei 3.500 µg/l, im März 2023 lag diese dann bei 227 µg/l.

Die aktuelle Förderrate von etwa 2,75 m³/h im Schadenszentrum reicht aber nicht aus, den Abstrom von Schadstoffen hydraulisch vollständig zu unterbinden, so dass noch immer ein Austrag von Schadstoffen über diese Strombahn in Richtung Abstrom erfolgt.

Zu berücksichtigen ist, dass die LHKW-Gehalte stark schwanken, was typisch für LHKW-Schäden ist und auf unterschiedliche Austragsraten aus den Quellen zurückgeführt werden kann.

Der Schadstoffabstrom erfolgt ausschließlich im GWL15, so dass organische Substanz aus dem Tertiär nur in geringem Umfang nutzbar ist. Entsprechend sind die Abbauraten von PCE/TCE zu cDCE auf dieser Strombahn relativ gering.

cDCE-dominierte südwestliche Strombahn

Eine andere Ausbreitungskinetik besitzt die südlich davon gelegene cDCE-dominierte Strombahn. Diese Strombahn ist von tertiären, kohleimprägnierten Feinsanden beeinflusst.

Es wird davon ausgegangen, dass LHKW-Phase in den Bereichen, in denen ein direkter Kontakt mit dem GWL15 besteht, in die tertiären Feinsande eingedrungen ist. Im weiteren Abstrom schneidet die Saale-Hauptterrasse (GWL15) diese tertiären Feinsande an, so dass die hochkontaminierten Grundwässer aus den tertiären Feinsanden im GWL15 an der Basis zuströmen. Entsprechend sind in diesem Teil der Fahne die höchsten LHKW-Belastungen generell in der unteren Lamelle anzutreffen.

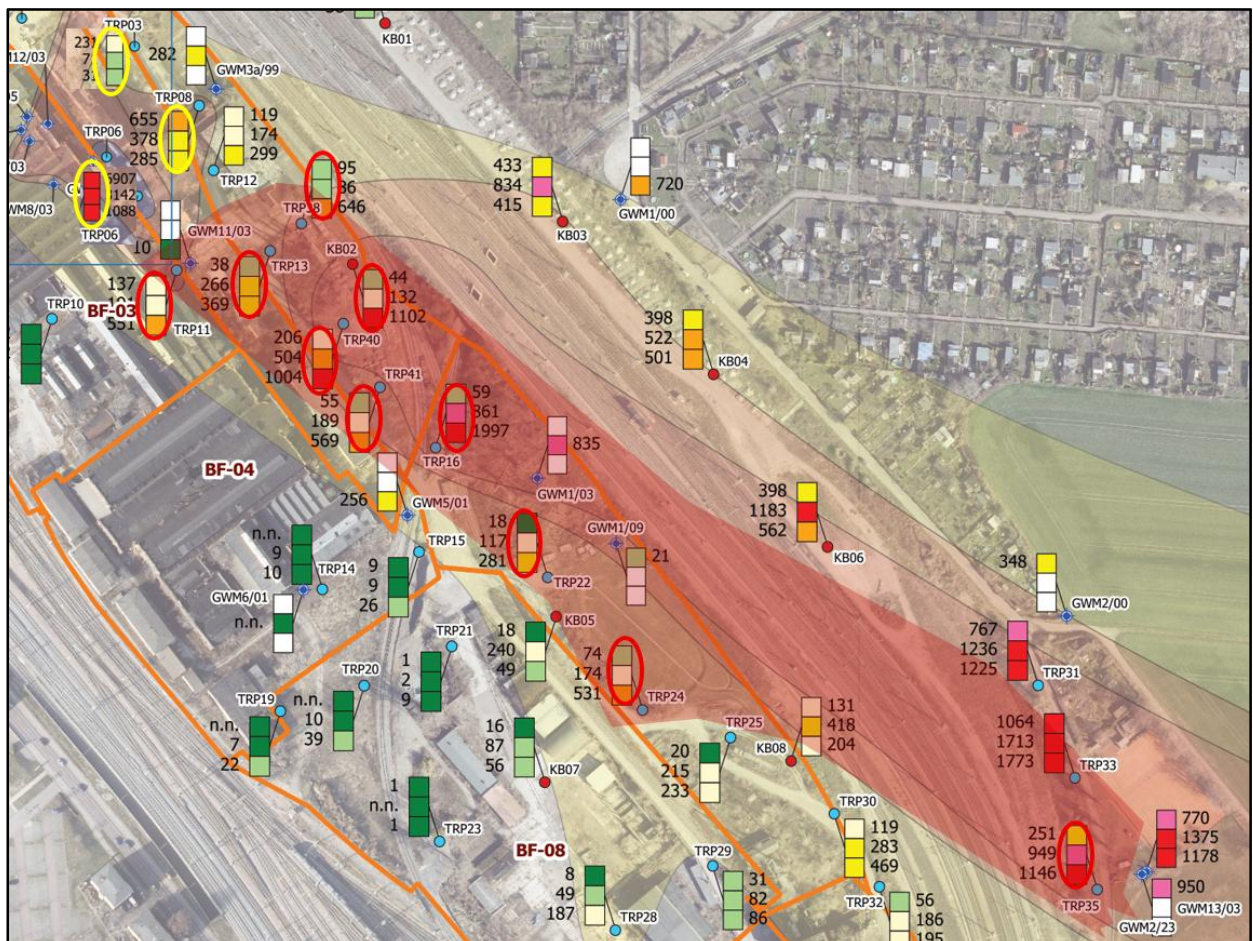


Abb. 6-34 Differenzierung nach dem Konzentrationsgefälle (gelb: oben hohe Werte; rot: unten hohe Werte)

Wie aus Abb. 6-33 ersichtlich setzt sich diese ausgeprägte Schichtung bis in den Abstrom fort (beispielsweise TRP35, GWM2/23, TRP31). Für die nördliche Lamelle ist diese vertikale Schichtung dagegen nicht anzutreffen (TRP08, KB03, KB04, KB06).

Durch die Einlösung von organischen Stoffen aus der Kohleimprägnation in den tertiären Feinsanden wird die reduktive Dechlorierung initiiert, PCE/TCE werden zu cDCE umgewandelt. Entsprechend sind in der südlichen Lamelle deutlich höhere cDCE-Gehalte vorhanden.

Es wird davon ausgegangen, dass die (scheinbare) Unterbrechung der Fahne zwischen Schadenszentrum und KB02 durch einen (bislang nicht durch Aufschlüsse belegten) Transfer über tertiäre Feinsande verursacht ist. Nicht auszuschließen ist auch, dass im Bereich der KB02 noch sekundäre LHKW-Phasen vorhanden sind, die hier noch als Quellen für den südwestlichen Teil der Fahne wirken.

Die LHKW-Quellen in den tertiären Feinsanden (und ggf. auch die Sekundärquellen im Umfeld der KB02) wurden durch die bisherige Sanierung nur untergeordnet erfasst. Daher ist der Schadstoffrückgang in diesem südlichen Teil der Fahne deutlich niedriger als im nördlichen Teil der Fahne.

6.5.4 Grundwasserbelastung im Tertiär

Im vorherigen Kapitel wurde die LHKW-Belastung in den tertiären Feinsanden diskutiert, die an der Basis des GWL 15 anstehen. Diese tertiären Feinsande stehen im hydraulischen Kontakt mit dem GWL 15.

Ziel der ergStU war es darüber hinaus zu untersuchen, ob in tieferen tertiären Grundwasserleiter relevante LHKW-Belastungen anzutreffen sind, die eine zusätzliche Strombahn zum Hufeisensee darstellen könnten.

Die GWM 1/23 wurde bis zu 27 Meter uGOK geteuft. Im Liegenden der feinsandigen Schichten bis etwa 19 Meter uGOK folgen Braunkohlenschluffe und ein Braunkohlenflöz. In den schwach feinsandigen Schichten unterhalb des Kohleflözes wurde eine temporäre Grundwasserprobe entnommen (27 – 28 Meter uGOK). Der LHKW-Gehalt betrug 0,58 µg/l. In den tertiären Feinsanden oberhalb des Kohleflözes wurden dagegen auffällige LHKW-Gehalte ermittelt (max. 968 µg/l).

In der folgenden Abb. sind das Schichtenprofil und der Ausbau für die GWM 1/23 dargestellt.

- Revitalisierung des Geländes des ehemaligen RAW Halle (Saale) – Ergänzende Stadtortuntersuchung -
- Seite 115 von 223 -

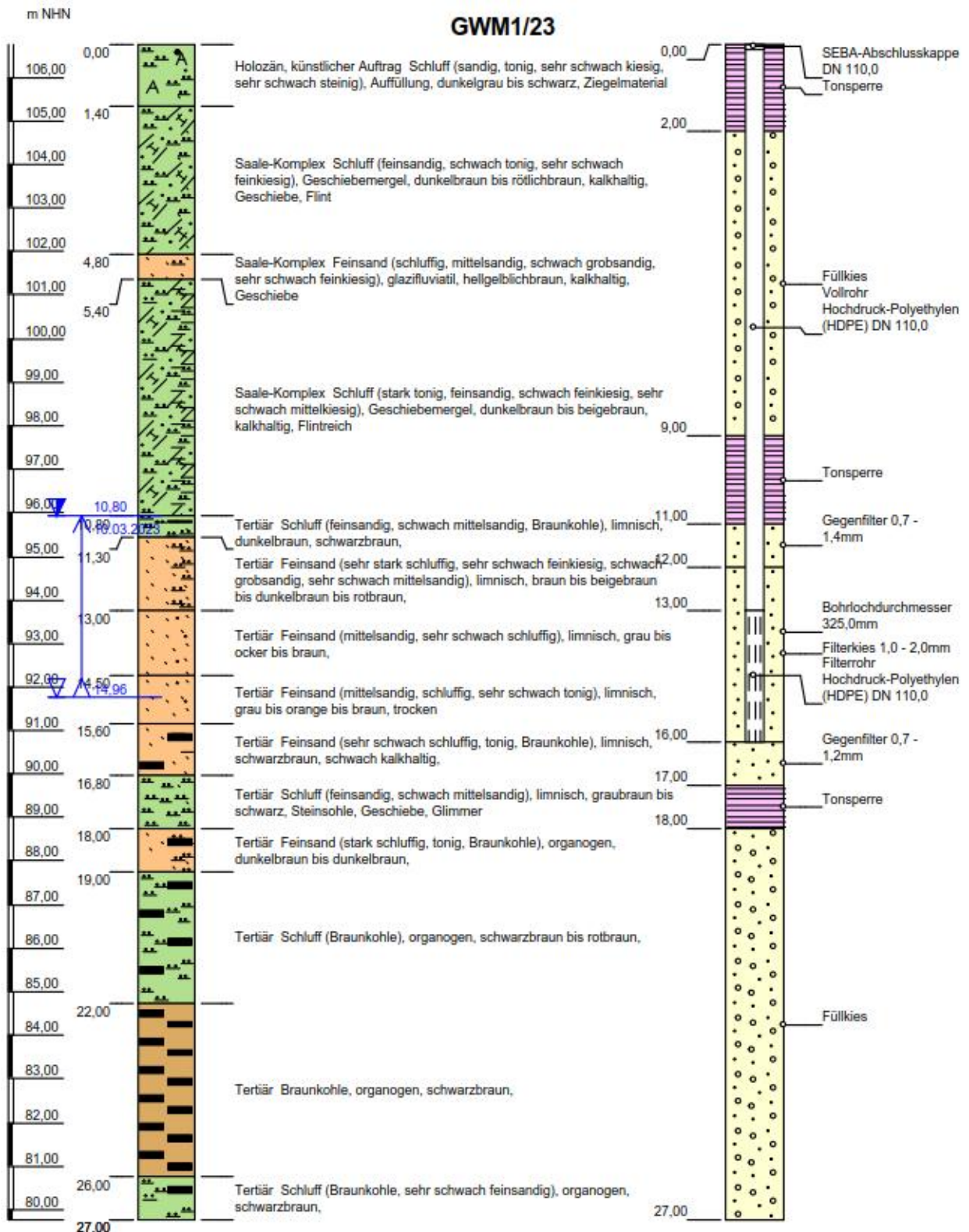


Abb. 6-35 Schichtenprofil und der Ausbau GWM 1/23

Die GWM 2/23 wurde im Bereich der im GWL 15 verlaufenden Fahne auf dem Sportplatz am Kanenaer Weg errichtet. Die Kernbohrung wurde bis 32 Meter uGOK geteuf. Im Liegenden des quartären GWL 15 stehen hier tertiäre Feinsande an, die auch hier von einem Kohleschluff und einem Braunkohleflöz unterlagert werden. Die GWM wurde in einer feinsandigen Lage verfiltert,

die im Kohleflöz eingeschaltet ist. In der folgenden Abb. sind das Schichtenprofil und der Ausbau für die GWM 2/23 dargestellt.

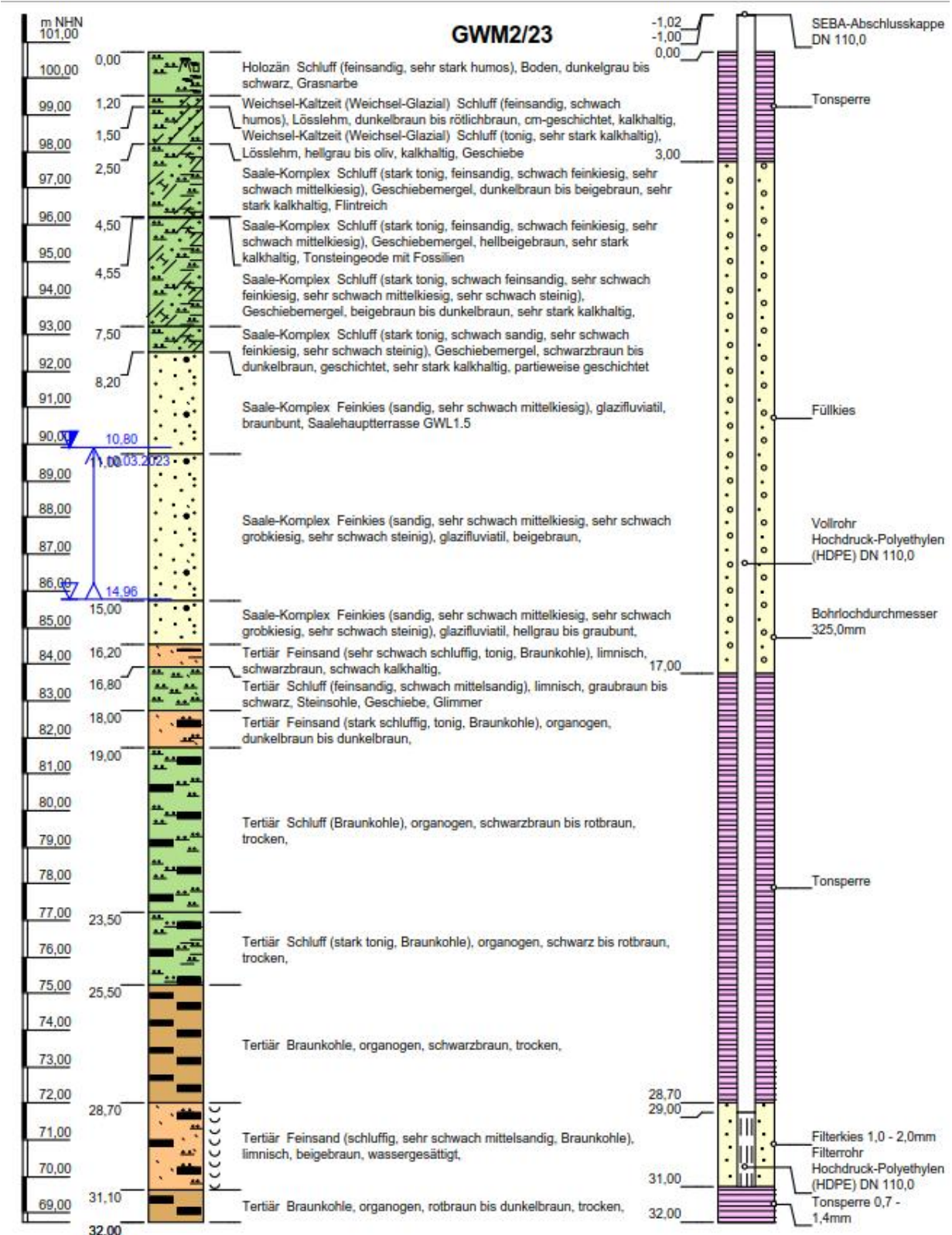


Abb. 6-36 Schichtenprofil und der Ausbau GWM 2/23

In den tertiären Feinsanden wurden hohe LHKW-Gehalte ermittelt, die mit den im darüber liegenden GWL 15 vergleichbar sind ((vgl. Anlage 7.4):

GWL 15: 1.375 µg/l

Tertiär: 1.178 µg/l).

Die GWM 2/23 wurde in den tertiären Feinsanden innerhalb des Kohleflözes zwischen 29 – 31 Meter uGOK ausgebaut. In der Grundwasserprobe wurden 34 µg/l LHKW nachgewiesen (vgl. Anlage 7.4).

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen im Tertiär zeigen, dass die Feinsande unmittelbar im Liegenden des GWL15 in hydraulischem Kontakt mit dem quartären GWL stehen und im Fahnenbereich hohe LHKW-Gehalte aufweisen.

Die tieferen tertiären grundwasserführenden Schichten unter dem Kohleschluff und den Braunkohleflöz weisen geringfügige LHKW-Befunde auf. Ein relevanter Schadstofftransfer in Richtung Hufeisensee kann aus den Ergebnissen aber nicht abgeleitet werden.

6.6 Frachtabschätzung

Nachdem im Ergebnis des Grundwasserscreening die Fahne hinreichend genau beschrieben werden kann, soll nachfolgend eine Abschätzung der abströmenden Schadstofffrachten in der Fahne für den Zeitpunkt Frühjahr 2023 erfolgen.

Die Abschätzung soll an der Bilanzebene TRP40 – KB02 – KB03 erfolgen. Die Bilanzebene verläuft senkrecht durch die Grundwasserfahne.

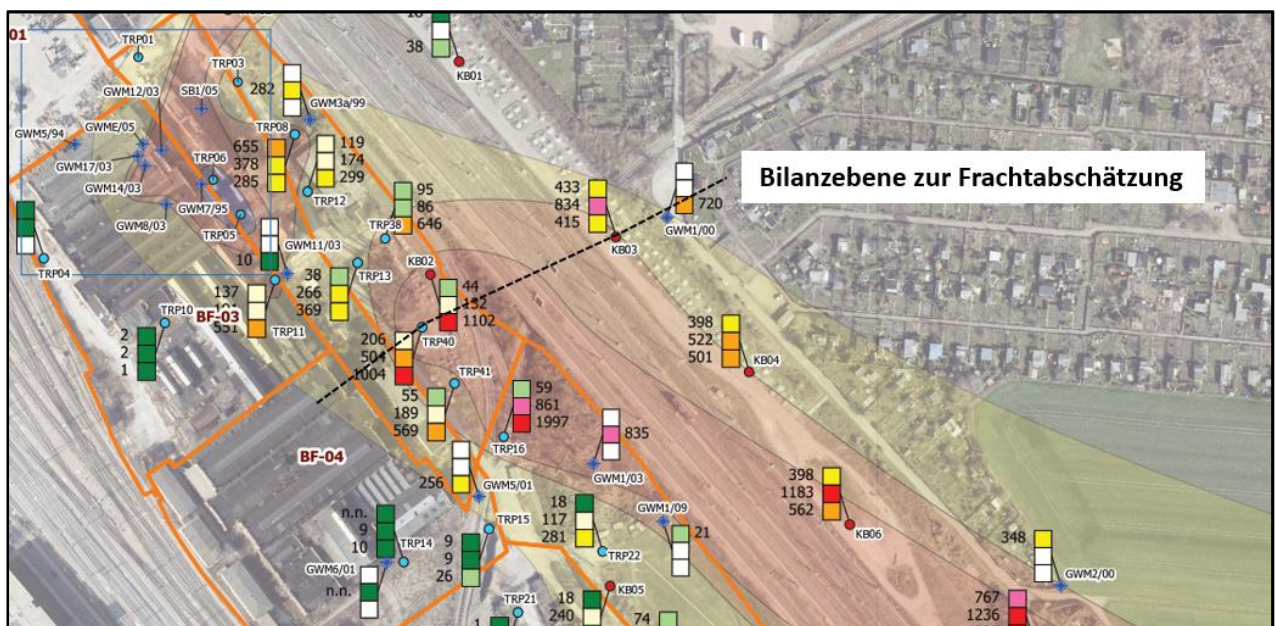


Abb. 6-37 Bilanzebene zur Frachtabschätzung

Zur Ermittlung des Gradienten wurde die Differenz der Ruhewasserspiegel beim Abteufen der Kernbohrungen KB03 und KB06 zum Ansatz gebracht. Als mittlerer k_f -Wert wurde $2,5 \times 10^{-4}$ m/s für den GWL 15 zum Ansatz gebracht. Bei der Frachtabschätzung wurden die Konzentrationen der teufenorientierten Grundwasserproben der TRP40, der KB02 und der KB03 genutzt. In der folgenden Abbildung ist die Frachtabschätzung zusammenfassend dargestellt.

Bilanzebene TRP40 - KB2 - KB3				
		TRP40-o	KB2-o	KB3-o
		TRP40-m	KB2-m	KB3-m
		TRP40-u	KB2-u	KB3-u
		TRP40-o	KB2-o	KB3-o
Breite	[m]	40	65	60
Mächtigkeit	[m]	2,5	2,5	2,5
Durchflussfläche	[m ²]	100	162,5	150
Gradient	KB3-->KB6	0,004	0,004	0,004
kf-Wert	[m/s]	0,0025	0,0025	0,0025
Durchflussmenge	[m ³ /s]	0,001	0,00163	0,0015
GWM		TRP40	KB2	KB3
Konzentration	[mg/m ³]	206	44	433
Fracht	[g/d]	17,8	6,2	56,12
		TRP40-m	KB2-m	KB3-m
Breite	[m]	40	65	60
Mächtigkeit	[m]	2,5	2,5	2,5
Durchflussfläche	[m ²]	100	162,5	150
Gradient	KB3-->KB6	0,004	0,004	0,004
kf-Wert	[m/s]	0,0025	0,0025	0,0025
Durchflussmenge	[m ³]	0,001	0,00163	0,0015
GWM		TRP40	KB2	KB3
Konzentration	[mg/m ³]	504	132	834
Fracht	[g/d]	43,55	18,59	108,09
		TRP40-u	KB2-u	KB3-u
Breite	[m]	40	65	60
Mächtigkeit	[m]	2,5	2,5	2,5
Durchflussfläche	[m ²]	100	162,5	150
Gradient	KB3-->KB6	0,004	0,004	0,004
kf-Wert	[m/s]	0,0025	0,0025	0,0025
Durchflussmenge	[m ³]	0,001	0,00163	0,0015
GWM		TRP40	KB2	KB3
Konzentration	[mg/m ³]	1004	1102	415
Fracht	[g/d]	86,75	155,2	53,78
Frachten		17,8	6,2	56,12
		43,55	18,59	108,09
		86,75	155,2	53,78
		Summe:	546 g/d	
Summe [g/d]		148,1	725,99	217,99
Gesamtsumme	[g/d]	546,08		
Gesamtsumme	[kg/a]	200		
Gesamtdurchflussmenge	m ³ /h	40		

Abb. 6-38 Frachtabschätzung für die Bilanzebene TRP40 – KB2 – KB3

Die Abschätzung ergab eine Durchflussmenge durch die Bilanzebene im Bereich der LHKW-Fahne von ca. 40 m³/h.

Zum Zeitpunkt Frühjahr 2023 lag der Schadstoffabstrom entlang dieser Bilanzebene bei ca. 550 g/Tag bzw. 200 kg/Jahr.

Die Abschätzung verdeutlicht, dass (trotz laufender Sanierung) ein erheblicher Schadstoffabstrom von jährlich etwa 200 kg LHKW in Richtung Hufeisensee erfolgt. Die vergleichsweise hohe Schadstofffracht resultiert aus der großen Breite der LHKW-Fahne von etwa 170 m und verdeutlicht das noch immer vorhandene enorme Potential an LHKW-Phase in der Quelle.

6.7 Fazit zum gegenwärtigen Stand der Sanierung

Zunächst ist zu konstatieren, dass bezüglich der Schutzgutsituation der Hufeisensee die mit Abstand höchste Schutzgutsensibilität besitzt. Der See wird intensiv zu Naherholungszwecken und faktisch als Badegewässer genutzt. Zudem erfolgen aus dem Tagebaurestlochsee genehmigte Wasserentnahmen zur Bewässerung des Golfplatzes. Die Sanierung muss daher vorrangig an diesem Schutzgut (Oberflächenwasser / Mensch) ausgerichtet werden.

In der Verbindlichkeitserklärung des Umweltamtes sind für die Sanierungszone A2 ein Sanierungszielwert von 100 µg/l für die Sanierungszone B1 / B2 ein vorläufiger Sanierungszielwert von 50 µg/l festgesetzt worden. In der Begründung zu den Nebenbestimmungen wurde als langfristiges Ziel für die Kontrollebene 3 eine LHKW-Konzentration von <10 µg/l formuliert (vgl. Kap. 6.4.2).

Auch im Sanierungsplan aus [U35] wurde seitens des Gutachters des Sanierungspflichtigen für die Sanierungszone B2 ein Sanierungszielwert von 10 µg/l abgeleitet. Bezüglich der Zielstellung zur Grundwasserbelastung im unmittelbaren Anstrom zum Hufeisensee bestehen somit faktisch keine Diskrepanzen zwischen Sanierungspflichtigem und der Gefahrenabwehrbehörde.

Seitens des Gutachters G.U.T. wird im Ergebnis der ergStU konstatiert, dass mit der vorliegenden Sanierungskonfiguration die Sanierungszielwerte für die Sanierungszonen A2 und B1/ B2 in absehbaren Zeiträumen (mehreren Dekaden) aus folgenden Gründen nicht erreichbar ist:

- Die Fördermengen im Schadenszentrum (in der Anfangsphase der Sanierung ca. 6,5 m³/h, aktuell ca. 2,75 m³/h) reichen nicht aus, um eine hydraulische Sicherung des Schadenszentrums zu realisieren. Die Durchflussmenge im Bereich der Fahne wurde mit 40 m³/h abgeschätzt. Das bedeutet, dass ein erheblicher Teil der kontaminierten Wässer vom Schadenszentrum (aktuell ca. 200 kg/a) weiter auf den Abstrombahnen in Richtung Hufeisensee strömt.
- Das hydraulische Sanierungsverfahren (pump&treat-Sanierung) ist nicht geeignet die schwer zugänglichen LHKW-Quellen im Untergrund nachhaltig zu reduzieren. Hierbei handelt es sich insbesondere um die Quellen an der Basis des GWL15 und in den tertiären Sedimenten. Insofern ist nach Beendigung der Sanierung mit einem erheblichen Rebound-Effekt zu rechnen.
- Die Fördermengen im Abstrom (2 m³/h) sind zum einen zu niedrig, um den gesamten Schadstoffabstrom zu fassen (Durchflussmenge in der Fahne ca. 40 m³/h). Zudem erfassen die beiden Brunnen nur die südliche Strombahn. Die LHKW-Fahne ist wesentlich breiter, so dass der nördliche Teil der Fahne durch die Abstromsicherung nicht erfasst wird.
- Die Sanierungszonen erfassen die Fahne nicht vollständig (die Fahne erstreckt sich auch unter dem Bahndamm und am Kanenaer Weg).
- Die Betrachtung der Kongenerenverteilung zeigt, dass mikrobielle Abbauprozesse im Bereich der Fahne nur unzureichend wirksam sind. Im südlichen Teil der Fahne wird zwar PCE/TCE zu cDCE dechloriert, ist eine vollständige Mineralisierung der LHKW (über die

Stufen Vinylchlorid und Ethen) ist jedoch nicht zu erwarten, da hierfür die erforderlichen hydrochemischen Randbedingungen nicht vorliegen.

Insofern muss im nächsten Schritt geprüft werden, ob der durch die aktuelle Sanierung erreichte Zustand auch unter Berücksichtigung von Verhältnismäßigkeitsaspekten als akzeptabel bewertet werden kann. Hierbei sind auch die aktuellen Projektrandbedingungen für das Projektareal zu berücksichtigen.

Das ehemalige RAW-Gelände soll als neues attraktives Wohnviertel umgestaltet und eine hochwertige Folgenutzung etabliert werden. Das Areal um den Hufeisensee ist auch im Zusammenhang mit der städtebaulichen Aufwertung des Stadtviertels Büschdorf auf dem Weg zu einem attraktiven und stark frequentierten Naherholungsgebiet, dass durch den Golfplatz bereits eine hochwertige Nutzung erfahren hat.

Die derzeit noch untersagte Nutzung als Badegewässer für den Hufeisensee steht stark im Fokus einer breiten Öffentlichkeit, die mit Vehemenz eine Nutzung als Badegewässer fordert (und diese Nutzung bereits vornimmt).

Unter Berücksichtigung dieser aktuellen Randbedingungen wird seitens des Gutachters der aktuell erreichte Zustand der Sanierung in Bezug auf das Schutzgut Grundwasser und insbesondere das Oberflächengewässer Hufeisensee – auch unter Berücksichtigung von Verhältnismäßigkeitsaspekten – als nicht akzeptabel bewertet. Das bedeutet, dass eine Neukonzeption zur Sanierung des LHKW-Grundwasserschadens erforderlich ist.

6.8 Vorläufiger grundwasserbezogener Sanierungsansatz

6.8.1 Kernpunkte zum Schadensbild

Zunächst sollen noch einmal als Ausgangspunkt für die Ableitung eines vorläufigen grundwasserbezogenen Sanierungsansatzes die Kernpunkte zum Schadensbild zusammengefasst werden.

- Die Eintragsquelle des Schadens ist bekannt, es handelt sich um die ehemalige TRI-Grube. Hier erfolgte über mehr als 50 Jahre der Eintrag von großen Mengen an Trichlorethen (TCE), untergeordnet auch Tetrachlorethen (PCE). Eingetragen wurden vermutlich mehrere dutzend Tonnen.
- Die LHKW-Phase drang in den Geschiebemergel ein. Innerhalb des Geschiebemergelpaketes erfolgte die laterale Ausbreitung insbesondere in Richtung Nordosten. Durch die MIP-Sondierung (insbesondere MIP05) wurde nachgewiesen, dass gegenwärtig noch immer massive LHKW-Phasenmengen im Geschiebemergel vorhanden sind.
- Die LHKW-Phase durchdrang den Geschiebemergel und sickerte in die darunter folgenden Kiese und Sande des GWL15 ein. Dort sickerte die LHKW-Phase bis an die Basis und imprägnierte dabei die Kiese und Sande. Die LHKW-Imprägnationen im GWL 15 sind durch die hydraulische Sanierung weitgehend beseitigt.
- An der Basis des GWL15 kam es zu einer Akkumulation von großen Phasenmengen („Pools“).
- Der Eintragsbereich der ehemaligen TRI-Grube befindet sich auf einem morphologischen Sporn an der Talschulter der pleistozänen Rinne. In südlicher und östlicher Richtung sinkt die Basis des Grundwasserleiters 15 ab. Die LHKW-Phase sickerte daher dem morphologischen Gefälle folgend in südliche und östliche Richtung.
- Der GWL15 wird durch tertiäre Sedimente unterlagert. Hierbei handelt es sich um Wechsellagerungen von Feinsanden bzw. Tonen/Schluffen. Die Tone/Schluffe wurden durch Diffusionsprozesse imprägniert.

- In den Bereichen, in denen die Feinsande die Basis des GWL15 bilden, drang die LHKW-Phase in diese Feinsande ein.

Die tertiären Feinsande werden südöstlich des Projektareals durch die Erosionsrinne des GWL15 angeschnitten. Hier erfolgt ein Schadstoffeintrag aus den Feinsanden in den GWL15 (gelöst und/oder als LHKW-Phasen).

- Durch die Braunkohleimprägnationen in den tertiären Feinsanden werden organische Stoffe in das Grundwasser eingelöst, die zu einer reduktiven Dechlorierung von PCE/TCE zu cDCE führen.
- Die LHKW-Fahne weist eine vergleichsweise große Breite auf (ca. 170 m). Im Ergebnis der ergStU könnten zwei verschiedene Strombahnen differiert werden:

Nordöstliche Strombahn – hier erfolgt ein direkter Abstrom im GWL15 ohne einen relevanten Einfluss der tertiären Feinsande, diese Fahne ist PCE/TCE dominiert, die aktuelle Grundwassersanierung führt zu einer deutlichen Verringerung der LHKW-Konzentrationen; durch die Grundwasserförderung im Abstrom wird diese Strombahn nicht hydraulisch erfasst.

Südliche Abstrombahn – diese Fahne wird vorrangig durch Quellen in den tertiären Feinsanden gespeist, die zu einer reduktiven Dechlorierung bereits im quellenahen Abstrom führen; die Fahne ist entsprechend cDCE-dominiert; die hydraulische Sanierung im Schadenszentrum hat nur geringen Einfluss auf die Schadstofffrachten in der Fahne, allerdings erfolgt im Abstrom eine Förderung in dieser Fahne (2 m³/h); die Sanierungswirkung ist jedoch vergleichsweise gering.

- In der ersten Phase der Sanierung erfolgte eine Förderung von insgesamt ca. 8 m³/h, aktuell liegt die Förderung bei etwa 4,5 m³/h.
- Eine Abschätzung ergab eine Durchflussmenge im Bereich der Fahne von etwa 40 m³/h. Die LHKW-Fracht wurde mit 200 kg/Jahr abgeschätzt. Diese Abschätzung verdeutlicht, dass die Fördermengen der Sanierung im Hinblick auf die hydraulischen Verhältnisse des Schadens unzureichend sind.
- Weitere LHKW-Eintragsquellen auf dem Gelände des ehemaligen RAW-Geländes können mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.
- Von allen anderen Altlastenverdachtsflächen des ehemaligen RAW-Geländes gehen keine relevanten Grundwasserbelastungen aus. Die Grundwasseruntersuchungen im Rahmen des Grundwasserscreening auf die nutzungsbezogenen Parameter ergaben keine relevanten Schadstoffkonzentrationen. Geringfügig erhöhte Schadstoffgehalte für MKW und PAK sind auf geringe Mengen an kontaminierten Sickerwässern zurückzuführen.
Grundwasserbezogen besteht für alle Altlastenverdachtsflächen mit Ausnahme der TRI-Anlage kein weiterer Untersuchungs- und/oder Sanierungsbedarf.
- Beim LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage handelt es sich um einen Grundwasserschaden, der noch immer eine erhebliche Dimension aufweist (jährliche Schadstofffracht in der Fahne von 200 kg LHKW nach 13-jähriger Sanierung).
- **Mit der aktuellen Sanierungskonfiguration sind die behördlich verankerten Sanierungsziele keineswegs erreichbar. Insofern ist eine Neukonzeption der Sanierung zwingend erforderlich.**
- Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen im Tertiär zeigen, dass die Feinsande unmittelbar im Liegenden des GWL15 in hydraulischem Kontakt mit dem quartären GWL stehen und im Fahnenbereich hohe LHKW-Gehalte aufweisen. Die tieferen tertiären grundwasserführenden Schichten unter dem Kohleschluff und den Braunkohleflöz weisen geringfügige LHKW-Befunde auf. Ein relevanter Schadstofftransfer in Richtung Hufeisensee kann aus den Ergebnissen aber nicht abgeleitet werden.

- ungeachtet der neu zu konzipierenden Sanierung im Bereich des RAW-Geländes ist mit einem relevanten Rückgang der LHKW-Gehalte im direkten Zustrom des Hufeisensees erst in 10 – 20 Jahren zu rechnen, daher sind zusätzliche Maßnahmen zur Fahnenanierung Zustrom zum Hufeisensee erforderlich, die im vorliegenden Bericht aus fördermitteltechnischen Gründen konzeptionell nicht berücksichtigt werden

6.8.2 Grundwasserbezogene Sanierungsziele

Ausgangspunkt bei der Neukonzeption der Sanierung des TRI-Schadens im ehemaligen RAW Halle ist die Formulierung von Sanierungszielen, die an die aktuellen Projektrahmenbedingungen angepasst sind, wie folgt:

- a. Der Schadstoffaustrag über den GWL 15 aus den Quellen, die im Zusammenhang mit der TRI-Anlage in den Untergrund gelangten, soll innerhalb eines Zeitraumes von max. 10 Jahren auf ein ausreichend niedriges Konzentrationsniveau für LHKW im quellnahen Abstrom gesenkt werden. Diese Zielstellung erfordert, dass die Nachlieferung von Schadstoffen in die Fahne deutlich minimiert wird.
- b. Die Senkung der LHKW-Konzentrationen an der Kontrollebene K3 (unmittelbar vor Zustrom zum Hufeisensee) soll auf ein der Schutzgutsituation angepasstes Konzentrationsniveau gesenkt werden.

Diese Zielstellung berücksichtigt die aus ordnungsrechtlicher Sicht hohe Schutzwürdigkeit für das Oberflächengewässer Hufeisensee, der zunehmend als prägendes Landschaftselement für den Ostteil der Stadt Halle wahrgenommen wird. Die Herstellung eines gefahrlosen Zustandes würde erheblich zur Imageverbesserung für den gesamten Osten der Stadt Halle beitragen und so auch die Attraktivität des neuen RAW-Areals verbessern¹⁶.

Die konkrete Ausgestaltung der Sanierungsziele im Hinblick auf

- die Anpassung der Sanierungszone,
- die Formulierung von Sanierungszielwerten,
- die Festlegung von Sanierungszeiträumen

sollte im Rahmen der Sanierungsplanung erfolgen (Lph. 2 Vorplanung und Lph. 3 Entwurfsplanung nach HOAI). Im Rahmen der Genehmigungsplanung erfolgt dann die Abstimmung und Festsetzung der fortgeschriebenen Sanierungsziele mit Sanierungszonen und Sanierungszielwerten (vgl. Handlungsempfehlungen in Kap. 9).

Bei der Festlegung von Sanierungszielen ist zu berücksichtigen, dass ungeachtet des Sanierungsansatzes für die Quelle im Abstrom der dann abgerissenen Fahne über einen längeren Zeitraum von 10 bis 20 Jahren noch mit relevanten Schadstoffkonzentrationen zu rechnen ist und weiter LHKW in den Hufeisensee strömen. Daher sind aus Sicht des Gutachters ungeachtet der Maßnahmen in den Quellen ergänzende Sanierungsmaßnahmen in der Fahne im Umfeld des Hufeisensees erforderlich. Diese Maßnahmen können aus förderrechtlichen Gründen nicht im Rahmen der Revitalisierung des RAW-Geländes erfolgen, so dass im vorliegenden Bericht hierzu keine weiteren Betrachtungen erfolgen.

Im vorliegenden Bericht wird daher nur das Sanierungsziel a. berücksichtigt.

¹⁶ In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass weitere Schadstoffeinträge über das Grundwasser in den Hufeisensee aus Quellen außerhalb des ehemaligen RAW-Geländes liegen. Empfohlen wird hier eine Gesamtkonzeption zur Verbesserung der Wasserqualität des Hufeisensees.

6.8.3 Variantenvorauswahl

Zunächst soll eine einfache Variantenvorauswahl erfolgen, um grundsätzlich geeignete Sanierungsverfahren zum Erreichen der vorgenannten Sanierungsziele zu ermitteln. Die Variantenvorauswahl erfolgt tabellarisch in der folgenden Matrix. Grundsätzlich geeignete Verfahren sind grün, nicht geeignete Verfahren gelb hinterlegt.

Variantenvorauswahl für die grundwasserbezogene Sanierung

Ziel: maßgebliche Senkung der Schadstoffausträge aus der Quelle

Dekontamination	Bodenaustausch	konventionell ("Auskoffern") --> Tiefe bis 25 m	
		Großbohrungen	
		Wabenverfahren --> Findlinge, Steinsohle GWL 15	
	hydraulische Verfahren	GW-Förderung in Brunnen --> Förderung muss als Abstromsicherung über sehr lange Zeiträume erfolgen	Vertikalbrunnen
			Horizontalbrunnen
		GW-Förderung in Drainagen --> Förderung muss als Abstromsicherung über sehr lange Zeiträume erfolgen	
		GW-Zirkulationsverfahren --> Förderung muss als Abstromsicherung über sehr lange Zeiträume erfolgen	
		Phasenentnahme --> keine funikularen Phasen nachweisbar	
	physikalisch-chemische in situ-Verfahren	in-situ chemische Oxydation (ISCO) für LHKW ungeeignet	Ozon
			Wasserstoffperoxid
			Kalium- oder Natriumpermanganat
			Persulfate
			Feton's Reagenz
		in-situ chemische Reduktion (ISCR)	HCR-Verfahren
			Flüssigaktivkohle
		Micro-, Nanoeisen	
	pneumatische Maßnahmen	Bodenluftabsaugung	
		Airsparging	
	biologische in situ-Maßnahmen	Nährstoffinfiltration	
		Aerobisierung	
		Reduktionsverfahren	
		Bioventing	
	thermische in situ Behandlung	Thermostripping	
		Dampf-Luft-Injektion	
		feste Wärmequelle	
		Radiowellen	
	reaktive Wände	Sauerstoffwände	
		Eisenwände	
	MNA als Handlungsoption --> massiver Schaden (Schadstoffaustrag überd as GW ca. 200 kg/a)		
	Einkapselung	Dichtwände	
		Schmalwände	
		Spundwände	
	Immobilisierung		
Oberflächenabdichtung			
unterstützende Verfahren	Mobilisierung durch Stoffzugabe	Lösungsmittel	
		Tenside	
	dynamische Mobilisierung	mechanische Energie	

Abb. 6-39 Variantenvorauswahl GW-bezogene Sanierung des LHKW-Schadens der TRI-Anlage
Bodenaustausch

Ein Bodenaustausch der LHKW-Quellen ist ausschließlich mittels Großlochbohrungen möglich, da konventionelle Verfahren aufgrund der Tiefenlage der tertiären Feinsande bis 22 m

ungeeignet sind. Das Wabenverfahren kann aufgrund von Findlingen im Geschiebemergel und der Steinsohle mit Grobkiesen an der Basis des GWL15 nicht ausgeführt werden.

Großlochbohrungen besitzen den Vorteil, dass die Quellen restlos beseitigt werden, für eine Sanierung mittels Großlochbohrungen ist jedoch eine detaillierte Kenntnis zur Lage der relevanten Quellen erforderlich.

Hydraulische Verfahren

Sämtliche hydraulische Verfahren (Grundwasserförderung im Schadenszentrum und/oder im Abstrom, ggf. in Kombination mit der Reinfiltration von Grundwasser als Spülkreislauf oder die Fassung von Wässern in Drainagen) sind bei geeigneter Konfiguration grundsätzlich geeignet den Abstrom aus den Quellen zu verhindern. Durch die hydraulische Fassung von kontaminierten Wässern werden jedoch die aktuell noch wirksamen schwer zugänglichen Quellen kaum reduziert, so dass die hydraulische Sanierung über einen sehr langen Zeitraum (viele Dekaden) erforderlich wäre.

Physikalisch-chemische In-situ-Verfahren

Physikalisch-chemische In-situ-Verfahren, die auf der Basis einer Reduktion der LHKW beruhen, sind grundsätzlich zur Quellenreduzierung geeignet (HCR-Verfahren, Flüssigaktivkohle, Mikro- oder Nanoeisenverfahren). Problem bei den In-situ-Verfahren ist jedoch die Erreichbarkeit der LHKW-Quellen in den bindigen bzw. feinsandigen Sedimenten, so dass die Schadstoffreduktion nur unvollständig erfolgt.

Einen Sonderfall stellt der Einsatz von Flüssigaktivkohle dar, da diese Aktivkohle im Grundwasserleiter gleichzeitig als Abstromsicherung wirken (die gelösten Schadstoffe werden im Abstrom adsorbiert). Allerdings ist auch hier eine fortlaufende Nachlieferung von Flüssigaktivkohle in den Untergrund erforderlich.

Biologische In-situ-Maßnahmen, ENA

Darunter versteht man Maßnahmen zur Stimulierung des mikrobiellen Schadstoffabbaus, die i.d.R. in der Fahne angewendet werden. Durch Mikroorganismen erfolgt eine Dechlorierung der LHKW. Für verschiedene Abbauschritte sind jedoch verschiedene Milieubedingungen im Grundwasser erforderlich (er Abbau bis zum cDCE erfolgt i.d.R. reduktiv, der Abbau von cDCE zu VC und schließlich zum Ethen oxidativ).

Bei der Anwendung biologischer Verfahren bestehen erfahrungsgemäß jedoch Risiken hinsichtlich der Bildung von großen Mengen an Vinylchlorid, das eine deutlich höhere Toxizität gegenüber den TCE/PCE und cDCE besitzt. Aufgrund der hohen Schutzgutsensibilität des Hufeisensees werden daher biologische In-situ-Verfahren aufgrund der hohen Ausführungsrisiken als nicht bevorzugte Maßnahmen bewertet.

Thermische In-situ-Behandlungen

Thermische In-situ-Behandlungen besitzen eine vergleichsweise hohe Verfahrenssicherheit, da anders als bei biologischen oder physikalisch-chemischen In-situ-Verfahren auch Kontaminationen in bindigen und feinsandigen Sedimenten erreicht werden. Allerdings sind diese Verfahren aufgrund des sehr hohen Energieaufwandes faktisch nur für kleinräumige Schäden anwendbar und damit für den vorliegenden Schaden unwirtschaftlich.

Reaktive Wände, funnel&gate

Bei den reaktiven Wänden wären reduktiv wirkende Wände (bspw. Eisenwände) grundsätzlich anwendbar, bei denen eine reaktive Dechlorierung der LHKW erfolgt. Auch hierbei handelt es sich um eine Maßnahme zur Abstromsicherung, die über einen sehr langen Zeitraum (mehrere Dekaden) betrieben werden muss.

Die Fahne weist zudem eine große Breite auf (ca. 170 m) und schneidet diagonal den Bahndamm. Eine reaktive Wand müsste damit eine sehr große Breite mit einer Vielzahl an Gates besitzen. Aufgrund der Konfiguration am Standort sind reaktive Wände daher unwirtschaftlich.

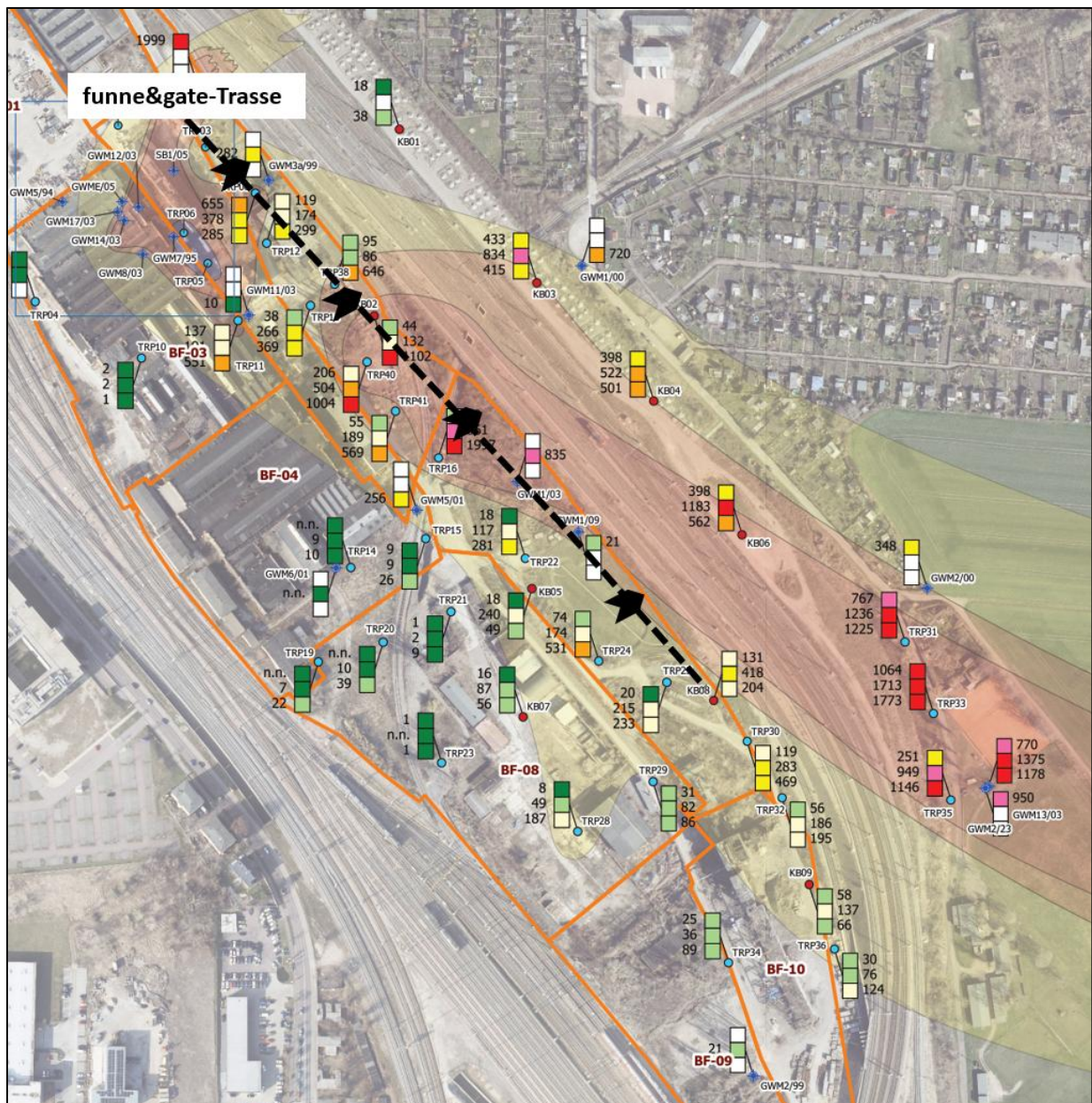


Abb. 6-40 Prinzipiskeizze für eine funnel&gate-Trasse

Einkapselungen

Bei einer Einkapselung des Schadens wird der Schadstoffaustrag durch die hydraulische Abriegelung vollständig verhindert. Der Wartungsaufwand für eine Einkapselung ist relativ gering. Nachteil ist, dass die Grundwasserbelastung innerhalb der Einkapselung unverändert bestehen bleibt, sofern nicht innerhalb der Einkapselung zusätzliche Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Unterstützende Verfahren

Neben diesen klassischen Sanierungsverfahren existieren Verfahren zur Unterstützung verschiedener Sanierungsmethoden (vorrangig hydraulische Sanierungsverfahren), die auf einer Mobilisierung von Schadstoffen aus dem Untergrund beruhen. Die Mobilisierung kann durch Zugabe von Stoffen (Lösungsmittel, Tenside) oder durch den Eintrag von mechanischer Energie realisiert werden. Grundsätzlich sind diese Methoden zur Forcierung der Schadstofffreisetzung am Standort geeignet, sofern entsprechende Grundverfahren zum Ansatz gebracht werden.

Unter fachlichen und wirtschaftlichen Aspekten kommen folgende Verfahren am Standort grundsätzlich in Frage:

- Bodenaustausch durch Großlochbohrungen (Dekontamination)
- Hydraulische Verfahren (Abstromsicherung)
- Einkapselung (Sicherungsverfahren mit sehr geringen Betriebskosten).

Je nach Grundverfahren können zur Ergänzung weiterer Verfahren die In-situ-Verfahren wie die Injektion von Flüssigaktivkohle oder Verfahren zur Schadstoffmobilisierung ergänzend eingesetzt werden.

6.8.4 Szenarienbetrachtungen

Im vorherigen Kapitel erfolgte eine Vorauswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsmaßnahmen. Die Auswahl wurde unter der Zielstellung getroffen, dass der Schadstoffabstrom, der von den Quellen der ehemaligen TRI-Anlage ausgeht, weitgehend unterbunden wird, so dass kurz- bis mittelfristig kein relevanter Schadstoffabstrom vom RAW-Gelände mehr erfolgt.

Für die drei grundsätzlich geeigneten Verfahren soll nachfolgend eine Szenarienbetrachtung erfolgen. Dabei wird zunächst jeweils eine prinzipielle Sanierungskonfiguration erarbeitet und eine Grobkostenschätzung erstellt. Weiterhin werden die Vor- und Nachteile der Verfahren skizziert.

Die abschließende Auswahl einer Vorzugsvariante erfolgt dann im Rahmen der Planung für die Altlastensanierung im Ergebnis eines fundierten Variantenvergleiches.

6.8.5 Szenario 1 - Hydraulische Sicherung

Konfiguration

Bei diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass durch die Förderung von Grundwasser der gesamte Abstrom aus den Quellen (einschließlich der Sekundärquellen) hydraulisch gefasst wird. Das kontaminierte Grundwasser wird in einer Grundwasserreinigungsanlage gereinigt und reinfiltriert.

Bei der Konfiguration der hydraulischen Sanierung sind verschiedene Ansätze möglich:

- Kombination aus Quellenreduzierung und Abstromsicherung (dieser Ansatz wird bei der aktuellen Grundwassersanierung verfolgt), dabei werden Förderbrunnen sowohl im Schadenszentrum als auch im Abstrom zur Abstromsicherung positioniert
- reine Abstromsicherung (hier werden die Förderbrunnen ausschließlich im Abstrom positioniert)
- Aufbau eines Spülkreislaufes durch Infiltration der gereinigten Grundwässer im Anstrom

Grundsätzlich sind hydraulische Maßnahmen für eine nachhaltige Quellenreduzierung nur bedingt geeignet, da der gering durchlässige Porenraum (bindige Sedimente und Feinsande) durch die hydraulischen Maßnahmen nur sehr begrenzt erreicht wird. Trotzdem ist der Effekt der Quellenreduzierung bei einer zusätzlichen Förderung im Schadenszentrum höher als bei einer reinen Abstromsicherung, so dass (zumindest theoretisch) die Sanierung über einen kürzeren Zeitraum erfolgen muss. Daher wird bei der vorliegenden Betrachtung davon ausgegangen, dass Förderbrunnen sowohl im Schadenszentrum als auch im Abstrom positioniert werden.

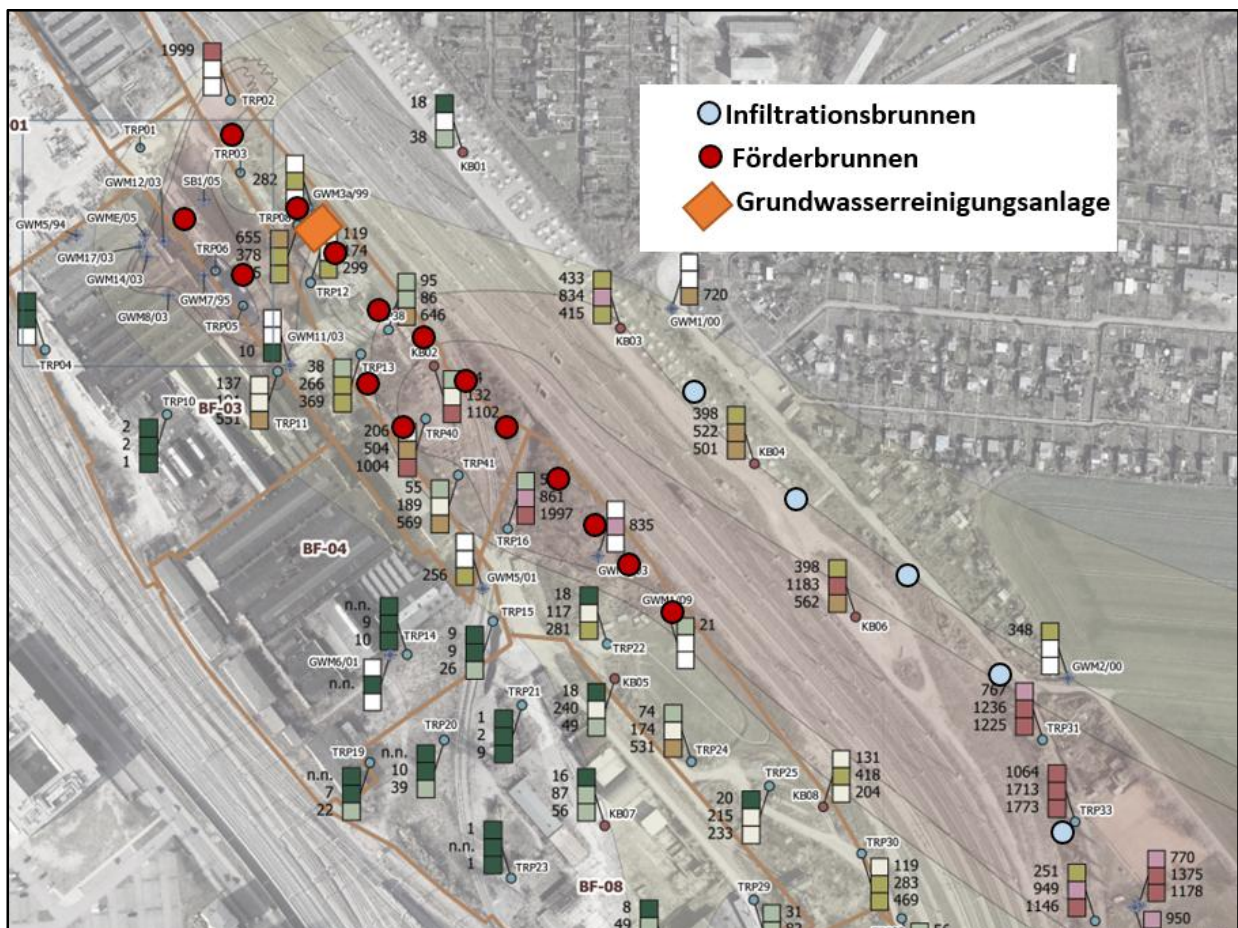
Der Vorteil der Reinfiltration von gereinigtem Grundwasser im Anstrom ist, dass dadurch ein Spülkreislauf initiiert wird, was letztlich zur höheren Strömungsgeschwindigkeit im Untergrund führt, was wiederum zu höheren Austragsmengen führen soll. Nachteil ist, dass bei diesem Spülkreislauf häufig nur die gut wegsamen Porenräume durchströmt und der gering durchlässige Porenraum noch weniger erfasst wird. Weiterhin erhöhen sich die Betriebskosten der hydraulischen Maßnahme, da deutlich größere Wassermengen gefördert werden müssen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass am Standort ungünstige hydrogeologische Verhältnisse in

Bezug auf die Reinfiltration von gereinigtem Grundwasser im Anstrom bestehen (geringe Mächtigkeit des GWL15). Daher wird bei dem Szenario davon ausgegangen, dass die gereinigten Grundwässer im Abstrom reinfiltiert werden.

Entscheidend für den Erfolg der hydraulischen Maßnahme ist, dass der gesamte Abstrom hydraulisch erfasst wird. Dazu ist im Abstrom eine entsprechende Brunnengalerie erforderlich, deren Entnahmebreiten sich überlagern. Zudem muss die Fördermenge ausreichend groß sein, damit der gesamte Anstrom zur Brunnengalerie hydraulisch gefasst wird. Die bei der aktuellen Sanierung sind die Fördermengen (Anfangsphase 8 m³/h, aktuell 4,5 m³/h) deutlich zu niedrig, um die Fahne vollständig zu fassen (Durchflussmenge geschätzt 40 m³/h). Daher strömen aktuell jährlich etwa 200 kg LHKW über die Fahne ab.

Für die Planung der hydraulischen Maßnahme ist ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erforderlich.

In der folgenden Abbildung ist eine beispielhafte Positionierung der Förderbrunnen und der Infiltrationsbrunnen dargestellt.



Die Reinfiltration des gereinigten Grundwassers soll in fünf Infiltrationsbrunnen erfolgen, die östlich des Bahndamms am Kanenaer Weg platziert werden. Die Infiltrationsleitung soll durch den bestehenden Eisenbahntunnel verlegt werden.

Vorteile

- Das Grundwasser im GWL15 ist praktisch nur mit LHKW belastet, organisch abbaubare Schadstoffe wie MKW oder BTEX sind nicht in den Größenordnungen enthalten. Weiterhin ist kein VC in Grundwasser vorhanden, so dass eine einfache Abreinigungstechnologie (Strippung und Abreinigung über Aktivkohle) zur Anwendung kommen kann (analog der bestehenden GWRA). Die spezifischen Reinigungskosten je m³ sind daher vergleichsweise niedrig.
- Die Sanierungsinfrastruktur für die hydraulische Sicherung (Brunnen, Leitungen und Grundwasserreinigungsanlage) lassen sich gut in das zukünftige Nutzungslayout integrieren.
- Das Verfahren ist variabel und kann in Abhängigkeit der Randbedingungen angepasst werden (Außerbetriebnahme von Brunnen, Verringerung der Fördermengen etc.).
- Sofern sich im Zuge der Sanierung zeigt, dass Sekundärphasen auch unterhalb des Bahndamms in relevantem Umfang vorhanden sind, könnte die Sanierungskonfiguration mit verhältnismäßig geringem Aufwand angepasst werden (Betrieb zusätzlicher Brunnen am Kanenaer Weg).
- Der weitere Erkundungsaufwand für die Planung der hydraulischen Maßnahme ist vergleichsweise gering, da keine detaillierten Kenntnisse zu den Quellen notwendig sind und bei Erfordernis die Sanierungskonfiguration flexibel anpassbar ist.

Nachteile

- Im Schadenszentrum ist die Mächtigkeit des GWL15 relativ gering, so dass die Fördermengen hier hydraulisch begrenzt sind.
- Nach gegenwärtigem Kenntnisstand muss die hydraulische Sicherung auch für die tertiären Feinsande im Liegenden des GWL15 erfolgen. Die Förderung hier ist aufwendiger und die Wässer hinsichtlich ihrer Beschaffenheit problematischer (hoher TOC-Gehalt, geringeres Redoxpotential).
- Da eine nachhaltige Quellenreduzierung durch die hydraulische Maßnahme nur in geringem Umfang erfolgt, ist die Dauer der Maßnahme aktuell nicht abschätzbar. Erfahrungen vergleichbarer Schadensfälle, bei denen ein hydraulischer Sanierungsansatz verfolgt wurde, werden mittlerweile schon über 30 Jahre betrieben, ohne dass die Quelle ausreichend dekontaminiert wurde. Bei Beendigung von hydraulischen Maßnahmen ist in der Regel mit einem Rebound-Effekt zu rechnen (Wiederansteigen der Gehalte im Grundwasser).
- Der Bahndamm schneidet die Fahne in sehr spitzem Winkel. Dadurch sind verhältnismäßig viele Brunnen zur vollständigen hydraulischen Fassung des Abstroms erforderlich.
- Die Förderfähigkeit der Maßnahme ist fraglich und müsste geprüft werden.
- **Die Gesamtkosten für die Maßnahme sind insofern nicht kalkulierbar. Bei Kostenansätzen muss insofern zunächst ein willkürlicher Zeitraum zum Ansatz gebracht werden, ohne dass davon ausgegangen werden kann, dass nach Ablauf dieses Zeitraumes die Sanierung beendet werden kann („Ewigkeitsaufgabe“).**

Kostenschätzung

In Anlage 11.12 ist eine Kostenschätzung für dieses Szenario erarbeitet worden. Wie bereits dargestellt, ist die Dauer für die Notwendigkeit der hydraulischen Sicherung bislang nicht absehbar. In der Kostenschätzung wurde daher (willkürlich) ein Zeitraum von zunächst 20 Jahren zum Ansatz gebracht. Es ist zu erwarten, dass nach diesem Zeitraum die Sanierung nicht beendet werden kann.

Bei der Kostenschätzung wurde von einer Gesamtfördermenge von etwa 40 m³/h ausgegangen. Die Kostenschätzung wurde mit einer durchschnittlichen jährlichen Inflationsrate von 3 % und einem Mehrwertsteuersatz von 19 % gerechnet. Auf Grund der unkomplizierten Zusammensetzung der geförderten Grundwasser wird ein spezifischer EP für die GW-Reinigung von 2,00 EUR/m³ zum Ansatz gebracht (Kostenschätzung lt. Anlage 11.12).

Kostenschätzung für 20 Jahre: 26,2 Mio Euro¹⁷ (brutto)

6.8.6 Szenario 2 - Quellensanierung durch Austauschbohrungen

Konfiguration

Dieses Szenario sieht vor die LHKW-Quellen nahezu vollständig durch Austauschbohrungen (Großlochbohrungen) auszutauschen. Grundsätzlich ist das Verfahren gut für eine Quellenbeseitigung geeignet.



Abb. 6-42 Beispielfoto für eine Sanierung mittels Großbohrungen (Quelle: Bauer)

Die LHKW-Quellen liegen nach gegenwärtigem Kenntnisstand bis in einer Tiefe von ca. 22 m vor. Diese Sanierungstiefen sind mit Großlochbohrungen erreichbar, jedoch vergleichsweise aufwendig bei der Ausführung.

¹⁷ Gesamtkosten nicht kalkulierbar, dass eine Beendigung für eine hydraulische Maßnahme nicht absehbar ist

Die Planung der Großlochbohrungen mit dem Ziel die Schadstoffausträge weitgehend zu unterbinden, erfordert es ein detailliertes Erkundungsraster zur Lokalisierung aller noch vorhandenen Quellen.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist nicht damit zu rechnen, dass sich sekundäre Quellen (LHKW-Phase) bis unter den Bahndamm erstrecken. Mögliche Quellen unter dem Bahndamm wären durch Großlochbohrungen nicht erreichbar. Hier wären ergänzende In-situ-Verfahren zur Quellenreduzierung (bspw. der Einsatz von Flüssigaktivkohle) ergänzend erforderlich.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Skizze für eine Sanierungskonfiguration für die Quellenbeseitigung mittels Großlochbohrungen dargestellt.

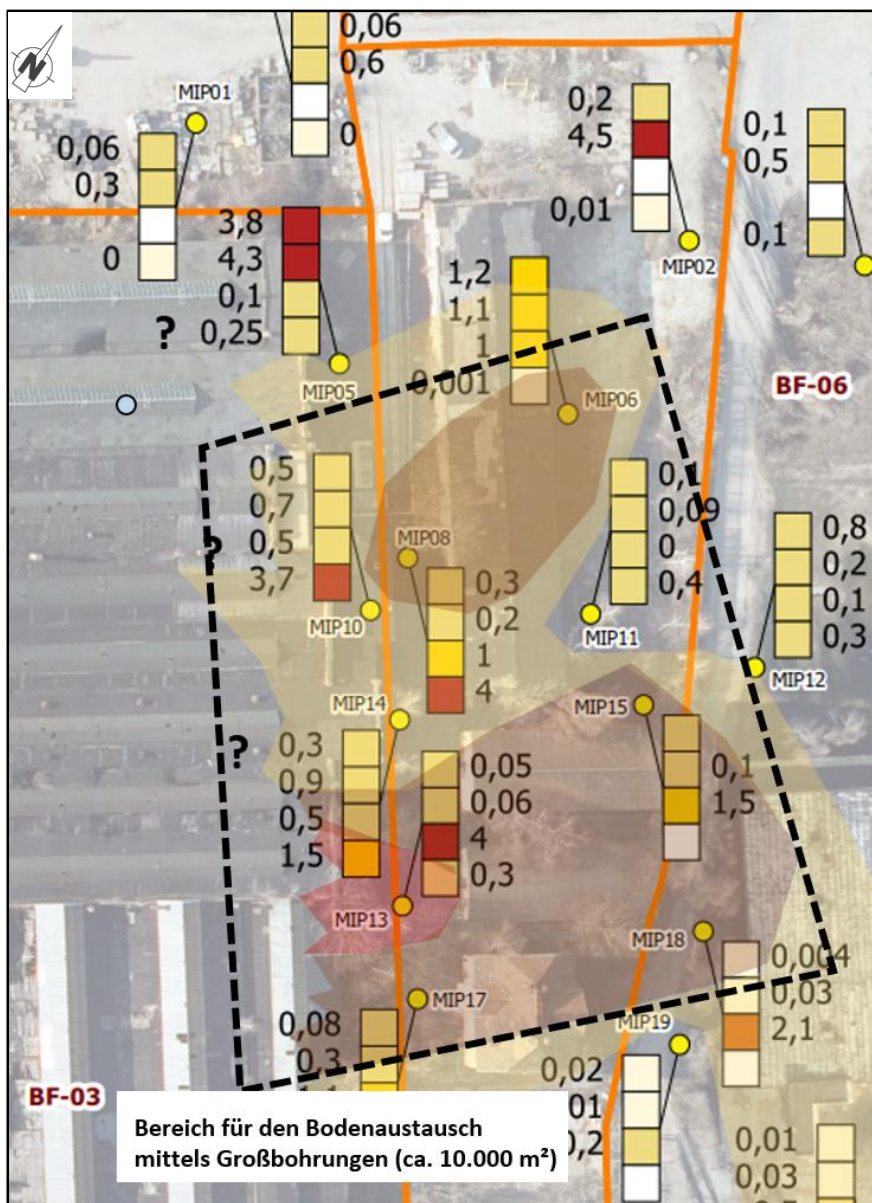


Abb. 6-43 Skizze für eine Sanierungskonfiguration zum Bodenaustausch mittels Großbohrungen

Als vorläufiger Austauschbereich wurde das Areal zum Ansatz gebracht, in dem für den GWL15 und/oder die im Liegenden folgenden tertiären Sedimente mittlere bis hohe LHKW-Belastungen in den MIP-Sondierungen nachgewiesen wurden. Das Areal erstreckt sich auf einer Fläche von ca. 10.000 m². Der Bohrrasterplan müsste im Rahmen der Planung angepasst werden.

Vorteile

- Sofern alle relevanten Quellen beim Bodenaustausch erfasst werden, kann das Sanierungsziel bereits nach kurzer Zeit erreicht werden (Sanierungsdauer ca. ein Jahr).
- Zudem ist die Sanierung nachhaltig, da nach Beseitigung des Quellpotenzials kein weiterer Schadstoffaustrag mehr erfolgt.
- Logistisch und technisch wären die Großlochbohrungen (nach der Baufeldfreimachung in den Baufeldern BF05 und BF06) unkompliziert umzusetzen.
- Bei diesem Szenario entstehen praktisch keine Folgekosten.

Nachteile

- Hohe Kosten werden beim Verfahren dadurch verursacht, dass die Bodenbelastung hauptsächlich an der Basis des GWL 15 bzw. in den darunter folgenden tertiären Sedimenten anzutreffen und damit nur wenige Meter mächtig sind. Um diese Bodenbelastung zu erreichen, muss aber der gesamte darüber liegende (unbelastete) Boden (Geschiebemergel, Kiessand des GWL 15) ausgebohrt werden.
- Problematisch aus geotechnischer Sicht ist auch die Rückverfüllung der Großlochbohrungen, da eine ausreichende Verdichtung des Baugrundes (insbesondere bei den großen Bohrteufen) nur schwierig erreichbar ist und entsprechende Setzungen über mehrere Jahre zu erwarten sind.
- Die Bohrungen müssen für eine vollständige Abdeckung überschritten angeordnet werden. Daraus resultiert systembedingt ein Mehraufwand beim Aushub von ca. 20%.
- Die Kosten für die Maßnahme sind sehr hoch.

Kostenschätzung

In Anlage 11.13 ist eine Kostenschätzung für dieses Szenario erarbeitet worden.

Bei der Kostenschätzung wurden eine Fläche von 10.000 m² und eine mittlere Bohrtiefe von 20 m zum Ansatz gebracht. Weiterhin wurde angenommen, dass ca. 50 % des zu entsorgenden Bohrgutes bindig ist (Geschiebemergel), 25 % kontaminiert ist und 25 % den Kiesen und Sanden des GWL15 zuzurechnen ist.

Die vergleichsweise hohen Kosten resultieren aus der Tiefenlage der Kontamination bis 22 m und der großen Fläche (Kostenschätzung lt. Anlage 11.13).

Kostenschätzung: 46 Mio Euro (brutto)

6.8.7 Einkapselung

Konfiguration

Das dritte Szenario, das betrachtet werden soll, sieht die Sicherung der LHKW-Quellen durch eine Einkapselung vor. Das Prinzip der Einkapselung beruht darauf, dass der Quellbereich durch eine hydraulisch wirksame Dichtwand umschlossen wird. Dadurch wird der Abstrom von kontaminiertem Grundwasser vollständig unterbunden, das kontaminierte Wasser verbleibt innerhalb der Einkapselung. Mit dem Verfahren kann innerhalb kurzer Zeit der Abstrom von kontaminiertem Wasser vollständig unterbunden werden.

Das Konzept sieht eine vollständige Einkapselung vor, so dass auch kein Zustrom von Grundwasser erfolgt.

Bezüglich der Einbindung der Dichtwand in den Untergrund liegen günstige Voraussetzungen am Standort vor. Als Einbindehorizont werden die tertiären Tone und Schluffe vorgesehen, die unter der tertiären Feinsandlage an der Basis des GWL15 anstehen (Einbindetiefe ca. 25 m).



Abb. 6-44 Beispielfoto für die Herstellung einer Dichtwand (Quelle: Bauer)

Die Boden- und Grundwasserkontaminationen verbleiben innerhalb des eingekapselten Bereiches, Der Verbleib der Kontaminationen im GWL15 und den darunter liegenden tertiären Schichten ist aufgrund der hohen Mächtigkeit des darüber liegenden Geschiebemergelpaketes für die Nachnutzung unkritisch.

Unter der Annahme einer jährlichen Grundwasserneubildung von 200 l/m^2 läge die Grundwasserneubildungsmenge innerhalb des eingekapselten Bereiches bei etwa $3.000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$, das entspricht einer Menge von etwa $8 \text{ m}^3/\text{Tag}$ bzw. $0,35 \text{ m}^3/\text{h}$.

Bei der Neubebauung des eingekapselten Bereiches sollte eine möglichst hohe Flächenversiegelung angestrebt werden, um die Neubildungsmengen innerhalb der Einkapselung zu minimieren. Versiegelte Flächen sollten vollständig entwässert werden. Versickerungen von Niederschlagswässern innerhalb der Einkapselung müssen untersagt sein. Unter diesen Voraussetzungen kann davon ausgegangen werden, dass nach Abschluss der Neugestaltung des Bereiches der Einkapselung die Neubildungsmengen deutlich niedriger liegen. Perspektivisch kann dann die Grundwasserhaltung innerhalb der Einkapselung weiter reduziert bzw. vollständig eingestellt werden¹⁸.

Im Konzept sehen wir vor im Schadenszentrum eine Förderung von Grundwasser in geringem Umfang vorzunehmen, um den Grundwasserspiegel innerhalb der Einkapselung konstant zu halten und das Quellpotential zu verringern. Dazu soll aus einem entsprechenden Förderbrunnen eine geringe Menge an Grundwasser (anfänglich angenommen $1 \text{ m}^3/\text{h}$) entnommen und über Aktivkohle abgereinigt werden.

¹⁸ Die tertiären Tone und Schluffe an der Basis des GWL15 bzw. der tertiären Feinsande innerhalb der Einkapselung weisen eine Restdurchlässigkeit auf, so dass geringe Wassermengen auch innerhalb der Einkapselung versickern. Ein Schadstofftransfer ist in Bezug auf diese Restdurchlässigkeiten nicht zu besorgen, da die tertiären Tone und Schluffe insbesondere aufgrund ihrer hohen Anteile an Kohleimprägnationen ein hohes Adsorptionspotential aufweisen.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Trassenverlauf der Dichtwand (als vorläufiges Konzept) dargestellt.

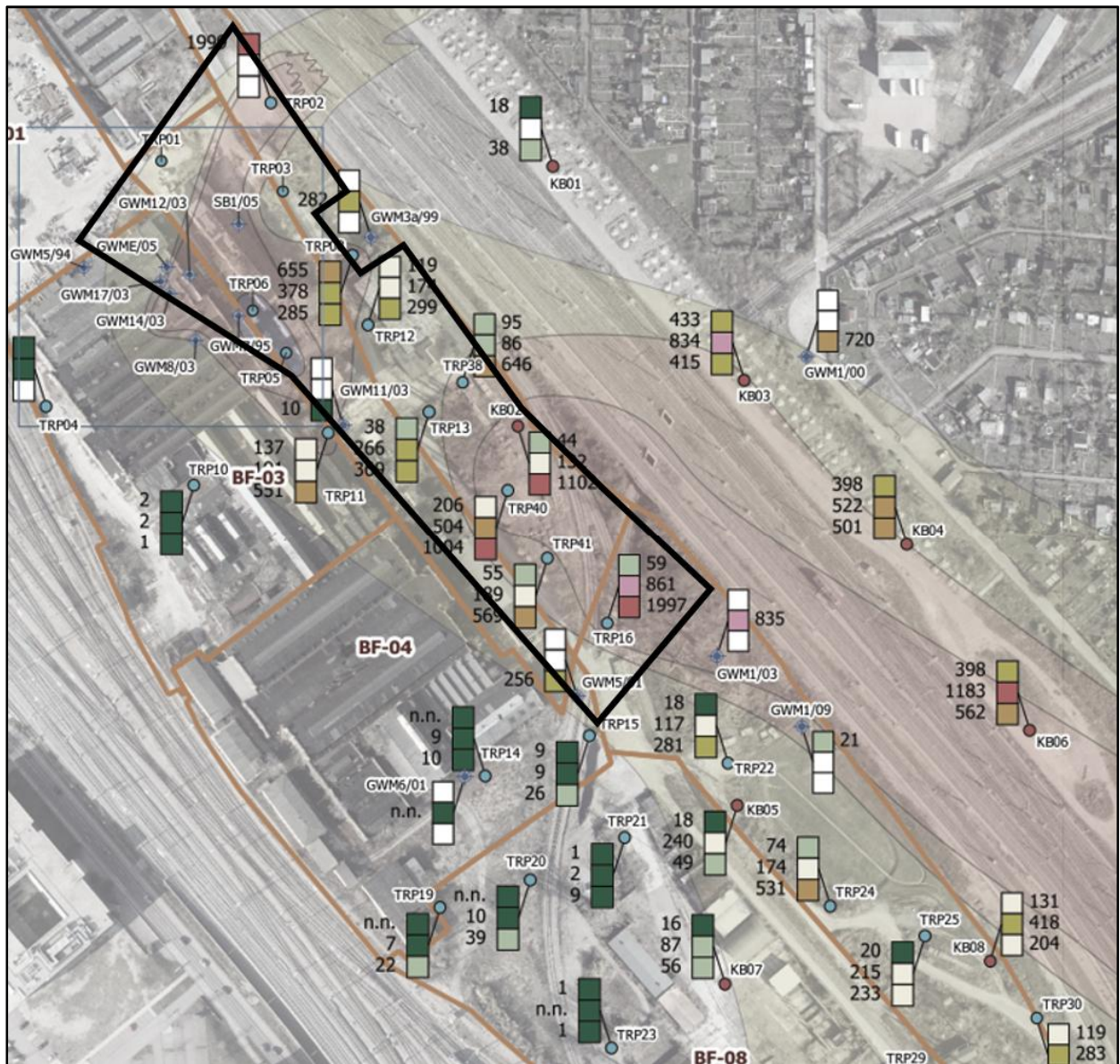


Abb. 6-45 Skizze für die Dichtwandtrasse

Die Dichtwandtrasse berücksichtigt den aktuellen Kenntnisstand zur Verbreitung der Quellen. Im Rahmen der Sanierungsplanung sind weitere Untersuchungen zu den Quellen durchzuführen.

Zudem müssen entlang der Dichtwandtrasse Bohrungen geteuft werden, um ein entsprechendes Abwicklungsprofil zu planen (insbesondere die Einbindetiefen).

Zur Untersuchung der Strombahnen sollten im Rahmen der planungsvorbereitenden Untersuchungen Tracerversuche (beispielsweise mit Uranin) durchgeführt werden.

Im Rahmen der Planung sollte zudem ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt werden, um die hydraulischen Auswirkungen der Einkapselung zu prognostizieren.

Außerdem müsste im Rahmen der Planung der Auswahl der Dichtwandart erfolgen (Schmalwand, mixed-in-place-Verfahren etc.)

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse ist nicht davon auszugehen, dass sekundäre Quellen sich bis unter den Bahndamm erstrecken. Sofern dies der Fall sein sollte, wären hier ggf. ergänzende grundwasserbezogene Maßnahmen wie die Injektion von Flüssigaktivkohle erforderlich.

Die Dichtwand müsste in den B-Plan aufgenommen werden.

Vorteile

- Mit dem Verfahren kann innerhalb kurzer Zeit der Abstrom von kontaminiertem Wasser vollständig unterbunden werden.
- Logistisch und technisch wären die Herstellung der Dichtwand nach der Baufeldfreimachung in den Baufeldern BF05 und BF06 unkompliziert umzusetzen.
- Die Herstellung von Dichtwänden entspricht dem Stand der Technik, so dass nur geringe Ausführungsrisiken bestehen. Zudem sind qualitätssichernde Maßnahmen im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung Standard.
- Der eingekapselte Bereich kann (mit Einschränkungen im Bereich der Dichtwandtrasse¹⁹) weitgehend uneingeschränkt überplant und bebaut werden.
- Der Wartungs- und Betriebsaufwand ist relativ gering. Sofern die Neubildungsmengen minimiert werden, kann perspektivisch vermutlich auf eine Grundwasserförderung verzichtet werden.

Nachteile

- Die Kontaminationen innerhalb der Einkapselung verbleiben im Untergrund („Konservierung“).

Kostenschätzung

In Anlage 11.14 ist eine Kostenschätzung für dieses Szenario erarbeitet worden.

Bei der Kostenschätzung wurden von der Errichtung einer Ein-Phasen-Dichtwand ohne statische Wirkung (Breite 60 cm) ausgegangen.

Zusätzlich wurde die Grundwasserförderung im Schadenszentrum mit 1 m³/h angenommen. Das Grundwasser wird gereinigt und außerhalb der Einkapselung reinfiltiert. In der Kostenschätzung (Anlage 11.14) wird davon ausgegangen, dass nach 15 Jahren die Grundwasserförderung eingestellt werden kann. Für weitere 5 Jahre erfolgt dann noch eine Überwachung der Einkapselung.

Kostenschätzung für 20 Jahre: 11,3 Mio Euro (brutto)

¹⁹ Die Überbaubarkeit der Dichtwand ist im Rahmen der Planung fachlich abzuleiten und abzustimmen.

6.8.8 Vorzugsvariante

In der folgenden Tabelle ist zunächst eine zusammenfassende Übersicht zum Vergleich der drei Szenarien dargestellt.

Tab. 6-4 Zusammenfassende Übersicht zum Szenarienvergleich

	Szenario 1 hydraulische Maßnahme	Szenario 2 Großlochbohrungen	Szenario 3 Einkapselung
Wirkprinzip	Förderung von Grundwasser zur hydraulischen Verhinderung des Abstroms von kontam. Grundwasser	Beseitigung der LHKW-Quellen durch Austauschbohrungen	Umschließung der LHKW-Quellen mittels Dichtwand zur Verhinderung des Abstroms von kontam. Grundwasser
Quellenbeseitigung	Beseitigung der Quellen nur sehr langsam	kurzfristige Beseitigung der Quellen	praktisch keine Beseitigung der Quellen („Konservierung“)
Dauer	Notwendigkeit zur Sanierung über einen nicht absehbaren Zeitraum, gleichbleibende hohe Betriebskosten	nach Abschluss des Bodenaustausches keine weiteren Maßnahmen erforderlich	praktisch keine Begrenzung der Wirksamkeit der Dichtwand, dauerhafte Überwachung erforderlich (geringer Aufwand)
Kosten 1. Jahr (brutto)	2,4 Mio EUR	46 Mio EUR	10,0 Mio EUR
Kosten Folgejahre (brutto)	ca. 1,2 Mio TEUR (perspektivisch steigend)	keine	68.000 EUR (perspektivisch sinkend)
Gesamtkosten bei 3 % Inflation (brutto)	nicht absehbar	46 Mio EUR	11,3 Mio EUR

Variante 1 ist wirtschaftlich ungeeignet, da die Dauer der Sanierung nicht absehbar („Ewigkeitsaufgabe“) und die Förderfähigkeit fraglich ist.

Variante 2 ist fachlich die beste Variante, ist aber mit sehr hohen Kosten verbunden.

Im Ergebnis des Szenarienvergleiches wird das Szenario 3 (Einkapselung) als Vorzugsszenario bewertet.

Die Einkapselung weist eine hohe Verfahrenssicherheit auf. Die Kosten liegen deutlich niedriger als beim Szenario 2 (Großlochbohrungen). Die laufenden Betriebs- und Wartungskosten sind vergleichsweise niedrig, perspektivisch ist mit sinkenden Kosten zu rechnen. Die langfristigen Kosten sind damit – auch in Bezug auf Inflationsrisiken – deutlich niedriger als bei Szenario 1.

Zudem lässt sich die Dichtwand gut in die Neukonzeption für das ehemalige RAW-Gelände integrieren. Die Einschränkungen für die Folgenutzung sind moderat. Langfristig muss eine Überwachung erfolgen, der Aufwand hier ist jedoch gering und beschränkt sich im Wesentlichen auf ein Grundwassermonitoring.

7 Nachnutzungsbezogene Betrachtung

7.1 Nutzungsbezogene Sanierung des LHKW-Schadens der TRI-Anlage

7.1.1 Nutzungsbezogene Sanierungsziele

Nachdem im Kap. 6 der LHKW-Schaden in Bezug auf das Schutzgut Grundwasser betrachtet und grundwasserbezogene Maßnahmen abgeleitet wurde, soll nachfolgend der Schaden in Bezug auf die geplante grundlegende Umnutzung des Projektareals betrachtet werden.

Wie in Kapitel 2.9 dargestellt, soll das ehemals industriell genutzte Areal hin zu einem modernen Stadtviertel mit multifunktionaler Nutzung transformiert werden. Hierbei ist in Bezug auf die Altlastenbewertung eine hohe Nutzungssensibilität zum Ansatz zu bringen. Eine hochwertige Altlastensanierung, bei der altlastenbezogene Risiken größtmöglich beseitigt werden, verbessert das Image und die Attraktivität des Standortes und damit auch die Vermarktungsfähigkeit. Gleichzeitig müssen die Maßnahmen angemessen, möglichst ressourcenschonend und klimafreundlich sein. Diese grundlegenden Randbedingungen sollen bei der nachfolgenden nutzungsbezogenen Betrachtung der Altlasten- und Umweltsituation zu Grunde gelegt werden.

Ausgangspunkt der nutzungsbezogenen Betrachtung ist die Formulierung von nutzungsbezogenen Sanierungszielen für den LHKW-Schaden wie folgt:

Die Nachnutzung im Bereich des LHKW-Schadens soll gefahrlos, ohne erhebliche Beeinträchtigungen und Nachteile ermöglicht werden.

Das bedeutet, dass die Sanierung des Schadens so erfolgen sollte, dass auch eine Nachnutzung mit hoher Nutzungssensibilität (beispielsweise eine Bebauung mit Unterkellerung) ohne zusätzliche bautechnische Sicherungsmaßnahmen wie den Einbau von Gasdichtungen etc. möglich sein soll. Zudem soll die Sanierung so erfolgen, dass bei Tiefbauarbeiten keine besonderen Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz für das „Arbeiten im kontaminierten Bereich“ erforderlich sind.

7.1.2 Bezug zur Nachnutzung

Der LHKW-Schaden wurde im Rahmen der ergStU durch MIP-Sondierungen und durch teufenorientierte Grundwasserbeprobungen untersucht. Die Grundwasserkontaminationen berühren die Folgenutzung in folgenden Belangen:

- Die in Kapitel 6.8.8 aufgezeigten grundwasserbezogenen Sanierungsmaßnahmen müssen in das Konzept zur Baufeldfreimachung und in das Nachnutzungskonzept technisch und organisatorisch integriert werden.
- Aus den Grundwasserbelastungen und den grundwasserbezogenen Sanierungsmaßnahmen ergeben sich Nutzungseinschränkungen wie das Verbot der Reinfiltration von Niederschlagswässern im Bereich der Einkapselung, ein Grundwassernutzungsverbot im Einflussbereich der LHKW-Fahne, das Verbot der Überbauung der Dichtwandtrasse und die Integration der Sanierungselemente (Förderbrunnen, Grundwasserreinigung etc.) in das zukünftige Nutzungslayout.

Von größerer Relevanz für die Folgenutzung sind dagegen die LHKW-Belastungen in der ungesättigten Bodenzone (Auffüllung und Geschiebemergel). Folgende potenzielle Wirkungspfade stehen dabei im Fokus:

- Ausgasungen von LHKW und Akkumulation in Gebäuden bei einer Überbauung der Bodenkontaminationen
- Risiken in Bezug auf eine Direktaufnahme von kontaminiertem Boden von auf der Fläche Verkehrenden
- Risiken bei Tiefbauarbeiten im Zuge von Neubebauungen.

7.1.3 Kernpunkte des Schadens

Zunächst sollen die Kernpunkte des Schadens im Hinblick auf diese nutzungsbezogenen Aspekte noch einmal zusammenfassend dargestellt werden. Dabei erfolgt ein Rückgriff auf die Ergebnisdarstellung der MIP-Sondierungen im Kapitel 6.5.2.

- Im Bereich der TRI-Anlage kam es zu massiven Einträgen von Trichlorethen, untergeordnet auch Tetrachlorethen. Die Lösemittel breiteten sich im Geschiebemergel aus.
- Informationen zu Bodenbelastungen in der Auffüllung (insbesondere im Bereich der ehemaligen Werkhalle) liegen nicht vor, da Untersuchungen in der Halle im Rahmen der ergStU nicht möglich waren. Im näheren Umfeld der TRI-Anlage ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit massiven Bodenbelastungen im Geschiebemergel zu rechnen. Die hohen Belastungen der MIP05, die unmittelbar an der östlichen Grenze der Werkhalle geteuft wurde, lassen zudem vermuten, dass sich die Bodenbelastungen innerhalb des Hallenkomplexes fortsetzen.

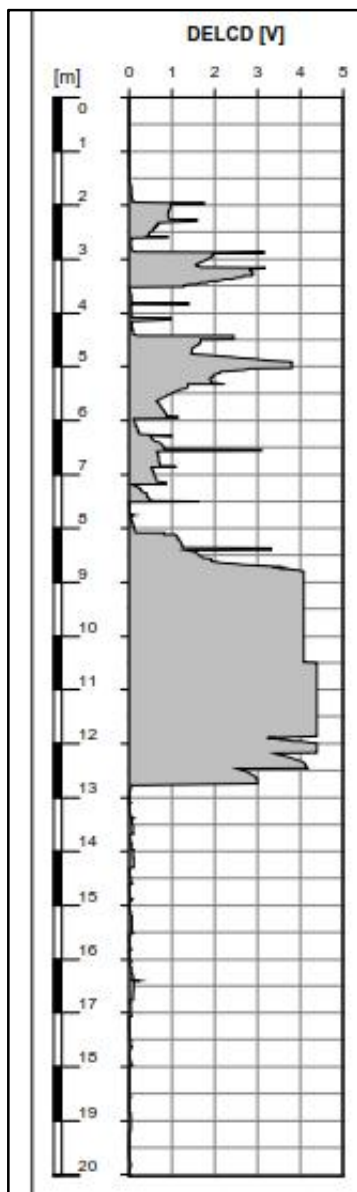


Abb. 7-1 DELCD-Profil der MIP05

Die höchste LHKW-Belastung ist im Teufenbereich zwischen 9 und 13 m anzutreffen. Auch auf den Teufenbereich zwischen 2 und 9 m sind hohe DELCD-Signale bis 4 Volt nachweisbar.

- Durch die MIP-Sondierungen konnten die LHKW-Belastungen im Geschiebemergel (außerhalb der Halle) eingegrenzt werden. Eine abschließende Abgrenzung des Belastungsbereiches im Geschiebemergel ist jedoch auf Basis der vorliegenden Untersuchungen nicht möglich, dies sollte nach der Baufeldfreimachung in den BF-05 und BF-06 erfolgen. In der folgenden Abbildung ist noch einmal die Abgrenzung der LHKW-Kontamination im Geschiebemergel nach dem aktuellen Kenntnisstand dargestellt.

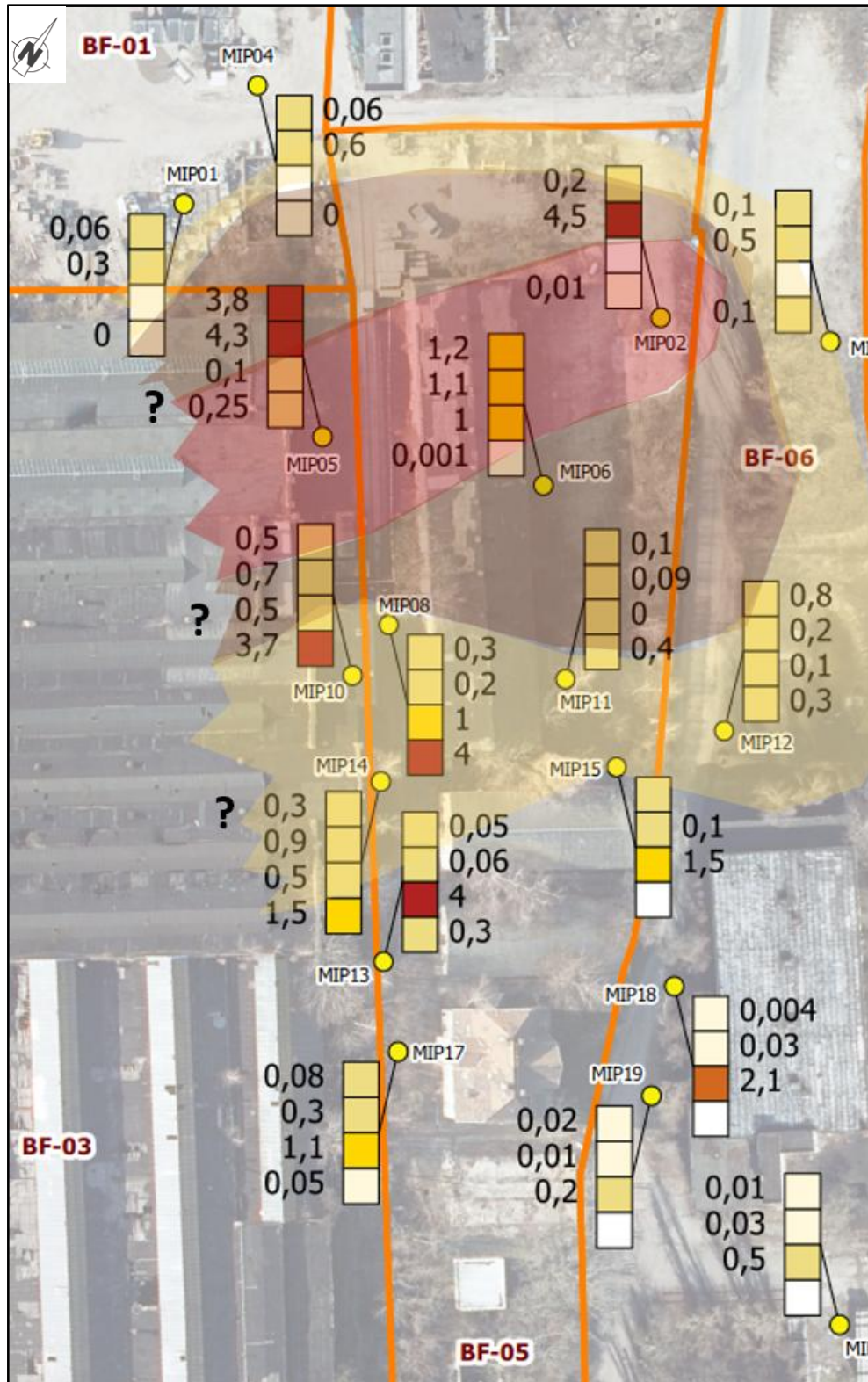


Abb. 7-2 Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im Geschiebemergel

Der Schwerpunkt der Belastung im Geschiebemergel liegt nördlich der ehemaligen TRI-Anlage. In der MIP05 ist sowohl der obere als auch der untere Teil des Geschiebemergels mit LHKW stark belastet, in der MIP02 erstreckt sich die Belastung nur im unteren Teil des Geschiebemergels. Hier erfolgte vermutlich eine laterale Ausbreitung der LHKW-Phase im GWL14, anschließend erfolgte die Kontamination des unteren Teils des Geschiebemergels mit LHKW.

Alle anderen MIP-Sondierungen wiesen im Geschiebemergel vergleichsweise niedrige DELCD-Befunde auf. Die Abgrenzung in Richtung Westen (Werkhalle) ist nicht möglich.

7.1.4 Variantenvorauswahl

Nachfolgend soll eine Variantenvorauswahl für nutzungsbezogene Gefahrenabwehrmaßnahmen erfolgen. Ziel der Gefahrenabwehrmaßnahmen ist eine gefahrlose Nachnutzung für den Bereich des LHKW-Schadens. Grundsätzlich geeignete Verfahren sind grün, nicht geeignete Verfahren gelb hinterlegt.

Variantenvorauswahl für die nutzungsbezogene Sanierung

Ziel: gefahrlose Nachnutzung für den Bereich des LHKW-Schadens

Dekontamination	Bodenaustausch	konventionell ("Auskoffern")	
		Großbohrungen	
		Wabenverfahren --> Findlinge, Steinsohle GWL 15	
	hydraulische Verfahren	GW-Förderung in Brunnen	Vertikalbrunnen
			Horizontalbrunnen
		GW-Förderung in Drainagen	
		GW-Zirkulationsverfahren	
		Phasenentnahme --> keine funikularen Phasen nachweisbar	
	physikalisch-chemische in situ-Verfahren	in-situ chemische Oxydation (ISCO) für LHKW ungeeignet	Ozon
			Wasserstoffperoxid
			Kalium- oder Natriumpermanganat
			Persulfate
			Feton's Reagenz
		in-situ chemische Reduktion (ISCR) bindige Sedimente	HCR-Verfahren
			Flüssigaktivkohle
			Micro-, Nanoeisen
	pneumatische Maßnahmen --> bindige Sedimente	Bodenluftabsaugung	
	Airsparging		
biologische in situ-Maßnahmen --> bindige Sedimente	Nährstoffinfiltration		
	Aerobisierung		
	Reduktionsverfahren		
	Bioventing		
thermische in situ Behandlung	Thermostripping		
	Dampf-Luft-Injektion		
	feste Wärmequelle		
	Radiowellen		
reaktive Wände	Sauerstoffwände		
	Eisenwände		
MNA als Handlungsoption --> massiver Schaden (Schadstoffaustrag überd as GW ca. 200 kg/a)			
Sicherung	Einkapselung	Dichtwände	
		Schmalwände	
		Spundwände	
	bauliche Sicherungsmaßnahmen	Gasdichtung, Gasdrainagen, gasdichte Bauweise etc.	
Immobilisierung			
Oberflächenabdichtung			
unterstützende Verfahren	Mobilisierung durch Stoffzugabe	Lösungsmittel	
		Tenside	
	dynamische Mobilisierung	mechanische Energie	

Abb. 7-3 Variantenvorauswahl nutzungsbezogene Sanierung des LHKW-Schadens der TRI-Anlage

Bodenaustausch

Grundsätzlich technisch geeignet sind Maßnahmen, bei denen der kontaminierte Boden ausgetauscht wird. Dies kann entweder konventionell mittels Erdbautechnik („Auskippen“) oder durch Großbohrungen erfolgen. Großbohrungen sind dann eine wirtschaftliche Alternative, wenn bei konventionellen Bodenaustauschmaßnahmen erhebliche Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig sind.

Am Standort ist in einer Tiefe von etwa 5 m ein Schichtenwasserhorizont (GWL14) anzutreffen. Dieser Schichtenwasserhorizont weist eine geringe Ergiebigkeit auf, so dass bei konventionellen Tiefbauarbeiten eine einfache Bauwasserhaltung ausreicht.

Unterhalb des Geschiebemergelhorizontes folgt im Teufenniveau von etwa 12 m unter GOK der GWL15, der eine hohe Wasserführung aufweist. Der Druckwasserspiegel liegt im Schadenszentrum bei etwa 96 m NHN und damit etwa 11 m unter GOK.

Das bedeutet, dass bis zu einer etwaigen Aushubtiefe von etwa 11 m keine aufwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig wären. Insofern ist unter Berücksichtigung der vorliegenden Sanierungsziele ein konventioneller Bodenaustausch deutlich günstiger als ein Austausch mittels Großbohrungen.

Thermische In-situ-Behandlungen

Grundsätzlich ist eine Dekontamination von LHKW-belastetem Boden durch thermische Verfahren möglich, im Vergleich zum konventionellen Bodenaustausch ist die Anwendung von thermischen Verfahren jedoch auf Grund der deutlich höheren Kosten unwirtschaftlich. Thermische Verfahren werden insbesondere bei schwer zugänglichen Bodenbelastungen angewandt.

Bauliche Sicherungsmaßnahmen

Technisch grundsätzlich geeignet sind technische Sicherungsmaßnahmen für Gebäude wie der Einbau einer Gasdrainage, Gasdichtungen oder die Errichtung von Gebäuden in gasdichter Bauweise. Die Vorgabe für entsprechende Sicherungsmaßnahmen führen jedoch zu einer deutlichen Einschränkung der Vermarktungsfähigkeit. In Anbetracht der Tatsache, dass ein konventioneller Bodenaustausch technisch ohne zusätzlichen Aufwand umsetzbar ist, sind bauliche Sicherungsmaßnahmen nicht zu favorisieren.

Im Ergebnis des Variantenvergleiches wird deutlich, dass ein konventioneller Bodenaustausch für den LHKW-belasteten Boden die Vorzugsvariante darstellt.

7.1.5 Sanierungskonfiguration

In der nachfolgenden Abbildung ist eine vorläufige Sanierungskonfiguration für die nutzungsbezogenen Gefahrenabwehrmaßnahmen dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass LHKW-belastete Böden bis zur Tiefe von max. 5 Metern ausgehoben und entsorgt werden.

An der Sohle der Baugrube soll eine 1 Meter mächtige Tondichtung eingebaut werden.

Die weitere Rückverfüllung soll mit bindigem Boden erfolgen, der vergleichbare Eigenschaften wie der Geschiebemergel aufweist. Damit wird sichergestellt, dass von den verbliebenen Restbelastungen der tieferen Geschiebemergelpakete keine relevanten Ausgasungen bis in oberflächennahe Bodenbereiche ausgehen.

Bei der Ausweisung des Aushubbereiches wurden die vorliegenden Befunde der MIP-Sondierungen zum Ansatz gebracht. Da für den Bereich der ehemaligen RAW-Werkhalle keine Informationen zu Bodenbelastungen vorliegen, wurden hier Annahmen getroffen.

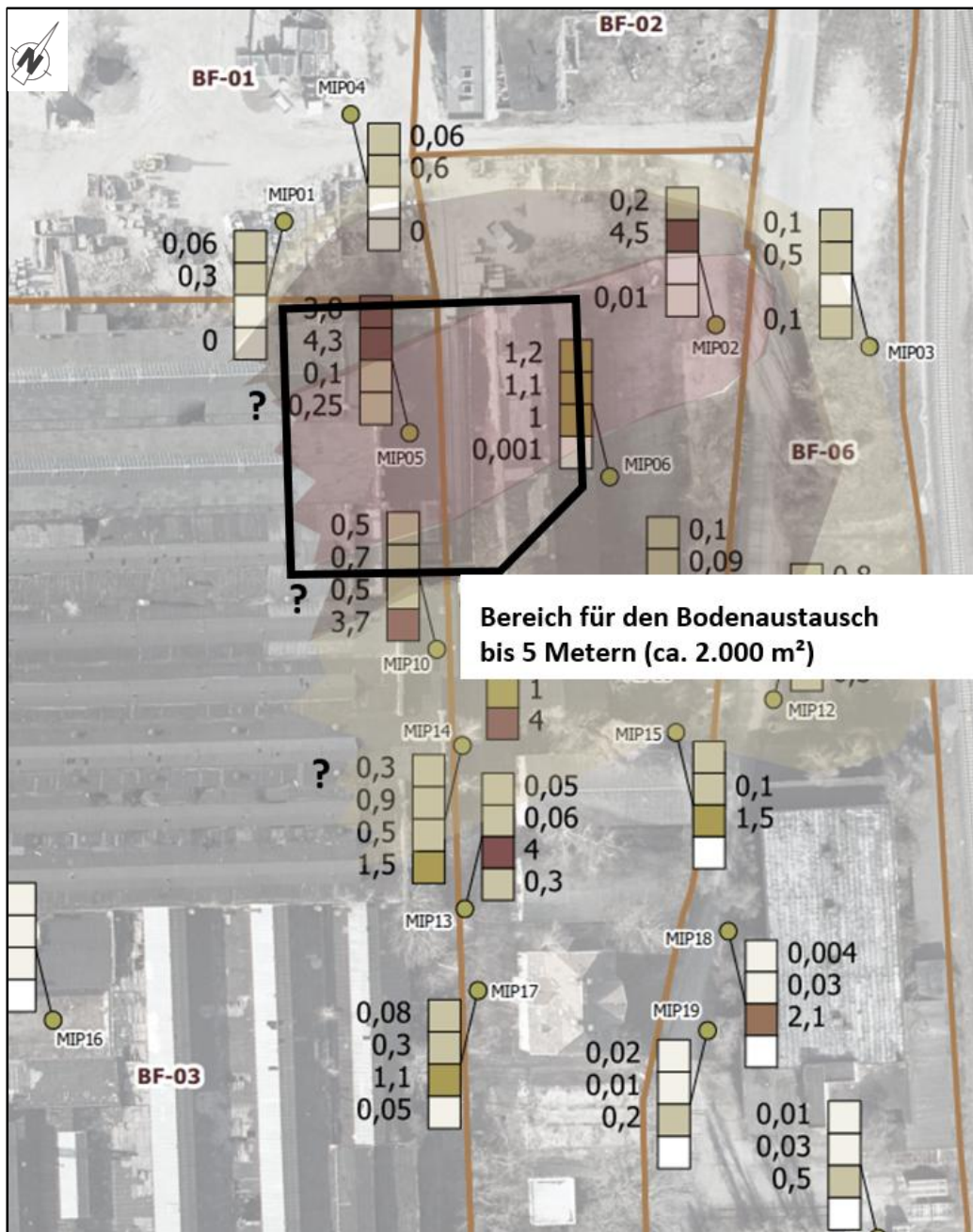


Abb. 7-4 Vorläufiger Sanierungsbereich für den nutzungsbezogenen für den Bodenaustausch

Die abschließende Festlegung der Aushubkubatur erfolgt im Ergebnis planungsvorbereitender Untersuchungen. Dazu sind im Bereich der ehemaligen RAW-Werkhalle zwingend Bodenuntersuchungen erforderlich. Hierfür ist zumindest die Sicherung oder aber der Rückbau der Dachkonstruktion notwendig.

Bei den späteren Bodenaustauschmaßnahmen ist ein Rückbau des RAW-Hallenkomplexes im Bereich der Baugrube (einschl. des Böschungsbereiches) zwingend erforderlich.

7.1.6 Kostenschätzung

In Anlage 11.15 ist eine Kostenschätzung für diese Sanierung beigelegt.

Bei der Kostenschätzung wurde von einer Aushubfläche von 2.000 m² und einer Teufe von 5 Metern ausgegangen.

Kostenschätzung: 2,9 Mio Euro (brutto)

7.2 Abfalltechnische Charakterisierung des anfallenden Bodenmaterials

Die chemische Beschaffenheit der Auffüllung ist für die bodenschutz- und abfallrechtliche Bewertung dahingehend von großer Bedeutung, inwieweit das Material vor Ort wieder eingesetzt oder aber entsorgt werden muss. Sofern die Abfälle entsorgt werden müssen, besitzt die chemische Beschaffenheit einen großen Einfluss auf die Entsorgungskosten.

Die Beschaffenheit des unter der Auffüllung anstehenden gewachsenen Bodens (am Standort generell Geschiebemergel) ist insbesondere für Tiefbauarbeiten im Zusammenhang mit der Gründung von Bauwerken von Bedeutung.



Abb. 7-5 Auffüllung (grau); darunter Geschiebemergel (braun) im Schurf S-04/23
im BF01



Abb. 7-6 Auffüllung (braun, ocker, graubraun bis 2,0 m, darunter Geschiebemergel (braun) im Schurf S-30/23 im BF08

7.2.1 abfall- und bodenschutzrechtliche Bewertung

Die aus den Schürfen entnommenen Bodenproben wurden – getrennt nach Auffüllung und dem gewachsenen Boden (Geschiebemergel) – auf die Parameter nach Anlage 1, Tabelle 3 ErsatzbaustoffV analysiert. Hierbei handelt es sich um die Tabelle mit den Materialwerten für Bodenmaterial, das eine Einstufung nach ErsatzbaustoffV als mineralischer Ersatzbaustoff zum Einsatz in technischen Bauwerken ermöglicht.

Weiterhin wurden diese Ergebnisse den Beurteilungswerten nach Anlage 1, Tabelle 4 BBodSchV gegenübergestellt. Hierbei handelt es sich um Werte zur Beurteilung von für den Einbau von Boden unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht²⁰.

In Tabelle 7.2 sowie Anlage 7.2.2 erfolgt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Bodenproben aus den Schürfen mit Tabelle 4, Anlage 1 BBodSchV vom 09.07.2021.

In der folgenden Abbildung sowie in Anlage 2.2.2 sind die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung zusammenfassend dargestellt. Eine Betrachtung der Befunde im Einzelnen erfolgt baufeldbezogen in den Steckbriefen (Anlage 4).

²⁰ Die Ersatzbaustoffverordnung und die Bundesbodenschutzverordnung vom 09.07.2021 wurden bezüglich der Analysenverfahren harmonisiert, so dass die Befunde nach ErsatzbaustoffV auch zur bodenschutzrechtlichen Bewertung nach BBodSchG herangezogen werden können.

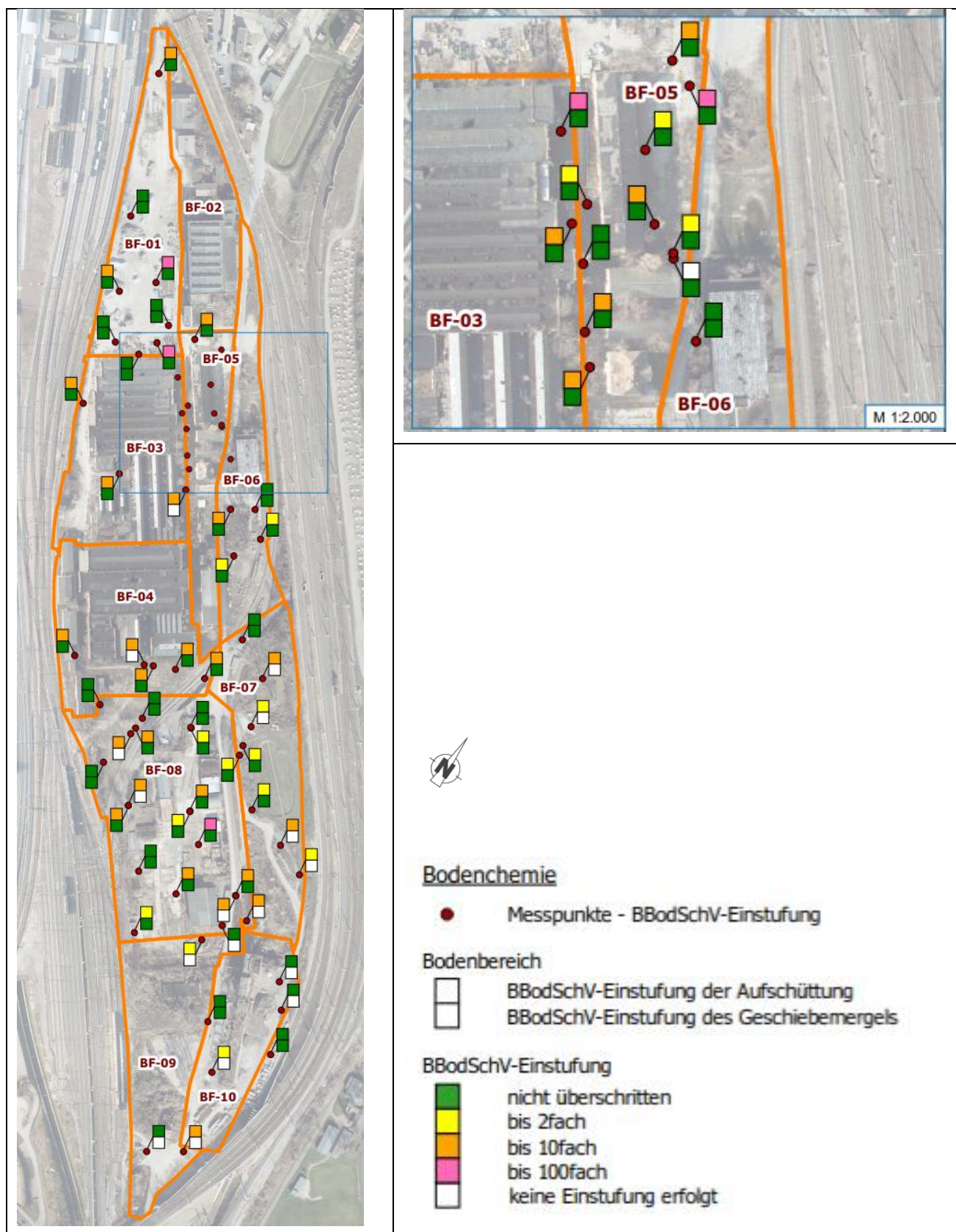


Abb. 7-7 Bewertung der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel) nach Anl. 1, Tab. 4 BBodSchV, siehe auch Anlage 2.2.2

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen (vgl. hierzu auch die detaillierte Betrachtung in den Steckbriefen) zeigten, dass im Feststoff in zahlreichen Bodenproben erhöhte Gehalte an Kupfer zu verzeichnen waren. Im Eluat waren dagegen keine auffälligen Kupfer-Konzentrationen dokumentiert.

Neben erhöhten Gehalten an Kupfer sind zudem in zahlreichen der Bodenproben aus der Auffüllung die Feststoffgehalte für Blei, Quecksilber, Zink und Arsen auffällig. Erhöhte Schadstoffkonzentrationen sind fast ausnahmslos im Feststoff nachweisbar.

Aus Sicht des Gutachters ist davon auszugehen, dass im Zuge der Errichtung des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunächst das Areal für die Bebauung vorbereitet wurde. In keinem der Schürfe wurde unter der Auffüllung Mutterboden angetroffen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Mutterboden vor der Bebauung abgeschoben und entfernt wurde.

Zur Geländeprofilierung und zur Stabilisierung des unter dem Mutterboden anzutreffenden Geschiebemergels wurde Fremdmaterial aufgebracht. Aufgrund der auffälligen Gehalte an Kupfer und weiterer Schwermetalle kann es als wahrscheinlich angesehen werden, dass dabei Material aus dem Eisleben-Mansfelder Kupferschiefer-Bergbauareal angeliefert wurde. Hierbei kann es sich um Haldenmaterial, Schlackerückstände u. dgl. handeln. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die „Eisenbahn-Centralwerkstatt“ im Zusammenhang mit der Erteilung der Konzession für die Eisenbahnstrecke von Halle nach Kassel begann, diese Strecke verläuft durch den südlichen Teil des Eisleben-Mansfelder Kupferschiefer-Bergbauareals. Typisch für diese erzhaltigen Böden ist, dass die Schwermetalle praktisch unlöslich sind, was durch die unauffälligen Eluat-Gehalte für Schwermetalle in den Proben aus der Auffüllung bestätigt wird.

In einigen Bodenproben aus der Auffüllung sind zudem leicht erhöhte Gehalte an PAK zu verzeichnen. Der Beurteilungswert von 6 mg/kg wird in zahlreichen Bodenproben leicht überschritten. Erhöhte PAK-Gehalte (mehr als das Zweifache des Beurteilungswertes) wurden in 11 Bodenproben nachgewiesen, die höchste Belastung an PAK lag bei 47,9 mg/kg. Erhöhte PAK-Gehalte sind typisch für anthropogene Auffüllungen und sind auf die in der Vergangenheit häufig verwendeten teerhaltigen Produkte zur Abdichtung und im Straßenbau zurückzuführen.

Weitere Überschreitungen der Beurteilungswerte nach BBodSchV waren nicht zu verzeichnen.

In der Tabelle 7.1 sowie in Anlage 2.2.1 sind die Ergebnisse der abfallrechtlichen Bewertung der Bodenproben zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung zur Beschaffenheit der Auffüllung und des Geschiebemergels ist separat für die einzelnen Baufelder in den Steckbriefen (Anlage 4) dargestellt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der abfallrechtlichen Untersuchungen überblicksweise dargestellt.

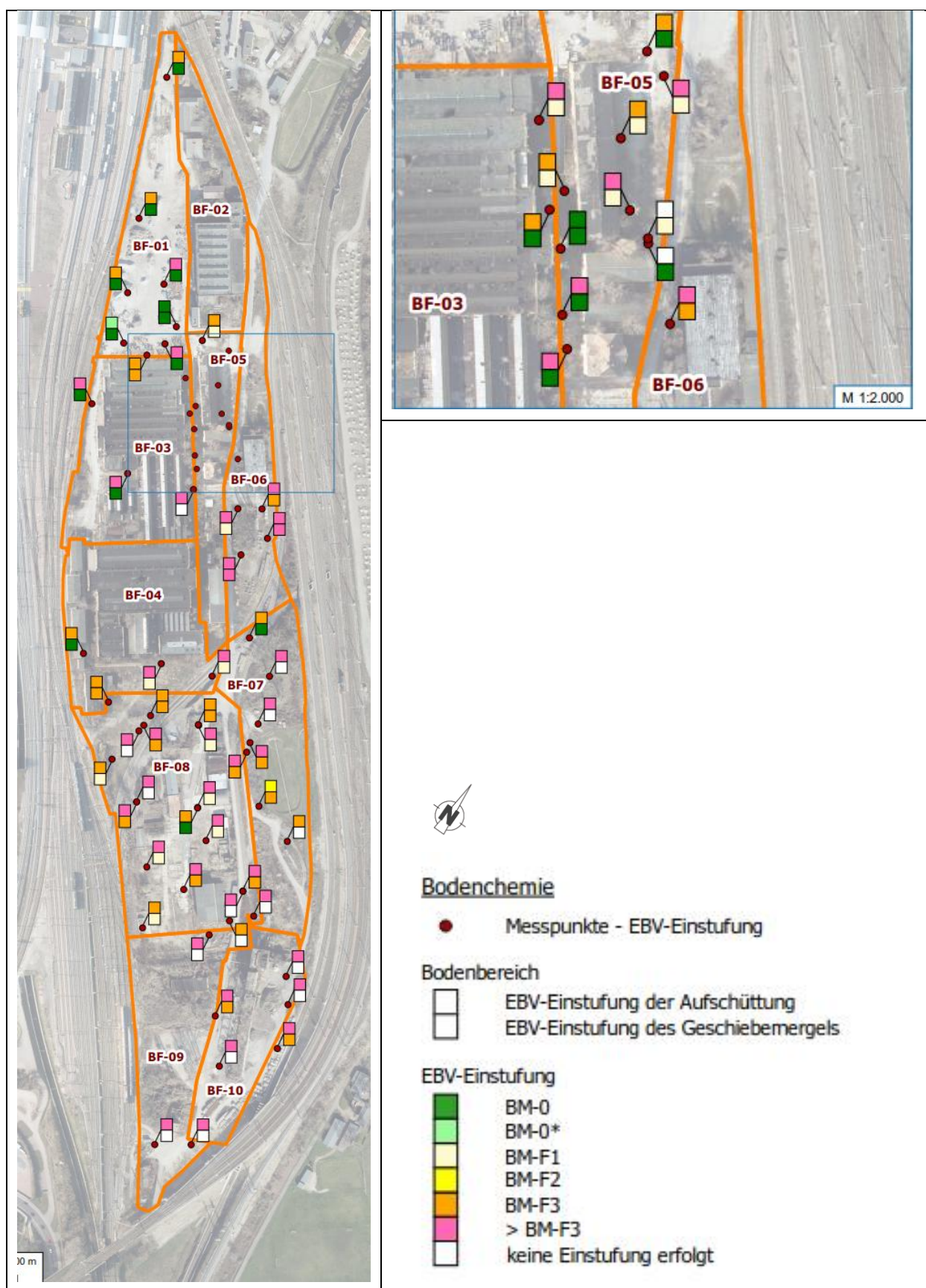


Abb. 7-8 Bewertung der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel) nach Anl. 1, Tab. 3 ErsatzbaustoffV, siehe auch Anlage 2.2.1

Bezüglich der abfallrechtlichen Charakterisierung führten vorrangig die Gehalte an Kupfer, Sulfat und die elektrische Leitfähigkeit zu einer Einstufung >BM-F3. In einzelnen Bodenproben waren

zudem erhöhte Gehalte an TOC, PAK, Quecksilber und Blei zu verzeichnen, die zu einer Einstufung > BM-F3 nach ErsatzbaustoffV führten.

In Tabelle 7.2, in Anlage 7.2.3 sowie der folgenden Abb. erfolgen in diesem Zusammenhang Darstellung der ermittelten Kupfergehalte im Feststoff.

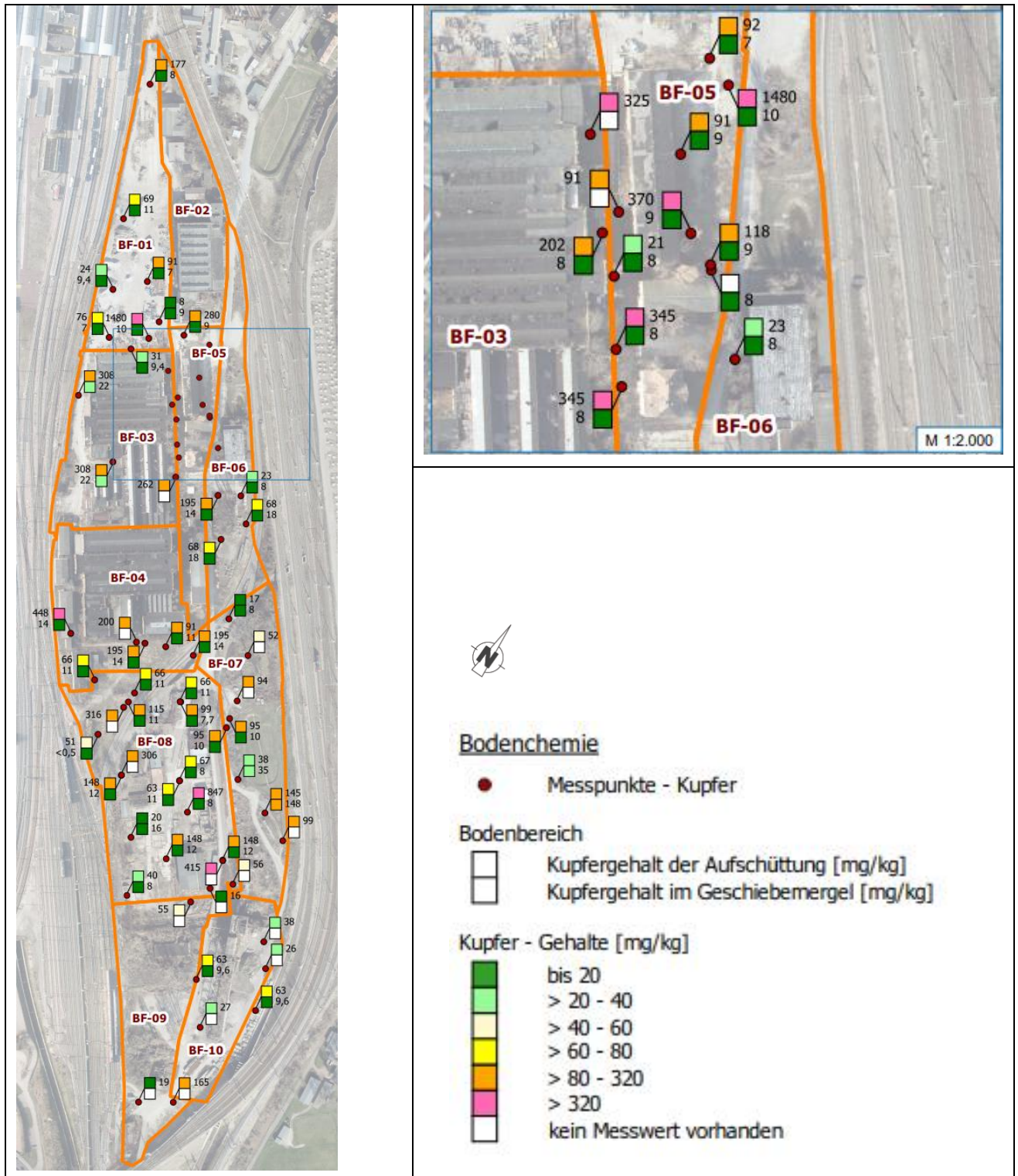


Abb. 7-9 Darstellung der Kupfer-Gehalte in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.3

Dass die Kupferbelastung, die exemplarisch für die erhöhte Schwermetallbelastung in der Auffüllung betrachtet werden kann, nicht geogenen Ursprungs ist, zeigen die durchweg niedrigen Kupfergehalte im Geschiebemergel.

In Tabelle 7.2, in Anlage 7.2.5 sowie der folgenden Abb. erfolgen Darstellung der ermittelten Sulfatgehalte im Eluat.

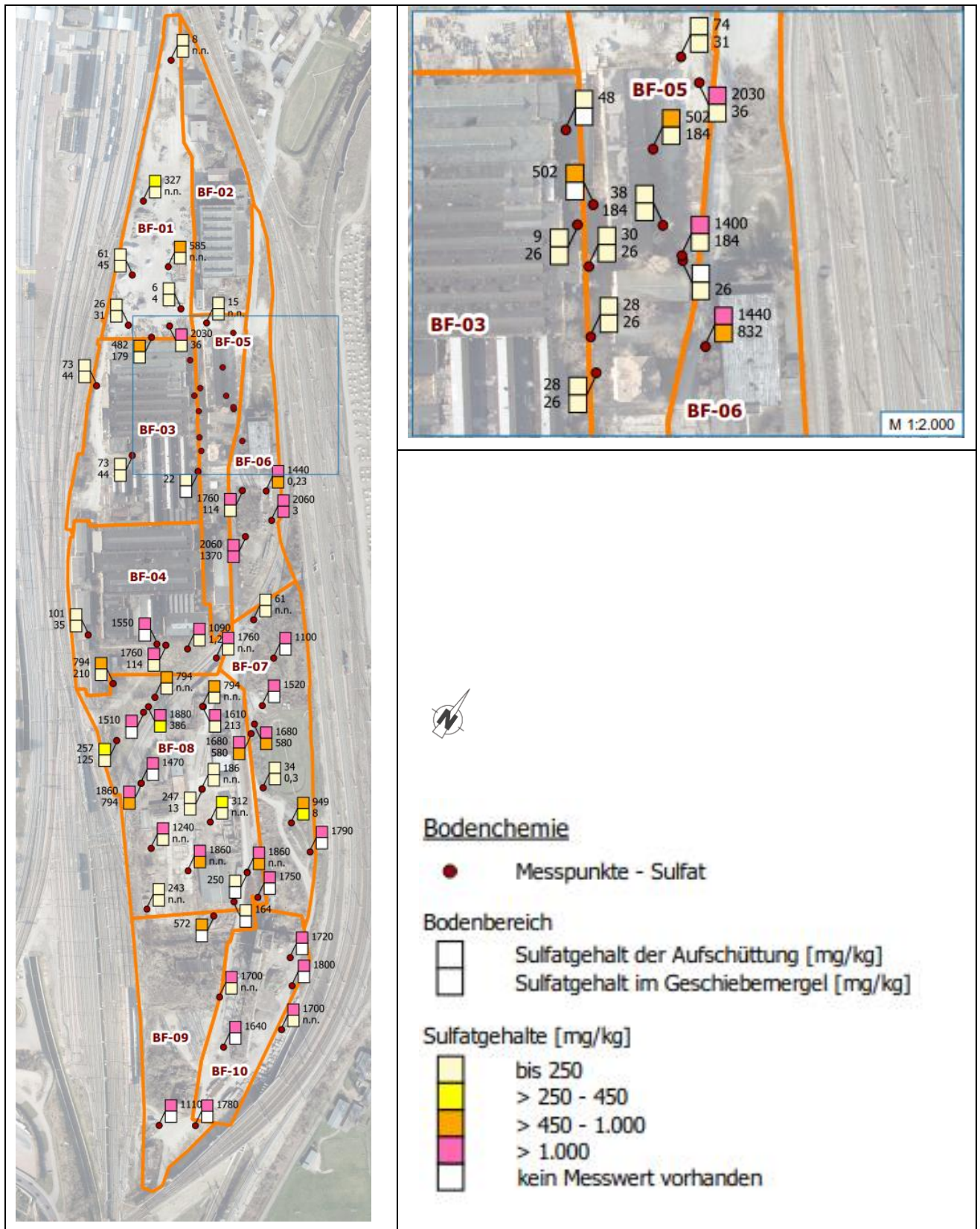


Abb. 7-10 Darstellung der Sulfat-Gehalte im Eluat in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.5

In Tabelle 7.2, in Anlage 7.2.4 sowie der folgenden Abbildung erfolgen Darstellung der ermittelten PAK-Gehalte im Feststoff.

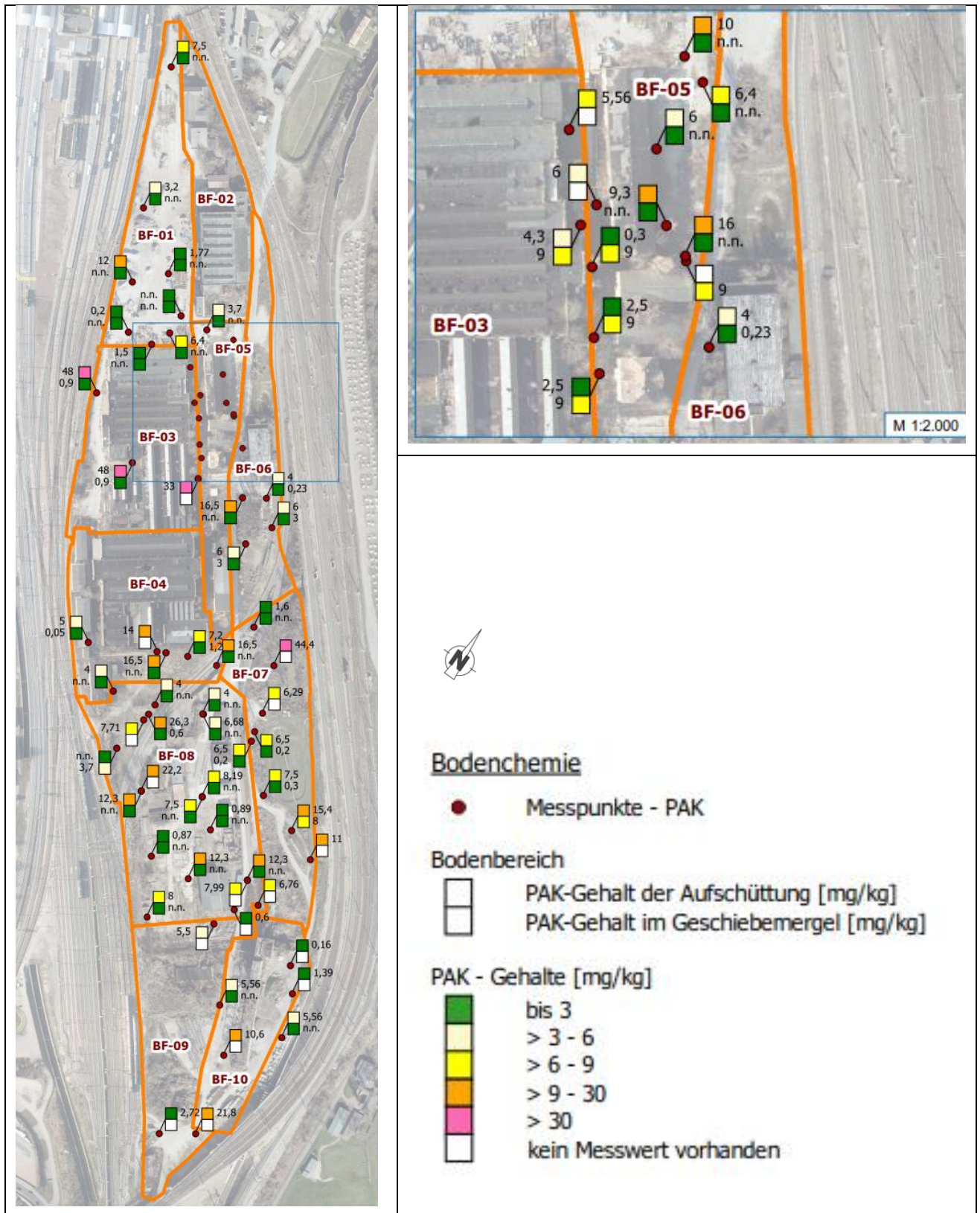


Abb. 7-11 Darstellung der PAK-Gehalte in der Auffüllung und des gewachsenen Bodens (Geschiebemergel), siehe auch Anlage 2.2.4

Auffällige PAK-Gehalte wurden ausschließlich in der Auffüllung festgestellt. Deutlich erhöhte PAK-Gehalte > 30 mg/kg konzentrieren sich im zentralen Bereich (BF-03 und BF-07).

Insgesamt ist eine sehr heterogene Belastung der Auffüllung festzustellen. Eine räumliche Zonierung bezüglich der Beschaffenheit der Auffüllung ist nicht möglich.

7.2.2 Auffüllmächtigkeiten

Im Rahmen der Schurferkundungen wurde die Mächtigkeit der Auffüllung ermittelt. Ergänzend dazu wurden die vorliegenden Ergebnisse aus Kernbohrungen (sowohl Altbohrungen als auch die 2023 geteufte Kernbohrungen) herangezogen. Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Auffüllmächtigkeit differenziert nach den einzelnen Baufeldern verlässlich abgeschätzt werden.

Ausnahmen hierfür bilden die bebauten Areale, insbesondere in den Baufeldern BF 03, BF 04 und BF 05. Innerhalb der Gebäude wurden keine Untersuchungsarbeiten ausgeführt, so dass hier nur Annahmen getroffen werden können. Im Bereich der denkmalgeschützten Gebäude wird in der Regel ohnehin keine Baufeldfreimachung ausgeführt, so dass Informationen zur Auffüllung hier von untergeordneter Relevanz sind.

Einen Sonderfall nimmt das bergbaulich beeinflusste Areal im Baufeld BF 06 ein (vergleiche Kapitel 2.13). Bergbaubedingt ist hier eine starke Störung des Untergrundes vorhanden, so dass keine klassische Differenzierung zwischen Auffüllung und gewachsenem Boden möglich ist.

Eine weitere Ausnahme bildet der Damm östlich des Untersuchungsgebietes, auf dem Kernbohrungen geteuft wurden. Durch die Aufschüttung des Damms sind hier entsprechend hohe Auffüllmächtigkeiten vorhanden, die jedoch für die vorliegende Aufgabenstellung ohne Relevanz sind, da der Damm außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes liegt.

In Anlage 2.1.3 sowie in der folgenden Abbildung sind die nachgewiesenen Auffüllmächtigkeiten als Interpolation dargestellt. In den Steckbriefen zu den einzelnen Baufeldern erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Auffüllmächtigkeiten auch im Hinblick auf die Baufeldfreimachung. Hier sind ergänzend die ermittelten Auffüllmächtigkeiten als Zahlenwerte in den jeweiligen Grafiken dargestellt.

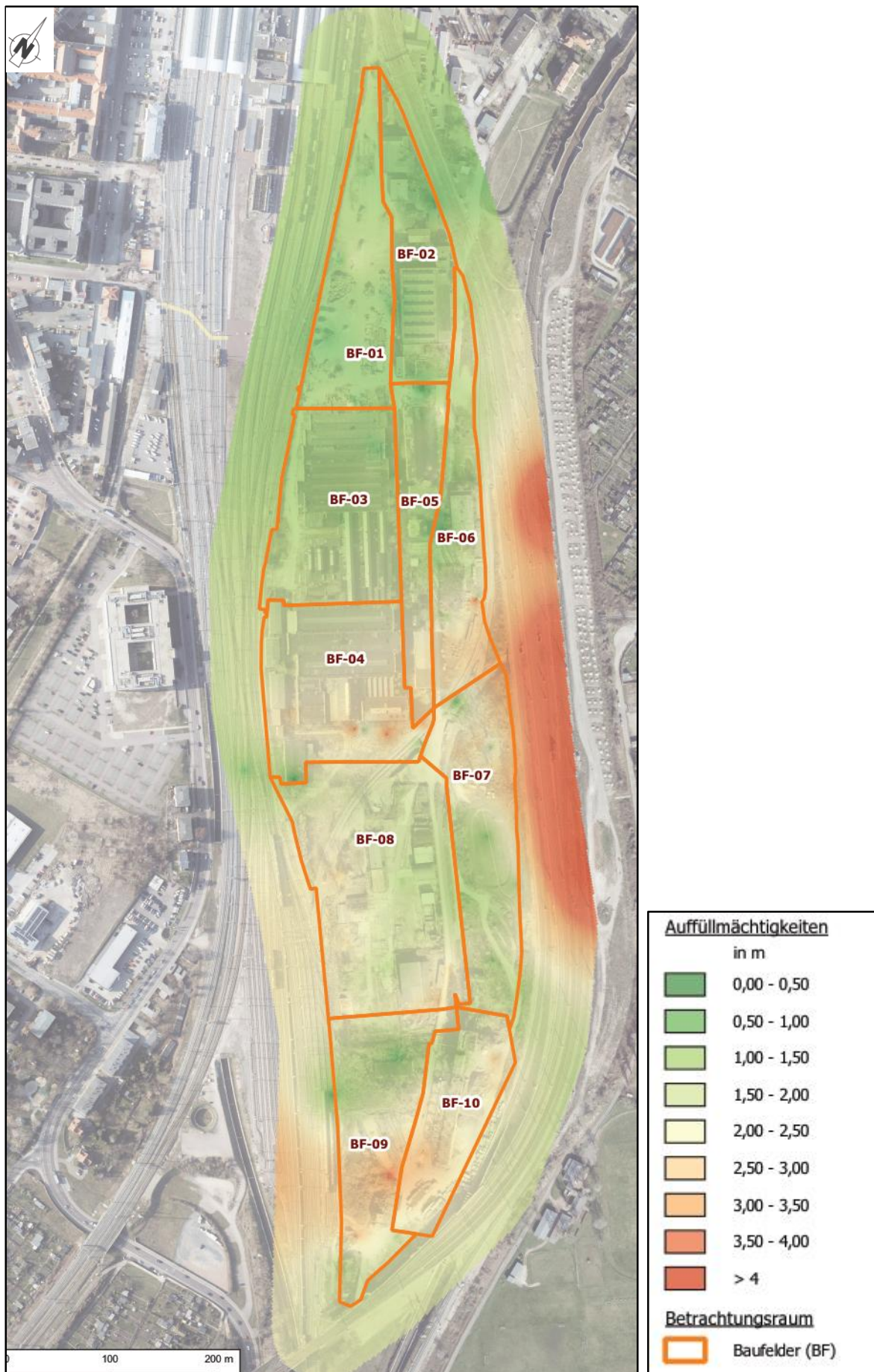


Abb. 7-12 Auffüllmächtigkeiten (vgl. auch Anl. 2.1.3)

7.3 Konzept für die Baufeldfreimachung

7.3.1 Randbedingungen bei der Baufeldfreimachung

Das Gelände des ehemaligen RAW, das gegenwärtig zum überwiegenden Teil noch den Gebäudebestand der Vornutzung aufweist (nur in einigen Teilbereichen erfolgte bereits der Rückbau von Gebäuden), in dem überwiegend noch die Fundamente, Keller, Bodenplatten, Leitungen etc. im Untergrund vorhanden sind und für das ein Kampfmittelverdacht besteht, soll zu einem neuen innerstädtischen Quartier mit Mischgebietsstruktur entwickelt werden („Halles neuer Osten“).

Ein Teil der ehemaligen Industriegebäude stehen unter Denkmalschutz und soll, soweit dies möglich ist, erhalten und in das Nachnutzungskonzept eingebunden werden.

Weiterhin befinden sich im Projektareal Einrichtungen der Deutschen Bahn („Entbehrlichkeitsflächen“ wie Gleisanlagen und Regenrückhaltebecken), die nach aktuellem Stand ebenfalls in das Nachnutzungskonzept integriert werden müssen.

Durch die HALLE SAALE INVESTVISION* sollen die Voraussetzungen für die Neuentwicklung des Areals geschaffen werden. Dazu gehört zum einen die verkehrstechnische Anschließung. Hierzu wurde eine Machbarkeitsuntersuchung erarbeitet und eine Vorzugsvariante abgeleitet [U80].

Außerdem soll für das Gelände eine Baufeldfreimachung²¹ erfolgen. Dabei sollen alle relevanten Grundstücksmängel wie Altbebauungen, Altlasten, Altfundamente, Leitungen und der Kampfmittelverdacht beseitigt werden. Anschließend können die Grundstücke dann an Investoren veräußert zeitnah überplant und bebaut werden.

In diesem Zusammenhang umfasst die Baufeldfreimachung für den Standort

- den Rückbau sämtlicher oberirdischer Gebäude, sofern diese nicht mit Denkmalschutzaufgaben belegt sind,
- den Rückbau sämtlicher unterirdischer Bauwerksteile wie Fundamente, Bodenplatten, Keller, Gruben etc.,
- den Rückbau sämtlicher unterirdischer Medienleitungen,
- die Kampfmittelfreimessung und
- die Herstellung von geotechnisch geeigneten Flächen für die Neubebauung.

Für die denkmalgeschützten Gebäude sollen eine bauliche Sicherung und die Beseitigung von Bodenkontaminationen erfolgen. Die bauliche Sanierung ist im Zuge der Herrichtung des Geländes nicht vorgesehen, dies erfolgt im Zuge der Überplanung und Umnutzung der Gebäude.

Im vorliegenden Gutachten wird von einer zunächst investitionsunabhängigen Baufeldfreimachung ausgegangen, d.h., es werden mit Ausnahme der neu zu errichtenden Verkehrsbauwerke (Brücken, Straßen) keine konkreten Nachnutzungsplanungen zu Grunde gelegt.

²¹ Die vorbereitenden Tiefbauarbeiten (Gebäuderückbau, Tiefenenttrümmerung, Reliefgestaltung) zur Erschließung für eine multifunktionale Nachnutzung einschließlich der Beseitigung von Altlasten und die Kampfmittelfreimessung werden üblicherweise als „Baufeldfreimachung“ bezeichnet.

Zunächst sollen die wesentlichen Randbedingungen für eine entsprechende Baufeldfreimachung für das ehemalige RAW-Gelände dargestellt werden:

- Parallel zur Baufeldfreimachung erfolgen im Rahmen der Erschließung die Neugestaltung der Verkehrsanbindungen (Brücken, Straßen), die Herstellung der Medieninfrastruktur (Energie, Wasser, Abwasser, Glasfaser etc.), naturschutzrechtliche Maßnahmen u. dgl.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Baufeldfreimachung abschnittsweise erfolgt.
- Bei der Baufeldfreimachung sollten Synergien mit den Erschließungsmaßnahmen genutzt werden (insbesondere die Nutzung von Bodenmaterial für die Herstellung der Rampen für das Brückenbauwerk, Verwendung von aufbereiteten mineralischen Ersatzbaustoffen aus dem Gebäude- und Fundamentrückbau).
- Die erforderliche Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage (vgl. Kap. 6.8.8 und Kap. 7.1.5) muss in die Baufeldfreimachung integriert werden.
- In Vorbereitung des Gebäuderückbaus sind noch eine Untersuchung von Gebäudeschadstoffen und eine rückbaubezogene Bestandsaufnahme der Gebäude erforderlich, die erforderlich (vgl. [U79]). Die vorliegende Kostenschätzung für dem Gebäuderückbau weist daher noch hohe Unschärfen auf.
- Sämtliche unterirdische Gebäude- und Anlagenteile, Medienleitungen sollen beseitigt werden.
- Sämtliche Tiefbauarbeiten müssen durch ein zugelassenes Kampfmittelunternehmen begleitet werden.



Abb. 7-13 Beispielfoto für eine großräumige Baufeldfreimachung

- Für das gesamte neu zu bebauende Areal soll eine Kampfmittelfreigabe erfolgen. Erfahrungsgemäß ist eine Kampfmittelfreimessung in vormals industriell genutzten Arealen erst nach vollständiger Beseitigung der Fundamente möglich. Teilweise ist es zudem erforderlich die Auffüllung zu beräumen, sofern diese ferromagnetische Störkörper enthält.

- Unterhalb der Auffüllung steht Geschiebemergel an. Hierbei handelt es sich um ein feuchtigkeitsempfindliches Material, so dass bei der Planung der Tiefbauarbeiten entsprechende Vorsorgemaßnahmen gegen die Durchfeuchtung des Bodens berücksichtigt werden müssen.
- Die im Rahmen der ergStU erfolgten Untersuchungen zeigten, dass das bei der Baufeldfreimachung anfallende Bodenmaterial teilweise mit Schadstoffen belastet ist (vgl. Kap. 7.2.1). Die Aushubmassen müssen daher entsprechend separiert werden. Nicht für den Wiedereinbau geeignetes Material muss entsorgt werden.
- Es ist anzustreben eine größtmögliche Menge an mineralischem Material, das bei der Baufeldfreimachung anfällt (Boden, Bauschutt) als *mineralische Ersatzbaustoffe* im Sinne der ErsatzbaustoffV bzw. Verfüllmaterial auf Grundlage der BBodSchV vor Ort wieder einzusetzen. Durch den Wiedereinbau vor Ort ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen bei der Entsorgung und für den Antransport von zusätzlichem Material zur Wiederauffüllung. Zudem ist der Wiedereinbau von standort eigenem Material unter den Aspekten der Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Klimaschutz geboten.
- Mit der zuständigen Behörde sollten verbindliche Wiedereinbaukriterien für mineralische Ersatzbaustoffe (MEB) für den Einbau in technischen Bauwerken (z. B. Brückenrampen, Straßenbau) vereinbart werden à Regelungsbereich der ErsatzbaustoffV.
- Mit der zuständigen Behörde sollten zudem verbindliche Wiedereinbaukriterien für Bodenmaterial vereinbart werden, das zur Profilierung und Verfüllung von Aufgrabungen genutzt werden soll à Regelungsbereich der BBodSchV.
- Vor der Nutzung der Aushubmassen aus der Baufeldfreimachung als mineralische Ersatzbaustoffe in technischen Bauwerken und vor einer Rückverfüllung muss überwiegend eine Aufbereitung erfolgen, um die geotechnischen Eigenschaften zu verbessern (Siebung, Brechen von Bauschutt etc.). Zudem ist ggf. eine Konditionierung (bspw. durch Einfräsen von Mischbindern) erforderlich.
- Der beim Rückbau der Fundamente anfallende Bauschutt/ Beton weist in der Regel relativ geringe Schadstoffbelastungen auf. Auch hier empfiehlt es sich auf Grund der Dimension des Bauvorhabens das Material vor Ort als RC-Material aufzubereiten (Brechen). Das Material kann anschließend in technischen Bauwerken bspw. für die Herstellung von Gründungspolstern oder zur Stabilisierung von bindigen Schichten genutzt werden. Auch dies ist im Sinne der Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Klimaschutz geboten.
- Die Aufbereitungsanlagen müssen unter Berücksichtigung der Regelungen der ErsatzbaustoffV betrieben werden.
- Nicht ausgeschlossen werden kann temporär das Antreffen von Schichtwasser an der Geschiebemergeloberkante, so dass bei den Tiefbauarbeiten entsprechende Wasserhaltungsmaßnahmen vorgesehen werden müssen. Zudem kann für Teilbereiche nicht ausgeschlossen werden, dass diese Schichtenwässer schadstoffbelastet sein können.
- Die Tiefbauarbeiten fallen teilweise unter den Geltungsbereich der DGUV-R 101-004 (Arbeiten im kontaminierten Bereich).
- Notwendige Maßnahmen und die zu erwartenden Kosten für die bauliche Sicherung der denkmalgeschützten Gebäude waren nicht Gegenstand der vorliegenden ergStU; in den Kostenschätzungen wurden hier daher nur grobe Schätzsummen kostenseitig hinterlegt, zur Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen und zur Schätzung der Kosten sind gesonderte Betrachtungen erforderlich.

7.3.2 Investitionsgrundflächen

Zentraler Bestandteil des Konzeptes zur Baufeldfreimachung ist der Herstellung von sogenannten „**Investitionsgrundflächen**“. Auf den Investitionsgrundflächen sind sämtliche unterirdische Bauwerke, Leitungen etc. beseitigt, zudem liegt eine Kampfmittelfreigabe vor.

Für die Investitionsgrundflächen werden einheitliche geotechnische Eigenschaften definiert, die eine Bebauung mit geringen Gründungsanforderungen (Lagerfläche, Plätze, Wege, Gebäude mit geringen Lasteinträgen etc.) ohne baugrundverbessernde Maßnahmen wie Bodenpolster etc. ermöglicht. Anspruchsvollere Gründungen von Gebäude und Anlagen mit höheren Lasteinträgen werden durch die Investitionsgrundflächen weder behindert noch beeinträchtigt.

Das bedeutet, dass auf den Investitionsgrundflächen alle vornutzungsbedingten Risiken und Grundstücksmängel weitgehend behoben sind. Diese Investitionsgrundflächen stehen dann für eine Überplanung und Neubebauung des Areals kurzfristig zur Verfügung.



Abb. 7-14 Beispielansicht einer Investitionsgrundfläche

Die Investitionsgrundflächen werden durch das Aufbringen von aufbereitetem Bodenmaterial hergestellt, das aus den Auffüllmassen des ehemaligen RAW-Geländes gewonnen wird. Die Auffüllmassen weisen zum Teil erhöhte Gehalte an Schwermetallen und PAK im Feststoff sowie Sulfat und Leitfähigkeit im Eluat auf (vgl. Kap. 7.2.1). In Bezug auf die geplante Nachnutzung ist dies unkritisch, da davon auszugehen ist, dass die Investitionsgrundflächen entweder überbaut (Bauwerke, Straßen, Wege, Plätze etc.) oder mit kulturfähigem Substrat überdeckt werden (Freiflächen).

Bei zukünftigen Tiefbauarbeiten auf den Investitionsgrundflächen (beispielsweise zur Herstellung von Fundamentbaugruben, Verlegung von Leitungen etc.) ist jedoch mit erhöhten Entsorgungsaufwendungen zu rechnen (tw. BM-F3 nach ErsatzbaustoffV, entspricht in etwa der früheren Z2-Klasse nach LAGA M20). Es sind aber keine besonderen Aufwendungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz erforderlich.

7.4 Verkehrskonzept für die Baufeldfreimachung

Im Frühjahr 2023 wurde durch das Büro ICL eine Machbarkeitsstudie zur Verkehrserschließung für das RAW-Gelände erarbeitet [U80]. Dieses sieht vor, die Hauptverkehrserschließung über ein Brückenbauwerk im Süden des Geländes vorzunehmen. Ergänzend dazu sollen eine Brücke für Radfahrer im Osten und eine Verbindung zum Hauptbahnhof durch Verlängerung des Fußgängertunnels geschaffen werden. Der bestehende Bahnübergang im Norden des Areals soll umgebaut werden. Die Kapazität bzgl. der Verkehrsströme bleibt für diesen Bahnübergang jedoch aufgrund des stark frequentierten Eisenbahnverkehrs sehr begrenzt. Die Bauwerke stehen zum Zeitpunkt der Baufeldfreimachung noch nicht zur Verfügung.

Das bedeutet, dass bis zur Fertigstellung des Brückenbauwerkes im Süden des Areals sämtliche Verkehrsströme straßenseitig über den Bahnübergang in der Karl-von-Thielen-Straße verlaufen müssen.

Ein hohes Verkehrsaufkommen ist im Zuge der Baufeldfreimachung insbesondere für den Abtransport von Massen, die bei der Baufeldfreimachung anfallen (zu entsorgender Boden, Bauschutt, Bauabfälle wie Holz, Dachpappe, Big Packs mit schadstoffbelasteten Baumaterialien u. dgl.) zu verzeichnen. Weitere Transporte erfolgen im Zusammenhang mit der Anlieferung von Baustoffen sowie der Anlieferung von Geräten, Fahrzeugen und Anlagen für die Baustelleneinrichtung.

Nach den vorliegenden Schätzungen ist von folgenden Entsorgungsmengen auszugehen (vgl. Anlage 11):

Tab. 7-1 Schätzung der Entsorgungsmengen und des damit verbundenen Transportaufkommens

Baufeld	Entsorgungsmengen [t]		Entsorgungsmengen [t]	
	unter der Voraussetzung der behördlichen Entscheidungen gem. Kap. 7.6 f. ²²		ohne die behördlichen Entscheidungen gem. Kap. 7.6 f.	
	Boden	Bauschutt	Boden	Bauschutt
BF-01	23.820	2.441	37.720	2.426
BF-02	13.440	1.054	22.440	1.144
BF-03	8.090	522	10.390	572
BF-04	16.830	1.842	21.630	2.002
BF-05	21.430	1.159	30.130	1.299
BF-06	19.830	752	23.330	952
BF-07	18.230	752	23.330	952
BF-08	42.180	1.664	54.680	2.104
BF-09	30.730	638	32.930	818
BF-10	22.550	414	24.250	514
Summe	217.130	11.237	280.830	12.782
Anzahl LKW	8.685	449	11.233	511
Gesamtzahl LKW	9.134		11.744	

In Abhängigkeit davon, ob seitens der zuständigen Behörden den vorgeschlagenen Einbaukriterien gemäß Kapitel 7.6 f. zugestimmt wird, betragen die Entsorgungsmengen für Boden und Bauschutt zwischen 230.000 t und knapp 300.000 t. Dies entspricht einer Anzahl von etwa 9.000 bis 12.000 LKW-Transporte (Sattelzüge mit einer Beladung von je 25 Tonnen).

²² die behördliche Entscheidung bezieht sich auf standortspezifische Einbaukriterien

Für das Gelände existiert ein Anschluss an das Eisenbahnnetz wie folgt:

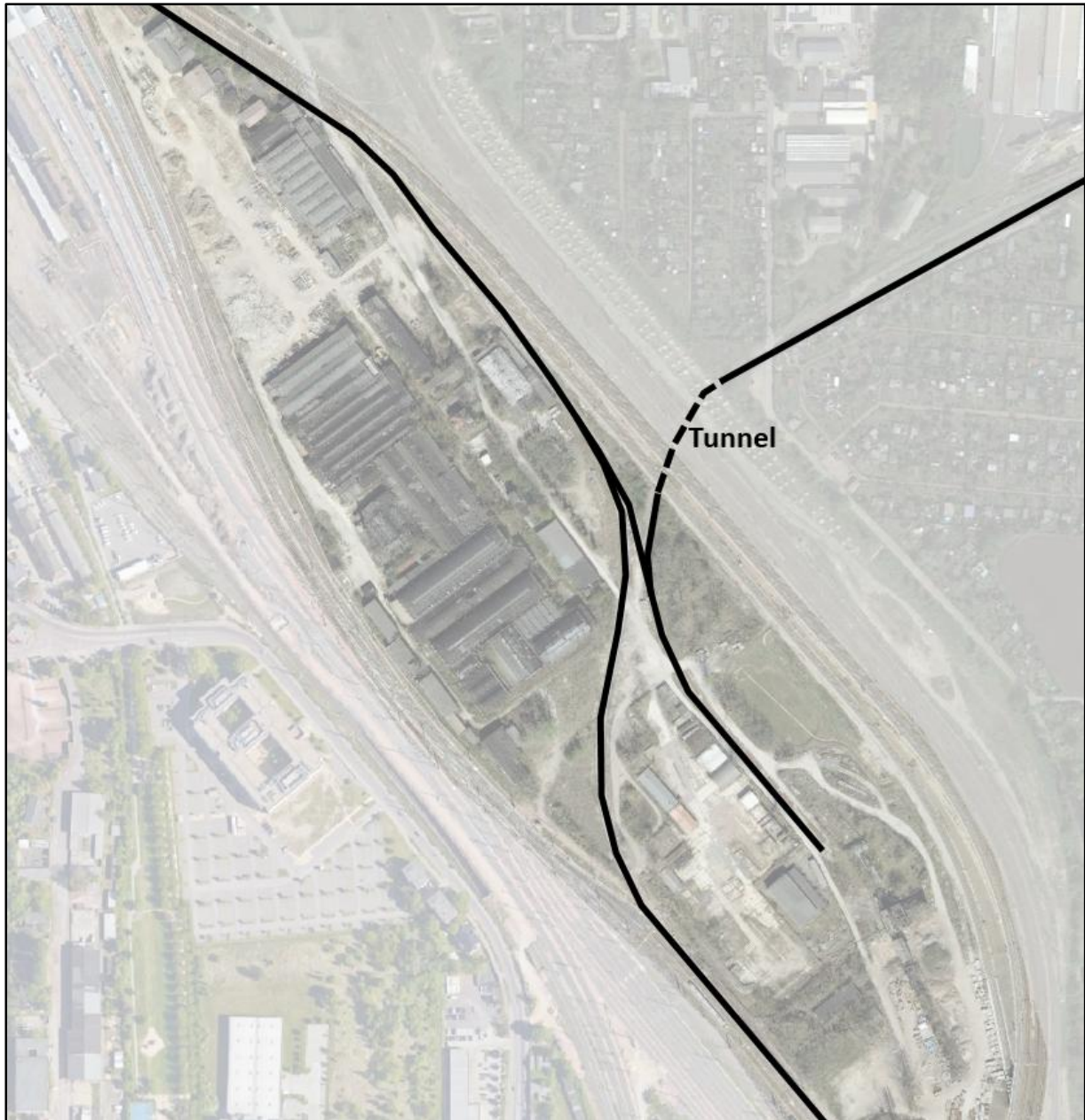


Abb. 7-15 Bestehende Gleise im Projektareal und deren Anbindung an das Streckennetz

- vom nördlich gelegenen Güterbahnhof kommend bis zum ehemaligen Heizkraftwerk
- vom nördlich gelegenen Güterbahnhof kommend, als durchgängiges Gleis, das das Gelände schneidet und weiter in Richtung Süden verläuft (dieses Gleis wurde im Zuge der Umbauarbeiten des Halleschen Bahnhofes errichtet)
- im Osten existiert ein Eisenbahntunnel, der unter dem Bahndamm verläuft, über ein Nebengleis werden hier die Gewerbeansiedlungen östlich des RAW-Geländes angebunden (das sogenannte „Südende“)



Abb. 7-16 Eisenbahntunnel in Richtung Osten („Südende“)

Die stark eingeschränkte Nutzungsdauer des Bahnübergangs in der Karl-von-Thielen-Straße wirkt als limitierender Faktor für den Abtransport der zu entsorgenden Massen und bildet einen Konfliktfaktor für die Baustellenlogistik. Daher sollte geprüft werden, inwieweit ein Abtransport der zu entsorgenden Mengen auf dem Schienenweg möglich ist. Der Transport der zu entsorgenden Abfälle auf dem Schienenweg wäre zudem aus ökologischer und klimapolitischer Sicht begrüßenswert und würde sich positiv auf die CO₂-Bilanz des Gesamtvorhabens auswirken.

Wir empfehlen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt mit der Deutschen Bahn folgende grundsätzliche Fragen zu klären:

- Ist es möglich, die Abfalltransporte über den Schienenweg zu realisieren? Welche Randbedingungen wären hierfür erforderlich?
- Ist es möglich (zumindest für den Zeitpunkt der Baufeldfreimachung) das Tunnelbauwerk im Osten des Geländes temporär so herzurichten, dass dieses gleichzeitig für Schiebentransporte und für LKW-Transporte nutzbar ist?

7.5 Areale zusammenhängender Investitionsgrundflächen

Das RAW-Gelände lässt sich derzeit in folgende Flächenarten untergliedern:

- unbebaute Flächen, auf denen eine Kampfmittelfreigabe und eine Tiefenenttrümmerung erfolgen und die anschließend als Investitionsgrundflächen hergerichtet werden sollen

- Flächen, die derzeit noch mit Gebäuden bebaut sind, die nicht unter Denkmalschutz stehen und im Zuge der Baufeldfreimachung rückgebaut werden müssen; anschließend wird auch an diesen Flächen eine Tiefenenttrümmerung/Kampfmittelfreigabe durchgeführt, die Flächen werden anschließend ebenfalls als Investitionsgrundflächen hergerichtet
- Flächen, die mit denkmalgeschützten Gebäuden bebaut sind, die im Zuge der Erschließung zunächst gesichert und später in das Nutzungskonzept integriert werden sollen
- Bereich der Bodensanierung für den LHKW-Schaden (Umfeld der ehemaligen TRI-Anlage)
- Bereich der Grundwassersanierung für den LHKW-Schaden (Dichtwandtrasse)
- Flächen, die (nach gegenwärtigem Stand der Abstimmung) weiter durch die Deutschen Bahn genutzt werden (Gleisanlagen, Regenrückhaltebecken)
- bestehende bzw. neu zu schaffende Verkehrsflächen (Brücken, Straßen etc.)

In der folgenden Abbildung ist der Zustand des Geländes nach Rückbau aller nicht unter Denkmalschutz stehenden Gebäude dargestellt.



Abb. 7-17 Projektareal nach Rückbau aller nicht unter Denkmalschutz stehenden Gebäude

Das ehemalige RAW-Gelände wurde in [U79] in 10 **Baufelder** untergliedert. Die Baufelder beinhalten sämtliche der zuvor aufgeführten Flächenarten und decken damit das gesamte ehem. RAW-Gelände ab. In der Anlage 4 sind für die einzelnen Baufelder Steckbriefe und in Anlage 11 Kostenschätzungen für die Baufeldfreimachung beigefügt.

Ergänzend dazu soll in der vorliegenden ergStU eine Untergliederung des ehemaligen RAW-Geländes in zusammenhängende sogenannte **Areale** erfolgen. Dabei handelt es sich um zusammenhängende Investitionsgrundflächen, die von Gleisanlagen, denkmalgeschützten Gebäuden und/oder HAUPTerschließungsstraßen begrenzt werden. Die Areale können somit Grundlage für die Vermarktung des ehem. RAW-Geländes betrachtet werden.

Für diese Areale soll nach dem vorliegenden Konzept jeweils eine zusammenhängende Baufeldfreimachung erfolgen. Die Areale wurden auf Basis des Verkehrserschließungskonzeptes der Machbarkeitsstudie von ICL [U80] ausgewiesen und sind in der folgenden Abbildung überblicksweise dargestellt.

In der Abbildung sind zum einen die Areale A bis I dargestellt, in denen Investitionsgrundflächen hergestellt werden, die anschließend für eine Neubebauung vermarktet werden können.

Weiterhin sind in der Abbildung die fünf denkmalgeschützten Komplexe (D1 bis D5) markiert, die nach gegenwärtigem Stand erhalten und zunächst gesichert werden müssen.

Weiterhin sind in der Abbildung die Bereiche dargestellt, für die (nach gegenwärtigem Abstimmungsstand) die Deutsche Bahn eine Weiternutzung beansprucht (Gleisanlagen, Regentrückhaltebecken etc.).

Dargestellt ist zudem der Bereich der LHKW-Sanierung. Hier muss zunächst der Teilrückbau der ehemaligen RAW-Halle erfolgen. Danach muss die Baufeldfreimachung erfolgen, um im Anschluss daran die noch planungsbegleitenden Untersuchungen durchzuführen. Hieran schließt sich die Altlastensanierung an (Bodenaushub, Herstellung der Dichtwand etc.), danach können diese Flächen in die Areale A, C und D eingegliedert werden.

Darüber hinaus sind in der Abbildung die Verkehrsflächen (Hauptverkehrsachse und Brückenbauwerke) aus der Vorzugsvariante aus [U80] dargestellt. Die Baufeldfreimachung im Bereich der neu zu errichtenden Verkehrsbauwerke sollte nach logistischen Gesichtspunkten in die Baufeldfreimachung für die benachbarten Areale integriert werden.

Die einzelnen Areale sollen nachfolgend kurz erörtert werden.

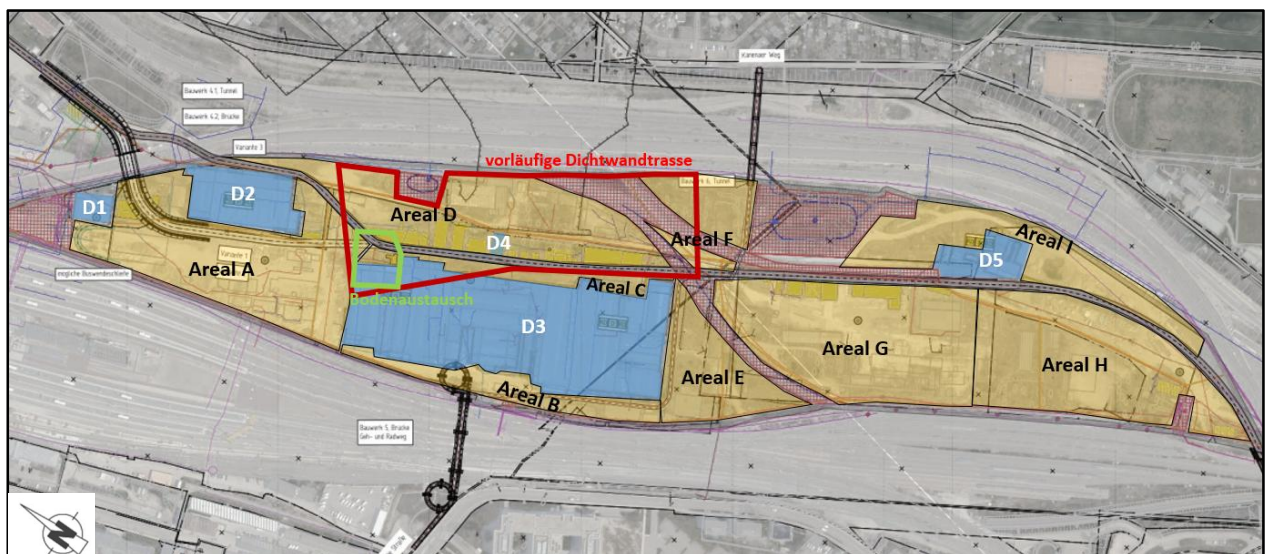


Abb. 7-18 Untergliederung in Areale

Areal A

Hierbei handelt es sich um Flächen der Baufelder BF-01 und BF-02 im Norden des Projektareals. Am östlichen Rand des Areal A befinden sich die beiden denkmalgeschützten Gebäude (D1 Umformwerk und D2 Motorenwerkstatt).

Mit Ausnahme kleinerer Gebäude im BF-02 ist der Rückbau der oberirdischen Gebäudesubstanz bereits weitgehend abgeschlossen, sämtliche Fundamente etc. sind jedoch noch im Untergrund vorhanden.

Die Investitionsgrundflächen können direkt nach der Baufeldfreimachung veräußert werden.

Flächengröße: ca. 2,4 ha

Areal B

Beim Areal B handelt es sich um einen schmalen Streifen westlich des ehemaligen RAW-Hallenkomplexes, der im Westen von den Gleisanlagen begrenzt wird. Areal B beinhaltet Teile der Baufelder BF-03 und BF-04. Im BF-04 befinden sich noch einige Gebäude, die im Rahmen der Baufeldfreimachung zurückzubauen sind.

Zukünftig ist für das Areal B überwiegend von einer Nutzung als Verkehrsfläche auszugehen.

Flächengröße: ca. 0,6 ha

Areal C

Beim Areal C handelt es sich ebenfalls um eine schmale Fläche zwischen dem RAW-Hallenkomplex und der geplanten Haupteinfahrtsstraße. Der nördliche Teil des Areal C umfasst den Bereich der LHKW-Sanierung. Areal C beinhaltet Teile des Baufeldes BF-05. Im Areal C befinden sich noch zahlreiche Gebäude, die im Rahmen der Baufeldfreimachung zurückzubauen sind.

Auch beim Areal C ist zukünftig von einer Nutzung als Verkehrsfläche auszugehen.

Flächengröße: ca. 0,6 ha

Areal D

Das Areal D befindet sich östlich der Hauptverkehrsachse und wird im Osten durch die Gleisanlagen begrenzt. Areal D umfasst die Baufelder BF-05 und BF-06. Hier befinden sich noch zahlreiche Gebäude, die zurückgebaut werden müssen.

Im Areal D befindet sich das ehemalige Verwaltungsgebäude, das unter Denkmalschutz steht.

Im äußersten Osten des Areal D befindet sich der bergbaulich beeinflusste Bereich mit komplizierten Baugrundverhältnissen.

Nahezu die gesamte Fläche des Areal D umfasst den Bereich der LHKW-Sanierung. Das bedeutet, dass zunächst die Baufeldfreimachung erfolgen muss, damit danach die ergänzenden Altlastenuntersuchungen und die Sanierungsmaßnahmen erfolgen können. Danach können die Investitionsgrundflächen veräußert werden.

Flächengröße: ca. 2,1 ha

Areal E

Areal E besitzt eine dreieckige Grundfläche und wird im Norden durch den RAW-Hallenkomplex und im Süden durch das Verbindungsgleis der Deutschen Bahn begrenzt. Das Areal E umfasst Teile der Baufelder BF-04 und BF-08. Ein Teil der Gebäude (insbesondere die ehemalige Tankanlage) sind noch vorhanden.

Die Investitionsgrundflächen können direkt nach der Baufeldfreimachung veräußert werden.

Flächengröße: ca. 1,1 ha

Areal F

Beim Areal F handelt es um zwei durch die Gleisstrasse zum Süden getrennte Flächen, die im Süden von Regenrückhaltebecken der Deutschen Bahn und im Osten, Norden und Westen durch Gleisanlagen begrenzt wird. Die Fläche weist keinen Gebäudebestand auf.

Das Areal F umfasst Teile des Baufeldes BF-07.

Einen Teil der Fläche des Areal F umfasst den Bereich der LHKW-Sanierung. Das bedeutet, dass zunächst die Baufeldfreimachung erfolgen muss, damit danach die ergänzenden Altlastenuntersuchungen und die Sanierungsmaßnahmen erfolgen können.

Areal F ist als Ergänzungsfläche für das Boden/Bauschuttlager vorgesehen.

Flächengröße: 0,7 ha

Areal G

Die Areale G und H bilden eine zusammenhängende Einheit, die Trennung erfolgt nur aus strukturellen Gründen und kann ggf. aufgehoben werden.

Das Areal G wird im Westen und Norden durch Gleisanlagen und im Osten durch die Haupteinfahrungsstraße begrenzt. Zum sich südlich anschließenden Areal H besteht keine topographische Grenze.

Areal G umfasst große Teile des Baufeldes BF-08. Areal C befinden sich noch zahlreiche Gebäude, die im Rahmen der Baufeldfreimachung zurückzubauen sind.

Die Investitionsgrundflächen können direkt nach der Baufeldfreimachung veräußert werden.

Flächengröße: ca. 2,6 ha

Areal H

Wie zuvor dargestellt, bilden die Areale G und H eine zusammenhängende Einheit. Das Areal H schließt sich südlich des Areal G an und wird im Westen durch die Gleisanlagen der Deutschen Bahn begrenzt. Die östliche und südliche Grenze bildet die Hauptverkehrsstraße, die im Bereich des Areals H zum Teil als Brückenrampe ausgebildet ist.

Das Areal H umfasst das Baufeld BF-09. Mit Ausnahme des ehemaligen Farblagers und weiterer kleinerer Gebäude ist die Fläche weitgehend unbebaut.

Die Investitionsgrundflächen können direkt nach der Baufeldfreimachung veräußert werden.

Flächengröße: ca. 1,8 ha

Areal I

Das Areal I befindet sich im Südosten des ehemaligen RAW-Geländes. Innerhalb des Areals I befindet sich das ehemalige Heizkraftwerk mit der Kranbahn, die Anlagen stehen unter Denkmalschutz, so dass von einem Erhalt auszugehen ist.

Im Norden wird das Areal I durch das Regenrückhaltebecken der Deutschen Bahn, im Osten und Süden durch die Gleisanlage und im Westen durch die Hauptverkehrsstraße (im südlichen Teil als Brückenrampe ausgebildet) begrenzt. Mit Ausnahme der unter Denkmalschutz stehenden Gebäude des Heizkraftwerkes ist kein relevanter Gebäudebestand im BF-10 vorhanden.

Im Areal I ist entsprechend dem Konzept zur Baufeldfreimachung als zentrale Logistikfläche mit Boden/Bauschuttlager vorgesehen (vgl. Kap. 7.5.1).

Flächengröße: ca. 1,5 ha

7.5.1 Logistikflächen

Eine wichtige Vorüberlegung bei der Erschließung ist die Ausweisung von Logistikflächen. Auf den Logistikflächen befinden sich

- die Baustelleneinrichtung (relativ flexibel umsetzbar),
- die Aufbereitungsanlagen (Brecheranlagen, Siebanlagen),
- Lagerflächen für aufbereitete mineralische Ersatzbaustoffe (RC-Material, Bodenmaterial) und
- die Bereitstellungsflächen für zu entsorgende mineralische Abfälle sowie sonstige Bauabfälle.

Insbesondere die Lagerflächen und Bereitstellungsflächen benötigen einen großen Platzbedarf und sind nur mit hohem logistischem und monetärem Aufwand während der Baufeldfreimachung zu verlagern.



Abb. 7-19 Beispielfoto eines Boden-/Bauschuttlagers mit Aufbereitungsanlage (unten links)

Bezüglich des Standortes für die Aufbereitungsanlage (insbesondere die Brecheranlagen für den Bauschutt) sind die zu erwartenden Lärmbelastungen zu berücksichtigen. Hierfür eignen sich Standorte mit möglichst großer Entfernung zu Wohnbebauungen und sensiblen Gewerbe (beispielsweise Dell, Hauptbahnhof etc.). Der Bahndamm südöstlich des RAW-Geländes wirkt hier in östliche Richtungen als Lärmschutzelement aus.



Abb. 7-20 Beispielfoto einer Brecheranlage

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass für die Herstellung des Brückenbauwerkes im Süden große Mengen an Bodenmaterial zur Herstellung der Rampen benötigt werden.

Als Logistikfläche, insbesondere jedoch für die Lagerflächen für wiedereinbaubare mineralische Ersatzbaustoffe und als Bereitstellungsfläche für zu entsorgende Abfälle (nachfolgend „Boden/Bauschuttlager“ genannt) sollten Flächen ausgewiesen werden, die erst zu einem späteren Zeitpunkt vermarktet werden. Außerdem sollten diese Flächen außerhalb des Sanierungsbereiches für den LHKW-Schaden liegen.

Geeignet sind aus Sicht des Gutachters daher Flächen in Randlage des Areals, die aus Lärmschutzgründen nach Möglichkeit in der Nähe des östlichen Bahndamms angeordnet sein sollten. Als Größe für die Logistikfläche mit Boden-/Bauschuttlager werden ca. 1 ha veranschlagt.

Seitens des Gutachters wird hierfür das Areal I vorgeschlagen, das bei Bedarf um das Areal F erweitert werden kann.

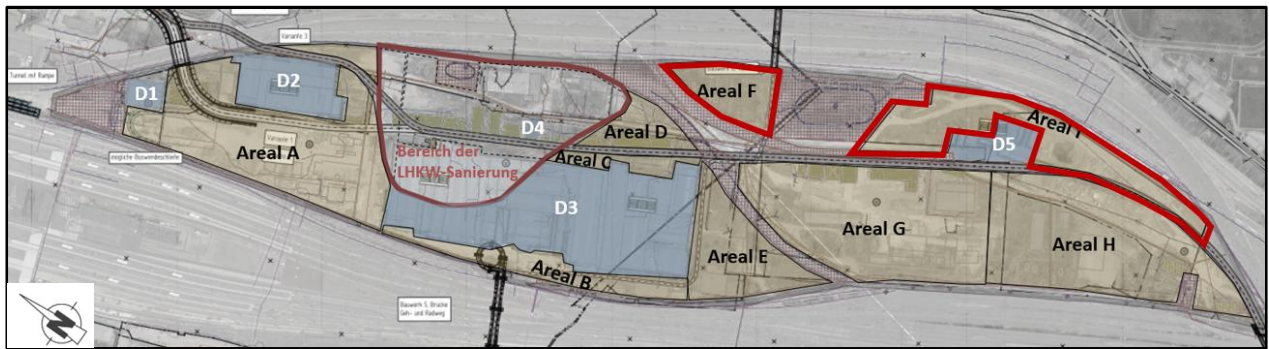


Abb. 7-21 Möglicher Standort für die Logistikflächen mit Boden-/Bauschuttlager

Die Auswahlkriterien für diese Standorte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Ausweisung dieser Standorte in Randlage des ehemaligen RAW-Geländes ermöglicht eine ungehinderte Erschließung des Geländes entweder von Norden, von Süden her oder von beiden Seiten.
- Die räumliche Nähe zum Brückenbauwerk mit den entsprechenden Rampen ermöglicht eine effiziente Nutzung von aufbereitetem Bodenmaterial zur Herstellung der Brückenrampen.
- Die ausgewiesenen Areale besitzen einen direkten Gleisanschluss (ehemaliges Gleis zum Heizkraftwerk).
- Die Areale besitzen sowohl beim aktuellen Zustand als auch nach Herstellung der Hauptverkehrsachse einen Straßenanschluss.
- in den Arealen sind gegenwärtig keine nennenswerten Gebäude vorhanden, so dass die Einrichtung der Logistikflächen zeitnah erfolgen kann.
- Die ausgewiesenen Flächen liegen in größtmöglicher Entfernung zu den sensiblen Nutzungen an der Westseite des RAW-Geländes und sind Richtung Osten durch den Bahndamm in Bezug auf Lärmbelastungen geschützt.
- Die Flächen berühren nicht den Bereich der LHKW-Sanierung.
- Die Anlagen des ehemaligen Heizkraftwerkes werden durch entsprechende Zäune abgegrenzt, evtl. erfolgende Sicherungsmaßnahmen können ungehindert durchgeführt werden.

7.5.2 Szenarien für die Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung

Aus logistischen Gründen und der am Markt zur Verfügung stehenden Kapazitäten sollte die Baufeldfreimachung abschnittsweise erfolgen. Grundsätzlich sind drei Szenarien für die Abfolge bei der Baufeldfreimachung vorstellbar:

1. Erschließung des Geländes beginnend von Norden und fortschreitend in Richtung Süden
2. Erschließung des Geländes beginnend von Süden und fortschreitend in Richtung Norden
3. Gleichzeitige Erschließung des Geländes von Norden und Süden

Ausgehend von diesen Randbedingungen sind 3 Szenarien für die Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung grundsätzlich denkbar.

Szenario 1

Szenario 1 geht davon aus, dass mit der Baufeldfreimachung im Norden, d.h. im Bereich des Areals A begonnen wird. Gleichzeitig ist es erforderlich, das Boden-/Bauschuttlager im Areal I vorzubereiten.

Weiterhin bestünden keine logistischen Konflikte mit den Arbeiten zur Sanierung des LHKW-Schadens und zu Sicherungsarbeiten für die denkmalgeschützten Gebäude.

Auch die Baufeldfreimachung im Bereich der LHKW-Sanierung (Areale C und D) sollte zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erfolgen, da mit der Altlastensanierung erst nach Abschluss der Baufeldfreimachung begonnen werden kann.

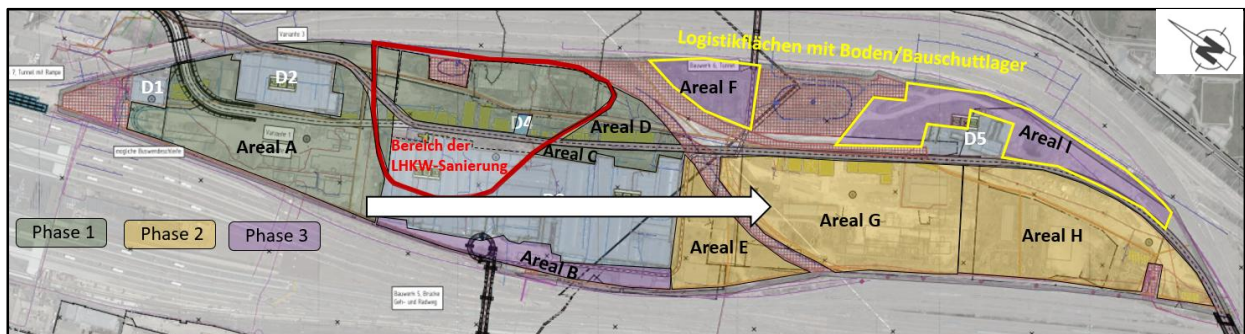


Abb. 7-22 Szenario 1 Baufeldfreimachung

Während der Sanierung des LHKW-Schadens muss die Verkehrsführung in Richtung Süden über die befestigten Verkehrsflächen westlich der RAW-Halle (Areal B) erfolgen.

Daher sollte ebenfalls zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zunächst die hier noch vorhandene oberirdische Bausubstanz zurückgebaut und eine temporäre Baustraße hergestellt werden. Die Tiefenenttrümmerung (Entsiegelung) im Areal B sollte jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Sukzessive könnte dann nach der Herrichtung des Areals E die weitere Erschließung in Richtung Süden mit den Arealen G und H erfolgen.

Am Ende erfolgt dann die Baufeldfreimachung in den Areal B, F und I.

Die Herstellung der Hauptverkehrswege und der Brückenbauwerke sowie die Sicherung der denkmalgeschützten Gebäude können parallel zur Baufeldfreimachung erfolgen, diese Maßnahmen sind weitgehend unabhängig von der Baufeldfreimachung umsetzbar.

Szenario 2

Szenario 2 sollte umgesetzt werden, wenn mit der Vermarktung/Entwicklung im Süden begonnen werden soll und geht von einer Erschließung des Areals von Süden her aus. Das bedeutet, dass parallel mit der Herstellung des Brückenbauwerkes und der Baufeldfreimachung im Areal H begonnen wird, die Baufeldfreimachung schreitet dann weiter in Richtung Norden fort.

Gleichzeitig ist es erforderlich, das Boden-/Bauschuttlager im Areal I vorzubereiten.

Auch bei diesem Szenario bestünden keine logistischen Konflikte mit den Arbeiten zur Sanierung des LHKW-Schadens und zu Sicherungsarbeiten für die denkmalgeschützten Gebäude.

Die Baufeldfreimachung im Bereich der LHKW-Sanierung (Areale C und D) sollten auch im Szenario 2 zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erfolgen, da mit der Altlastensanierung erst nach Abschluss der Baufeldfreimachung begonnen werden kann.

Während der Sanierung des LHKW-Schadens muss die Verkehrsführung in Richtung Süden über die befestigten Verkehrsflächen westlich der RAW-Halle (Areal B) erfolgen.

Daher sollte ebenfalls zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zunächst die hier bestehende oberirdische Bausubstanz zurückgebaut und eine temporäre Baustraße hergestellt werden. Die Tiefenenttrümmerung (Entsiegelung) im Areal B sollte jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Sukzessive könnte dann nach der Herrichtung des Areals H die weitere Erschließung in Richtung Norden mit den Arealen G, E und A erfolgen.

Am Ende erfolgt dann die Baufeldfreimachung in den Areal B, F und I.

Die Herstellung der Hauptverkehrswege und der Brückenbauwerke sowie die Sicherung der denkmalgeschützten Gebäude können parallel zur Baufeldfreimachung erfolgen, diese Maßnahmen sind weitgehend unabhängig von der Baufeldfreimachung umsetzbar.

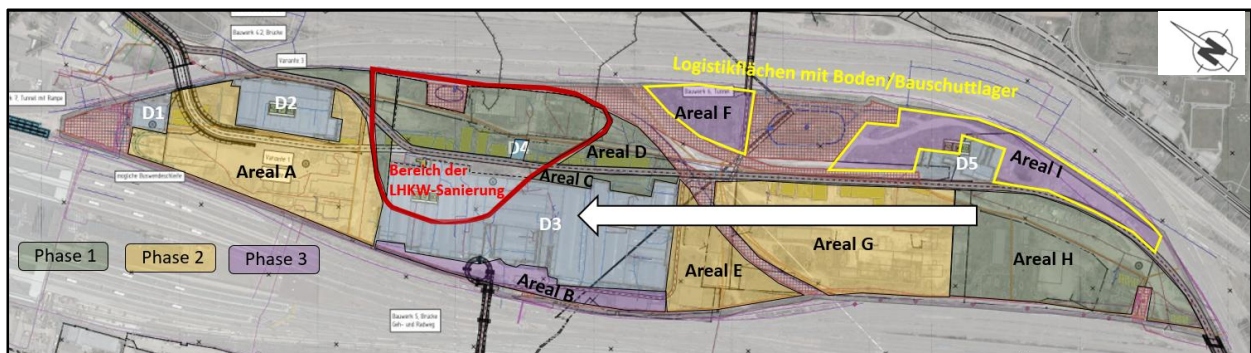


Abb. 7-23 Szenario 2 Baufeldfreimachung

Szenario 3

Szenario 3 sieht vor die zuvor erläuterten Szenarien 1 und 2 zu verbinden und gleichzeitig im Norden und Süden mit der Baufeldfreimachung zu beginnen. Vorteil ist eine deutlich höhere Geschwindigkeit bei der Erschließung des Geländes, Nachteil sind die zu vermutenden begrenzten Kapazitäten am Markt und die hohen logistischen Anforderungen an die Koordination. Weiterhin müsste für dieses Szenario das Boden-/Bauschuttlager wahrscheinlich hinsichtlich seiner Kapazität temporär erweitert werden.

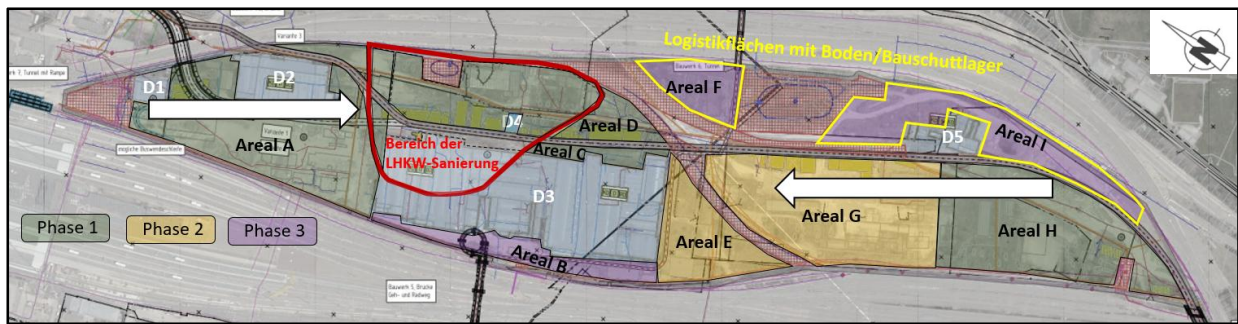


Abb. 7-24 Szenario 3 Baufeldfreimachung

Die weitere konzeptionelle Ausgestaltung der Szenarien sollte in Abstimmung mit allen Planungsbeteiligten erfolgen.

7.5.3 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung

Die Baufeldfreimachung ist für das gesamte Projektareal mit folgenden Ausnahmen vorgesehen:

- unter Denkmalschutz stehende Gebäude, die nicht zurückgebaut sondern in das Nachnutzungskonzept integriert werden²³
- Regenrückhaltebecken der Deutschen Bahn
- Bestandsgleise der Deutschen Bahn.

Der generelle Ablauf der Baufeldfreimachung stellt sich wie folgt dar:

- Baustelleneinrichtung einschl. Lager- und Bereitstellungsflächen, Brecherplätze u. dgl. à zentrale Logistikfläche mit Boden/Bauschuttlager
- Bewuchsbeseitigung
- Rückbau der oberirdischen Gebäudesubstanz (nach vorheriger Entrümpelung, Entkernung und Schadstoffbeseitigung)
- vollständige Beseitigung der unterirdischen Bauwerke wie Fundamente, Bodenplatten, Keller, Schächte, Verkehrsinfrastruktur, unterirdische Medieninfrastruktur, Schächte, Tanks etc. (Tiefenentrümmerung)
- Planie der Fläche
- Kampfmittelfreimessung der Baugrubensohle (Details in Kap. 7.5.6)
- Untersuchung der Baugrubensohle auf Bodenbelastungen, generell im Bereich der ausgewiesenen Altlastenverdachtsflächen, vgl. Anlage 3.7 sowie bei entsprechenden organoleptischen Verdachtsmomenten (Geruch, Verfärbung etc. (Details in Kap. 7.5.8)
- bei Erfordernis Beseitigung von lokalen Bodenbelastungen unterhalb der Auffüllung durch Bodenaustausch
- Herstellen der Investitionsgrundflächen - hierzu erfolgt lagenweise verdichtet der Einbau von aufbereitetem standorteigenem Bodenmaterial nach definierten geotechnischen Vorgaben, für das Bodenmaterial sind im Kapitel 7.6 f. erörterten Einbaukriterien bzgl. der Beschaffenheit definiert; auf den Einbau von Fremdmaterial soll bei der Herstellung der Investitionsgrundflächen verzichtet werden, da ein Höhenplan für das Gelände erst zu einem späteren Zeitpunkt erstellt und damit keine festen Höhen für die

²³ Im Bereich dieser Gebäude sind jedoch bei Erfordernis Bodensanierungsmaßnahmen und die Beseitigung von Gebäudeschadstoffen erforderlich.

Investitionsgrundflächen vorgegeben werden; die Höhenlage der Investitionsgrundflächen ist damit abhängig von der verfügbaren Menge an aufbereitetem Bodenmaterial

Weitere Randbedingungen

- i.d.R. frei geböschte Baugruben ohne Verbau, an den Grenzen der Baugrube zu Verkehrswegen und Bestandsgebäuden müssen ggf. bautechnische Sicherungsmaßnahmen erfolgen
- Maßnahmen zur Verhinderung des Aufweichens der Geschiebemergeloberfläche (bspw. Reliefgestaltung und Entwässerungselemente, Abdecken etc.) sind vorzusehen
- Tagwasserhaltung, bei Erfordernis Betrieb einer Wasserreinigungsanlage²⁴

7.5.4 Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen

Folgendes Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen ist vorgesehen:

- Sämtliche bei der Baufeldfreimachung anfallenden mineralischen Massen (Beton, Bauschutt, Boden) werden zunächst zum Boden-/Bauschuttlager transportiert, dort auf Haufwerken (i.d.R. ca. 500 m³) aufgehaldet mit wetterfester Beschilderung versehen.
- Die Haufwerke werden anschließend analytisch untersucht (Probenahme nach LAGA PN 98, Analytik nach Tab. 2 Anl. 1 ErsatzbaustoffV in einem akkreditierten Labor)
- Im Ergebnis der Untersuchung wird entschieden, ob das Material vor Ort wieder eingebaut oder entsorgt werden muss (Kriterien gemäß Kapitel 7.6 f.).
- Bei Erfordernis erfolgt die geotechnische Aufbereitung (Brechen des Bauschuttes, Siebung des Bodens) in einer nach ErsatzbaustoffV zertifizierten Aufbereitungsanlage.
- Das aufbereitete Material wird auf Haufwerken gelagert, geordnet nach Materialart und chemischer Beschaffenheit, ebenfalls mit wetterfester Beschilderung versehen.
- Das aufbereitete Bodenmaterial wird vollständig zur Herstellung der Investitionsgrundflächen sowie zur Herstellung der Rampen für die Brückenbauwerke verwendet.
- Ziegel-RC-Material wird für die Herstellung von Baustraßen vorgehalten und verwendet.
- Beton-RC-Material wird für den Einbau in technischen Bauwerken (Tragschichten etc.) vorgehalten. Der Einbau erfolgt zum einem bei der Herstellung der Verkehrsinfrastruktur (Straßenbau), zum überwiegenden Teil jedoch erst im Rahmen der Neubebauung der Fläche, die Verwendung des Beton-RC-Materials sollte ggf. vertraglich mit den Investoren geregelt werden.
- Auf Grund der vormaligen Nutzung als Eisenbahnbetriebsfläche ist mit relevanten Mengen an Gleisschotter zu rechnen, der Gleisschotter wird nach Tab. 2 Anl. 1 ErsatzbaustoffV untersucht und entweder entsorgt oder vor Ort aufbereitet.
- Schadstoffhaltige Bauabfälle (asbesthaltige Baumaterialien, Dachpappe, Teerrückstände etc.) werden ordnungsgemäß entsorgt.

7.5.5 Maßnahmen zum Arbeits- und Immissionsschutz

Auf Grund der Belastungs- und Standortsituation wird in Teilbereichen (ALVF, Bereich der LHKW-Sanierung) von folgenden Maßnahmen zum Arbeits- und Immissionsschutz ausgegangen:

²⁴ Im Bereich der Altlastenverdachtsflächen, bspw. der ehem. Tankanlage ist lokal ggf. mit kontaminiertem Sickerwasser in geringen Mengen zu rechnen.

- Besondere Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz gemäß DGUV-R 101-004 (Arbeiten im kontaminierten Bereich), Begleitung durch einen Koordinator nach DGUV-R 101-004 bzw. einen Sachkundigen nach TRGS 524
- Erarbeitung eines Immissionsschutzplans mit Immissionsschutzkonzept
- Immissionsschutzmaßnahmen
- Immissionsmessungen an den Baufeldgrenzen

7.5.6 Konzept zur Kampfmittelfreimessung

Nach der Tiefenenttrümmerung ist auf den eingeebneten Flächen zunächst eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus mittels Sonde durchzuführen²⁵. Gegenwärtig kann nicht eingeschätzt werden, inwieweit aufgrund der nach der Tiefenenttrümmerung noch verbliebenen Auffüllung eine Kampfmittelfreigabe durch diese oberflächlichen Messungen großräumig möglich ist; daher sollen zunächst auf **4 Probefeldern** die oberflächliche Freigabe getestet werden. Die Probefelder (jeweils ca. 100 m²) sollten nach den örtlichen Gegebenheiten verteilt auf der tiefenenttrümmerten Fläche festgelegt werden.

Folgende Szenarien zur Kampfmittelgabe sind in den Probefeldern zu untersuchen:

Szenario 1: Eine Kampfmittelfreigabe ist von der Oberfläche der eingeebneten Auffüllung aus grundsätzlich möglich, im Bereich von Störsignalen wird die Auffüllung lokal ausgetauscht, anschließend wird eine erneute Messung vorgenommen und die Fläche mittels Sonde freigegeben.

Szenario 2: Eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus ist aufgrund einer Vielzahl von Störsignalen, die durch die Beschaffenheit der anthropogenen Auffüllung verursacht werden, nicht möglich. Die Kampfmittelfreigabe muss daher durch Kampfmittelsondierungen im Untersuchungs raster von 1,5 m erfolgen.

Szenario 3: Eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus ist aufgrund einer Vielzahl von Störsignalen, die durch die Beschaffenheit der anthropogenen Auffüllung verursacht werden, nicht möglich. Die Auffüllung muss vollständig ausgetauscht werden, die Kampfmittelfreimessung erfolgt dann anschließend an der Oberkante des Geschiebemergels.

Die Entscheidung darüber, welches der 3 Szenarien umgesetzt wird, erfolgt im Ergebnis der fachtechnischen und wirtschaftlichen Bewertung nach Auswertung der vier Probefelder.

Die Vorgehensweise für alle Areal separat umzusetzen.

Zum Umgang mit einer möglichen Kampfmittelbelastung im Bereich der unter Denkmalschutz stehenden Gebäude müssen mit den zuständigen Behörden fachtechnische Abstimmungen geführt werden.

7.5.7 Konzept zum Umgang mit dem LHKW-Schaden im Rahmen der Baufeldfreimachung

Im Ergebnis der ergStU wurden für den LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage zwei Sanierungsbereiche ausgewiesen:

- Sanierungsbereich 1: Bodensanierung bis 5 Metern zur Beseitigung von Bodenbelastungen im Geschiebemergel im näheren Umfang der ehemaligen TRI-Anlage
- Sanierungsbereich 2: Grundwasserbezogene Sanierung (Dichtwand, Förderbrunnen, Grundwasserreinigungsanlage)

²⁵ Das Niveau liegt i.d.R. bei etwa 2 Metern unter dem ursprünglichen Gelände, so dass die Regelfreigabetiefe in Sachsen-Anhalt von 6 Metern realisierbar ist. Detail dazu sind in der Planung abzustimmen.

Sanierungsbereich 1

Es wurde abgeleitet, dass in Vorbereitung einer gefahrlosen Nachnutzung in den Arealen C und D die massiven LHKW-Belastungen im Geschiebemergel im Umfeld der ehemaligen TRI-Anlage beseitigt werden müssen. Andernfalls ist keine gefahrlose Nachnutzung dieser Flächen möglich.

Als Vorzugsvariante wurde ein konventioneller Bodenaustausch abgeleitet. Da zum Zeitpunkt der ergStU ein Betreten der ehemaligen Werkhallen des RAW aufgrund der Einsturzgefährdung der Dachkonstruktionen nicht möglich war und damit auch keine Erkundung der Untergrundbelastung innerhalb der Hallen erfolgen konnte, konnte die sanierungsbedürftige Kubatur der LHKW-Kontamination im Geschiebemergel nur für den Bereich außerhalb der Hallen untersucht werden. Die zahlreichen unterirdischen Bauwerke und Leitungen sowie die Notwendigkeit zur Kampfmittelfreimessung aller Untersuchungspunkte schränkten auch außerhalb der Hallen die Untersuchungen ein.

Im Rahmen der Sanierungsplanung für den Sanierungsbereich 1 (Beseitigung der LHKW-Phasen im Geschiebemergel) sind insofern eine weitere Untersuchung des Schadens und eine abschließende Abgrenzung der Aushubkubatur erforderlich. Für diese planungsbegleitende Erkundung sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Erkundungsarbeiten auch innerhalb der ehemaligen Werkhalle des RAW
Aus Sicht des Gutachters ist eine Sicherung der Dachkonstruktion für den nördlichen Teil des Werkhallenkomplexes aufgrund des desolaten Zustandes und der strukturellen Schwächung nicht möglich, so dass entweder als Voraussetzung für die planungsbegleitenden Untersuchungen die Dachkonstruktion entfernt oder dieser Teil des Hallenkomplexes zurückgebaut werden muss.
- Gebäuderückbau und Baufeldfreimachung
Eine weitere detaillierte Erkundung des Untergrundes außerhalb der Halle wird gegenwärtig durch die noch vorhandenen Gebäude und die zahlreichen, im Untergrund vorhandenen Altfundamente und Altleitungen erschwert, bei denen zum Teil unklar ist, ob diese noch im Betrieb sind. Voraussetzung für die planungsbegleitenden Untersuchungen ist daher eine Baufeldfreimachung im Umfeld des ehemaligen TRI-Schadens (Rückbau der Gebäude, Tiefenenttrümmerung sowie Kampfmittelfreimessung).

Das bedeutet, dass die planungsbegleitenden Untersuchungen zur Sanierung des LHKW-Schadens erst **n a c h** der Baufeldfreimachung in den Arealen C und D (Baufelder BF 05 und BF 06) erfolgen kann (vgl. Kap. 9.4).

Für den Bodenaustausch der LHKW-Phase ist es aus technischer Sicht zwingend erforderlich die Werkhalle im Austauschbereich zurückzubauen.

Sanierungsbereich 2

Im Sanierungsbereich 2 ist nach der derzeitigen Vorzugsvariante die Errichtung einer Dichtwand vorgesehen. Die Trasse verläuft im Bereich der Areal C, D und F. Zudem verläuft die Trasse innerhalb der des nördlichen Teils der ehemaligen RAW-Werkhalle.

Da zum Zeitpunkt der ergStU ein Betreten der ehemaligen Werkhallen des RAW aufgrund der Einsturzgefährdung der Dachkonstruktionen nicht möglich war und damit auch keine Erkundung der Untergrundbelastung innerhalb der Hallen erfolgen konnte, kann der Verlauf der Dichtwandtrasse für den Bereich der Halle derzeit nur vermutet werden.

Im Rahmen der Planung sind weitere Kernbohrungen innerhalb der Einkapselung (zur genaueren Lokalisierung der LHKW-Quellen) und entlang der Dichtwandtrasse zur Planung der Wand erforderlich.

Für diese planungsbegleitende Erkundung sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Erkundungsarbeiten auch innerhalb der ehemaligen Werkhalle des RAW
Aus Sicht des Gutachters ist eine Sicherung der Dachkonstruktion für den nördlichen Teil des Werkhallenkomplexes aufgrund des desolaten Zustandes und der strukturellen Schwächung nicht möglich, so dass entweder als Voraussetzung für die planungsbegleitenden Untersuchungen die Dachkonstruktion entfernt oder dieser Teil des Hallenkomplexes zurückgebaut werden muss.
- Gebäuderückbau und Baufeldfreimachung
Eine weitere detaillierte Erkundung des Untergrundes außerhalb der Halle wird gegenwärtig durch die noch vorhandenen Gebäude und die zahlreichen, im Untergrund vorhandenen Altfundamente und Altleitungen erschwert, bei denen zum Teil unklar ist, ob diese noch im Betrieb sind. Voraussetzung für die planungsbegleitenden Untersuchungen ist daher eine Baufeldfreimachung im Umfeld des ehemaligen TRI-Schadens (Rückbau der Gebäude, Tiefenenttrümmerung sowie Kampfmittelfreimessung).

Das bedeutet, dass die planungsbegleitenden Untersuchungen zur Sanierung des LHKW-Schadens auch für den Sanierungsbereich 2 erst **n a c h** der Baufeldfreimachung in den Arealen C, D und F erfolgen kann (vgl. Kap. 9.4).

Für die Errichtung der Dichtwand ist es aus technischer Sicht zwingend erforderlich die Werkhalle im Bereich der Trasse zurückzubauen.

7.5.8 Umgang mit den Altlastenverdachtsflächen bei der Baufeldfreimachung

In [U79] wurden zahlreiche Altlastenverdachtsflächen ausgewiesen (vgl. Anlage 1.7 sowie Kap. 2.5). In Anlage 5.6 [U79] sind die ergänzenden Untersuchungen für Altlastenverdachtsflächen ausgewiesen, bei denen entweder Gefahren für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser oder Gefahren für den Direktpfad (überwiegend durch mögliche Ausgasungen) nicht auszuschließen waren.

Im Ergebnis des Grundwasserscreening der vorliegenden ergStU können relevante Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgeschlossen werden (vergleiche Kapitel 6.3.6). Insofern kann eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser für diese ALVF ausgeschlossen werden.

Die Untersuchungen im Rahmen der ergStU haben gezeigt, dass aufgrund der aktuellen Fundament- und Leitungssituation Bodenuntersuchungen mit einem sehr hohen technischen und monetären Aufwand verbunden sind (Anlegen von Schürfen zur Kampfmittelfreimessung für jeden Ansatzpunkt) und die Sondierarbeiten aufgrund der zahlreichen Fundamente und Leitungen im Untergrund stark eingeschränkt sind. Daher wird empfohlen auf weitere Untersuchungen der Altlastenverdachtsflächen **v o r** der Baufeldfreimachung zu verzichten.

Vielmehr sollten die ALVF vor der Baufeldfreimachung vor Ort gekennzeichnet werden. Auffällige Bodenbereiche sind dann bei der Tiefenenttrümmerung entsprechend zu separieren und gesondert zu beproben.

Nach der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung sind im Sohlbereich der Rückbaugruben Bodenproben zu entnehmen und auf vornutzungsspezifische Parameter zu untersuchen.

Sofern tiefer reichende Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden, sind an der Sohle der Rückbaugrube entsprechende Sondierungen auszuführen. Die tiefenorientiert entnommenen Bodenproben sind ebenfalls auf die nutzungsspezifischen Parameter zu analysieren.

Für Altlastenverdachtsflächen, bei denen ein Verdacht auf Bodenluftkontaminationen besteht, sind an der Sohle der Rückbaugrube Bodenluftuntersuchungen durchzuführen. Im Ergebnis dieser ergänzenden Untersuchungen sind bei Erfordernis lokale Bodenaustauschmaßnahmen umzusetzen.

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die Altlastenverdachtsflächen dargestellt, die zu Beginn der Baufeldfreimachung zu kennzeichnen sind.

Es erfolgte eine Kategorisierung in

- **Altlastenverdachtsflächen bei denen oberflächennah Bodenbelastungen** zu erwarten sind, die im Zuge der Baufeldfreimachung ohnehin beräumt werden, für diese Flächen ist ggf. bei organoleptischen Auffälligkeiten eine Separierung der Aushubmassen vorzunehmen, an der Sohle der Rückbaugruben sind Bodenproben zu entnehmen und auf die entsprechenden Verdachtsparameter der Vornutzung zu analysieren.
- **Altlastenverdachtsflächen, bei denen tiefere Bodenbelastungen** auch unterhalb der Sohle der Baugrube für die Baufeldfreimachung nicht auszuschließen sind, für diese Altlastenverdachtsflächen sind an der Sohle der Baugrube für die Baufeldfreimachung Kleinrammbohrungen zu teufen, die entnommenen Bodenproben sind auf vornutzungsspezifische Verdachtsparameter zu analysieren (vergleiche Anlage 5.6 aus U79), bei Erfordernis sind diese Bodenbelastungen im Rahmen der Baufeldfreimachung durch Bodenaustausch zu beseitigen.
- **Altlastenverdachtsflächen, bei denen tiefere Bodenbelastungen und Bodenluftbelastungen** zu erwarten sind; an der Sohle der Baugrube für die Baufeldfreimachung sind Kleinrammbohrungen zu teufen, die entnommenen Bodenproben sind auf vornutzungsspezifische Verdachtsparameter zu analysieren; zusätzlich sind Bodenluftmessstellen an der Sohle der - Baugrube zu errichten und auf vornutzungsspezifische Verdachtsparameter zu analysieren; bei Erfordernis sind die Bodenkontaminationen durch Bodenaustausch zu beseitigen.

Die Altlastenverdachtsflächen mit entsprechender Kategorisierung sind zudem in Anlage 2.2.6 dargestellt.

Tab. 7-2 Altlastenverdachtsflächen, die im Zuge der Baufeldfreimachung abschließend zu untersuchen sind

BF	ALVF-NR	Bezeichnung	oberflächennahe Bodenbelastungen ggf. beim Aushub separieren, Sohproben	tiefere Belastungen nicht auszuschließen, Sondierungen an der Sohle der Rückbaugrube	tiefere Bodenbelastungen und Bodenluftbelastungen nicht auszuschließen, Sondierungen und Bodenluftuntersuchungen an der Sohle
01	14	Lokabstellplatz Gleis 13	ja	nein	nein
01	46	Kfz-Reparaturhalle	ja	nein	nein
01	50	Fasslager für Getriebeöle und Schmiermittel	ja	nein	nein
01	51	Bezinbunker	ja	nein	nein
01	54	Lokschuppen	ja	nein	nein
01	58	Farblager im Keller des Versandhauses	ja	nein	nein
01	63	Teilelager	ja	nein	nein
01	64	Freifasslager	ja	ja	ja
02	23	Ölabscheider NE ehem. Prüfstand	ja	ja	nein
02	26	Ölabscheider südl. ehem. Kesselschmiede	ja	ja	nein
02	44	Teilewäsche	ja	nein	nein

BF	ALVF-NR	Bezeichnung	oberflächennahe Bodenbelastungen ggf. beim Aushub separieren, Sohproben	tieferer Belastungen nicht auszuschließen, Sondierungen an der Sohle der Rückbaugrube	tieferer Bodenbelastungen und Bodenluftbelastungen nicht auszuschließen, Sondierungen und Bodenluftuntersuchungen an der Sohle
02	55	Getriebeprüfstand	ja	ja	nein
02	56	Motorenprüfstand	ja	ja	nein
03	10	Radsatzzwischenlager	ja	nein	nein
03	12	Lokabstellplatz Gleis 16	ja	nein	nein
03	67	Motorenlager	ja	ja	nein
04	7	Strahlanlage/ Farblager	ja	nein	nein
04	8	Strahlanlage	ja	ja	nein
04	9	Arbeitsgruben	ja	ja	nein
04	19	Neutralisationsbecken der Batterieaufbereitung	ja	nein	nein
04	30	Tankanlage	ja	ja	ja
04	31	Farbspritzhalle	ja	ja	ja
04	32	Teilewaschanlage (alkalische Mittel)	ja	ja	nein
04	34	Kleinteilefarbgebung	ja	nein	nein
04	35	Farbspritzkabinen	ja	ja	ja
05	60	Farblager	ja	nein	nein
07	126	Lagerschuppen Chemikalien	ja	ja	nein
08	131	Betriebsmittellager	ja	ja	ja
09	115	Lagerplatz neben Farbenhauptlager	ja	ja	ja
09	123	Farbhauptlager	ja	ja	ja
10	133	Heizöltanks	ja	ja	nein

7.5.9 Betriebliches Abwassersystem

In den Bereichen des ehemaligen Werksgeländes, in denen ein Umgang mit Kraft- und Schmierstoffen erfolgte, befanden sich nach Angaben aus [U13] insgesamt 23 Ölabscheider, um wasserunlösliche Kraft- und Schmierstoffe sowie Öle abzuscheiden und so einen Eintrag in die Kanalisation zu verhindern. In [U79] sind die vorliegenden Informationen zu den Ölabscheidern und dem Abwassersystem zusammenfassend dargestellt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Abwassersystem im Laufe der Betriebsgeschichte sukzessive erweitert wurde. Aufgrund des Alters der industriellen Anlagen und wahrscheinlich auch durch Kriegseinwirkungen ist mit Defekten in den Haltungen zu rechnen, so dass relevante Mengen der betrieblichen Abwässer im Untergrund versickert sein dürften.

Der überwiegende Teil der Ölabscheider wurde im Rahmen der Orientierenden Untersuchung 1999 [U13] durch die Entnahme von Schlammproben und durch Sondierungen im unmittelbaren Umfeld der Abscheider untersucht²⁶. Vereinzelt wurden in den Bodenproben erhöhte Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen (bis 690 mg/kg) an PAK (bis 250 mg/kg) festgestellt.

²⁶ Die Haltungen innerhalb des südlichen Projektareals und des Fernheizwerkes waren nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Weiterhin wurden Schlammproben aus Kontrollschächten des Abwassersystems entnommen, dabei wurden vereinzelt hohe Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen (bis 110.000 mg/kg) ermittelt. An einzelnen Schächten waren auch im Umfeld der Kontrollschächte massive MKW-Belastungen bis 19.000 mg/kg festzustellen (Aufschluss 70-5/1 sowie 70-17/1). In allen untersuchten Schlammproben waren deutlich erhöhte Mineralölkohlenwasserstoffgehalte (bis 110.000 mg/kg) festzustellen, die höchsten Gehalte wurden in den Aufschlüssen A 70-1/S und A 70-20/1 ermittelt. Der Schlamm wies zudem hohe Gehalte an PAK bis 54 mg/kg auf.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass sowohl in den noch vorhandenen Ölabscheidern als auch in den Kontrollschächten und Haltungen des betrieblichen Abwassersystems noch erhebliche Mengen an mineralöhlhaltigen und PAK-haltigen Schlämmen vorhanden sind. Eine räumliche Differenzierung der Schadstoffbelastung ist auf Basis der vorliegenden Ergebnisse nicht möglich. Die Tatsache, dass in allen vier untersuchten Kontrollschächten MKW-Gehalte > 1.000 mg/kg nachgewiesen wurden, lässt eine Kontamination in weiten Teilen des Abwassersystems vermuten.

Im Umfeld der Ölabscheider, Haltungen und Abwasserschächte ist zudem mit lokalen Bodenbelastungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe und PAK, ggf. auch durch LHKW zu rechnen.

Soweit bekannt, sind die Einrichtungen zur betrieblichen Abwasserentsorgung, insbesondere die Ölabscheider, vor Beginn der Baufeldfreimachung zu kennzeichnen. Beim Rückbau der Abscheider, Schächte und Haltungen sind Vorkehrungen für das Antreffen von ölkontaminierten Schlämmen zu treffen (Vorhalten von entsprechenden wasserdichten Containern etc.). Die Anlagen zur betrieblichen Abwasserentsorgung einschließlich der Ölabscheider sind im Rahmen der Baufeldfreimachung sachgerecht zurückzubauen.

7.6 Standortbezogene Einbauwerte für den Einbau in technischen Bauwerken

In diesem Kapitel wird die Festlegung von Einbauwerten für Bodenmaterial diskutiert, das in technischen Bauwerken eingebaut werden soll und damit unter die Regelungen der ErsatzbaustoffV fällt.

7.6.1 Reguläre Vorgaben der ErsatzbaustoffV für den Einbau von Bodenmaterial

Wie zuvor dargestellt, soll im Rahmen der Baufeldfreimachung Bodenmaterial, das bei der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung anfällt, in einer Aufbereitungsanlage vor Ort durch Siebungen so aufbereitet werden, dass es geotechnisch als mineralischer Ersatzbaustoff für die Infrastrukturmaßnahmen in technischen Bauwerken genutzt werden kann.

Zunächst soll betrachtet werden, welche Materialien am Standort für welche Einbauklassen regulär zugelassen sind.

Zunächst muss die Grundwasserdeckschichtensituation betrachtet werden. Dazu soll für den Standort geprüft werden, inwieweit eine günstige oder eine ungünstige Konfiguration der Grundwasserdeckschichten vorliegt.

Gemäß § 19 Abs. 8 ErsatzbaustoffV liegt eine günstige Konfiguration der Grundwasserdeckschichten vor, wenn am Einbauort die grundwasserfreie Sickerstrecke mehr als 1 m zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m beträgt (d.h. 1,5 m).

Innerhalb des Geschiebemergelpaketes ist in Teilbereichen des Standortes in einer Teufe von ca. 5 m unter GOK ein Schichtenwasserhorizont ausgebildet, der stratigrafisch als GWL 1.4 bezeichnet wird. Hierbei handelt es sich nicht um einen zusammenhängenden Grundwasserleiter, sondern um einen temporär wasserführenden Schichtenwasserhorizont, der nur lokal aushaltend ist.

Der am Standort relevante Grundwasserleiter (GWL 1.5) folgt im Liegenden des Geschiebemergelpaketes in einer Tiefe von ca. 10 bis 12 m unter der aktuellen Geländeoberkante.

Am Standort liegt insofern generell eine günstige Konfiguration der Grundwasserdeckschichten im Sinne der ErsatzbaustoffV vor.

Weiterhin wird bei den Einbauweisen nach Anlage 2 ErsatzbaustoffV bei einer günstigen Deckschichtkonfiguration unterschieden, ob die Deckschichten durch Sande oder durch Lehm/Schluff/Ton gebildet werden. Bei dem am Standort vorhandenen Geschiebemergelpaket handelt es sich eindeutig um Lehm/Schluff/Ton, so dass die Spalte 3 der Einbautabellen zum Ansatz gebracht werden kann.

In der folgenden Tabelle sind die für Bodenmaterial zulässigen Einbauweisen für die einzelnen Materialklassen dargestellt (Tab. 5, Anl. 2 ErsatzbaustoffV ff.).

Tab. 7-3 Standortbezogene Darstellung der zulässigen Einbauweisen für MEB in technischen Bauwerken

Nr.	Einbauklassen	BM-0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	+
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	+	+	+	+
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+
8	Frostschutzschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A - D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	+
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE ²⁷	+	+	+	+

²⁷ "Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau" - MTSE (FGSV, Ausgabe 2017).

Nr.	Einbauklassen	BM-0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	+	+	+	-
12	Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	-
13	Tragschicht ohne Bindemittel (ToB), Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	-
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen	+	+	+	+
15	Bauweisen 13 unter Pflaster	+	+	+	+
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE	+	+	+	+
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht	+	+	+	+

Aufgrund der günstigen Konfiguration der Deckschichten am Standort kann Bodenmaterial der Materialklassen BM-0*, BM-F1 und BM-F2 in allen Einbauklassen uneingeschränkt eingebaut werden.

BM-F3-Material darf nicht

- als Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelegen,
- als Deckschicht ohne Bindemittel und
- als Tragschicht ohne Bindemittel, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschichten ohne Bindemittel

eingebaut werden²⁹.

²⁸ zugelassen bei Ausbildung der Bodenabdeckung als Dränschicht (Kapillarsperreneffekt) nach den "Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung - RAS-Ew" (FGSV, Ausgabe 2005) oder in analoger Ausführung zur Bauweise E MTSE

²⁹ Für die Einbauarten nach Nr. 14 bis 17 ist BM-F3-Material unter bestimmten stofflichen Voraussetzungen zugelassen (vergleiche Tabelle). Nach den vorliegenden Analyseergebnissen bzw. den vornutzungsbedingt zu erwartenden Belastungen ist davon auszugehen, dass die Nutzung für diese Einbauklassen für das Material grundsätzlich zulässig ist.

7.6.2 Zulassung abweichender Feststoffwerte für Bodenmaterial

Sofern es sich bei dem Standort des ehemaligen RAW Halle um ein **Gebiet nach § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV handelt, in denen naturbedingt oder siedlungsbedingt ein oder mehrere Feststoffwerte die Materialwerte nach BM-F0* im Boden flächenhaft überschreiten**. In diesem Fall kann die zuständige Behörde für das Gebiet bestimmte Einbauweisen und höhere Materialwerte für Bodenmaterial festlegen.

Um dieses Kriterium zu prüfen, werden in der folgenden Tabelle für ausgewählte Parameter die Ergebnisse der analytischen Untersuchungen - getrennt für die Bodenproben aus dem Geschiebemergel (naturbedingt) und die Auffüllung (siedlungsbedingt) – den Materialwerten BM-F0* gegenübergestellt. Dargestellt wurden jeweils die arithmetischen Mittelwerte sowie die Maximalwerte. Überschreitungen der Materialwerte nach BM-F0* nach ErsatzbaustoffV wurden farblich hinterlegt.

Tab. 7-4 Gegenüberstellung der Materialwerte BM-F0* nach ErsatzbaustoffV mit den Ergebnissen der Bodenproben aus den Schürfe

Parameter	Materialwerte BM-F0* nach Ersatzbaustoff fV	Mittelwert Geschiebe- mergel [mg/kg]	Maximum Geschiebe- mergel [mg/kg]	Mittelwert Auffüllung [mg/kg]	Maximum Auffüllung [mg/kg]
As im Feststoff	40	4,0	8	10,8	30
Pb im Feststoff	140	11	29	150	836
Cd im Feststoff	2	<0,15	<0,15	0,4	4,4
Cr (ges.) im Feststoff	120	14	87	19	68
Cu im Feststoff	80	13	35	166	1.480
Ni im Feststoff	100	16	32	18	41
Hg im Feststoff	0,6	<0,1	<0,1	0,67	10
Tl (ges.) im Feststoff	2	0,04	0,23	0,006	0,29
Zn (ges.) im Feststoff	300	33	51	187	1.160
TOC im Feststoff	5	0,31	0,48	3,0	19,4
PAK₁₆ im Feststoff	6	0,38	3,71	10,0	56
PCB im Feststoff	0,1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
EOX im Feststoff	1	<1	<1	<1	<1

In den Geschiebemergel-Proben wurden weder für die arithmetischen Mittelwerte noch für die Maximalwertwerte die Materialwerte nach BM-F0* der Ersatzbaustoffverordnung überschritten. Naturbedingt sind insofern keine erhöhten Feststoffgehalte vorhanden.

Anders sieht dies für die Auffüllung aus. Für die Parameter Blei, Kupfer, Quecksilber und PAK liegen die arithmetischen Mittelwerte über den Materialwerten nach BM-F0*. Für die Parameter Cadmium und TOC überschreiten nur die Maximalwerte die Materialwerte nach BM-F0*.

Insofern ist zunächst grundsätzlich festzustellen, dass es sich bei dem Projektareal um ein Gebiet nach § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV handelt, in dem siedlungsbedingt mehrere Feststoffwerte die Materialwerte der Klasse BM-F0* flächendeckend überschreiten.

Insofern kann die zuständige Behörde für bestimmte Einbauweisen höhere Materialwerte für Bodenmaterial festlegen. Das Kriterium hierfür ist, dass sich die stoffliche Situation nicht nachteilig verändern darf.

7.6.3 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Baufeldfreimachung

Im vorherigen Kapitel wurde festgestellt, dass es sich bei dem ehemaligen RAW-Gelände um ein Gebiet mit siedlungsbedingt erhöhten Feststoffgehalten handelt. Daher können seitens der Behörde von der Ersatzbaustoffverordnung abweichende Materialwerte festgelegt werden.

Hauptkriterium ist nach § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV, dass sich dadurch die stoffliche Situation nicht nachteilig verändern darf. Zudem müssen Gefährdungen für das Schutzgut Grundwasser oder in Bezug auf die Nachnutzung ausgeschlossen werden können.

Zudem sollte die Festlegung höherer Materialwerte für Bodenmaterial für bestimmte Einbauweisen fachlich und sachlich begründet und im Sinne des Allgemeinwohls sein.

Im Ergebnis der Bodenuntersuchungen wurde festgestellt, dass in der Auffüllung erhöhte Schwermetallbefunde anzutreffen sind. Vorrangig ist dies für Kupfer festzustellen, in zahlreichen Bodenproben liegen zudem erhöhte Gehalte für Blei und Quecksilber, in einigen Bodenproben auch für Cadmium vor. In zahlreichen Bodenproben wurden darüber hinaus erhöhte Gehalte an PAK verzeichnet. Eine detaillierte Beschreibung und die Diskussion der Ursachen dieser erhöhten Befunde sind in Kapitel 7.2 dargestellt.

Ein Schadstoffeintrag ins Grundwasser kann für diese erhöhte Schwermetall- und PAK-Befunde ausgeschlossen werden. Das liegt zum einen daran, dass sowohl die Schwermetalle als auch die PAK-Belastungen eine sehr geringe Eluierbarkeit aufweisen. In fast allen Eluatproben der untersuchten Bodenproben waren unauffällige Gehalte nachweisbar. Zudem ist, wie zuvor dargestellt, am Standort eine sehr günstige Grundwasserdeckschichtenkonfiguration vorhanden. Das zum Teil mehr als 10 m mächtige Geschiebemergelpaket weist eine hohe hydraulische Abdichtung und außerdem ein hohes Adsorptionspotential für Schwermetalle und organische Schadstoffe auf, so dass ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Entsprechend wurden im Rahmen des Grundwasserscreening im gesamten Projektareal flächendeckend unauffällige PAK-Konzentrationen nachgewiesen.

Der Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken ist insbesondere für die Herstellung der Rampen für das Brückenbauwerk im Süden des ehemaligen RAW-Gelände relevant (Einbauklasse Nr. 10 bzw. 17 nach Tabelle 8-3).

Weiterhin ist ein Einbau im Zusammenhang mit Profilierungsmaßnahmen bei der Errichtung von Straßen denkbar (Einbauklasse Nr. 8 gemäß Tabelle 7-3).

Aus Sicht des Gutachters ist die Herstellung der südlichen Brückenrampe im Bereich der Bundesstraße B6 ebenfalls dem Gebiet des ehemaligen RAW zuzurechnen, da sowohl die geologischen Verhältnisse als auch die Nutzungsverhältnisse mit denen im RAW-Gelände vergleichbar, und die Herstellung der südlichen Brückenrampe im direkten Zusammenhang mit der Erschließung des RAW-Geländes steht.

Zugelassen ist hier am Standort regulär Bodenmaterial BM-F3.

Ein Direktkontakt mit dem Material für auf den Flächen Verkehrende kann aufgrund der Einbauart ausgeschlossen werden. Das bedeutet zunächst, dass höhere Einbauwerte für Schwermetalle und PAK im Feststoff die stoffliche Situation nicht nachteilig verändern und Gefährdungen für Schutzgüter (im Sinne von schädlichen Bodenveränderungen gemäß BBodSchG) ausgeschlossen werden können.

Die Vorteile für die Festlegung höherer Materialwerte für Schwermetalle und PAK lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei der Festlegung höherer Materialwerte für die Verwendung von aufbereiteter Auffüllung in technischen Bauwerken kann die Verwertungsquote für Bodenmaterial erhöht werden.
- Dadurch verringern sich die Entsorgungsmengen, was zu einer Verringerung des Transportaufkommens und zur Schonung von Deponieraum beiträgt.
- Weiterhin verringert sich die erforderliche Menge zur Anlieferung von Fremdmaterial zur Herstellung der technischen Bauwerke, was wiederum eine Verringerung des

Transportaufkommens und eine Schonung der Ressourcen beim Verbrauch mineralischer Rohstoffe (Kiese und Sande aus Kiesgruben und Steinbrüchen) bedingt.

- Die Festlegung für höhere Einbauwerte trägt somit zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, zur Verbesserung der Klimabilanz bei, ohne dass der Allgemeinheit ein Nachteil entsteht.
- Weiterhin verringern sich die Kosten für Entsorgung und Anlieferung von Fremdmaterial. Die Baufeldfreimachung wird öffentlich finanziert, somit ist die Kostenminderung auch im Interesse des Gemeinwohls.

Im Ergebnis dieser Betrachtungen ist aus Sicht des Gutachters eine Festlegung höherer Materialwerte für die Einbauklassen Nr. 2, Nr. 4, Nr. 6, Nr. 8, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15, Nr. 16 und Nr. 17 zulässig.

Nachfolgend soll eine Empfehlung für die erhöhten Materialwerte für die zuvor benannten Einbauklassen abgeleitet werden. Dazu sollen noch einmal die Werte der Tabelle 7-4 betrachtet werden.

Blei

Der Materialwert für Blei BM-F3 beträgt 700 mg/kg. Dieser Materialwert wurde nur in einer der Bodenproben überschritten (836 mg/kg). Die Festlegung eines erhöhten Materialwertes für Blei ist daher nicht zielführend.

Kupfer

Der Materialwert BM-F3 für Kupfer beträgt 320 mg/kg. Dieser Materialwert wurde in 6 Bodenproben überschritten (Maximalwert 1.480 mg/kg). Wir empfehlen für den Parameter Kupfer im Feststoff einen abweichenden Materialwert für die Mineralklasse BM-F3 von **960 mg/kg**. Das entspricht dem 3-fachen Materialwert nach ErsatzbaustoffV.

Quecksilber im Feststoff

Der Materialwert BM-F3 für Quecksilber beträgt 5 mg/kg. Dieser Materialwert wurde in einer der Bodenproben aus der Auffüllung überschritten (10 mg/kg). Die Festlegung eines erhöhten Materialwertes für Quecksilber ist daher nicht erforderlich.

PAK (EPA)

Der Materialwert BM-F3 nach Ersatzbaustoffverordnung für PAK (EPA) beträgt 30 mg/kg. In 4 Bodenproben aus der Auffüllung wurde der PAK-Gehalt überschritten (Maximum 56 mg/kg). Wir empfehlen für den Parameter PAK (EPA im Feststoff) einen abweichenden Materialwert für die Materialklasse BM-F3 von **60 mg/kg**. Das entspricht dem 2-fachen Materialwert nach ErsatzbaustoffV.

7.6.4 Abweichende Eluatwerte für Bodenmaterial

Gemäß § 21 Abs. 4 ErsatzbaustoffV kann in Gebieten, in denen die Hintergrundwerte³⁰ im Grundwasser naturbedingt oder siedlungsbedingt für ein oder mehrere Eluatwerte oder den Wert der elektrischen Leitfähigkeit den BM-F0*-Wert der ErsatzbaustoffV überschreitet, die zuständige Behörde höhere Materialwerte für standorteigenes Bodenmaterial festlegen.

Erhöhte Konzentrationswerte in den Eluaten der Bodenproben wurden fast ausschließlich für Sulfat und der damit in Zusammenhang stehenden Leitfähigkeit festgestellt. In der folgenden Tabelle erfolgt eine Gegenüberstellung für die Parameter Leitfähigkeit und Sulfat im Eluat mit

³⁰ Hintergrundwert gemäß § 1 Nr. 2 GrwV ist der in einem Grundwasserkörper nicht oder nur unwesentlich durch menschliche Tätigkeit beeinflusste Konzentrationswert eines Stoffes oder der Wert eines Verschmutzungsindikators. Zum Vergleich wird hierfür die Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA herangezogen, der eine nachteilig veränderte Grundwasserbeschaffenheit abgrenzt.

den Grundwasserproben vom Standort sowie dem Mittelwert im Eluat der Proben aus der Auffüllung.

Tab. 7-5 Vergleich Eluatwerte für Sulfat und Leitfähigkeit

Parameter	Einheit	Materialwerte BM-F0* nach ErsatzbaustoffV	GW-Proben	Mittelwert Auffüllung
Sulfat im Eluat	[mg/l]	250	250 – 1.300 Mittelwert 560	861
Leitfähigkeit im Eluat	[µS/cm]	350	851 – 3.950 Mittelwert 1.534	1.436

Deutlich wird, dass am Standort die Sulfatbelastung im Grundwasser geogen bedingt deutlich erhöht liegt. Dies ist insbesondere durch Einträge von Zechstein- und Buntsandstein-beeinflussten Tiefenwässern bedingt. Dementsprechend liegt auch eine deutlich erhöhte Leitfähigkeit im Grundwasser vor.

Die geogenen Hintergrundwerte für Sulfat als auch für Leitfähigkeit liegen damit deutlich über den Materialwerten BM-F0* nach Ersatzbaustoffverordnung, so dass es sich bei dem ehemaligen RAW-Gelände auch um ein **Gebiet nach § 21 Abs. 4 ErsatzbaustoffV** handelt, bei dem die **Hintergrundwerte im Grundwasser naturbedingt für Sulfate im Eluat** und damit im Zusammenhang stehend für den Parameter **Leitfähigkeit den BM-F0*-Wert der Ersatzbaustoffverordnung deutlich überschreitet**. Insofern kann die zuständige Behörde höhere Materialwerte für standorteigenes Bodenmaterial festlegen.

Kriterium für die Festlegung erhöhter Materialwerte gemäß § 21 Abs. 4 ist, dass der Einbau des Bodenmaterials nicht dazu geeignet ist, die Stoffkonzentration im Grundwasser über die Hintergrundwerte hinaus zu erhöhen.

Die Auffüllmassen mit den hohen Sulfatgehalten und den hohen Leitfähigkeiten befinden sich seit vielen Jahrzehnten am Standort. Große Teile des ehemaligen RAW-Geländes sind unversiegelt bzw. teilversiegelt (Pflasterflächen). Die Elution der Sulfate erfolgt somit schon seit vielen Jahrzehnten.

Bei einem Wiedereinbau von aufbereiteten Auffüllmassen am Standort kann insofern per se eine Erhöhung der Hintergrundwerte ausgeschlossen werden, da sich das Potential an Sulfaten nicht erhöht. Durch den Einbau in technischen Bauwerken, bei denen die Sickerwassermengen deutlich reduziert werden, verringern sich dagegen die Eintragsmengen ins Grundwasser signifikant.

Überschreitungen des Materialwertes BM-F3 nach ErsatzbaustoffV für Sulfat (1.000 mg/l im Eluat) traten in 26 der 56 untersuchten Bodenproben der Auffüllung auf.

Überschreitungen der Leitfähigkeit treten in 22 der 56 untersuchten Bodenproben auf.

Ohne eine Anhebung des Materialwertes für Sulfat im Eluat und Leitfähigkeit müssten sehr große Mengen an Boden entsorgt werden. Da bzgl. der Sulfatbelastung die Böden nicht aufbereitet werden, ist davon auszugehen, dass diese Auffüllmassen deponiert werden. In Anbetracht des immer knapper werdenden Deponieraums und der Tatsache, dass es sich bei den Sulfatbelastungen nicht um einen toxikologisch oder ökotoxikologisch relevanten Parameter handelt und eine Verschlechterung des Grundwasserzustandes ausgeschlossen werden kann, werden seitens des Gutachters folgende abweichende Materialwerte für Sulfat und Leitfähigkeit vorgeschlagen:

- Sulfat: 2.000 mg/kg (entspricht dem 2-fachen BM-F3-Wert)
- Leitfähigkeit: 3.000 µs/cm (entspricht dem 1,5-fachen Materialwert nach BM-F3).

Zu berücksichtigen sind auch die Aspekte des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit, da bei einem Wiedereinbau der sulfathaltigen Auffüllung am Standort erhebliche LKW-Transporte für den Transport zur Deponie als auch für den Antransport von Fremdmaterial eingespart werden.

7.7 Standortbezogene Einbauwerte für Auf- und Einbringen von Bodenmaterial unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht

In diesem Kapitel wird die Festlegung von Einbauwerten für Bodenmaterial diskutiert, das unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht eingebaut werden soll und damit unter die Regelungen der BBodSchV fällt.

Entsprechend dem Konzept zur Baufeldfreimachung ist vorgesehen, in den Baufeldern nach der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreigabe Investitionsgrundflächen herzustellen. Diese Investitionsgrundflächen stehen dann für eine Neubebauung des Areals zur Verfügung.

Für diese Investitionsgrundflächen werden geotechnische Eigenschaften definiert, die eine Bebauung mit geringen Gründungsanforderungen (Lagerfläche, Plätze, Wege, Gebäude mit geringen Lasteinträgen etc.) ohne baugrundverbessernde Maßnahmen wie Bodenpolstern etc. hergestellt werden können.

Zum Zeitpunkt der Baufeldfreimachung existieren in der Regel noch keine Planungen für die konkrete Nachnutzung der Investitionsgrundflächen. Damit handelt es sich bei der Herstellung dieser Investitionsgrundflächen bodenschutzrechtlich um das Aufbringen von Materialien außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht gemäß § 6 ff. BBodSchV.

I.d.R. muss Boden, der außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht aufgebracht wird, die Vorsorgewerte nach Tabelle 1 und Tabelle 2, unter bestimmten Voraussetzungen auch Tab. 3 Anlage 1 BBodSchV einhalten.

§ 6 Abs. 4 BBodSchV enthält jedoch Ausnahmeregelungen für Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden, sofern dieser Boden innerhalb dieses Gebietes umgelagert wird. Die Umlagerung dieser Böden ist in diesen Gebieten ungeachtet der Schadstoffbelastung möglich, wenn sichergestellt wird, dass die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die stoffliche Situation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Entsprechende Gebiete können von der Behörde festgelegt werden.

Wie in Kapitel 0 erörtert, handelt es sich beim ehemaligen RAW-Gelände um ein Gebiet mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden. **Daher sollte aus Sicht des Gutachters das gesamte Investitionsareal als Gebiet nach § 6 Abs. 4 BBodSchV erklärt werden.**

In einem Gebiet nach § 6 Abs. 4 BBodSchV gelten damit nicht die Vorsorgewerte nach Tab. 1 f. und nicht die Beurteilungswerte nach Tab. 4, Anl. 1 BBodSchV. Vielmehr ist für die Festlegung von Regularien zum Einbau von standorteigenen Böden in einem entsprechenden Gebiet das Kriterium zugrunde zu legen, dass die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die stoffliche Situation nicht nachteilig verändert wird.

Wie bereits im Zusammenhang mit der Betrachtung von Einbauwerten nach ErsatzbaustoffV erläutert, weist die Auffüllung am Standort erhöhte Gehalte für Schwermetalle (insbesondere Kupfer), für PAK im Feststoff sowie für Sulfat und Leitfähigkeit im Eluat auf. Wie im vorherigen Kapitel dargestellt, ist bei einer Umlagerung der Auffüllung mit den erhöhten Gehalten eine nachteilige Veränderung der stofflichen Situation nicht zu besorgen.

Auch die Bodenfunktionen werden bei einer Umlagerung der Auffüllung nicht zusätzlich beeinträchtigt. Neben den aktuell schon vorhandenen Bodenfunktionen der Auffüllung ist bei der Herstellung der Investitionsgrundflächen die Funktion als Baugrund (Planum für Bauwerke und für Grünflächen) zusätzlich zu berücksichtigen.

Nach Umnutzung der Fläche ist ein Direktkontakt von auf der Fläche Verkehrenden mit dem Material der Investitionsgrundfläche praktisch ausgeschlossen, da die Investitionsgrundflächen entweder überbaut oder im Bereich von Grünflächen mit kulturfähigem Substrat überschichtet werden. Ungeachtet dessen wird ein Wiedereinbau von Bodenmaterial, dass die Prüfwerte nach Tab. 4, Anl. 2 BBodSchV für Wohngebiete überschreitet, ausgeschlossen.

Insofern kann eine Gefährdung für den Direktpfad per se ausgeschlossen werden.

7.7.1 Empfehlungen für standortbezogene Einbauwerte für die Investitionsgrundflächen

Nachfolgend werden Empfehlungen für standortbezogene Einbauwerte für das Aufbringen von Bodenmaterial außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht für die Investitionsgrundflächen abgeleitet.

Bezüglich des Grundwasserschutzes sollte bei der Festlegung von standortbezogenen Einbauwerte für die Investitionsgrundflächen eine Orientierung an den materiellen Anforderungen der ErsatzbaustoffV erfolgen. Die Herstellung der Investitionsgrundflächen entspricht bzgl. des Grundwasserschutzes der Einbauklasse Nr. 13 (Baugrundverbesserung, Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel). Unter Berücksichtigung der Standortverhältnisse ist hier ein Einbau bis zu den Materialwerten BM-F2 nach ErsatzbaustoffV zulässig.

Für bestimmte Parameter, die flächendeckend am Standort siedlungsbedingt erhöht sind, sollen jedoch analog der mineralischen Ersatzbaustoffe für den Einbau in technischen Bauwerken, abweichende Einbauwerte festgelegt werden. Dazu werden in der folgenden Tabelle für ausgewählte Parameter die Überschreitungen der BM-F2-Werte in den Bodenproben aus der Auffüllung betrachtet.

Tab. 7-6 Gegenüberstellung der Materialwerte BM-F0* / BM-F3 nach ErsatzbaustoffV mit den Ergebnissen der Bodenproben aus den Schürfe (Auffüllung)

Parameter	Materialwerte BM-F2 nach ErsatzbaustoffV	Anzahl der Überschreitungen BM-F3 Auffüllung
Pb im Feststoff	140	25 von 56
Cu im Feststoff	80	31 von 56
Hg im Feststoff	0,6	12 von 56
Zink im Feststoff	300	9 von 56
PAK ₁₆ im Feststoff	6	31 von 56
Sulfat im Eluat	450	32 von 56
Leitfähigkeit im Eluat	500	32 von 56

Die Materialwerte BM-F2 nach ErsatzbaustoffV für **Blei, Kupfer und PAK im Feststoff sowie Sulfat und Leitfähigkeit im Eluat** werden in einer Vielzahl von Bodenproben aus der Auffüllung überschritten.

Abweichende Werte im Feststoff

Daher wird aus Sicht des Gutachters vorgeschlagen, für die Parameter Blei, Kupfer und PAK im Feststoff die Materialwerte nach BM-F3 der Ersatzbaustoffverordnung zum Ansatz zu bringen.

Für die Schwermetalle wurde im Rahmen der Bodenuntersuchungen eine sehr geringe Elutionsfähigkeit der Schadstoffe nachgewiesen. Dies ist insofern plausibel, als das die Herkunft der Schwermetalle mit hoher Wahrscheinlichkeit aus Erzen resultiert, die im Zusammenhang mit dem Aufbringen von Bodenmaterial aus dem Eisleben-Mansfelder Kupferrevier im Zusammenhang stehen.

Auch für PAK wurde eine sehr geringe Eluierbarkeit nachgewiesen. Der durchschnittliche Wert für PAK im Eluat liegt für die Bodenproben bei 0,15 µg/l. Das mächtige Geschiebemergelpaket besitzt zudem ein sehr hohes Adsorptionsvermögen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auch bei den erhöhten Einbauwerten keine nachteilige Veränderung des Grundwassers zu besorgen ist.

Abweichende Werte im Eluat

Eine Ausnahmeregelung sollte für die Parameter Sulfat im Eluat und Leitfähigkeit getroffen werden.

Wie im vorherigen Kapitel dargestellt weist das Grundwasser geogen bedingt einen erhöhten Sulfatgehalt und dadurch bedingt auch eine erhöhte Leitfähigkeit auf. Analog der Empfehlungen für den Einbau in technischen Bauwerken (Kap. 7.6.4) empfehlen wir für die Herstellung der Investitionsgrundflächen folgende Einbauwerte zu vereinbaren:

- Sulfat im Eluat: 2.000 mg/l
- Leitfähigkeit: 3.000 µs/cm

Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass nach der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung ein Teil der Auffüllung am Standort verbleibt. Auch unter diesem Gesichtspunkt werden die vorgeschlagenen abweichenden Einbauwerte als verhältnismäßig bewertet.

Nachfolgend sollen auch für die Herstellung der Investitionsgrundflächen (bodenschutzrechtlich das Aufbringen von Bodenmaterial außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht) die Vorteile für die Festlegung höherer Materialwerte noch einmal zusammengefasst werden:

- Bei der Festlegung höherer Materialwerte für die Verwendung von aufbereiteter Auffüllung in technischen Bauwerken kann die Verwertungsquote für Bodenmaterial erhöht werden.
- Dadurch verringern sich die Entsorgungsmengen, was zu einer Verringerung des Transportaufkommens und zur Schonung von Deponieraum beiträgt.
- Weiterhin verringert sich die erforderliche Menge zur Anlieferung von Fremdmaterial zur Herstellung der Investitionsgrundflächen³¹, was wiederum eine Verringerung des Transportaufkommens und eine Schonung der Ressourcen beim Verbrauch mineralischer Rohstoffe (Kiese und Sande aus Kiesgruben und Steinbrüchen) bedingt.
- Die Festlegung für höhere Einbauwerte trägt somit zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, zur Verbesserung der Klimabilanz bei, ohne dass der Allgemeinheit ein Nachteil entsteht.
- Weiterhin verringern sich die Kosten für Entsorgung und Anlieferung von Fremdmaterial. Die Baufeldfreimachung wird öffentlich finanziert, somit ist die Kostenminderung auch im Interesse des Gemeinwohls.

In der folgenden Tabelle sind zusammenfassend die vorgeschlagenen Einbauwerte für die Investitionsgrundschrift dargestellt.

Tab. 7-7 Einbauwerte für die Investitionsgrundschrift

Ifd. Nr.	Parameter	Einheit	Einbauwerte Investitions- grundflächen
	Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	bis 50
1	pH-Wert ⁴		6,5 - 9,5
2	Elektrische Leitfähigkeit. ⁴	µS/cm	3.000
3	Sulfat	mg/l	2.000

³¹ Bei einer sehr niedrigen Verwertungsquote ist u.U. die Anlieferung von Fremdmaterial erforderlich.

lfd. Nr.	Parameter	Einheit	Einbauwerte Investitions- grundflächen
4	Arsen	mg/kg	40
5	Arsen	µg/l	85
6	Blei	mg/kg	700
7	Blei	µg/l	250
8	Cadmium	mg/kg	2
9	Cadmium	µg/l	10
10	Chrom, gesamt	mg/kg	120
11	Chrom, gesamt	µg/l	290
12	Kupfer	mg/kg	320
13	Kupfer	µg/l	170
14	Nickel	mg/kg	100
15	Nickel	µg/l	150
16	Quecksilber	mg/kg	0,6
17	Quecksilber	µg/l	0,1
18	Thallium	mg/kg	2
19	Thallium	µg/l	0,2
20	Zink	mg/kg	300
21	Zink	µg/l	840
22	TOC	M%	5
23a	Kohlenwasserstoffe C10-C20	mg/kg	300
23b	Kohlenwasserstoffe C10 – C40	mg/kg	600
25	PAK ₁₅ ⁹	µg/l	3,8
26	PAK ₁₆ ¹⁰	mg/kg	30
27	Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt	µg/l	2
28	PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,1
29	PCB ₆ und PCB-118	µg/l	0,01
30	EOX	mg/kg	1

8 Gesamtkostenübersicht

In der nachfolgenden Abbildung ist eine zusammenfassende Übersicht der abgeleiteten Kosten für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierung dargestellt. Dabei erfolgte eine Zuordnung der Kosten für die Baufeldfreimachung zu den einzelnen Arealen. Die Kosten für die Baufeldfreimachung für die Verkehrsflächen wurden dabei den benachbarten Arealen zugeschlagen.

Weiterhin sind die groben Schätzsummen für die Sicherungsmaßnahmen der denkmalgeschützten Gebäude dargestellt. Hierbei handelt es sich lediglich um eine sehr grobe Schätzung ohne fachliche Untersetzung.

Bei den Kosten für die Baufeldfreimachung wurde davon ausgegangen, dass die vorgeschlagenen standortspezifischen Einbauwerte seitens der Behörde genehmigt werden.

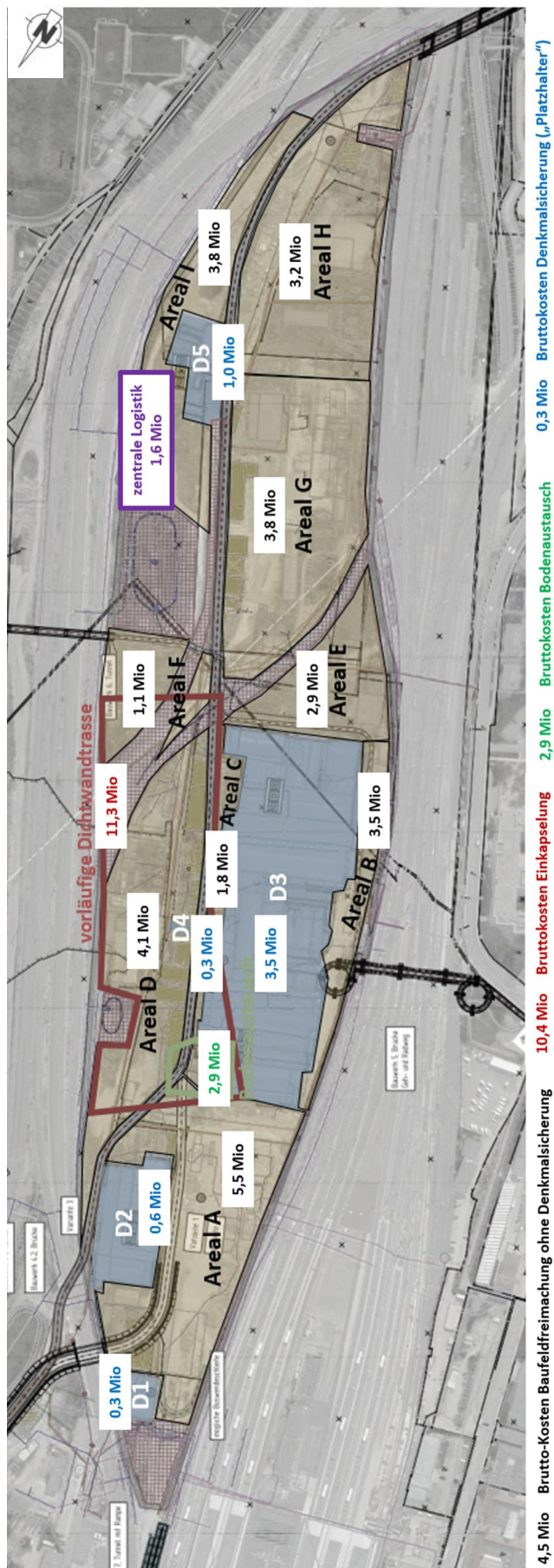


Abb. 8-1 Areal-bezogene Gesamtkostenübersicht für die Baufeldvorbereitung

In der folgenden Tabelle sind die Kosten, nach den Baufeldern gegliedert dargestellt

Tab. 8-1 Gesamtkostenübersicht, nach Baufeldern gegliedert

	Fläche Baufeldfrei- machung	Kosten V1³² (brutto)	Kosten V2³³ (brutto)	davon Kosten Denkmale (ist gesondert zu untersuchen)
BF-01	17.700	3.655.878,79	4.305.242,65	
BF-02	6.300	3.471.706,60	3.530.367,35	880.000
BF-03	4.300	4.326.692,71	4.441.219,05	2.000.000
BF-04	8.700	5.069.266,81	5.349.155,85	1.500.000
BF-05	10.000	4.159.529,41	4.584.486,29	250.000
BF-06	11.500	2.624.165,12	2.968.250,50	
BF-07	11.500	2.455.949,10	2.729.857,80	
BF-08	32.000	5.981.062,61	6.705.344,65	
BF-09	19.000	3.474.389,54	3.839.105,05	
BF-10	10.000	3.945.645,52	4.064.078,93	1.000.000,00
Zentrale Logistik		1.598.527,00	1.598.527,00	
Summe Baufeldfreimachung (brutto) gerundet		40.762.813	44.115.635	5.630.000
Altlastensanierung Bodenaustausch		2.937.000	2.937.000	
Altlastensanierung Einkapselung		11.300.000	11.300.000	
gerundete Summe (brutto)		54.999.813	58.352.635	

³² unter Berücksichtigung der standortbezogenen Einbauwerte gem. Kap. 7.4 f.

³³ ohne Berücksichtigung der standortbezogenen Einbauwerte gem. Kap. 7.4 f.

In der folgenden Tabelle sind die Kosten, nach den Arealen gegliedert dargestellt

Tab. 8-2 Gesamtkostenübersicht, nach Arealen gegliedert (Brutto)

	Fläche Baufeld- freimachung	Kosten V1²⁶ (brutto)	Kosten V2²⁷ (brutto)
Areal A	24.000	6.247.585	6.955.610
Areal B	7.780	3.754.399	3.980.881
Areal C	5.000	1.954.765	2.167.243
Areal D	16.500	4.578.930	5.135.494
Areal E	11.620	3.337.773	3.650.562
Areal F	5.750	1.227.975	1.364.929
Areal G	25.600	4.784.850	5.364.276
Areal H	19.000	3.474.390	3.839.105
Areal I	15.750	4.173.620	4.429.008
Zentrale Logistik		1.598.527	1.598.527
Gesamtkosten Baufeldfreimachung ohne Denkmalsicherung	131.000	35.132.813	38.485.635
Denkmalsicherung		5.630.000	5.630.000
Altlastensanierung Bodenaustausch		2.937.000	2.937.000
Altlastensanierung Einkapselung		11.300.000	11.300.000
Summe (brutto)		54.999.813	58.352.635

9 Handlungsempfehlungen

9.1 Übersicht

Im vorliegenden Bericht wurden folgende konzeptionelle Handlungsempfehlungen abgeleitet:

1. Neukonzeption für die grundwasserbezogene Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage (Vorzugsszenario: Einkapselung, vgl. Kap. 6.8.8)
2. Konzept für die nutzungsbezogene Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage (konventioneller Bodenaushub bis 5 m unter GOK, vgl. Kap. 7.1.5)
3. Konzept zur Baufeldfreimachung (vgl. Kap. 7.3)

In Bezug auf die Baufeldfreimachung und die beiden Altlastensanierung sind aus unserer Sicht zunächst folgende weiteren Schritte erforderlich:

- Vorabstimmung der vorgeschlagenen Einbauwerte für Bodenmaterial bei der Baufeldfreimachung mit den zuständigen Behörden (Fachbereich Umwelt der Stadt Halle), vgl. Kap. 7.6 f. (die verbindliche Abstimmung erfolgt im Rahmen der Planung für die Baufeldfreimachung)
- Vorabstimmungen mit dem mit den zuständigen Behörden (insbesondere Fachbereich Umwelt der Stadt Halle) zu den abgeleiteten Konzepten für die Altlastensanierungsmaßnahmen
- Vorabstimmungen mit dem Fachbereich Umwelt der Stadt Halle und ggf. weiteren einzubeziehenden Fachbereichen über die genehmigungsrechtlichen Grundlagen für die Altlastensanierungen (bspw. Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG) und die Baufeldfreimachung
- Verschneidung der Ablaufplanung für die Baufeldfreimachung, für die beiden Altlastensanierungen und für die Herstellung der Verkehrsinfrastruktur
- Veranlassung naturschutzrechtlicher Untersuchungen und Bewertungen³⁴, Ableitung der erforderlichen Maßnahmen, die dann in die Ablaufplanung der Baufeldfreimachung, der beiden Altlastensanierungen und der Maßnahmen zur Verkehrserschließung zeitlich und organisatorisch einzubinden sind
- Abstimmungen mit der Deutschen Bahn bzgl. der Nutzung des Tunnels Südende für LKW-Transporte und die Prüfung der Möglichkeit von Abfalltransporten auf der Schiene (vgl. Kap. 7.4)
- Abstimmungen mit der Deutschen Bahn zur Klärung der unterirdischen Bestandsleitungen im Bereich des ehemaligen RAW-Geländes (vgl. Kap. 9.2)
- Abstimmungen mit der oberen Denkmalschutzbehörde bzgl. des weiteren Umgangs mit den ehemaligen RAW-Werkhallen; hohe Dringlichkeit weist dabei der nördliche Hallenkomplex (BF-03) auf, da hier zunächst ergänzende altlastenbezogene Untersuchungen zur Schadensabgrenzung und nachfolgend Sanierungsmaßnahmen (Bodenaushub, Errichtung der Dichtwandtrasse) notwendig sind
- Veranlassung der Erarbeitung eines Konzeptes zur baulichen Sicherung und zur Sanierung von Gebäudeschadstoffen für die denkmalgeschützten, zu erhaltenden Gebäuden

³⁴ Am Standort ist Japanischer Staudenknöterich (invasive Art) anzutreffen. Die Pflanze vermehrt sich über Rhizome. Aus naturschutzfachlicher Sicht soll die Verbreitung dieser Art über Pflanzenreste einschl. Wurzeln zu verhindern. Daher sollte im naturschutzfachlichen Bericht ein Konzept für den Umgang mit knöterichbelasteten Pflanzenteilen und knöterichbelastetem Boden erfolgen. Aus Sicht des Gutachters wird eine gesicherte Kompostierung vor Ort als zielführend erachtet.

- Abstimmung mit den zuständigen Behörden zur Kampfmittelfreigabe der Investitionsgrundflächen/Verkehrsflächen zum einen und der denkmalgeschützten, zu erhaltenden Gebäuden zum anderen
- Ausschreibung der Planungsleistungen für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierung (VgV-Verfahren), die erforderlichen planungsbegleitenden Untersuchungen sind dabei zu integrieren (vgl. Kap. 9.4)
- Fortschreibung der allgemeinen Baugrundbewertung aus [U79] nach Vorlage der Ergebnisse der planungsbegleitenden Altlastenuntersuchungen

Alle B-Plan-rechtlichen und förderrechtlichen Aspekte werden in diesem Bericht nicht betrachtet.

9.2 Abstimmung mit der Deutschen Bahn zu Leitungsverläufen

Im Zusammenhang mit der Einholung von Schachtscheinen bei der Deutschen Bahn für die Untersuchungen der ergStU wurde offensichtlich, dass seitens der Leitungsträger keine genauen Kenntnisse zur Lage von sich noch in Betrieb befindlichen unterirdischen Leitungen bestehen. Aufgrund der Vielzahl an Leitungen im Untergrund aus der Nutzungszeit des RAW ergibt sich ein Konfliktpotential für Tiefbauarbeiten.

Mit den Leitungsträgern sollte daher die Vorgehensweise zur Klärung des Verlaufes noch betriebener Leitungen abgestimmt werden (Ortungen, Suchschachtungen etc.). Im Ergebnis sollte letztendlich ein verbindlicher Lageplan für noch in Betrieb befindliche Leitungen übergeben werden.

Zudem sollte der zukünftige Umgang mit diesen Leitungen (Verbleib im Untergrund, ggf. Umverlegung) und die grundstücksrechtlichen Belange (dingliche Sicherung etc.) abgestimmt werden.

9.3 Bereich Werkhalle im BF-03

Beim Baufeld BF-03 bestehen einige Besonderheiten im Vergleich zu den anderen Baufeldern. Das Baufeld BF-03 ist gegenwärtig fast vollständig durch den Werkhallenkomplex des ehemaligen RAW bebaut. Der gesamte Hallenkomplex steht unter Denkmalschutz. Allerdings ist für einen Teil des Hallenkomplexes im BF-03 davon auszugehen, dass massive LHKW-Belastungen im Geschiebemergel vorhanden sind, die eine gefahrlose Nachnutzung des Hallenkomplexes faktisch unmöglich machen. Das bedeutet, dass eine Nachnutzung dieses Areals erst nach einer Sanierung erfolgen kann. Versuche für eine Bodenluftsanierung schlugen Ende der 1990er Jahre fehl. Als Alternative verbleibt nur ein Bodenaustausch. Hierfür ist zuvor der Rückbau der Halle erforderlich.

Weiterhin ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, dass eine weitere Erkundung des Schadens und die Erarbeitung eines abschließenden Konzeptes erst möglich sind, wenn die Erkundung des Schadens für den Bereich der Halle erfolgt ist. Hierfür ist zumindest eine Sicherung oder ein Rückbau der Dachkonstruktion erforderlich, damit Untersuchungen innerhalb des Hallenkomplexes möglich sind.

Es sollten daher zeitnah Abstimmungen mit der oberen Denkmalschutzbehörde erfolgen. Hierbei muss aus Sicht des Gutachters eine Güterabwägung zwischen der Herstellung eines gefahrlosen Zustandes in Bezug auf eine Nachnutzung und der Erhalt der denkmalwürdigen Bausubstanz vorgenommen werden. Aus umwelttechnischer Sicht wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- fotogrammetrische Dokumentation der Dachkonstruktion und der Innenräume der betroffenen Gebäudeteile
- Rückbau der Dachkonstruktion (beispielsweise mittels Longfront-Bagger)
- Durchführung der Schadenserkundung für die ehemalige TRI-Anlage
- Fortschreibung des Sanierungskonzeptes und Ausweisung des Aushubbereiches

- fotogrammetrische Aufnahme der Außenfassaden für die vom Rückbau betroffenen Gebäudeteile
- Rückbau der Gebäudeteile im Bereich des Bodenaustausches
- Bodensanierung
- Herstellung einer Investitionsgrundfläche im Bereich des Bodenaustausches.

Der Umgang mit den verbliebenen Gebäudeteilen des Hallenkomplexes (überwiegend Außen- und Innenmauern sowie Fußböden) im BF-03 ist ebenfalls mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen.

In diesem Zusammenhang muss auch mit der Polizeidirektion abgestimmt werden, wie die Kampfmittelfreimessung im verbliebenen Teil des Hallenkomplexes erfolgen soll.

9.4 Planungsleistungen Altlastensanierungen und Baufeldfreimachung

9.4.1 Aufteilung und Fach- oder Mengenlose

Das vorliegende Konzept zur Baufeldfreimachung kann als Vorplanung im Sinne der Lph. 2 nach HOAI angesehen werden, so dass für die Baufeldfreimachung die Lph. 3 bis 9 vergeben werden müssten.

Bei den beiden Altlastensanierungsmaßnahmen sind noch planungsbegleitende Untersuchungen erforderlich, erst danach kann das Sanierungskonzept im Sinne einer Vorplanung nach Lph. 2 HOAI abschließend abgeleitet werden. Bei den beiden Altlastensanierungen sind somit die Lph. 1 bis 9 nach HOAI auszuschreiben.

Grundsätzlich ist zunächst abzustimmen, ob die erforderlichen Planungsleistungen für die Baufeldfreimachung und die beiden Altlastensanierungen in verschiedenen Fachlosen oder als gemeinsames Los vergeben werden sollen.

Möglich wäre auch eine Aufteilung in Mengenlose, d.h. dass die Baufeldfreimachungen in den verschiedenen Arealen getrennt voneinander vergeben werden könnten.

Aufgrund der zahlreichen Schnittstellen zwischen der Baufeldfreimachung in den Arealen C, D, F und den beiden Altlastensanierungen empfehlen wir auf die Aufteilung in Fachlose zu verzichten und die Baufeldfreimachung in den Arealen C, D und F sowie die beiden Altlastensanierungsmaßnahmen als ein Planungslos zu vergeben.

Sofern die Baufeldfreimachungen in den verschiedenen Arealen zeitlich gestaffelt voneinander erfolgen, könnte für die Baufeldfreimachung in den übrigen Arealen eine Aufteilung in Mengenlose vorgenommen werden.

9.4.2 Baufeldfreimachung

Die in Vorbereitung der Baufeldfreimachung noch zu klärenden Aspekte sind in Kapitel 9.1 zusammengefasst.

Aus Sicht des Gutachters sind die vorliegenden Bodenuntersuchungen und die erfolgte abfall- und bodenschutzrechtliche Charakterisierung für die Planung der Herstellung der Investitionsgrundflächen ausreichend. Weitere Untersuchungen im Rahmen der Planung sind hier aus unserer Sicht nicht erforderlich.

Untersuchungsbedarf besteht noch bezüglich der für den Rückbau vorgesehenen Gebäude. Hier muss eine entsprechende Aufnahme der Gebäude in Vorbereitung für den Rückbau und insbesondere Untersuchungen auf Gebäudeschadstoffe erfolgen. Erst danach kann der Rückbau der Gebäude geplant und ausgeschrieben werden.

Der Umgang mit den altlastenverdächtigen Flächen bei der Baufeldfreimachung ist in Kapitel 7.5.8 dargestellt. Die Tiefbauarbeiten im Bereich dieser altlastenverdächtigen Flächen fallen hier unter den Geltungsbereich der DGUV-R 101-004 (Arbeiten im kontaminierten Bereich), im

Rahmen der Planung ist daher ein entsprechender Arbeits- und Sicherheitsplan zu erstellen, die Arbeiten sind durch einen Koordinator nach DGUV-R 101-004 zu begleiten.

Weiterhin sollte für die Baufeldfreimachung ein Immissionsschutzplan erstellt werden, in dem die zu erwartenden Emissionen und die erforderlichen Immissionsschutzmaßnahmen dargestellt werden.

Bestandteil der Planung für die Baufeldfreimachung ist auch die die Aufbereitungsanlagen für die bei der Baufeldfreimachung anfallenden Boden- und Bauschuttmassen einschl. des Boden/Bauschuttlagers. Dabei sind die Regelungen der ErsatzbaustoffV zu berücksichtigen.

Die Aufbereitungsanlage soll für die Baufeldfreimachung in allen Arealen genutzt werden. Daher sollte diese in das als erstes ausgeschriebene Planungslos integriert werden.

9.4.3 Altlastensanierungen

Bodenaustausch

In Kapitel 7.1.5 ist die Konfiguration für die nutzungsbezogene Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage dargestellt. Zur abschließenden Festlegung der Aushubkubatur von LHKW-belastetem Boden schlagen wir folgende Vorgehensweise vor:

- fachliche Ableitung eines Sanierungszielwertes (im Sinne eines Eingreifwertes) für die LHKW-Belastung im oberflächennahen Boden bis 5 m und Abstimmung mit der unteren Bodenschutzbehörde der Stadt Halle
- Bodenuntersuchungen mittels Kleinrammbohrungen bis 5 m im Raster von 10 m auf einer Fläche von ca. 5.000 m² (ein Teil des Untersuchungsgebietes befindet sich innerhalb der Werkhalle, zum Zeitpunkt der Untersuchung muss daher die Dachkonstruktion entweder gesichert oder zurückgebaut sein)
- meterweise Entnahme von Bodenproben
- analytische Untersuchung der Bodenproben auf LHKW.

Im Ergebnis dieser Rasteruntersuchungen und des abgestimmten Sanierungszielwertes wird dann die Aushubkubatur festgelegt.

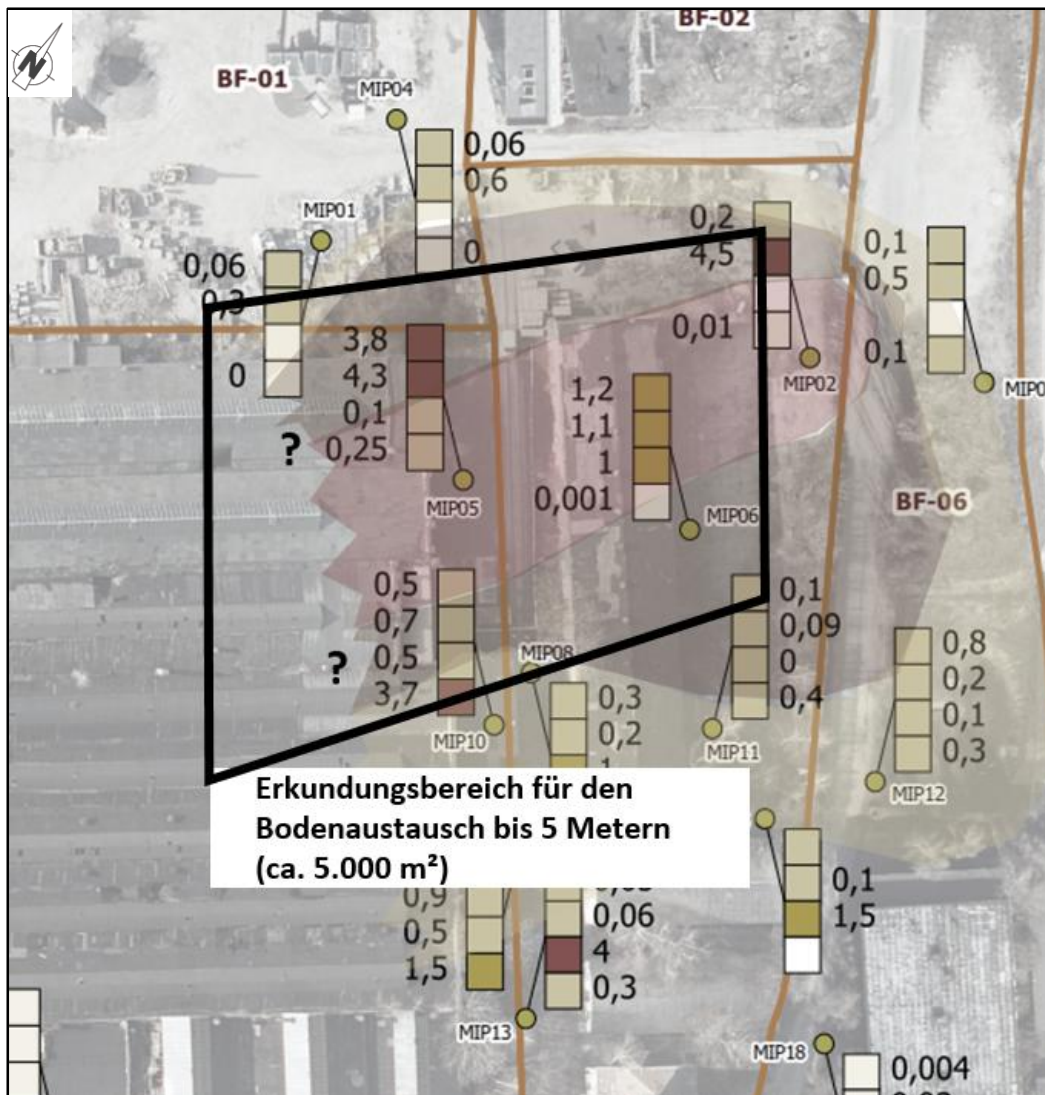


Abb. 9-1 vorgeschlagener Erkundungsbereich für den Bodenaustausch bis 5 Metern

Einkapselung

In Kapitel 6.8.8 wurde als Vorzugsvariante für die grundwasserbezogene Altlastensanierung die Errichtung einer Dichtwand zur Einkapselung des Schadens, die Errichtung eines Förderbrunnens (Fördermenge 1 m³/h) im Schadenszentrum und die Abreinigung des Wassers vorgeschlagen.

Im Zuge der Planung für die Einkapselungsmaßnahme sind noch ergänzende Untersuchungen erforderlich. Die in Kapitel 6.8.8 vorgeschlagene Dichtwandtrasse ist als vorläufiger Ansatz zu verstehen und beruht auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand.

Ziel der Dichtwand ist die Umschließung aller relevanten Quellen im Untergrund. Daher ist in Vorbereitung der abschließenden Festlegung der Dichtwandtrasse und der Einbindetiefe eine weitere Verdichtung des Kenntnisstandes zu den noch vorhandenen LHKW-Quellen erforderlich (Phase 1). Im Ergebnis von Phase 1 wird dann die Dichtwandtrasse abschließend festgelegt. In Phase 2 erfolgen Linerbohrungen entlang der festgelegten Dichtwandtrasse für die eigentliche Planung des Abwicklungsprofils.

Für die ergänzenden Untersuchungen der Phase 1 (Verdichtung der Quellenerkundung) wird folgendes Untersuchungsprogramm vorgeschlagen:

- Tracerversuche zur Ermittlung der Strombahnen (bspw. mittels Uranin)

- Abteufen von 25 Kernbohrungen, die auch die tertiären Liegendschichten bis zur Tiefe von etwa 28 m erkunden sollen
- Entnahme von teufenorientierten Grundwasserproben während des Bohrprozesses
- Entnahme von Bodenproben zur LHKW-Untersuchung
- analytische Untersuchung der Grundwasser- und Bodenproben auf den Parameter LHKW



Abb. 9-2 vorgeschlagene Ansatzpunkte für die Kernbohrungen der Planungsphase 1 (5 KB als Reserve)

9.5 Zeitplan

In der folgenden Tabelle ist der Vorschlag für einen zeitlichen Ablauf der Baufeldfreimachung in den einzelnen Arealen und der beiden Altlastensanierungen dargestellt. Dabei wurden auch die geschätzten Kosten für die einzelnen Maßnahmen zeitlich zugeordnet.

Hierbei handelt es sich um einen ersten konzeptionellen Ansatz, der im Rahmen der Planungen fortgeschrieben und konkretisiert werden muss.

Tab. 9-1 Zeitplan für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierungsmaßnahmen mit Mittelabflussplanung

	Mittelabfluss (Brutto-Kosten)											
	2024		2025		2026		2027		2028		2029	
	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2
Ausschreibung Ingenieur-leistungen Baufeldfreimachung/ Altlastensanierung	0	0										
Planung, Begleitung Baufeldfreimachung/ Altlastensanierung			295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000
Einrichten, Betreiben Logistikfläche					267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000
Baufeldfreimachung Areale B (nur Rückbau), C, D, F					3.893.000	3.893.000						
Baufeldfreimachung Areale A							2.988.000	2.988.000				
Baufeldfreimachung Areale E, G, H									5.388.000	5.388.000		
Baufeldfreimachung Areale I und B (Rest)											3.260.000	3.260.000
Sicherung Denkmäler					804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000
Planung Bodenaustausch					119.000	119.000	119.000					
Sanierung Bodenaustausch								1.290.000	1.290.000			
Planung Einkapselung				298.000	297.500	297.500	297.500					
Sanierung Einkapselung							2.534.000	2.534.000	2.534.000	2.534.000	2.534.000	2.534.000
Summe (brutto)			295.000	593.000	1.516.000	5.676.000	5.676.000	8.178.000	13.566.000	12.548.000	7.160.000	

10 Zusammenfassung

10.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Stadt Halle (Saale) plant den Erwerb des Geländes des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes (RAW) und die städtebauliche Entwicklung des Standortes mit Hilfe von Fördermitteln. In diesem Zusammenhang beabsichtigt die HALLE SAALE INVESTVISION* Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH im Rahmen des Investitionsgesetzes Kohleregionen, das Gelände zu revitalisieren. Geplant ist ein neues Stadtquartier mit einem multifunktionalen Nutzungsmix aus Arbeiten, Gründen, Forschen und Wohnen.

Das Projektareal mit einer Fläche von ca. 19 ha befindet sich südlich des Hauptbahnhofes Halle (Saale) in innerstädtischer Randlage. Auf dem ehemals industriell genutzten Gelände, welches im Wesentlichen Standort eines Bahnreparaturwerkes war, befinden sich aktuell noch immer weitläufige Industriehallen, die teilweise unter Denkmalschutz stehen.

Ein wesentlicher Aspekt bei der geplanten Umnutzung und Erschließung des Areals ist die Umwelt- und Altlastensituation. Neben den Altlasten im engeren Sinn (gefahrenrelevante Boden- und Grundwasserbelastungen) stellen die Schadstoffbelastung der vorhandenen Bausubstanz, die zu erwartenden Entsorgungskosten bei Tiefbau- und Abbrucharbeiten und die Kampfmittelbelastung des Areals wesentliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung des Gebietes dar.

In einem ersten Schritt wurde 2022 zunächst beprobungslos und auf Basis der vorliegenden umfangreichen Unterlagen sowie auf Grundlage der Ergebnisse von Ortsbegehungen eine Historische Recherche/Untersuchung und eine Ersterkundung/Altlasten mit Bewertung zur Altlasten- und Kontaminationssituation auf dem Gelände durchgeführt [U79].

In der Ersterkundung wurden relevante Kenntnisdefizite ausgewiesen, die für eine abschließende Bewertung der Altlastensituation und für eine belastbare Schätzung der Kosten für die Baufeldfreimachung erforderlich sind. Zur Behebung dieser Defizite wurde eine ergänzende Standortuntersuchung durchgeführt. Ziel war zum einen die Beantwortung der Kernfragen zur Altlastensituation – der weitere Umgang mit dem LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage – und die Frage, ob weitere Quellen existieren, von denen relevante Schadstoffgehalte in das Grundwasser eingetragen werden. Zum anderen sollten im Rahmen der ergänzenden Standortuntersuchungen Informationen zur Existenz unterirdischer Bauwerke und eine abfalltechnische Charakterisierung der Auffüllmassen erfolgen, da diese Informationen für die Baufeldfreimachung im besonderem Maße kostenrelevant sind.

Auf Basis der Ergebnisse der ergänzenden Standortuntersuchungen sollte ein Konzept für die Baufeldfreimachung und den weiteren Umgang mit den Altlasten am Standort erarbeitet werden. Dieses Konzept war kostenseitig zu unterlegen und soll als Grundlage für die weiteren Planungsphasen der Revitalisierung des Geländes dienen.

Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der ergänzenden Standortuntersuchung und die abgeleiteten Bewertungen für das Gelände des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes Halle (Saale) dokumentiert.

10.2 Standortsituation

Das eigentliche Reichsbahnausbesserungswerk, dessen Nutzungsgeschichte 1864 mit der Eröffnung als „Eisenbahn-Centralwerkstatt“ begann, umfasst im engeren Sinne nur den nördlichen und zentralen Teil des Projektareals.

Südöstlich des ehemaligen RAW-Geländes schließt sich ein Areal mit heterogener Nutzungshistorie an, dass in der Abbildung als „südliches Areal“ bezeichnet wurde. Daran grenzt das Gebiet des ehemaligen Fernheizwerkes Süd. In [U79] ist die historische Nutzung des Projektareals detailliert dargestellt.

In der folgenden Abbildung ist die Lage des Projektareals dargestellt.



Abb. 10-1 Projektareal (Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2022)

Grundstückseigentümerinnen des ehemaligen RAW-Geländes sind die Deutsche Bahn AG und das Bundeseisenbahnvermögen. Ein Flurstück befindet sich in Privatbesitz. Über das Grundstück in Privatbesitz kann das Amt für Bundeseisenbahnvermögen verfügen.

Das gesamte Projektareal des ehemaligen RAW Halle, des Südgeländes sowie des ehemaligen Heizkraftwerkes ist gegenwärtig weitgehend ungenutzt. Auf dem Gelände befinden sich Anlagen der Deutschen Bahn (Gleise, Regenrückhaltebecken), zudem werden Freiflächen zum Teil als Lagerplätze für Baumaßnahmen der Deutschen Bahn genutzt.

Im Ergebnis der Historischen Untersuchung [U79] wurden für das gesamte Projektareal die insgesamt 47 Altlastenverdachtsflächen (ALVF) ermittelt.

Am 24.01.2023 erfolgte eine Sicherheitsbegehung der ehemaligen Werkhallen (BF 03 und 04). Im Ergebnis wurde aufgrund des desolaten baulichen Zustandes der Dachkonstruktion ein **Betretungsverbot für die Hallen** verfügt. Die ursprünglich innerhalb der Hallen geplanten Untersuchungen konnten daher nicht ausgeführt werden.

Zu den vorläufig unter Denkmalschutz gestellten Gebäuden zählen die zentralen Werkhallen, die nördlich gelegenen, erhaltenen Gebäude sowie das ehemalige Heizkraftwerk inklusive der Kranbahn.

10.3 Geplante Verkehrserschließung

Seitens der HALLE SAALE INVESTVISION* wurde eine Machbarkeitsuntersuchung zur Verkehrserschließung des RAW-Geländes veranlasst. Vorgeschlagen wird darin

- eine Hauptverkehrsanbindung von Süden her von der Bundesstraße B6 aus über ein Brückenbauwerk, das über die Gleisanlagen führt.
- eine Ertüchtigung des vorhandenen Bahnübergangs in Richtung Delitzscher Straße.
- die Errichtung einer Fußgänger-/Fahrradbrücke im Westen und
- die Verlängerung des Fußgängertunnels des Hauptbahnhofes in Richtung Osten.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Vorzugsvariante zusammenfassend dargestellt.

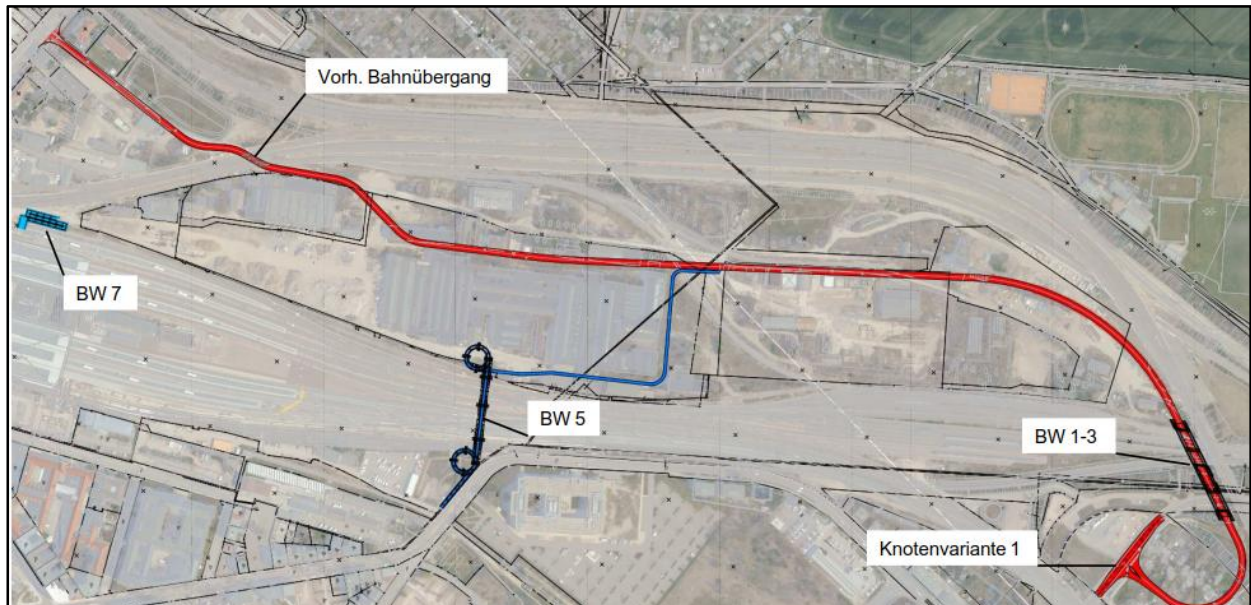


Abb. 10-2 Vision einer zukünftigen Nutzung des RAW-Geländes mit Haupterschließungsstrasse (rot)

10.4 Durchgeführte Untersuchungen

Die für die ergStU erforderlichen gewerblichen Leistungen wurden in sechs Gewerken gegliedert.

Tab. 10-1 Gewerke der ergStU

Gewerk	Auftragnehmer
01 Tiefenrammpegel	ASBT Umwelt GmbH & Co. KG; Lübeck
02 Kernbohrungen, Grundwassermessstellen	IBOTECH Bohr- und Brunnenbau GmbH, Landsberg OT Zöberitz
03 MIP-Sondierungen	FUGRO Germany Land GmbH, Langenhagen
04 Baggerschürfe	Todte GmbH & Co. KG Kies und Abbruch; Teuchern
05 Kampfmittelfreigabe	Dresdner Bohrgesellschaft mbH; Kesselsdorf
06 Laborleistungen	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Labor Analytikum; Merseburg

10.4.1 Kampfmittelfreigabe

Aufgrund der zahlreichen Störkörper im Untergrund mussten alle Ansatzpunkte mittels Kampfmittelsondierungen freigemessen werden, eine Freigabe von der Oberfläche aus war nicht möglich. Alle Ansatzpunkte mussten vorgeschachtet werden, um mögliche Leitungen im Untergrund aufzusuchen und einen geeigneten Ansatzpunkt für die Kampfmittelfreimessung zu finden, bei dem keine Störkörper in unmittelbarer Umgebung existieren.

10.4.2 Kernbohrungen, Errichtung von Grundwassermessstellen

Insgesamt wurde 9 Kernbohrungen mit Tiefen zwischen 12 und 29 m geteuft. Zusätzlich wurden 2 im Tertiär verfilterte Grundwassermessstellen errichtet. Aus den Kernbohrungen wurden insgesamt 31 teufengerechte Grundwasserproben entnommen.

10.4.3 Tiefenrammpegel

Im Rahmen der ergStU wurden insgesamt 35 Tiefenrammpegel geteuft und i.d.R. drei Grundwasserproben teufenorientiert entnommen. 96 Proben standen für die Analytik zur Verfügung.

10.4.4 Sondierungen

Durch MIP-Sondierungen ist ein direkter Nachweis von LHKW-Phase in der Bodenmatrix möglich. Die MIP-Sondierungen wurden auf Grund der geologischen Gegebenheiten in verschiedenen Etappen ausgeführt. Insgesamt wurden MIP-Sondierungen an 17 Ansatzpunkten mit Tiefen zwischen 16 und 25 Metern geteuft.

10.4.5 Baggerschürfe

Insgesamt wurden 43 Baggerschürfe zur Ermittlung der Mächtigkeit und der Beschaffenheit der Auffüllung, zur Ermittlung der Fundamentsituation sowie zur Probenahme durchgeführt. Die durchschnittlichen Tiefen lagen zwischen 2,0 und 4,5 m. Zusätzlich wurden weitere 45 Baggerschürfe im Zuge der Kampfmittelfreimessung von Ansatzpunkten durchgeführt.

10.4.6 Laborleistungen

Die Bodenproben wurden zunächst auf die Parameter der ErsatzbaustoffV untersucht. Grundwasserproben wurden auf folgende Parameter analysiert:

LHKW; MKW (C10 – C40); PAK nach EPA; BTEX; Nitrobenzene (nur Südgelände); Nitrat; Ammonium; Sulfat; Sulfid; Hydrogencarbonat; Methan

10.5 Grundwasserbelastungen

Im Ergebnis der ergStU ist festzustellen, dass mit Ausnahme des Parameters LHKW keine weiteren relevanten Schadstoffbelastungen im Grundwasser auf dem ehemaligen RAW-Gelände vorhanden sind. Im Grundwasser wurden punktuell nur geringfügige Belastungen durch MKW und PAK festgestellt. Die Ursache, dass trotz der intensiven und langjährigen umweltrelevanten Nutzung, insbesondere der Umgang mit Kraft- und Schmierstoffen, kein relevanter Schadstoffeintrag ins Grundwasser erfolgte, ist in den geologischen Lagerungsverhältnissen begründet. Der Grundwasserleiter wird flächendeckend durch ein zum Teil mehr als 10 m mächtiges Geschiebemergelpaket überdeckt. Das Grundwasser weist somit eine sehr hohe Geschütztheit auf. Der Geschiebemergel verhindert zum einen aufgrund seiner hohen Anteile an Schluffen und Tonen den tieferen Eintrag von Kraft- und Schmierstoffen in den Untergrund, zudem weist der Geschiebemergel ein hohes Adsorptionspotential für Sickerwässer auf. Die geringfügigen Schadstoffeinträge für Mineralölkohlenwasserstoffe und PAK erfolgen über Sickerwässer, sind räumlich eng begrenzt und werden innerhalb von kurzen Fließwegen im Grundwasser mikrobiell vollständig abgebaut.

Schadstoffeinträge in das Grundwasser resultieren ausschließlich aus den Quellenkomplex der ehemaligen TRI-Anlage. Weitere LHKW-Eintragsquellen auf dem Gelände des ehemaligen RAW-Geländes können mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Das bedeutet, dass grundwasserbezogen für alle Altlastenverdachtsflächenaußer der TRI-Anlage eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwassers ausgeschlossen werden kann und grundwasserbezogen kein weiterer Untersuchungs- und/oder Sanierungsbedarf besteht.

Die Eintragsquelle des Schadens der ehemaligen TRI-Anlage ist bekannt, es handelt sich um die ehemalige TRI-Grube. Hier erfolgte über mehr als 50 Jahre der Eintrag von großen Mengen

an Trichlorethen (TCE), untergeordnet auch Tetrachlorethen (PCE). Eingetragen wurden vermutlich mehrere dutzend Tonnen.

Die LHKW-Phase drang in den Geschiebemergel ein. Innerhalb des Geschiebemergelpaketes erfolgte die laterale Ausbreitung insbesondere in Richtung Nordosten. Durch die MIP-Sondierung (insbesondere MIP05) wurde nachgewiesen, dass gegenwärtig noch immer massive LHKW-Phasenmengen im Geschiebemergel vorhanden sind.

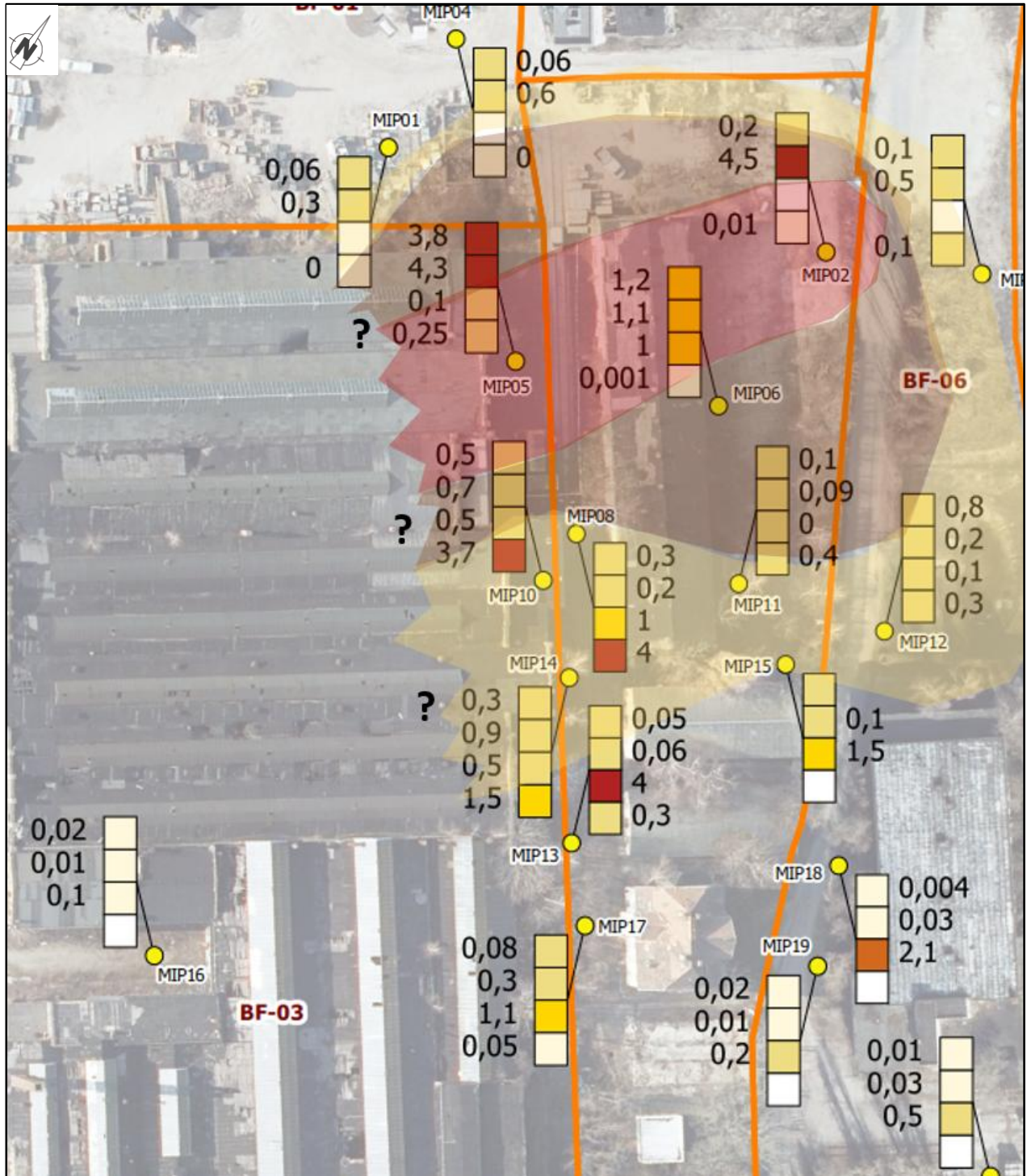


Abb. 10-1 Auswertung der MIP-Sondierungen und Ausweisung von LHKW-Belastungszonen im Geschiebemergel

Die LHKW-Phase durchdrang den Geschiebemergel und sickerte in die darunter folgenden Kiese und Sande des GWL15 ein. Dort sickerte die LHKW-Phase bis an die Basis und imprägnierte

dabei die Kiese und Sande. Die LHKW-Imprägnationen im GWL 15 sind durch die hydraulische Sanierung weitgehend beseitigt.

An der Basis des GWL15 kam es zu einer Akkumulation von großen Phasenmengen („Pools“).

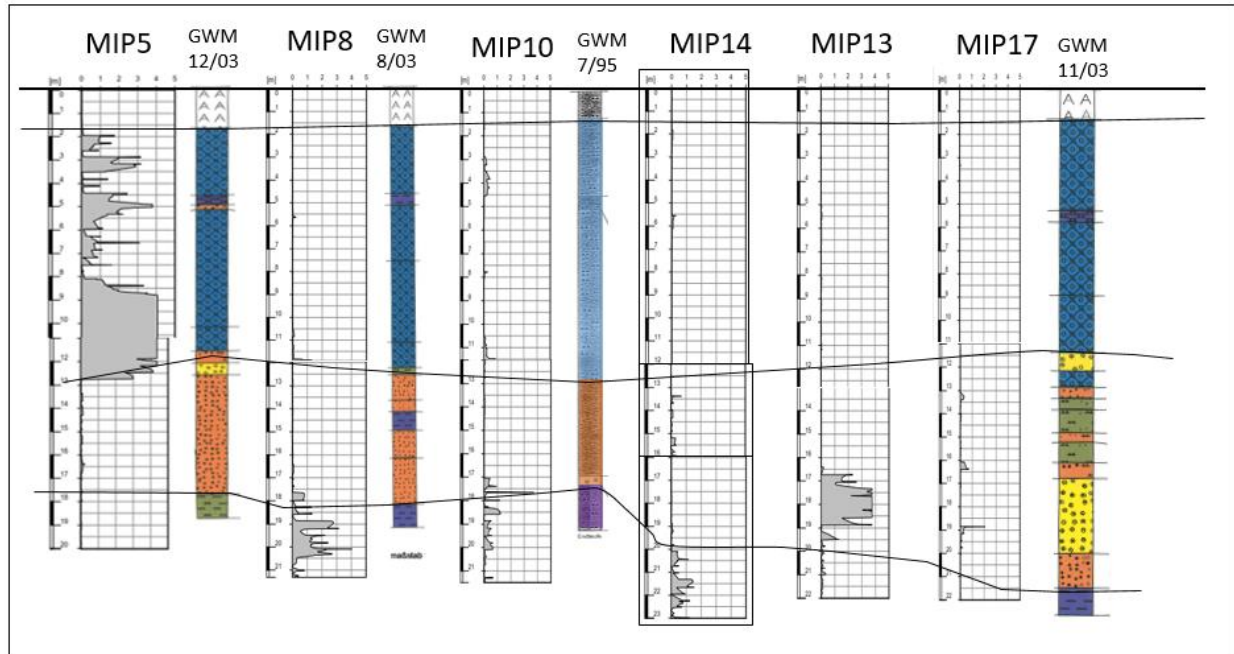


Abb. 10-2 Schematischer NW-SE-Schnitt der DELCD-Profile

Der Eintragsbereich der ehemaligen TRI-Grube befindet sich auf einem morphologischen Sporn an der Talschulter der pleistozänen Rinne. In südlicher und östlicher Richtung sinkt die Basis des Grundwasserleiters 15 ab. Die LHKW-Phase sickerte daher dem morphologischen Gefälle folgend in südliche und östliche Richtung.

Der GWL15 wird durch tertiäre Sedimente unterlagert. Hierbei handelt es sich um Wechsellagerungen von Feinsanden bzw. Tonen/Schluffen. Die Tone/Schluffe wurden durch Diffusionsprozesse imprägniert.

In den Bereichen, in denen die Feinsande die Basis des GWL15 bilden, drang die LHKW-Phase in diese Feinsande ein.

Die tertiären Feinsande werden südöstlich des Projektareals durch die Erosionsrinne des GWL15 angeschnitten. Hier erfolgt ein Schadstoffeintrag aus den Feinsanden in den GWL15 (gelöst und/oder als LHKW-Phasen).

Durch die Braunkohleimprägnationen in den tertiären Feinsanden werden organische Stoffe in das Grundwasser eingelöst, die zu einer reduktiven Dechlorierung von PCE/TCE zu cDCE führen.

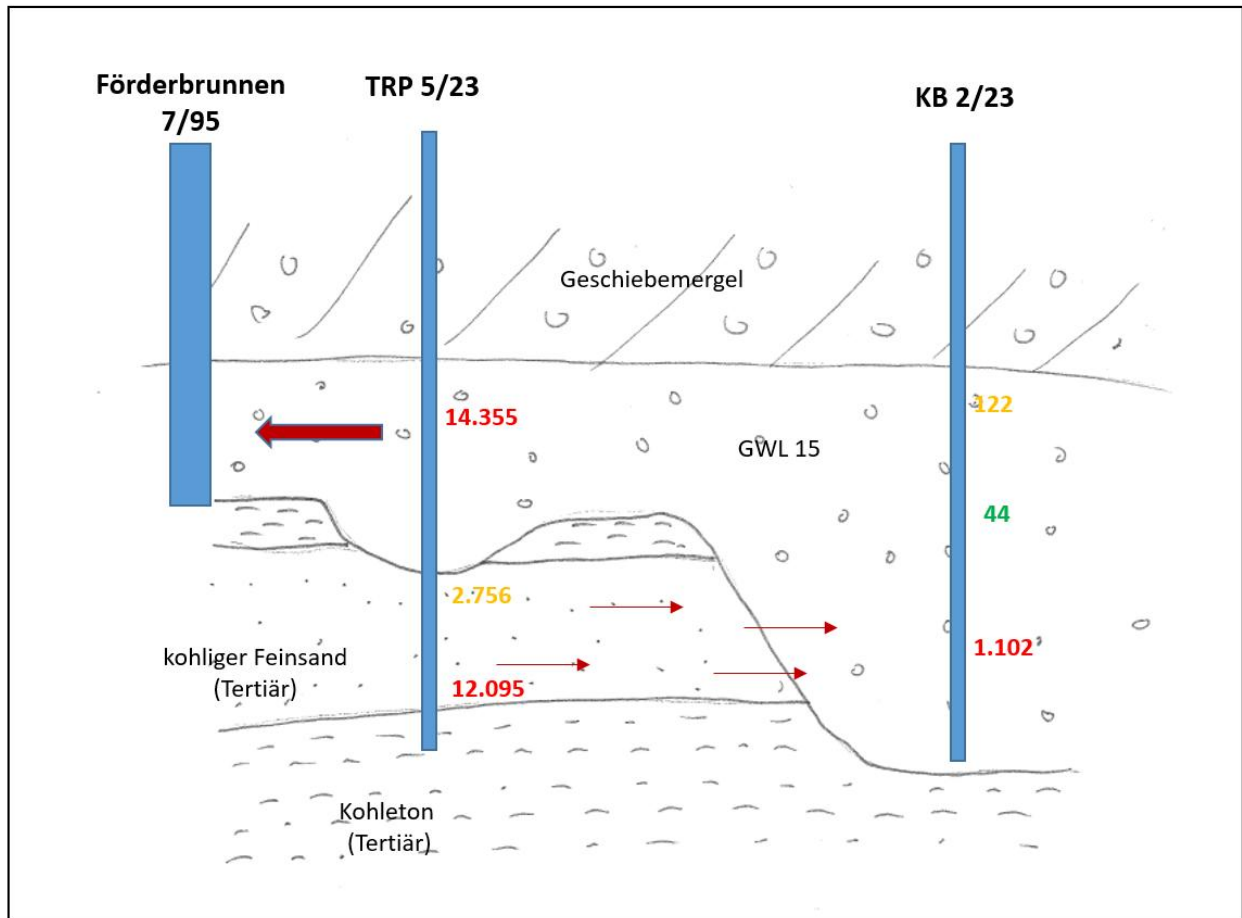


Abb. 10-3 Prinzipskizze zum Einfluss tertiärer Feinsande beim Schadstofftransfer im Schadenszentrum

Die LHKW-Fahne weist eine vergleichsweise große Breite auf (ca. 170 m). Im Ergebnis der ergStU könnten zwei verschiedene Strombahnen differiert werden:

Nordöstliche Strombahn – hier erfolgt ein direkter Abstrom im GWL15 ohne einen relevanten Einfluss der tertiären Feinsande, diese Fahne ist PCE/TCE dominiert, die aktuelle Grundwassersanierung führt zu einer deutlichen Verringerung der LHKW-Konzentrationen; durch die Grundwasserförderung im Abstrom wird diese Strombahn nicht hydraulisch erfasst.

Südliche Abstrombahn – diese Fahne wird vorrangig durch Quellen in den tertiären Feinsanden gespeist, die zu einer reduktiven Dechlorierung bereits im quellnahen Abstrom führen; die Fahne ist entsprechend cDCE-dominiert; die hydraulische Sanierung im Schadenszentrum hat nur geringen Einfluss auf die Schadstofffrachten in der Fahne, allerdings erfolgt im Abstrom eine Förderung in dieser Fahne (2 m³/h); die Sanierungswirkung ist jedoch vergleichsweise gering.

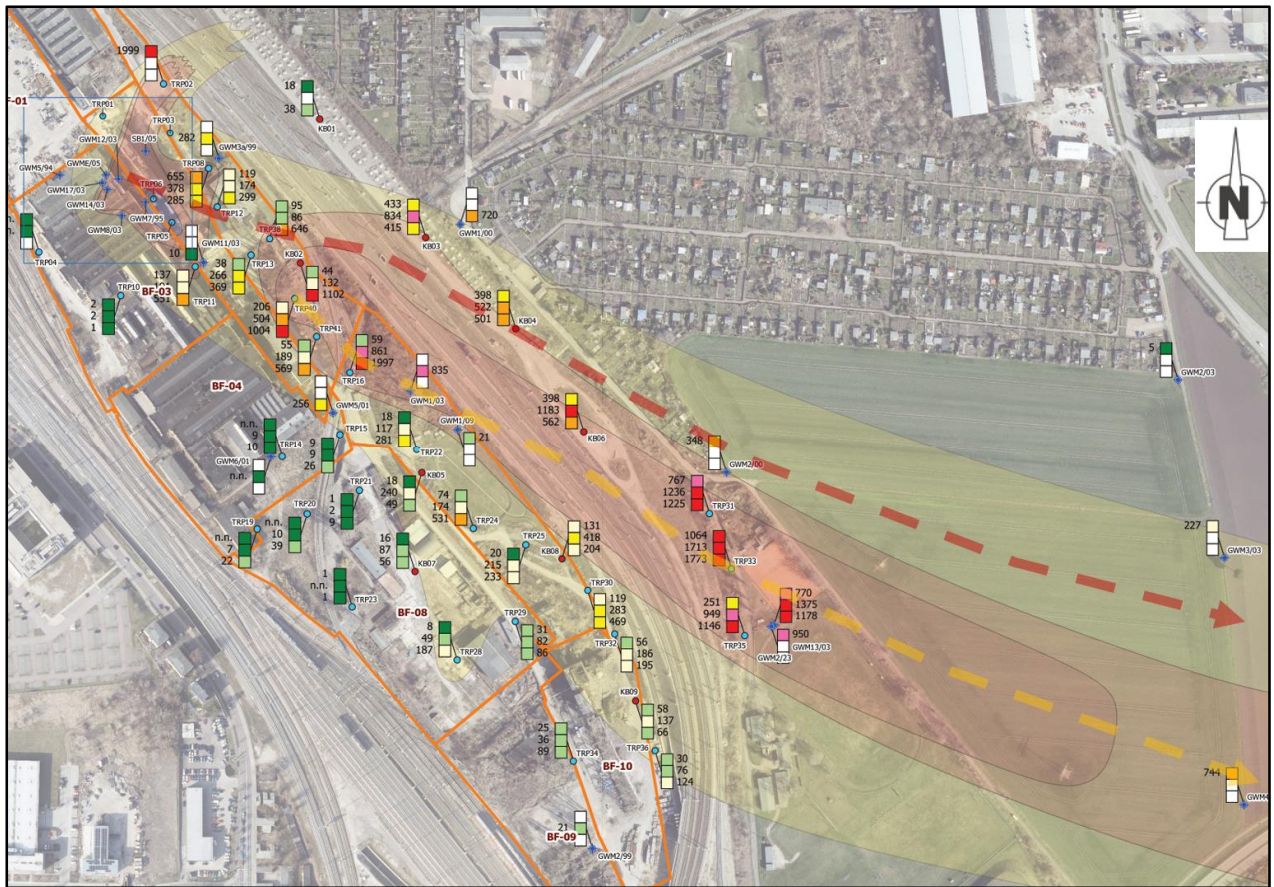


Abb. 10-4 LHKW-Belastung im Grundwasser im 1. Halbjahr 2023 mit PCE/TCE- und cDCE-Strombahnen (aus Anlage 2.3.2)

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen im Tertiär zeigen, dass die Feinsande unmittelbar im Liegenden des GWL15 in hydraulischem Kontakt mit dem quartären GWL stehen und im Fahnenbereich hohe LHKW-Gehalte aufweisen. Die tieferen tertiären grundwasserführenden Schichten unter dem Kohleschluff und den Braunkohleflöz weisen geringfügige LHKW-Befunde auf. Ein relevanter Schadstofftransfer in Richtung Hufeisensee kann aus den Ergebnissen aber nicht abgeleitet werden.

10.6 Fazit zum gegenwärtigen Stand der Sanierung

In der ersten Phase der Sanierung erfolgte eine Förderung von insgesamt ca. 8 m³/h, aktuell liegt die Förderung bei etwa 4,5 m³/h. Eine Abschätzung ergab eine Durchflussmenge im Bereich der Fahne von etwa 40 m³/h. Die LHKW-Fracht wurde mit 200 kg/Jahr abgeschätzt. Diese Abschätzung verdeutlicht, dass die Fördermengen der Sanierung im Hinblick auf die hydraulischen Verhältnisse des Schadens unzureichend sind.

Beim LHKW-Schaden der ehemaligen TRI-Anlage handelt es sich um einen Grundwasserschaden, der noch immer eine erhebliche Dimension aufweise (jährliche Schadstofffracht in der Fahne von 200 kg LHKW nach 13-jähriger Sanierung).

Mit der aktuellen Sanierungskonfiguration sind die behördlich verankerten Sanierungsziele keineswegs erreichbar. Insofern ist eine Neukonzeption der Sanierung zwingend erforderlich.

Ungeachtet der neu zu konzipierenden Sanierung im Bereich des RAW-Geländes ist mit einem relevanten Rückgang der LHKW-Gehalte im direkten Zustrom des Hufeisensees erst in 10 – 20 Jahren zu rechnen, daher sind zusätzliche Maßnahmen zur Fahnenanierung Zustrom zum Hufeisensee erforderlich, die im vorliegenden Bericht aus fördermitteltechnischen Gründen konzeptionell nicht berücksichtigt werden.

10.7 Konzept zur zukünftigen Grundwassersanierung

Ausgangspunkt bei der Neukonzeption der Sanierung des TRI-Schadens im ehemaligen RAW Halle ist die Formulierung von Sanierungszielen, die an die aktuellen Projektrahmenbedingungen angepasst sind, wie folgt:

- c. Der Schadstoffaustrag über den GWL 15 aus den Quellen, die im Zusammenhang mit der TRI-Anlage in den Untergrund gelangten, soll innerhalb eines Zeitraumes von max. 10 Jahren auf ein ausreichend niedriges Konzentrationsniveau für LHKW im quellnahen Abstrom gesenkt werden. Diese Zielstellung erfordert, dass die Nachlieferung von Schadstoffen in die Fahne deutlich minimiert wird.
- d. Die Senkung der LHKW-Konzentrationen an der Kontrollebene K3 (unmittelbar vor Zustrom zum Hufeisensee) soll auf ein der Schutzgutsituation angepasstes Konzentrationsniveau gesenkt werden.

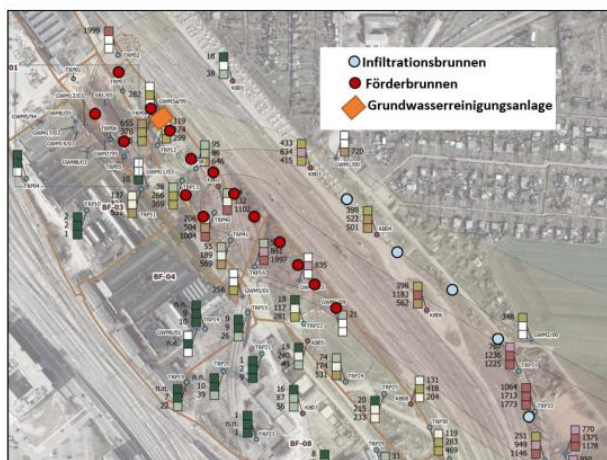
Die konkrete Ausgestaltung der Sanierungsziele im Hinblick auf die Anpassung der Sanierungszone, die Formulierung von Sanierungszielwerten und die Festlegung von Sanierungszeiträumen sollte im Rahmen der Sanierungsplanung erfolgen (Lph. 2 Vorplanung und Lph. 3 Entwurfsplanung nach HOAI). Im Rahmen der Genehmigungsplanung erfolgt dann die Abstimmung und Festsetzung der fortgeschriebenen Sanierungsziele mit Sanierungszonen und Sanierungszielwerten (vgl. Handlungsempfehlungen in Kap. 9).

Bei der Festlegung von Sanierungszielen ist zu berücksichtigen, dass ungeachtet des Sanierungsansatzes für die Quelle im Abstrom der dann abgerissenen Fahne über einen längeren Zeitraum von 10 bis 20 Jahren noch mit relevanten Schadstoffkonzentrationen zu rechnen ist und weiter LHKW in den Hufeisensee strömen. Daher sind aus Sicht des Gutachters ungeachtet der Maßnahmen in den Quellen ergänzende Sanierungsmaßnahmen in der Fahne im Umfeld des Hufeisensees erforderlich. Diese Maßnahmen können aus förderrechtlichen Gründen nicht im Rahmen der Revitalisierung des RAW-Geländes erfolgen, so dass im vorliegenden Bericht hierzu keine weiteren Betrachtungen erfolgen. Im vorliegenden Bericht wird daher nur das Sanierungsziel a. berücksichtigt.

10.8 Fachlich geeignete Sanierungsvarianten

10.8.1 Variante 1

Hydraulische Sicherung-Schadens



- Brunnengalerie vor dem Damm (GWL15 und Tertiär)
- weitere Brunnen im Bereich der Quellen
- Reinfiltration am Kanenaer Weg
- Grundwasserreinigungsanlage

Vorteile

- geringe spezifische Reinigungskosten (Wässer chemisch unkompliziert abzureinigen)
- Verfahren variabel

Nachteile

- hohe Förderraten (ca. 40 m³/h)
- Quelle wird nur in geringem Umfang beseitigt
- Dauer der Sanierung nicht absehbar („Ewigkeitsaufgabe“)

Fazit

- wirtschaftlich ungeeignet

Kostenschätzung: 26 Mio EUR (brutto) für 20 Jahre, Gesamtkosten nicht kalkulierbar

10.8.2 Variante 2

Quellensanierung durch Austauschbohrungen



- Tiefe bis 22 Meter (Tertiär)
- Fläche (vorläufige Schätzung) ca. 10.000 m²

Vorteile

- vollständige Beseitigung der Quellen
- kurze Dauer
- praktisch keine Folgekosten

Nachteile

- Quellen sehr tief (19-22 Meter), viel Austausch von unbelastetem Boden
- Störung des Baugrundes
- hohe Kosten

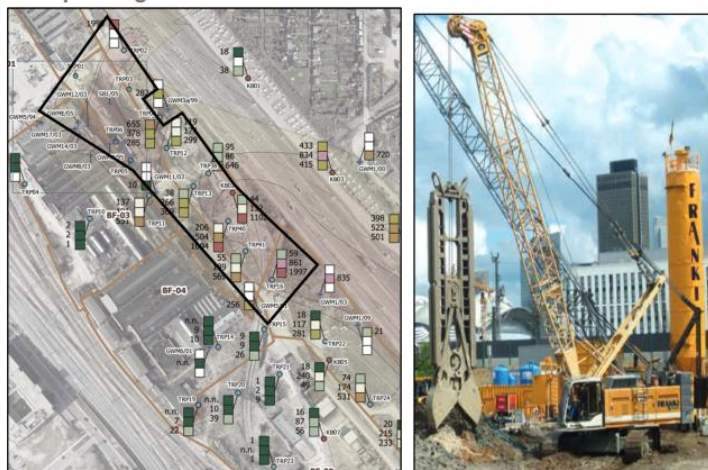
Fazit

- fachlich gut geeignet aber sehr hohe Kosten

Kostenschätzung: 46 Mio EUR (brutto)

10.8.3 Variante 3

Einkapselung



- Dichtwand zur Umschließung der Quellen
- Länge (vorläufige Schätzung) ca. 1.000 m, Tiefe ca. 25 Meter
- geringe Förderung im Schadenszentrum (1 m³/h), perspektivisch kann Förderung eingestellt werden

Vorteile

- Ziel in kurzer Zeit erreichbar (Verhinderung Schadstoffabstrom)
- sicheres Verfahren („Stand der Technik“)
- eingekapselter Bereich danach überplanbar und weitgehend überbaubar (Detailabstimmung in der Planung)
- geringe Wartungs- und Betriebskosten

Nachteile

- keine Beseitigung der Quellen (Konservierung)
- mögliche Restbelastungen unter dem Damm müssten durch in situ-Verfahren saniert werden

Fazit

- fachlich geeignet, moderate Kosten

Kostenschätzung: 11 Mio EUR (brutto)

10.8.4 Vorzugsvariante

Variante 1 ist wirtschaftlich ungeeignet, da die Dauer der Sanierung nicht absehbar („Ewigkeitsaufgabe“), die Kosten damit nicht kalkulierbar sind und die Förderfähigkeit fraglich ist. Variante 2 ist fachlich die beste Variante, ist aber mit sehr hohen Kosten verbunden. Im Ergebnis des Variantenvergleiches wird die **Variante 3 (Einkapselung) als Vorzugsszenario bewertet**. Die Einkapselung weist eine hohe Verfahrenssicherheit auf. Die Kosten liegen deutlich niedriger als beim Variante 2 (Großlochbohrungen). Die laufenden Betriebs- und Wartungskosten sind vergleichsweise niedrig, perspektivisch ist mit sinkenden Kosten zu rechnen. Zudem lässt sich die Dichtwand gut in die Neukonzeption für das ehemalige RAW-Gelände integrieren. Die Einschränkungen für die Folgenutzung sind moderat. Langfristig muss eine Überwachung erfolgen, der Aufwand hier ist jedoch gering und beschränkt sich im Wesentlichen auf ein Grundwassermonitoring.

10.9 Nutzungsbezogene Sanierung für die LHKW-Schaden

Das ehemals industriell genutzte Areal hin zu einem modernen Stadtviertel mit multifunktionaler Nutzung transformiert werden. Die Nachnutzung muss auch im Bereich des LHKW-Schadens gefahrlos, ohne erhebliche Beeinträchtigungen und Nachteile möglich sein.

Im näheren Umfeld der TRI-Anlage ist mit massiven Bodenbelastungen im Geschiebemergel zu rechnen. Die höchste LHKW-Belastung ist im Teufenbereich zwischen 9 und 13 m anzutreffen. Auch auf den Teufenbereich zwischen 2 und 9 m sind hohe Belastungen nachweisbar. Durch die MIP-Sondierungen konnten die LHKW-Belastungen im Geschiebemergel (außerhalb der Halle) eingegrenzt werden. Eine abschließende Abgrenzung des Belastungsbereiches im Geschiebemergel ist jedoch auf Basis der vorliegenden Untersuchungen nicht möglich, dies sollte nach der Baufeldfreimachung in den BF-05 und BF-06 erfolgen. Die Bodensanierung muss folgende Risiken beseitigen:

- Ausgasungen von LHKW und Akkumulation in Gebäuden bei einer Überbauung der Bodenkontaminationen
- Risiken in Bezug auf eine Direktaufnahme von kontaminiertem Boden von auf der Fläche Verkehrenden

Im Ergebnis des Variantenvergleiches wurden deutlich, dass ein konventioneller Bodenaustausch für den LHKW-belasteten Boden zweifelsfrei die Vorzugsvariante darstellt.

Nachnutzungsbezogene Sanierung des LHKW-Schadens

- massive LHKW-Belastung im Geschiebemergel
- keine Informationen zur Belastung innerhalb der Halle (Belastungen sehr wahrscheinlich)
- Gefahr von Ausgasungen bei Überbauung
- Risiken bei Tiefbauarbeiten
- Sanierung durch Bodenaustausch bis 5 Meter (vorläufige Fläche 2.000 m²)
- Einbau Tonabdichtung an der Sohle der Baugrube, Rückverfüllung mit bindigem Boden

Vorteile

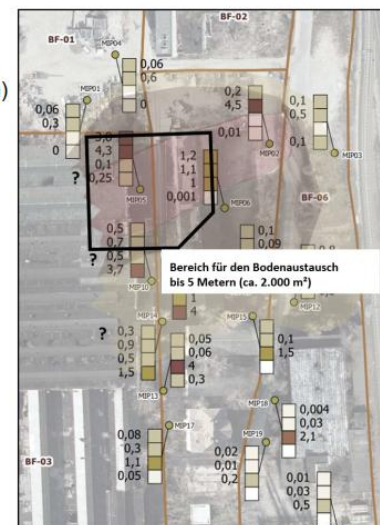
- bautechnisch problemlos umsetzbar (kein Verbau, einfache Wasserhaltung)
- Synergie mit Baufeldfreimachung
- Fläche danach fast uneingeschränkt nutzbar

Nachteile

- keine vollständige Beseitigung der Quellen (5 – 12 Meter)
- Verbot der GW-Nutzung
- bei Tiefgründungen erhöhte Aufwendungen
- Teilrückbau der Werkhalle erforderlich

Kostenschätzung

- 3 Mio EUR (brutto)



Weiterhin befinden sich im Projektareal Einrichtungen der Deutschen Bahn wie Gleisanlagen und Regenrückhaltebecken, die nach aktuellem Stand ebenfalls in das Nachnutzungskonzept integriert werden müssen.

Durch die HALLE SAALE INVESTVISION* sollen die Voraussetzungen für die Neuentwicklung des Areals geschaffen werden. Dazu gehört zum einen die verkehrstechnische Anschließung. Hierzu wurde eine Machbarkeitsuntersuchung erarbeitet und eine Vorzugsvariante abgeleitet [U80].

Außerdem soll für das Gelände eine Baufeldfreimachung³⁵ erfolgen. Dabei sollen alle relevanten Grundstücksmängel wie Altbebauungen, Altlasten, Altfundamente, Leitungen und der Kampfmittelverdacht beseitigt werden. Anschließend können die Grundstücke dann an Investoren veräußert zeitnah überplant und bebaut werden. In diesem Zusammenhang umfasst die Baufeldfreimachung für den Standort

- den Rückbau sämtlicher oberirdischer Gebäude, sofern diese nicht mit Denkmalschutzaufgaben belegt sind,
- den Rückbau sämtlicher unterirdischer Bauwerksteile wie Fundamente, Bodenplatten, Keller, Gruben etc.,
- den Rückbau sämtlicher unterirdischer Medienleitungen,
- die Kampfmittelfreimessung und
- die Herstellung von geotechnisch geeigneten Flächen für die Neubebauung.

Für die denkmalgeschützten Gebäude sollen eine bauliche Sicherung und die Beseitigung von Boden- und Gebäudekontaminationen erfolgen. Die bauliche Sanierung ist im Zuge der Herrichtung des Geländes nicht vorgesehen, dies erfolgt im Zuge der Überplanung und Umnutzung der Gebäude.

Im vorliegenden Gutachten wird von einer zunächst investitionsunabhängigen Baufeldfreimachung ausgegangen, d.h., es werden mit Ausnahme der neu zu errichtenden Verkehrsbauwerke (Brücken, Straßen) keine konkreten Nachnutzungsplanungen zu Grunde gelegt.

10.10.1 Randbedingungen für die Baufeldfreimachung

- Parallel zur Baufeldfreimachung erfolgen im Rahmen der Erschließung die Neugestaltung der Verkehrsanbindungen (Brücken, Straßen), die Herstellung der Medieninfrastruktur (Energie, Wasser, Abwasser, Glasfaser etc.), naturschutzrechtliche Maßnahmen u. dgl.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Baufeldfreimachung abschnittsweise erfolgt.
- Bei der Baufeldfreimachung sollten Synergien mit den Erschließungsmaßnahmen genutzt werden (insbesondere die Nutzung von Bodenmaterial für die Herstellung der Rampen für das Brückenbauwerk, Verwendung von aufbereiteten mineralischen Ersatzbaustoffen aus dem Gebäude- und Fundamentrückbau).
- Die erforderlichen Altlastensanierungen des LHKW-Schadens müssen in die Baufeldfreimachung integriert werden.
- In Vorbereitung des Gebäuderückbaus sind noch eine Untersuchung von Gebäudeschadstoffen und eine rückbaubezogene Bestandsaufnahme der Gebäude erforderlich, die erforderlich.
- Sämtliche unterirdische Gebäude- und Anlagenteile, Medienleitungen sollen beseitigt werden.

³⁵ Die vorbereitenden Tiefbauarbeiten (Gebäuderückbau, Tiefenenttrümmerung, Reliefgestaltung) zur Erschließung für eine multifunktionale Nachnutzung einschließlich der Beseitigung von Altlasten und die Kampfmittelfreimessung werden üblicherweise als „Baufeldfreimachung“ bezeichnet.

- Sämtliche Tiefbauarbeiten müssen durch ein zugelassenes Kampfmittelunternehmen begleitet werden.
- Für das gesamte neu zu bebauende Areal soll eine Kampfmittelfreigabe erfolgen. Erfahrungsgemäß ist eine Kampfmittelfreimessung in vormals industriell genutzten Arealen erst nach vollständiger Beseitigung der Fundamente möglich. Teilweise ist es zudem erforderlich die Auffüllung zu beräumen, sofern diese ferromagnetische Störkörper enthält.
- Die im Rahmen der ergStU erfolgten Untersuchungen zeigten, dass das bei der Baufeldfreimachung anfallende Bodenmaterial teilweise mit Schadstoffen belastet ist (insbesondere Schwermetalle, PAK und Sulfat). Die Aushubmassen müssen daher entsprechend separiert werden. Nicht für den Wiedereinbau geeignetes Material muss entsorgt werden.
- Es ist anzustreben eine größtmögliche Menge an mineralischem Material, das bei der Baufeldfreimachung anfällt (Boden, Bauschutt) als *mineralische Ersatzbaustoffe* im Sinne der ErsatzbaustoffV bzw. Verfüllmaterial auf Grundlage der BBodSchV vor Ort wieder einzusetzen. Durch den Wiedereinbau vor Ort ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen bei der Entsorgung und für den Antransport von zusätzlichem Material zur Wiederauffüllung. Zudem ist der Wiedereinbau von standorteigenem Material unter den Aspekten der Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Klimaschutz geboten.
- Mit der zuständigen Behörde sollten verbindliche Wiedereinbaukriterien für mineralische Ersatzbaustoffe (MEB) für den Einbau in technischen Bauwerken (z. B. Brückenrampen, Straßenbau) vereinbart werden à Regelungsbereich der ErsatzbaustoffV.
- Mit der zuständigen Behörde sollten zudem verbindliche Wiedereinbaukriterien für Bodenmaterial vereinbart werden, das zur Profilierung und Verfüllung von Aufgrabungen genutzt werden soll à Regelungsbereich der BBodSchV.
- Vor der Nutzung der Aushubmassen aus der Baufeldfreimachung als mineralische Ersatzbaustoffe in technischen Bauwerken und vor einer Rückverfüllung muss eine Aufbereitung erfolgen, um die geotechnischen Eigenschaften zu verbessern (Siebung, Brechen von Bauschutt etc.).
- Der beim Rückbau der Fundamente anfallende Bauschutt/ Beton weist in der Regel relativ geringe Schadstoffbelastungen auf. Auch hier empfiehlt es sich auf Grund der Dimension des Bauvorhabens das Material vor Ort als RC-Material aufzubereiten (Brechen). Das Material kann anschließend in technischen Bauwerken bspw. für die Herstellung von Gründungspolstern oder zur Stabilisierung von bindigen Schichten genutzt werden. Auch dies ist im Sinne der Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Klimaschutz geboten.
- Die Aufbereitungsanlagen müssen unter Berücksichtigung der Regelungen der ErsatzbaustoffV betrieben werden.
- Die Tiefbauarbeiten fallen teilweise unter den Geltungsbereich der DGUV-R 101-004 (Arbeiten im kontaminierten Bereich).
- Notwendige Maßnahmen und die zu erwartenden Kosten für die bauliche Sicherung der denkmalgeschützten Gebäude waren nicht Gegenstand der vorliegenden ergStU; in den Kostenschätzungen wurden hier daher nur grobe Schätzwerte kostenseitig hinterlegt. Zur Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen und zur Schätzung der Kosten sind gesonderte Betrachtungen erforderlich.

10.10.2 Investitionsgrundflächen

Zentraler Bestandteil des Konzeptes zur Baufeldfreimachung ist der Herstellung von sogenannten „**Investitionsgrundflächen**“. Auf den Investitionsgrundflächen sind sämtliche unterirdische Bauwerke, Leitungen etc. beseitigt, zudem liegt eine Kampfmittelfreigabe vor.

Für die Investitionsgrundflächen werden einheitliche geotechnische Eigenschaften definiert, die eine Bebauung mit geringen Gründungsanforderungen (Lagerfläche, Plätze, Wege, Gebäude mit geringen Lasteinträgen etc.) ohne baugrundverbessernde Maßnahmen wie Bodenpolster etc. ermöglicht. Anspruchsvollere Gründungen von Gebäude und Anlagen mit höheren Lasteinträgen werden durch die Investitionsgrundflächen weder behindert noch beeinträchtigt.

Das bedeutet, dass auf den Investitionsgrundflächen alle vornutzungsbedingten Risiken und Grundstücksmängel weitgehend behoben sind. Diese Investitionsgrundflächen stehen dann für eine Überplanung und Neubebauung des Areals kurzfristig zur Verfügung.



Abb. 10-3 Beispielansicht einer Investitionsgrundfläche

Die Investitionsgrundflächen werden durch das Aufbringen von aufbereitetem Bodenmaterial hergestellt, das aus den Auffüllmassen des ehemaligen RAW-Geländes gewonnen wird. Die Auffüllmassen weisen zum Teil erhöhte Gehalte an Schwermetallen und PAK im Feststoff sowie Sulfat und Leitfähigkeit im Eluat auf. In Bezug auf die geplante Nachnutzung ist dies unkritisch, da davon auszugehen ist, dass die Investitionsgrundflächen entweder überbaut (Bauwerke, Straßen, Wege, Plätze etc.) oder mit kulturfähigem Substrat überdeckt werden (Freiflächen).

10.10.3 Verkehrskonzept für die Baufeldfreimachung

Bis zur Fertigstellung des Brückenbauwerkes im Süden des Areals müssen sämtliche Verkehrsströme straßenseitig über den Bahnübergang in der Karl-von-Thielen-Straße verlaufen.

Ein hohes Verkehrsaufkommen ist im Zuge der Baufeldfreimachung insbesondere für den Abtransport von Massen, die bei der Baufeldfreimachung anfallen (zu entsorgender Boden, Bauschutt, Bauabfälle wie Holz, Dachpappe, Big Packs mit schadstoffbelasteten Baumaterialien u. dgl.) zu verzeichnen. Weitere Transporte erfolgen im Zusammenhang mit der Anlieferung von Baustoffen sowie der Anlieferung von Geräten, Fahrzeugen und Anlagen für die Baustelleneinrichtung.

Nach den vorliegenden Schätzungen ist von Entsorgungsmengen zwischen 230.000 bis 300.000 t auszugehen.

Für das Gelände existiert ein Anschluss an das Eisenbahnnetz. Im Osten existiert ein Eisenbahntunnel, der unter dem Bahndamm verläuft, über ein Nebengleis werden hier die Gewerbeansiedlungen östlich des RAW-Geländes angebunden (das sogenannte „Südende“).

Die stark eingeschränkte Nutzungsdauer des Bahnübergangs in der Karl-von-Thielen-Straße wirkt als limitierender Faktor für den Abtransport der zu entsorgenden Massen und bildet einen Konfliktfaktor für die Baustellenlogistik. Daher sollte geprüft werden, inwieweit ein Abtransport

der zu entsorgenden Mengen auf dem Schienenweg möglich ist. Der Transport der zu entsorgenden Abfälle auf dem Schienenweg wäre zudem aus ökologischer und klimapolitischer Sicht begrüßenswert und würde sich positiv auf die CO₂-Bilanz des Gesamtvorhabens auswirken.

Wir empfehlen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt mit der Deutschen Bahn folgende grundsätzliche Fragen zu klären:

- Ist es möglich, die Abfalltransporte über den Schienenweg zu realisieren? Welche Randbedingungen wären hierfür erforderlich?
- Ist es möglich (zumindest für den Zeitpunkt der Baufeldfreimachung) das Tunnelbauwerk im Osten des Geländes temporär so herzurichten, dass dieses gleichzeitig für Schiebetriebstransporte und für LKW-Transporte nutzbar ist?

10.10.4 Areale zusammenhängender Investitionsgrundflächen

Das ehemalige RAW-Gelände wurde in [U79] in 10 **Baufelder** untergliedert. Die Baufelder beinhalten sämtliche der zuvor aufgeführten Flächenarten und decken damit das gesamte ehem. RAW-Gelände ab. Ergänzend dazu erfolgte in der vorliegenden ergStU eine Untergliederung in zusammenhängende sogenannte **Areale**. Dabei handelt es sich um zusammenhängende Investitionsgrundflächen, die von Gleisanlagen, denkmalgeschützten Gebäuden und/oder Haupteerschließungsstraßen begrenzt werden. Die Areale können somit Grundlage für die Vermarktung des ehem. RAW-Geländes betrachtet werden.

Für diese Areale soll nach dem vorliegenden Konzept jeweils eine zusammenhängende Baufeldfreimachung erfolgen. Die Areale wurden auf Basis des Verkehrserschließungskonzeptes der Machbarkeitsstudie von ICL [U80] ausgewiesen und sind in der folgenden Abbildung überblicksweise dargestellt.

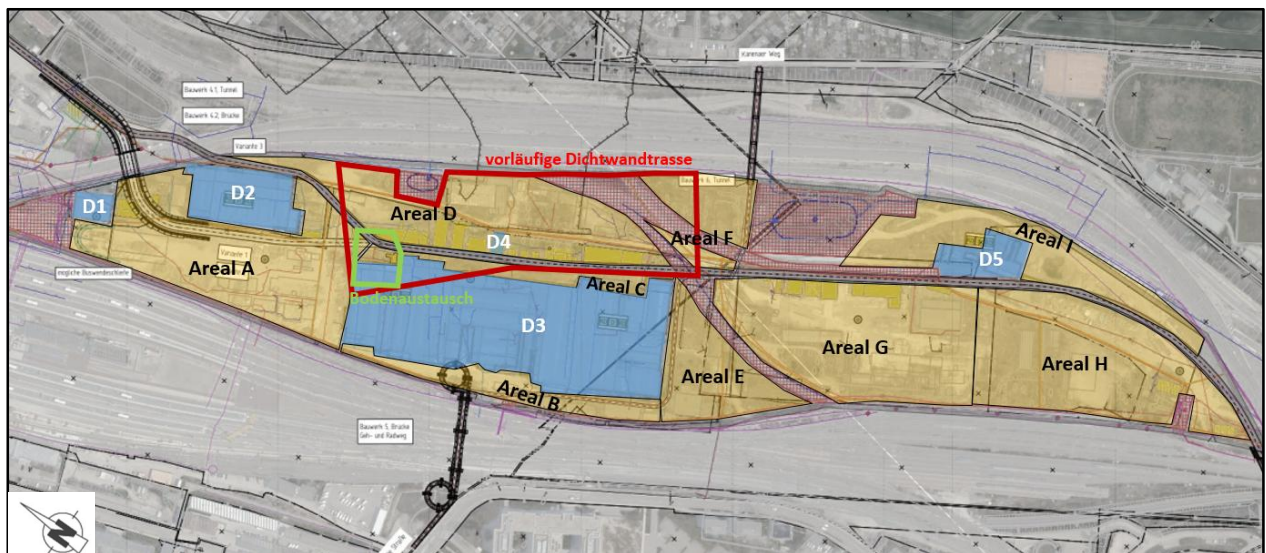


Abb. 10-4 Untergliederung in Areale

10.10.5 Logistikflächen

Eine wichtige Vorüberlegung bei der Erschließung ist die Ausweisung von Logistikflächen. Auf den Logistikflächen befinden sich

- die Baustelleneinrichtung (relativ flexibel umsetzbar),
- die Aufbereitungsanlagen (Brecheranlagen, Siebanlagen),
- Lagerflächen für aufbereitete mineralische Ersatzbaustoffe (RC-Material, Bodenmaterial) und

- die Bereitstellungsflächen für zu entsorgende mineralische Abfälle sowie sonstige Bauabfälle.

Insbesondere die Lagerflächen und Bereitstellungsflächen benötigen einen großen Platzbedarf und sind nur mit hohem logistischem und monetärem Aufwand während der Baufeldfreimachung zu verlagern. Geeignet sind aus Sicht des Gutachters Flächen in Randlage des Areals, die aus Lärmschutzgründen nach Möglichkeit in der Nähe des östlichen Bahndamms angeordnet sein sollten. Als Größe für die Logistikfläche mit Boden/Bauschuttlager werden ca. 1 ha veranschlagt. Seitens des Gutachters wird hierfür das Areal I vorgeschlagen, das bei Bedarf um das Areal F erweitert werden kann.

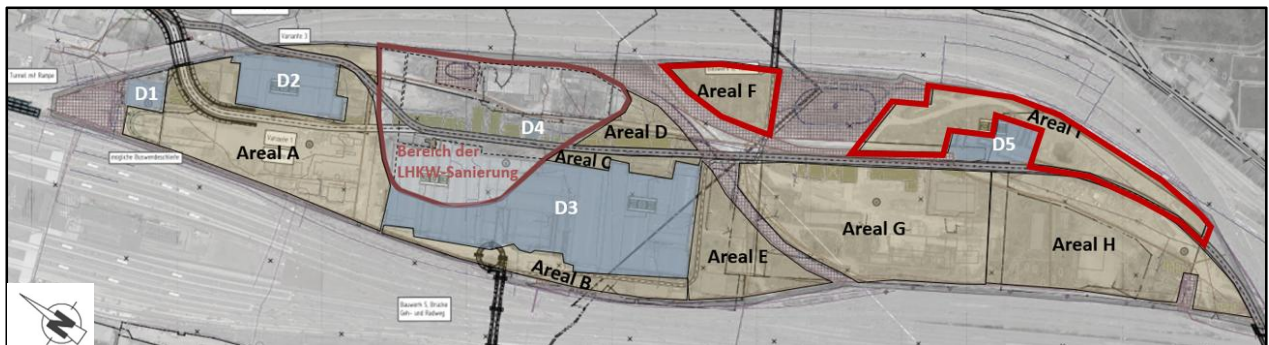


Abb. 10-5 Möglicher Standort für die Logistikflächen mit Boden-/Bauschuttlager

10.10.6 Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen

Folgendes Konzept zum Umgang mit den Aushubmassen ist vorgesehen:

- Sämtliche bei der Baufeldfreimachung anfallenden mineralischen Massen (Beton, Bauschutt, Boden) werden zunächst zum Boden-/Bauschuttlager transportiert, dort auf Haufwerken (i.d.R. ca. 500 m³) aufgehaldet mit wetterfester Beschilderung versehen.
- Die Haufwerke werden anschließend analytisch untersucht (Probenahme nach LAGA PN 98, Analytik nach Tab. 2 Anl. 1 ErsatzbaustoffV in einem akkreditierten Labor)
- Im Ergebnis der Untersuchung wird entschieden, ob das Material vor Ort wieder eingebaut oder entsorgt werden muss (Kriterien gemäß Kapitel 7.6 f.).
- Bei Erfordernis erfolgt die geotechnische Aufbereitung (Brechen des Bauschuttes, Siebung des Bodens) in einer nach ErsatzbaustoffV zertifizierten Aufbereitungsanlage.
- Das aufbereitete Material wird auf Haufwerken gelagert, geordnet nach Materialart und chemischer Beschaffenheit, ebenfalls mit wetterfester Beschilderung versehen.
- Das aufbereitete Bodenmaterial wird vollständig zur Herstellung der Investitionsgrundflächen sowie zur Herstellung der Rampen für die Brückenbauwerke verwendet.
- Ziegel-RC-Material wird für die Herstellung von Baustraßen vorgehalten und verwendet.
- Beton-RC-Material wird für den Einbau in technischen Bauwerken (Tragschichten etc.) vorgehalten. Der Einbau erfolgt zum einem bei der Herstellung der Verkehrsinfrastruktur (Straßenbau), zum überwiegenden Teil jedoch erst im Rahmen der Neubebauung der Fläche, die Verwendung des Beton-RC-Materials sollte ggf. vertraglich mit den Investoren geregelt werden.
- Auf Grund der vormaligen Nutzung als Eisenbahnbetriebsfläche ist mit relevanten Mengen an Gleisschotter zu rechnen, der Gleisschotter wird nach Tab. 2 Anl. 1 ErsatzbaustoffV untersucht und entweder entsorgt oder vor Ort aufbereitet.
- Schadstoffhaltige Bauabfälle (asbesthaltige Baumaterialien, Dachpappe, Teerrückstände etc.) werden ordnungsgemäß entsorgt.

10.10.7 Konzept zur Kampfmittelfreimessung

Nach der Tiefenenttrümmerung ist auf den eingeebneten Flächen zunächst eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus mittels Sonde durchzuführen³⁶. Gegenwärtig kann nicht eingeschätzt werden, inwieweit aufgrund der nach der Tiefenenttrümmerung noch verbliebenen Auffüllung eine Kampfmittelfreigabe durch diese oberflächlichen Messungen großräumig möglich ist; daher sollen zunächst auf **4 Probefeldern** die oberflächliche Freigabe getestet werden. Folgende Szenarien zur Kampfmittelgabe sind in den Probefeldern zu untersuchen:

Szenario 1: Eine Kampfmittelfreigabe ist von der Oberfläche der eingeebneten Auffüllung aus grundsätzlich möglich, im Bereich von Störsignalen wird die Auffüllung lokal ausgetauscht, anschließend wird eine erneute Messung vorgenommen und die Fläche mittels Sonde freigegeben.

Szenario 2: Eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus ist aufgrund einer Vielzahl von Störsignalen, die durch die Beschaffenheit der anthropogenen Auffüllung verursacht werden, nicht möglich. Die Kampfmittelfreigabe muss daher durch Kampfmittelsondierungen im Untersuchungs raster von 1,5 m erfolgen.

Szenario 3: Eine Kampfmittelfreimessung von der Oberfläche aus ist aufgrund einer Vielzahl von Störsignalen, die durch die Beschaffenheit der anthropogenen Auffüllung verursacht werden, nicht möglich. Die Auffüllung muss vollständig ausgetauscht werden, die Kampfmittelfreimessung erfolgt dann anschließend an der Oberkante des Geschiebemergels.

Die Entscheidung darüber, welches der 3 Szenarien umgesetzt wird, erfolgt im Ergebnis der fachtechnischen und wirtschaftlichen Bewertung nach Auswertung der vier Probefelder.

Die Vorgehensweise für alle Areal separat umzusetzen.

Zum Umgang mit einer möglichen Kampfmittelbelastung im Bereich der unter Denkmalschutz stehenden Gebäude müssen mit den zuständigen Behörden fachtechnische Abstimmungen geführt werden.

10.10.8 Konzept zum Umgang mit dem LHKW-Schaden im Rahmen der Baufeldfreimachung

Es wurde abgeleitet, dass die massiven LHKW-Belastungen im Geschiebemergel im Umfeld der ehemaligen TRI-Anlage (Sanierungsbereich 1) beseitigt werden müssen. Als Vorzugsvariante wurde ein konventioneller Bodenaustausch abgeleitet. Im Rahmen der Sanierungsplanung sind weitere Untersuchung des Schadens und eine abschließende Abgrenzung der Aushubkubatur erforderlich. Für diese planungsbegleitende Erkundung sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Erkundungsarbeiten auch innerhalb der ehemaligen Werkhalle des RAW
- Gebäuderückbau und Baufeldfreimachung

Das bedeutet, dass die planungsbegleitenden Untersuchungen zur Sanierung des LHKW-Schadens erst **n a c h** der Baufeldfreimachung in den Arealen C und D (Baufelder BF 05 und BF 06) erfolgen kann. Für den Bodenaustausch der LHKW-Phase ist es aus technischer Sicht zwingend erforderlich die Werkhalle im Austauschbereich zurückzubauen.

Im Sanierungsbereich 2 ist nach der derzeitigen Vorzugsvariante die Errichtung einer Dichtwand vorgesehen. Die Trasse verläuft im Bereich der Areal C, D und F. Zudem verläuft die Trasse innerhalb der des nördlichen Teils der ehemaligen RAW-Werkhalle.

Da zum Zeitpunkt der ergStU ein Betreten der ehemaligen Werkhallen des RAW aufgrund der Einsturzgefährdung der Dachkonstruktionen nicht möglich war und damit auch keine Erkundung

³⁶ Das Niveau liegt i.d.R. bei etwa 2 Metern unter dem ursprünglichen Gelände, so dass die Regelfreigabetiefe in Sachsen-Anhalt von 6 Metern realisierbar ist. Details dazu sind in der Planung abzustimmen.

der Untergrundbelastung innerhalb der Hallen erfolgen konnte, kann der Verlauf der Dichtwandtrasse für den Bereich der Halle derzeit nur vermutet werden.

Im Rahmen der Planung sind weitere Kernbohrungen innerhalb der Einkapselung (zur genaueren Lokalisierung der LHKW-Quellen) und entlang der Dichtwandtrasse zur Planung der Wand erforderlich.

Für diese planungsbegleitende Erkundung sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Erkundungsarbeiten auch innerhalb der ehemaligen Werkhalle des RAW
- Gebäuderückbau und Baufeldfreimachung

Das bedeutet, dass die planungsbegleitenden Untersuchungen zur Sanierung des LHKW-Schadens auch für den Sanierungsbereich 2 erst **n a c h** der Baufeldfreimachung in den Arealen C, D und F erfolgen kann (vgl. Kap. 9.4).

Für die Errichtung der Dichtwand ist es aus technischer Sicht zwingend erforderlich die Werkhalle im Bereich der Trasse zurückzubauen.

10.10.9 Umgang mit den Altlastenverdachtsflächen bei der Baufeldfreimachung

In [U79] wurden zahlreiche Altlastenverdachtsflächen ausgewiesen. Im Ergebnis des Grundwasserscreening der vorliegenden ergStU können relevante Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgeschlossen werden. Insofern kann eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser für diese ALVF ausgeschlossen werden.

Die Untersuchungen im Rahmen der ergStU haben gezeigt, dass aufgrund der aktuellen Fundament- und Leitungssituation Bodenuntersuchungen mit einem sehr hohen technischen und monetären Aufwand verbunden sind und die Sondierarbeiten aufgrund der zahlreichen Fundamente und Leitungen im Untergrund stark eingeschränkt sind. Daher wird empfohlen auf weitere Untersuchungen der Altlastenverdachtsflächen **v o r** der Baufeldfreimachung zu verzichten. Vielmehr sollten die ALVF vor der Baufeldfreimachung vor Ort gekennzeichnet werden. Auffällige Bodenbereiche sind dann bei der Tiefenenttrümmerung entsprechend zu separieren und gesondert zu beproben.

Nach der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung sind im Sohlbereich der Rückbaugruben Bodenproben zu entnehmen und auf vornutzungsspezifische Parameter zu untersuchen.

Sofern tiefer reichende Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden, sind an der Sohle der Rückbaugrube entsprechende Sondierungen auszuführen. Die teufenorientiert entnommenen Bodenproben sind ebenfalls auf die nutzungsspezifischen Parameter zu analysieren.

Für Altlastenverdachtsflächen, bei denen ein Verdacht auf Bodenluftkontaminationen besteht, sind an der Sohle der Rückbaugrube Bodenluftuntersuchungen durchzuführen. Im Ergebnis dieser ergänzenden Untersuchungen sind bei Erfordernis lokale Bodenaustauschmaßnahmen umzusetzen.

10.10.10 Standortbezogene Einbauwerte für den Einbau in technischen Bauwerken

Im Rahmen der Baufeldfreimachung soll Bodenmaterial, das bei der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreimessung anfällt, in einer Aufbereitungsanlage vor Ort durch Siebungen so aufbereitet werden, dass es geotechnisch als mineralischer Ersatzbaustoff für die Infrastrukturmaßnahmen in technischen Bauwerken genutzt werden kann.

Am Standort liegt generell eine günstige Konfiguration der Grundwasserdeckschichten im Sinne der ErsatzbaustoffV vor. Bei dem am Standort vorhandenen Geschiebemergelpaket handelt es sich eindeutig um Lehm/Schluff/Ton, so dass die Spalte 3 der Einbautabellen zum Ansatz gebracht werden kann. Regulär sind daher Einbauweisen nach Tab. 5, Anl. 2 ErsatzbaustoffV zulässig.

Bei dem Standort des ehemaligen RAW Halle handelt es sich nach Auffassung des Gutachters um ein Gebiet nach § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV, in dem siedlungsbedingt ein oder mehrere

Feststoffwerte die Materialwerte nach BM-F0* im Boden flächenhaft überschreiten. In diesem Fall kann die zuständige Behörde für das Gebiet bestimmte Einbauweisen und höhere Materialwerte für Bodenmaterial festlegen. Hauptkriterium ist nach § 21 Abs. 5 ErsatzbaustoffV, dass sich dadurch die stoffliche Situation nicht nachteilig verändern darf. Zudem müssen Gefährdungen für das Schutzgut Grundwasser oder in Bezug auf die Nachnutzung ausgeschlossen werden können. Zudem sollte die Festlegung höherer Materialwerte für Bodenmaterial für bestimmte Einbauweisen fachlich und sachlich begründet und im Sinne des Allgemeinwohls sein.

Seitens des Gutachters folgende standortbezogenen Materialwerte vorgeschlagen:

- Kupfer (Feststoff): 960 mg/kg
- PAK (EPA im Feststoff) 60 mg/kg
- Sulfat: 2.000 mg/kg
- Leitfähigkeit: 3.000 µS/cm.

10.10.11 Standortbezogene Einbauwerte für Auf- und Einbringen von Bodenmaterial

In den Baufeldern sollen nach der Tiefenenttrümmerung und der Kampfmittelfreigabe Investitionsgrundflächen hergestellt werden. Regulär muss der einzubauende standorteigene Boden die Vorsorgewerte nach Tabelle 1 und Tabelle 2, unter bestimmten Voraussetzungen auch Tab. 3 Anlage 1 BBodSchV einhalten. § 6 Abs. 4 BBodSchV enthält jedoch Ausnahmeregelungen für Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden, sofern dieser Boden innerhalb dieses Gebietes umgelagert wird. Die Umlagerung dieser Böden ist in diesen Gebieten ungeachtet der Schadstoffbelastung möglich, wenn sichergestellt wird, dass die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die stoffliche Situation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Entsprechende Gebiete können von der Behörde festgelegt werden. Beim ehemaligen RAW-Gelände handelt es sich um ein Gebiet mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden. Daher sollte aus Sicht des Gutachters das gesamte Investitionsareal als Gebiet nach § 6 Abs. 4 BBodSchV erklärt werden. In einem entsprechenden Gebiet gelten damit nicht die Vorsorgewerte nach Tab. 1 f. und nicht die Beurteilungswerte nach Tab. 4, Anl. 1 BBodSchV. Vielmehr ist bei der Festlegung von Regularien sicherzustellen, dass die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die stoffliche Situation nicht nachteilig verändert wird. In der folgenden Tabelle sind zusammenfassend die vorgeschlagenen Einbauwerte für die Investitionsgrundschrift dargestellt.

Tab. 10-2 Einbauwerte für die Investitionsgrundschrift

lfd. Nr.	Parameter	Einheit	Einbauwerte Investitionsgrundflächen
	Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	bis 50
1	pH-Wert ⁴		6,5 - 9,5
2	Elektrische Leitfähigkeit. ⁴	µS/cm	3.000
3	Sulfat	mg/l	2.000
4	Arsen	mg/kg	40
5	Arsen	µg/l	85
6	Blei	mg/kg	700
7	Blei	µg/l	250
8	Cadmium	mg/kg	2
9	Cadmium	µg/l	10
10	Chrom, gesamt	mg/kg	120
11	Chrom, gesamt	µg/l	290
12	Kupfer	mg/kg	320
13	Kupfer	µg/l	170
14	Nickel	mg/kg	100

lfd. Nr.	Parameter	Einheit	Einbauwerte Investitions- grundflächen
15	Nickel	µg/l	150
16	Quecksilber	mg/kg	0,6
17	Quecksilber	µg/l	0,1
18	Thallium	mg/kg	2
19	Thallium	µg/l	0,2
20	Zink	mg/kg	300
21	Zink	µg/l	840
22	TOC	M%	5
23a	Kohlenwasserstoffe C10-C20	mg/kg	300
23b	Kohlenwasserstoffe C10 – C40	mg/kg	600
25	PAK ₁₅ ⁹	µg/l	3,8
26	PAK ₁₆ ¹⁰	mg/kg	30
27	Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt	µg/l	2
28	PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,1
29	PCB ₆ und PCB-118	µg/l	0,01
30	EOX	mg/kg	1

10.11 Gesamtkostenübersicht

In der folgenden Tabelle sind die Kosten, nach den Baufeldern gegliedert dargestellt

Tab. 10-3 Gesamtkostenübersicht, nach Baufeldern gegliedert

	Fläche Baufeldfrei- machung	Kosten V1 ³⁷ (brutto)	Kosten V2 ³⁸ (brutto)	davon Kosten Denkmale (ist gesondert zu untersuchen)
BF-01	17.700	3.655.878,79	4.305.242,65	
BF-02	6.300	3.471.706,60	3.530.367,35	880.000
BF-03	4.300	4.326.692,71	4.441.219,05	2.000.000
BF-04	8.700	5.069.266,81	5.349.155,85	1.500.000
BF-05	10.000	4.159.529,41	4.584.486,29	250.000
BF-06	11.500	2.624.165,12	2.968.250,50	
BF-07	11.500	2.455.949,10	2.729.857,80	
BF-08	32.000	5.981.062,61	6.705.344,65	
BF-09	19.000	3.474.389,54	3.839.105,05	
BF-10	10.000	3.945.645,52	4.064.078,93	1.000.000,00
Zentrale Logistik		1.598.527,00	1.598.527,00	
Summe Baufeldfreimachung (brutto) gerundet		40.762.813	44.115.635	5.630.000
Altlastensanierung Bodenaustausch		2.937.000	2.937.000	

³⁷ unter Berücksichtigung der standortbezogenen Einbauwerte gem. Kap. 7.4 f.

³⁸ ohne Berücksichtigung der standortbezogenen Einbauwerte gem. Kap. 7.4 f.

	Fläche Baufeldfrei- machung	Kosten V1³⁷ (brutto)	Kosten V2³⁸ (brutto)	davon Kosten Denkmale (ist gesondert zu untersuchen)
Altlastensanierung Einkapselung		11.300.000	11.300.000	
gerundete Summe (brutto)		54.999.813	58.352.635	

In der folgenden Tabelle sind die Kosten, nach den Arealen gegliedert dargestellt

Tab. 10-4 Gesamtkostenübersicht, nach Arealen gegliedert (Brutto)

	Fläche Bau- feld- freimachung	Kosten V1²⁶ (brutto)	Kosten V2²⁷ (brutto)
Areal A	24.000	6.247.585	6.955.610
Areal B	7.780	3.754.399	3.980.881
Areal C	5.000	1.954.765	2.167.243
Areal D	16.500	4.578.930	5.135.494
Areal E	11.620	3.337.773	3.650.562
Areal F	5.750	1.227.975	1.364.929
Areal G	25.600	4.784.850	5.364.276
Areal H	19.000	3.474.390	3.839.105
Areal I	15.750	4.173.620	4.429.008
Zentrale Logistik		1.598.527	1.598.527
Gesamtkosten Bau- feldfreimachung ohne Denkmalsicherung	131.000	35.132.813	38.485.635
Denkmalsicherung		5.630.000	5.630.000
Altlastensanierung Bodenaustausch		2.937.000	2.937.000
Altlastensanierung Einkapselung		11.300.000	11.300.000
Summe (brutto)		54.999.813	58.352.635

10.12 Handlungsempfehlungen

Im vorliegenden Bericht wurden folgende konzeptionelle Handlungsempfehlungen abgeleitet:

- Neukonzeption für die grundwasserbezogene Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage (Vorzugsszenario: Einkapselung, vgl. Kap. 6.8.8)
- Konzept für die nutzungsbezogene Altlastensanierung des LHKW-Schadens der ehemaligen TRI-Anlage (konventioneller Bodenaushub bis 5 m unter GOK, vgl. Kap. 7.1.5)
- Konzept zur Bau-
feldfreimachung (vgl. Kap. 7.3)

In Bezug auf die Bau-
feldfreimachung und die beiden Altlastensanierung sind aus unserer Sicht zunächst folgende weiteren Schritte erforderlich:

- Vorabstimmung der vorgeschlagenen Einbauwerte für Bodenmaterial bei der Bau-
feldfreimachung mit den zuständigen Behörden (Fachbereich Umwelt der Stadt Halle),

vgl. Kap. 7.6 f. (die verbindliche Abstimmung erfolgt im Rahmen der Planung für die Baufeldfreimachung)

- Vorabstimmungen mit dem mit den zuständigen Behörden (insbesondere Fachbereich Umwelt der Stadt Halle) zu den abgeleiteten Konzepten für die Altlastensanierungsmaßnahmen
- Vorabstimmungen mit dem Fachbereich Umwelt der Stadt Halle und ggf. weiteren einzubeziehenden Fachbereichen über die genehmigungsrechtlichen Grundlagen für die Altlastensanierungen (bspw. Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG) und die Baufeldfreimachung
- Verschneidung der Ablaufplanung für die Baufeldfreimachung, für die beiden Altlastensanierungen und für die Herstellung der Verkehrsinfrastruktur
- Veranlassung naturschutzrechtlicher Untersuchungen und Bewertungen³⁹, Ableitung der erforderlichen Maßnahmen, die dann in die Ablaufplanung der Baufeldfreimachung, der beiden Altlastensanierungen und der Maßnahmen zur Verkehrserschließung zeitlich und organisatorisch einzubinden sind
- Abstimmungen mit der Deutschen Bahn bzgl. der Nutzung des Tunnels Südende für LKW-Transporte und die Prüfung der Möglichkeit von Abfalltransporten auf der Schiene (vgl. Kap. 7.4)
- Abstimmungen mit der Deutschen Bahn zur Klärung der unterirdischen Bestandsleitungen im Bereich des ehemaligen RAW-Geländes (vgl. Kap. 9.2)
- Abstimmungen mit der oberen Denkmalschutzbehörde bzgl. des weiteren Umgangs mit den ehemaligen RAW-Werkhallen; hohe Dringlichkeit weist dabei der nördliche Hallenkomplex (BF-03) auf, da hier zunächst ergänzende altlastenbezogene Untersuchungen zur Schadensabgrenzung und nachfolgend Sanierungsmaßnahmen (Bodenaushub, Errichtung der Dichtwandtrasse) notwendig sind
- Veranlassung der Erarbeitung eines Konzeptes zur baulichen Sicherung und zur Sanierung von Gebäudeschadstoffen für die denkmalgeschützten, zu erhaltenden Gebäuden
- Abstimmung mit den zuständigen Behörden zur Kampfmittelfreigabe der Investitionsgrundflächen/Verkehrsflächen zum einen und der denkmalgeschützten, zu erhaltenden Gebäuden zum anderen
- Ausschreibung der Planungsleistungen für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierung (VgV-Verfahren), die erforderlichen planungsbegleitenden Untersuchungen sind dabei zu integrieren (vgl. Kap. 9.4)
- Fortschreibung der allgemeinen Baugrundbewertung aus [U79] nach Vorlage der Ergebnisse der planungsbegleitenden Altlastenuntersuchungen

Alle B-Plan-rechtlichen und förderrechtlichen Aspekte werden in diesem Bericht nicht betrachtet.

In der folgenden Tabelle ist der Vorschlag für einen zeitlichen Ablauf der Baufeldfreimachung in den einzelnen Arealen und der beiden Altlastensanierungen dargestellt. Dabei wurden auch die geschätzten Kosten für die einzelnen Maßnahmen zeitlich zugeordnet.

Hierbei handelt es sich um einen ersten konzeptionellen Ansatz, der im Rahmen der Planungen fortgeschrieben und konkretisiert werden muss.

³⁹ Am Standort ist Japanischer Staudenknöterich (invasive Art) anzutreffen. Die Pflanze vermehrt sich über Rhizome. Aus naturschutzfachlicher Sicht soll die Verbreitung dieser Art über Pflanzenreste einschl. Wurzeln zu verhindern. Daher sollte im naturschutzfachlichen Bericht ein Konzept für den Umgang mit knöterichbelasteten Pflanzenteilen und knöterichbelastetem Boden erfolgen. Aus Sicht des Gutachters wird eine gesicherte Kompostierung vor Ort als zielführend erachtet.

Tab. 10-5 Zeitplan für die Baufeldfreimachung und die Altlastensanierungsmaßnahmen mit Mittelabflussplanung

	Mittelabfluss (Brutto-Kosten)											
	2024		2025		2026		2027		2028		2029	
	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2	HJ1	HJ2
Ausschreibung Ingenieur-leistungen Baufeldfreimachung/ Altlastensanierung	0	0										
Planung, Begleitung Baufeldfreimachung/ Altlastensanierung			295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000	295.000
Einrichten, Betreiben Logistikfläche					267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000	267.000
Baufeldfreimachung Areale B (nur Rückbau), C, D, F					3.893.000	3.893.000						
Baufeldfreimachung Areale A							2.988.000	2.988.000				
Baufeldfreimachung Areale E, G, H									5.388.000	5.388.000		
Baufeldfreimachung Areale I und B (Rest)											3.260.000	804.000
Sicherung Denkmäler					804.000	804.000	804.000	804.000	804.000	804.000		
Planung Bodenaustausch					119.000	119.000	119.000					
Sanierung Bodenaustausch								1.290.000	1.290.000			
Planung Einkapselung				298.000	297.500	297.500	297.500					
Sanierung Einkapselung							2.534.000	2.534.000	2.534.000	2.534.000	2.534.000	
Summe (brutto)			295.000	593.000	1.516.000	5.676.000	5.676.000	8.178.000	13.566.000	12.548.000	7.160.000	

11 Unterlagen zum Projekt

11.1 Unterlagen zum Auftrag

- [A1] Angebotsaufforderung der HALLE SAALE INVESTVISION* vom 15.09.2022
- [A2] Angebot A4468der G.U.T. mbH vom 30.09.2022
- [A3] Auftrag der HALLE SAALE INVESTVISION* vom 11.10.2022

11.2 Unterlagen zum Projektstandort

- [U1] ESN. (1994A): RAW Halle - Zwischenbericht zu den Voruntersuchungen; EnergieSystemeNord GmbH, Magdeburg, 01.12.1994
- [U2] ESN (1994B): RAW Halle - Gutachten und Sanierungskonzeption für vier Teilbereiche Hauptteil, EnergieSystemeNord GmbH, Magdeburg, 16.12.1994
- [U3] ESN (1994C): RAW Halle - Gutachten und Sanierungskonzeption für den Teilbereich Trianlage, Magdeburg, 16.12.1994.
- [U4] ESN (1994D): RAW Halle - Gutachten und Sanierungskonzeption für den Teilbereich Batterieaufbereitung, Magdeburg, 22.12.1994
- [U5] ESN (1994E): RAW Halle - Gutachten und Sanierungskonzeption für den Teilbereich Acetylenanlage; EnergieSystemeNord GmbH, Magdeburg, 22.12.1994
- [U6] ESN (1994F): RAW Halle - Gutachten und Sanierungskonzeption für den Teilbereich Kesselhaus, Magdeburg, 22.12.1994
- [U7] Chemisches Laboratorium Dr. Weßling GmbH & Co. KG (1995A): Untersuchungsbericht zum Bodenluftabsaugversuch auf dem Gelände der Deutschen Bahn AG, GB Werke, NL Halle, 14.08.1995
- [U8] KRAUSS & PARTNER GmbH (1995B): Deutsche Bahn AG Erstbewertung Kanal 31, Hbf Halle, 06112 Halle, Halle (Saale), 18.10.1995
- [U9] Dr. Erwin Weßling GmbH (1995c) Ergebnisbericht – Altlastenuntersuchung/ Wiederholungsbeprobung zur Ermittlung der aktuellen Belastungssituation (Sanierungsvorbereitung) Tri-Anlage, RAW Halle, Oppin, 01.02.1997
- [U10] Technologie-Zentrum Oberflächentechnik und Umweltschutz Leipzig GmbH (TZO) (1997): Ergebnisbericht Altlastenuntersuchungen auf dem DB AG-Gelände, Standort Halle-Süd (OU mit vorgeschalteter Recherche), Leipzig. 23.12.1997
- [U11] IUH GmbH (1998): Historische Erkundung am Standort 'Werksgelände ehemaliges RAW Halle/S., Halle (Saale), 30.04.1998
- [U12] IHU-GmbH (1999A): Zwischenauswertung - Orientierende Altlastenerkundung (Standort 2104) - ehemaliges – Reichsbahnausbesserungswerk Halle, Halle (Saale), März 1999
- [U13] IHU-GmbH (1999B): Orientierende Untersuchung, Ehemaliges Reichsbahnausbesserungswerk (Raw) Halle (Standort 2104), Halle (Saale), Juli 1999
- [U14] IHU-GmbH (2000A): Zwischenbericht - Detailuntersuchung RAW Halle/S. (Standort 2104), Halle (Saale), 17.07.2000
- [U15] IHU-GmbH (2000B): Endbericht - Ergänzende Untersuchung zur Orientierenden Untersuchung RAW Halle/Saale (Standort 2104), Halle (Saale), 25.08.2000
- [U16] Hydrodata GmbH (2001A): Bodenluftsanierung einer LHKW-Kontamination auf dem Gelände des ehemaligen RAW Halle, Tri-Anlage, 1. Sanierungszwischenbericht, Zeitraum 04.12.2000 bis 21.02.2001, Leipzig, 15.03.2001
- [U17] Hydrodata GmbH (2001B): Bodenluftsanierung einer LHKW-Kontamination auf dem Gelände des ehemaligen RAW Halle, Tri-Anlage, 2. Sanierungszwischenbericht, Zeitraum 22.02.2001 bis 28.06.2001, 30.06.2001, Leipzig, 30.07.2001
- [U18] Hydrodata GmbH (2002A): Bodenluftsanierung einer LHKW-Kontamination auf dem Gelände des ehemaligen RAW Halle, Tri-Anlage, 3. Sanierungszwischenbericht, Zeitraum 29.06.2001 bis 20.12.2001, Leipzig, 06.02.2002

- [U19] Hydrodata GmbH (2002B): Ergebnisse Ringbeprobung sowie Beprobung Sammelstutzen und Einzelstränge, Leipzig, 13.03.2002
- [U20] Hydrodata GmbH (2002C): Schadstoffverteilungskarte der Beprobung 25./26.02.2002, Leipzig, 13.03.2002
- [U21] Hydrodata GmbH (2002D): Schadstoffverteilungskarte der Beprobung 23./24.04.2002, Leipzig, 23.05.2002
- [U22] Hydrodata GmbH (2002E): Bodenluftsanierung einer LHKW-Kontamination auf dem Gelände des ehemaligen RAW Halle, Tri-Anlage, 4. Sanierungszwischenbericht, Zeitraum 21.12.2001 bis 17.07.2002, Leipzig, 09.09.2002
- [U23] ALSTOM Environmental Consult GmbH (2002F): Abschlussbericht zur Detailuntersuchung des Grundwasserschadens durch Trichlorethen auf dem Gelände des ehemaligen RAW in Halle, Stuttgart, 24.11.2002
- [U24] ALSTOM Environmental Consult GmbH (2002G): Machbarkeitsstudie zur Sanierung des Grundwasserschadens durch Trichlorethen auf dem Gelände des ehemaligen RAW in Halle, Stuttgart, 16.12.2002
- [U25] EcoConcept (2003A): Vorbereitungsarbeiten und abgeleiteter Arbeits- und Zeitablaufplan Projekt Sanieruntersuchung RAW Halle, Schkopau, 01.10.2003
- [U26] EcoConcept (2003B): Lageplan RAW mit den neuerrichteten Messstellen und die Bohrprofile mit Schichtenverzeichnis, Schkopau, 10.12.2003
- [U27] EcoConcept (2003C): Arbeitsstand des Projektes „Sanierungsuntersuchungen zur Präzisierung der Machbarkeit für eine Sanierung des Tri-Grundwasserschadens“, Schkopau, 18.12.2003
- [U28] EcoConcept (2004A): Sanierungsuntersuchungen zur Präzisierung der Machbarkeit für eine Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle (DB-Objekt 995 362), Schkopau, 30.07.2004
- [U29] EcoConcept (2004B): Präsentation: Sanierungsuntersuchung Tri-Schaden, Schkopau, 30.09.2004
- [U30] CLU GmbH (2004C): Fachtechnische Stellungnahme zum Abschlussbericht "Sanierungsuntersuchungen zur Präzisierung der Machbarkeit für eine Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle (DB-Objekt 995 362)" der EcoConcept GmbH Schkopau, Halle (Saale), 16.11.2004
- [U31] Ecoconcept (2006A): BERICHT - Sanierungsuntersuchungen zur Präzisierung der Machbarkeit für eine Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich ehem. RAW Halle {DB-Objekt 995 362} - Laborative Anpassungsuntersuchung, Schkopau, 17.03.2006
- [U32] EcoConcept (2006B): Kurzinformation zur Durchführung von 120-h-Pump- und Infiltrationsversuchen an 5 Grundwassermessstellen des GWL 1.5 im Rahmen der Sanierungsvorbereitung ehem. RAW Halle (Wasserrechtliche Genehmigung vom 16.12.2005), Chemnitz, 20.04.2006
- [U33] LAGB (2006C): Fachtechnische Stellungnahme zur bisherigen Sanierungsvorbereitung / Sanierungsplanung eines Tri-Grundwasserschadens im ehemaligen RAW Halle / Saale, Halle (Saale), 29.05.2006
- [U34] EcoConcept (2006D): Kurzinformation zur Durchführung von Versickerungsversuchen innerhalb des Schadenszentrums (Tri-Grube) im Rahmen der Sanierungsvorbereitung ehem. RAW Halle. (Wasserrechtliche Entscheidung vom 16.06.2006), Schkopau, Juli 2006
- [U35] EcoConcept (2006E): Sanierungsvorbereitung/Sanierungsplanung Tri-Grundwasserschaden im Bereich des ehem. RAW Halle (Sanierungszonen A1, A2 und B1), DB-Objekt 995 362, Schkopau, 30.11.2006
- [U36] EcoConcept (2009): Hydraulische Sanierung des Tri-Schadens am ehem. RAW Halle - Verfahrensanweisung zur 2. Periode des Tensideinsatzes, Schkopau, 14.12.2009

- [U37] EcoConcept (2010): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Zwischenbericht, Stand der Sanierung nach Abschluss des 1. Sanierungsjahres sowie Empfehlung der weiteren Vorgehensweise, Schkopau, 19.07.2010
- [U38] EcoConcept (2011A): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle (Objekt 995 362) - Errichtung eines Schachtbrunnens, Schkopau, 28.07.2011
- [U39] EcoConcept (2011B): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Zwischenbericht, Stand der Sanierung nach Abschluss des 2. Sanierungsjahres sowie Empfehlung der weiteren Vorgehensweise, Schkopau, 25.08.2011
- [U40] EcoConcept (2012): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Zwischenbericht, Stand der Sanierung nach Abschluss des 3. Sanierungsjahres sowie Empfehlung der weiteren Vorgehensweise, Schkopau, 27.07.2012
- [U41] EcoConcept (2013A): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Kurzinformation, Ergebnisse Auffülltest in der Tri-Grube sowie weitere Vorgehensweise im 4. Sanierungsjahr, Schkopau, 17.01.2013
- [U42] EcoConcept (2013B): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Überwachungsprogramm Abschlussphase, 4. Sanierungsjahr, Schkopau, 22.03.2013
- [U43] EcoConcept (2013C): Sanierung des Tri-Grundwasserschadens im Bereich des ehem. RAW Halle, DB-Objekt 995 362, Kurzinformation, Ergebnisse Abschalttest im Schadenszentrum sowie weitere Vorgehensweise, Schkopau, 05.09.2013
- [U44] Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH (2013D): Luftbilddauswertung zur Kampfmittelvorerkundung auf Baugrundstücken Bauvorhaben "Bahnanlagen, Halle (Saale)" - Beweissicherung durch systematische Luftbildinterpretation, Estenfeld, 17.07.2013
- [U45] EcoConcept (2014A): Statusreport Jahr 4 (2009 - 2013), Tri-Grundwasserschaden im Bereich des ehem. RAW Halle (DB-Objekt 995 362), Schkopau, 08.01.2014
- [U46] EcoConcept (2014B): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Veränderung des Betrieb- und Überwachungsregimes der Grundwassersanierung im Zeitraum Juni bis Ende 2014, Schkopau, 11.06.2014
- [U47] EUROFINS (2014c): Prüfberichte-GWNr. 240614 bis 311214 (30.06.14 bis 21.01.15), 30.06.2014
- [U48] EcoConcept (2014D): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362) - Ergebnisse der Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Juni bis Oktober 2014, Schkopau, 30.10.2014
- [U49] EcoConcept (2015A): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Juni bis Dezember 2014 (Programm Abschlussphase), Schkopau, 31.01.2015
- [U50] EcoConcept (2015B): Anzeige Aufschluss- und Rückbauarbeiten ehem. RAW-Halle (Bundeseisenbahnvermögen), Schkopau, 02.04.2015
- [U51] DB Projektbau (2015c): Aktennotiz Beratung am 06.05.2015 bzgl. GWM 3a/99 (Verlegung), Leipzig, 06.05.2015
- [U52] EcoConcept (2015D): Übersicht CKW-Gehalte im GW 2009-2015, Schkopau, 21.05.2015
- [U53] EcoConcept (2015E): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum November 2014 bis April 2015, Schkopau, 22.05.2015
- [U54] BLZ (2015F): Verfüllprotokoll Br. 5/01, Torgau, 27.05.2015

- [U55] EcoConcept (2015G): Brief an das Umweltamt Halle zur Wiederinbetriebnahme Ersatzbrunnen 05/01, Schkopau, 01.06.2015
- [U56] EcoConcept (2015H): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Mai 2015 bis November 2015 (ohne Anlagen), Schkopau, 03.12.2015
- [U57] EcoConcept (2016A): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Dezember 2015 bis Mai 2016, Schkopau, 25.05.2016
- [U58] DB Mobility Networks Logistics (2016B): Prüfbefund Schornstein - Prüfbefund - Nr.: BRD Bundeseisenbahnvermögen / 01 – 2016, 04.12.2016
- [U59] EcoConcept (2017A): Fehlerbetrachtung: Formel zur Temperaturkorrektur der Oberflächenspannungen (per E-Mail), Schkopau, 30.06.2017
- [U60] EcoConcept (2017B): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362) Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung zur Grundwassersanierung im Zeitraum Januar 2017 bis Juni 2017 sowie der Erschütterungsüberwachung von Mai bis September 2017, Schkopau, 16.10.2017
- [U61] EcoConcept (2017C): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362) Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung zur Grundwassersanierung im Zeitraum Januar 2017 bis Juni 2017 sowie der Erschütterungsüberwachung von Mai bis September 2017, Schkopau, 11.11.2017
- [U62] EcoConcept (2018A): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Juli 2017 bis Dezember 2017 sowie der Erschütterungsüberwachung von Mai 2017 bis Januar 2018, Schkopau, 31.01.2018
- [U63] EcoConcept (2018B): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Januar bis Juni 2018, Schkopau, 05.11.2018
- [U64] EcoConcept (2018C): STN zum Schreiben HPC vom 09.10.18 (SWOT), Schkopau, 05.11.2018
- [U65] DREES & SOMMER (2019A): SWOT-Analyse für das Reichsbahnausbesserungswerk Halle (Saale) – Abschlusspräsentation, 20.05.2019
- [U66] Wessling (2019B): Beprobung TRI-Anlage Sanierungsvorbereitung, Oppin, 02.07.2019
- [U67] EcoConcept (2019C): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung zur Grundwassersanierung im Zeitraum Juli 2018 bis April 2019 sowie Fortschreibung des Statusreports bis Jahr 9 der Sanierung (2014 - 2018), Schkopau, 19.08.2019
- [U68] EcoConcept (2019D): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Stellungnahme zum aktuellen Betriebsregime und Empfehlung zum weiteren Vorgehen – Außerbetriebnahme der Förderbrunnen im Abstrom (5/01 und 1/03), Schkopau, 11.10.2019
- [U69] HPC (2019E): Ehem. RAW Halle (Saale), Erst-Konzept zur Erfassung der Gesamtsituation "Altlasten" mit Umfeldbetrachtung (Hufeisensee), Fredersdorf, 25.10.2019
- [U70] GEOTECH (2019F): Historische Recherche zum Altstandort "ehem. Kanenaer Weg 2 (heute Karl-von-Thielen-Straße 36)" in Halle (Saale), Bad Lauchstädt, 20.12.2019
- [U71] G.E.O.S. (2019G): Handlungsempfehlungen zum weiteren Vorgehen bezüglich der LHKW-Fahne nördlich des Hufeisensees in Halle (Saale), Grundwassermonitoring 2018, Halle (Saale), 08.03.2019
- [U72] EcoConcept (2020A): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Mai bis Dezember 2019, Schkopau, 27.04.2020

- [U73] EcoConcept (2020B): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Januar bis Juni 2020, Schkopau, 03.08.2020
- [U74] EcoConcept (2021A): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Juli bis Dezember 2020, Schkopau, 22.04.2021
- [U75] EcoConcept (2021B): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt995 362), Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung der Grundwassersanierung im Zeitraum Januar bis Juni 2021, Schkopau, 02.09.2021
- [U76] DB (2022A): Digitale Daten als gpkg Inhalt Verdachtsflächen, Bohrpunkte, Übergabe 22.02.2022
- [U77] LAGB (2022B): Auskunftersuchen zur Verbreitung des Altbergbaus Stadt Halle - RAW-Gelände, 03.03.2022
- [U78] EcoConcept (2022c): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362) Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung zur Grundwassersanierung im Zeitraum Juli bis Dezember 2021, Chemnitz, 09.03.2022
- [U79] G.U.T. (2022d): Revitalisierung des Geländes des ehemaligen Reichsbahnausbesserungs-werkes Halle (Saale) – Historische Untersuchung und Ersterkundung Altlasten, Merseburg 14.06.2022 (Rev. 1)
- [U80] ICL (2023): Verkehrserschließung RAW-Gelände HBF. Halle (Saale)-Machbarkeitsuntersuchung, Leipzig, 27.04.2023
- [U81] EcoConcept (2022d): Sanierung Tri-Grundwasserschaden im ehemaligen RAW Halle (Objekt 995 362) Ergebnisse der Nachsorge-Überwachung zur Grundwassersanierung im Zeitraum Januar bis Juli 2022, Chemnitz, 26.08.2022

11.3 Gesetze und Richtlinien, Literatur

- [L1] BBodSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998
- [L2] BBodSchV: Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung vom 09.07.2021
- [L3] ErsatzbaustoffV: Ersatzbaustoffverordnung Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke vom 9. Juli 2021
- [L4] LABO (2015): Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung; Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, ALA; ad-hoc Unterausschuss „Natürliche Schadstoffminderung“, Positionspapier, Stand 15.09.2015
- [L5] LAGA M20 (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln – Mitteilung der LAGA Nr. 20 in der geltenden Fassung; Allgemeiner Teil vom 06.11.2003, Teil II (TR Boden) vom 05.11.2004.
- [L6] LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser. - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser Dezember 2004.
- [L7] LAWA (2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mainz 05/2006
- [L8] LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016, LAWA, Januar 2017

Merseburg, den 14.08.2023

G.U.T. mbH



Eyk Hasselwander
(Geschäftsführer)



Matthias Winter-Pelliccioni
(Projektleiter)



Kirsten Richter
(Projektbearbeiterin)