

**Kooperationsgemeinschaft
MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH**

Regierungspräsidium Karlsruhe
Ref. 44, Straßenplanung

Schlossplatz 4-6

76131 Karlsruhe

Dr. Manfred W. Schneider
Fliederstraße 1/1
75382 Althengstett-Nh.
Tel: 07051 / 97 81 20
Fax: 07051 / 9781 21
Mobil: 01522 / 16 32 09 1
Email: mail@mwschneider.de

TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen u. Ingenieure
Kleines Feldlein 4
74889 Sinsheim
Tel : 07261 / 92 11-0
Fax : 07261 / 92 11-22
Mobil : 0171 / 6279155 (Herr Schön)
Email : info@toeniges-gmbh.de

23.11.2010

Bericht

BAB A8, Ehemalige US-Tankstelle Pforzheim

- Deckschichtenkartierung

- Altlastenuntersuchung

UNTERSUCHUNGSPHASEN 1 + 2

Auftraggeber

Regierungspräsidium Karlsruhe

INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorgang und Aufgabenstellung	8
2	Unterlagen	11
2.1	Unterlagen und Berichte [U]	11
2.2	Vorschriften, Verordnungen, Leitfäden, Anträge [V].....	13
2.3	Protokolle, Besprechungen [P].....	14
3	Allgemeine Standortbeschreibung	15
3.1	Lagebeschreibung, aktuelle Situation, Nutzungshistorie und potentielle Kontaminationsbereiche	15
3.2	Geologie, Hydrogeologie	20
4	Untersuchungsprogramm.....	25
4.1	Vorbereitende Arbeiten.....	26
4.2	Feldarbeiten.....	27
4.2.1	Rammkernsondierungen	27
4.2.2	Bodenbeprobungen	28
4.2.3	Bodenluftbeprobungen	29
4.2.4	Flächendeckende geophysikalische Untergrunderkundung	29
4.2.5	Vertiefte Tankerkundung, Baggerschürfe.....	30
4.2.6	Großkalibrige Bohrungen.....	30
4.2.7	Messstellenbau	31
4.2.8	Geophysikalische Bohrlochmessungen in GWM 2	32
4.2.9	Pumpversuche mit Wasserprobenahme	32
4.3	Chemisch-analytische Untersuchungen.....	32
5	Untersuchungsergebnisse Geologie / Hydrogeologie.....	34
5.1	Geologische Standortsituation.....	34
5.2	Hydrogeologische Standortsituation.....	38
5.3	Bodenmechanische Standortsituation.....	41
6	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach HÖLTING (1995)	45
6.1	Grundlagen	45
6.2	Standortbezogene Berechnungen nach HÖLTING (1995).....	49
6.3	Berechnungsergebnisse.....	50
6.4	Bewertung des vorhandenen Schutzpotentials.....	51
6.4.1	IST-Situation	51
6.4.2	Planungssituation.....	51

7	Altlastenuntersuchung	52
7.1	Untersuchungsergebnisse	52
7.1.1	Untersuchungsergebnisse zur Prüfung von unterirdischen Anlagen	52
7.1.2	Ergebnisse, Bodenluft.....	54
7.1.3	Ergebnisse, Boden.....	54
7.1.4	Ergebnisse, Wasser.....	58
7.2	Bewertung und Gefährdungsabschätzung.....	59
7.2.1	Grundlagen	59
7.2.2	Bewertung und Interpretation der Daten.....	62
7.2.3	Gefährdungsabschätzung Wirkungspfad Boden-Grundwasser.....	70
8	Zusammenfassende Standortbewertung im Hinblick auf den Grundwasser- und Trinkwasserschutz.....	85
8.1	Altlastenerkundung	85
8.2	Deckschichtenkartierung	89
9	Bodenmanagement, Entsorgung von Bodenmaterial.....	89
10	Zusammenfassung und Empfehlungen für das weitere Vorgehen.....	94

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4.1:	Stammdaten der Grundwassermessstelle GWM 2.....	32
Tabelle 5.1:	Trasselemente	41
Tabelle 6.1:	Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion [U15].....	48
Tabelle 7.1:	Organoleptische Befunde, Bohrgut	54
Tabelle 7.2:	Laborergebnisse, tankstellenspezifische Parameter im Feststoff	57
Tabelle 7.3:	Ergebnisse, Wasserproben schwebendes Grundwasser	58
Tabelle 7.4:	Zuordnungswerte nach VwV Boden in mg/kg	60
Tabelle 7.5:	Gegenüberstellung der AKW-Gehalte in der Bodenluft mit Orientierungswerten ..	63
Tabelle 7.6:	AKW- / MKW-Gehalte im Feststoff zur Bohrung KM 1 mit Einstufung.....	67
Tabelle 7.7:	AKW- / MKW-Gehalte im Feststoff zur Bohrung GWM 1 mit Einstufung.....	68
Tabelle 7.8:	Informationstabelle, Stoffdaten	71
Tabelle 7.9:	Berechnete potentielle AKW-Gehalte im Sickerwasser ($C_{S1(0)}$).....	74
Tabelle 7.10:	Eingabedaten* für die Transportbetrachtung.....	77
Tabelle 7.11:	Ergebnisse zu den Transportbetrachtung für m,p,o-Xylole	79
Tabelle 7.12:	Informationstabelle, Residualsättigung für verschiedene Böden	82
Tabelle 7.13:	Maximal gemessene MKW-/AKW-Alkan-Summengehalte	83

Tabelle 9.1:	Massen- und Kostenschätzung für eine vollständige Dekontamination durch Bodenaushub.....	90
Tabelle 9.2:	Kostenschätzung für eine Teildekontamination bis zur Basis des Rohplanums der geplanten Parkplatzerweiterung	91
Tabelle 9.3:	Laborergebnisse, Probe RKS 3a/0,2-1,3 m und Einstufung	92

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5.1:	Mächtigkeit der Auffüllung im Tankstellenbereich.....	37
Abbildung 5.2.1:	Grundwasserstände im Schwebenden Grundwasserkörper des Oberen Buntsandsteins (P1 und GWM2)	39
Abbildung 7.1:	Konzeptionelles Arbeitsmodell, Historische Situation	77
Abbildung 7.2:	Konzeptionelles Arbeitsmodell, IST-Situation	81
Abbildung 7.3:	Konzeptionelles Arbeitsmodell, Planungssituation.....	84

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 1.1	Übersichtslageplan, Maßstab = 1 : 25.000
Anlage 1.2	Detallageplan, Aktuelle Situation mit Aufschlusspunkten und historischen Bauwerken, Maßstab 1 : 500
Anlage 1.3	Detallageplan, Planungssituation Planbezeichnung: Lageplan 2, Maßstab = 1 : 2.000
Anlage 2	Keine Anlagen
Anlage 3	Allgemeine Standortsituation, Unterlagen Archivrecherche
Anlage 3.1	Luftbilder, Fotos, Archivrecherche
Anlage 3.1.1	Luftbild 2004 (Übersichtsbefliegung Enztal)
Anlage 3.1.2	Luftbild 1998
Anlage 3.1.3	Luftbild 1956
Anlage 3.1.4	Luftbild 1944
Anlage 3.1.5	Foto, Tankstelle, Jahr der Aufnahme: unbekannt
Anlage 3.1.6	Unterlagen zur Histe, 1997
Anlage 3.1.7	Unterlagen zum Bau des Winterstützpunktes, Bericht vom 07.08.2002

Anlage 3.1.8	Plan, Maßstab 1:1.000, 1949/50
Anlage 3.1.9	Plan, Maßstab 1:1.500, Jahr der Erstellung: unbekannt (vor 1986)
Anlage 3.1.10	Dokumentation, Archivrecherche
Anlage 3.2	Geologie, Hydrogeologie
Anlage 3.2.1	Abgedeckte Geologische Karte
Anlage 3.2.2	Schichtlagerungskarte Oberer / Mittlerer Buntsandstein
Anlage 3.2.3	Grundwasserströmung im Oberen / Mittleren Buntsandstein
Anlage 3.2.4	Grundwasserneubildung
Anlage 3.3	Grundwassergefährdungspotential und Trinkwasserschutz
Anlage 3.3.1	Wasserschutzgebiete (WSG)
Anlage 3.3.2	Grundwasserabstrom im tiefen Buntsandsteinaquifer (Trinkwasseraquifer)
Anlage 3.3.3	Hydraulische Maßnahmen zur Gefahrenabwehr
Anlage 4	Untersuchungsprogramm
Anlage 4.1	Information / Freigabe des Kampfmittelbeseitigungsdienstes (2009)
Anlage 4.2	Feldarbeiten
Anlage 4.2.1	Tabelle zu den Rammkernsondierungen und Bohrungen (Stammdaten)
Anlage 4.2.2	Tabelle zur Bodenbeprobung
Anlage 4.2.3	Probenahmeprotokolle Bodenluft
Anlage 4.2.4	Geophysikalische Messungen (Bericht GGU, Karlsruhe)
Anlage 4.2.5	Vertiefte Tankerkundung, Baggerschürfe, keine Anlagen
Anlage 4.2.6	Großkalibrige Bohrungen, keine Anlagen
Anlage 4.2.7	Ausbauplan GWM2
Anlage 4.2.8	Bohrlochgeophysik, keine Anlagen
Anlage 4.2.9	Probenahmeprotokolle, Wasser
Anlage 4.3	Chemisch-analytische Untersuchungen, keine Anlagen
Anlage 5	Untersuchungsergebnisse Geologie / Hydrogeologie
Anlage 5.1	Geologische Standortsituation
Anlage 5.1.1	Schichtenverzeichnisse, Bodenprofile (Einzelblattdarstellungen)
Anlage 5.1.2	Lage der aktuellen Geländeoberkante
Anlage 5.1.3	Lage der geplanten Geländeoberkante
Anlage 5.1.4	Lage der aktuellen Felsoberkante (Oberer Buntsandstein)
Anlage 5.1.5	Mächtigkeit der bindigen, quartären Deckschichten
Anlage 5.2	Hydrogeologische Standortsituation
Anlage 5.2.1	Geophysikalische Bohrlochmessungen in GWM2 (Bericht HÄNDEL GmbH)

Anlage 5.2.2	Schwebenden Grundwasser (Kartendarstellung)
Anlage 5.2.3	Pumpversuch GWM2
Anlage 5.2.4	Pumpversuch P1
Anlage 6	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach HÖLTING
Anlage 6.1	Skizze zur Berechnung der Gesamtschutzfunktion (Gesamtpunktezahl)
Anlage 6.2	Berechnungstabellen nach HÖLTING
Anlage 6.3	Zusammenfassende Ergebnistabelle, Schutzfunktion
Anlage 6.4	Schutzfunktionskarten
Anlage 6.4.1	Schutzfunktionskarte IST-Situation (Verteilung der Gesamtpunktezahl)
Anlage 6.4.2	Schutzfunktionskarte Planungs- Situation (Verteilung der Gesamtpunktezahl)
Anlage 7	Altlastenuntersuchung
Anlage 7.1	Analyseergebnisse
Anlage 7.1.1	Zusammenfassende Tabellen
Anlage 7.1.2	Laborberichte Bodenluft, Boden und Wasser
Anlage 7.1.3	Chromatogramme (Bohrungen GWM1 und KM1)
Anlage 7.2	Darstellungen zur Schadstoffverteilung (lateral, vertikal)
Anlage 7.2.1	Schadstoffverteilung Bodenluft
Anlage 7.2.1.1	Kreisdiagramme BTEX
Anlage 7.2.1.2	Isolinien BTEX
Anlage 7.2.1.3	Balkendiagramme BTEX RKS1, RKS2, RKS3, RKS7, RKS9, RKS10, RKS17, RKS18, RKS19, RKS20
Anlage 7.2.1.4	Balkendiagramme BTEX RKS21, RKS22, RKS23, RKS25, RKS26, RKS27, RKS28, RKS29, RKS30, RKS31, RKS32
Anlage 7.2.1.5	Balkendiagramme BTEX RKS4, RKS5, RKS6
Anlage 7.2.2	Schadstoffverteilung Boden
Anlage 7.2.2.1	Blatt 1: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 0-1 m Blatt 2: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 1-2 m Blatt 3: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 2-3 m Blatt 4: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 3-4 m Blatt 5: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 4-5 m Blatt 6: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 5-6 m Blatt 7: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 6-7 m Blatt 8: Kreisdiagramme BTEX, Tiefe 7-8 m
Anlage 7.2.2.2	Blatt 1: Tiefenprofile BTEX; GWM1, KM1 Blatt 2: Tiefenprofile BTEX; RKS5, RKS8

	Blatt 3: Tiefenprofile BTEX; RKS4, RKS17
	Blatt 4: Tiefenprofile BTEX; RKS3, RKS18
	Blatt 5: Tiefenprofile BTEX; RKS19, RKS26, RKS29
Anlage 7.2.2.3	Blatt 1: Tiefenprofile Alkane; GWM1, KM1
	Blatt 2: Tiefenprofile Alkane; RKS5, RKS8
	Blatt 3: Tiefenprofile Alkane; RKS17, RKS18, RKS29
Anlage 7.3	Unterlagen zur Sickerwasserprognose und Emissionsbetrachtung
Anlage 7.3.1	Tabelle, Berechnung der Schadstoffmassen
Anlage 7.3.2	Tabelle, Abschätzung der AKW-Konzentrationen im Sickerwasser aus Bodenluftwerten
Anlage 7.3.3	ALTEX-1D, Transportbetrachtung / Sickerwasserprognose
Anlage 8	Keine Anlagen
Anlage 9	Unterlagen zum Bodenmanagement
Anlage 9.1	Lageplan, Aushubflächen bei Aushub

A N H A N G

Anhang 1	Abkürzungsverzeichnis zur Altlastenbearbeitung
Anhang 2	Tabelle, Zuordnungswerte nach VwV Boden

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Im Zuge des Reichsautobahnbaus (heute BAB A8) Ende 1939 wurde gegenüber der heutigen Tank- und Rastanlage Pforzheim Nord eine Tankstelle und eine Service-Station mit Werkstatt gebaut. Nach 1945 wurde die Tankstelle von den US-Streitkräften bis in die 70er Jahre genutzt.

Da das Gelände der ehemaligen US-Tankstelle vollständig in der Wasserschutzzone IIB der Verordnung des Regierungspräsidiums Karlsruhe über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen der Stadtwerke Pforzheim, des Zweckverbandes Eutingen und der Gemeinde Niefern-Öschelbronn vom 20.11.1984 [V3] liegt, bestand der Verdacht, dass möglicherweise im Untergrund vorhandene tankstellenspezifische Schadstoffe die Trinkwasserbrunnen im Enztal gefährden könnten.

Zur Erkundung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers und damit der Trinkwasserbrunnen im Enztal waren folgende Untersuchungen für den Bereich der ehemaligen US Tankstelle durchzuführen:

Deckschichtenkartierung

Mit Hilfe einer Deckschichtenkartierung sollte der geologische Untergundaufbau oberhalb des Grundwasserspiegels erkundet und der natürliche Schutz des Grundwassers durch die Grundwasserüberdeckung nach HÖLTING [U15] berechnet werden (Gesamtschutzfunktion).

Je undurchlässiger und mächtiger die Deckschichten sind, umso höher ist der Schutz gegenüber Schadstoffeinträgen in den gesättigten Grundwasserleiter (Aquifer). Weitere maßgebende Schutzgrößen sind nach [U 15] der Grundwasserflurabstand sowie schwebende Grundwasserkörper mit Quellaustritten.

Altlastenerkundung

Ziel der Altlastenerkundung im Bereich der ehemaligen US-Tankstelle war es, ein bereits vor Beginn der Erkundungsmaßnahme vermutetes nutzungsspezifisches Schadstoffpotentials im Untergrund zu erkunden. Anhand der Untersuchungsergebnisse war eine Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser unter besonderer Berücksichtigung der Trinkwasserbrunnen

im Enztal und im benachbarten Kirnbachtal durchzuführen und entsprechende Vorschläge für zusätzliche Schutzvorkehrungen zu unterbreiten.

Anhand von Bodenproben waren Empfehlungen für das im Rahmen der Umbaumaßnahmen notwendige Erdstoffmassenmanagements/Bodenmanagement abzugeben und eine Kostenschätzung für die Entsorgung kontaminierten Aushubmaterials durchzuführen.

Gestuftes Vorgehen bei der Standorterkundung

Die Standortuntersuchung erfolgte in 2 Untersuchungsphasen.

Bei der im Frühjahr 2009 durchgeführten Untersuchungsphase 1 [U22] des früheren Tankstellen- und Werkstattareals, welches heute im Bereich der nahezu vollständig versiegelten Parkplatzfläche und des Winterstützpunktes liegt, wurden deutliche Hinweise auf Bodenverunreinigungen durch die frühere Nutzung des Geländes festgestellt. Nach den Ergebnissen der organoleptischen Bodenansprachen vor Ort (Aussehen, Geruch) und umfangreicher chemischer Boden- und Bodenluftuntersuchungen schwerpunktmäßig auf die Parameter leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW, C10-C40, KW-Index) sowie auf „Alkane“ (kurzkettige MKW, C5-C12), befinden sich die Bodenverunreinigungen im Umfeld der vermuteten unterirdischen Tanks und der früheren Zapfsäulen.

Die Hauptkontaminationsherde konnten in der Untersuchungsphase 1 weitgehend identifiziert werden.

Die im Frühjahr 2010 durchgeführte 2. Untersuchungsphase diente zur abschließenden lateralen und vertikalen Eingrenzung, sowie zur abschließenden Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser unter besonderer Berücksichtigung des Trinkwasserschutzes. Sie bestand aus folgenden Untersuchungsschritten:

- Laterale Eingrenzung der Bodenverunreinigungen durch weitere Rammkernsondierungen, Boden- und Bodenluftbeprobungen,
- Vertikale Eingrenzung von Bodenverunreinigungen mit Hilfe zweier großkalibrigen Bohrungen mit vollständiger Kerngewinnung,

- Nachweis und Beprobung von schwebenden Grundwässern mit Hilfe einer großkalibrigen Kernbohrungen und Ausbau zur Grundwassermessstelle außerhalb des kontaminierten Bereiches.
- Fortschreibung des vorliegenden Berichtes zur Untersuchungsphase 1 und Neubewertung der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die natürliche Schutzfunktion der Deckschichten und das vorhandene Schadstoffpotential.

Nachdem von behördlicher Seite (Amt für Umweltschutz der Stadt Pforzheim) die Vermutung geäußert wurde, dass im Untergrund möglicherweise noch mit Kraftstoff gefüllte Tanks vorhanden sein könnte, und dass ein Durchrosten der höchstwahrscheinlich einwandigen Tanks nicht auszuschließen sei, wurde in Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe das Untersuchungskonzept um eine vertiefte Tankerkundung erweitert.

Diese „Tankvermutung“ wurde u.a. damit begründet, dass zur Stilllegung und/oder zum Rückbau der unterirdischen Anlagen und Anlagenteile keine Unterlagen oder sonstige Informationen vorliegen.

Die Konzepte für die beiden Untersuchungsphasen einschl. der vertieften Tankerkundung wurden vom Büro für Hydrogeologie und Umweltschutz MW-SCHNEIDER in Althengstett und der TÖNIGES GmbH, Beratende Geologen und Ingenieure in Sinsheim gemeinsam entwickelt und dem Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 44 Straßenplanung als Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH am 10.12.2008 und 04.08.2009 angeboten.

Die Beauftragung der angebotenen Leistungen für die Untersuchungsphase 1 erfolgte mit Schreiben vom 26.01.2009 durch das Regierungspräsidium Karlsruhe, Aktenzeichen 394-c-394V / A8 Ausbau Pf/Süd-Pf/Nord (Enztalquerung), Vertrags-Nr.: V2230.A0008.A02.117.31, Vertragsdatum: 14.01.2009.

Die Beauftragung der angebotenen Leistungen für die Untersuchungsphase 2 erfolgte mit Schreiben vom 12.10.2009 durch das Regierungspräsidium Karlsruhe, Aktenzeichen 44-394V / A8 Ausbau Pf/Süd-Pf/Nord (Enztalquerung), Vertrags-Nr.: V2230.A0008.A02.117.35, Vertragsdatum: 12.10.2009.

2 Unterlagen

Zur Bearbeitung des Projektes standen folgende wesentliche Unterlagen zur Verfügung:

2.1 Unterlagen und Berichte [U]

- [U1] Übersichtslageplan, TK25, Blatt 7018 Pforzheim-Nord
- [U2] Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 44 Straßenplanung / Planungsbüro Thomas und Partner (2008):
Detailpläne zur Kostenfortschreibung, Maßstab 1 : 1.000,
- Bestandsplan, aufgestellt am 25.09.2008
- Planungszustand, aufgestellt 25.09.2008
- [U3] Schutzgebietskarte, Auszüge
- [U4] Regierungspräsidium Stuttgart, Kampfmittelbeseitigungsdienst (2009): Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen / Luftbildauswertung, Niefern-Öschelbronn, A8, BV Tank und Rastanlage Pforzheim-Nord, Stuttgart 27.08.2008
- [U5] Pforzheimer Zeitung, 2008: „Die A8 hat Geburtstag“, Luftbild (Schrägaufnahme) von 1956
- [U6] Landesamt für Geoinformation: Luftbild von 1944
- [U7] Foto der ehemaligen US-Tankstelle (in Betrieb), Datum und Fotograf unbekannt, zur Verfügung gestellt von Herrn Müller am 12.03.2009, ehemalige Autobahnmeisterei Heimsheim.
- [U8] Büro Dr. Eisele (1997): Flächendeckende Historische Erhebung altlastverdächtiger Flächen im Enzkreis
- [U9] Regierungspräsidium Karlsruhe (2002): Unterlagen zum Bau des Winterstützpunkt (Salzsilos) auf dem ehemaligen Tankstellengelände
- [U10] Plan, Maßstab 1:1.000, 1949
- [U11] Plan, Maßstab 1:1.500, Jahr unbekannt (vor 1986)
- [U12] Plan, Maßstab 1:500, 1988
- [U13] Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1991): Hydrogeologisches Abschlussgutachten zur Ausweisung eines Wasserschutzgebietes für die Tiefbrunnen Eichwiesen und Kirnbachtal der Gemeinde Niefern-Öschelbronn, Az.: 0767.01/91-4763 Seu/Loe; Freiburg 14.06.1991

- [U14] Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1978): Wasserschutzgebiet „Unteres Enztal“, Pforzheim, Az.: Nr. II/3 – 510/76; Freiburg, 20.07.1978
- [U15] HÖLTING, B.; HAERTLÉ, T.; HOHBERGER, K.-H.; NACHTIGALL, K. H.; VILLINGER, E.; WEINZIERL, W.; WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. – Geol. Jb., C63: 5 – 24, 5 Tab.; Hannover
- [U16] Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, Enztal-Pforzheim Mappe 2 (HGE, T2): Hydrogeologische Grundkarte (Stand 19.03.2002), Hydrogeologischer Bau, Grundwassergleichen, 2002
- [U17] Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, Enztal-Pforzheim Mappe 3 (HGE, T3): Grundwasserdynamik, Grundwasserhaushalt, Grundwasserschutz, 2004
- [U18] ARCADIS Consult GmbH (2004): Ausbau der Bundesautobahn A8 KARLSRUHE-STUTTGART, Streckenabschnitt Wurtemberg-Pforzheim-Nord (Enztalquerung), Grundwassermodellierung zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des BAB A8-Ausbaus auf die Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz
- [U19] Sakosta GmbH (1995): Ersterkundung einer Untergrundverunreinigung im Tankbereich der Bundesautobahntankstelle Pforzheim; München, 15.02.1995
- [U20] Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH (2009): BAB A8, Tank- und Rastanlage Pforzheim Nord, Deckschichtenkartierung und Altlastenerkundung, Althengstett/Sinsheim 18.02.2009.
- [U21] Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH (2009): Grobkostenschätzung zur Sanierung des ehemaligen US-Tankstellengeländes; email an das Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 44, Herr Weick am 05.05.2009.
- [U22] MW-SCHNEIDER (2010); A8, 6-streifiger Ausbau zwischen den AS PF/Süd und Pf/Nord (Enztalquerung) – Grundwasserfeinmodellierung -, Althengstett 26.02.2010
- [U23] Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH (2009): BAB A8, Ehemalige US-Tankstelle Pforzheim, Deckschichtenkartierung und Altlastenerkundung, 1. Untersuchungsphase, Althengstett/Sinsheim 15.06.2009.
- [U24] Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH (2010): Zwischenbericht, BAB A8, Ehemalige US-Tankstelle Pforzheim, Deckschichtenkartierung und Altlastenerkundung, Untersuchungsphase 2, Althengstett/Sinsheim 29.01.2009.

2.2 Vorschriften, Verordnungen, Leitfäden, Anträge [V]

- [V1] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, 14. März 2007
- [V2] DVGW, Technische Regel Arbeitsblatt W101, Februar 1995: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser
- [V3] Verordnung des Regierungspräsidiums Karlsruhe über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen: Pumpwerk „Friedrichsberg“ und Pumpwerk „Am Lindenbusch“ der Stadtwerke Pforzheim, Brunnen I und II des Zweckverbandes Eutingen, Brunnen 4n, 5n, und 7n sowie Brunnen IV der Gemeinde Niefern-Öschelbronn vom 20. November 1984
- [V4] Rechtsverordnung des Landratsamtes Enzkreis zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen „Kirnbachtal“ und „Eichwiesen“ der Gemeinde Niefern-Öschelbronn (LfU-Nr. 217), sowie zur teilweisen Einschränkung des Geltungsbereiches der Verordnung des Regierungspräsidiums Karlsruhe über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Pumpwerk „Friedrichsberg“ und Pumpwerk „Am Lindenbusch“ der Stadtwerke Pforzheim, Brunnen I und II des (ehem.) Zweckverbandes Eutingen sowie der Brunnen 4n, 5n, 7n und IV der Gemeinde Niefern-Öschelbronn vom 20.11.1984 (LfU-Nr. 31) vom 25.11.2002.
- [V5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag), Ausgabe 2002
- [V6] Bundes-Bodenschutz-Gesetzes (BBodSchG) vom 17.03.1998 in der Fassung vom 9.12.2004
- [V7] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999 in der Fassung vom 23.12.2004
- [V8] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen, Stand 12/2008
- [V9] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen vom Juli 2003
- [V10] Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt und Verkehr und des Sozialministeriums (Baden-Württemberg) über Orientierungswerte für die Bear-

beitung von Altlasten und Schadensfälle vom 16.09.1993 in der Fassung vom 01.03.1998 (VwV Orientierungswerte)

- [V11] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWO), Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen vom Mai 2006
- [V12] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums (Baden-Württemberg) für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007 (VwV Boden)
- [V13] Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW): Altlasten und Grundwasserschadensfälle 42, Untersuchungsstrategie Grundwasser vom September 2008
- [V14] KORA-Themenverbund 1, Raffinerien, Tanklager, Kraftstoffe/Mineralöl, MTBE: Leitfaden Natürliche Schadstoffminimierungsprozesse bei mineralölkontaminierten Standorten vom August 2008 Teilfläche 4: 3 m breiter Streifen innerhalb BAB A8 Teilfläche 4: 3 m breiter Streifen innerhalb BAB A8 Teilfläche 4: 3 m breiter Streifen innerhalb BAB A8
- [V15] Grathwohl et. al.: Formulierung einer Verfahrensempfehlung zur Bestimmung der Emission leichtflüchtiger organischer Schadstoffe (LCKW, BTEX etc.) aus kontaminierten Böden vom 21.06.1996
- [V16] Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW): Hinweise zur VwV Orientierungswerte, „Kernpunkte“ vom September 1995
- [V17] Handlungshilfe für die Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTEX-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und herbizidhaltiger Abfälle auf Deponien des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14.06.2007
- [V18] Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27.04.2009, Artikel 1, Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung-DepV)

2.3 Protokolle, Besprechungen [P]

- [P1] Vor Ort-Besprechung und Festlegung der Sondierpunkte mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe, Sachgebiet Straßenbau und Geotechnik, SUG (ehem. BuB) und der Autobahnmeisterei
- [P2] Vorstellung der ersten Untersuchungsergebnisse beim Regierungspräsidium Karlsruhe, Herr Zembrot, Herr Weick, Herr Celik am 23.04.2009
- [P3] Zeitzeugenaussagen zur ehemaligen US-Tankstelle: Herr Müller, ehemals Autobahnmeisterei Heimsheim

3 Allgemeine Standortbeschreibung

3.1 Lagebeschreibung, aktuelle Situation, Nutzungshistorie und potentielle Kontaminationsbereiche

Lagebeschreibung

Das Gelände der ehemaligen US-Tankstelle liegt an der Bundesautobahn BAB A8, Karlsruhe – Stuttgart in Fahrtrichtung Stuttgart am Südhang des Enztales gegenüber der Tank- und Rastanlage Pforzheim-Nord (Enzberg). Die durchschnittliche Geländehöhe des ehemaligen Tankstellenbereichs beträgt rd. 315 m+NN (Anlage 1.1) Das Zentrum des Untersuchungsgebietes liegt im südlichen Randbereich der TK 25, Blatt7018 und hat die Lagekoordinaten:

Rechtswert: 34 83 450

Hochwert: 54 18 850

- Das Untersuchungsgebiet teilt sich in folgende Flächen auf:
- Untersuchungsgebiet Tankstelle und Werkstatt, ca. 6.000 m²
- Zu- und Abfahrt zur ehemaligen Tankstelle, ca. 500 m²
- Nördlich anschließendes Gelände mit Grünfläche und Baumbestand: ca. 3.500 m²
- Südlich anschließendes Gelände mit Grünfläche und Landwirtschaftsfläche: ca. 3.600 m²

Aktuell wird der ehemalige Tankstellenbereich als PKW- und LKW-Rastplatz mit WC-Anlage genutzt. Diese Teilflächen sind asphaltiert.

Im Jahr 2002 wurde im südlichen Bereich des früheren Tankstellengeländes mit Werkstatt ein Winterstützpunkt mit zwei Salzsilos gebaut (Anlage 3.1.7). Diese Fläche ist ebenfalls nahezu vollständig versiegelt.

Hinweis: Die Geländedarstellungen im Detaillageplan, Anlage 1.3, entspricht im Bereich der Parkplatzfläche und dem Winterstützpunkt nicht ganz den heutigen Verhältnissen, da nach der Kartenerstellung noch nachträgliche Umbauarbeiten durchgeführt wurden.

Die sich nördlich und südlich anschließenden ca. 100 bis 120 m langen und 30 – 40 m breiten Geländestreifen bestehen aus Grünflächen mit z.T. altem Baumbestand (Nord- und Südteil) oder werden teilweise landwirtschaftlich genutzt (Südteil).

Nutzungshistorie / US-Tankstelle

Mittels Archivrecherchen und Zeitzeugenbefragungen wurde im Vorfeld der technischen Untersuchungen insbesondere die Lage der technischen Anlagen der früheren Tankstelle mit Werkstatt ermittelt. Darüber hinaus wurden weitere Nutzungen, Umlegungen bzw. Neubauten von technischen Anlagen der Tankstelle, die Historie zum Grundstück sowie etwaige dokumentierte singuläre Ereignisse (Unfälle, Störfälle etc.) untersucht.

Anhand der Recherchen konnten bereits im Vorfeld der Felduntersuchungen altlastenverdächtige Teilflächen (siehe Anlage 1.2) abgegrenzt werden.

Die durchgeführte Archivrecherche ist in Anlage 3.1.10 dokumentiert.

Beim Staatlichen Hochbauamt, Karlsruhe und bei der Bundesanstalt für Immobilien (BIMA), Karlsruhe, lagen keine Akten zum Standort vor.

Anhand

- der aktuellen Angaben der Autobahnmeisterei [P 1],
- der Zeitzeugenbefragung [P 3],
- der Unterlagen der Flächendeckenden Historischen Erhebung (Histe) aus dem Jahr 1997 [U 8],
- der Unterlagen zum Bau des Winterstützpunktes aus dem Jahr 2002 [U 9],
- sowie sonstiger Pläne / Karten, Luftbilder und Fotos [U 5 – U 7],

lässt sich folgende Historie zur Nutzung des Geländes und der bautechnischen Maßnahmen ableiten:

ca. 1936/37: Bau der Tankstelle als solider Sandsteinbau [P 3] im Zuge des Baus der Reichsautobahn

ca. 1945: Betrieb als US-Tankstelle mit Werkstatt; Tanklager umfasst vermutlich zwei unterirdische Kraftstofftanks (vermutlich Vergaserkraftstoff / VK) mit je 50.000

- Liter, Lage unmittelbar südlich der heutigen BAB A8; Überdachte Zapfsäulen gemäß Fotos Anlage 3.1.3 und 3.1.5
- 1961: Lageplan zum Ausbau der Kriechspur zeigt zwei weitere 50.000 Liter VK-Tanks
- 60/70er Jahre: Stilllegung der US-Tankstelle nach [P 3] bzw. [U 8]; keine weitere Nutzung der Gebäude
- ca. 1986: Gebäuderückbau nach [P 3]; unterirdische Tanks wurden belassen
- 1962: Verlegung einer Wasserleitung unter der Autobahn A8 für [U8]
- vor 1988: Parkplatzerweiterung
- 1988: Bau einer WC-Anlage (siehe Anlage 3.1.6.4); vorhandene Kanalisation führt über einen derzeit noch vorhandenen Benzinabscheider; Abwasserkanal unter der Autobahn stark beschädigt; Benzinabscheider bleibt für die Parkplatzer Entwässerung erhalten (nach [U 8])
- 08.07.2002: Durchführung von Schweren Rammsondierungen im Bereich des geplanten Winterstützpunktes zur geotechnischen Untersuchung des Baugrundes; Durchführung einer 8 m tiefen Kernbohrungen, es liegt keine Beschreibung des Bohrprofils vor.
- 07/08 2002: Durchführung von 4 Rammkernbohrungen (KB1-KB4 bzw. BK1-BK4) mit Bohrtiefen von 4,0 m für Altlastenuntersuchung Bauvorhaben Winterstützpunkt (Anlage 3.1.7); Bohrungen KB2-KB4 liegen südwestlich des früheren Tankstellengebäudes in der damaligen Grünfläche; KB1 liegt vermutlich knapp außerhalb der früheren Werkstatt; in zwei Bohrungen wurde Schichtwasser angetroffen; Laboruntersuchungen auf Schwermetalle und Arsen sowie Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW-Index), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und EOX ergaben schwach erhöhte Gehalte an PAK, Blei, Kupfer und Zink (Bericht Umweltconsult Dieck, Seite 8/9)
- 03/2003: Bau des Winterstützpunktes Pforzheim Süd [U 9] mit 2-3 m tiefem Flächenabtrag im südwestlichen Bereich des früheren Tankstellengeländes. Bei Erdbaumaßnahmen werden mächtige Fundamente angetroffen (siehe Fotos, Anlage 3.1.7); Entnahme von Bodenmischproben am 19.03.2003 und 14.04.2003 mit erhöhten PAK-Gehalten (Laborbericht Dr. Vogt, Karlsruhe).

Von den früheren baulichen Anlagen ist noch ein Benzinabscheider auf der westlichen Teilfläche des ehem. Tankstellenareals vorhanden. Die Anlage besteht aus einem vorgeschalteten Schlammabscheider, dem Benzinabscheider selbst, einem nachgeschalteten Schacht zur Regulierung des Wasserstandes im Benzinabscheider sowie aus einem abschließenden Kontrollschacht. Über diese Anlage wird das Oberflächenwasser des Winterstützpunktes geführt.

Nördlich des früheren Tankstellengebäudes befand sich in den früheren Jahren ein weiterer Benzinabscheider. Diese Anlage liegt möglicherweise noch unterhalb der heutigen Fahrbahn der BAB8 (rechte Fahrspur).

Nach [U 8] waren im Jahr 1997 noch mehrere Domschächte sichtbar. Im Bereich der früheren Tankstellen- und Werkstattgebäude waren dato Auffüllungen vorhanden.

Im Bereich des heutigen Winterstützpunktes sind zur Ableitung von Schichtwässern eine Drainageeinrichtungen eingebaut.

Die Recherche ergab, dass – mit Ausnahme der unterirdischen Tanklager und des Benzinabscheiders – während des Betriebszeitraumes keine baulichen Veränderungen durchgeführt wurden.

Das erste Tanklager (siehe Anlage 1.2, „Bauwerk A“) bestand aus zwei unterirdischen Tanks zu je 50.000 Liter Inhalt und befand sich in unmittelbarer Nähe der heutigen Fahrbahn der BAB8 unterhalb der heutigen Parkplatzfläche. Vermutlich lagen die Tanks senkrecht zum Fahrbahnrand. Über den Zeitpunkt der Stilllegung und/oder des Ausbaus der Tanks liegen keine Unterlagen oder Hinweise vor.

Das zweite, neuere Tanklager (Bau vor 1961?) bestand ebenfalls aus zwei 50.000 Liter Tanks (siehe Anlage 1.2, Bauwerk C) und befand sich unmittelbar bei der heutigen WC-Anlage. Diese Tanks lagen parallel zur BAB8. Über den Zeitpunkt der Stilllegung und/oder des Ausbaus der Tanks liegen ebenfalls keine Unterlagen oder Hinweise vor. Die Tanks standen vermutlich auf einer Betonplatte.

Die überdachten Zapfsäulen befanden sich gemäß dem beiliegenden Foto, Anlage 3.1.5, wenige Meter vom heutigen Fahrbahnrand der BAB8 entfernt und direkt neben dem „alten“ Tanklager.

Das frühere Tankstellengebäude und die Werkstatt waren nicht unterkellert. Es handelte sich um ein solides Sandsteingebäude.

Kontaminationsverdächtige Nutzungsbereiche/ Bereich US-Tankstelle

Als besonders altlastverdächtige Teilflächen sind zu nennen:

- altes Tanklager mit Zapfsäulen
- neues Tanklager
- neuer Benzinabscheider
- alter Benzinabscheider (in der Fahrbahn BAB8)
- Werkstattgebäude

In Anbetracht des zur damaligen Zeit geringen Umweltbewusstseins, ist von einem unsachgemäßen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen auszugehen. So ist anzunehmen, dass Ölwechsel nicht fachgerecht durchgeführt wurden und daher Bodenverunreinigungen durch Motor-/Getriebeöle, Kraftstoffe oder Lösungsmittel auch außerhalb der genannten Verdachtsflächen nicht auszuschließen sind.

Verkehrsunfälle als weitere potentielle Eintragsszenarien

Im unmittelbaren Bereich des Parkplatzes ereigneten sich in den zurückliegenden Jahren mehrere Verkehrsunfälle mit LKW's. Hierbei ist ein Eintrag von auslaufendem Dieseldieselkraftstoff in den Untergrund, ggf. auch indirekt über das Abwasser-/Entwässerungssystem, nicht auszuschließen.

Branchentypische Stoffe und Stoffgruppen

Auf dem ehem. Tankstellen- und Werkstattareal ist von dem Einsatz folgender Stoffe / Stoffgruppen auszugehen:

- Vergaserkraftstoffe/Ottokraftstoffe (VK, Benzin)
- Dieseldieselkraftstoff (VK)
- Motor- / Getriebeöle und Altöle
- Reinigungs- / Entfettungs- / Waschmittel (Werkstatt, Waschplatz)

Die US-Streitkräfte verwendeten auch für Schwerkraftfahrzeuge Vergaserkraftstoffe (VK). Im Umfeld der ehemaligen Tanklager und der ehemaligen Zapfsäulen ist damit eher mit Verunreinigungen mit Vergaserkraftstoff zu rechnen.

Bei der Durchführung der umwelttechnischen Untersuchungen wurden chemische Analysen auf folgende Schadstoffe durchgeführt:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW-Index, C10-C40)
- „Alkane“ (kurzkettige, „benzintypische Kohlenwasserstoffe“, C5-C12)
- Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW/BTEX)
- Leichtflüchtige halogenierte/chlorierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Schwermetalle (Blei)

In der Regel sind auf Tankstellenarealen Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) einschl der Alkane und/oder Aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW) zur umwelthygienischen Bewertung oder Planung notwendiger Sanierungsmaßnahmen handlungsbestimmend.

Anmerkung: Zur zweifelsfreien Unterscheidung der Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW-Index, Kettenlängen C10-C40) werden die kürzerkettigen MKW (hier: n-Pentan bis n-Dodekan, C5-C12) als „Alkane“ bezeichnet.

3.2 Geologie, Hydrogeologie

Die quartäre Überdeckung der Festgesteine besitzt im südlichen Hangbereich der Enzaue (= Lage der ehem. US-Tankstelle) eine Mächtigkeit von meist < 5 m und besteht i. w. aus Lößlehm und verwitterten, umgelagerten Gesteinen des Unteren Muschelkalks und Oberen Buntsandsteins (Verwitterungslehme). Die Mutterbodenauflage ist mit wenigen Zentimetern generell nur geringmächtig.

Unter den quartären Sedimenten stehen die plattig-sandigen, z. T. tonigen Schichten des Oberen Buntsandsteins in einer Mächtigkeit von bis zu 47 m an. Ihnen folgt zum Liegenden der massiv ausgebildete Sandsteinkomplex des Mittleren Buntsandsteins (sm), dessen Mächtigkeit bis zu 150 m betragen kann [U14].

Wie die abgedeckte Geologische Karte [U16] in Anlage 3.2.1 zeigt, liegt das Gebiet der ehemaligen US-Tankstelle geologisch betrachtet im Übergangsbereich zwischen Oberem Buntsandstein (so) und Unterem Muschelkalk (mu). Die Untere Muschelkalkformation wurde bei den Bohr- und Sondierarbeiten nicht angetroffen.

Schichtlagerung / Tektonik

Einen Überblick über die Lagerungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet vermittelt die aus [U16] entnommene Darstellung der Schichtgrenze Oberer zu Mittlerer Buntsandstein (Anlage 3.2.2). Die Schichten fallen im Trassenbereich der BAB A8 zwischen 3 und 5 % ($I = 0,03$ bis $0,05$) Richtung Nord-Nordost ein. Richtung Pforzheim erhält diese Einfallrichtung immer mehr eine nördliche bis nordwestliche Komponente.

Auffällig ist die starke tektonische Beanspruchung des Untersuchungsgebiets (Anlagen 3.2.1 und 3.2.2). Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen zwei von Süd nach Nord streichenden und nach Westen einfallenden Störungszonen. Die westlich gelegene Störungszone besteht aus 2 parallelen Störungen, die vom Fürstkopf in Richtung Niefern verlaufen. Die östlich der T&R-Anlage gelegene Störung verläuft innerhalb des Kirnbachtals und steht vermutlich im direkten Zusammenhang mit der Entstehungsgeschichte des Tals.

Grundwasser des tiefen Buntsandsteinaquifers (Trinkwasseraquifer)

Das zur Trinkwassergewinnung genutzte Grundwasser des Buntsandsteinaquifers wird je nach Jahreszeit (trocken / nass) und Geländemorphologie im Bereich der ehemaligen US-Tankstelle bei rd. 60 m unter Gelände (= Grundwasserflurabstand) angetroffen [U18]. In Anlage 3.2.3 ist ein Ausschnitt des Grundwassergleichenplans aus der HGE Enztal-Pforzheim 2002 [U16] für den tieferen Buntsandsteinaquifer Aquifer im Oberen/Mittleren Buntsandstein dargestellt. Der Einfluss des Kirnbaches als Vorflut und der im Kirnbachtal verlaufenden tektonischen Störung ist deutlich an der nach Süden gerichteten Einbuchtung der Grundwassergleichen und den zusätzlich dargestellten Fließpfeilen zu erkennen. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über die Talränder hinaus, reicht jedoch nicht bis zum Gelände der ehemaligen US-Tankstelle.

Das tiefe Grundwasser unterhalb der ehemaligen US-Tankstelle entwässert Richtung Norden in das Enztal. Der Abstrombereich ist in Anlage 3.2.3 schraffiert gekennzeichnet. Das aus den Grundwassergleichen berechnete Grundwasserfließgefälle I beträgt rd. $0,03 =$

3%, was in etwa der Schichtneigung (Schichteinfallen) des Buntsandsteingebirges entspricht.

Bei der Interpretation der dargestellten Grundwassergleichen / Grundwasserfließrichtung ist zu beachten, dass die zur Konstruktion der Grundwassergleichen herangezogenen Basisdaten wegen der geringen Messstellendichte (Wasserstände) speziell im Buntsandsteingebirge für eine sichere Darstellung bzw. Konstruktion der Grundwasserfließrichtung (Grundwassergleichen) nicht immer ausreichend sind.

Schichtwässer und Schwebendes Grundwasser

Im Oberen Buntsandstein (so) können nach [U16] Schichtwässer und sogenannte „Schwebende Grundwässer“ auftreten. Ein solches schwebendes Grundwasservorkommen wurde ca. 150 m nordwestlich der ehemaligen US-Tankstelle (Messstelle GWM2), sowie auf der gegenüberliegenden Seite der BAB A8 in der Messstelle P1 in Tiefenlagen zwischen rd. 8 m und 10 m nachgewiesen.

Grundwasserneubildungsrate

In Anlage 3.2.4 ist die Grundwasserneubildungsrate [mm/Jahr] für das Gebiet entlang der BAB A8 Enztalquerung als Datenraster dargestellt.

Die Grundwasserneubildungsrate wird i.W. von folgenden Faktoren bestimmt:

- Niederschlag (N),
- Verdunstung (V),
- Oberirdischer Abfluss (Ao),
- Zwischenabfluss (Schichtwasser) (Az),

und kann durch die vereinfachte Gleichung $GW_{neu} = N - V - Ao - Az$ mathematisch beschrieben werden.

Je undurchlässiger der oberflächennahe Boden ist, umso höher sind speziell in Hangbereichen der oberirdische Abfluss (Ao), sowie auf Grund des hohen Wasserrückhaltevermögens und der Kapillarkräfte des Bodens die Verdunstungsraten. In Gebieten mit tiefgründigen lehmigen Böden ist die Grundwasserneubildungsrate daher meist gering. Begrünungen / Bäume erhöhen generell die Verdunstungsrate (Transpiration).

Für das Untersuchungsgebiet geht man von einer Grundwasserneubildungsrate ohne Berücksichtigung von Bodenversiegelungen (Beton, Asphalt, Bauwerke) oder künstlich erzeugten Bodenverdichtungen von rd. 100 mm (100 l/m²) pro Jahr aus [U17], [U18]. Dieser Wert wurde bei den Berechnungen zur Schutzfunktion der Deckschichten nach HÖLTING [U15] angesetzt (Anlage 6.2).

Grundwassergefährdungspotential und Trinkwasserschutz

Wegen der Lage der ehemaligen US-Tankstelle innerhalb Wasserschutzgebietszone IIB (Anlage 3.3.1) ist eine prinzipielle Gefährdung des Grundwassers und bei einem Schadstoffeintrag in den tieferen Buntsandsteinaquifer damit der Trinkwasserbrunnen in der Enzaue möglich. Die Brunnen / Quellen im Kirnbachtal sind nicht betroffen, da ihr Einzugsgebiet nicht bis ins Untersuchungsgebiet reicht (Anlage 3.2.3).

Das Gefahrenpotential von ehemaligen Tankstellen mit Werkstattbereichen wird generell als hoch bis sehr hoch eingeschätzt. Ob sich das Gefahrenpotential auch tatsächlich auf die Grundwasserqualität auswirkt, hängt jeweils von der bautechnischen und hydrogeologischen Standortsituation ab.

Wassergefährdungsrisiken können im Falle der ehemaligen US-Tankstelle unter ungünstigen Standortbedingungen i.w. von bereits eingetretenen Untergrundbelastungen mit tankstellentypischen Schadstoffen ausgehen. Es besteht die Gefahr, dass bei einer Entfernung der aktuell vorhandenen Oberflächenversiegelung und einer damit verbundenen erhöhten Niederschlags-Versickerungsrate eine kurzfristige Gefahr für das Grundwasser eintreten kann.

Technische Einrichtungen, die möglicherweise noch flüssige Schadstoffe (Treibstoffe) in umweltgefährdenden Mengen enthalten, konnten bei den Untersuchungen des ehemaligen Tankstellengeländes nicht nachgewiesen werden (Kap. 7.1.1).

Sollten Schadstoffe in das zur Trinkwassergewinnung genutzte tiefe Grundwasser des Buntsandsteins gelangen, könnte sich nach den Ergebnissen der in den Jahren 2004 (Grobmodell) [U18] und 2010 (Feinmodell) durchgeführten Modellrechnungen [U22] eine Schadstofffahne in Richtung der Trinkwasserbrunnen 4ö und IV ausbilden (Anlage 3.3.2). Der Brunnen 4ö wird von den Stadtwerken Pforzheim genutzt, der Brunnen IV zusammen mit weiteren Brunnen im Enztal und im Kirnbachtal (Quellen) zur Wasserversorgung der Gemeinde Niefern-Öschelbronn. Nach den Ergebnissen der Grundwassermodellierungen würden bei einer Nicht-Berücksichtigung der Schutzfunktion der Deckschichten (worst-case Szenario) rechne-

risch nur ca. 2 Wochen zwischen dem Eintrag eines möglichen Schadstoffes in das zur Trinkwassergewinnung genutzte Buntsandsteingrundwasser und dem Eintreffen im Trinkwasserbrunnen 40 vergehen.

Anlage 3.3.3 enthält ein im Rahmen der Grundwasserfeinmodellierung [U22] entwickeltes hydraulisches Gefahrenabwehrkonzept für den worst-case Fall.

Weitere mögliche Gefährdungen des Grundwassers können ausgehen von:

- der Baustelleneinrichtung und dem Betrieb der Baustelle (Leckagen),
- Havariefällen beim Umgang oder der Lagerung von Wasser gefährdenden Stoffen, im wesentlichen Kraft- und Schmierstoffe,
- den Erd- und Gründungsarbeiten (Lösung von Baustoffzusätzen, Verfrachtung von Bodenschwebstoffen).

Einer potenziellen Grundwassergefährdung gegen die Versickerung von Wasser gefährdenden Stoffen kann speziell während der Bauphase durch den Einsatz von geeigneten Baumaschinen und Betriebsstoffen sowie durch eine sichere Gestaltung von Lagerflächen wirkungsvoll gegengesteuert werden.

Die Bauphase besitzt gegenüber dem regulären Straßenbetrieb in Bezug auf einen möglichen unkontrollierten Schadstoffeintrag ins Grundwasser folgende wesentlichen sicherheitsrelevanten Vorteile:

- das verantwortlich eingesetzte Baustellenpersonal ist in Bezug auf den vorbeugenden sowie technischen Grundwasserschutz geschult,
- die eingesetzten Stoffe sind bekannt und an die Anforderungen für den Umgang in Wasserschutzgebieten zugelassen,
- die Baustelle wird überwacht, so dass selbst kleinere Schadensereignisse wie z.B. Tropfverluste schnell entdeckt werden,
- Sanierungsgerätschaften können zum sofortigen Einsatz bereitgestellt werden.

Eine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen durch den Eintrag Wasser gefährdender Stoffe während der Bauphase wird aus o. g. Gründen als gering eingeschätzt.

Die Verfrachtung von Schwebstoffen, die durch Erdbauarbeiten freigesetzt und über Niederschlagsversickerung ins Grundwasser gelangen können, ist ein beim Baubetrieb typisches

Problem, das bei sehr ungünstigen hydrogeologischen Standortverhältnissen (klüftiges Gebirge) einen zeitlich befristeten Ausfall von Trinkwasserbrunnen wegen Trübstoffe im Wasser zur Folge haben kann.

4 Untersuchungsprogramm

Zur Feststellung eines möglicherweise vorhandenen Schadstoffpotentials im Untergrund und zur Überprüfung auf etwaig verbliebene Anlagenteile im Rahmen der Altlastenuntersuchung, sowie zur Erkundung der Deckschichten, wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Die einzelnen Untersuchungsschritte werden im Folgenden chronologisch aufgelistet und beschrieben:

Untersuchungsphase 1:

- Rammkernsondierungen (Kleinrammbohrungen): RKS 1 bis RKS 20
- Boden- und Bodenluftbeprobungen
- Chemisch-analytische Untersuchungen an Boden- und Bodenluftproben

Untersuchungsphase 2:

- Flächendeckende geophysikalische Untergrunderkundung
- Baggerschürfe; „vertiefte Tankerkundung“: Schurf S1 und Schurf S2
- Rammkernsondierungen: RKS 21 bis RKS 32 mit Boden- und Bodenluftbeprobungen
- Großkalibrige Bohrungen mit Bodenbeprobungen: KM1 und GWM1
- Bau einer Messstelle im schwebenden Grundwasser: GWM 2
- Geophysikalische Bohrlochmessungen: GWM 2
- Pumpversuche mit Wasserprobenahmen: GWM 2 und P 1
- Chemisch-analytische Untersuchungen an Boden-, Bodenluft- und Wasserproben

4.1 Vorbereitende Arbeiten

Das auf den Standort abgestimmte Untersuchungskonzept wurde von der Kooperationsgemeinschaft MW-SCHNEIDER / TÖNIGES GmbH im Rahmen der Angebotserstellung entwickelt und mit dem

- Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 44,
- Amt für Umweltschutz der Stadt Pforzheim,
- Amt für Umwelt und Abfallwirtschaft des Enzkreises

abgestimmt.

Anfrage beim Kampfmittelbeseitigungsdienst

Vor Beginn der Feldarbeiten wurde der Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) des Regierungspräsidiums Stuttgart am 18.03.2009 über das Erkundungsvorhaben informiert und um eine Stellungnahme bzgl. der Kampfmittelfreiheit gebeten. Im Schreiben vom 26.03.2009 teilte der KMD mit, dass die durchgeführte Luftbilddauswertung keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern im direkten Bereich der ehemaligen US-Tankstelle mit Werkstattgebäude ergeben hat.

Nutzungsrecherche

Da die oberirdischen Anlagen der ehemalige US Tankstelle vollständig rückgebaut sind und das Gelände zur Zeit als Parkplatz mit WC-Anlage sowie als Lager für Streugut (Silos) genutzt wird, konnte die Ausdehnung des ehemaligen Tankstellen- und Servicebetriebes sowie weiterer möglicherweise umweltkritischer Einrichtungen und Aktivitäten nur anhand historischer Unterlagen festgestellt werden. Die Ergebnisse einer solchen Erkundung dienen zur Erstbewertung des Standortes in Bezug auf mögliche Grundwasser gefährdende Schadstoffe im Boden, sowie zur detaillierten Planung der nachfolgenden technischen Umweltuntersuchungen.

Folgende Arbeiten wurden im Rahmen der Nutzungsrecherche durchgeführt:

- Befragung von Zeitzeugen,
- Auswertung von Luftbildern unterschiedlicher Befliegungsjahre,
- Auswertung von historischen Karten, Berichten und Fotos.

Die Unterlagen zu den in jüngster Zeit durchgeführten Baumaßnahmen lieferten ebenfalls wichtige Informationen.

Die Ergebnisse der Recherche sind im Kapitel 3.1 zusammengefasst und sind in den Anlagen 3.1.1 bis 3.1.10 dokumentiert.

4.2 Feldarbeiten

Folgende Feldarbeiten wurden bei den Untersuchungen vor Ort durchgeführt:

- Rammkernsondierungen (Kap. 4.2.1)
- Bodenprobenahmen (Kap. 4.2.2)
- Bodenluftbeprobungen (Kap. 4.2.3)
- Flächendeckende geophysikalische Untergrunderkundung (Kap. 4.2.4)
- Baggerschürfe; „vertiefte Tankerkundung“ (Kap. 4.2.5)
- Großkalibrige Bohrungen mit Bodenbeprobungen: KM1 und GWM1 (Kap. 4.2.6)
- Bau einer Grundwassermessstelle (Kap. 4.2.7)
- Geophysikalische Bohrlochmessungen (Kap. 4.2.8)
- Pumpversuche mit Wasserprobenahmen (Kap. 4.2.9)

Die Bodenansprache und Betreuung der Aufschlussarbeiten sowie die Bodenprobenahmen wurden vor Ort von einem erfahrenen Geologen der Kooperationsgemeinschaft durchgeführt.

4.2.1 Rammkernsondierungen

Die Rammkernsondierungen (RKS) dienen zur geologischen und umwelttechnischen Erkundung der quartären Deckschichten oberhalb des Buntsandsteingebirges.

Die Sondierarbeiten im Rahmen der ersten Untersuchungsphase wurden vom Regierungspräsidium Karlsruhe, Sachgebiet Straßenbau und Geotechnik, SuG (ehem. Baustoff- und

Bodenprüfstelle, BuB) erbracht. Die zweite Sondierkampagne wurde von der nach DAkkS akkreditierten Firma WST, Heidelberg, durchgeführt.

Die Rammkernsondierungen wurden bis zur Schichtgrenze Quartär – Buntsandstein niedergebracht. In Bereichen mit deutlichen Hinweisen auf tiefer reichende Schadstoffbelastung des Bodens wurde versucht, die Sondierungen bis in den Buntsandstein zu treiben. Auf Grund des hohen Sondierwiderstandes oder wegen Bohrhindernissen (i.d.R. Beton) war dies jedoch nur bedingt möglich.

Im Zeitraum vom 20.04.2009 bis 29.04.2009 (1. Erkundungsphase) wurden die Sondierungen RKS 1 bis RKS 20 im Durchmesser 50/36 mm mit Hilfe eines Rammbohrgerätes auf einer Selbstfahrlafette niedergebracht. Insgesamt wurden 56 m Sondiermeter abgeteuft.

Während der 2. Erkundungsphase wurden am 25./26.11.2009 sowie am 20.04.2010 die Sondierungen RKS 21 bis RKS 29 sowie RKS 30 bis RKS 32 im Durchmesser 50/40 mm niedergebracht. Insgesamt wurden bei diesem Arbeitsschritt 45 m Sondiermeter abgeteuft.

Die Anlage 4.2.1 enthält eine tabellarische Zusammenstellung der durchgeführten Rammkernsondierungen.

Die Lage der Sondierungen ist der Anlage 1.2 zu entnehmen. Die Sondierungen RKS 11 bis RKS 16 befinden sich außerhalb des ehemaligen Tankstellen- und Werkstattareals.

4.2.2 Bodenbeprobungen

Die Bodenproben wurden direkt aus dem Kernrohr entnommen. Die Auswahl erfolgte nach den organoleptischen Befunden (Aussehen, Geruch). Die Proben wurden in etikettierten luftdichten Probenahmegläsern überführt und in Kühlboxen in das chemische Labor transportiert.

Zur Untersuchung auf „nichtflüchtige Schadstoffe“ wurden Braungläser verwendet.

Bodenproben zur Untersuchung auf leichtflüchtige Verbindungen (AKW, LHKW) wurden in speziell präparierten Gläsern mit Methanolvorlagen überführt. Die Festgesteinsproben aus der großkalibrigen Bohrung KM 1 (siehe Kapitel 4.2.6), wurden aus Gründen der Qualitätssi-

cherung nach Anlage 4.2.2 als „Doppelproben“ (zusätzliches Schliffglas) genommen. In Anlage 4.2.2/Deckblatt ist die Vorgehensweise dokumentiert.

Die Anlage 4.2.2 enthält eine tabellarische Zusammenstellung der durchgeführten Bodenbeprobungen.

4.2.3 Bodenluftbeprobungen

Im Bereich der ehemaligen US-Tankstelle und des Werkstattgebäudes wurden aus den Sondierungen RKS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 und 32 Bodenluftproben entnommen. Die Bodenluftbeprobung erfolgte von der Firma WST, Heidelberg, gemäß VDI 3865, Blatt 2, mittels eingesetzter Entnahmesonde und eines SKC Aircheck Samplers auf Aktivkohle. Die Beschreibung und Dokumentation der Beprobungen erfolgt unter Anlage 4.2.3 in Form von Probenahmeprotokollen.

4.2.4 Flächendeckende geophysikalische Untergrunderkundung

Da zur Stilllegung und/oder zum Rückbau der unterirdischen Anlagen und Anlagenteile aus der Zeit des Tankstellen- und Werkstattbetriebes keine Unterlagen oder sonstige Informationen vorlagen, wurden spezielle Geophysikalische Untersuchungen in Verbindung mit Baggerschürfen (Kap. 4.2.5) durchgeführt.

Die geophysikalischen Messungen wurden am 13./14.10.2009 von der GGU, Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, mit den Methoden „Georadar“ und „Metalldedektor“ durchgeführt. Die asphaltierten Parkplatzfläche wurde hierbei entlang von parallelen Messlinien eingemessen.

Nach Auswertung der Ergebnisse für die Parkplatzfläche wurden am 02.11.2009 weitere geophysikalische Messungen entlang des rechten Fahrstreifens Richtung Stuttgart über eine Länge von 95 m durchgeführt. Untersuchungsschwerpunkt war der Bereich des ehemaligen „Alten Benzinsabscheiders“ (vermutete Lage siehe Anlage 1.2)

Die von der GGU erstellten Messberichte sind in der Anlage 4.2.4 zu finden. Weiterhin werden die Ergebnisse dieser Messungen in Kapitel 7.1.1 zusammengefasst.

4.2.5 Vertiefte Tankerkundung, Baggerschürfe

Im Zuge der geophysikalischen Messungen auf der Parkplatzfläche wurde ein Einzelbauwerk im Umfeld des früheren sog. „alten Benzinabscheiders“ (Anlage 1.2, Bauwerk „H“) dedektiert. Aufgrund der Größe, des Umrisses und der Tiefenlage des geophysikalischen Signals bestand der dringende Verdacht auf einen unterirdischen, zu diesem Zeitpunkt noch unbekanntem Tank. Es konnte sich auch um einen weiteren Benzinabscheider oder um eine sonstige technische Anlage bzw. um ein Bauwerk handeln. In dieser Teilfläche war eine vertiefte Tankerkundung mittels Baggeschürfe angezeigt.

Am Montag, 16. November 2009 wurde innerhalb der beschriebenen Teilfläche die Oberfläche auf einer Fläche von 2 x 2 m geöffnet und ein Baggerschurf (Schurf S1) bis 1,6 m unter GOK angelegt. Die Ergebnisse dieser Erkundung werden im Kapitel 7.1.1 beschrieben.

Zur Absicherung der Geophysikalischen Untersuchungsergebnisse wurde innerhalb des Grünstreifens und im Bereich des vermuteten „neuen Tanklagers“ (Anlage 1.2, „Bauwerk C“) der Schurf S2 angelegt.

4.2.6 Großkalibrige Bohrungen

Die Bohrarbeiten und der Messstellenbau wurden im Mai 2010 von der Bohrfirma TERRASOND, Günzburg ausgeführt.

Großkalibrige Bohrung KM 1

- Rammkernbohrung, trocken bis 5,3 m u. GOK, Durchmesser 146 mm; Verrohrung 178 mm bis 5,3 m u. GOK
- Rotationskernbohrung, trocken bis 7,8 m u. GOK, Durchmesser 146 mm

Die Bohrung KM 1 wurde zur vertikalen Abgrenzung der festgestellten Bodenverunreinigungen im hoch belasteten Bereich des „Alten Tanklagers“ zwischen den Rammkernsondierungen RKS 7 und RKS 8 abgeteuft (siehe Lageplan Nr. 1.2 und Foto Anlagendeckblatt 4.2.6). Die Bohrung wurde abgebrochen, als organoleptisch (Geruch, Aussehen) keine Verunreinigungen durch tankstellenspezifische Schadstoffe mehr festzustellen waren.

Großkalibrige Bohrung GWM 1

- Rammkernbohrung, trocken bis 4,5 m u. GOK, Durchmesser 146 mm; Verrohrung 324 mm bis 4,5 m u. GOK
- Rotationskernbohrung, trocken bis 7,4 m u. GOK, Durchmesser 146 mm
- Wegen Bodenbelastung kein Ausbau zur Grundwassermessstelle

Im Zuge der Bohrarbeiten zur Bohrung GWM 1 wurde jedoch ab 5,7 m unter OK Gelände ein starker Kraftstoffgeruch wahrgenommen. In Absprache mit der zuständigen Behörde (Landratsamt Enzkreis) wurde zur Verhinderung einer möglichen Schadstoffverschleppung auf eine Vertiefung der Bohrung bis in das Grundwasser und auf den geplanten Messstellenausbau verzichtet.

Aus dem Bohrgut wurden für die Durchführung chemisch-analytischer Untersuchungen gemäß Anlage 4.2.2 Proben entnommen, und das Bohrloch nach Abschluss der Arbeiten mittels einer Zement-Bentonit-Suspension verschlossen und die Oberflächen wieder hergestellt.

4.2.7 Messstellenbau

Die Bohrung GWM 2 wurde im Mai 2010 durch die Firma TERRASOND, Günzburg, in der nördlich des ehemaligen Tankstellengeländes liegenden Grünfläche niedergebracht und im schwebenden Grundwasserkörper zur Grundwassermessstelle ausgebaut.

- Rammkernbohrung, trocken bis 5,0 m u. GOK, Durchmesser 146 mm; Verrohrung 324 mm bis 5,0 m u. GOK
- Rotationskernbohrung, bis 13,8 m u. GOK, Bohrenddurchmesser 146 mm; aufgemeißelt auf 300 mm bis 13,0 m u. GOK
- Ausbau zur Grundwassermessstelle DN 125

Die Messstellendaten (siehe Anlage 4.2.7, Ausbauplan) sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 4.1: Stammdaten der Grundwassermessstelle GWM 2

Bezeichnung	GOK	POK	Rechtswert	Hochwert	Ausbau-tiefe	Filter	
	[m NN]	[m NN]				[m u. GOK]	[mm]
GWM 2	308,85	308,67	3483352	5418950	12,5	8,5-12,5	125

GOK: Geländeoberkante

POK: Pegel- (Rohr-) oberkante, Ablesekante

4.2.8 Geophysikalische Bohrlochmessungen in GWM 2

Im Rahmen des Messstellenausbaus zur GWM 2 wurden am 20.05.2010 durch Herrn W. Händel, Ubstadt-Weiher, geophysikalische Bohrlochmessungen im offenen Bohrloch durchgeführt. Folgende Messverfahren wurden angewandt:

- Temperatur, in Ruhe und gepumpt
- Elektrische Leitfähigkeit, in Ruhe und gepumpt
- Flowmeter, , in Ruhe und gepumpt
- Natürliche Gammastrahlung

Die Anlage 5.2.1 enthält den Ergebnisbericht mit den geophysikalischen Bohrprofilen.

4.2.9 Pumpversuche mit Wasserprobenahme

Am 10.06.2010 wurden gemäß den beiliegenden Protokollen, Anlage 4.2.9, mehrstündige Pumpversuche durchgeführt. Weiter Informationen enthält das Kapitel 5.2 und die Anlagen 5.2.3 und 5.2.4.

4.3 Chemisch-analytische Untersuchungen

Die Laboruntersuchungen wurden im chemisch-analytischen Labor UIS Umweltinstitut synlab GmbH, Niederlassung Ettlingen, durchgeführt. Die Parameterauswahl wurde i.W. auf die frühere Nutzung des Standortes als Tankstelle mit Werkstatt abgestimmt. Weiterhin wurde

berücksichtigt, ob die Proben zur Bewertung einer möglichen Gefährdung des Grundwassers (Umweltbetrachtung nach BBodSchG / BBodSchV) herangezogen werden sollen oder schwerpunktmäßig zur Konzeption des Erdstoffmanagements bzw. der Aushubentsorgung notwendig sind.

Boden- und Festgesteinsproben

Die chemisch-analytischen Untersuchungen der Boden-/Festgesteinsproben erfolgten schwerpunktmäßig auf die branchentypischen Parameter (Schadstoffe) Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW-Index) und leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Summenparameter AKW, erweiterte Liste incl. BTEX nach BBodSchV) an ausgewählten Bodenproben aus dem Tankstellen- und Werkstattbereich.

Ergänzend wurden an ausgewählten Bodenproben die Gehalte der Alkane (kurzkettige, benzintypische Kohlenwasserstoffe, C5-C12), der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA) sowie der polychlorierten Biphenyle (PCB) laboranalytisch bestimmt.

Die Bodenproben zur Analytik auf leichtflüchtige Schadstoffe (LHKW / AKW) wurden mit „Methanolvorlagen“ stabilisiert (siehe Anlage 4.2.2). Mit dieser Methode wird ein Verdunstungsverlust bei der Probenaufbewahrung und dem Probentransport weitgehend verhindert.

Die Bodenmischproben RKS 3a/0,2-1,3 m, RKS 20/0,7-1,8 m sowie die zwei Mischproben aus den Auffüllböden und dem „anstehenden Boden“ (Bezeichnung: MP/Auffüllungen und MP/anstehender Boden) wurden gemäß der Parameterliste Tabelle 6-1 der VwV Boden [V11] chemisch-analytisch untersucht. Diese Bodenproben stammten aus organoleptisch nicht auffälligen Bodenschichten des Tankstellen- / Werkstattareals und wurden schwerpunktmäßig für die Verwertungskonzeption von Bodenaushubmaterial herangezogen.

Die Mischprobe „MP/Auffüllungen“ wurde aus den Einzelproben RKS 21/0,25-0,9 m + RKS 23/0-1,3 m + RKS 23/1,3-2,3 m + RKS 24/0-1m + RKS 24/1-1,7 m + RKS 27/0,23-1,1 m zusammengestellt.

Die Mischprobe „MP/anstehender Boden“ wurde aus den Einzelproben RKS 21/0,9-2 m + RKS 22/0,9-2 m + RKS 24/1,7-3 m + RKS 27/1,1-2,3 m + RKS 28/0,9-2 m zusammengestellt.

In der Anlage 4.2.2 ist der durchgeführte Analyseumfang tabellarisch zusammengestellt.

Bodenluftproben

An allen 25 entnommenen Bodenluftproben aus dem Tankstellen-/Werkstattbereich wurden die Gehalte der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen (AKW) laboranalytisch bestimmt. Ergänzend erfolgte die Bestimmung auf halogenierte/chlorierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) an 13 Bodenluftproben der Untersuchungsphase 1.

Wasserproben

Die chemisch-analytischen Untersuchungen an den Wasserproben „GWM 2/10.06.2010“ und „P 1/10.06.2010“ erfolgten auf MKW, AKW, PAK nach EPA und „Alkane“.

5 Untersuchungsergebnisse Geologie / Hydrogeologie

5.1 Geologische Standortsituation

Der Untergrundaufbau am Standort wurde mit Hilfe von 32 Rammkernsondierungen und 3 großkalibrigen Bohrungen aufgeschlossen. Die Schichtenverzeichnisse und Bodenprofile (Einzelblattdarstellungen) sind der Anlage 5.1.1 zu entnehmen.

Die Anlagen 5.1.2 und 5.1.3 enthalten farblich unterlegte Isolinienkarten der Geländehöhen für die IST-Situation und die Planungssituation. Es handelt sich um interpolierte Kartendarstellungen, die auf Grund der geringen Datenmenge eine Orientierungshilfe darstellen und daher nicht für Detail-Planungszwecke geeignet sind.

Mutterboden außerhalb des ehemaligen Tankstellenbereichs

Die Mutterbodenschicht ist meist geringmächtig (20-30 cm) und besteht aus einem mittelbraunen bis dunkelbraunen Lehm mit geringem Sandanteil. In landwirtschaftlich genutzten Bereichen kann die Mächtigkeit der belebten Bodenzone auch mal 40 cm bis 50 cm erreichen.

Selten nachgewiesene rollige Komponenten bis Kiesgröße sind auf natürliches Verwitterungsmaterial des Oberen Buntsandsteins zurückzuführen oder können aus anthropogen aufgebrachtem Material unterschiedlicher Zusammensetzung bestehen.

Der Gehalt des Oberbodens an organischen Komponenten ist uneinheitlich und setzt sich überwiegend aus Wurzeln der am Sondierstandort vorhandenen Pflanzen (Gräser, Mais, Baumwurzeln) zusammen.

Quartär außerhalb des ehemaligen Tankstellenbereichs

Oberhalb der Felsoberkante wurden außerhalb des asphaltierten ehemaligen Tankstellenbereiches natürlich anstehende quartäre Deckschichten in 5 Rammkernsondierungen und in der Bohrung GWM 2 in Mächtigkeiten von 1 bis 3 m nachgewiesen.

Die Schichtenfolge der quartären Deckschichten ist im Untersuchungsgebiet meist zweigeteilt und besteht im oberen Teil aus Lößlehm und im unteren Teil aus Verwitterungslehm. Während die Lößlehme eine ziemlich einheitliche gelbbraune Farbe und lithologische Zusammensetzung zeigen (Schluff, tonig bis Ton, schluffig, schwach feinsandig), unterscheiden sich die angetroffenen Verwitterungslehme untereinander deutlich. Je nach Zusammensetzung und stratigrafischer Herkunft des Ausgangsgesteins zeigen die Lehme eine Farbpalette, die von braun über dunkelrot bis grün reicht. Der Tongehalt der aufgeschlossenen Lehme variiert in weiten Grenzen und verleiht den bindigen Ablagerungen damit auch unterschiedliche Plastizitätseigenschaften. Diese bestimmen nicht nur deren bodenmechanisches Verhalten, sondern auch deren Wasserleitfähigkeit.

Je höher der Tongehalt eines bergfeuchten Bodens ist, umso geringer ist dessen Wasserleitfähigkeit. Wechseln sich tonreiche Böden mit wasserdurchlässigeren Böden (geringe Tongehalte) ab, kann es lokal zur Ausbildung von Stauwasserhorizonten kommen. Diese Bereiche zeichnen sich durch eine Ausbleichung der im Staubereich liegenden Bodenschichten aus und können Ausfällungen von Mineralien beinhalten. Solche Mineralausfällungen wurden in RKS 14 als Mangan-Kronkretionen nachgewiesen.

Die Gesamtmächtigkeit der quartären Ablagerungen wie auch die Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder können auf Grund der Entstehungsgeschichte und der Geländemorphologie auf engem Raum stark variieren. Im Bereich der ehemaligen US-Tankstelle wurden die quartären Deckschichten während der Bauarbeiten zur Verlegung der Tankstelleninfrastruktur und zur Unterkellerung der Tankstellen- / Werkstattgebäude meist vollständig entfernt.

Die geringen Quartärmächtigkeiten im südöstlich der Tankstelle gelegenen Grünbereich ist auf die Höhenlage der Buntsandstein-Felsoberkante in Verbindung mit der natürlichen Bodenerosion zurückzuführen.

Anlage 5.1.5 enthält eine Plandarstellung zur Verteilung der natürlichen bindigen Quartärschichten innerhalb des mit Aufschlüssen belegten Untersuchungsgebiets.

Oberer Buntsandstein

Der obere Buntsandstein unterscheidet sich deutlich von den quartären Deckschichten und wurde an der Zunahme des Sandgehaltes, am Farbwechsel sowie an der Lagerungsdichte / Festigkeit des anstehenden Gesteins identifiziert. Der hohe Glimmergehalt des Bodens oder einzelner Sandstein-, Tonsteinplättchen ist ein weiteres Indiz für den anstehenden Oberen Buntsandstein.

Wie die Isoliniendarstellung in Anlage 5.1.4 zeigt, liegt die Felsoberkante auf 315 m+NN im südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes und auf 305 m+NN im nordwestlichen Bereich. Sie folgt i.W. der Geländemorphologie (Anlage 5.1.2), das nördlich orientierte Einfallen beträgt rd. 4%. ($I = \Delta H/L = 315 - 305 \text{ m+NN} / 250 \text{ m} = 0,04$).

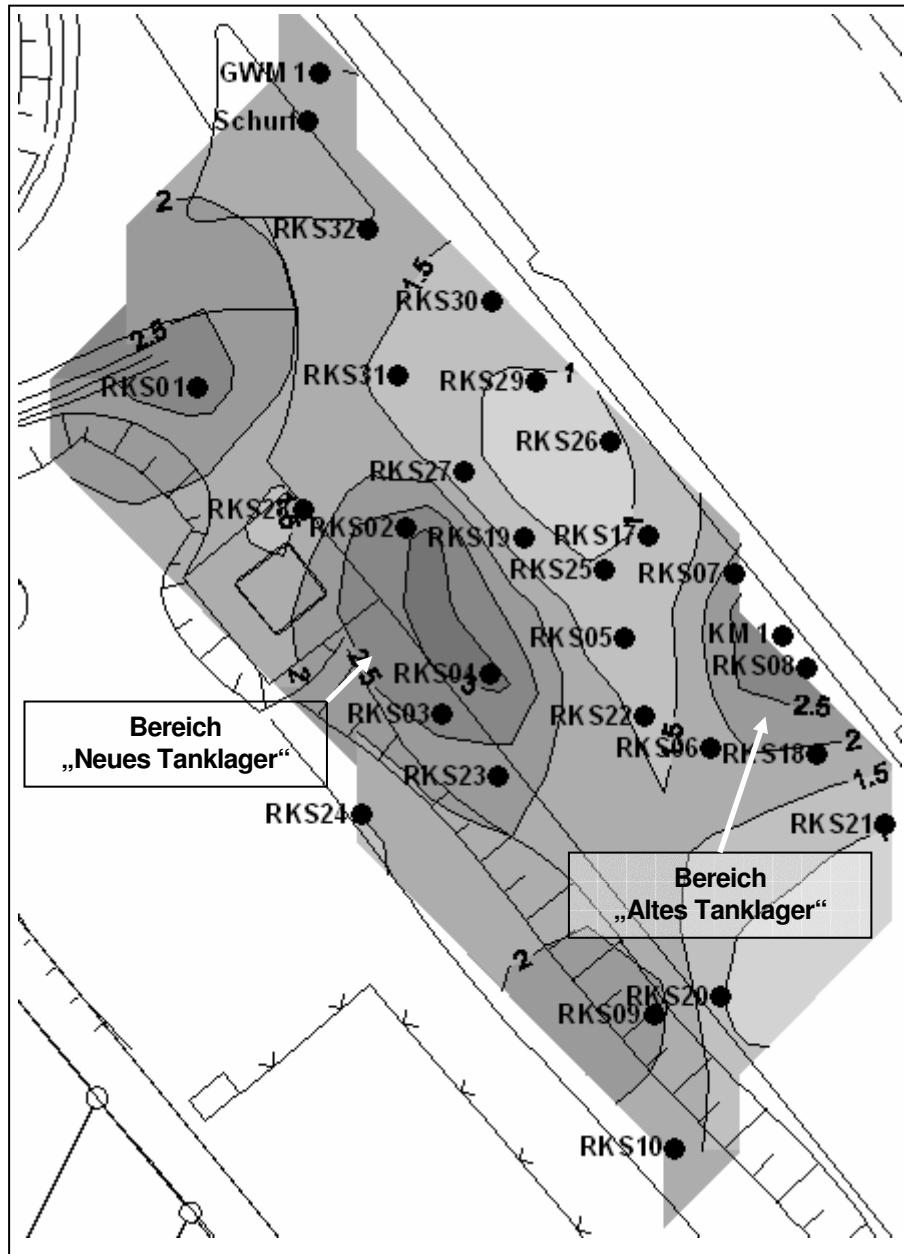
Das Höhenniveau der Felsoberkante im eigentlichen Tankstellenbereichs passt nur bedingt in das oben beschriebene Schema, da bei den früheren Tiefbauarbeiten bis in den Fels abgegraben wurde und die natürliche Schichtlagerung dadurch gestört ist.

Auffüllung

Die Mächtigkeiten der durchteuften Auffüllungen schwanken zwischen 0,7 und 4 m. Bei den Sondierungen außerhalb des Tankstellen- / Werkstattareals wurde lediglich in der Sondierung RKS 15 (Auffüllungsmaterial zur Wegebefestigung) und in der Bohrung GWM 2 steinige Schluffe angetroffen.

Im Bereich des Tankstellen- / Werkstattareals bzw. der heutigen Parkplatzfläche und des befestigten Winterstützpunktes beträgt die Mächtigkeit der Oberflächenbefestigungen inklusive der Schottertragschicht rd. 0,6-1,0 m. Unter einer 15-25 cm mächtigen Asphaltdecke ist das alte Kopfsteinpflaster noch großräumig vorhanden.

Abbildung 5.1 Mächtigkeit der Auffüllung im Tankstellenbereich



Im Bereich „Neues“ Tanklager (RKS 2, 3, 4, 23, 28) beträgt die Auffüllmächtigkeit bis rd. 4,0 m (RKS 2). Die Sondierung RKS 4 wurde vermutlich unmittelbar randlich eines ehemaligen unterirdischen Tanks abgeteuft. Bei RKS 3 und RKS 4 wurden in 2,7 bzw. 3,6 m Tiefe Beton angetroffen, der größere Sondiertiefen verhinderte. Vermutlich ist die Auffüllung in diesem Bereich ähnlich mächtig wie in RKS 2.

Die Auffüllmächtigkeit am „Alten Tanklager“ (RKS 7, 8, KM 1) beträgt 3,2 m bis 4,0 m.

Im Bereich der Parkplatzfläche sind die flächig vorhandenen Auffüllungen inklusive der Deck- und Schottertragschicht zwischen 0,7-2,5 m mächtig.

Das Auffüllmaterial besteht je nach Verwendungszweck aus unterschiedlichen Materialien. Es handelt sich neben der Schottertragschicht um aufgefüllte Lehme, Sande, Kiese und Steine (z.B. RKS 4 am Tank, Splitt und Schotter).

Bautechnische Anlagen im Untergrund

Entsprechen den Informationen aus [U9] muss im Bereich der früheren Bebauung mit mächtigen Fundamentresten gerechnet werden. Im Zuge der Sondierarbeiten wurde bei den Sondierungen RKS 3, 3a, 4 und 7 Beton angetroffen. Die Beschreibung der tankstellenspezifischen Anlagen erfolgt in Kapitel 7.1.1.

5.2 Hydrogeologische Standortsituation

Schichtwasser

In den Rammkernsondierungen RKS 1, 2, 3, 4, 5, 12 und 16 wurde zwischen rd. 1,5-2,0 m Tiefe geringe Wassermengen angetroffen. Die Herkunft des Wassers ist zum einen mit der technischen Ausführung der Aufbrucharbeiten (Asphaltkernbohrung mit Spülwasser) zum andern mit einer möglichen Drainwirkung der sandig-kiesigen Auffüllungen zu begründen. Da die Auffüllungsbereiche ein weitaus höheres Wasserleitvermögen und nutzbares Speichervolumen als der sie umgebende natürliche Boden (Schluffe, sandig) besitzen, werden sich über längere Zeiträume zwangsläufig lokale Wasseransammlungen bilden.

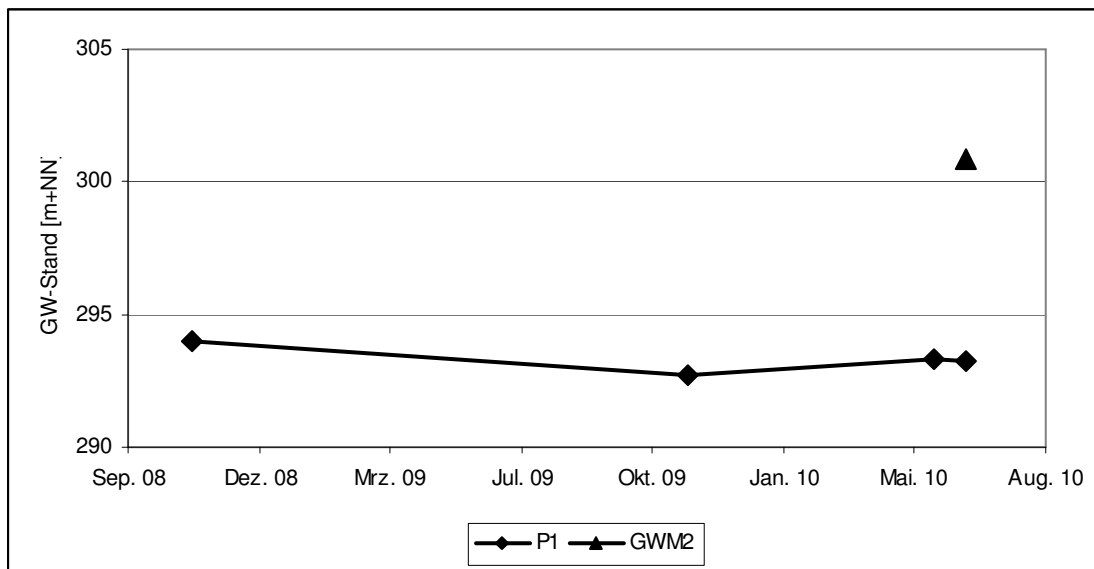
Großräumige Schichtwasservorkommen wurden bei den Aufschlussarbeiten auf dem ehemaligen Tankstellengelände nicht festgestellt.

Dass außerhalb des aktuell asphaltierten Tankstellenbereichs speziell in Hangbereichen oberflächennahe Schichtwässer auftreten können, belegen die Drainageleitungen, die im Zuge der Baumaßnahmen zum Winterstützpunkt in Verbindung mit mehreren Schächten eingebaut wurden. Das Wasser wird über die noch vorhandene Abscheideranlage geführt. Angaben zu Schüttungen oder Jahreswassermengen liegen nicht vor.

Schwebendes Grundwasserstockwerk

Schwebendes Grundwasser steht in P 1 zwischen rd. 10 m und 11 m und in GWM2 bei rd. 8 m unter Gelände an und besitzt vermutlich eine freie, ungespannte Oberfläche.

Abbildung 5.2.1 Grundwasserstände im Schwebenden Grundwasserkörper des Oberen Buntsandsteins (P1 und GWM2)



Zur weiteren Erkundung des Grundwasserganges sind in P1 und in GWM2 Datenlogger eingebaut, die die Wasserstände im täglichen Rhythmus aufzeichnen und alle Monate ausgelesen werden. Die Gangliniendarstellung in Abbildung 5.2.1 wird entsprechend fortgeschrieben.

Beim Bau der Grundwassermessstelle GWM2 wurden am 20.05.2010 im unverrohrten Bohrloch geophysikalische Bohrlochmessungen (Anlage 5.2.1) mit folgenden Ergebnissen durchgeführt:

- Im Ruhezustand wurden bei den Flowmetermessungen keine vertikalen Wasserbewegungen festgestellt.
Es handelt sich somit um einen hydraulisch zusammenhängenden Aquifer.
- Anhand der Temperatur- Leitfähigkeits- und Flowmetermessungen wurde nachgewiesen, dass die Wasserzutritte oberhalb von 10 m u.GOK liegen. Darunter waren keine Wasserzutritte feststellbar.
- Die Zuflussrate im Pumpbetrieb lag bei sehr geringen 0,04 m³/h (0,01 l/s).

Die geringe Wasserergiebigkeit des schwebenden Grundwasserkörpers wurde auch bei den am 10.06.2010 durchgeführten Pumpversuchen in den Messstellen P 1 und GWM 2 bestätigt. Trotz starker Absenkung konnten lediglich Pumpraten zwischen 0,03 l/s (P1) und 0,08 l/s (GWM 2) realisiert werden.

Die Auswertung der Absenkungsphase nach der instationären Methode von THEIS ergab sehr geringe Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) zwischen $5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ für P 1 und $2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ für GWM 2. Da sich die Versuchsdurchführung auf Grund der geringen Aquiferergiebigkeit schwierig gestaltete und die Messstellen beim Pumpen beinahe trocken fielen, können die aus den unsicheren Daten berechneten k_f -Werte nur orientierenden Charakter haben.

Für weiterführende hydraulischen Berechnungen (Abstromberechnungen) wird ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ angesetzt.

Der Schwebende Grundwasserkörper entwässert in nördliche bis nordwestliche Richtung parallel zum Verlauf der BAB A8. Die Konstruktion des in Anlage 5.2.2 dargestellten Grundwassergleichenplans erfolgte im Triangulationsverfahren. Das hydrologische Berechnungsdreieck wurde zwischen den Messstellen GWM2 und P1 (Strichtag: 10.06.2010) sowie dem vermuteten Drainagebereich des BAB A8-Einschnittes, auf einer topographischen Höhe von rd. 288 m+NN aufgespannt.

Das Grundwasserfließgefälle I wurde nach der Gleichung $I = \Delta H/L$ mit rd. 5% berechnet.

In Verbindung mit den Ergebnissen der Pumpversuche in P 1 und GWM 2 ergibt sich für das Schwebende Grundwasser ein Abstrom Q von rd. $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ pro 100 m Abstrombreite.

Berechnungsformel: $Q = k_f \times I \times B \times M$

$k_f =$ Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
aus Pumpversuchen in P1 und GWM2
 $I =$ Fließgefälle Schwebendes Grundwasser [m/m]
 $B =$ Abstrombreite [m]
Einheits-Abstrombreite angenommen
 $M =$ Aquifermächtigkeit [m]
nach Aufschlüssen und Geophysikalischen Bohrlochmessungen
 $k_f = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
 $I = \Delta H/L = 13\text{m}/280\text{m} = 0,05 \text{ (5\%)}$
 $B = 100\text{m}$
 $M = 5\text{m}$

Abstrom Q: ca. 0,1 m³/h (pro 100 m Abstrombreite)

5.3 Bodenmechanische Standortsituation

Am 13.07.2010 wurden vom Büro Thomas und Partner 61 Querschnitte als pdf-file übermittelt. Folgende Trassenelemente im Bereich der Park- und Rastanlage incl. Zufahrt (ohne Bereich Autobahnerweiterung und anschließende Böschung) sind dem Lageplan (Anlage 1.2) und den vom Büro Thomas und Partner übermittelten Querschnitten zu entnehmen. Es wurde ein Aufbau der Park- und Rastanlage von ca. 0,7 m angenommen:

Tabelle 5.1: Trasselemente

Trassenelement	von Bau-km*	bis Bau-km*	Max. Aushubhöhe [m]	Max. Auftragshöhe [m]
Einschnitt	238 + 320	238 + 400	ca. 4,2 m	-
Einschnitt	238 + 400	238 + 480	ca. 2,7 m	
Einschnitt/Damm	238 + 480	238 + 530	ca. 2,2 m	ca. 0,8 m
Einschnitt	238 + 530	238 + 550	ca. 1,7 m	
Einschnitt	238 + 550	238 + 580	ca. 2,7 m	-
Einschnitt	238 + 580	238 + 700	ca. 7,2 m	

*: Alle Stationierungsangaben sind „Circawerte“

Im nördlichen und westlichen Trassenbereich muss der anstehende Oberboden abgeschoben, seitlich gelagert und einer Verwertung zugeführt werden.

Die versiegelten Flächen müssen abgebrochen, die Auffüllungen und Böden müssen entsprechend entsorgt bzw. verwertet werden.

Da für die Park- und Rastanlage in erster Linie Bohrungen für die umwelttechnische Fragestellung durchgeführt und im nördlichen Zufahrtsbereich keine Bohrungen abgeteuft wurden, stellt die nachfolgende Auflistung eine grobe Abschätzung der Situation dar.

Stationierung 238+320 bis 238+400

Für diesen Bereich wird ein Aushub von max. 4,2 m erforderlich (siehe Tabelle 5.3). Die Rammkernsondierungen RKS 15 und RKS 16 wurden in diesem Abschnitt abgebohrt.

Unterhalb eines ca. 0,2 – 0,3 m mächtigen Oberbodens wurden Lößlehme und Auffüllungen angetroffen, die eine Mächtigkeit von 0,5 – 0,7 m aufwiesen. Es ist davon auszugehen, dass wie im darauf folgenden Abschnitt ebenfalls Verwitterungslehme angetroffen werden können.

Der Lößlehm und die Auffüllungen sind der Bodenklasse 4 und der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) zuzuordnen.

Darunter folgen die Festgesteine, die Sandsteine des „Oberen Buntsandsteins“. Es ist von einer flachen Lagerung der Sandsteine auszugehen. Der Schichtflächenabstand ist als dünn bis mittel nach EN ISO 14689 zu bezeichnen. In diesem Bereich sind Meiselarbeiten vorzusehen.

Die Sandsteine lassen sich nicht oder nur bedingt (abhängig von der Klüftung bzw. Schichtung) mit dem Bagger lösen, sie sind also überwiegend in die Bodenklasse 7 einzustufen.

In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 40% des Aushubes (Lößlehm, Auffüllungen, Verwitterungslehm) der Bodenklasse 4 und für 10 % die Bodenklasse 6 und bei 50 % die Bodenklasse 7 ausgeschrieben werden müssen.

Stationierung 238+400 bis 238+480

Dieser Bereich ist größtenteils asphaltiert, nur im südwestlichen Bereich wurde Oberboden angetroffen. Hier wird ein Aushub von maximal ca. 2,7 m erforderlich.

Unterhalb des Oberbodens wurden in der Bohrung RKS 14 ca. 2 m mächtige Löß- und Verwitterungslehme, der Bodenklasse 4 über dem anstehenden Sandstein angetroffen.

Im Bereich der asphaltierten Fläche wurde stellenweise unterhalb des Asphalts Kopfsteinpflaster erbohrt. Es wurden ca. 0,7 -2,5 m mächtige sandig-kiesige, stellenweise schluffige Auffüllungen angetroffen. Die Auffüllungen sind der Bodenklasse 3-4 zuzuordnen. Je nach Feinkornanteil sind die Auffüllungen sowie die Sand- und Tonsteine der Frostempfindlichkeitsklasse F1 –F3 zuzuordnen.

In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 70% des Aushubes (Lößlehm, Auffüllungen, Verwitterungslehm) der Bodenmischklasse 3-5 und 10 % der Bodenklasse 6 und 20 % der Bodenklasse 7 zugeordnet werden können.

Stationierung 238+480 bis 238+530

Dieser Bereich ist größtenteils asphaltiert, es wurde aber auch Verbundpflaster und Auffüllungen angetroffen. In diesem Abschnitt wurden die meisten Bohrungen abgeteuft. Hier wird

ein Aushub von maximal ca. 2,2 m und im östlichen Bereich ein Auftrag von max. ca. 0,8 m erforderlich.

Unterhalb des Asphalts, des Verbundpflasters bzw. ab Geländeoberkante wurden ca. 0,9 – 3,8 m mächtige Auffüllungen der Bodenklasse 3-4 über dem anstehenden Tonstein-Sandstein des „Oberen Buntsandseins“ angetroffen.

Je nach Feinkornanteil sind die Auffüllungen und die Sand- und Tonsteine der Frostempfindlichkeitsklasse F1 –F3 zuzuordnen.

In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 90% des Aushubes (Auffüllungen) der Bodenmischklasse 3-5 und 10 % die Bodenklasse 6 angehören.

Stationierung 238+530 bis 238+550

Dieser Bereich ist größtenteils asphaltiert. Hier wird ein Aushub von maximal ca. 1,7 m erforderlich.

Unterhalb des Asphalts bzw. Verbundpflasters wurden ca. 0,9 – 1,2 m mächtige überwiegend sandige kiesige Auffüllungen, der Bodenklasse 3 über dem anstehenden Sandstein angetroffen.

Die Auffüllungen sind überwiegend der Bodenklasse 3 und je nach Feinkornanteil der Frostempfindlichkeitsklasse F1 –F2 zuzuordnen. Die Sand- und Tonsteine sind der Frostempfindlichkeitsklasse F1 –F3 zuzuordnen.

In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 90% des Aushubes (Auffüllungen) der Bodenklasse 3-4 und 10 % der Bodenklasse 6 - 7 angetroffen werden.

Stationierung 238+550 bis 238+580

In diesem Abschnitt wurde die Bohrung RKS 11 abgeteuft. Hier wird ein Aushub von maximal ca. 2,7 m erforderlich.

Unterhalb des ca. 0,2 – 0,3 m mächtigen Oberbodens stehen ca. 1,7 – 2,0 m mächtige Löß- und Verwitterungslehme sowie stellenweise Auffüllungen der Bodenklasse 4 über dem anstehenden Sandstein – Tonstein des „Oberen Buntsandsteins“ an.

Es ist von einer flachen Lagerung der Sandsteine und Tonsteine auszugehen. Die Gesteine sind geklüftet, der Kluftabstand wird mit mittelständig bis weitständig angenommen. Der Schichtflächenabstand ist als dünn bis mittel nach EN ISO 14689 zu bezeichnen.

Die Löß- und Verwitterungslehme sind der Bodenklasse 4 und der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen. In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 90% des Aushubes (Lößlehm, Auffüllungen, Verwitterungslehm) der Bodenklasse 4 und für 10 % die Bodenklasse 6-7 sein werden.

Stationierung 238+580 bis 238+700

In diesem Abschnitt wurde die Grundwassermessstelle GWM 2 und die Bohrungen RKS 12 und 13 abgeteuft. Hier wird ein Aushub von maximal ca. 7,2 m erforderlich.

Es wird vermutet dass unterhalb des ca. 0,2 – 0,3 m mächtigen Oberbodens ca. 1,6 – 2,0 m mächtige Löß- und Verwitterungslehme, sowie stellenweise Auffüllungen (bei GWM 2: 0,8m) der Bodenklasse 4 über dem anstehenden Sandstein – Tonstein des „Oberen Buntsandsteins“ angetroffen werden.

Es ist von einer flachen Lagerung der Sandsteine und Tonsteine auszugehen. Die Gesteine sind geklüftet, der Kluftabstand wird mit mittelständig bis weitständig angenommen. Der Schichtflächenabstand ist als dünn bis mittel nach EN ISO 14689 zu bezeichnen. In diesem Bereich sind Meiselarbeiten vorzusehen.

Die Sand- und Tonsteine lassen sich nicht oder nur bedingt (abhängig von der Klüftung bzw. Schichtung) mit dem Bagger lösen, sie sind also überwiegend in die Bodenklasse 7 einzustufen.

Die Löß- und Verwitterungslehme sowie die Auffüllungen sind der Bodenklasse 4 und der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen. Je nach Feinkornanteil sind die Sand- und Tonsteine der Frostempfindlichkeitsklasse F1 –F3 zuzuordnen. In diesem Bereich wird davon ausgegangen dass 40% des Aushubes (Lößlehm, Auffüllungen, Verwitterungslehm) der Bodenklasse 4 und 10 % die Bodenklasse 6 und ca. 50 % die Bodenklasse 7 angetroffen werden.

6 Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach HÖLTING (1995)

Für die Beurteilung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wurde das Verfahren der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) angewandt, wie es bei HÖLTING et al 1995 unter dem Titel „Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung“ beschrieben ist [U15] und in der Hydrogeologischen Erkundung Baden-Württemberg (HGE), Enztal-Pforzheim [U17] ebenfalls zum Einsatz kam. Das wesentliche Bewertungskriterium ist die Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Bodenzone bis zum Eintritt ins Grundwasser. Je höher die nach einer Rechenvorschrift ermittelte Punktzahl ist, umso länger ist die Verweildauer und umso höher ist die Schutzfunktion der Deckschichten vor eindringenden Schadstoffen ins Grundwasser.

Aufgabe der Deckschichtenuntersuchung war es, anhand der Bodenaufschlüssen eine flächendeckende Schutzfunktionskarte für den in den Untersuchungsphasen 1 und 2 erkundeten Geländezustand zu erstellen (Anlage 6.4.1). Unabhängig von der aktuellen Altlastensituation wurden in Hinblick auf die geplante Erweiterung des Parkplatzes für den späteren Planungszustand zusätzliche Schutzfunktionsberechnungen mit einer entsprechenden Kartendarstellung durchgeführt (Anlage 6.4.2).

6.1 Grundlagen

In die Berechnung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (Ermittlung der Punktzahl) gehen folgende Eingangsgrößen ein:

- die mittlere Sickerwasserrate,
- die nutzbare Feldkapazität des Bodens (belebte Bodenzone),
- die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung unter dem Boden,
- die Gesteinsart der Grundwasserüberdeckung unter dem Boden,
- bei Festgesteinen zusätzlich die strukturelle Eigenschaften des Gesteins.

Die Gesamtschutzfunktion (S_g) setzt sich nach dem Verfahren von HÖLTING et al. (1995) aus den Schutzfunktionen der einzelnen geologischer Einheiten oberhalb des Grundwasserspiegels zusammen.

Im Untersuchungsgebiet Tank- und Rastanlage wurde zwischen folgenden Einheiten unterschieden:

- Boden
(belebte Zone, Mutterboden),
- Deckschichten
(Lößlehme, Verwitterungslehme des Unteren Muschelkalkes und des Oberen Buntsandsteins),
- Gesteine in der ungesättigten Zone unter den Boden- und Deckschichten
(Tonsteine und Sandsteine des Oberen und Mittleren Buntsandsteins).

In Anlage 6.1 wurden in einer Skizzendarstellung der Untergrunderbau und die Hydrogeologie im Untersuchungsgebiet US-Tankstelle mit allen wesentlichen Eingangsgrößen zur schichtenbezogenen Berechnung der Schutzfunktion (Punktzahl) dargestellt.

Die Gleichung zur Berechnung der Gesamtschutzfunktion (Sg) nach HÖLTING 1995 [U15] lautet:

$$S_g = S_1 + S_2$$

oder aufgelöst nach den einzelnen Berechnungsgliedern

$$S_g = (B \times W) + (G_{L1} \times M_1 \times W + G_{L2} \times M_2 \times W + G_F \times M_3 \times W) + Q$$

Sg	Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
B	Bodenbewertungsfaktor entsprechend nk-Wert
W	Faktor für Sickerwasserrate / jährliche Sickerwassermenge
G _L	Faktor für Lockergestein
G _F	Bewertungsfaktor für Festgestein (GF = P _{Gesteinsart} × F _{Struktur})
M	Mächtigkeit der Gesteine
Q	Schwebendes Grundwasser mit Quellaustritt (500 Punkte)

Bodenbewertungsfaktor B

Die Punktzahl B ist abhängig vom nFK-Wert (= nutzbare Feldkapazität) des anstehenden Bodens. Je höher der nFK-Wert und damit auch das Wasserhaltevermögen des Bodens ist, umso höher ist auch die Punktzahl B. Nach [U15] wird bei flachgründigen Böden der nFK-Wert unterhalb der eigentlichen Bodenzone bis in 1 m Tiefe abgeschätzt.

Ermittlung der Sickerwasserrate (Faktor W)

Datenquellen für die auf den Standort bezogenen Sickerwasserraten (= Grundwasserneubildungsraten) waren die Berechnungen von ARMBRUSTER, LGRB 2002, die bereits bei der Grundwassermodellierungen [U18, U22] berücksichtigt wurden, sowie die Darstellungen in der HGE von 2004 [U17].

Bei den Schutzfunktionsberechnungen wurde eine einheitliche Sickerwasserrate von <100 mm berücksichtigt. Dies entspricht nach der Tabelle von HÖLTING einem Wert für den Sickerwasserfaktor W von 1,75. Je höher der Sickerwasserfaktor ist, umso höher ist die berechnete Punktzahl.

Gesteinsart (G_L und G_F)

Wegen ihrer grundlegend verschiedenen geohydraulischen Gesteinseigenschaften werden nach [U15] Lockergesteine und Festgesteine getrennt bewertet.

Bei den Lockergesteinen reicht die Punktzahl G_L je nach Anteil bindigen und rolligen Lockergesteins von 5 Punkten für Steine und Kiese und bis zu 500 Punkten für reine Tone. Lehme werden mit rd. 300 Punkten bewertet [U15].

Bei der Bestimmung der Punktzahl für Festgesteine G_F werden sowohl die gesteinspezifischen Eigenschaften (P) als auch deren strukturellen Eigenschaften (F) berücksichtigt. Dabei werden den unterschiedlichen Gesteinsarten definierte P-Werte und den unterschiedlichen Strukturen (Klüftigkeit, Verkarstungsgrad) definierten Faktoren F zugeordnet. Die Punktzahl für G_F berechnet sich dann als Produkt von P x F.

Hohe P-Werte erreichen i.d.R. gering Wasser leitende Gesteine wie z.B. Tonstein oder Schlufftein (P = 20), während Gesteine mit höherem nutzbarem Porenvolumen wie z.B. Konglomerate oder Kalksteine nur einen P-Wert von 5 besitzen.

Bei der Vergabe der Faktors F für die strukturellen Eigenschaften eines Gesteins gilt, je geringer die Klüftung ist, umso höher ist die Punktzahl. Die Skala reicht dabei von $F = 0,3$ für ein stark geklüftetes oder verkarstetes Gebirge bis $F = 25$ für ein ungeklüftetes Gebirge. Der Faktor 1 wird für ein mittel geklüftetes, wenig verkarstete Gebirge oder für ein Gebirge mit überwiegend unbekanntem strukturellen Eigenschaften angesetzt.

Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung (M)

Als Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung wird die Länge der vertikalen Sickerstrecke jeder einzelnen zur Berechnung der Schutzfunktion berücksichtigten Gesteinsschicht oder Schichtenpaket als Faktor M [m] berücksichtigt.

Schwebendes Grundwasserstockwerk (Zuschlag Q)

Schwebende Grundwasserstockwerke können die Schadstoffverlagerung in den tieferen Untergrund bzw. eine Kontamination des Hauptgrundwasserstockwerkes verhindern oder zeitlich verzögern [U15]. Dieser Schutz ist vor allem dort gegeben, wo das schwebende Grundwasser als Quelle austritt oder wie im vorliegenden Fall durch den Autobahneinschnitt drainiert wird. Schwebende Grundwasserstockwerke mit Quellaustritten werden deshalb mit einem Zuschlag von 500 Punkten pro Stockwerk berücksichtigt.

Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion (Sg)

Die berechneten Punktzahlen der Gesamtschutzfunktion (Rechenvorschrift s.o.) werden in fünf Klassen unterteilt, die in Abhängigkeit von der erreichten Punktzahl die jeweilige Höhe der Gesamtschutzfunktion sowie eine Größenordnungen der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung angeben.

Tabelle 6.1: Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion [U15]

Gesamtschutzfunktion Sg	Punktzahl der Gesamtschutzfunktion Sg	Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung
sehr hoch	> 4.000	> 25 Jahre
hoch	> 2.000 – 4.000	10 – 25 Jahre
mittel	> 1.000 – 2.000	3 – 10 Jahre
gering	> 500 – 1.000	mehrere Monate bis 3 Jahre
sehr gering	≤ 500	wenige Tage bis 1 Jahr, im Karst häufig weniger

Die Anlage 6.1 enthält eine Skizze zur Berechnung der Gesamtschutzfunktion in Form eines Hydrogeologischen Geländeschnittes.

6.2 Standortbezogene Berechnungen nach HÖLTING (1995)

Die Berechnungen der Gesamtschutzfunktion S_g nach HÖLTING wurden für jeden Bohr- und Sondieraufschluss nach der geologischen Ansprache des Bohrgutes sowohl für die aktuelle Situation als auch für die Planungssituation durchgeführt und in Anlage 6.2 in Tabellenform dokumentiert. Zusätzlich enthält jedes der 35 Tabellenblätter eine kurze Empfehlung zur Verbesserung der zukünftigen Schutzfunktion sowie eine Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse.

Bei den Berechnungen wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Für den Standort wurde nach der HGE [U17] ein n_{FK} -Wert von 140 – 200 mm angesetzt. Dies entspricht nach der Tabelle von HÖLTING einem B-Wert von 250 Punkten.
- Es wurde eine Grundwasserneubildungsrate von 100 mm pauschal für das gesamte Untersuchungsgelände berücksichtigt. Diese Vorgehensweise entspricht einer „worst case“ Betrachtung, die den Planern eine gewisse Freiheit bzgl. der Gestaltung von versiegelten und unversiegelten Flächen läßt. Auch der Einfluss möglicher kurzzeitiger Undichtigkeiten einer Oberflächenbefestigung oder einer kleineren Leckage im Wasserleitungssystem ist bei dieser Vorgehensweise berücksichtigt. Durch eine fachgerechte Oberflächenversiegelung und den Einsatz von Leckanzeigergeräten können die berechneten Sickerwassermengen erheblich reduziert und die damit verbundene Schutzfunktion deutlich erhöht werden.
- In Ergänzung zur Annahme einer pauschalen Grundwasserneubildungsrate von 100 mm wurde bei den Berechnungen für den Planungszustand die schützende Wirkung eines belebten Mutterbodens nicht berücksichtigt. Die Mutterbodenschicht wurde in das Paket der quartären Deckschichten integriert und die Berechnung ohne Berücksichtigung der n_{FK} -Wertes durchgeführt ($S_1 = 0$, S_2 um den belebten Boden erweitert). Dies führte zwar generell zu einer geringeren Punktzahl für die Gesamtschutzfunktion, mit dieser Vorgehensweise konnte jedoch möglichen Änderungen bei

der Feinplanung in Bezug auf Verteilung und Art der Versiegelungsflächen bereits jetzt schon Rechnung getragen werden. Auch eine relativ vegetationsarme Phase während und kurz nach der Bauphase wurde damit berücksichtigt.

- Am Standort ist ein schwebendes Grundwasserstockwerk vorhanden, das wahrscheinlich Richtung Norden über den drainierenden Autobahneinschnitt entwässert. Daher wurde bei allen Berechnungen der Zuschlag von 500 Punkten nach [U15] angesetzt.
- In den Bohrungen / Sondierungen nachgewiesene Auffüllungen wurden bei der Berechnung der Schutzfunktion mit einbezogen. Bei ihnen wurden dieselben Bewertungs- und Berechnungsregeln angewandt wie bei den natürlich anstehenden Gesteinen.

6.3 Berechnungsergebnisse

Die jeweils berechneten Punktezahlen der Gesamtschutzfunktion wurden für die aktuelle Situation und die Planungssituation in Anlage 6.3 als zusammenfassende Tabelle mit weiteren Angaben zu Lagekoordinaten, Geländehöhen, Aufschlusstiefen, Lage der Felsoberkante aufgelistet.

Die höchste Punktzahl der Gesamtschutzfunktion S_g wurde mit 3.174 Punkten bei RKS 8 (IST-Situation) erreicht, obwohl sich dieser Sondieraufschluss innerhalb des ehemaligen Tankstellenbereichs befindet. Das Auffüllungsmaterial ist hier 3,20 m mächtig und besteht ab 0,8 m Tiefe aus stark tonigem Schuffmaterial bzw. aus ortsfremden Verwitterungslehm mit typisch braun-grauoliver Farbe.

Die Gesamtschutzfunktion der mit GWM2, RKS11-16 aufgeschlossenen Bereiche außerhalb des heutigen aufgefüllten Parkplatzes erreichen Gesamtschutzfunktionen zwischen 2.127 Punkte bei RKS15 und 2.727 Punkte bei GWM2.

Für die IST Situation wurde unter Berücksichtigung aller 35 Aufschlüsse im arithmetischen Mittel eine Gesamtpunktzahl von 2.349 berechnet.

Durch die geplante Erweiterung des Parkplatzbereiches in Verbindung mit einer Tieferlegung des Geländes kommt es zur Verminderung der bindigen Quartären Deckschichten und einer damit verbundenen Reduzierung der Punktezahl. Im arithmetischen Mittel werden 2.025 Punkte erreicht, was einer mittleren Reduzierung um rd. 20% bedeutet. Die niedrigste Punktzahl von 1.885 wurde für GWM2 berechnet.

6.4 Bewertung des vorhandenen Schutzpotentials

Die für jeden Aufschlusspunkt berechnete Schutzfunktion wurde auf die gesamte Untersuchungsfläche EDV-gestützt interpoliert und für die 2 verschiedenen Untersuchungssituationen (Aktueller Zustand und Planungszustand) als sogenannte Schutzfunktionskarten in den Anlagen 6.4.1 und 6.4.2 dargestellt. Die farbliche Unterscheidung der Flächeneinteilung in Tausender-Schritten entspricht der Bewertungsskala nach HÖLTING.

Die Bewertung des Schutzpotentials der Deckschichten erfolgt anhand einer Gegenüberstellung der berechneten Gesamtschutzfunktion und der Klasseneinteilung nach HÖLTING. [U15].

6.4.1 IST-Situation

Für die IST-Situation wurde ein hohes Schutzpotential nach HÖLTING [U15] ermittelt (Anlage 6.4.1). Die Punktzahl der Gesamtschutzfunktion liegt innerhalb einer Interpolationsfläche von rd. 17.000 m² generell über 2.000 Punkten.

Die Verweildauer des Sickerwassers bis zum Erreichen des in rd. 60 m Tiefe anstehenden und zur Trinkwasserversorgung genutzten Aquifers im Mittleren Buntsandstein liegt für die IST-Situation zwischen 10-25 Jahren [U15].

6.4.2 Planungssituation

Wie die Kartendarstellung in Anlage 6.4.2 zeigt, wird bei der Planungssituation auf fast 2/3 der Interpolationsfläche eine mittlere Gesamtschutzfunktion der Deckschichten erreicht. Im Wesentlichen trifft dies auf die Gebiete außerhalb des ehemaligen Tankstellenbereiches zu,

da hier die Mächtigkeiten der bindigen quartären Deckschichten mit 1 bis 3 m relativ gering sind.

Die Verweildauer des Sickerwassers bis zum Erreichen des in rd. 60 m Tiefe anstehenden und zur Trinkwasserversorgung genutzten Aquifers im Mittleren Buntsandstein läge für diese Bereiche bei 3 - 10 Jahren [U15].

Die Schutzfunktion sollte in diesen Bereichen durch das zusätzliche Einbringen von bindigem Bodenmaterial (mind. UL-TL) in einer Mächtigkeit von 0,5 – 1 m auf das ursprüngliche „hohe Sicherheitsniveau“ angehoben werden. Die rechnerische Verweildauer nach HÖLTING würde dann wieder über 10 Jahre betragen.

7 Altlastenuntersuchung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der 1. Untersuchungsphase im April/Mai 2009 und der 2. Untersuchungsphase im Oktober/November 2009 und Mai/Juni 2010 beschrieben.

7.1 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse zu den Untergrunderkundungen auf unterirdisch belassene Anlagen vom früheren Tankstellen- und Werkstattbetrieb und zu den durchgeführten Bodenluft-, Boden- und Grundwasseruntersuchungen werden in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

7.1.1 Untersuchungsergebnisse zur Prüfung von unterirdischen Anlagen

Geophysikalische Messungen

Im Zuge der durchgeführten geophysikalischen Messungen ergaben sich im wesentlichen folgenden Untersuchungsergebnisse:

- Im Bereich der vermuteten zwei Tanklager sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine unterirdischen Tanks mehr vorhanden.
- Es gibt keine Hinweise auf einen Benzinabscheider im Bereich des heutigen Fahrstreifens der BAB A8.

- Es wurde eine Vielzahl von Leitungen und Leitungsfragmenten sowie Reste von Gebäudefundamenten nachgewiesen.
- Der sehr inhomogene Untergundaufbau gibt deutliche Hinweise auf frühere Erdbau-tätigkeiten in größerem Umfang.
- Es wurde ein unbekanntes Einzelbauwerk (siehe Anlage 1.2, Bauwerk „H“) dedektiert.

Anmerkung: Es handelt sich um eine armierte Betonplatte (s.u.)

Baggerschürfe

Zur Überprüfung der Geophysikalischen Untersuchungsergebnisse wurden 2 Baggerschürfe (S1 und S2) durchgeführt.

Der Baggerschurf S 1 wurde in einem Bereich angelegt, für den ein Verdacht auf einen unterirdischen Tank bestand. Dieser Verdacht konnte nicht bestätigt werden.

Folgender Schichtenaufbau wurde bei den Aufschlussarbeiten angetroffen (siehe auch Fotodokumentation, Deckblatt/Anlage 4.2.5):

- 0 bis 0,10 m: erste Schwarzdecke
- bis 0,25 m: Kopfsteinpflaster
- bis 0,45 m: zweite Schwarzdecke
- bis 0,65 m: **Beton, armiert** (Reste einer alten Betonplatte?)
- bis 0,75 m: Auffüllböden, Schotter
- bis 1,60 m: anstehender Boden, organoleptisch nicht unauffällig

Das Vorhandensein einer Anlage zum Umgang und Lagerung wassergefährdender Stoffe (unterirdischer Tank oder Benzinabscheider) konnte nach diesem Ergebnis ausgeschlossen werden. Bei dem geophysikalisch detektierten Bauwerk handelte es sich um eine armierte Betonplatte.

Der Baggerschurf S 2 wurde im Bereich des früheren „neuen Tanklagers“ (Lage siehe Anlage 1.2) angelegt. Bis in eine Tiefe von 1,6 m (Handschurf bis 2,0 m wegen unterirdischer Leitung/PVC-Dränagerohr) wurde hier kein Tank angetroffen. Es wurden rotbraune bzw. braune Auffüllböden mit Asphaltresten, Betonbruchstücken und Sandsteinbruchstücken freigelegt.

7.1.2 Ergebnisse, Bodenluft

Aus allen 26 Rammkernsondierungen des Tankstellen-/Werkstattbereichs wurde mit Ausnahme von RKS 8 (benzinhaltiges Wasser im Bohrloch) Bodenluftproben entnommen und chemisch untersucht.

Alle Analysenergebnisse sind in Anlage 7.1.1 tabellarisch zusammengefasst. Anlage 7.1.2 enthält die entsprechenden Prüfberichte des chemischen Labors UIS Umweltanalytik synlab GmbH.

Die analysierten AKW-Gehalte (Benzol bis p-Ethyltoluol, 20 Einzelstoffe) lagen zwischen nicht nachweisbar und max. 1.056 mg/m³. 13 Messwerte lagen unter 1 mg/m³, 4 Werte unter 10 mg/m³ und die restlichen 7 Werte über 10 mg/m³ AKW.

LHKW wurden lediglich in RKS 3 und RKS 4 in geringen Konzentrationen um 0,4 mg/m³ nachgewiesen.

7.1.3 Ergebnisse, Boden

Organoleptische Befunde

Im Zuge der durchgeführten Sondierarbeiten wurden gemäß der beiliegenden Schichtenverzeichnisse (Anlage 5.1.1) im Bereich des Tankstellenareals erhebliche Bodenverunreinigungen festgestellt.

Tabelle 7.1: Organoleptische Befunde, Bohrgut

Bohrung	Schicht	Organoleptischer Befund	Lage
Untersuchungsphase 1			
RKS 1	0–4,0 m	nicht auffällig	Benzinabscheider
RKS 2	0,23–1,0 m 1,0–2, 8 m 2,8-4,1 m	nicht auffällig schw. Geruch n. Kraftstoff, schw. Schlieren nicht auffällig	Tanklager, neu
RKS 3	0-2,3 m 2,3-2,6 m	nicht auffällig deutlicher Geruch nach Kraftstoff <i>Öl-/Wassergemisch in Bohrloch</i>	Tanklager, neu
RKS 3a	0,2-1,4 m	nicht auffällig	Tanklager, neu

Bohrung	Schicht	Organoleptischer Befund	Lage
RKS 4	0,25-1,8 m 1,8-1,85 m 1,85-3,6 m	nicht auffällig Bitumenschicht starker Geruch nach Kraftstoff, Bohrgut ölig (Fst)	Tanklager, neu
RKS 5	0,32-0,6 m 0,6-1,1 m 1,1-3,2 m 3,2-3,3 m	nicht auffällig sehr starker Geruch nach Kraftstoff sehr starker Geruch nach Kraftstoff starker Geruch nach Kraftstoff (Fst) <i>Wasser mit Ölgeruch im Bohrloch</i>	Zapfsäulen
RKS 6	0,35-0,6 m 0,6-1,95 m 1,95-2,0 m	nicht auffällig schwacher Geruch nach Kraftstoff nicht auffällig	Zapfsäulen
RKS 7	0,23-0,8 m 0,8-0,9 m 0,9-1,9 m 1,9-1,95 m (1,95-2,0 m)	nicht auffällig deutlicher Geruch nach Kraftstoff, schwarz schw. - deutlicher Geruch nach Kraftstoff starker Geruch nach Kraftstoff (Beton)	Tanklager, alt
RKS 8	0,23-1,6 m 1,6-3,2 m 3,2-3,3 m	nicht auffällig sehr starker Geruch nach Kraftstoff, lgw. veröltes Bohrgut starker Geruch nach Kraftstoff (Fst)	Tanklager, alt
RKS 9	0,18-1,9 m 1,9-2,5 m 2,5-3,5 m 3,5-3,6 m	nicht auffällig schwacher Geruch nach Kraftstoff Geruch nach Kraftstoff? nicht auffällig	Werkstatt
RKS 10	0,2-2,7 m	nicht auffällig	Werkstatt
RKS 11	0-1,9 m	nicht auffällig	Grünflächen
RKS 12	0-2,2 m	nicht auffällig	
RKS 13	0-2,3 m	nicht auffällig	
RKS 14	0-2,3 m	nicht auffällig	
RKS 15	0-1,7 m	nicht auffällig	
RKS 16	0-1,8 m	nicht auffällig	
RKS 17	0,25-3,4 m 3,4-3,5 m	starker Geruch nach Kraftstoff Geruch nach Kraftstoff (Fst)	Tanklager, alt
RKS 18	0,25-0,7 m 0,7-1,7 m 1,7-3,3 m	nicht auffällig Geruch nach Kraftstoff starker Geruch nach Kraftstoff	Tanklager, alt
RKS 19	0,23-0,8 m 0,8-2,5 m	Kernverlust starker Geruch nach Kraftstoff (Fst)	Zapfsäulen
RKS 20	0,3-0,5 m 0,5-1,9 m	Kernverlust nicht auffällig	Werkstatt
Untersuchungsphase 2 (laterale und vertikale Abgrenzung des Schadensherdes)			
RKS 21	0,25-4,1 m	nicht auffällig	Tanklager, alt
RKS 22	0,12-3,5 m	nicht auffällig	Zapfsäulen
RKS 23	0-1,3 m	nicht auffällig	Tanklager, neu
RKS 24	0-4,3m	nicht auffällig	Tanklager, neu
RKS 25	0,25-1,5 m	nicht auffällig	Zapfsäulen

Bohrung	Schicht	Organoleptischer Befund	Lage
	1,5-3,0 m 3,0-3,4 m 3,4-3,6 m	nicht auffällig sehr schwacher Geruch nach Kraftstoff nicht auffällig	
RKS 26	0,25-0,9 m 0,9-2,1 m 2,1-3,5 m 3,5-3,8 m	nicht auffällig nicht auffällig schwacher Geruch nach Kraftstoff nicht auffällig	nordwestlich der ehem. Tank- stelle
RKS 27	0,12-4,1 m	nicht auffällig	
RKS 28	0,1-4,0 m	nicht auffällig	Tanklager, neu
RKS 29	0,25-0,9 m 0,9-3,0 m 3,0-3,8 m 3,8-3,9 m	nicht auffällig nicht auffällig schwacher Geruch nach Kraftstoff nicht auffällig	nordwestlich der ehem. Tank- stelle
RKS 30	0,25-4,0 m	nicht auffällig	
RKS 31	0,25-4,1 m	nicht auffällig	
RKS 32	0,25-2,9 m	nicht auffällig	
GWM 1	0,26-5,3 m 5,3-5,7 m 5,7-6,3 m 6,3-7,4 m	nicht auffällig sehr starker Geruch nach Kraftstoff (Fst) deutlicher Geruch nach Kraftstoff (Fst) sehr schwacher Geruch n. Kraftstoff (Fst)	nordwestlich der ehem. Tank- stelle und Werkstatt
KM 1	0,26-0,7 m 0,7-1,5 m 1,5-1,9 m 1,9-2,2 m 2,2-2,8 m 2,8-4,0 m 4,0-5,5 m 5,5-5,8 m 5,8-7,8 m	nicht auffällig Geruch nach Kraftstoff keine Wahrnehmung (Beton) Geruch nach Kraftstoff starker Geruch nach Kraftstoff sehr starker Geruch nach Kraftstoff sehr starker Geruch nach Kraftstoff (Fst) schwacher Geruch nach Kraftstoff (Fst) nicht auffällig (Fst)	vertikale Ab- grenzung Schadensherd im Bereich der ehem. Tank- stelle

TS: Tankstelle
Fst: Festgestein

Laborergebnisse

Die Probenauswahl für die Altlastenbewertung wurde wie folgt durchgeführt:

- je Rammkernsondierung/Bohrung wurde im ehem. Tankstellen-/Werkstattbereich mind. eine Bodenprobe ausgewählt (Ausnahmen: RKS 1, RKS 10 und RKS 20)
- an organoleptisch auffälligen Bodenproben resp. bei Hinweisen auf Verunreinigungen durch Kraftstoffe oder Mineralöl sowie an Bodenproben aus dem Liegenden der auffälligen Bodenschichten wurden chemische Untersuchungen durchgeführt.

Die Ergebnisse zu der chemisch-analytischen Untersuchungen auf die tankstellen-/werkstattspezifischen Parameter MKW, AKW, Alkane sowie PAK und PCB sind in Anlage

7.1.1 tabellarisch zusammengefasst. Die Anlage 7.1.2 enthält die Prüfberichte sämtlicher Proben.

Tabelle 7.2: Laborergebnisse, tankstellenspezifische Parameter im Feststoff

Teilfläche (Bez. Anlage 1.2)	Bohrung	MKW [mg/kg]	Σ -AKW [mg/kg]	Σ -Alkane [mg/kg]	PAK-16 [mg/kg]	PCB-6 [mg/kg]
Tanklager, alt (A)	RKS 7,8,17,18 <i>RKS 21</i>	nn-140 <i>nn</i>	nn-600 <i>0,1</i>	7-4.400 <i>3</i>	-- --	-- --
	<i>KM 1</i>	<i>nn-320</i>	<i>nn-1.320</i>	<i>nn-4.850</i>	--	--
Zapfsäulen (B)	RKS 5,6,19 <i>RKS 22, 25</i>	nn-450 <i>nn</i>	nn-1.440 <i>nn-0,1</i>	12-3.500 <i>nn-1</i>	-- --	-- --
Tanklager, neu (C)	RKS 2,3,4 <i>RKS 23,24,28</i>	nn-140 <i>nn</i>	nn-27 <i>nn-0,2</i>	229-230 <i>nn-1</i>	-- --	-- --
NW-Teilfläche	<i>RKS 26,27,29</i> <i>RKS 30,31,32</i>	<i>nn-540</i> <i>nn</i>	<i>nn-207</i> <i>nn</i>	<i>nn-2.000</i> <i>nn-0,1</i>	-- --	-- --
	<i>GWM 1</i>	<i>nn-5.800</i>	<i>nn-1.050</i>	<i>nn-5.700</i>	--	--
Werkstatt (D)	<i>RKS 9</i>	nn-87	nn-0,4	1-13	0,05	nn
Benzinab- scheider (F)	RKS 1	--	--	--	--	--

MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffe C10-C40)
 Σ -AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)
 Σ -Alkane: Summe der kurzkettigen MKW (C5-C12)
PAK-16: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, 16 Einzelstoffe nach EPA
PCB-6: Summe der polychlorierten Biphenyle, 6 Kongenere nach Ballschmiter
--: keine Untersuchungen
nn: nicht nachweisbar
RKS 21: Schrägschrift, Untersuchungsphase 2

Die Laborberichte der Bodenproben aus „RKS 3a/0,2-1,3 m“, „RKS 20/0,7-1,8 m“ sowie der Bodenmischproben „MP/Auffüllung“ und „MP/anstehender Boden“ mit Analysen gemäß der Parameterliste Tabelle 6-1 der VwV Boden [V12] sind der Anlage 7.1.2 zu entnehmen.

7.1.4 Ergebnisse, Wasser

An den entnommenen Wasserproben aus den Grundwassermessstellen GWM 2 und P 1 wurden die Gehalte der Parameter MKW, AKW, Alkane und PAK laboranalytisch bestimmt. Die Anlage 7.1.2 enthält die Prüfberichte des chemischen Labors.

Das beprobte Wasser war geruchlich und optisch unauffällig.

In folgender Tabelle werden die bis dato vorliegenden Untersuchungsergebnisse (Probenahme 1995 durch Büro Sakosta) zu den beiden Grundwassermessstellen zusammengefasst:

Tabelle 7.3: Ergebnisse, Wasserproben schwebendes Grundwasser

Parameter	Einheit	GWM 2	P 1				H-W	Prüf-wert
		06/2010 PP	11/1995		10/2008	06/2010		
			SP	PP	PP	PP		
T*	°C	14	--	--	12	16		
pH-Wert*		6,9	--	--	6,5	6,3		
LF*	µS/cm	1.133	--	--	3.810	3.100		
O ₂ -Gehalt*	mg/l	8,1	--	--	8,3	8,3		
Redoxpot.*	mV	270	--	--	210	262		
MKW	µg/l	nn	--	--	100	nn		200
Σ-BTEX	µg/l		nn	2,9			nn	20
Σ-AKW	µg/l	nn			nn	nn	nn	20*
Benzol	µg/l	nn	nn	1,4	nn	nn	nn	1
MTBE	µg/l	nn	--	--	--	nn		
Σ-LHKW	µg/l	--	--	--	nn	--	1	10
Σ-Alkane	µg/l	nn	--	--	--	nn		
PAK-15	µg/l	nn	0,16	nn	0,31	1,39	0,05	0,2
Naphthalin	µg/l	0,02	0,19	1,9	0,07	0,04	0,05	2

H-W: Hintergrundwert nach VwV Orientierungswerte [V10]

Prüfwert: Prüfwert nach BBodSchV [V7]

PP: Pumpprobe

SP: Schöpfprobe

*: Vor-Ort-Messungen, Messdaten bei Probenahme

LF: Elektrische Leitfähigkeit

MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffe C10-C40)

Σ-AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)

Σ-BTEX:	Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Liste nach BBodSchV)
MTBE:	Methyl-tertiär-butylether
Σ-LHKW:	Summe der leichtflüchtigen halogenierten/chlorierten Kohlenwasserstoffe
Σ-Alkane:	Summe der kurzkettigen MKW (C5-C12)
PAK-15:	Summe d. polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, 15 Einzelstoffe n. EPA ohne Naphthalin
--:	keine Untersuchungen bzw. Messwerte liegen nicht vor
nn:	nicht nachweisbar
k.A.:	keine Angaben

7.2 Bewertung und Gefährdungsabschätzung

Die durchgeführten Untersuchungen erfolgten in zwei Schritten, wobei die Untersuchungsphase 2 einer Detailuntersuchung gemäß § 9 Abs. 2 Bundes-Bodenschutz-Gesetz (BBodSchG) [V6] zur abschließenden Gefährdungsabschätzung entspricht. Diese enthält nach Definition Aussagen zu:

- der räumlichen Verteilung der Schadstoffe (Abgrenzung),
- der Schadstoffmenge,
- den mobilen und mobilisierbaren Schadstoffanteilen,
- den Ausbreitungsmöglichkeiten,
- der Möglichkeit für eine Schadstoffaufnahme durch Mensch, Tiere, Pflanzen.

7.2.1 Grundlagen

Die Gefährdungsabschätzung und Bewertung einer Altlast erfolgt üblicherweise auf der Grundlage des BBodSchG in Verbindung mit der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [V7].

Nach BBodSchV erfolgt die Gefährdungsabschätzung getrennt für die folgenden Wirkungspfade:

- Wirkungspfad Boden-Mensch, direkter Kontakt von Menschen mit Boden für unterschiedliche Nutzungsszenarien (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen, Industrie- und Gewerbeflächen)
- Pfad Boden(-luft)-Innenraumluft-Mensch als Teil des Wirkungspfades Boden-Mensch
- Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze (Ackerbau, Nutzgarten, Grünland)
- Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Es ist nicht nur die derzeitige Nutzung, sondern auch die zukünftig mögliche oder geplante Nutzung zu berücksichtigen.

Im vorliegenden Fall ist keine Nutzungsänderung vorgesehen, daher wird ausschließlich der Wirkungspfad Boden-Grundwasser untersucht.

Boden

Zur ersten Einstufung des tatsächlich vorhandenen Schadstoffpotentials werden die Analysergebnisse der Bodenproben den Zuordnungswerten der VwV Boden [V12] gegenübergestellt. Im vorliegenden Fall sind insbesondere die tankstellenspezifischen Parameter MKW, Σ -AKW und Alkane bewertungsrelevant.

Die VwV Boden nennt für den Einbau von Bodenaushub für verschiedene Einbaukonfigurationen sog. „Zuordnungswerte“ (siehe Anhang 2). Hierbei entsprechen die Z0-Werte den Vorsorgewerten der BBodSchV für „unbelasteten“ Boden.

Für die organischen Schadstoffe werden ausschließlich Feststoffwerte und keine Eluatwerte genannt. In folgender Tabelle sind die Zuordnungswerte nach VwV Boden für MKW und BTEX (AKW) wiedergegeben:

Tabelle 7.4: Zuordnungswerte nach VwV Boden in mg/kg

Parameter	Z0	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
MKW (C10-C20)	100	100	200	300	300	1000
MKW (C10-C40)	-	-	400	600	600	2000
Σ -BTEX	1	1	1	1	1	1

MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffe C10-C40)

Σ -BTEX: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Liste nach BBodSchV)

Für den Parameter „Alkane“ werden in der VwV Boden zwar keine Zuordnungswerte genannt, der Parameter gibt dennoch eindeutige Hinweise auf tankstellenspezifische Bodenverunreinigungen. Analysiert wurden die Bodenproben auf die Kohlenwasserstoffe von n-Pentan (C5) bis n-Dodekan (C12). Unter Verwendung der Zuordnungswerte für MKW (C10-C20 bzw. C10-C40) können die Messwerte über 1000 bzw. 2000 mg/kg Alkane als „stark erhöht“ bezeichnet werden.

Die Beschreibung der Schadstoffquelle (Art der Schadstoffe, Masse und Verteilung im Boden) erfolgt anhand der Gesamt-/Feststoffgehalte in den Bodenproben unterschiedlicher Bodenschichten.

Die Abschätzung der Schadstofffreisetzung kann als Direktbeprobungen (Beprobung des Sickerwassers) und/oder mit Hilfe von Eluatuntersuchungen erfolgen.

Für organische Schadstoffe können nach der BBodSchV zur Herstellung von Eluaten Säulenversuche durchgeführt werden. Nach der LABO-Arbeitshilfe Sickerwasser [V8], Kapitel 6.3.1, ist die Anwendbarkeit dieser Säulenversuche jedoch nur eingeschränkt möglich, da solche Verfahren bisher nicht ausreichend standardisiert sind und bisher nur für wenige Stoffgruppen (z.B. für PAK) erprobt wurden.

Weiterhin ist die Anwendung der Eluatherstellung nach dem S4-Verfahren nur für relativ gut lösliche anorganische Stoffe möglich und insbesondere für leichtflüchtige organische Stoffe wie AKW wegen Ausgasungsverlusten nicht geeignet (siehe z.B. Angaben in LABO-Arbeitshilfe [V9], Sickerwasserprognose bei OU und HLUG-Handbuch Altlasten, Sickerwasserprognose).

Bei der Untersuchung des vorliegenden Schadstoffinventars (AKW) wurde auf Grund der o.g. Einschränkungen und Empfehlungen auf Eluatuntersuchungen verzichtet.

Bodenluft

Für leichtflüchtige organische Schadstoffe erfolgt die Bewertung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser zusätzlich anhand der Messergebnisse in der Bodenluft nach Kapitel 1.3 der VwV Orientierungswerte Baden-Württemberg [V10]. Gemäß VwV Orientierungswerte wird bei Bodenluftgehalten an leichtflüchtigen halogenierten/chlorierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) von größer 10 mg/m³ in der Regel von einer Grundwassergefährdung ausgegangen, welche einen weiteren Handlungsbedarf erforderlich macht. In der gutachterlichen Praxis wird dieser Orientierungswert üblicherweise auch für die AKW herangezogen.

Damit können die Bodenluftmessungen zusätzlich zur Abgrenzung der Schadstoffquelle herangezogen werden.

Grundwasser

Zur Feststellung, ob bereits ein Grundwasserverunreinigung oder eine Veränderung der chemische Beschaffenheit des Grundwassers im Sinne des LAWA-/LABO-Papiers [V11] eingetreten ist, war der Bau einer Messstelle (GWM 1) im direkten Abstrom des früheren Tankstellenareals (im Einfahrtsbereich zum Parkplatz) geplant. Dieses Vorhaben ließ sich jedoch nicht umsetzen, da während der Bohrarbeiten noch oberhalb des Grundwassers kontaminiertes Bodenmaterial angetroffen wurde und die sowohl die Vertiefung bis in den Grundwasserkörper als auch der Ausbau zur Grundwassermessstelle ein Gefährdungsrisiko für das Grundwasser dargestellt hätte (vgl. Kap. 5.2).

Ein Alternativstandort für die geplante Abstrommessstelle bot sich aus verkehrs- und sicherheitstechnischen Gründen nicht an. Somit konnte die geplante Beprobung des schwebenden Grundwassers im direkten Abstrom des Schadensherdes nicht durchgeführt werden.

Die Grundwassermessstelle GWM2 liegt im seitlichen Abstrom des früheren Tankstellenareals in ca. 200 m Entfernung zum Schadenszentrum und kann daher nicht zur Beurteilung der Beschaffenheit des schwebenden Grundwassers im direkten Abstrom des ehem. Tankstellengeländes herangezogen werden.

Zur Bewertung der vorliegenden Analyseergebnisse im schwebenden Grundwasser (Messstellen GWM2, P1) wurden im folgenden Kapitel die Prüfwerte der BBodSchV [V7] im Sinne von „Geringfügigkeitsschwellenwerten“ (GFS) herangezogen. Daneben wurden die Hintergrundwerte der VwV Orientierungswerte [V10] für „unbelastetes Grundwasser“ verwendet.

7.2.2 Bewertung und Interpretation der Daten

In diesem Kapitel werden die vorliegenden Messergebnisse interpretiert und zur Bewertung den jeweiligen Prüfwerten gegenübergestellt.

Kompartiment Bodenluft

Leichtflüchtige halogenierte/chlorierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) wurden gemäß Anlage 7.1.1, Tabelle, in den Bodenluftproben nicht oder nur in geringen Spuren ($0,4 \text{ mg/m}^3$) nachgewiesen.

Aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW) wurden in Konzentrationen von „nicht nachweisbar“ (nn) bis max. 1.056 mg/m³ Bodenluft dedektiert. In der folgenden Tabelle werden die Messbefunde „Orientierungswerten“ gegenübergestellt:

Tabelle 7.5: Gegenüberstellung der AKW-Gehalte in der Bodenluft mit Orientierungswerten

Teilfläche (Bez. Anlage 1.2)	Rammkern- sondierung	Messwerte Σ-AKW [mg/m ³]	Überschreitung Orientierungswerte	
			> 1 mg/m ³	> 10 mg/m ³
Tanklager, alt (A)	RKS 7	15,4	+	+
	RKS 8	--		
	RKS 17	6,5	+	-
	RKS 18	13,5	+	+
	<i>RKS 21</i>	<i>0,2</i>	-	
Zapfsäulen (B)	RKS 5	1.056	+	+
	RKS 6	148	+	+
	RKS 19	35	+	+
	<i>RKS 22</i>	<i>0,6</i>	-	-
	<i>RKS 25</i>	<i>0,7</i>	-	-
Tanklager, neu (C)	RKS 2	0,4	-	-
	RKS 3	5,5	+	-
	RKS 4	325	+	+
	<i>RKS 23</i>	<i>nn</i>	-	-
	<i>RKS 24</i>	<i>nn</i>	-	-
	<i>RKS 28</i>	<i>0,1</i>	-	-
NW-Teilfläche	<i>RKS 26</i>	7,6	+	-
	<i>RKS 27</i>	0,3	-	-
	<i>RKS 29</i>	0,3	-	-
	<i>RKS 30</i>	0,2	-	-
	<i>RKS 31</i>	0,2	-	-
	<i>RKS 32</i>	0,5	-	-
Werkstatt (D)	RKS 9	13,4	+	+
	RKS 10	8,6	+	-
	RKS 20	8,7	+	-
Benzinabscheider (F)	RKS 1	0,2	-	-

Σ-AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)

--: keine Untersuchungen

nn: nicht nachweisbar

RKS 21: *Schrägschrift, Untersuchungsphase 2*

Messwerte bis 1 mg/m^3 werden in Gewerbegebieten als „Hintergrundbelastung“ betrachtet und stellen hinsichtlich dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser in keine Gefährdung dar.

Von den 25 Bodenluftproben aus dem Bereich der früheren Tankstelle und Werkstatt liegen 7 Proben über dem „Orientierungswert“ von 10 mg/m^3 der VwV Orientierungswerte [V10].

Auf Grund der lokal hohen bis sehr hohen Schadstoffgehalten in der Bodenluft ist eine potentielle Gefährdung über den Wirkungspfad Boden – Grundwasser angezeigt.

In den Anlagen 7.2.1 sind die Untersuchungsergebnisse grafisch als Kreisdiagramme, Balkendiagramme und als Isolinienplan für die BTEX-Aromate (Liste nach BBodSchV, Benzol bis Cumol, 7 Einzelstoffe) dargestellt. Die mit dem Krigging-Verfahren berechnete Isoliniendarstellung ist eine grobe Übersichtsdarstellung und kann die tatsächlichen Vor-Ort-Verhältnisse nur näherungsweise wiedergeben. Dies gilt insbesondere für die Randbereiche in denen keine weiteren Berechnungsstützstellen vorhanden sind.

Die höchsten BTEX-/AKW-Gehalte liegen im Umfeld der beiden ehemaligen unterirdischen Tanklager und der früheren Zapfsäulen.

In den Grünflächen außerhalb des Tankstellen-/Werkstattareals konnten keine organoleptisch erkennbare (Geruch) Verunreinigungen des Bodens festgestellt werden. Es wurden hier keine Bodenluftuntersuchungen durchgeführt.

Hauptbestandteil der BTEX-Aromaten sind nach Anlage 7.2.1.3 (Balkendiagramme) die Xylole. Der prozentuale Anteil an Benzol mit sehr guter Wasserlöslichkeit und sehr hoher Mobilität ist durchweg gering.

Die prozentualen Anteile der BTEX-Aromaten liegen für die Gehalte $> 1 \text{ mg/m}^3$ zwischen rd. 22 bis 70 % der AKW-Gesamtsummen.

Kompartiment Boden, Organoleptische Bodenansprache

Bei der organoleptischen Bodenansprache (Tabelle 7.1) im Rahmen der Untersuchungsphase 1 wurde im früheren Tankstellenbereich (zwei Tanklager, Zapfsäulen) bei 9 von 10 Sondierpunkten ein schwacher bis sehr starker Geruch nach Kraftstoff wahrgenommen. Dies deutete auf eine Verunreinigung des Bodens durch Vergaserkraftstoff (VK) bzw. Dieselmotorkraftstoff (DK) hin. Im Werkstattbereich war eine von zwei Bohrungen organoleptisch auffällig.

Bei den Sondierarbeiten außerhalb des Tankstellen-/ Werkstattbereiches (RKS 11 – RKS16) wurden keine organoleptischen Auffälligkeiten festgestellt, welche auf umweltgefährdende Verunreinigungen des Bodens hinweisen.

Bei der Untersuchungsphase 2 wurden am Bohrgut der RKS 25, 26, 29 jeweils ein schwacher Geruch nach Kraftstoff wahrgenommen. Diese schwach auffälligen Horizonte liegen bei rd. 2-3,5 m unter GOK bzw. 3-3,5/3,8 m unter GOK.

Zur vertikalen Abgrenzung des Schadensherdes wurde die **Bohrung KM 1** im Bereich des „alten Tanklagers“ und in die Nähe der Zapfsäulen abgeteuft. Die sensorische Überprüfung ergab folgende Befunde:

- 0 bis 0,7 m unter GOK: nicht auffällig
- 0,7 bis 2 m unter GOK: Geruch nach Kraftstoff
- 2 bis 5,5 m unter GOK: starker bis sehr starker (intensiver) Geruch nach Kraftstoff
- 5,5 bis 5,8 m unter GOK: schwacher Geruch nach Kraftstoff
- 5,8 bis 7,8 m unter GOK: nicht auffällig (Endteufe = 7,8 m)

Die **Bohrung GWM 1** wurde außerhalb des eigentlichen Tankstellenareals positioniert. Die sensorische Überprüfung ergab folgende Befunde:

- 0 bis 5,3 m unter GOK: nicht auffällig
- 5,5 bis 5,7 m unter GOK: sehr starker (intensiver) Geruch nach Kraftstoff
- 5,7 bis 6,3 m unter GOK: deutlicher Geruch nach Kraftstoff
- 6,3 bis 7,4 m unter GOK: sehr schwacher Geruch nach Kraftstoff (Endteufe = 7,4 m)

Kompartiment Boden, chemisch-analytische Befunde

Die Bodenuntersuchungen im Bereich des gesamten Tankstellen- und Werkstattgeländes erfolgte im Rahmen der Untersuchungsphasen 1 + 2 mittels 26 Rammkernsondierungen, zwei tiefen Bohrungen und zwei Baggerschürfen.

Die Untersuchungsergebnisse sind in den Anlagen 7.2.2 als Kreisdiagramme für verschiedener Tiefenstufen, Tiefenprofile und Balkendiagramme für BTEX und Alkane visualisiert.

Hauptbestandteil der BTEX-Aromate im Boden sind die Xylole. Der prozentuale Anteil an Benzol mit sehr guter Wasserlöslichkeit und sehr hoher Mobilität ist durchweg gering.

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurde im unmittelbaren Tankstellenbereich mit unterirdischen Tanks und den Betankungsanlagen ein Schadensherd festgestellt. Innerhalb dieser Teilfläche liegen insg. 22 Rammkernsondierungen und die tiefe Bohrung KM 1 mit einer Vielzahl an Bodenanalysen. Anhand der Ergebnisse dieser Untersuchungen kann der Schadensherd unter Berücksichtigung der Bodenluftuntersuchungen eingegrenzt werden.

(A) Laterale Verteilung der Verunreinigung, Bereich ehemalige Tankstelle

Legt man die in der VwV Boden geltende Obergrenze für Z0 bis Z2 von 1 mg/kg BTEX/AKW zu Grunde, lagen nach Anlage 7.1.1 die gemessenen AKW-Gehalte aus der Untersuchungsphase 1 (RKS 3, 4, 5, 7, 8, 17, 18, 19) über dem Z2-Zuordnungswert. Die Proben aus RKS 2 und RKS 6 enthielten AKW-Gehalte kleiner als Z2.

Bei den Beprobungen der Untersuchungsphase 2 (RKS 21, 22, 23, 24, 25, 28, KM 1) lagen die AKW-Konzentrationen bei drei von insg. 16 Bodenproben über 1 mg/kg. Diese drei auffälligen Proben stammen ausschließlich aus der Bohrung KM 1 im direkten Tankstellenbereich und enthielten AKW-Konzentrationen von 60 bis 1.316 mg/kg.

Zur weiteren lateralen Abgrenzung des Schadensherdes in nordwestlicher Richtung, wurden die Sondierungen RKS 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 abgeteuft und 15 Feststoffuntersuchungen auf AKW durchgeführt. Mit Ausnahme von drei Messbefunden mit 1,6 bis 207 mg/kg aus Proben der beiden Sondierungen RKS 26 und 29 wurden keine auffällig erhöhten AKW-Gehalte gemessen.

Unter Berücksichtigung der Bodenluft- und Bodenuntersuchungen liegt der Belastungsschwerpunkt eindeutig im Bereich der Aufschlüsse RKS 3, 4, 5, 6, 7, 8 und KM 1.

Die höchsten AKW-Konzentration mit mehreren 100 mg/kg wurden in den Beprobungspunkten RKS 5 (Zapfsäulen) mit 1.440 mg/kg, RKS 8 (altes Tanklager) mit 595 mg/kg und KM 1 (Altes Tanklager) mit 1.316 mg/kg festgestellt. Diese Messwerte sind als „signifikant hoch“ einzustufen.

(B) Vertikale Verteilung der Verunreinigung, Bereich ehemalige Tankstelle

Zur vertikalen Abgrenzung des Schadensherdes wurde die Bohrung KM 1 im Bereich des „alten Tanklagers“ und in die Nähe der Zapfsäulen abgeteuft. Die Feststoffuntersuchungen ergaben folgende Befunde (siehe auch Anlage 7.2.2.2 Blatt 1 und 7.2.2.3 Blatt 1):

Tabelle 7.6: AKW- / MKW-Gehalte im Feststoff zur Bohrung KM 1 mit Einstufung

Entnahmetiefe	Messwerte* Σ-AKW [mg/kg]	Einstufung nach VwV Boden	Messwerte MKW [mg/kg]	Einstufung nach VwV Boden
0 – 3,0 m	--	(Z 0)	--	(Z 0)
3,0 m	1.316	> Z 2	120	Z 0
3,9 m	60	> Z 2	nn	Z 0
4,3 m	0,5	Z 0	nn	Z 0
5,3 m	687	> Z 2	320	Z 0*
5,8 m	0,4	Z 0	nn	Z 0
6,3 m	0,3	Z 0	nn	Z 0
7,8 m	nn	Z 0	nn	Z 0

*: z.T. Doppelbestimmungen, Angabe der jeweils höheren Messwerte
 Σ-AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)
 MKW-Index: Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffe C10-C40)
 --: keine Untersuchungen (organoleptisch völlig unauffällig)
 nn: nicht nachweisbar

Die Verunreinigungen im Bereich der früheren Tankstelle reichen lokal bis rd. 5,5 m unter Geländeoberkante und damit bis in das Festgestein.

Auf Grund der lokal hohen bis sehr hohen Schadstoffgehalte im Boden (Feststoff) ist bei ungünstigen hydrogeologischen Randbedingungen (Sickerwasserbildung) eine potentielle Gefährdung über den Wirkungspfad Boden – Grundwasser angezeigt. Die weitere Gefährdungsabschätzung erfolgt in Kapitel 7.2.3 im Rahmen einer Sickerwasserprognose.

Teilfläche im Umfeld der Bohrung GWM 1

Die Bohrung GWM 1 wurde nordwestlich und außerhalb des eigentlichen Tankstellenareals positioniert. Die Feststoffuntersuchungen ergaben folgende Befunde:

Tabelle 7.7: AKW- / MKW-Gehalte im Feststoff zur Bohrung GWM 1 mit Einstufung

Entnahmetiefe	Messwerte* Σ-AKW [mg/kg]	Einstufung nach VwV Boden	Messwerte MKW [mg/kg]	Einstufung nach VwV Boden
0 – 5,7 m	--	(Z 0)	--	(Z 0)
5,7 m	1.047	> Z 2	5.800	> Z 2
6,2 m	30	> Z 2	120	Z 0
6,5 m	5	> Z 2	nn	Z 0
7,3 m	0,4	Z 0	nn	Z 0

*: z.T. Doppelbestimmungen, Angabe der jeweils höheren Messwerte
 Σ-AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)
 MKW-Index: Mineralölkohlenwasserstoffe (Kohlenwasserstoffe C10-C40)
 --: keine Untersuchungen (organoleptisch völlig unauffällig)
 nn: nicht nachweisbar

Die Verunreinigungen im Umfeld der Bohrung GWM 1 reichen bis rd. 6,5 m unter Geländeoberkante und damit bis ins Festgestein.

Werkstatt / Benzinabscheider

Die organoleptisch wahrnehmbaren AKW-Belastungen im Bereich des Werkstattgebäudes sind mit 0,4 mg/kg als „gering“ einzustufen. Die Bohrung RKS 1 am Benzinabscheider war nicht auffällig.

Kompartiment Wasser

Im Zuge der Sondierarbeiten sammelte sich in den offenen Bohrlöchern der Sondierungen RKS 1, 2, 3, 4, 5, 12 und 16 ab rd. 1,5-2,0 m Tiefe Wasser. Bei den Sondierungen RKS 3, 4 und RKS 5 wurde ein starker Geruch nach Kraftstoff bzw. Kraftstoff in Phase festgestellt.

Auf eine Beprobung der angetroffenen Wässer wurde aus technischen Gründen verzichtet. Die Erfahrung aus ähnlichen Standorten zeigten häufig eine Vermischung von Phase und Trägerflüssigkeit (Wasser), wodurch die Analysenergebnisse meist nicht reproduzierbare Zufallswerte ergaben.

Die Grundwassermessstelle GWM 2 befindet sich im weiteren seitlichen Abstrom des ehemaligen Tankstellenareals und erschließt schwebendes Grundwasser. In der Wasserprobe vom 10.06.2010 lagen die Konzentrationen (Tabelle 7.4) bei den Parametern MKW, AKW, Alkane, PAK-15 und MTBE (Methyl-tertiär-butylether; Antiklopfmittel in Ottokraftstoffen, Einsatz in Deutschland seit Anfang der 80er Jahre) unter den analytischen Bestimmungsgrenzen. Der gemessene Naphthalinengehalt von 0,02 µg/l liegt deutlich unter dem Prüfwert der BBodSchV von 2 µg/l sowie dem Hintergrundwert nach VwV Orientierungswerte. Eine Beeinflussung des Grundwassers durch den Tankstellen- / Parkkplatzbetrieb scheidet somit aus.

Die Grundwassermessstelle P 1 erschließt ebenfalls das schwebende Grundwasser. Bei den Beprobungen in den Jahren 1995, 2008 und 2010 wurden jeweils bei einer Probe MKW (100 µg/l) oder BTEX (3 µg/l) nachgewiesen. Die Prüfwerte von 200 µg/l für MKW und 20 µg/l für BTEX wurden nicht überschritten. Die weiteren MKW- und AKW-/BTEX-Messwerte lagen unter den laboranalytischen Bestimmungsgrenzen (nicht nachweisbar).

Neben erhöhten Leitfähigkeitswerten von 3.100 bis 3.800 µS/cm wurden in der Messstelle P 1 auffällig erhöhte PAK-15 (nn – 1,39 µg/l) und Naphthalinengehalte (0,04 – 1,9) mit Prüfwertüberschreitungen nachgewiesen. Hierbei war der hohe Phenanthren-Anteil von rd. 70 % in der Probe P1/10.06.2010 besonders auffällig und mit den anderen Proben nicht korrelierbar.

Die Lage der Grundwassermessstelle P 1 ist in der Anlage 5.2.2, Grundwassergleichenplan, dargestellt. Sie befindet sich auf dem heutigen Areal der T&R-Anlage Pforzheim (bei Zufahrtsweg zum Überführungsbauwerk der BAB A8) rd. 300 m nordwestlich der Bohrung KM 1 (altes Tanklager) und liegt damit im weiteren, seitlichen Abstrom des Schadensherdes der früheren US-Tankstelle.

Die Ursache der PAK-Belastungen in der Messstelle P 1 ist derzeit nicht bekannt. Generell könnte diese Belastung im ursächlichen Zusammenhang mit einem älteren Havariefall im näheren Umfeld der Messstelle stehen.

Bei einer Verunreinigung des Bodens durch Vergaserkraftstoffe, wie auf dem ehemaligen Tankstellenareal der US-Streitkräfte, wäre aufgrund der Mobilität eher eine AKW-Belastung (insbesondere Benzol) als eine PAK-Belastung im Grundwasser zu erwarten. PAK sind gegenüber AKW deutlich weniger mobil.

7.2.3 Gefährdungsabschätzung Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Die Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser erfolgt in folgenden Schritten:

- Beschreibung der Schadstoffquelle
- Transportbetrachtung in der ungesättigten Bodenzone „Sickerwasserprognose“
- Transportbetrachtung in der gesättigten Bodenzone (schwebendes Grundwasser)

I. Beschreibung des Schadstoffquelle

Die Chromatogramme (Anlage 7.1.3) zur Bestimmung der MKW-Gehalte in der Bodenprobe der Bohrung KM 1 weisen eindeutig auf eine Verunreinigung des Untergrundes durch Vergaserkraftstoffe/Benzin hin. So wurden auch in der Probe KM 1/5,3 m relativ niedrige MKW-Gehalte (Kettenlängen C10-C40) von 320 mg/kg, bei gleichzeitig sehr hohen AKW-Gehalte von 687 mg/kg und hohen Gehalten an kurzkettigen Kohlenwasserstoffen (Alkane, Kettenlängen C5 –C12) von 3.100 mg/kg nachgewiesen. Hinweise auf Verunreinigungen durch Dieselmotorkraftstoff treten im direkten Umfeld der unterirdischen Tanks und der Zapfsäule zurück.

Das Toluol-Xylol-Verhältnis in den Feststoffanalysen von ca. 1:80 gibt Hinweise auf einen fortgeschrittenen biologischen Abbau der Aromaten. Nach dem Stoffdatenblatt der LABO-Arbeitshilfe „Sickerwasserprognose DU“ [V8] beträgt das Toluol-Xylol-Verhältnis von frischem Benzin dagegen etwa 1:1. Nach dem Leitfaden des KORA-Themenverbund 1 [V14] wird Toluol beim aeroben Aromatenabbau am besten abgebaut, während Xylole bedeutend schlechter bzw. selten mineralisiert werden. Benzol nimmt eine Mittelstellung ein.

Die Chromatogramme der Proben aus der Bohrung GWM 1 weisen auf eine Verunreinigung durch Benzin und Diesel hin. Hier wurden in der Probe GWM 1/5,7 m neben hohen AKW-Gehalten von 1.047 mg/kg und Alkan-Gehalten von 5.690 mg/kg auch hohe MKW-Gehalte von 5.800 mg/kg nachgewiesen. Da diese Chromatogramme keine Hinweise auf einen MKW-Abbau durch Mikroorganismen liefern ist zu vermuten, dass es sich um einen eher jüngeren Eintrag von Diesel handelte.

Aus dem Leitfaden des KORA-Themenverbund 1 [V14] werden folgende Stoffdaten wieder gegeben:

Tabelle 7.8: Informationstabelle, Stoffdaten

Mineralölprodukt	Siedebereich [°C]	C-Atome	Wasserlöslichkeit [mg/l]	Dichte bei 20 °C [g/cm ³]
Benzin	36 – 175	ca. 5 - 10	ca. 100	ca. 0,7
Diesel, leichtes Heizöl	160 – 390	ca. 9 - 24	ca. 5 - 20	ca. 0,8

Stoff	Mol. Formel	Wasserlöslichkeit [mg/l]	Stoffgruppe
n-Pentan	C ₅ H ₁₂	40,6	n-Alkane („MKW“)
n-Hexan	C ₆ H ₁₄	12,7	
n-Heptan	C ₇ H ₁₆	3,1	
n-Octan	C ₈ H ₁₈	0,72	
n-Nonan	C ₉ H ₂₀	0,15	
n-Decan	C ₁₀ H ₂₂	0,038	
n-Dodecan	C ₁₂ H ₂₆	0,0051	
n-Hexadecan	C ₁₆ H ₃₄	0,0036	
n-Octadecan	C ₁₈ H ₃₈	0,0021	
Benzol	C ₆ H ₆	1.789	BTEX-Aromate (AKW)
Toluol	C ₇ H ₈	518	
Ethylbenzol	C ₈ H ₁₀	168	
1,2-Dimethylbenzol (o-Xylol)	C ₈ H ₁₀	185	substituierte Benzole (AKW)
1,4-Dimethylbenzol (p-Xylol)	C ₈ H ₁₀	180	
1,2,4-Trimethylbenzol	C ₉ H ₁₂	56,2	
1,3,5-Trimethylbenzol	C ₉ H ₁₂	47,9	

Wie oben ausgeführt erfolgten Schadstoffeinträge (Benzin) im Bereich der Zapfsäulen und der früheren unterirdischen Tanks.

Belastungsschwerpunkte sind im Bereich der Aufschlüsse RKS 3, 4, 5, 6, 7, 8 und KM 1 festgestellt worden. Die Eintragsstellen am alten Tanklager und an den Zapfsäulen lassen sich räumlich nicht trennen.

Die kontaminierte Fläche „Tanklager/Betankungsanlagen“ hat eine Größe von rd. 800 m².

Eine exakte Abgrenzung des Schadensherdes nach Nordosten mittels Probenahmen war wegen der angrenzenden BAB A8 – Trassenführung nicht möglich. Zur Abschätzung der Gesamtkontaminationsfläche wurde in Richtung Nordosten ein „Sicherheitszuschlag“ von 5 m angenommen.

Das Umfeld der Bohrung GWM 1 weist im Gegensatz zum Tanklager-/Betankungsbereich neben Verunreinigung durch Benzin auch Dieselerückstände im Untergrund auf (s.o.)

Als mögliche Deseleintragsquellen kommen im Umfeld der Bohrung GWM 1 undichte Schmutzwasserkanäle /-schächte oder Einträge über den Grünstreifen als Folge von LKW-Unfällen, in Betracht.

Die Benzinverunreinigungen bei der Bohrung GWM 1 sind vermutlich ebenfalls auf Unfälle zurückzuführen. Auch eine Verschleppung von Benzinrückständen aus dem Tanklager-/Betankungsbereich über ehemals vorhandene Schichtwässer ist nicht ganz auszuschließen.

Die genaue Ausdehnung der rd. 1 m mächtigen kontaminierten Bodenzone ist nicht bekannt. Zur weiteren Gefährdungsabschätzung und für die Angabe von potentiellen Aushub-/ Sanierungsflächen werden bei einem konservativen Ansatz rd. 150 m² kontaminierte Fläche angesetzt.

Der Bereich des ehemaligen Werkstattgebäudes wird aufgrund der geringen Feststoffgehalte bei der weiteren Gefährdungsabschätzung nicht berücksichtigt.

Aus den Feststoff- / Gesamtgehalten wurde die Schadstoffmasse für die Parameter AKW, MKW und „Alkane“ ermittelt. Hierzu wurde nach Anlage 7.3.1 die gesamte betrachtete Fläche in vier Teilflächen unterteilt, die Mächtigkeiten der kontaminierten Bodenschichten (Horizonte) je Teilfläche ermittelt und die durchschnittlichen, flächen- und schichtrepräsentativen Schadstoffgehalte („Mittelwerte“) berechnet.

Bei Annahme einer Lagerungsdichte von $1,7 \text{ g/cm}^3$ ergeben sich für den Tanklager-/ Betankungsbereich folgende Schadstoffmassen:

- Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW): rd. 640 kg
- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW): rd. 290 kg
- „Alkane“ : rd. 3.390 kg

Bei Ansatz einer **geschätzten** kontaminierten Fläche von 150 m^2 ergeben sich für das Umfeld der Bohrung GWM 1 folgende Schadstoffmassen:

- Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW): rd. 90 kg
- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW): rd. 500 kg
- „Alkane“ : rd. 500 kg

II. Transportbetrachtung

Zur abschließenden Gefährdungsabschätzung ist im Rahmen einer Detailuntersuchung nach § 2 Abs. 5 BBodSchV eine „**Sickerwasserprognose**“ durchzuführen. Hierbei hat die Sickerwasserprognose die Aufgabe den derzeitigen und zukünftigen Schadstoffeintrag in das Grundwasser hinsichtlich Konzentration und Frachten abzuschätzen.

Die folgenden Sickerwasserprognosen basieren auf der Grundlage der LABO-Arbeitshilfe „Sickerwasserprognose DU“ [V8]. Weiterhin werden die Ausführungen des LUBW-Leitfadens Untersuchungsstrategie Grundwasser [V13] berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Schadstofffreisetzung wird die aktuelle Schadstoffkonzentration im Sickerwasser der Quelle ($c_{s1(0)}$) bestimmt und deren zukünftige Entwicklung abgeschätzt. Aus diesen Untersuchungen erhält man die „Quellstärke“ und durch Multiplikation mit der Flächengröße die „austretende Fracht“.

Da wie unter Kapitel 7.2.1 beschrieben, aus fachlichen Gründen für den „Hauptkontaminanten“ AKW keine Eluatuntersuchungen durchgeführt wurden, erfolgte die Abschätzung der AKW-Gehalte im Poren- und Sickerwasser nach Grathwohl et. al. [V15] sowie nach der LABO-Arbeitshilfe „Sickerwasserprognose DU“ (Anhang 3, Fallbeispiel 4) aus den Bodenluftmesswerten unter Verwendung der Henry-Konstante (H).

Nach Anlage 7.3.2 wurden folgende potentielle Sickerwasserkonzentrationen berechnet:

Tabelle 7.9: Berechnete potentielle AKW-Gehalte im Sickerwasser ($c_{S1(0)}$)

Teilfläche	Rammkern- sondierung	Σ -AKW [$\mu\text{g/l}$]	Prüfwert- überschreitung (20 $\mu\text{g/l}$)*
Tanklager, alt (A)	RKS 7	120	+
	RKS 8	--	
	RKS 17	50	+
	RKS 18	100	+
	<i>RKS 21</i>	2	-
Zapfsäulen (B)	RKS 5	8.635	+
	RKS 6	1.122	+
	RKS 19	262	+
	<i>RKS 22</i>	5	-
	<i>RKS 25</i>	6	-
Tanklager, neu (C)	RKS 2	3	-
	RKS 3	40	+
	RKS 4	2.754	+
	<i>RKS 23</i>	0	-
	<i>RKS 24</i>	0	-
	<i>RKS 28</i>	1	-
NW-Teilfläche	<i>RKS 26</i>	66	+
	<i>RKS 27</i>	3	-
	<i>RKS 29</i>	3	-
	<i>RKS 30</i>	2	-
	<i>RKS 31</i>	2	-

Teilfläche	Rammkern-sondierung	Σ -AKW [$\mu\text{g/l}$]	Prüfwert- überschreitung (20 $\mu\text{g/l}$)*
	<i>RKS 32</i>	4	-
Werkstatt (D)	RKS 9	105	+
	RKS 10	66	+
	RKS 20	65	+
Benzinabscheider (F)	RKS 1	2	-

$c_{S1(0)}$: Sickerwasserkonzentration im Schadensherd am Ort der Probenahme bzw. in der Schadensquelle
 *: Prüfwert nach BBodSchV [V 7]
 (A): Bezeichnung in Anlage 1.3
 Σ -AKW: Summe der leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (20 Einzelstoffe)
 --: keine Untersuchungen
 nn: nicht nachweisbar
 RKS 21: *Schrägschrift, Untersuchungsphase 2*

Die Umrechnung von Bodenluftwerten in Sickerwasserkonzentrationen ($c_{S1(0)}$) mittels Henry-Konstante ergibt relativ hohe $C_{S1(0)}$ -Werte. So errechnet sich z.B. bei einem AKW-Bodenluftgehalt von rd. 8 mg/m³ (Überschreitung Orientierungswert nach [V 10]) bereits eine Sickerwasserkonzentration von 60-70 $\mu\text{g/l}$ AKW, was einer mehrfachen Überschreitung des Prüfwertes nach BBodSchV [V 7] entspräche.

Die gewählte Vorgehensweise liefert daher eher konservative Ergebnisse.

Ausgehend von der Zielsetzung der Sickerwasserprognose in der Detailuntersuchung liefert die Transportbetrachtung für die ungesättigte Bodenzone eine quantifizierende Abschätzung, wie sich die aus der Schadstoffquelle austretenden Konzentrationen und Frachten auf dem Transportweg von der Quelle zum Ort der Beurteilung (Grundwasseroberfläche) verändern.

Die folgenden Transportbetrachtungen erfolgten unter Anwendung des Arbeitsblattes **ALTEX-1D** [V 8].

Zur Abschätzung der Entwicklung der Konzentrationen im Sickerwasser einer Quelle ist nach [V8] zwischen der konstanten Quellkonzentration (lösungslimitierte Freisetzung) und der exponentiell abnehmende Quellkonzentration (dispersions-/diffusionslimitierte Freisetzung) zu unterscheiden. Im vorliegenden Fall wurde die zweite Konstellation gewählt.

Das Arbeitsblatt ALTEX-1D lässt eine Transportbetrachtung für Stoffgemische (hier: AKW) nicht zu. Aufgrund des hohen prozentualen Anteils und dem eher schlechten natürlichen Abbau, erfolgt die Betrachtung anhand der m,p,o-Xylole.

Da für die AKW-Einzelstoffe keine Prüfwerte in der BBodSchV genannt werden, wird der Prüfwert von 20 µg/l für die BTEX-Aromate herangezogen.

Es wurden folgende drei Sickerwasserszenarien untersucht:

- II.1 Historische Situation**
- II.2 IST-Situation**
- II.3 Bauphase / Sanierungssituation**

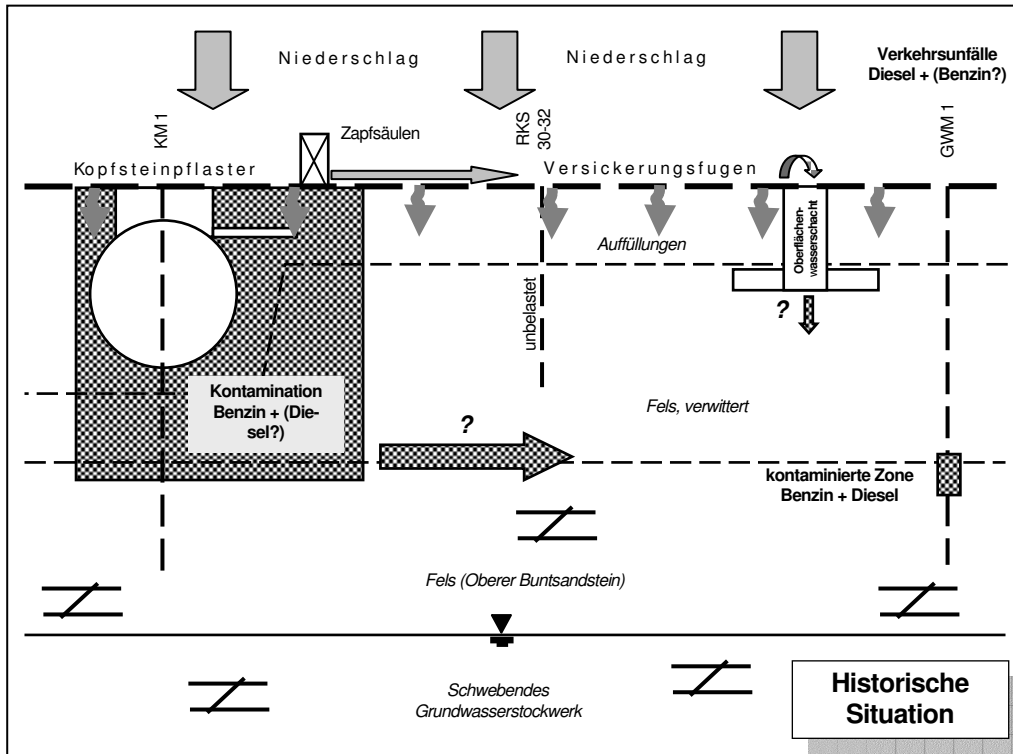
Neben der Transportbetrachtung für die ungesättigte Bodenzone erfolgt für die historische Situation unter Verwendung des ALTEX-1D-Arbeitsblattes zusätzlich eine Transportbetrachtung für die gesättigte Bodenzone.

II.1. Transportbetrachtung, Historische Situation

II.1.A Ungesättigte Bodenzone

In den früheren Jahren des Tankstellenbetriebes war die Oberfläche gepflastert und damit auch wasserdurchlässig. Für die weiterführenden Berechnungen wird eine Sickerwasserrate von 50 mm/a abgeschätzt. Dies entspricht ca. 50 % der Grundwasserneubindung in völlig unversiegeltem Geländezustand. Die historische Geländesituation wird in folgendem konzeptionellen Modell dargestellt:

Abbildung 7.1: Konzeptionelles Modell, Historische Situation



Die Berechnungstabelle sind in der Anlage 7.3.3 zu finden. Für die Berechnungen zur „historischen Situation“ werden mangels historischer Analysen die aktuelle Analysedaten verwendet.

Tabelle 7.10: Eingabedaten* für die Transportbetrachtung

Historische Situation / ± Unversiegelte Oberfläche (Pflasterstein)			
Kennwert, Parameter	Einheit	Wert	Anmerkungen
Schadstoff		Xylole	
Prüfwert	µg/l	20	Prüfwert für BTEX-Aromate
Kontaminierte Fläche	m ²	950	Bereich der Tanks, Zapfsäulen (800 m ²) zzgl. 150 m ² Bereich GWM 1 (siehe auch Anlage 8.1, Teilflächen I.1 bis I.4)
Ort der Beurteilung (OdB) = Flurabstand	m	8,0	angenommen: Bohrung KM 1 bis 7,8 m kein GW angetroffen
Oberkante Quelle	m	3,0	Differenz „Unterkante Quelle“ und Mächtigkeit der verunreinigten Bodenschicht
Unterkante Quelle	m	6,0	Unterkante der verunreinigten Bodenschicht

Historische Situation / ± Unversiegelte Oberfläche (Pflasterstein)			
Kennwert, Parameter	Einheit	Wert	Anmerkungen
			(KM 1, GWM 1)
Bodenart		Sst / Tst	Sandstein, Tonstein; Bohrungen KM 1, GWM 1
Feldkapazität	%	5	für Ton-/Sandstein
Trockenraumdichte Quelle	kg/dm ³	1,7	für Verwitterungslehme
Trockenraumdichte Transportstrecke	kg/dm ³	2,0	für Ton-/Sandstein
Gesamtgehalt	mg/kg	36	gemittelte Feststoffgehalte für Xylole
Mobilisierbarer Anteil	%	100	gemäß LABO-Arbeitshilfe „Sickerwasserprognose DU“ Kap. 6.3.2 im Sinne einer worst-case-Betrachtung mit 100 % der gesamten Schadstoffmasse angesetzt
Quellkonzentration initial	µg/l	640	gemittelte Sickerwassergehalte für Xylole; RKS 3, 4, 5, 6, 7, 17, 18, 19, 26, 27, 29
asympt. Endkonzentration	µg/l	0	unbekannt, deshalb gemäß Vorgabe Programm auf „0“ gesetzt
Abklingkonstante (k _s)	1/a	1,743E-04	berechneter Wert übernommen
Sickerwasserrate (SWR)	mm/a	50	- Wert aus Kapitel 6 für unversiegelten Zustand
Dispersivitäts-Skalenfaktor (f _d)		28,02	Wert aus Datenblatt „Berechnung äquivalenter Parameter für Mehrschicht-Bodenprofile und <u>flüchtige Stoffe</u> “ übernommen
linearer Verteilungskoeffizient (k _d)		0,45	Wert aus Datenblatt „Berechnung äquivalenter Parameter für Mehrschicht-Bodenprofile und <u>flüchtige Stoffe</u> “ übernommen
Halbwertszeit Abbau (T _{1/2})	Jahr (a)	1.000.000	- Zahlenwert für Rechenprogramm; <u>keine Berücksichtigung des Stoffabbaus</u>

* Eingabedaten: gelbe Felder im ALTEX-1D-Arbeitsblatt

Die durchgeführte Transportbetrachtung mittels ALTEX-1D ergaben für den Ort der Bewertung (Grundwasseroberfläche) folgende Daten:

Tabelle 7.11: Ergebnisse zu den Transportbetrachtung für m,p,o-Xylole

Historische Situation / teilversiegelte Oberfläche (Pflasterstein)				
Kennwert, Parameter	Symbol	Einheit	Wert	Anmerkung
max. Konzentration	c_{\max}	$\mu\text{g/l}$	407	Prüfwert- überschreitung
Zeitpunkt, max. Konz.	$t_{c\max}$	a	1.720	
Zeitpunkt, Prüfwert- überschreitung	$t_{pw\ddot{u}}$	a	3	
Zeitpunkt, Prüfwert- unterschreitung	t_{pwu}	a	~ 20.000	<i>Berechnung abgebro- chen</i>
Zeitdauer, Prüfwert- überschreitung	t_{pw}	a	~ 20.000	<i>bis Abbruch der Be- rechnung</i>
ges. Schadstoffeintrag GW	$E_{s2\text{ges}}$	kg	167.2	<i>bis Abbruch der Be- rechnung</i>
max. Fracht	$E_{s2\text{max}}$	g/a	19	
mittlere Fracht	$E_{s2\text{mittel}}$	g/a	8.4	<i>bis Abbruch der Be- rechnung</i>
max. Emissionsstärke	$J_{s2\text{max}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2\text{xa})$	20	

Die Transportbetrachtung ohne Berücksichtigung des natürlichen Stoffabbaus ergibt für die dargestellte historische Situation theoretisch eine 20-fache Prüfwertüberschreitung für Xylole am Ort der Beurteilung, die rechnerisch innerhalb von drei Jahren eingetreten sein könnte. Die maximale Konzentration wird bei diesem Rechenansatz in rd. 1.700 Jahren erreicht und würde ca. 20.000 Jahre andauern.

Die maximale Fracht/Emission beträgt für Xylole am Ort der Beurteilung (Grundwasseroberfläche) lediglich rd. 19 g/a und damit eine tägliche Fracht von 0,05 g/d.

Berücksichtigt man, dass der Xyloanteil rd. 40 % der Gesamt-AKW-Konzentration im Sickerwasser der Quelle ausmacht, ergibt sich für AKW überschlägig eine maximale Fracht/Emission von 0,13 g/d.

Dieser Emissionswert liegt weit unterhalb der „maximal zulässigen Emission“ von 20 g/d nach der VwV Orientierungswerte [V 10].

II.1.B Schadstoffkonzentration und Fracht im Grundwasser, (gesättigte Bodenzone)

Über die berechnete Fracht wurde mittels ALTEX-1D zusätzlich die Schadstoffkonzentration im Grundwasser berechnet.

Hinweis: Die Fracht in der ungesättigten Bodenzone (Übergangsbereich ungesättigte / gesättigte Bodenzone) entspricht der Fracht in der gesättigten Bodenzone (siehe Anlage 7.3.2, Berechnungstabelle „Schadstoffkonzentration im Grundwasser“, grüne Felder übernommene Daten aus Berechnungstabelle „Transportbetrachtung Fallkonstellation B“)

Die ermittelte maximale Xylol-Konzentration ($c_{\text{gw-max}}$) beträgt 68 µg/l.

Berücksichtigt man, dass der Xylolanteil rd. 40 % der Gesamt-AKW-Gehalte im Sickerwasser der Quelle ausmacht, ergibt sich überschlägig eine AKW-Konzentration von 170 µg/l im Grundwasser. Damit läge für die historische Situation eine deutliche Prüfwertüberschreitung nach BBodSchV (Prüfwert = 20 µg/l) vor.

Die für das Sickerwasser und damit auch für das Grundwasser ermittelte Fracht von 0,13 g AKW pro Tag liegt unterhalb des „Besonders klein“-Kriteriums der LUBW [V 16] und ist daher für die Bewertung maßgebend.

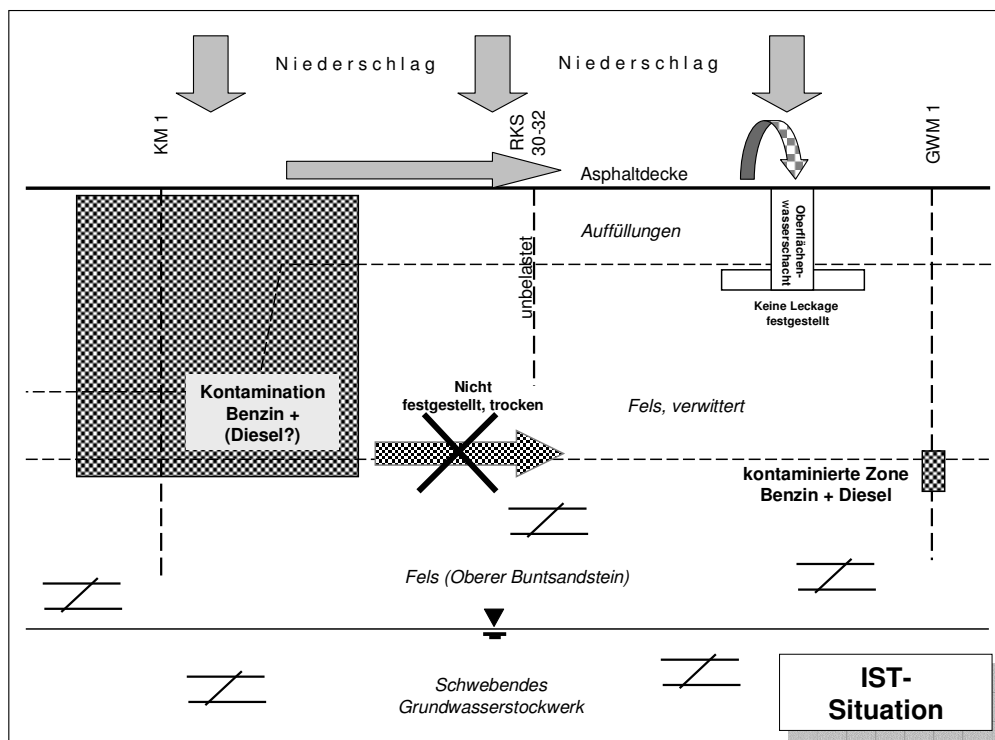
Die durchgeführten Transportbetrachtungen zur historischen Situation mit Teilversiegelung der Oberfläche belegen eine potentielle Gefährdung des schwebenden Grundwassers. Es ist nicht auszuschließen, dass in den früheren Jahren eine Verunreinigung des schwebenden Grundwassers eingetreten ist.

Wie die Emissionsbetrachtungen jedoch zeigen, waren die Schadstofffrachten so gering, dass eine großräumige Grundwasserverunreinigung eher unwahrscheinlich war.

II.2 IST-Situation

Das folgende konzeptionelle Modell stellt die heutige IST-Situation mit einer nahezu (Ausnahme schmaler Grünstreifen) vollständigen Versiegelung im früheren Tankstellenbereich dar. Es findet keine Grundwasserneubildung (Sickerwasserbildung) statt. Ein großer Niederschlagsanteil läuft oberirdisch gefasst ab, ein geringer Anteil verdunstet.

Abbildung 7.2: Konzeptionelles Modell, Ist-Situation



Aufgrund der heutigen Versiegelung der Geländeoberfläche besteht kein sickerwasserbetriebener Schadstofftransport von der Schadstoffquelle zur Grundwasseroberfläche. Es findet somit kein Eintrag von Schadstoffen in das schwebende Grundwasser statt, die derzeitige Emission am Ort der Beurteilung ist damit Null.

Es wurde untersucht, ob eine Schadstoffverlagerung in die tiefen Schichten des Buntsandsteingebirges und damit in den schwebenden Grundwasserkörper auch ohne eine Niederschlagsversickerung möglich ist. In den folgenden Tabellen wird die Residualkonzentration

der standorttypischen Schadstoffparameter der tatsächlich gemessenen Konzentration gegenübergestellt.

Nur wenn die tatsächlichen Konzentrationen die Residualkonzentrationen übersteigen, kann es zu einer schwerkraftbedingten Verlagerung der Stoffe in die Tiefe kommen. Bei dieser Betrachtung sind Diffusionsvorgänge nicht berücksichtigt.

Tabelle 7.12: Informationstabelle, Residualsättigung für verschiedene Böden

Mineralölprodukt / Schadstoff	Bodentyp/Bodenart	Residuale Konzentration [mg/kg]
Benzin	Fein- bis Mittelsand	5.833 ¹⁾³⁾
Benzin	grober Sand	~ 30.000 ¹⁾⁴⁾
Diesel, leichtes Heizöl	grober Sand, Kiese	3.879 ¹⁾³⁾
leichtes Heizöl	Fein- bis Mittelsand	~ 30.000 ¹⁾⁴⁾
MKW	Schluff	8.000-16.000 ²⁾
MKW	Sand	2.000-8.000 ²⁾
MKW	Kies	1.200-2.000 ²⁾

1) KORA-Themenverbund 1 [V14]

2) LUA NRW 2003: Vollzugshilfe zur Gefährdungsabschätzung „Boden-Grundwasser“

3) gemessen

4) berechnet

Aus der obigen Tabelle ist das Rückhaltevermögen von Böden hinsichtlich wassergefährdender Stoffe ersichtlich.

In der Tabelle 7.13 werden die maximal gemessenen MKW-/AKW-Alkan-Summengehalte dargestellt:

Tabelle 7.13: Maximal gemessene MKW-/AKW-Alkan-Summengehalte

Mineralölprodukt	Probe	Bodenart	Σ -Konzentration [mg/kg]
Benzin	RKS 5/0,6-1,1 m	Sand, kiesig	5.400
Benzin	RKS 8/1,6-3,2 m	Schluff, tonig, sandig, steinig	2.600
Benzin	RKS 17/2-2,8 m	Tonstein, verwitterter	4.800
Benzin	RKS 17/2,8-3,4 m	Tonstein, verwitterter	3.600
Benzin	KM 1/3,0 m	Schluff, tonig, sandig, steinig	6.300
Benzin + Diesel	GWM 1/5,7 m	Tonstein, verwitterter	12.600

Im Ergebnis ist festzustellen, dass unter Berücksichtigung der Bodenart die gemessenen Schadstoffkonzentrationen in den Boden-/Festgesteinsproben aus den Bohrungen RKS 5 und GWM 1 in der Größenordnung der residualen Konzentrationen für Benzin und Diesel liegen und die Schadstoffe damit nicht ohne eine Sickerwasserunterstützung in die Tiefe abwandern können.

Dies belegen auch die Messwerte aus den liegenden Bodenschichten der stark verunreinigten Horizonte:

- RKS 5/0,6-1,1 m: 5.400 mg/kg Σ -Konzentration
- RKS 5/2,0-3,0 m: 15+200 mg/kg Σ -Konzentration
- GWM1/5,7 m: 12.600 mg/kg Σ -Konzentration
- GWM1/6,2 m: 350 mg/kg Σ -Konzentration

Die Schadstoffkonzentrationen nehmen somit zur Tiefe hin signifikant ab.

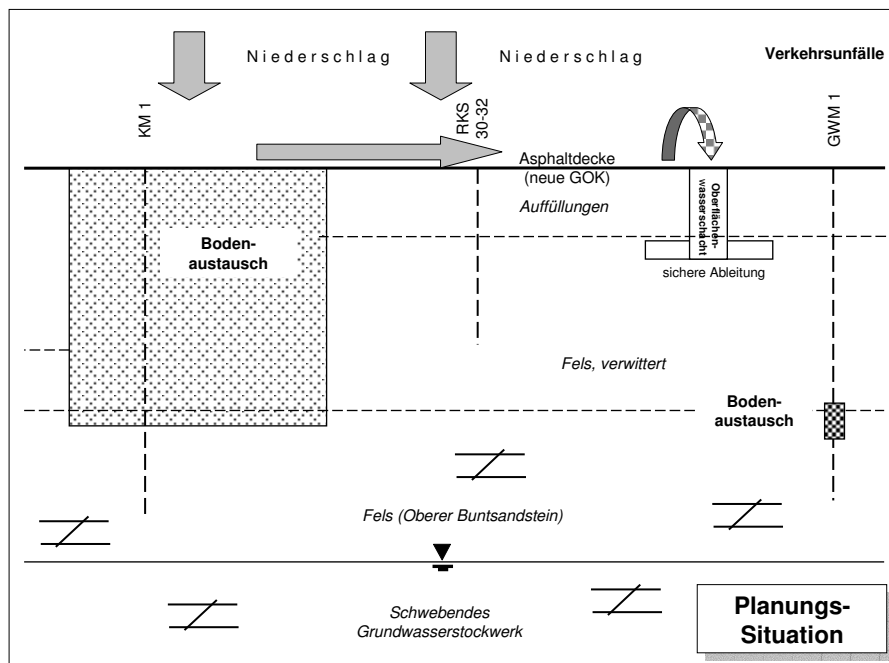
II.3 Bausituation / Sanierungssituation

Während der Bauphase im Zuge des geplanten 6-streifigen Ausbaus der BAB A8 kann durch eine Entsiegelung der kontaminierten Fläche eine Gefährdung des schwebenden Grundwassers durch Versickerung von Niederschlagswasser und einem damit verbundenen Schadstofftransport auftreten. Dies kann durch technische Maßnahmen wie z.B. einen abschnittsweisen Aushub, dem Einsatz von Planen oder sonstiger Maßnahmen zur Fassung und Ableitung von Oberflächenwasser weitgehend verhindert werden.

Nach einer vollständigen Entfernung des kontaminierten Bodens sowie einer erneuten Bodenversiegelung im Rahmen der geplanten Ausbaumaßnahme kann das Gelände als „altlastenfrei“ eingestuft und aus dem Boden- und Altlastenkataster entlassen werden.

Das folgende konzeptionelle Modell stellt die Situation nach Beendigung der Bauphase und einer vollständigen Dekontamination dar:

Abbildung 7.3: Konzeptionelles Modell, Planungssituation



8 Zusammenfassende Standortbewertung im Hinblick auf den Grundwasser- und Trinkwasserschutz

8.1 Altlastenerkundung

Bei der durchgeführten Erkundungen der Altlastensituation wurde auf einer Fläche von rd. 800 m² erhebliche Kontaminationen des Untergrundes durch Benzin und Diesel festgestellt. Diese Verunreinigungen reichen bis in die Schichten des Oberen Buntsandsteins hinein.

Die Schadstoffmenge wird nach den Ergebnissen überschlägiger Berechnungen auf rd. 730 kg AKW, rd. 790 kg MKW und rd. 3.900 kg Alkane geschätzt.

Tanks oder andere Quellen flüssiger Schadstoffe konnten nicht nachgewiesen werden. Das an die Bodenanalytik gebundene Schadstoffpotential kann sich je nach bautechnischer und hydrogeologischer Standortsituation unterschiedlich auf die Grundwasserqualität und damit auch auf die Trinkwassergewinnung im Enztal auswirken. Die Trinkwasserbrunnen in nord-östlich gelegenen Kirnbachtal sind nicht betroffen, da deren Eingangsgebiete außerhalb des Altlastbereiches liegen.

Anhand der vorliegenden Untersuchungsdaten und der Ergebnisse der Transportbetrachtungen ließen sich folgende drei Szenarien mit völlig unterschiedliche Risiken ableiten:

1. Historische Situation

Schadstoffpotential:	sehr hoch (> aktuelles Potential)
Sickerwasser:	vorhanden, da lediglich eine Teilversiegelung durch Pflastersteine vorliegt, ca. 50 l/m ² /Jahr
max. SiWa-Konzentration:	sehr hoch, Xylole > 400 µg/l, Prüfwertüberschreitungsfaktor 20 nach BBodSchV [V 7]
Frachten:	Xylole, sehr gering: 0,05 g/d AKW _{gesamt} : 0,13 g/d

Die maximal zulässige Emission von 20 g/d nach VwV Orientierungswerte wird sehr deutlich unterschritten.

Situationsbewertung

Die untersuchte Historische Situation, stellte für das Grundwasser eine permanente Bedrohung der Wasserqualität dar, die sich auf Grund der sehr niedrigen Emissionswerte vermutlich nur auf das nähere Umfeld der ehem. US-Tankstelle beschränkt hat.

2. Aktuelle Situation

Schadstoffpotential:	sehr hoch
Sickerwasser:	<u>nicht</u> in relevanten Mengen vorhanden, da auf Grund der Oberflächenversiegelung keine Grundwasserneubindung (Niederschlagsversickerung) erfolgt, Bohrkerne meist trocken, Buntsandstein immer trocken
max. SiWa-Konzentration:	wegen fehlenden Sickerwassers keine Lösung der Schadstoffe in der Bodenmatrix
Frachten:	wegen fehlenden Sickerwassers keine Schadstoffverlagerung (Frachten). Schadstoffkonzentration in der Bodenmatrix liegen unterhalb der Residualsättigung, daher keine Verlagerung ohne Sickerwasser möglich.

Situationsbewertung

Die aktuelle Situation entspricht auf Grund der vorhandenen Oberflächenversiegelung einer „gesicherten Altlast“ und stellt für das Grundwasser daher keine Gefährdung dar, auch wenn das Schadstoffpotential weiterhin sehr hoch ist.

3. Bauphase/Sanierungsphase

Schadstoffpotential:	abnehmend bis zur vollständigen Entfernung der Schadstoffe, d.h. Dekontamination
Sickerwasser:	zeitlich und lokal vorhanden wegen Entfernung der aktuellen Oberflächenversiegelung, wird gefasst und abgeleitet
max SiWa-Konzentration:	örtlich und zeitlich begrenzt hoch
Fracht:	sehr gering bis ausgeschlossen, wegen Sickerwasserableitung und Entfernung kontaminierter Bodenbereiche

Situationsbeschreibung

Die Bauphase kann bei länger anhaltenden Starkregen auf Grund der Oberflächeneröffnung eine kurzzeitige kritische Situation im Hinblick auf einen möglichen sickerwassergetriebenen Schadstofftransport ins Grundwasser darstellen. Dem kann mit entsprechenden technischen Maßnahmen zur Hinderung der Niederschlagsversickerung und Ableitung von Wässern wirkungsvoll entgegengewirkt werden.

Nach der Sanierungsphase mit vollständiger Dekontamination kann das Gelände unter Beachtung der Sicherheitsverordnung uneingeschränkt genutzt werden.

Gesamtbewertung

Die durchgeführte Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ergibt für die heutige Situation (Versiegelung) einen „zeitlich begrenzten, hinnehmbaren Zustand“.

Vor dem Hintergrund der potentiellen Gefährdung des schwebenden Grundwassers sowie der Nutzung des tieferen Grundwassers zur Trinkwassergewinnung besteht langfristig gesehen ein Sanierungsbedarf.

Generell sind folgende Sicherungs-/Sanierungs-Varianten möglich:

Variante 1: „unvollständige“ Dekontamination mittels Bodenaushub bis zur Planungstiefe im Rahmen des sechsstreifigen Ausbaus der BAB A8 mit Aushub der „hot spots“; Vollständige Versiegelung der Geländeoberfläche zur Verhinderung einer Niederschlagswasserversickerung; Durchführung umfangreicher Überwachungsmaßnahmen (Grundwassermonitoring) auf unbestimmte Zeiten.

Diese Maßnahme wäre als eine erweiterte Sickerungsmaßnahme einzustufen und als endgültige Lösung vermutlich nicht genehmigungsfähig.

Variante 2: vollständige Dekontamination mittels Bodenaushub/Bodenaustausch wegen der Lage in WSG II B.

Als echte und nachhaltige Sanierungsvariante schlagen wir die Variante 2 „Vollständige Dekontamination“ vor. Aufgrund der heutigen Situation mit nahezu vollständiger Versiegelung des Schadensherdes und geringen Emissionen/Frachten sollte die Durchführung aus bau- und verkehrstechnischen Gründen im Rahmen des sechsstreifigen Ausbaus der BAB A8 erfolgen.

Für eine zeitlich parallele Ausführung der Sanierungsmaßnahmen und des BAB A8-Ausbaus sprechen folgende Gründe:

- Für die aktuelle Geländesituation konnte keine akute Gefährdung des Grundwassers nachgewiesen werden. Die aktuelle Situation entspricht einer temporären Altlastensicherung.
- Eine Dekontamination kann falls notwendig auch unterhalb der heutigen Autobahntrasse erfolgen.
- Erhebliche Kostenersparnisse wegen Wegfall bzw. Reduzierung von zusätzlichen Baustelleneinrichtungen, Verbaumaßnahmen, Wiederversiegelung der Parkplatzflächen und insgesamt günstigerer Abwicklung der Baumaßnahme.
- Die Geländeoberfläche wird nur einmal zeitlich begrenzt geöffnet; Sicherungsmaßnahmen zur Verhinderung einer kritischen Sickerwasserbildung mit einer möglichen Schadstoffverfrachtung im Grundwasser müssen nur einmal getroffen werden.
- Sollte die Sanierungsmaßnahme sofort erfolgen, wäre dies zum Schutz des laufenden Autobahnbetriebs nur als Teilsanierung mit umfangreichen Sicherungsmaßnahmen und nur in einem definierten Abstand zur Autobahntrasse möglich.

Als zusätzliche Schutzmaßnahme für die Trinkwasserbrunnen im Enztal wird mit Hilfe eines detaillierten Grundwasser-Feinmodells ein hydraulisches Sicherheitskonzept entwickelt, das auch die geplante Erweiterung der BAB A8, Enztalquerung berücksichtigt.

8.2 Deckschichtenkartierung

Bei der aktuellen Geländesituation (IST-Situation) liegt nach den Ergebnissen der Deckschichtenkartierung im gesamten Untersuchungsgebiet ein hohes Schutzpotential vor. Nach HÖLTING [U15] berechnet sich die Verweildauer des Sickerwassers bis zum Erreichen des in ca. 60 m Tiefe anstehenden und zur Trinkwasserversorgung gewünschten Aquifer im Mittleren Buntsandstein mit 10-25 Jahren.

Auf Grund der geplanten Tieferlegung der Fahrbahn und des Parkplatzes wird sich das aktuelle hohe Schutzpotential, wegen der damit verbundenen Reduzierung der Deckschichtenmächtigkeit, in weiten Bereichen auf ein mittleres Schutzpotential verringern. Dies bedeutet, dass sich die Sickerwasser-Verweildauer auf < 10 Jahre verkürzt.

Zur Verhinderung dieser „Verschlechterung“ wird ein zusätzlicher Einbau bindigen Bodenmaterials empfohlen. Der Fahrbahn-/Parkplatzbelag bietet zusammen mit den geplanten Restweg-RistWag-Ausbau (Planungszustand) eine zusätzlich erhebliche Sicherheit.

9 Bodenmanagement, Entsorgung von Bodenmaterial

Im Folgenden wird zwischen der Entsorgung/Beseitigung von benzin-/dieserverunreinigtem Bodenmaterial und der Entsorgung/Verwertung von Bodenmaterial ohne tankstellenspezifische Verunreinigungen unterschieden.

Benzin-/dieserverunreinigtes Bodenmaterial

Bei den durchgeführten umwelttechnischen Untersuchungen wurden mehrere Schadensherde festgestellt, welche mit der früheren Nutzung als Tankstelle und Werkstatt der Fläche im Zusammenhang stehen. Im Rahmen von Erdbaumaßnahmen wird besonders in diesen Teilflächen verunreinigtes Material angetroffen, welches zu separieren und getrennt zu entsorgen ist.

In Anlage 9.1/Lageplan sind die Teilflächen mit nachgewiesenen Verunreinigungen durch Benzin/Diesel, sowie die „Verdachtsflächen“ (Teilfläche II, Werkstattbereich) in Form eines Lageplans mit Flächen- und Massenangaben dargestellt.

Der Kostenabschätzung für die Entsorgung von verunreinigtem Aushubmaterial liegen folgende Annahmen zu Grunde:

Für die Entsorgung von stark benzin-/dieserverunreinigtem Bodenmaterial werden 40 €/Tonne bei einer Andienung auf einer Bodenbehandlungsanlage, angesetzt. Für den Ausbruch von verunreinigtem Festgestein („Felsausbruch“) werden zusätzlich 10 €/Tonne aufgeschlagen. Die zusätzlichen Transportkosten für die Verbringung des Materials zum Ort der Entsorgung sind nicht berücksichtigt.

Die in Tabelle 9.1 dargestellten Massen- und Kostenschätzung bezieht sich auf eine „vollständige Dekontamination“ mittels Aushub bis zur Unterkante der Verunreinigungen, einschließlich des sowieso anfallenden verunreinigten Bodenmaterials, das im Rahmen von Erdbaumaßnahmen beim 6-streifigen Ausbau der BAB A8 mit Bau einer neuen PWC-Anlage anfallen kann.

Tabelle 9.1: Massen- und Kostenschätzung für eine vollständige Dekontamination durch Bodenaushub

Teilflächen	Massenabschätzung							Kostenabschätzung (netto)		
	F [m ²]	Lockerböden			Festgestein			Kosten ¹⁾ Locker- böden	Kosten ²⁾ Fest- gestein	Gesamt- kosten
		H [m]	V [m ³]	M [to]	H [m]	V [m ³]	M [to]			
Teilfläche I.1 neues Tank- lager	150	3,0	450	765	0	0	0	30.500 €	---	30.500 €
Teilfläche I.2 altes Tanklager + Zapfsäulen	360	2,5	900	1.530	1,5	540	1.100	61.000 €	54.000 €	115.000 €
Teilfläche I.3 Bereich RKS 19, 26, 27, 29	180	1,0	180	300	1,0	180	360	12.000 €	18.000 €	30.000 €
Teilfläche I.4 Zusatzfläche Fahrbahn	110	1,0	110	190	1,0	110	220	7.500 €	11.000 €	18.500 €
Teilfläche II Werkstatt- gebäude	200	0,5	100	170	0	0	0	3.500 € ³⁾	---	3.500 €
Teilfläche III Umfeld GWM 1	150	0	0	0	1,0	150	300	---	15.000 €	15.000 €
Summen		ca. 3.000 to			ca. 2.000 to			115.000 €	100.000 €	215.000 €

1): Einzelpreis stark verunreinigter Boden (Bodenbehandlungsanlage) = 40,- €/to

2): Einzelpreis stark verunreinigtes Festgestein (Bodenbehandlungsanlage) = 50,- €/to

3): Einzelpreis Z 2-Material (Deponierung) = 20,- €/to

F: Flächeninhalt

H: Mächtigkeit der verunreinigten Bodenschicht

V: Volumen der verunreinigten Bodenschicht

M: Masse der verunreinigten Bodenschicht (Lockerböden: 1,7 to/m³; Festgestein: 2,0 to/m³)

Die nachfolgende Tabelle 9.2 dient zum Kostenvergleich zwischen einer vollständigen Dekontamination und einer Teildekontamination. Letztere Variante wird in WSG II B aber voraussichtlich nach nicht genehmigungsfähig sein.

Gemäß dem aktuellen Querprofil bei km 238+480 liegt die Teilfläche I.2 („altes Tanklager“ und „Zapfsäulen“) im zukünftigen Fahrbahnbereich der geplanten 6-steifigen Autobahntrasse. Die Teilfläche I.1 („neues Tanklager“) liegt im zukünftigen Böschungsbereich der Autobahntrasse und innerhalb des zukünftigen Parkplatzes (Parkplatzerweiterung).

Tabelle 9.2: Kostenschätzung für eine Teildekontamination bis zur Basis des Rohplanums der geplanten Parkplatzerweiterung

Teilflächen	Massenabschätzung							Kostenabschätzung (netto)		
	F [m ²]	Lockerböden			Festgestein			Kosten Locker- böden	Kosten Fest- gestein	Gesamt- kosten
		H [m]	V [m ³]	M [to]	H [m]	V [m ³]	M [to]			
Teilfläche I.1 neues Tank- lager	150	1,5	225	380	0	0	0	15.000 €	---	15.000 €
Teilfläche I.2 altes Tanklager + Zapfsäulen	360	2,0	720	1.200	0	0	0	50.000 €	---	50.000 €
Teilfläche I.3 Bereich RKS 19, 26, 27, 29	180	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Teilfläche I.4 Zusatzfläche Fahrbahn	110	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Teilfläche II Werkstattge- bäude	200	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Teilfläche III Umfeld GWM 1	150	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Summen		ca. 1.600 to			---			65.000 €	---	65.000 €

Die Massen- und Kostenschätzungen beziehen sich auf den heutigen Wissensstand und auf die heutigen Verwertungs- / Entsorgungspreise.

Bodenmaterial ohne tankstellenspezifische Verunreinigungen

Im Zuge der Altlastenuntersuchungen im früheren Tankstellenbereich wurden neben den „hot-spot-Untersuchungen“ auch analytisch-chemische Untersuchungen an nicht auffälligen Bodenproben auf die Parameterliste der VwV Boden, Tab. 6.1, durchgeführt.

Es handelt sich um die Einzelproben RKS 3a/0,2-1,3 m (Auffüllungen) und RKS 20/0,7-1,8 m (Auffüllungen) sowie um die Mischproben „MP/Auffüllung“ und „MP/anstehender Boden“. Die Entnahme dieser Proben erfolgte aus dem früheren Tankstellen- und Werkstattbereich.

Da es sich lediglich um punktuelle Beprobungen handelt, haben diese Untersuchungen lediglich einen „orientierenden Charakter“.

Die Gegenüberstellung der Messwerte zu den genannten Proben (Anlage 7.1.2) mit den Zuordnungswerten der VwV Boden [V12] ergibt für die Proben RKS 20/0,7-1,8 m, MP/Auffüllung und MP/anstehender Boden eine Einstufung in die Qualitätsstufe Z0.

In der Tabelle 9.3 sind die Messbefunde der auffälligen Parameter zur Bodenprobe RKS 3a/0,2-1,3 m (Auffüllungen) zusammengestellt und nach VwV Boden abfalltechnisch eingestuft.

Tabelle 9.3: Laborergebnisse, Probe RKS 3a/0,2-1,3 m und Einstufung

Parameter	Einheit	RKS 3a 0,2-1,3 m	Einstufung nach [V11]
Σ-LHKW	mg/kg	1,09	≥ Z2
B(a)pyren	mg/kg	0,96	Z2
Σ-PAK	mg/kg	17,4	Z2
Blei	mg/kg	72	Z1.1
Kupfer	mg/kg	76	Z1.1
LF	μS/cm	400	Z1.2
Sulfat	mg/l	170	> Z2

LF: Elektrische Leitfähigkeit

Die Entnahme der Bodenprobe RKS 3a/0,2-1,3 m erfolgte aus Bodenmaterial (Auffüllungen) ohne Hinweise auf eine Benzin- oder Dieselerverunreinigung (AKW-, MKW-Gehalte und organoleptische Befunde nicht auffällig). Die erhöhten PAK-, Schwermetall- und Sulfatgehalte sind auf die Bauschuttanteile zurückzuführen (siehe Schichtenverzeichnis RKS 3, Anlage 5.1.1). Der LHKW-Gehalt von 1,09 mg/kg ist derzeit nicht erklärbar, da sämtliche LHKW-Messungen in der Bodenluft nicht auffällig (nicht nachweisbar) waren.

Die vorläufige abfalltechnische Bewertung der Auffüllböden ohne Benzin-/ Dieselerverunreinigung ergibt hinsichtlich der Verwertung eine Einstufung in die Qualitätsstufen Z1.1 bis Z1.2. Die Messwerte der Bodenprobe aus dem anstehenden Boden lagen unter den Z0-Werten der VwV Boden.

Zur abschießenden abfalltechnischen Einstufung von Materialien werden Deklarationsanalysen im Rahmen der bautechnischen Überwachung während der Baumaßnahmen erforderlich. Ist eine Verwertung des anfallenden Materials nicht möglich und muss eine Entsorgung auf einer Deponie erfolgen, so ist nach § 8 DepV [V 17] eine gezielte Untersuchung für die sog. „grundlegende Charakterisierung des Abfalls“ durchzuführen. Die Beprobungen erfolgen nach LAGA PN 98 aus Haufwerken.

Hinweise: Generell sollte aus Vorsorgegründen kein Bodenmaterial aus dem Werkstatt-/ Tankstellenbereich aufgrund der Lage der Wasserschutzzone II B wieder eingebaut werden.

Bei zukünftigen Erdbaumaßnahmen im Bereich des ehem. Werkstatt- und Tankstellengeländes sind mit Fundamentresten der früheren Bausubstanz zu rechnen.

10 Zusammenfassung und Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Das Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 44, plant im Zuge des 6-streifen Ausbaus der BAB A8, Enztalquerung eine Erweiterung der bestehenden Parkplätze auf dem Gelände der ehemaligen US-Tankstelle Pforzheim sowie im Bereich der nördlich und südlich angrenzenden Grünflächen. Die vorhandene WC-Anlage wird modernisiert.

Da der gesamte Standort im Wasserschutzgebiet WSG IIB liegt, müssen besondere Vorkehrungen zum Schutz des Grundwassers und der im Abstrom gelegenen Trinkwasserbrunnen im Enztal getroffen werden. Hierzu gehören eine Hydrogeologische Standortuntersuchung (Deckschichtenkartierung) zur Bestimmung der Gesamtschutzfunktion der Deckschichten nach HÖLTING, sowie eine umwelttechnische Untersuchung (Altlastenuntersuchung) auf standorttypische Schadstoffe im Untergrund. Letztere diene zusätzlich zur Vorabbewertung des späteren Aushubmaterials.

Zur fachgerechten Standortuntersuchung wurde im Rahmen eines gestuften Untersuchungsprogramms folgende technische Arbeiten durchgeführt:

Feldarbeiten mit geologischer Betreuung

- 32 Rammkernsondierungen (Kleinrammbohrungen) mit rd. 100 Sondiermetern
- Zwei großkalibrigen Bohrungen mit rd. 15 Bohrmeter
- rd. 70 Bodenprobenahmen (z.T. Doppel-/Mehrfachbeprobungen)
- 25 Bodenluftbeprobungen
- Bau einer Grundwassermessstelle (GWM 2) im schwebenden Grundwasserkörper

Sonstige Feldarbeiten mit geologischer Betreuung

- Flächendeckende geophysikalische Untergrunderkundung
- Anlegen von zwei Baggerschürfen
- Geophysikalische Bohrlochmessungen an einer Messstelle
- Zwei Pumpversuche mit Wasserprobenahmen

Chemische Laborarbeiten

- 13 Bodenluftanalysen auf die Parameter AKW und LHKW und 12 Stück auf AKW
- 53 Bodenanalysen auf AKW sowie 51 Stück auf MKW, 48 Stück auf „Alkane“ und je zwei Stück auf PAK und PCB
- Vier Bodenanalysen nach Parameterliste VwV Boden
- Zwei Wasseranalysen auf AKW, MKW, „Alkane“ und PAK

Ergebnisse der Altlastenuntersuchung

Bei der durchgeführten Erkundungen der Altlastensituation wurde eine erhebliche Kontamination des Untergrundes im Bereich der beiden ehemaligen Tanklager und der Zapfsäulen durch Benzin nachgewiesen. Diese Verunreinigungen reichen mit Tiefen von 5,5 Metern bis in die Schichten des Oberen Buntsandsteins hinein. Die kontaminierte Fläche hat eine Größe von rd. 800 m².

Weiterhin weisen die Untersuchungen im Umfeld der Bohrung GWM 1 (heutige Parkplatzzufahrt) auf eine Verunreinigung durch Benzin und Diesel hin. Möglicherweise erfolgte der Dieseeintrag über undichte Schmutzwasserkanäle /-schächte oder über den Grünstreifen als Folge von LKW-Unfällen, welche in diesem Bereich dokumentiert sind. Die Benzinverunreinigung könnte ebenfalls auf den oben beschriebenen Eintrag durch Unfälle oder Verunreinigungen im früheren Tanklager-/ Betankungsbereich in Verbindung stehen.

Weitere, jedoch „unbedeutende“ Belastungen sind im Bereich des ehemaligen Werkstattgebäudes vorhanden.

Die Massenabschätzungen ergaben ein Gesamtvolumen (incl. Werkstattbereich) von rd. 1.800 m³ verunreinigten Lockerböden und rd. 1.000 m³ verunreinigtem Festgestein.

Die im Untergrund vorhandenen Schadstoffmassen wurden für den Tankstellenbereich und im Bereich um GWM 1 mit rd. 730 kg AKW, rd. 790 kg MKW und rd. 3.900 kg „Alkane“ abgeschätzt.

Behältnisse (Tanks) mit wassergefährdenden Stoffen wurden nicht gefunden.

Die Transportbetrachtungen, die unter Anwendung des Arbeitsblattes ALTEX-1D nach LABO durchgeführt wurden, brachten zusammengefasst folgende Ergebnisse:

Historische Situation

Für die historische Situation mit quasi unvollständiger Versiegelung (Pflasterstein) wurde eine 20-fache Prüfwertüberschreitung für Xylole (Prüfwert = 20 µg/l) am Ort der Beurteilung (Grundwasseroberfläche) berechnet.

Die maximale Fracht/Emission hatte am Ort der Beurteilung einen rechnerischen Wert von lediglich 0,05 g/d. Damit wurde zur Zeit des Tankstellenbetriebs die in Baden-Württemberg gültige „maximal zulässige Emission“ von 20 g/d ohne Berücksichtigung eines natürlichen Schadstoffabbaus deutlich unterschritten.

Aus der überschlägigen Berechnung des Sickerwasservolumenstromes und des Grundwasservolumenstrom ergibt sich für das Grundwasser eine tägliche Fracht von lediglich 0,13 g AKW pro Tag. Nach den LUBW-Hinweisen [V16] „*sind die Emissionen besonders klein*“, wenn die berechneten täglichen Frachten/Emissionen kleiner 1 % der maximal zulässigen Emission (= 0,2 g AKW pro Tag) sind. Dieses „besonders klein“-Kriteriums ist eindeutig unterschritten.

Es ist nicht auszuschließen, dass in den früheren Jahren eine Verunreinigung des schwebenden Grundwassers eingetreten ist. Die Emissionsbetrachtungen zeigen jedoch, dass es sich um sehr geringe Frachten handelte und der mögliche Schadensbereich somit eng begrenzt war.

Aktuelle Situation

Aufgrund der heutigen Versiegelung und dadurch fehlender Sickerwasserbildung ist kein Schadstofftransport von der Schadstoffquelle zur Grundwasseroberfläche nachgewiesen. Es findet somit kein Eintrag von Schadstoffen in das schwebende Grundwasser statt.

Die gemessenen Schadstoffkonzentrationen liegen maximal in der Größenordnung der residualen Konzentrationen für Benzin und Diesel. Es ist damit zwar ein hohes Schadstoffpotential nachgewiesen, eine Schadstoffmobilisierung ohne Sickerwasser-unterstützung (Elution) findet jedoch nicht statt. Im Liegenden der stark kontaminierten Bodenschichten

nehmen die Schadstoffgehalte signifikant ab, was eindeutig einer Tiefenverlagerung in Phase widerspricht.

Die durchgeführte Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ergibt für die heutige Situation (Versiegelung) einen „zeitlich begrenzten, hinnehmbaren Zustand“.

Der geplante Bau einer Grundwassermessstelle (GWM 1) im direkten Abstrom des Schadensherdes konnte nicht umgesetzt werden, da bei den Bohrarbeiten eine stark kontaminierte Bodenschicht angetroffen und der Ausbau aus Sicherheitsgründen in Abstimmung mit dem LRA Enzkreis nicht durchgeführt wurde. Aufgrund der bestehenden Autobahn-Infrastruktur konnte kein alternativer Standort für den Messstellenbau festgelegt werden.

Die Untersuchung von Grundwasserproben aus der neuen Grundwassermessstelle GWM 2, die im weiteren seitlichen Abstrom des ehemaligen Tankstellenareals gelegen ist, zeigte keine Beeinflussung des schwebenden Grundwassers durch tankstellenspezifischen Stoffe.

Die bereits vorhandene Grundwassermessstelle P 1 liegt auf dem gegenüberliegenden Tank- und Raststätteareal und erfasst ebenfalls das schwebende Grundwasser. Bei den Beprobungen wurden schwach auffällige AKW- und MKW-Gehalte in den Wasserproben gemessen.

Neben erhöhten Leitfähigkeitswerten zeigte die Messstelle P1 erhöhte PAK-15 und Naphthalinergehalte mit Prüfwertüberschreitungen. Generell könnte diese Belastung im ursächlichen Zusammenhang mit einem älteren Havariefall im näheren Umfeld der Messstelle stehen.

Als nachhaltige Sanierungsvariante schlagen wir eine vollständige Dekontamination durch einen Bodenaustausch vor. Die Durchführung der Sanierungsarbeiten sollte parallel mit dem Ausbau der BAB A8 und des Parkplatzes erfolgen, da aus verkehrs- und bautechnischen Gründen nur dann eine vollständige Kontamination des Untergrundes möglich ist.

Massen- und Kostenabschätzungen

Bei einer vollständigen Dekontamination des Schadensherdes durch Bodenaushub muss mit rd. 3.000 Tonnen kontaminierte Lockerböden und rd. 2.000 Tonnen kontaminiertes Festgestein gerechnet werden. Dieses Aushubmaterial ist einer Bodenbehandlungsanlage zuzuführen. Die Gesamtkosten für die Entsorgung des Materials wird auf 215.000 EURO (netto) geschätzt.

Bei einer „Teildekontamination“ mit Aushub der kontaminierten Bodenschichten bis zum Rohplanum im Zuge der geplanten Parkplatzerweiterung, werden rd. 1.600 Tonnen kontaminierte Lockerböden anfallen. Die Entsorgungskosten werden auf rd. 65.000 EURO (netto) geschätzt.

Ergebnisse der Deckschichtenkartierung

Bei der aktuellen Geländesituation (IST-Situation) liegt nach den Ergebnissen der Deckschichtenkartierung im gesamten Untersuchungsgebiet ein hohes Schutzpotential vor. Nach HÖLTING [U15] beträgt die Verweildauer des Sickerwassers bis zum Erreichen des in ca. 60 m Tiefen anstehenden und zur Trinkwasserversorgung genutzten Aquifers im Mittleren Buntsandstein 10-25 Jahren.

Aufgrund der geplanten Tieferlegung der Fahrbahn und des Parkplatzes wird sich das aktuell hohe Schutzpotential wegen der damit verbundenen Reduzierung der Deckschichtenmächtigkeit in weiten Bereiche auf ein mittleres Schutzpotential rechnerisch verkleinern. Dies bedeutet, dass sich die Sickerwasser-Verweildauer auf < 10 Jahre verkürzt.

Zur Verhinderung dieser „Verschlechterung“ wird ein zusätzlicher Einbau bindigen Bodenmaterials empfohlen.

Der Fahrbahn-/Parkplatzbelag bietet zusammen mit den geplanten RistWag-Ausbau (Planungszustand) eine zusätzlich erhebliche Sicherheit.

Beschreibung des schwebenden Grundwasserkörpers

Der schwebende Grundwasserkörper besitzt im Ergebnis der durchgeführten Felsversuche und deren hydrogeologischen Auswertung folgende Eigenschaften:

- Die vermutlich freie Grundwasseroberfläche wurde zwischen 8 m (GWM 2) und 10 m (P1) unter Gelände angetroffen.
- Der Grundwasserleiter besitzt eine sehr geringe Ergiebigkeit (kf-Wert: 2×10^{-6} bis 5×10^{-7} m/s)
- Der Grundwasserleiter entwässert parallel zum Verlauf der BAB A8 Richtung Norden/Nordwesten
- Das Fließgefälle liegt bei rd. 5 %, der bestehende Autobahneinschnitt wirkt nördlich der Verbindungsbrücke A8-Westseite/Ostseite vermutlich drainierend.
- Der mittlere Grundwasserabstrom wurde mit rd. $0,1 \text{ m}^3/\text{h}/100 \text{ m}$ Abstrombreite berechnet.

Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise

Als nächster Schritt ist die Erstellung eines Sanierungsplanes nach BBodSchG §13 erforderlich. Die Erstellung eines Sanierungsplanes erfolgt nach der BBodSchV Anhang 3 mit folgenden Inhalten:

- Darstellung der Ausgangslage, insbesondere hinsichtlich der Standortverhältnisse, der Gefahrenlage, der Sanierungsziele und der getroffenen behördlichen Entscheidungen
- Textliche und zeichnerische Darstellung der durchzuführenden Maßnahmen und Nachweis ihrer Eignung, insbesondere hinsichtlich dem Einwirkungsbereich der Altlast und der Flächen die für die Maßnahmen benötigt werden, des Gebietes des Sanierungsplanes, der Elemente und des Ablaufs der Sanierung (Bauablauf, Erdarbeiten, Zwischenlagerung, Entsorgung, Arbeitsschutz), der fachspezifischen Berechnungen, der zu behandelnden Mengen und der Transportwege, der technischen

Ausgestaltung von Sicherungsmaßnahmen sowie den behördlichen Zulassungserfordernissen

- Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen zur Überprüfung der sachgerechten Ausführung und Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahme (Überwachungskonzept hinsichtlich Bodenmanagement, Arbeitsschutz, begleitende Probenahme und Analytik)
- Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge (bei Bedarf)
- Darstellung des Zeitplans und der Kosten

J. Schön, Dipl.-Geol.

H. Brecht, Dipl.-Geol.

Dr. M. Schneider, Dipl.-Geol.