

Projekt:

GwMonitoring im Stadtgebiet Oberursel

Gutachten zur Erkundung und Bewertung der CKW- Belastung des Grundwassers im Stadtgebiet

Auftraggeber:

**Stadtverwaltung Oberursel (Taunus)
Rathausplatz 1
61440 Oberursel**

und

**Stadtwerke Oberursel (Taunus) GmbH
Oberurseler Straße 55 – 57
61440 Oberursel**

I. Inhaltsverzeichnis (Text)

	Seite
1. Auftrag	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Aktuelle Aufgabenstellung	2
2. Umgesetzte Maßnahmen	3
2.1 Immissions-Pumpversuche	3
2.2 Kurzpumpversuche	4
2.3 Analytik	5
3. Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen	6
4. Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen	8
4.1 Altstandort Borkenberg	8
4.1.1 Ausgangslage	8
4.1.2 Kurzpumpversuch an der GW 4 ■	9
4.2 Altstandorte Im Portugall	10
4.2.1 Ausgangslage	10
4.2.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 4/2007 Im Portugall	10
4.3 Altstandort zwischen der Portstraße und Im Portugall	12
4.3.1 Ausgangslage	12
4.3.2 Kurzpumpversuch an der GWM 1/2007 Portstraße Ost	13
4.3.3 Kurzpumpversuch an der GWM Portstraße West	14
4.4 Altstandorte in der oberen Feldbergstraße	15
4.4.1 Ausgangslage	15
4.4.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 2/2007 Eckardtstraße	16
4.5 Altstandort Chemische Fabrik Eppsteiner Straße	17
4.5.1 Ausgangslage	17
4.5.2 Aktuelle Situation	19
4.6 Altstandorte im Bereich Marktplatz	21
4.6.1 Ausgangslage	21
4.6.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 6/2007 Strackgasse	22
4.7 Altstandorte Holzweg / Henchenstraße	23
4.7.1 Ausgangslage	23
4.7.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM Holzweg	25
4.7.3 Immissions-Pumpversuch an der GWM 3/2007 Henchenstraße (tief)	26
4.7.4 Kurzpumpversuch GWM an der 3.2/2007 Henchenstraße (flach)	27
4.8 Situation in den Vorfeld-GWM Adenauerallee	27
4.8.1 Ausgangslage	27
4.8.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 2 (tief) Adenauerallee	28
4.8.3 Immissions-Pumpversuch an der KB 1 (flach) Adenauerallee	30
4.9 Auswertung der Messreihen am WW Riedwiese	31
4.9.1 Entwicklung der CKW-Konzentrationen	31
4.9.2 Entwicklung der CKW-Massenbilanz	34
4.10 Bestimmung von FCKW in Grundwasserproben	35
4.11 Überprüfung der allgemeinen Hydrochemie	42
4.12 Überprüfung des Messnetzes	44
4.13 Aktualisierung des numerischen GwStrömungsmodells	45
5. Zusammenfassende Bewertung der aktuellen Datenbasis	48

6.	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen	54
6.1	Strategie der weiteren Vorgehensweise	54
6.2	Maßnahmenplan	55
6.2.1	Umwelttechnische Erkundung von Altstandorten	55
6.2.2	Auf relevante Altstandorte bezogenes GwMonitoring	56
6.2.3	Auf das WW Riedwiese bezogenes GwMonitoring	59

➤ **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 4-1:	Zeitliche Entwicklung der CKW-Konzentration in der GWM 5/2007 (Mai 2007)	18
Abbildung 4-2:	Räumliche Verteilung der Konzentrationen von SF ₆ vs. F12 (Labor Dr. Oster)	39
Abbildung 4-3:	Idealisierte vertikale Gliederung des numerischen GwModells /45/	46
Abbildung 6-1:	Vorgeschlagenes GwMessnetz für das Schutzgut WW Riedwiese (aus /27/)	60

➤ **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2-1:	Durchgeführte Pumpversuche an den GwMessstellen (Juli – Dezember 2015)	5
Tabelle 4-1:	Relevante physikalische Daten für die maßgeblichen CKW	20
Tabelle 4-2:	Modellalter der GwProben, berechnet nach dem Piston-Flow-Modell (Anlage 12)	37
Tabelle 4-3:	Ergebnisse der FCKW-Analytik (Anlage 12, /40/)	38
Tabelle 4-4:	Vergleich der in den Jahren 2000/02 und 2015 gemessenen Konzentrationen an FCKW und SF ₆ in der GWM Adenauerallee und Brunnen 4 des WW	41
Tabelle 4-5:	Hydrochemische Übersichtsanalysen der untersuchten GwMessstellen [mg/l]	43
Tabelle 4-6:	Wertebereiche physikochemischer Feldmessungen während der IPV 2015	43
Tabelle 5-1:	Vergleich der Konzentrationsniveaus und Frachten 2007 und 2015 (Fracht bei mittlerer Förderleistung, Werte tlw. gerundet)	48
Tabelle 5-2:	Maßzahlen zur Beurteilung von GwVerunreinigungen durch LHKW (Summe) nach /30/	49
Tabelle 5-3:	Bewertungsmatrix zur Einstufung von GwVerunreinigungen nach /30/	49
Tabelle 6-1:	Vorschlag für die standortbezogene Verdichtung des GwMessnetzes mit Kostenschätzung (incl. MwSt.)	59

II. Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslagepläne des Stadtgebiets	
Anlage 1.1	Übersichtsplan mit GwGleichen, Aufschlusspunkten und Lage der Altstandorte	M 1:7.500
Anlage 1.2	Übersichtsplan des Stadtgebiets mit Aufschlusspunkten, Lage der Altstandorte und davon ausgehenden Bahnlinien	M 1:10.000
Anlage 1.3	Übersichtsplan des Stadtgebiets mit Aufschlusspunkten, Lage der Altstandorte und Zustrombereichen der Brunnen	M 1:10.000
Anlage 2	Hydrogeologisch-geohydraulischer Profilschnitt NW – SE / in GwFließrichtung vom Stadtzentrum Oberursel zum WW Riedwiese mit bekannten CKW-Schadensfällen	MdH 1:1.500, MdL 1:10.000
Anlage 3	Standort Borkenberg	
Anlage 3.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen	M 1:1.000
Anlage 3.2	Ergebnisse KPV GW 4 – ██████████ Gegenüberstellung der Messreihen 2007 - 2015	
Anlage 4	Altstandorte Im Portugall und Portstraße	
Anlage 4.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen – Altstandorte obere Feldbergstraße	M 1:2.000
Anlage 4.2	Ergebnisse IPV GWM 4/2007 – Im Portugall Gegenüberstellung der Messreihen 2007 - 2015	
Anlage 4.3	Ergebnisse IPV und KPV GWM 1/2007 – Portstraße Ost Gegenüberstellung der Messreihen 2007 - 2015	
Anlage 4.4	Ergebnisse IPV und KPV GWM Portstraße West ¹ Gegenüberstellung der Messreihen 2007 – 2015	
Anlage 4.5	Bohrprofil GWM 4/2007 Im Portugall mit Ausbauzeichnung	
Anlage 4.6	Bohrprofil GWM 1/2007 Portstraße Ost mit Ausbauzeichnung	
Anlage 4.7	Bohrprofil GWM Portstraße West mit Ausbauzeichnung	
Anlage 5	Altstandorte im Bereich Feldberg- / Eckardtstraße	
Anlage 5.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen – Altstandorte obere Feldbergstraße	M 1:1.000
Anlage 5.2	Ergebnisse IPV GWM 2/2007 – Eckardtstraße Gegenüberstellung der Messreihen 2007 – 2015	
Anlage 5.3	Bohrprofil GWM 2/2007 Eckardtstraße mit Ausbauzeichnung	

¹ GWM installiert 2004 im Rahmen des GwMonitorings für das BV IBM /16/.

Anlage 6	Altstandort Eppsteiner Straße 13	
Anlage 6.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen – Altstandort	M 1:1.000
Anlage 6.2	Bohrprofil GWM 5/2007 Eppsteiner Straße mit Ausbauzeichnung	
Anlage 7	Altstandorte Chem. Reinigungen Marktplatz / Strackgasse	
Anlage 7.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen	M 1:1.000
Anlage 7.2	Ergebnisse IPV GWM 6/2007 – Strackgasse Gegenüberstellung der Messreihen 2007 – 2015	
Anlage 7.3	Bohrprofil GWM 6/2007 Strackgasse mit Ausbauzeichnung	
Anlage 8	Altstandorte untere Feldberg- / Henchenstraße und Holzweg	
Anlage 8.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen	M 1:1.000
Anlage 8.2	Ergebnisse IPV GWM Holzweg ¹ Gegenüberstellung der Messreihen 2007 - 2015	
Anlage 8.3	Ergebnisse IPV GWM 3/2007 ^{tief} – Henchenstraße Gegenüberstellung der Messreihen 2007 - 2015	
Anlage 8.4	Ergebnisse KPV GWM 3.2/2007 ^{flach} – Henchenstraße Gegenüberstellung der Messreihen 2007 – 2015	
Anlage 8.5	Bohrprofil GWM Holzweg mit Ausbauzeichnung	
Anlage 8.6	Bohrprofil GWM 3/2007 ^{tief} Henchenstraße mit Ausbauzeichnung	
Anlage 8.7	Bohrprofil GWM 3.2/2007 ^{flach} Henchenstraße mit Ausbauzeichnung	
Anlage 9	GWM Adenauerallee	
Anlage 9.1	Lageplan mit GWM / Probenahmestellen, GwGleichen und CKW-Konzentrationen – Adenauerallee	M 1:1.000
Anlage 9.2	Ergebnisse IPV GWM 2 ^{tief} – Adenauerallee	
Blatt 1	Gegenüberstellung der Messreihen 2002 - 2015	
Blatt 2	Gegenüberstellung der Messreihen 1994 - 2015	
Anlage 9.3	Ergebnisse IPV KB 1 ^{flach} – Adenauerallee Gegenüberstellung der Messreihen 2002 – 2015	
Anlage 9.4	Bohrprofil GWM 2 ^{tief} Adenauerallee mit Ausbauzeichnung	
Anlage 10	Ganglinien von CKW-Konzentrationen und -Frachten in den Brunnen des Wasserwerks Riedwiese	
Anlage 10.1	Ganglinien der Konzentrationsentwicklung in allen Brunnen	
Anlage 10.2	Ganglinien der Konzentrationsentwicklung in den Brunnen 1 + 4	
Anlage 10.3	Ganglinien der Konzentrationsentwicklung in den Brunnen 2 + 7	
Anlage 10.4	Ganglinien der CKW-Frachten	
Anlage 10.5	Ganglinien der Konzentrationsentwicklung in der GWM Adenauerallee	

¹ GWM installiert 2004 im Rahmen des GwMonitorings für das BV IBM /16/.

III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- /1/ Digitale Topografische Karte 1:25.000 (TK25).- Hess. LVA Wiesbaden, 2000
- /2/ Geologische Karte, M 1:25.000, Blatt 5717 Bad Homburg vor der Höhe mit Erläuterungen zur Geologischen Karte.- HLfB, Wiesbaden 1972
- /3/ GK25 Blatt 5817 Frankfurt am Main West / Faksimilierter Nachdruck der Ausgabe aus dem Jahre 1929.- HLfB, Wiesbaden 1994
- /4/ Standortkarte von Hessen – L5716 Bad Homburg v. d. H. – Hydrogeolog. Karte M 1:50.000.- Hessisches Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Abteilung Landwirtschaft und Landentwicklung, Wiesbaden 1984.
- /5/ Standortkarte von Hessen – L5916 Frankfurt a. M. West – Hydrogeolog. Karte M 1:50.000.- Hessisches Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Abteilung Landwirtschaft und Landentwicklung, Wiesbaden 1984.
- /6/ Gutachten über die Grundwasserentnahmen im S-Teil der Stadt Oberursel.- Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 26.08.1955
- /7/ Gutachten zur Verbesserung des GwSchutzes im Einzugsgebiet des WW Riedwiese der Stadtwerke Oberursel GmbH im Hochtaunuskreis.- Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 26.01.1994
- /8/ Gutachten über die Grundwasserentnahme der Stadtwerke Oberursel GmbH im Hochtaunuskreis.- Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 26.01.1996
- /9/ Vertiefende umwelttechnische Erkundung zur Herkunft einer GwVerunreinigung durch CKW im Bereich Borkenberg.- Gutachten im Auftrag des WWA Friedberg, Büro HG GmbH, Lich 28.10.1997
- /10/ Untersuchungen zum tertiären GwLeiter auf dem Gelände der [REDACTED] - Gutachten im Auftrag [REDACTED], Hydrodata GmbH, Oberursel 25.02.1999
- /11/ GwSanierung mittels Funnel & Gate auf dem Gelände der [REDACTED] - Tischvorlage zur Besprechung beim RPAUWI am 30.03.1999, Arcadis GmbH, Darmstadt 19.03.1999
- /12/ Teutsch et. al: Ein neues integrales Verfahren zur Quantifizierung der Grundwasserimmission. Grundwasser. 5 Nr. 4, Springer Berlin 2000
Teil I: Beschreibung der Grundlagen.- S. 176-183
Teil II: Numerische Lösung und Anwendung in Eppenheim.- S. 170-175
- /13/ Dokumentation und Bewertung eines Pumpversuchs an der tiefen GWM "Ade-nauerallee" in Oberursel zur Erkundung der CKW-Belastung im Wasserwerk Riedwiese.- Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Oberursel GmbH, Büro HG GmbH, Gießen 09.12.2002
- /14/ Dokumentation und Bewertung von GwUntersuchungen im Stadtgebiet von Oberursel zur Erkundung der Herkunft von CKW-Belastungen im WW Riedwiese.- Gutachten im Auftrag des RPAUWI, Büro HG GmbH, Gießen 29.04.2004
- /15/ Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.- LAWA, Düsseldorf 12/2004
- /16/ GwMonitoring im Rahmen des BV NDC der [REDACTED] - Gutachterliche Bewertung der Daten zur CKW-Belastung des Grundwassers.- Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Oberursel, Büro HG GmbH, Gießen 04.03.2005

- /17/ Ausarbeitung eines numerischen GwModells für die Erkundung der Herkunft von CKW-Belastungen des WW Riedwiese der SW Oberursel GmbH sowie einer GwBilanz für das Stadtgebiet.- Abschlussbericht im Auftrag des RPAU WI und der Stadtwerke Oberursel.- Büro HG GmbH, Gießen 25.07.2005
- /18/ GwMonitoring im Rahmen des BV [REDACTED].- Abschließende gutachterliche Bewertung der Daten zur CKW-Belastung des Grundwassers.- Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Oberursel, Büro HG GmbH, Gießen 30.01.2006
- /19/ Antragsunterlagen zur Bewilligung der Wasserrechte zur GwEntnahme im WW Riedwiese.- Büro HG GmbH, Gießen 12.05.2006
- /20/ Dokumentation umwelttechnischer Untersuchungen zum Nachweis der Herkunft von CKW-Verunreinigungen des Grundwassers im Stadtgebiet von Oberursel mit Interpretation der Ergebnisse und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.- Gutachten PNr. 03041/2 im Auftrag des RPAUWI, Büro HG, Gießen 31.10.2007
- /21/ Bewilligung nach §8 WHG zur Entnahme von Grundwasser aus den TwGA Brunnen 1, 2, 4 und 7 Riedwiese sowie aus den Brunnen 5 „Gnade Gottes“ und 6 „Wallstraße“.- Bescheid RPAU Wiesbaden 15.01.2008
- /22/ DNAPL site evaluation.- EPA / R.S. Kerr Env. Res. Lab, Oklahoma Februar 1993
- /23/ EPA: Site characterization technologies for DNAPL investigations.- Office of superfund remediation and technology innovation, Cincinnati 06/2004
- /24/ Kueper, B. & Davies, K.: Assessment and Delineation of DNAPL source zones at hazardous waste sites.- EPA Nat. Risk Management Lab., Cincinnati 06/2009
- /25/ Leitfaden CKW – Stoffeigenschaften. (www.bafu.admin.ch) - ChloroNet, Bundesamt für Umwelt Bern, 09/2009
- /26/ Sicherung der Trinkwasser-Versorgung für die Stadt Oberursel, Stellungnahme zu Untersuchungen im Bereich des Altstandorts Feldbergstr. [REDACTED].- Büro HG GmbH, Gießen 05.01.2009
- /27/ Grundwasser-Monitoring im Zustrombereich des WW Riedwiese der Stadtwerke Oberursel, Gutachterliche Bewertung der Daten zur Grundwasserbeschaffenheit mit Empfehlungen für den Ausbau und zukünftigen Betrieb des Messnetzes.- Gutachten PNr. 03049/5 im Auftrag der SW Oberursel Büro HG GmbH, Gießen 20.10.2010
- /28/ Ermittlung von Schadstofffrachten in Grund- und Sickerwasser – Handbuch Altlasten Bd. 3 Teil 6, HLOG Wiesbaden 2008
- /29/ Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasser-Verunreinigungen „GWS-VwV“.- HMULV, Wiesbaden 16.02.2011
- /30/ Arbeitshilfe zur Sanierung von GwVerunreinigungen – Handbuch Altlasten Bd. 3, Teil 7, HLOG Wiesbaden 2013
- /31/ Prüfbericht-Nr. 2080/14 zu den GWM 2/2007, GWM 4/2007 und GWM 5/2007.- ISEGA Umweltanalytik GmbH, Hanau 20.08.2014
- /32/ LHKW-Sanierung Altlastenfläche Eppsteiner Straße, Oberursel, Information Bau- und Umweltausschuss der Stadt Oberursel (Taunus).- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach 06.05.2015
- /33/ Langzeitpumpversuch an GWM 5/2007, Vermerk-Nr. 01.- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach 28.05.2015

- /34/ Zusammenstellung der LHKW-Gehalte im Grundwasser, übermittelt per E-Mail durch das RPAU WI am 31.07.2015
- /35/ Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV vom 12.07.1999). BGBl. I, Bonn 1999, zuletzt geändert am 31.08.2015
- /36/ LHKW-Sanierung Altlastenfläche Eppsteiner Straße, Oberursel, Information Bau- und Umweltausschuss der Stadt Oberursel (Taunus).- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach 23.09.2015
- /37/ Gefahrerforschungsmaßnahmen in Oberursel und Steinbach, Feldbergstraße [REDACTED] Oberursel - Orientierende Untersuchung.- Hydrodata GmbH, Oberursel 18.12.2015
- /38/ Gefahrerforschungsmaßnahmen in Oberursel und Steinbach, Strackgasse [REDACTED] Oberursel - Orientierende Untersuchung.- Hydrodata GmbH, Oberursel 18.12.2015
- /39/ Sachstandsbericht Bodensanierung Eppsteiner Straße.- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach, Stand 31.12.2015
- /40/ Altersbestimmung an Grundwässern im Stadtgebiet von Oberursel.- Bericht Spurenstofflabor Dr. H. Oster, Wachenheim 18.05.2016
- /41/ Made in Oberursel – Eine Betrachtung der historischen Produkte aus Oberursel.- Verein für Geschichte und Heimatkunde Oberursel e. V. - www.ursella.org, Aufruf 23.03.2016
- /42/ Badin et. al.: Perchlorethen-Quellendifferenzierung mittels Kohlenstoff-Chlor-Isotopenanalyse - Felduntersuchungen zur Beurteilung der Variabilität der Isotopensignatur.- Grundwasser Bd.20, H.4, S. 263-270; Springer-Verlag, Berlin 12/2015
- /43/ Grundwasseruntersuchung in Oberursel, Feldbergstraße [REDACTED].- Gutachten PNr. 16008/1 im Auftrag des RPAUWI - Büro HG, Gießen 07.07.2016
- /44/ Grundwasserüberwachung im Abstrom des CKW-Schadensfalls [REDACTED] in Oberursel-Weißkirchen im Zeitraum 2014 - 2016.- Gutachten PNr. 13018/1 im Auftrag der [REDACTED] Büro HG GmbH, Gießen (2016, in Vorbereitung)
- /45/ Aktualisierung und instationäre Kalibrierung des numerischen GwModells für den Raum Bad Homburg / Oberursel.- Gutachten PNr. 14026/3 im Auftrag der Stadt Bad Homburg, Gießen (2016, in Vorbereitung)
- /46/ Grundwassermonitoring im Stadtgebiet von Bad Homburg v. d. H. / 7. Bericht für den Zeitraum 2010 - ´14.- Gutachten PNr. 01102/8 im Auftrag der Stadt Bad Homburg; Büro HG GmbH, Gießen 15.10.2014

IV. Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

ALVF	Altlasten-Verdachtsfläche
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
Bl...	Bodenluft...
(F)CKW	(Fluor-)Chlor-Kohlenwasserstoffe
CIS	cis-1,2-Dichlorethen
CR	Chemische Reinigung
DNAPL	d ense n on a queous p hase l iquid (Fluidphasen mit Dichte > 1 kg/l)
DU	Detailuntersuchung
DP-...	Direct-Push-Sondierungen
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
GOK	Geländeoberkante
Gw...	Grundwasser...
GWM	Grundwasser-Messstelle
HLfB	Hess. Landesamt für Bodenforschung
HLUG	Hess. Landesanstalt für Umwelt und Geologie, seit 2016 HLNUG
(I)PV	(Immissions-)Pumpversuch
ISCO	In-situ chemische Oxidation
KPV	Kurzpumpversuch
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
(M)NA	(Monitored) Natural Attenuation / Kontrollierter natürlicher Rückhalt u. Abbau von Schadstoffen in Boden u. Grundwasser
m u.GOK	Meter unter Geländeoberkante
m ü.NN	Meter über Normalnull
m u.POK	Meter unter Pegeloberkante
N, E, S, W	Himmelsrichtungen
ne´	nordöstlich etc.
OU	Orientierende Untersuchung
PAK	Polyzyklische aromatische KW
RPAU WI	Regierungspräsidium, Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
SF ₆	Schwefelhexafluorid
Tetra	Tetrachlorethen
TISS	Thermische in-situ Sanierung
Tri	Trichlorethen
UG	Untersuchungsgebiet
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1. Auftrag

1.1 Ausgangslage

Die Stadtwerke Oberursel (SWO) betreiben im Gewinnungsgebiet Vortaunus das **Wasserwerk Riedwiese**. An den dort genutzten 5 Brunnen werden **seit Anfang der 1980er Jahre Verunreinigungen durch CKW** festgestellt, wobei das Konzentrationsniveau an einigen Brunnen den aktuellen Grenzwert der Trinkwasser-Verordnung von 10 µg/l bereits seit mehreren Jahren bis um den Faktor 5 überschreitet. Aufgrund der weiter steigenden Tendenz ergibt sich ein Handlungsbedarf im Hinblick auf die Lokalisierung der Eintragsbereiche und deren Sanierung, um langfristig wieder ein Rohwasser in der gewünschten Qualität fördern zu können.

Im Stadtgebiet Oberursel wurden in der Vergangenheit mehrere CKW-Schadensfälle bekannt, die z. T. saniert werden bzw. wurden. Ein Zusammenhang zwischen der Verunreinigung im WW Riedwiese und einem Teil dieser Schadensfälle ist zumindest seit Abschluss der Erkundungsphase 2007 möglich /20/.

Vor dem Hintergrund der Ursachenerforschung für die Herkunft der Verunreinigungen hatte das Regierungspräsidium Darmstadt (Abt. AU-Wiesbaden) das Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (Büro HG) ab 1999 beauftragt, ein hydrogeologisches Modell für das Stadtgebiet zu entwickeln und auf dieser Grundlage ein numerisches GwStrömungsmodell auszuarbeiten, das in 2005 vorgelegt wurde /17/.

Parallel wurden in den Jahren 2002 bis 2004, z. T. in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Oberursel, weitere Untersuchungen durchgeführt, die wesentliche Erkenntnisse zu den Strömungsverhältnissen sowie zur CKW-Belastung des Bodens und Grundwassers in Oberursel brachten /12/, /14/. Ergänzend wurden Messungen ausgewertet, die im Zusammenhang mit einem Bauvorhaben der [REDACTED] im unmittelbaren Oberstrom des WW vorgenommen wurden /16/.

Die im Jahr 2007 errichteten GwMessstellen und die Durchführung von Immissionspumpversuchen (IPV) ergaben erstmals ein differenziertes Bild im Hinblick auf die räumliche Verteilung von Schadstofffrachten im Abstrombereich von mutmaßlichen CKW-Emittenten sowie auf deren Schadstoffspektrum (Tetra- oder Tri-Dominanz) und -frachten /20/. Hieraus wurden für einzelne Altstandorte vertiefende Untersuchungen bzw. ein Sanierungsbedarf abgeleitet.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgt verstärkt seit ca. 2 Jahren. Hierzu gehören insbesondere die Konzeption und der Beginn der Sanierung auf dem Altstandort Eppsteiner Straße /32/, /36/, /39/ sowie orientierende Untersuchungen im Bereich der Feldbergstraße und der Strackgasse /37/, /38/. Weitere Untersuchungen (z. B. Grundwasserpfad in der Feldbergstraße) erfolgen in 2016.

Im Hinblick auf die im WW Riedwiese seit mehr als 25 Jahren nachgewiesenen steigenden CKW-Frachten sind, bedingt durch lange Fließwege, auch die langen Fließzeiten von Bedeutung. Auch wenn sich seit etwa 2010 eine Stagnation der Frachtraten im WW andeutete, kann weiterhin nicht zweifelsfrei davon ausgegangen werden, dass das Konzentrationsmaximum der CKW-Frachten, die vom Bereich der Kernstadt ausgehen, das WW bereits erreicht haben (s. Abb. 1-1). Da in diesem Bereich Flurabstände des Grundwassers von >5 - >15 m zu verzeichnen sind, muss außerdem davon ausgegangen werden, dass ohne eine Sanierung der Eintragsbereiche noch über Jahrzehnte CKW in das Grundwasser eingetragen werden.

Vor diesem Hintergrund sind vertiefende Untersuchungen als Grundlage für Sanierungen der CKW-Quellen zur Sicherung der Rohwasser-Qualität im WW Riedwiese erforderlich.

1.2 Aktuelle Aufgabenstellung

Auf Grundlage der umwelttechnischen Untersuchungen in 2007 /20/ ergaben sich konkrete Nachweise auf verschiedene Eintragsstellen von CKW, darüber hinaus erfolgte im Rahmen der IPV eine Quantifizierung der Emissionen für den Bereich der Kernstadt. Der aktuelle Untersuchungsschritt umfasst die Wiederholung von IPV und KPV zur Funktionskontrolle der vorhandenen GwMessstellen. Dabei wird insbesondere der Fragestellung nachgegangen, ob und inwieweit sich das vor 8 Jahren ermittelte Niveau der CKW-Belastung verändert hat und für welche Altstandorte weiterhin eine Sanierung erforderlich sein wird. Des Weiteren werden das vorhandene numerische GwModell aktualisiert (Gutachten Büro HG, in Vorbereitung) und der Umfang eines zukünftigen GwMonitorings vorgeschlagen.

Dazu wurde die Büro HG GmbH von der Stadtwerke Oberursel GmbH und der Stadt Oberursel mit Schreiben vom 02.02.2015 beauftragt. Die Geländearbeiten und chemischen Laboranalysen fanden im Zeitraum Juni 2015 – März 2016 statt.

In dem vorliegenden Bericht sind die aktuellen Untersuchungen und die daraus resultierenden Ergebnisse dokumentiert und bewertet.

2. Umgesetzte Maßnahmen

2.1 Immissions-Pumpversuche

Die CKW-Fahnen im Nahbereich der Eintragsstellen sind erfahrungsgemäß oft nur wenige Meter breit (vgl. IPV KB 1 Adenauerallee in /12/). Daher hat eine geringfügige Abweichung der GwFließrichtung von dem angenommenen Wert zur Folge, dass eine vorhandene Fahne mittels regulärer Probenahme (tiefengemittelte Mischprobe nach mehrmaligem Austausch des Messstelleninhalts) nicht nachgewiesen werden kann, weil die Probenahmestelle / GWM sich randlich zum vermuteten Verlauf der Fahne befindet.

Um diesen aus den lokalen Bedingungen resultierenden Unsicherheiten zu begegnen, waren **Immissions-Pumpversuche** (IPV) ein wesentliches Element der Untersuchungen. Hierbei werden im Verlauf des IPV (Tage bis Wochen), also mit der räumlichen Ausdehnung des Zustrombereichs, mehrere Proben entnommen. Auf diesem Weg wird auch eine Quantifizierung der CKW-Massenflüsse im Sinne der Arbeitshilfe des HLUg /30/ ermöglicht. Gleichzeitig sollte sichergestellt werden, dass eine in geringer Entfernung an der jeweiligen GWM vorbei fließende CKW-Fahne noch erkannt / nachgewiesen würde.

Voraussetzung für das Funktionieren des Konzepts der IPV ist eine ausreichende Durchlässigkeit des GwLeiters an der entsprechenden Stelle und damit eine entsprechende Ergiebigkeit der GWM. In gering durchlässigem Gebirge sind nur kleine Förderraten zu erzielen, die schmale (wenige Meter) Zustrombereiche zur Folge haben.

In der Tabelle 2-1 sind die an GwMessstellen durchgeführten IPV aufgelistet. Eine schriftliche Anfrage bei den Stadtwerken Oberursel, der Abteilung Umwelt der Stadt Oberursel, der Unteren Wasserbehörde (Hochtaunuskreis) und dem RPAU WI ergab mit Ausnahme von 2 GWM im Bereich der Sanierungsfläche Eppsteiner Straße keine Erkenntnisse hinsichtlich neu errichteter GWM im Bereich der Kernstadt.

➤ Versuchsdurchführung

Vor Beginn der IPV erfolgte am 12.06.2015 eine Begehung, in deren Rahmen eine Stichtagmessung sowie eine Tiefenlotung stattfanden. Die IPV wurden im Zeitraum 21.07. – 04.12.2015 an insgesamt 7 GWM durchgeführt. Für die Versuche wurde bei Erfordernis in Abstimmung mit dem Ordnungsamt der Stadt eine ausreichend bemessene Fläche im öffentlichen Verkehrsraum gesperrt, um die in einem KFZ-Anhänger installierte Wasseraufbereitung (2 Aktivkohle-Filterelemente) mit Mess- u. Regeltechnik unmittelbar an den einzelnen GWM aufbauen zu können. Bereits im Vorfeld war durch einen ortsansässigen Elektrobetrieb die erforderliche Stromversorgung eingerichtet worden.

In die GWM wurde zunächst eine kontinuierlich messende Drucksonde eingebaut, mit der die Entwicklung des (Betriebs-)GwSpiegels aufgezeichnet wurde. Damit war es möglich, Betriebsstörungen nachzuvollziehen (mehrfach wurde der Ablaufschlauch einge-

klemmt, oder die Stromversorgung unterbrochen; hiervon waren insbesondere die Standorte Adenauerallee, Eckardtstraße und Strackgasse betroffen).

Für die GwEntnahme wurde eine Tauchpumpe (Grundfos SP) mit einer Leistung von bis zu 1,5 l/s eingebaut. Deren Leistung wurde zunächst mittels Schieber an die Ergiebigkeit der GWM angepasst / gedrosselt und danach etwa konstant gehalten. Die Fördermenge wurde mittels einer Wasseruhr summarisch erfasst.

Während des IPV erfolgte im Abstand von i. M. 2 - 3 Tagen eine Funktionskontrolle der Anlage (GwSpiegel / Drucksonde, Fördermenge) sowie die Entnahme der GwProben (inkl. Erfassung der chem.-phys. Feldparameter). Ein stationäres Absenkniveau stellte sich bereits in dieser Zeit ein. Die Dauer der IPV wurde aber durch die Entwicklung der CKW-Konzentration bestimmt; Ziel war es dabei, ein etwa stationäres Konzentrationsniveau und ein gleichbleibendes Stoffspektrum zu erreichen. Erst dann kann davon ausgegangen werden, dass die Stromfäden vom Rand des Zustrombereichs bis zur Entnahmestelle gelangt sind. Nachdem dieses Ziel näherungsweise erreicht schien, wurde die IPV-Anlage auf die nächste GWM umgesetzt.

Das geförderte Grundwasser wurde nach der Reinigung in 2 Aktivkohle-Behältern (Befüllung je 85 kg A-Kohle) in den nächstgelegenen Straßeneinlauf eingeleitet. Diese Maßnahme wurde vorab am 07.07.2015 der Bau & Service Oberursel, Abt. Tiefbau, schriftlich angezeigt.

2.2 Kurzpumpversuche

In GwMessstellen, bei denen nur geringe Förderleistungen erzielt werden konnten oder die bereits im Rahmen der Erkundung 2007 nur niedrige CKW-Summen bzw. Frachten aufwiesen, wurden jeweils 5 – 6-stündige Kurz-Pumpversuche mit 2-maliger Probenahme durchgeführt (s. Tab. 2-1). Hierbei kam in der Regel eine Tauchpumpe MP 1 zum Einsatz. Die Absenkungsphasen wurden kontinuierlich mit einer Drucksonde aufgezeichnet, während die chem.-phys. Feldparameter etwa im ½- bis 1-stündigen Messtakt erfasst wurden.

Tabelle 2-1: Durchgeführte Pumpversuche an den GwMessstellen (Juli – Dezember 2015)

GWM	Standort	Pumpversuch	
		Datum	Typ
GWM 1/2007	Portstraße-Ost	18.11.2015	KPV
GWM 2/2007	Eckardtstraße	10.08. – 28.08.2015	IPV
GWM 3/2007	Henchenstraße	14.10. – 03.11.2015	IPV
GWM 3.2/2007	Henchenstraße	10.08.2015	KPV
GWM 4/2007	Im Portugall	21.07. – 10.08.2015	IPV
GWM 5/2007	Eppsteiner Straße	kein IPV (Sanierung)	-
GWM 6/2007	Strackgasse	03.11. – 04.12.2015	IPV
GWM Port-West	Portstraße-West	18.11.2015	KPV
GWM Holzweg	Holzweg / Epinayplatz	28.08. – 14.09.2015	IPV
GWM 2	Adenauerallee	14.09. – 29.09.2015	IPV
KB 1	Adenauerallee	29.09. – 14.10.2015	IPV
GW 4	██████████	02.12.2015	KPV

2.3 Analytik

Während der IPV wurden in der Regel 6 – 8 Proben in einem Turnus von 2 – 3 Tagen entnommen. Die GwProben wurden jeweils am gleichen Tag in das Zentrallabor der Hesenwasser GmbH & Co. KG (Darmstadt) transportiert. Aus logistischen Gründen wurden die GwProben einiger KPV in das Institut UEG GmbH (Wetzlar) gebracht. Die Analysen auf CKW umfasste 8 bis 11 Einzelsubstanzen.

Des Weiteren wurde jeweils eine GwProbe auf ihre generelle hydrochemische Beschaffenheit untersucht, da aus den vorliegenden Analysedaten anderer Probenahmestellen (Brunnen Riedwiese, GWM Adenauerallee u.a.) bekannt war, dass die Konzentrationen der natürlichen Wasserinhaltsstoffe (Alkalien, Erdalkalien, Anionen) räumlich erheblich differieren; d.h. die GwBeschaffenheit im Stadtgebiet weist markante Unterschiede auf, die mutmaßlich auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind.

Zur Messung von Gehalten der in Voruntersuchungen (/12/, /14/) identifizierten Umwelttracer (FCKW, SF₆) wurde je eine Probe jedes IPV sowie Rohwasserproben aus den Brunnen 1 – 7 des WW Riedwiese an das Spurenstofflabor Dr. Oster (Wachenheim) gesendet, dessen Prüfbericht als Anlage 12 beigefügt ist.

¹ Die häufig zur Altersdatierung verwendeten Spurengase traten tlw. in stark erhöhten Konzentrationen auf, was den Verdacht begründet, dass diese Stoffe gemeinsam mit den CKW in den Untergrund gelangt sind. Damit bot sich die Möglichkeit, diese Stoffe als potenzielle Tracer zu nutzen, um eventuell Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Beobachtungspunkten zu identifizieren.

3. Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen

Die geologisch-hydrogeologische Situation im Stadtgebiet von Oberursel wurde in früheren Gutachten sowohl im Überblick /6/ - /9/, als auch im Detail (z. B. /10/-/12/, /16/, /18/) beschrieben. Die Kenntnis dieser Berichte wird hier vorausgesetzt und daher nur noch im notwendigen Umfang auf die Grundlagen eingegangen.

Hervorzuheben ist, dass sich alle GWM se´ der Taunus-Randstörung befinden, d.h. auf Tiefschollen, in denen das Grundgebirge in Tiefen > 10 - > 100 m abgesunken ist.

Im untersuchten Teil des Stadtgebiets wird der hier relevante Tiefenbereich des Untergrunds (< 50 – max. 100 m uGOK) i. wes. von tertiären Lockergesteinen gebildet. Dabei handelt es sich um klastische Sedimente, die als Erosionsschutt aus dem Taunus stammen, der sich während des Tertiärs als Gebirge hob, während das Vorland der Hessischen Senke (Wetterau) absank (s. Anlage 2).

Aufgrund der geringen Transportentfernung und des starken Reliefs treten in den Hauptschüttungsachsen dieser Schuttfächer sehr grobe Kiese mit Blöcken aus Taunus-Quarzit auf, die bohrtechnisch hohe Anforderungen stellen. Es handelt sich um gering sortierte Ablagerungen, in denen auf geringer Entfernung stark wechselnde Korngrößenverteilungen zu beobachten sind. Wie die DP-Sondierungen in 2004 zeigten, treten etwa in dem Bereich zwischen Feldberg- / Hohemarkstraße im NE und Altkönigstraße im SW verbreitet quarzitisches Blockschuttlagen auf, die das Erreichen des GwSpiegels verhinderten /14/.

Im Allgemeinen nimmt die Korngröße der Sedimente mit zunehmender Entfernung zum Liefergebiet und quer zur Schüttungsrichtung ab (also etwa nach SE, SW und NE).

Diese geologische Situation hat **kleinräumig stark wechselnde Durchlässigkeiten** und die Ausbildung **lokaler, schwebender GwStockwerke** zur Folge. Hohe Transmissivitäten sind entlang der Hauptschüttungsachse nachgewiesen, die etwa dem Verlauf des Urselbachs folgt; Brunnen und Messstellen, die entlang dieser Achse eingerichtet wurden (z. B. GWM Adenauerallee, ehem. Taunus-Textil, WW Riedwiese) sind sehr ergiebig, zumal der GwLeiter etwa ab Höhe der GWM Adenauerallee aufgrund der gering durchlässigen Deckschicht gespannt und weiter im Unterstrom sogar artesisch reagiert.

Generell ist entsprechend dem starken Relief der Erdoberfläche von einem steilen Gefälle der GwOberfläche in Richtung SE auszugehen, was in durchlässigen Schichten zu **hohen GwFließgeschwindigkeiten** führt¹. Aufgrund wechselnder Transmissivitäten ist kleinräumig mit **Schwankungen von GwFließrichtung und -geschwindigkeit** zu rechnen, da die inhomogenen Sedimente auch eine starke Anisotropie aufweisen (d. h. die Durchlässigkeiten sind je nach Richtung unterschiedlich).

¹ Ein Beispiel dafür ist an dem tiefen Brunnen 4 des WW Riedwiese dokumentiert, der in Ruhe eine starke, zur Brunnensohle gerichtete Ausgleichsströmung aufweist /12/. Dort wurde offenbar im Sohlniveau ein hoch durchlässiger Horizont erbohrt, über den große Volumenströme abfließen.

Die lokalen Fließrichtungen werden sich deswegen ohne detailliertere Untersuchungen (z. B. mittels Phrealog-Messtechnik¹) nicht ermitteln lassen. **Die aus dem generellen GwGleichenplan abgeleitete lokale GwStrömung und die daraus ermittelten Zustrombereiche sind daher in allen Fällen mit Unsicherheiten behaftet.**

Dies gilt umso mehr aufgrund der Tatsache, dass die in 2015 beobachteten GwSpiegel meist um 1 – 2 m tiefer lagen als 2007. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich diese Schwankungen auch auf die Anstromsituation / -richtung auswirken.

¹ <http://phrealog.bplaced.net/Joomla2/index.php/en/site-map/phrealog>

4. Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen

4.1 Altstandort Borkenberg

4.1.1 Ausgangslage

Auf dem Altstandort Borkenberg ist der im Stadtgebiet bislang am weitesten oberstrom gelegene Eintragsbereich für CKW nachgewiesen. Dort kam es im Bereich einer Werkstatt seit den 1950er Jahren zu einer Kontamination des oberflächennahen Grundwassers¹ (Stauhorizont) mit TRI-Dominanz und in der Folge auch zu einem Schadstofftransport in das HauptGwStockwerk. Im Rahmen von umwelttechnischen Untersuchungen, die ab 1992 erfolgten, wurde im HauptGwStockwerk eine maximale **CKW-Summenkonzentration von 2 mg/l** gemessen /9/.

Im Abstrom des Altstandorts befindet sich die GW 4 auf dem Betriebsgelände der ehem. Motorenfabrik Oberursel, an der im Rahmen des GwMonitorings dieses Unternehmens wiederholt GwProben entnommen und untersucht worden sind (s. Anlage 3.1). Dabei zeigte sich eine kontinuierliche CKW-Belastung in der Größenordnung von ca. 250 – 500 µg/l (TRI-Dominanz bis 70%).

Da auf diesem Betriebsgelände bisher **keine relevanten CKW-Einträge / Verunreinigungen** festgestellt wurden, wird das in der GW 4 nachgewiesene Konzentrationsniveau auf den oberstromig gelegenen Altstandort Borkenberg zurückgeführt, weil dies bislang die einzige Fläche im Zustrombereich ist, an der ein relevanter Eintrag von CKW nachgewiesen werden konnte.

Die 1997 oberstromig, an der St. Hedwigskirche (Altstandort Sensenfabrik Trapp) installierte GWM BK 5 ist noch vorhanden. Darin waren seinerzeit keine CKW-Gehalte nachweisbar ("n.n.").

Die an der Trafostation östlich des Urselbachs installierte GWM BK 1 wurde bei den Begehungen am 12.06.15 und 06.07.16 nicht mehr gefunden.

Die auf dem Altstandort Borkenberg installierten GWM sind noch vorhanden (Anlage 3, Anlage 13), wurden im Rahmen der aktuellen Untersuchungen aber nicht beprobt. Daher beschränkten sich die Untersuchungen auf die unterstromige GW 4 auf dem Gelände der ehem. Motorenfabrik Oberursel, die nach heutigem Kenntnisstand im zentralen Abstrom des Altstandorts Borkenberg liegt.

¹ In einer Schöpfprobe aus dem Stauwasserhorizont mit einem Flurabstand von 2,25 m wurde aus Sondierung 9 eine Summenkonzentration von **133 mg/l** nachgewiesen. Es handelte sich dabei zu ca. **95% um TRI**; PER, CIS, VC u. a. waren in der Summe mit ca. 5 % vertreten. Eine räumliche Abgrenzung dieses Reservoirs war aufgrund der baulichen Nutzung nicht möglich.

4.1.2 Kurzpumpversuch an der GW 4 ■■■

Der KPV wurde am 02.12.2015 mit einer 6-stündigen Dauer durchgeführt. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei ca. 233,6 mNN (ca. 8,5 m uGOK) wurde der **Betriebswasserspiegel** auf einen stationären Wert von ca. 232 mNN eingestellt, was einer **Absenkung** von ca. 1,6 m entspricht. Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug 0,45 l/s (entsprechend 1,6 m³/h).

Die chem.-phys. Messwerte lassen bereits kurz nach Pumpbeginn eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen, wobei die el. Lf. eine fallende Tendenz zeigt (700 – 600 μ S/cm). Der pH-Wert liegt mit 6,5 bis 6,9 im schwach sauren Bereich.

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** zeigt keine wesentlichen Veränderungen; ausgehend von der initialen Beprobung mit 202 μ g/l fällt die Konzentration bis zum Ende der Pumpphase auf 167 μ g/l, wobei fast ausschließlich TRI (ca. 80%) und das Abbauprodukt CIS (ca. 20%) im Stoffspektrum vertreten sind (s. Anlage 3.2). Der entsprechende GFS-Wert von 20 μ g/l für die Summe CKW wird somit etwa um den Faktor 10 überschritten.

Im Vergleich zum KPV 2007 zeigen die CKW-Konzentrationen einen deutlichen Rückgang um etwa 25 – 35%. Die prozentuale Verteilung der Einzelstoffe mit einer **TRI-Dominanz** ist in allen Proben nahezu identisch. Die **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen Massenstrom von ca. 6 – 8 g/d. Diesbezüglich liegt eine Übereinstimmung mit der Untersuchung von 2007 vor (s. Tab. 5-3), was auf einen relativ gleichbleibenden Austrag schließen lässt. Ob dieser im Rahmen der KPV vollständig erfasst wurde, ist allerdings fraglich.

Damit wird die bereits in /20/ dargelegte Annahme bestätigt, dass mit der GW 4 auf dem Betriebsgelände der ehem. Motorenfabrik Oberursel die Fahne des oberstromigen TRI-Schadens im Bereich des Altstandorts Borkenberg erfasst wird. Obwohl für die CKW-Konzentration eine fallende Tendenz zu beobachten ist, spricht die relativ konstante Frachtrate weiterhin für das Vorhandensein eines nicht zu vernachlässigenden Reservoirs im Oberstrom der GW 4.

Die davon ausgehende CKW-Fahne lässt sich (wie die Mehrzahl der meist eng fokussierten Fahnen) mit dem bestehenden Messnetz nicht weiter verfolgen (Anlage 1). Es kann aber davon ausgegangen werden, dass auch diese CKW-Fracht dem WW Riedwiese zufließt, weil der Urselbach im Stadtgebiet nicht als Vorflut für das relevante Grundwasserstockwerk fungiert, sondern nur Oberflächenwasser und oberflächennahes Schichtwasser erfasst.

4.2 Altstandorte Im Portugall

4.2.1 Ausgangslage

Das Grundstück der früheren Industriewerke Oberursel befindet sich an der Ecke Hohe-
markstraße / Im Portugall und damit unmittelbar oberstromig eines weiteren CKW-
Eintragsbereichs (s. Anlage 4.1).

Ein erster Befund aus dem Jahr 1990 zeigte, dass im Nahbereich ein relevanter CKW-
Eintrag bis in die gesättigte Bodenzone erfolgt sein muss. Demzufolge wurden in GwPro-
ben aus dem Zustrom keine relevanten CKW-Konzentrationen (10 – 20 µg/l) gemessen,
während **im Abstrom ca. 1.200 µg/l (Tetra >> Cis > Tri)** auftraten. Ob dieser Eintrag auf
dem Standort selbst erfolgte, ist allerdings nicht eindeutig nachgewiesen, weil die belaste-
te GWM an der sw´ Grenze des Grundstücks lag und Untersuchungen der Bodenluft auf
dem Gelände (möglicherweise aufgrund einer dort erfolgten BL-Absaugung) nur unterge-
ordnete CKW-Verunreinigungen nachweisen konnten. Diese GWM wurden im Rahmen
des Abbruchs der Gebäude 1994 zerstört, so dass zur GwQualität / CKW-Belastung ledig-
lich die Ergebnisse einer einzigen Untersuchung vorliegen.

Ein Eintrag / Reservoir auf dem w´ angrenzenden Grundstück konnte ebenfalls nicht aus-
geschlossen werden, da dort das Unternehmen Büscher & Gausmann, das später in der
Eppsteiner Straße ansässig war (s. u.), zeitweilig eine Betriebsstätte unterhalten haben soll.
Der Altlastenverdacht für den ersten Standort "Im Portugall" ist nach Auskunft des
RPAUWI zwischenzeitlich aufgehoben, ohne dass dort Untersuchungen durchgeführt
worden wären.

In den Jahren 1994 – 2005 war das Grundstück eine unbefestigte Brachfläche, so dass ei-
ne ungehinderte Versickerung von Niederschlagswasser erfolgen konnte. Dadurch war ei-
ne Auswaschung eventuell unter den Gebäuden angelegter CKW-Reservoirs möglich, so
dass in diesem Fall ein Abbau des „Quellterms“ und damit tendenziell ein Rückgang der
GwBelastung zu erwarten wäre. Erst 2006 wurde das Grundstück mit einem mehrge-
schossigen Wohn- und Geschäftshaus mit Tiefgarage neu bebaut, so dass die GWM
4/2007 auf der gegenüber liegenden Straßenseite errichtet werden musste.

4.2.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 4/2007 Im Portugall

Die **Dauer** des PV betrug 20 Tage, vom 21.07. bis 10.08.2015. Ausgehend von einem
Ruhewasserspiegel bei ca. 199,6 mNN (**Flurabstand** ca. 16 m) stellte sich zum Ende des
PV ein **Betriebswasserspiegel** von ca. 196,8 mNN ein, was einer **Absenkung** von ca.
2,8 m entspricht (s. Anlage 4.2).

Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug aufgrund der sehr geringen Ergiebigkeit nur
0,06 l/s (entsprechend ca. 5,2 m³/d). Die geringe Ergiebigkeit der GWM kann auf das vor-
handene weite Korngrößenspektrum zurückgeführt werden, wodurch der nutzbare Poren-
raum des GwLeiters bereichsweise sehr gering und eine Entwicklung der GWM nur einge-

schränkt möglich ist. Im vorliegenden Fall lässt die bis zum Ende des aktuellen IPV fallende Ganglinie auf eine sukzessive Speicherentleerung des GwLeiters schließen, also auf eine tatsächlich relativ geringe Wasserführung in dem untersuchten Bereich.

Die hydrochemische Übersichtsanalyse zeigt ein gering mineralisiertes Grundwasser mit einem Gesamt-Lösungsinhalt von 300 mg/l, dessen Beschaffenheit im Lauf des PV relativ konstant bleibt. Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. um 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$), der pH-Wert liegt im mäßig sauren Bereich (5,4 – 5,9). Die Temperaturen der GwProben sind aufgrund der geringen Förderleistung generell durch die Abwärme der Pumpe erhöht und daher nicht aussagekräftig.

Es handelt sich erkennbar um ein sauerstoffarmes / reduziertes Grundwasser (<1 mg/l O₂), die Redox-Spannung steigt jedoch im Verlauf des IPV, was auf den lokalen Einfluss des Schadstoffeintrags hinweisen könnte.

Die **CKW-Konzentration** steigt zu Beginn des PV deutlich an und erreicht vom 8. – 14. Tag ein Plateau, um zum Ende des PV wieder abzunehmen. Das Maximum schwankt um ca. 5.000 $\mu\text{g}/\text{l}$, während in der letzten GwProbe eine Konzentration von ca. 3.100 $\mu\text{g}/\text{l}$ gemessen wurde (ca. **150 – 250facher GFS-Wert**). Der initial beprobte Stromfaden weist also geringere Konzentrationen auf als der später beprobte, räumlich ausgedehntere Zustrombereich während des PV; d. h. die GWM befindet sich nicht in der zentralen Fahnenachse. Die Stagnation auf hohem Niveau muss unter Berücksichtigung der geringen GwEntnahme dahingehend interpretiert werden, dass die Fahne erfasst werden konnte. Der Konzentrationsrückgang zum Ende des PV spricht für eine Ausdehnung des Zustrombereichs über die Fahne hinaus.

Die Analysen bestätigen somit, dass **im Zustrombereich der GWM weiterhin ein relevantes CKW-Reservoir vorhanden** ist. Sofern die Interpretation der gemessenen GwDruckhöhen in diesem Bereich zutrifft (vgl. GwGleichenpläne in Anlage 1 und Anlage 4.1), muss der Schadensherd jedoch nicht zwingend auf dem Altstandort IWO liegen, dessen Abstrom aufgrund der GwFließrichtung nur randlich erfasst wird.

Es deutet sich hier nämlich eine höher durchlässige Rinnenstruktur etwa parallel zur Hohemarkstraße an, die auf einen Anstrom der GWM aus NW hinweist. Dies lässt, in Übereinstimmung mit den früheren Untersuchungsergebnissen auf dem Gelände, darauf schließen, dass der Schadensherd auch auf dem w' angrenzenden Grundstück liegen könnte. Dies würde auch die o. g. Befunde in den beiden zerstörten GWM erklären.

Für eine Lokalisierung und Abgrenzung des CKW-Reservoirs wären weitere Bohrungen erforderlich, die angesichts der Bebauung nur eingeschränkt durchführbar sind.

Das **Stoffspektrum der CKW** verändert sich im Verlauf des PV nicht (Anlage 4.2). Es wird, wie bereits 2007, von einer **TETRA-Dominanz** (>99%) bestimmt, mit vernachlässigbaren Spuren von CIS und TRI. Hinweise auf einen relevanten Abbau im Eintragsbereich liegen also nicht vor, obwohl die gemessenen Sauerstoff-Gehalte <1 mg/l auf bereichsweise anaerobe Bedingungen hinweisen. Offenbar sind die Milieubedingungen in diesem Bereich für eine reduktive Dehalogenierung aber nicht geeignet.

Die **Frachtaberschätzung** für diese GWM ergibt bereits für den kleinen Zustrombereich einen maximalen Massenstrom von ca. 28 g/d (ca. 10 kg/a), was einem wesentlichen Teil des aktuellen Austrags im WW Riedwiese entspricht (s. Tab. 5-3). Möglicherweise überschreitet die von dem Reservoir ausgehende Gesamtfracht sogar den Austrag des WW. Dies ist kein Widerspruch, weil

- die Masse der an den Brunnen ankommenden CKW noch ansteigen könnte (die maximalen Belastungen das WW also noch nicht erreicht haben) und
- die Brunnen des WW nur einen Teil der nach S abströmenden Fracht erfassen.

Im Vergleich zum IPV 2007 zeigen die CKW-Konzentrationen bei Berücksichtigung der konstanten Plateauphasen einen deutlichen Rückgang um ca. 40% (s. Anlage 4.2). Ebenso zeigt die Fracht eine fallende Tendenz (s. Tab. 5-3). Das Stoffspektrum mit einer eindeutigen TETRA-Dominanz ist jedoch keinen relevanten Änderungen unterworfen.

4.3 Altstandort zwischen der Portstraße und Im Portugall

4.3.1 Ausgangslage

Zwischen der Straße Im Portugall und der Portstraße, befanden sich Firmengebäude, die im Lauf der Jahrzehnte von verschiedenen Unternehmen genutzt worden sind. Bis auf den Bürotrakt an der Ecke Hohemarkstraße / Im Portugall wurden die Gebäude Ende der 1990er Jahre ebenfalls abgebrochen (s. Anlage 4.1). Hier wurde in der Folge (um das Jahr 2000) ein mehrgeschossiges Wohn- und Geschäftshaus mit Tiefgarage errichtet.

Auf diesem Grundstück wurde ebenfalls ein Eintrag von CKW (i. wes. Tri) in den Untergrund nachgewiesen; soweit bekannt, blieb aber ungeklärt, in welchem Umfang das Grundwasser davon betroffen ist /20/. Zu dem Gelände selbst liegen Büro HG keine Ergebnisse von GwUntersuchungen vor.

In den bis 2007 errichteten GWM Portstraße West und GWM 1/2007 (Portstraße Ost) wurden KPV und IPV durchgeführt. Dabei zeigte sich ein etwa identisches Belastungsniveau von ca. 60 µg/l in der GWM Portstraße West und ca. 20 – 40 µg/l in der GWM 1/2007. Nach heutigem Kenntnisstand können die in der GWM Portstraße West nachgewiesenen CKW aufgrund der Lage dieser Probenahmestelle nicht von dem o. g. Altstandort herrühren, sondern müssen von einem anderen Eintragsbereich stammen (s. Verlauf der Trennstromlinien in Anlage 4.1).¹

¹ Diesbezüglich wird an dieser Stelle exemplarisch auf die steilen Gradienten in diesem Bereich verwiesen, die sehr schmale Zustrombereiche zur Folge haben, deren räumliche Lage sich unter diesen Voraussetzungen nur eingeschränkt ermitteln lässt. Dies auch vor dem Hintergrund, dass in weiten Bereichen des Stadtgebiets (wie jüngst wieder in der Feldbergstraße nachgewiesen), zeitweilig und / oder kleinräumig schwebende GwLeiter ausgebildet sind. Die GwStrömung in der un- / teilgesättigten Zone kann von der in der gesättigten Zone deutlich abweichen, so dass Verunreinigungen das Hauptstockwerk erst in größerer Entfernung von der Eintragstelle in den Untergrund erreichen können. Zur Erfassung der GwDynamik, anhand derer sich Einflüsse schwebender GwHorizonte häufig bemerkbar machen, wird eine kontinuierliche Kontrolle des GwSpiegels in den GWM für zumindest ein hydrologisches Jahr empfohlen.

Hierfür sprechen auch die voneinander abweichenden CKW-Stoffspektren mit einer TETRA-Dominanz >80% in der GWM Portstraße West und mit einer Verteilung $PER \approx TRI > CIS$ in der GWM 1/2007 (s. Anlage 4.3f.).

Aufgrund der relativ geringen CKW-Konzentrationen, einhergehend mit sehr niedrigen Frachten (<0,5 g/d), in beiden GWM wurden im Rahmen der aktuellen Untersuchungen jeweils nur Kurzpumpversuche durchgeführt.

4.3.2 Kurzpumpversuch an der GWM 1/2007 Portstraße Ost

Der KPV wurde am 18.11.2015 mit einer 5-stündigen Dauer durchgeführt. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei ca. 193,5 mNN (ca. 18 m uGOK) wurde der **Betriebswasserspiegel** auf einen stationären Wert von ca. 190 mNN eingestellt, was einer **Absenkung** von ca. 3,5 m entspricht. Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug 0,18 l/s (entsprechend 0,65 m³/h).

Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. um 700 $\mu S/cm$). Der pH-Wert liegt mit 5,2 im sauren Bereich.

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** zeigt nur geringe Veränderungen; ausgehend von der initialen Beprobung mit 2,7 $\mu g/l$ steigt die Konzentration bis zum Ende der Pumpphase nur unwesentlich auf 4,4 $\mu g/l$, wobei fast ausschließlich Tetra und Tri im Stoffspektrum vertreten sind. Der entsprechende GFS-Wert von 10 $\mu g/l$ wird somit deutlich unterschritten.

Im Vergleich zum IPV 2007 liegen diese CKW-Konzentrationen um etwa eine Größenordnung niedriger (s. Anlage 4.3) und die 2007 nachgewiesenen Abbauprodukte CIS und Vinylchlorid sind aktuell nicht mehr nachweisbar. Die **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich dadurch einen vernachlässigbaren Massenstrom (s. Tab. 5-3). Aufgrund der gegenüber 2007 erheblich kürzeren Pumpdauer (ca. 6 h : 8 d) ist die Aussagekraft der aktuellen Messungen allerdings deutlich geringer. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei längerer Pumpdauer wieder höhere CKW-Konzentrationen und -Frachten nachweisbar gewesen wären.

Auch auf Grundlage der Analysen aus 2007 besteht allerdings kein Hinweis auf ein relevantes CKW-Reservoir in dem erfassten Zustrombereich. Vor dem Hintergrund des oberstromigen TETRA-Schadens im Bereich der oberstromigen Altstandorte wird die bereits in /20/ dargelegte Annahme bestätigt, dass mit der GWM 1/2007 die "Im Portugall" nachweisbare Fahne nur noch randlich erfasst wird, obwohl die Fahnenachse wahrscheinlich nur wenige Meter östlich der GWM 1/2007 verläuft.

4.3.3 Kurzpumpversuch an der GWM Portstraße West

Der KPV wurde ebenfalls am 18.11.2015 mit einer 6-stündigen Dauer durchgeführt. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei ca. 200,5 mNN (ca. 12 m uGOK) wurde der **Betriebswasserspiegel** auf einen stationären Wert von ca. 197,2 mNN eingestellt, was einer **Absenkung** von ca. 3,3 m entspricht. Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug 0,1 l/s (entsprechend 0,36 m³/h).

Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. um 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Der pH-Wert liegt mit 5,4 im sauren Bereich. In diesem Zusammenhang ist auffällig, dass in der GWM Portstraße West die Sauerstoffkonzentrationen stets höher und der Lösungsinhalt deutlich geringer sind als in der etwa 90 m ne' gelegenen GWM 1/2007 (vgl. Anlage 4.3 und Anlage 4.4). Dies unterstreicht die räumlich erhebliche Differenzierung der GwBeschaffenheit im Stadtgebiet, die mutmaßlich anthropogene Ursachen hat.

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** zeigt keine Veränderung. Es wurden in der Absenkungsphase bis zum Ende des KPV CKW-Konzentrationen von 17 $\mu\text{g}/\text{l}$ gemessen, wobei Tetra mit einer Dominanz von ca. 90% vertreten ist. Daneben kommt Tri in Spuren vor. Der GFS-Wert von 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ für die CKW-Summe wird somit unterschritten.

Im Vergleich zum IPV 2007 zeigt die CKW-Konzentration einen deutlichen Rückgang um ca. 70% (s. Anlage 4.4). Die **Frachtabschätzung** ergibt für den erfassten, mutmaßlich von 2007 abweichenden Zustrombereich einen vernachlässigbaren Massenstrom von <0,5 g/d (s. Tab. 5-3).

Auch in diesem Fall ist die Aussagekraft der aktuellen Messungen wegen der gegenüber 2007 erheblich kürzeren Pumpdauer (ca. 6 h : 14 d) deutlich geringer. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei längerer Pumpdauer wieder höhere CKW-Konzentrationen und -Frachten nachweisbar gewesen wären.

Auf Grundlage dieser Analysen besteht weiterhin **kein konkreter Hinweis auf ein relevantes CKW-Reservoir in dem erfassten Zustrombereich** nw' der GWM Portstraße West. Ob die 2007 erfasste CKW-Fracht von einem der o. g. bekannten Eintragsbereiche stammt, oder einem unbekanntem Altstandort zuzuordnen ist, kann derzeit nicht beurteilt werden.

4.4 Altstandorte in der oberen Feldbergstraße

4.4.1 Ausgangslage

Nördlich der Eckardt- und östlich der Feldbergstraße befanden sich in der Vergangenheit mehrere metallverarbeitende Unternehmen, die CKW eingesetzt haben (s. Anlage 5.1). Auf den benachbarten Anwesen lagen, dem Eindruck der Altbebauung zufolge, jeweils zur Feldbergstraße hin die Wohngebäude der Eigentümer, im hinteren / ne´ Teil der Grundstücke die Produktionsgebäude, darunter die „Zeus“-Schuhmaschinenwerke, die 1912 eine nicht unterkellerte Fabrikhalle errichteten. Bis 1957 erfolgten dann zahlreiche Erweiterungen der Maschinenfabrik (i. wes. Lager u. Fabrikation), auch durch Umstellung des Angebots (Verpackungsmaschinen, Formenbau, Kunststoffspritzanlagen).

Die im Verlauf mehrerer Jahrzehnte errichteten Firmengebäude wurden zumeist abgebrochen und in Folge durch eine Wohnbebauung ersetzt. Eine über /41/ hinausgehende historische Erkundung zu diesem Bereich liegt Büro HG nicht vor, so dass keine detaillierteren Angaben möglich sind.

Anhand der im Zeitraum 2004 – 2007 durchgeführten Untersuchungen ergaben sich folgende Erkenntnisse /14/, /20/:

- (1) Es ist davon auszugehen, **dass auf einem oder mehreren der betreffenden Grundstücke ne´ der Feldbergstraße ein Eintrag relevanter Mengen an TETRA erfolgte.**

Da im Verdachtsflächen-Kataster weiter oberstromig keine in Frage kommenden Betriebe oder Altstandorte verzeichnet waren, wurde bezweifelt, dass die in der Eckardtstraße nachgewiesene CKW-Belastung aus größerer Entfernung zuströmt. Mangels oberstromiger GWM kann diese Möglichkeit allerdings auch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

- (2) Konkrete Hinweise auf Lager- und Handhabungsbereiche liegen Büro HG nicht vor. Ohne diese Informationen ist die Aussage, dass Maschinen in der noch vorhandenen alten Halle im OG aufgestellt waren, wenig aussagekräftig, da Lager für Betriebsmittel und Abfallprodukte, Umschlags- und Einsatzbereiche grundsätzlich an verschiedenen / zeitlich wechselnden Teilflächen existiert haben können. Außerdem ist erfahrungsgemäß ein Eintrag über die (frühere) Kanalisation zu besorgen, der ausgehend von den primären Eintragsbereichen zu sekundären linienhaften Lasten geführt haben kann.

- (3) Das Stoffspektrum im Grundwasser zeigt deutlich die Abbaukette TETRA- TRI - CIS, was auf hier bereichsweise geeignete Milieubedingungen hinweist¹. Dies deckt sich mit der Einschätzung, dass die industrielle Produktion auf den Flächen wahrscheinlich bereits Anfang der 1980er Jahre beendet war.

¹ Erfahrungsgemäß ist dafür ein biologisch besser abbaubares Cosubstrat erforderlich, z. B. Mineralölprodukte, Abwasser aus defekten Kanälen u.ä.. In entsprechenden Reaktionszonen kann ein Abbau sehr rasch erfolgen, während sich anderenorts CKW-Fahnen über große Entfernungen ohne Änderung des Stoffspektrums verfolgen lassen.

- (4) Vor dem Hintergrund, dass über 20 Jahre nach dem Ende des vermuteten CKW-Eintrags im Abstrom noch Konzentrationen gemessen wurden, die ein Mehrfaches der GFS-Werte nach /29/ betragen (bis 470 $\mu\text{g/l}$), muss davon ausgegangen werden, dass **auf der / den Fläche(n) in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone noch ein beträchtliches Reservoir an CKW vorhanden** ist.

4.4.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 2/2007 Eckardtstraße

Die **Dauer** des PV betrug 18 Tage, vom 10.08. bis 28.08.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei ca. 184,2 mNN (**Flurabstand** ca. 20 m) schwankte der **Betriebswasserspiegel** um einen Mittelwert von ca. 182,8 mNN, was einer mittleren **Absenkung** von 1,4 m entspricht. Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug 0,6 l/s (entsprechend 52 m³/d), was etwa dem Doppelten der 2007 realisierten GwEntnahme entspricht.

Dies ist auch auf den 2015 um ca. 1 m höheren GwSpiegel zurückzuführen, der eine größere Ergiebigkeit ermöglicht (im Gegensatz zu den o. g. GWM, in denen eher niedrigere GwSpiegel festgestellt worden sind; vgl. dazu die Ganglinien jeweils unten in den Diagrammen). Die Zustrombereiche der beiden IPV müssen sich aufgrund dessen deutlich unterscheiden.

Der IPV wurde mehrfach durch Fremdeinwirkung (abgeklemmter Ablaufschlauch, Beschädigung der PV-Ausrüstung) für kurze Zeiträume unterbrochen (s. Anlage 5.1).

Die hydrochemische Übersichtsanalyse zeigt ein relativ gering mineralisiertes Grundwasser mit einem Gesamt-Lösungsinhalt von ca. 380 mg/l, dessen Beschaffenheit den chem.-phys. Messwerten zufolge im Lauf des PV konstant bleibt (el. Lf. um 670 $\mu\text{S/cm}$). Der pH-Wert liegt im mäßig sauren Bereich bei 5,9. Auffällig ist die Sauerstoff-Konzentration von maximal 1 mg/l, was einhergehend mit dem sinkenden Redox-Potenzial für ein zunehmend reduzierendes Milieu spricht.

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** unterliegt nur einer geringen Variation (s. Anlage 5.2). Innerhalb der ersten 10 Tage schwankt die Summenkonzentration nur unwesentlich zwischen ca. 145 und 180 $\mu\text{g/l}$. Ab dem 10. Tag wird ein konstantes Niveau von ca. 180 $\mu\text{g/l}$ erreicht.

Die Analysen bestätigen das Ergebnis der früheren Untersuchungen, wonach **auf dem Altstandort in der oberen Feldbergstraße relevante CKW-Reservoirs vorhanden** sind. Allerdings kann anhand der Daten der IPV nicht beurteilt werden, wie repräsentativ Konzentrationsniveau und Stoffspektrum für den gesamten Abstrom des Geländes sind, da nicht die gesamte Abstrombreite des Altstandorts erfasst wird (vgl. Anlage 5.1). Dazu wären weitere GWM w´ und e´ der bestehenden erforderlich.

Das **Stoffspektrum** verändert sich nach der ersten Beprobung im Verlauf des PV nicht mehr nennenswert. Es wird charakterisiert von einer TETRA-Dominanz (ca. 55%) mit ca. 30% TRI und 15% CIS.

Im Vergleich zum IPV 2007 zeigt die CKW-Konzentration einen deutlichen Rückgang um ca. 60% (s. Anlage 5.2). Während die TETRA- und CIS-Konzentrationen 2007 und 2015 absolut betrachtet etwa auf gleichem Niveau liegen, nimmt der Anteil von TRI auf ca. 20% (ca. 50 µg/l) ab. Im Verhältnis zueinander hat sich die ehemalige TRI-Dominanz zu einer TETRA-Dominanz gewandelt mit gleichzeitiger Zunahme von CIS.

Dies unterstreicht die bereits in /20/ getroffene Aussage, nach der angesichts der vielfältigen und wechselnden Nutzungen auf dem Gelände mehrere Eintragsbereiche und Reservoirs mit unterschiedlichem Stoffspektrum vorliegen werden, deren Emissionen sich im Grundwasser überlagern. Da die Förderrate 2015 mit ca. 0,6 l/s mehr als verdoppelt wurde, führte dies zu einer Ausdehnung des Zustrombereichs und in Folge zu einer Variation des CKW-Spektrums. Des Weiteren spricht die prozentuale Zunahme von CIS für einen bereichsweisen Abbau der ursprünglich vorhandenen CKW-Einzelsubstanzen.

Die aktuelle **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen Massenstrom von ca. 9 g/d (s. Tab. 5-3), was dem von 2007 entspricht. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass dies nur eine Teilmenge der über die gesamte Abstrombreite abfließenden Lösemittelfracht ist.

4.5 Altstandort Chemische Fabrik Eppsteiner Straße

4.5.1 Ausgangslage

Der Standort befindet sich im Kern der Altstadt von Oberursel in der Eppsteiner Straße. In den Jahren 1953 - 1976 wurden im n´ Teil des Grundstücks Korrosionsschutzmittel hergestellt und dazu auch eine Anlage zur Aufbereitung verunreinigter Lösemittel betrieben (i. wes. TETRA und TRI)¹. Im Rahmen der Altstadtsanierung wurde die Liegenschaft von der Stadt Oberursel gekauft.

Eine erste umwelttechnische Untersuchung in 2002 wies im Bereich des abgebrochenen Betriebsgebäudes Verunreinigungen von Boden und Bodenluft durch CKW und BTEX nach, wobei die maximalen CKW-Konzentrationen den Verdacht einer Gw-Verunreinigung begründeten. Ein weiterer Handlungsbedarf ergab sich aus den relevanten CKW-Konzentrationen, die in der Raumluft des vorhandenen Wohngebäudes nachgewiesen wurden /20/.

Im Jahr 2007 wurde im Abstrom des Altstandorts die GWM 5/2007 errichtet und in Folge ein 2-wöchiger IPV durchgeführt. In der nachfolgenden Abbildung ist die zeitliche Entwicklung der damaligen CKW-Konzentration dargestellt, weil an dieser GWM im Rahmen der aktuellen Untersuchung kein IPV durchgeführt worden ist.

¹ <http://www.oberursel.de/index.php?id=1732>

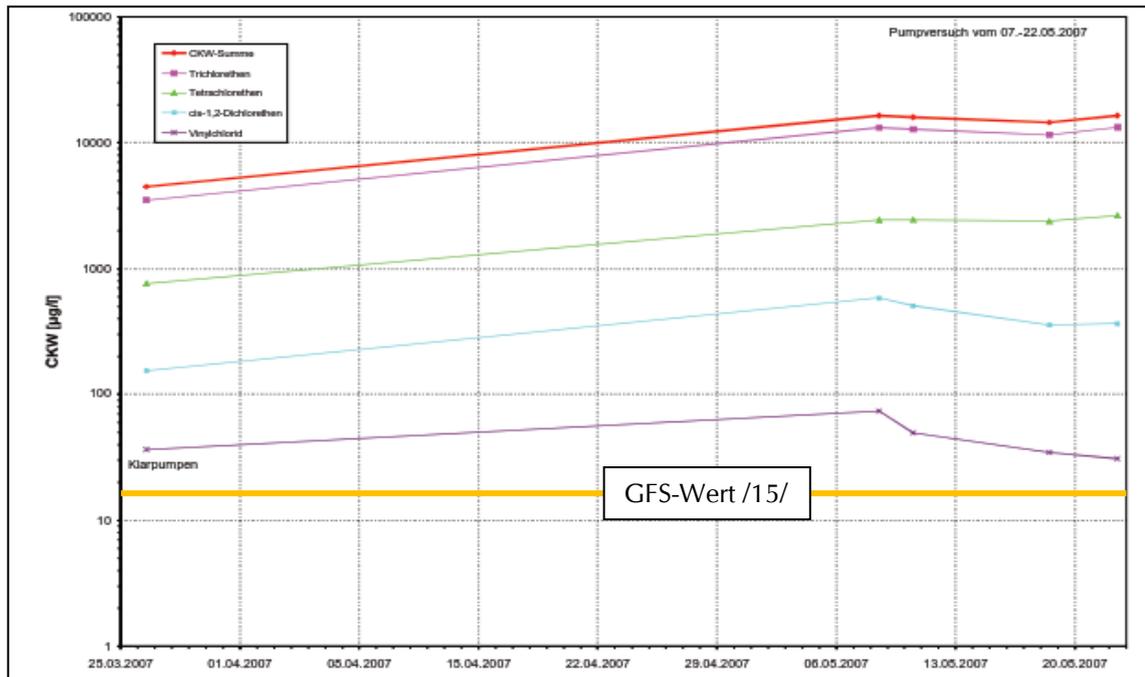


Abbildung 4-1: Zeitliche Entwicklung der CKW-Konzentration in der GWM 5/2007 (Mai 2007)

Aufgrund der äußerst geringen Ergiebigkeit konnte seinerzeit nur eine Förderrate von ca. 0,04 l/s realisiert werden (entsprechend $< 3,5 \text{ m}^3/\text{d}$), was außer durch die geringe Durchlässigkeit des PorenGwLeiters auch darauf zurückzuführen sein kann, dass die 2007 empfohlene Entsandung der GWM erst später durchgeführt worden ist.

Die **CKW-Konzentration** erreichte im Verlauf des IPV 2007 ein sehr hohes Niveau mit Werten um **16 mg/l** und es wurde eine **Lösemittelfracht von 50 g/d** ermittelt. Anhand der Analysen wurde nachgewiesen, dass **auf dem Altstandort Eppsteiner Straße 13 ein sehr großes CKW-Reservoir vorhanden** sein musste.

In der Folge wurde darauf hingewiesen, dass die Masse an DNAPL auf und im Umfeld des Altstandorts eine Größenordnung $> 10 \text{ t}$ erreichen kann, die wahrscheinlich auch in Pfützen an der Basis der Lockergesteinsauflage vorliegen, deren Lage / Ausdehnung und Migrationswege mit vertretbarem Aufwand nicht nachweisbar sind, weil die Möglichkeiten zur Erkundung des dafür maßgeblichen Reliefs der Festgesteinsoberfläche durch die enge Bebauung in der Altstadt begrenzt sind.

Das **Stoffspektrum** veränderte sich im Verlauf des IPV 2007 nicht nennenswert. Es war geprägt von einer TRI-Dominanz (80%) mit ca. 15% TETRA und 2-3% CIS sowie VC-Konzentrationen bis zu $74 \mu\text{g/l}$. Damit lagen Hinweise auf einen Abbau im Eintragsbereich vor, was vor dem Hintergrund des in den Untergrund gelangten Stoffgemischs plausibel ist.

In der Folgezeit wurden im Hinblick auf eine Sanierung verschiedene Szenarien unter Einbeziehung der geohydraulischen, ökotoxikologischen und wirtschaftlichen Bedingungen geprüft. Die Umsetzung erfolgt seit 2015 mit einer Bodenluftsanierung (Dampf-Luft-Injektion) und einer Grundwassersanierung an 17 Brunnen mit Abreinigung über Aktivkohle-Filter /39/.

4.5.2 Aktuelle Situation

Aufgrund des bereits im Sommer 2015 geplanten Anschlusses der GWM 5/2007 an die GwSanierungsanlage wurde von Seiten der Büro HG GmbH auf einen IPV verzichtet und nur eine Stichtagsmessung des GwStands am 12.06.2015 durchgeführt.

Im Rahmen eines vom 10. März bis 27. April 2015 erfolgten IPV an der GWM 5/2007 wurden deren geringe Ergiebigkeit und die geohydraulischen Kennwerte bestätigt (/33/, ca. 55 l/h, kf ca. $1 \cdot 10^{-7}$ m/s). In der Abbildung 4-2 ist die Entwicklung der CKW-Konzentrationen im Zeitraum 2007 – 2015 dargestellt, wobei es sich um ca. 75 % Tri- und 20 % Tetrachlorethen handelte.

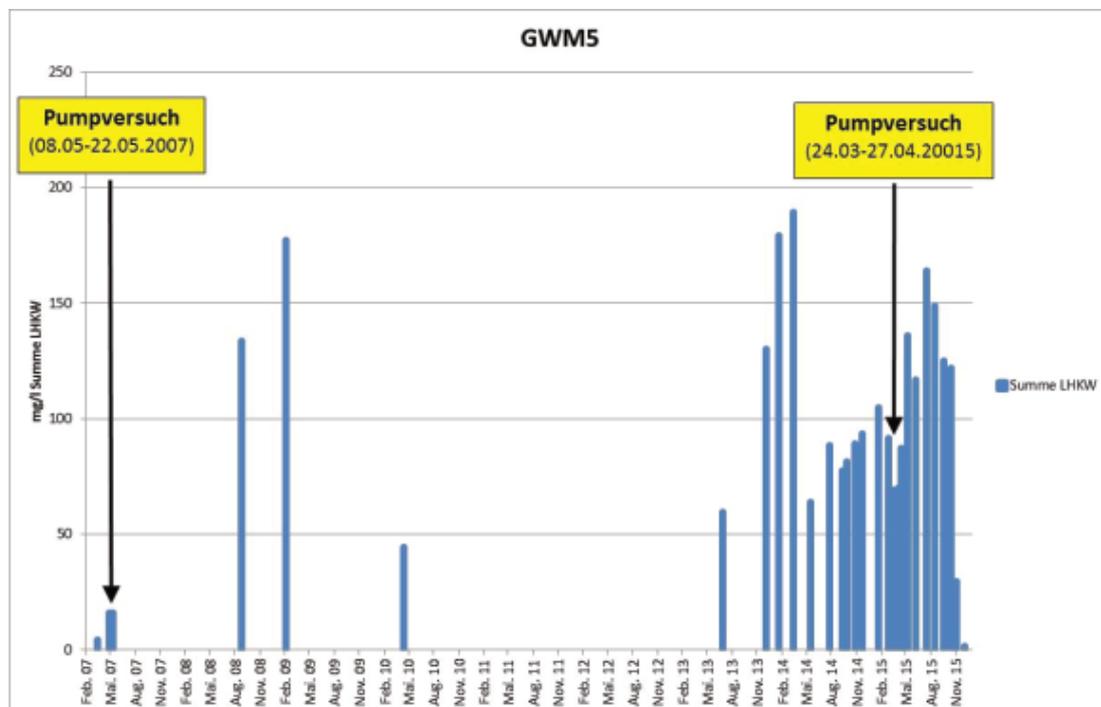


Abbildung 4-2: Zeitliche Entwicklung der CKW-Konzentration in der GWM 5/2007 (2007 - 2015); Quelle: CDM Smith Consult GmbH /39/

Da Büro HG mit Ausnahme der beiden Pumpversuche keine näheren Angaben zu Pumpdauer und Förderraten vorliegen, sind detaillierte Aussagen zur CKW-Emission nicht möglich. Weil die GWM zweifellos aber nur einen sehr geringen Anteil der von dem Altstandort emittierten CKW-Fracht erfasst, wären Berechnungen allein auf dieser Grundlage ohnehin nicht sinnvoll.

Generell ist die permanent sehr hohe CKW-Belastung des Grundwassers hervorzuheben, die vor Beginn der Sanierung einen weiten Schwankungsbereich aufweist (ca. **16 – 180 mg/l**), was auf einen Zutritt von DNAPL / CKW in Phase schließen lässt¹. Die Ausdehnung

¹ Diesbezüglich wird von der „1%-Regel“ ausgegangen, nach der ab etwa 1% der Sättigungskonzentration die Nähe eines Phasenkörpers wahrscheinlich ist /22/ - /25/. Definition in /25/:
Konzentration im Grundwasser $C_w > 10\%$ der Wasserlöslichkeit = DNAPL praktisch sicher vorhanden;

der Phasenkörper und der Inhalt dieses und ev. vorhandener weiterer CKW-Reservoirs sind mutmaßlich unbekannt. Während des zweiten Pumpversuchs (März/April 2015) wurde ein Belastungsniveau von ca. 50 – 90 mg/l gemessen. Auffällig ist der deutliche Rückgang der CKW-Konzentration seit Anschluss der GWM 5/2007 an die Sanierungsanlage im Oktober 2015 bis auf < 2 mg/l /39/, was auf die (zeitweilige) Eliminierung des DNAPL-Reservoirs im Nahbereich der GWM schließen lässt. Im gesamten Sanierungszeitraum wurden in den ersten Monaten bereits ca. **1,75 Tonnen CKW** ausgetragen (Stand 12/2015). Nach den derzeitigen Prognosen soll die Sanierungsmaßnahme auf dem Standort selbst im Jahr 2017 beendet sein /39/.

Angesichts der Tatsache, dass in der GWM 5/2007 offensichtlich noch CKW-Phase angetroffen wird, kann diese Prognose nicht auf die Umgebung übertragen werden. Da Lage / Ausdehnung und Migrationswege der DNAPL-Reservoirs sich aufgrund der Rahmenbedingungen des Standorts nicht hinreichend erkunden lassen, sind allerdings auch keine belastbareren Aussagen zum Verlauf der Sanierung möglich. Die in /33/ mit einem Gefälle von ca. 0,16 nach S ermittelte GwFließrichtung ist für die Ausbreitung der DNAPL nicht maßgeblich, da diese sich dem Relief hydraulischer Barriere folgend ausbreiten, wahrscheinlich also auf der Festgesteinsoberfläche.

Tabelle 4-1: Relevante physikalische Daten für die maßgeblichen CKW

	Dichte (g/cm ³)	Dyn. Viskosität (mPa/s)	1%-Sättigung (mg/l)
1,1-Dichlorethan	1,17	0,51	55
1,2-Dichlorpropan	1,16	0,87	30
1122-Tetrachlorethan	1,60	0,12	29
1,1-Dichlorethen	1,25	0,36	25
Vinylchlorid	2,86	-	11
Trichlorethen	1,46	0,57	10
Cis-1,2-Dichlorethen	1,28	-	7
Trans-1,2-Dichlorethen	1,26	0,42	7
Tetrachlorethen	1,62	1,93	2
Wasser	1,00	1,00	-

Cw 1 – 10 % = DNAPL wahrscheinlich vorhanden;

Cw 0,1 - 1 % = DNAPL möglich.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die effektive Löslichkeit der Einzelsubstanzen bei Anwesenheit von Stoffgemischen geringer ist, außerdem reduziert Matrixdiffusion das Signal. Bei Annahme der 1%-Regel der EPA wird die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Phase durch die beiden Effekte tendenziell unterschätzt, ebenso im Falle eines Abbaus von PCE über TCE zu DCE und VC.

4.6 Altstandorte im Bereich Marktplatz

4.6.1 Ausgangslage

Im Bereich des Marktplatzes befanden sich mehrere **chemische Reinigungen** (CR, s. Anlage 7.1). Diesbezüglich lagen für die CR in der Strackgasse konkrete Informationen zum unsachgemäßen Umgang mit CKW vor /14/. In der Vergangenheit wurden im nördlichen Teil des Grundstücks CKW gelagert und eingesetzt. Die vorliegenden Unterlagen begründeten den Verdacht, dass ein Eintrag von CKW und damit eine **GwVerunreinigung wahrscheinlich** ist.

Vor diesem Hintergrund wurde die GWM 6/2007 errichtet, die jedoch aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (dichte Bebauung, Leitungsverlauf) nicht unmittelbar im vermuteten Abstrom angesetzt werden konnte.

Während des 2007 durchgeführten IPV zeigte sich eine sehr hohe Befrachtung des Grundwassers mit gelösten Feststoffen, insbesondere Natrium, Kalium, Chlorid und Sulfat. Für diesen Befund wurde ein natürlicher Ursprung ausgeschlossen. Ein standortspezifischer Eintrag konnte anhand der bekannten Nutzungen im Umfeld bisher nicht plausibel zugeordnet werden.

Die CKW-Konzentrationen schwankten zwischen ca. 165 – 650 µg/l. Das Stoffspektrum wies eine TRI-Dominanz (> 75%) auf. Ein relativ konstantes Belastungsniveau wurde im Verlauf des IPV nicht erreicht.

Auf Grundlage des berechneten Zustrombereichs, des GwGleichenplans und des Konzentrationsverlaufs wurde der Schluss gezogen, dass mit der GWM 6/2007 wahrscheinlich nicht der Abstrom der chemischen Reinigungen erfasst wurde, sondern dass die dort nachgewiesene Schadstofffahne ihren Ursprung nördlich der GWM 6/2007 haben könnte, wofür der Altstandort Eppsteiner Straße in Frage kommt. Zudem spricht auch die TRI-Dominanz für diese Annahme.

Auf der Verdachtsfläche Strackgasse wurden im Boden, in der Bodenluft sowie in einer oberflächennah (3,5 – 4 m Tiefe) entnommenen Grundwasserprobe Belastungen durch CKW nachgewiesen /38/. Die GwProbe wies eine Summenkonzentration von 840 µg/l auf, wobei eine TETRA-Dominanz (60%) vorliegt.

Die Ergebnisse belegen eindeutig den Eintrag von CKW in die Schutzgüter Boden und Grundwasser auf dem untersuchten Grundstück. Zudem sprechen die relevanten Konzentrationen von CIS und Vinylchlorid für bereits ablaufende Abbauprozesse der CKW im Untergrund. Anhand der OU ist ein Gefährdungspotenzial für den Wirkungspfad *Boden-Grundwasser* nachgewiesen.

4.6.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 6/2007 Strackgasse

Die **Dauer** des PV betrug 31 Tage, vom 03.11. bis 04.12.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei ca. 183,6 mNN (**Flurabstand** ca. 19 m) wurde der **Betriebswasserspiegel** bis auf ca. 178,1 mNN eingestellt, was einer maximalen **Absenkung** von 5,5 m entspricht. Die **Förderrate** bei dieser Absenkung betrug 0,03 l/s (entsprechend 2,6 m³/d). Der IPV musste zu Beginn aufgrund einer Veranstaltung in der Altstadt für mehrere Tage unterbrochen werden. Die weiteren Betriebsstörungen sind auf Fremdeinwirkung (Beschädigung der Stromzufuhr) zurück zu führen (s. Anlage 7.2).

Die **chem.-phys. Messwerte** lassen einen schwankenden, insgesamt jedoch deutlich erhöhten Lösungsinhalt erkennen (el. Lf. ca. 1.850 – 2.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$), der im Verlauf des PV eine fallende Tendenz zeigt. Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich bei 6,8 – 6,9. Das geringe Redox-Potenzial und die niedrigen Sauerstoffgehalte <1 mg/l sprechen für **reduzierende Bedingungen** im GwLeiter. Mit Ausnahme der Messwerte vom 30.11.2015 ändert sich die generelle Beschaffenheit des geförderten Grundwassers nur geringfügig.

Die **CKW-Konzentration** steigt zu Beginn des PV an und erreicht vom 15. – 31. Tag ein relativ konstantes Niveau von ca. 320 – 375 $\mu\text{g}/\text{l}$ (s. Anlage 7.2). Der initial beprobte Stromfaden weist also geringere Konzentrationen auf als der später beprobte, räumlich ausgedehntere Zustrombereich während des PV. Die Stagnation wird unter Berücksichtigung der sehr geringen GwEntnahme dahingehend interpretiert, dass die Fahne erfasst werden konnte und sich ein quasi-stationärer Zustrombereich eingestellt hat.

Das **Stoffspektrum** verändert sich im Verlauf des PV; der TRI-Anteil stieg bis zum Erreichen des konstanten Niveaus am 15. Tag von 50 auf fast 75% und der TETRA-Anteil sank von 40 auf <20%. Der CIS-Anteil ist demgegenüber mit ca. 5 – 6% konstant. Damit entspricht das Stoffspektrum wiederum demjenigen in der GWM Eppsteiner Straße und bestätigt die Ergebnisse des IPV von 2007 (vgl. Anlage 7.1 mit Anlage 6.1). Auch das in der GWM Strackgasse festgestellte Konzentrationsniveau ist unter Berücksichtigung der Verdünnung aufgrund der Entfernung zwischen den beiden GWM und der randlichen Lage in der Fahne plausibel; d. h., es kann vorbehaltlich vertiefender Untersuchungen weiterhin nicht ausgeschlossen werden, dass die GWM 6/2007 nicht nur von dem benachbarten Altstandort Strackgasse beeinflusst wird, sondern möglicherweise auch randlich zur CKW-Fahne Eppsteiner Straße liegt, wo eine nach S gerichtete GwFließrichtung durch CDM nachgewiesen ist (/33/, s.o.).

Im Vergleich zum IPV 2007 ist die CKW-Konzentration beim IPV 2015 mit Ausnahme des Maximums am 01.06.2007 von 620 $\mu\text{g}/\text{l}$ relativ konstant (s. Anlage 7.2).

Die **Frachtabschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen vernachlässigbaren Massenstrom von ca. 0,5 – 1 g/d (s. Tab. 5-3), der jedoch nur einen nicht quantifizierbaren Anteil der Gesamtfracht erfasst. Wie die Stagnation des Konzentrationsniveaus zeigt, muss die Fahne deutlich über den Zustrombereich hinausreichen. Die Reduzierung der im Jahr 2007 ermittelten Fracht von 3,6 g/d ist auf eine deutlich geringere Ergiebigkeit der GwMessstelle zurückzuführen, mutmaßlich bedingt durch eine Einschränkung der Filterfunktion (Selbstdichtung durch Verockerung), denn der GwSpiegel lag 2015 auf dem gleichen Niveau.

4.7 Altstandorte Holzweg / Henchenstraße

4.7.1 Ausgangslage

Seit 1994 die ersten Beobachtungen in den **GWM Adenauerallee** zeigten, dass aus dem zentralen Stadtgebiet von Oberursel erhebliche CKW-Frachten in Richtung des WW Riedwiese strömen, wurde die Suche nach möglichen Eintragsstellen intensiviert und vertiefende Untersuchungen durchgeführt.

Im Zustrombereich der GWM in der Adenauerallee konnten zumindest zwei Fahnen identifiziert werden: eine **oberflächennahe TETRA-Fahne** mit Konzentrationen > 1 mg/l und eine **tiefer TRI-Fahne**, deren Konzentrationsniveau im Verlauf von 10 Jahren von ca. 60 auf 300 $\mu\text{g/l}$ anstieg /12/. Es wurde aufgrund der unterschiedlichen Tiefenlage von zwei Eintragsbereichen ausgegangen, wobei im Falle der TRI-Belastung ein Zusammenhang mit dem bekannten Eintrag auf dem Gelände zwischen der Straße Im Portugall und der Portstraße vermutet wurde.

Bezüglich der **TETRA-Quelle** war ein Zusammenhang mit einem Eintrag in der näheren Umgebung wahrscheinlich, wobei 2007 anhand des Altstandort-Katasters eine ehem. chemische Reinigung (CR) in der Kumeliusstraße, eine ehem. Pelzhandlung an der Ecke Kumelius- / Henchenstraße sowie eine ehem. CR in der Feldbergstraße identifiziert wurden. Zwischenzeitlich muss als weiterer wahrscheinlicher Eintragsbereich für CKW die ehemalige (Schuh-) Maschinenfabrik Adrian Busch KG berücksichtigt werden, die sich von ca. 1900 bis 1970 in der Feldbergstraße entlang der Kumeliusstraße befunden hat /41/(Anlage 7.1).

Die von 2003 – 2007 erfolgten Untersuchungen kamen zum Ergebnis, dass an den Standorten in der Henchenstraße keine relevanten Schadstoffeinträge stattgefunden haben. Als mögliche Eintragsstelle wurde der Bereich der ehem. CR Feldbergstraße lokalisiert, da hier in GwProben aus einer DP-Sondierung CKW-Summenkonzentrationen von ca. 90 – 120 $\mu\text{g/l}$ gemessen wurden (TETRA-Dominanz).

Diese Verdachtsfläche wurde 2015 einer Orientierenden Untersuchung unterzogen /37/. Dabei wurden im Boden und in der Bodenluft teilweise deutliche Belastungen durch CKW nachgewiesen. Das Maximum wies eine Bodenprobe aus der Probenahmestelle KRB 3 se´ des Gebäudes auf, wo in einer Tiefe > 5 m ein TETRA-Gehalt von 290 mg/kg nachweisbar war, korrelierend mit einer Bodenluftkonzentration von 8,2 g/m^3 in 0,5 - 4,0 m Tiefe. Die Ergebnisse belegen zweifelsfrei den Eintrag von CKW in das Schutzgut Boden auf dem untersuchten Grundstück, den vorliegenden Daten zufolge wahrscheinlich ganz oder tw. über die Kanalisation und nicht notwendigerweise an der Erdoberfläche. Anhand dieser OU besteht ein Gefährdungspotenzial über den Wirkungspfad *Boden-Grundwasser*.

Es wurde daher beschlossen, dort eine GWM zu installieren, um die Annahme einer schwerwiegenden GwVerunreinigung an diesem Altstandort zu verifizieren. Die Ergebnisse der zwischenzeitlich erfolgten Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Im Bereich des Standorts wurde in ca. 12 - 20 m uGOK eine tonig-schluffige Wechselfolge angetroffen, die sehr wahrscheinlich dem Trennhorizont entspricht, dessen Mächtigkeit nach SE bis auf > 30 m im Bereich Riedwiese zunimmt. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass diese hydraulische Barriere auf Höhe der Kumeliusstraße noch hydraulische Fenster aufweist.
- Über der Wechselfolge ist ein geringmächtiges schwebendes GwStockwerk ausgebildet, in dem eine CKW-Belastung von ca. 0,5 mg/l und damit ein Eintrag auf dem Standort nachgewiesen werden konnte.
- Aufgrund der geringen Wassersäule / Ergiebigkeit dieses oberen GwStockwerks war an der darin installierten flachen GWM kein PV durchführbar. Welche räumliche Ausdehnung diese Verunreinigung hat und wohin die CKW-Fracht abfließt (GWM Adenauerallee?), lässt sich anhand des punktuellen Werts nicht beurteilen.
- In den Proben aus der GWM7^{tief}/2016 wurden lediglich Summenkonzentrationen von 0,04 mg/l gemessen, was darauf zurückzuführen ist, dass sich der oberflächennahe CKW-Eintrag zunächst dem schwebenden GwLeiter mitteilt und den Kapillarsaum des Hauptstockwerks nicht notwendigerweise im Nahbereich des Standorts erreicht. Ob darin im Rahmen eines IPV höhere Konzentrationen / Frachten nachweisbar wären, muss durch zukünftige Untersuchungen geklärt werden.
- Hauptkontaminant in beiden GwStockwerken ist, wie in der GWM KB 1 Adenauerallee, Tetrachlorethen mit Anteilen von 90 -95%, der TRI-Anteil beträgt $\leq 7\%$. Abbauprodukte wie CIS und VC treten nur in Anteilen $< 2\%$ auf. Dieser Befund belegt zusammen mit den ermittelten hydrochemischen Milieubedingungen (aerob, indifferentes Redox-System), dass im Bereich der Messstelle GWM 7/2016 kein signifikanter Abbau (Dehalogenierung) stattfindet.
- Mittels der Untersuchung des Spurengases SF₆ konnte für die GwProbe aus dem Hauptstockwerk ein Modellalter von 25 Jahren ermittelt werden, was dem der GwProben im Umfeld entspricht, außerdem ist hier auch die F12-Anomalie nachweisbar, dies sich erstmals in der oberstromigen GWM Eckhardtstraße zeigt. Ein räumlicher Zusammenhang der F12-Fahne wird angenommen.

Die in größerer Tiefe verlaufende und deswegen aus größerer Entfernung stammende **TRI-Fahne** konnte 2004 mit Hilfe der GWM Holzweg lokalisiert und näher quantifiziert werden /18/. Zu Beginn wurden CKW-Summenkonzentrationen von 300 – 500 $\mu\text{g/l}$ gemessen mit einer TRI-Dominanz von ca. 80%.

Zum Abschluss der ersten Erkundungsphase wurden zwischen der Feldbergstraße und der Adenauerallee die GWM 3/2007 und flache GWM 3.2/2007 in der Henchenstraße errichtet¹. Während im oberflächennahen GwLeiter keine relevante CKW-Belastung nachgewiesen wurde, lagen die CKW-Konzentrationen im tieferen GwLeiter bei 40 - 100 $\mu\text{g/l}$ mit einer Dominanz von TETRACHlorethen /20/.

¹ Da in diesem Bereich der nach SE mächtiger werdende hydraulische Trennhorizont einsetzt, wurde hier bereits ein geringmächtiges schwebendes GwStockwerk angetroffen und eine tiefengestaffelte GWM-Gruppe installiert.

4.7.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM Holzweg

Die **Dauer** des IPV betrug 18 Tage, vom 28.08. bis 14.09.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei 183,5 mNN (**Flurabstand** ca. 18 m) lag der **Betriebswasserspiegel** konstant bei 181,2 mNN, was einer **Absenkung** von 2,3 m entspricht. Die mittlere **Förder-rate** betrug 0,45 l/s (entsprechend ca. 39 m³/d).

Gegenüber 2007 ist also bei etwa gleichem Ruhe- und Betriebswasserspiegel eine etwas geringere Ergiebigkeit der GWM zu verzeichnen, was einen entsprechend kleineren Zustrombereich erwarten lässt. Außerdem kann sich die Anstromsituation der GWM durch die zuvor erfolgten IPV in der tendenziell oberstromigen GWM Eckhardtstraße zeitweilig verändert haben.

Die hydrochemische **Übersichtsanalyse** zeigt ein normal mineralisiertes Grundwasser, dessen Beschaffenheit sich im Lauf des IPV nur wenig ändert. Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. 500 – 600 μ S/cm). Der pH-Wert liegt im sauren Bereich bei 6,0. Auffällig ist der zum Ende des IPV ansteigende Sauerstoffgehalt von 1 mg/l auf 4,5 mg/l und die ansteigende el. Leitfähigkeit, was für einen Zustrom aus dem oberflächennahen GwLeiter spricht. Des Weiteren ist der Chlorid-Gehalt von 90 mg/l ein Indikator für einen anthropogenen Eintrag von löslichen Feststoffen (z. B. Streusalz).

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** zeigt kaum Veränderungen: Ausgehend von 70 μ g/l kurz nach Pumpbeginn reduziert sich die Belastung stetig im Verlauf der GwEntnahme und beträgt ca. 55 μ g/l am Ende des IPV (s. Anlage 8.2). Analog zum IPV 2007 weist der initial beprobte Stromfaden eine höhere Konzentration auf als der später beprobte, räumlich ausgedehntere Zustrombereich während des IPV. Der Schwerpunkt dieser Fahne wird also möglicherweise von der GWM Holzweg erfasst; in jedem Fall ist mit Ausdehnung des Zustrombereichs eine stärkere Verdünnung festzustellen. Als Ursprung der Fahne kommt unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen GwFließrichtung und der Befunde in der GWM Eckardtstraße vorzugsweise der dortige Altstandort in Frage.

Das **Stoffspektrum** verändert sich im Verlauf des IPV nicht wesentlich. Es ist charakterisiert von einem dominierenden TETRA-Anteil (75 – 80%). Untergeordnet kommen das Abbauprodukt CIS mit ca. 15% und TRI mit 5 – 7% vor.

Im Vergleich zum IPV 2007 zeigt die CKW-Konzentration einen deutlichen Rückgang um ca. 75% (s. Anlage 8.2), was im Zusammenhang mit dem IPV in der tendenziell oberstromigen GWM Eckhardtstraße stehen könnte. Während die TETRA- und CIS-Konzentrationen 2007 und 2015 in etwa das gleiche Belastungsniveau aufweisen, ist der Anteil von TRI nunmehr unbedeutend (3 - 5 μ g/l). Im Verhältnis zueinander hat sich die ehemalige TRI-zu einer TETRA-Dominanz gewandelt. Diese Umkehr im Stoffspektrum wurde bereits in der oberstrom gelegenen GWM 2/2007 Eckardtstraße beobachtet (s. Kap. 4.3.2) und stützt die Annahme, dass beide GWM innerhalb der gleichen Schadstofffahne liegen.

Die aktuelle **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen Massenstrom von ca. 2 – 3 g/d (s. Tab. 5-3), was deutlich unter derjenigen von 2007 mit 13 g/d liegt. Abgesehen von dem möglichen Einfluss des IPV Eckhardtstraße kann aufgrund der Unsicherheit bei der kleinräumigen Bestimmung der GwFließrichtungen auch ein Zusammenhang mit der Sanierung der Altlast Eppsteiner Straße nicht ausgeschlossen werden.

4.7.3 Immissions-Pumpversuch an der GWM 3/2007 Henchenstraße (tief)

Die **Dauer** des PV an der GWM 3/2007 (tief) betrug 20 Tage, vom 14.10. bis 03.11.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei 184 mNN (**Flurabstand** ca. 15 m) lag der **Betriebswasserspiegel** konstant bei ca. 183,2 mNN, was einer **Absenkung** von 0,8 m entspricht. Die **Förderraten** lagen zwischen 0,1 und 0,28 l/s (entsprechend ca. 8,6 bis 24 m³/d, s. Anlage 8.3).

Gegenüber 2007 ist also bei etwa gleichem Ruhe- und Betriebswasserspiegel eine etwas höhere Ergiebigkeit der GWM zu verzeichnen, was einen entsprechend größeren Zustrombereich erwarten lässt.

Die hydrochemische **Übersichtsanalyse** zeigt ein höher mineralisiertes Grundwasser, dessen Beschaffenheit sich im Lauf des IPV nur wenig ändert. Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. ca. 970 μ S/cm). Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich bei 6,4. Auffällig sind die relativ hohen Natrium- (95 mg/l), Kalium- (30 mg/l) und Chlorid-Gehalte (206 mg/l), die für einen anthropogenen Eintrag von löslichen Feststoffen sprechen (z. B. Streusalz).

Die **CKW-Konzentration** nimmt, ausgehend von der ersten Beprobung mit 22 μ g/l auf ein relativ konstantes Niveau von 11 - 15 μ g/l ab, was nur eine unwesentliche Überschreitung des GFS-Werts von 10 μ g/l bedeutet. Im Verlauf des IPV wurde somit keine Schadstoffaufnahme erfasst, die auf ein relevantes CKW-Reservoir im Zustrombereich der GWM hindeutet. Das **Stoffspektrum** ist charakterisiert von einer konstanten TETRA-Dominanz (>95%). Hinweise auf einen relevanten Abbau dieses Ausgangsstoffs liegen nicht vor.

Im Vergleich zum IPV 2007 zeigt die CKW-Konzentration einen Rückgang um ca. 75% (s. Anlage 8.3). Während der TETRA-Anteil dadurch zunahm, tritt TRI nur noch in Spuren auf (≤ 5 μ g/l). Die **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen gegenüber 2007 vernachlässigbaren Massenstrom von $< 0,1$ g/d (s. Tab. 5-3).

Die Ursache für diese Veränderungen ist nicht ersichtlich. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Anstromsituation der GWM durch die zuvor erfolgten IPV in den tendenziell oberstromigen GWM Eckhardtstraße und Holzweg verändert hat. Sollte das der Fall sein, so müsste bei zukünftigen GwProben aus der GWM Henchenstraße wieder das zuvor beobachtete Konzentrationsniveau und Schadstoffspektrum nachweisbar sein.

4.7.4 Kurzpumpversuch GWM an der 3.2/2007 Henchenstraße (flach)

Aufgrund der geringmächtigen Wassersäule von 0,6 m in der Messstelle sowie der in 2007 festgestellten niedrigen Stoffkonzentrationen und Fracht wurde an der GWM 3.2/2007 am 10.08.2015 ein 6-stündiger Kurzpumpversuch durchgeführt.

Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei 187,2 mNN (**Flurabstand** ca. 12,1 m) wurde mit einer geringen **Förderrate** von 0,1 l/s (entsprechend 0,36 m³/h) eine Absenkung von nur 0,05 m erzielt.

Die chem.-physikalischen Messwerte lassen während des IPV eine weitgehende Konstanz des erhöhten Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. 1.150 – 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich bei 6,5. Charakteristisch sind oxidierende Milieubedingungen im oberen GwLeiter mit einer Sauerstoff-Konzentration $> 8 \text{ mg/l}$ (s. Anlage 8.4). Im Vergleich zum KPV 2007 sind die chem.-physikalischen Messwerte keinen größeren Änderungen unterworfen.

Die **CKW-Konzentrationen** liegen auf einem sehr niedrigen Niveau von 3,2 bis 3,5 $\mu\text{g/l}$ (ausschließlich **PER**, $< \text{GFS}$ -Wert). Sie zeigen gegenüber 2007 einen deutlichen Rückgang um ca. 50%. Die **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen vernachlässigbaren Massenstrom von $< < 0,1 \text{ g/d}$ (s. Tab. 5-3).

4.8 Situation in den Vorfeld-GWM Adenauerallee

4.8.1 Ausgangslage

Wie bereits in verschiedenen Berichten erläutert /12/, /14/ stiegen in der Vergangenheit die CKW-Konzentrationen in den Brunnen des WW Riedwiese und auch die in der Vorfeld-Messstelle Adenauerallee stark an (s. Abb. 1-1, Anlage 10.5 und Anlage 9.2 Blatt 2). Aufgrund der langen Fließstrecken / -zeiten des Grundwassers ist es plausibel, dass die maximalen CKW-Frachten in einzelnen Stromröhren die Brunnen bislang noch nicht erreicht haben. Der steigende Trend könnte sich daher auch noch in den nächsten Jahren fortsetzen, wobei die verschiedenen, sich überlagernden Effekte¹ zu unterschiedlichen Zustrombereichen und Belastungsniveaus führen können.

Durch die GwAbsenkung im Rahmen des BV **IBM (GwEntnahme im Zeitraum 15.06.2004 – 11.10.2005)** hatten sich zeitweilig das GwGefälle und damit die GwFließgeschwindigkeit merklich erhöht /18/. Aufgrund dessen war von einer rascheren Annäherung der CKW-Fronten und somit von beschleunigten Änderungen des Konzentrationsniveaus sowie einer Verlagerung der Zustrombereiche auszugehen. Gleichzeitig wurden durch diese GwEntnahme auch eine relevante Masse von ca. 66 kg CKW aus dem GwLeiter entnommen.

¹ So führen wechselnde GwNeubildungsraten und GwEntnahmen bereichsweise zu starken Schwankungen des GwSpiegels im Stadtgebiet, an der GWM Adenauerallee etwa um 5 m (181 mNN im Sommer 1998 und 2005, 186 mNN Ende 2002). Dies hat zur Folge, dass CKW-Reservoirs in diesem Schwankungsbereich zeitlich wechselnde Emissionen verursachen.

Im Falle der **GWM 2 Adenauerallee** war in dem o. g. Zeitraum eindeutig ein **Anstieg der GwBelastung** zu erkennen. Die Summenkonzentration stieg dabei **etwa um den Faktor 2** von einem Niveau 200 – 250 $\mu\text{g/l}$ auf 500 $\mu\text{g/l}$ an, wobei die gemessenen Einzelsubstanzen absolut und prozentual deutliche Unterschiede erkennen ließen (TETRA und TRI jeweils ca. + 100 $\mu\text{g/l}$, CIS + 50 $\mu\text{g/l}$).

Diese Entwicklung wurde auf den Einfluss der GwAbsenkung zurück geführt, da eine vergleichbar kontinuierliche Entwicklung in der Vergangenheit noch nicht beobachtet wurde. Die früheren Konzentrations sprünge traten lediglich in einzelnen Proben auf, verursacht durch die Probenahme (wechselnde Erfassung der oberflächennahen TETRA-Fahne in Abhängigkeit von Einbautiefe der Pumpe, Pumpdauer und -leistung).

Mit der Auffüllung des Absenkungstrichters nach Ende der GwHaltung bei IBM endete der Anstieg und die CKW-Konzentration stagnierte längere Zeit auf dem neuen, höheren Niveau, bevor sie auf unter 100 $\mu\text{g/l}$ sank.

Diese Beobachtungen werden dahingehend interpretiert, dass die Veränderungen nicht allein auf eine veränderte Anstromsituation der GWM während der GwAbsenkung verursacht wurden, sondern dass der Anstieg i. wes. auf die erwartete beschleunigte Annäherung der CKW-Fronten zurückzuführen ist.

Es war daher nicht auszuschließen, dass die CKW-Konzentrationen auch im Zustrom des WW weiterhin ansteigen.

4.8.2 Immissions-Pumpversuch an der GWM 2 (tief) Adenauerallee

Die **Dauer** des IPV betrug 15 Tage, vom 14.09. bis 29.09.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei 183 mNN (**Flurabstand** ca. 11 m; ca. 2,5 m tiefer als 2007) lag der **Betriebswasserspiegel** relativ konstant bei 182,6 mNN, was einer **Absenkung** von 0,4 m entspricht. Die mittlere **Förderrate** betrug 0,7 bis 1 l/s (entsprechend ca. 60 – 86 m^3/d). Der IPV wurde am 17.09.2015 aufgrund einer Störung der Stromzufuhr für einige Stunden unterbrochen (s. Anlage 9.2).

Die hydrochemische **Übersichtsanalyse** zeigt ein normal mineralisiertes Grundwasser, dessen Beschaffenheit sich im Lauf des PV nur unwesentlich ändert. Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. 590 – 480 $\mu\text{S/cm}$). Der pH-Wert liegt mit 6,2 bis 6,7 im schwach sauren Bereich. Auffällig ist der zum Ende des IPV fallende Sauerstoffgehalt von 1,4 mg/l auf 0,4 mg/l, was für reduzierende Milieubedingungen im weiteren Anstrombereich spricht.

Die Entwicklung der **CKW-Konzentration** zeigt während des IPV 2015 wenig Veränderungen: Ausgehend von einem konstanten Niveau um 90 $\mu\text{g/l}$ (1. – 11. Tag) reduziert sich die Belastung und beträgt ca. 65 $\mu\text{g/l}$ am Ende des IPV (s. Anlage 9.2). Dementsprechend weist der initial beprobte Stromfaden eine höhere Konzentration auf als der später beprobte, räumlich ausgedehntere Zustrombereich während des PV. Der Schwerpunkt dieser Fahne(n) liegt also weiterhin im Bereich der GWM 2 (tief).

Unter Berücksichtigung der mutmaßlichen GwFließrichtung und der Befunde in den GWM Henchenstraße, GWM Holzweg und GWM Eckardtstraße ist ein Zusammenhang

mit den Altstandorten im Bereich zwischen Feldberg-, Eckhardt- und Berliner Straße zu vermuten (s. Anlage 1).

Mit einiger Sicherheit überlagern sich hier CKW-Fahnen verschiedener Standorte, so eine bisher nicht zweifelsfrei einem bestimmten Altstandort zuzuordnende oberflächennahe TETRA-Fahne (in Frage kommen vorzugsweise die Verdachtsflächen Feldbergstraße, vgl. Anlage 8.1)¹. Diese wurde bereits im Rahmen der IPV 2002 nachgewiesen, bei dem auf Basis eines Zuflussprofils tiefenzonierte GwProben entnommen worden sind /12/.

Die damals durchgeführten Untersuchungen wiesen auch für den tieferen Bereich unter der hydraulischen Barriere auf den Einfluss mehrerer CKW-Quellen in größerer Entfernung hin, die ebenfalls nicht zu identifizieren, aber durch eine klare TRI-Dominanz gekennzeichnet waren.

Das **Stoffspektrum** verändert sich im Verlauf des IPV 2015 nicht wesentlich, zeigt hingegen in Bezug auf die Einzelstoffe eine Tendenz auf. Es ist charakterisiert von einer **TETRA-Dominanz**, die kontinuierlich von >80% auf 70% zurückgeht und einem TRI-Anteil, der von 3,5% auf 12% ansteigt. Das Abbauprodukt CIS nimmt einen konstanten Anteil von ca. 16 – 18% ein.

Im Vergleich zum IPV 2002 zeigt die CKW-Konzentration einen Rückgang um ca. 70%, was jedoch ausschließlich auf die deutlich verringerte tiefe TRI-Komponente zurück zu führen ist, während die TETRA-Konzentration 2002 und 2015 ein ähnliches Belastungsniveau zwischen ca. 45 und 80 µg/l aufweist. Die gemessenen Konzentrationen sind vergleichbar, da sowohl die Entnahmetiefen (jeweils 12 – 20 m uGOK), als auch die Förderaten (ca. 1,25 und 0,7 bis 1 l/s) in 2002 und 2015 nahezu übereinstimmen.

Zwar unterscheidet sich die Versuchsdauer (ca. 90 d : 14 d), aber auch die Dauer des jüngsten IPV reichte fraglos aus, um den Einfluss der kontinuierlichen Infiltration des oberflächennahen TETRA-kontaminierten Grundwassers zu kompensieren. Demzufolge ist der beobachtete Effekt nicht mit der Umkehr im Stoffspektrum gleichzusetzen (TRI <—> PER), wie es in der oberstrom gelegenen GWM 2/2007 Eckardtstraße beobachtet wurde (s. Kap. 4.4.2).

Vielmehr lassen die jüngsten Ergebnisse darauf schließen, dass die **TRI-Fracht in der von der GWM Adenauerallee kontrollierten Stromröhre drastisch zurückgegangen** ist². Die aktuelle **Frachtabschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen Massenstrom von ca. 5 – 7 g/d (s. Tab. 5-3), wobei anzumerken ist, dass sich die Fracht überwiegend auf die oberflächennahe Schadstofffahne bezieht.

¹ Aufgrund vertikaler Ausgleichsströmungen dominiert dieser Zufluss mit dem höchsten Druckniveau die Wassersäule der GWM. Die tiefen Zuflusskomponenten sind dadurch erst nach längerer Pumpzeit realitätsnah erfassbar, weil kontinuierlich oberflächennahes, mit TETRAkontaminiertes Grundwasser in tiefere Schichten infiltriert.

² Die mit ca. 2 Jahren Verzögerung auch in den Brunnen 1 und 4 des WW Riedwiese zu beobachtende Abnahme der Tri-Gehalte zeigt, dass der Rückgang in der GWM Adenauerallee nicht auf die Probenahmebedingungen zurückzuführen ist, die aufgrund des Ausbaus der GWM starken Einfluss auf die Beschaffenheit tiefengemittelter Pumpproben hat.

Die Frage nach der Ursache für die reduzierte TRI-Fracht kann auf Basis der vorliegenden Daten nicht beantwortet werden. Angesichts des hohen Anteils dieser Fahne an der Gesamtfracht im WW Riedwiese (vgl. Kapitel 4.9) liegt ein Zusammenhang mit der ca. 600°m entfernten Altlast Eppsteiner Straße nahe, die nach heutigem Kenntnisstand das dominierende TRI-Reservoir im Stadtgebiet darstellt (Abbildung 4-1). Auf dem Standort und in dessen Umgebung treten DNAPL auf, deren Verbreitung im Untergrund allerdings nach Kenntnis des Gutachters nicht abgegrenzt werden konnte.

Weil dort die Maßnahmen zur Reduzierung des Reservoirs erst in 2013 begannen, muss eine andere Ursache für die in der GWM Adenauerallee bereits seit 2007 stark fallenden Tri-Gehalte verantwortlich sein.

4.8.3 Immissions-Pumpversuch an der KB 1 (flach) Adenauerallee

Die **Dauer** des PV betrug 15 Tage, vom 29.09. bis 14.10.2015. Ausgehend von einem **Ruhewasserspiegel** bei 184,3 mNN (**Flurabstand** ca. 10 m) lag der **Betriebswasserspiegel** relativ konstant bei 183,6 mNN, was einer **Absenkung** von 0,7 m entspricht. Die mittlere **Förderrate** betrug 0,1 l/s (entsprechend ca. 8,5 m³/d). Der IPV wurde am 06.10. und 12.10.2015 aufgrund einer Zerstörung der Stromzufuhr für 2 Tage bzw. einige Stunden unterbrochen (s. Anlage 9.3).

Im Vergleich mit dem IPV 2007 ist darauf hinzuweisen, dass die bereits erwähnte Absenkung des GwSpiegels um ca. 2,5 m in diesem Bereich die Wassersäule und damit die Ergiebigkeit der flachen GWM mehr als halbierte. Aufgrund dessen ist der Zustrombereich des IPV 2015 erheblich kleiner, so dass die Ergebnisse deutlich von den damaligen abweichen (müssen).

Die hydrochemische **Übersichtsanalyse** zeigt ein höher mineralisiertes Grundwasser (916 mg/l), dessen Beschaffenheit sich im Lauf des PV nicht wesentlich ändert. Die chem.-phys. Messwerte lassen eine weitgehende Konstanz des Lösungsinhalts erkennen (el. Lf. 1.450 – 1.600 μ S/cm). Der pH-Wert liegt mit ca. 6,0 im sauren Bereich. Die niedrigen Sauerstoffgehalte von 0,4 bis 0,7 mg/l sprechen für reduzierende Milieubedingungen bereits im oberflächennahen Grundwasser. Auffällig sind die hohen Natrium- (158 mg/l), Kalium- (26 mg/l) und Chlorid-Gehalte (393 mg/l), die für einen anthropogenen Eintrag von löslichen Feststoffen sprechen (z. B. Streusalz). Damit weist die Messstelle KB 1 das Maximum an gelösten Feststoffen auf, was plausibel ist, da die anthropogenen Einflüsse in dem geringmächtigen oberen GwStockwerk sich relativ unverdünnt auswirken.

Die **CKW-Konzentration** steigt zu Beginn des IPV von 17 μ g/l bis auf ca. 80 μ g/l deutlich an und erreicht vom 6. – 10. Tag ein Plateau, um bis zum Ende des IPV das Maximum von 150 μ g/l zu erreichen (s. Anlage 9.3). Der initial beprobte Stromfaden weist also, wie schon 2002, eine deutlich geringere Konzentration auf als der am Ende des IPV beprobte und räumlich ausgedehntere Zustrombereich. Dies muss unter Berücksichtigung der geringen GwEntnahme dahingehend interpretiert werden, dass die Fahne mit zunehmender Pumpdauer mehr und mehr erfasst werden konnte, offensichtlich jedoch nicht bis zum maximal belasteten Stromfaden.

Das **Stoffspektrum der CKW** verändert sich im Verlauf des IPV nicht und wird, wie bereits 2002, von **TETRA**(> 90 - 95%) bestimmt, mit jeweils geringen Anteilen von TRI und CIS. Hinweise auf einen relevanten Abbau im Zustrombereich liegen also nicht vor.

Die aktuelle **Frachtaberschätzung** ergibt für den erfassten Zustrombereich einen vernachlässigbaren Massenstrom von ca. 0,1 – 1,1 g/d (s. Tab. 5-3), was deutlich unter derjenigen von 2002 mit 1 - 36 g/d liegt.

Anhand der aktuellen Untersuchungen in der Adenauerallee ist davon auszugehen, dass die bereits 2002 nachgewiesene TETRA-Fahne im oberflächennahen Grundwasser auch 2015 weiterhin besteht. Die im jüngsten IPV geringere TETRA-Fracht ist allerdings durch den niedrigeren GwSpiegel verursacht und darf nicht als Rückgang des Belastungsniveaus interpretiert werden.

Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Emissionsstärke des verantwortlichen CKW-Reservoirs von den hydrogeologischen Randbedingungen (GwNeubildung, Schwankungen des GwSpiegels) bestimmt wird. Aus gutachterlicher Sicht besteht kein Zweifel daran, dass in diesem noch zu lokalisierenden Schadensherd Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden.

4.9 Auswertung der Messreihen am WW Riedwiese

Wie bereits in früheren Berichten wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die im Rahmen der Eigenüberwachung erhobenen Daten (Fördermengen, CKW-Analysen) von den Stadtwerken Oberursel beschafft, aufbereitet und im Gesamtzusammenhang bewertet. Die Ergebnisse dieser Datenanalyse werden im Folgenden vorgestellt.

4.9.1 Entwicklung der CKW-Konzentrationen

In der Anlage 10.1 sind zunächst die Ganglinien der CKW-Summenkonzentration für alle Brunnen des WW Riedwiese zusammengestellt und zwar linear (Bild 1) und logarithmisch (Bild 2, mit Ausgleichskurven) sowie ergänzend eine Darstellung auf Basis arithmetischer Mittelwerte (Bild 3), in der die kurzfristigen Schwankungen durch wechselnde Fördermengen u. ä. eliminiert sind.

In beiden Abbildungen ist gut erkennbar, dass sich die Entwicklung in den einzelnen Brunnen unterscheidet, vorzugsweise wohl aufgrund der unterschiedlichen Einzugsgebiete, die sich aus der Anordnung quer zur GwFließrichtung, den verschiedenen Ausbautiefen und den unterschiedlichen Fördermengen ergeben. Während die CKW-Gehalte in B 1, B 4 und B 7 um das Jahr 2010 ein Maximum erreichten und in diesen Brunnen seither stagnieren oder abnehmen, ist die Konzentration in B 2 nach einem Einbruch in 2012/¹13 wieder angestiegen, so dass dort seit 2014 die höchsten Werte gemessen werden.

¹ Eine Ursache für den Rückgang ist nicht ersichtlich. Selbst die oberstromige Wasserhaltung im Rahmen des BV IBM hatte keinen vergleichbaren Effekt, obwohl dabei in 2004/05 relevante Massen von geschätzt ca. 65 kg CKW entnommen worden sind. Die plausibelste Erklärung für den folgenden Anstieg ist der nach Osten erweiterte Zustrombereich des Brunnens durch die Inbetriebnahme von B 3. Die bereits früher prognostizier-

Die Entwicklung in dem erst 2014 in Betrieb genommenen Brunnen 3(neu) zeigt, dass im Zustrombereich des WW noch unbelastete Stromröhren vorhanden sind, die jedoch räumlich eng begrenzt sein müssen. Denn mit Beginn der Förderung und Ausdehnung des Zustrombereichs werden kurzfristig CKW-Frachten erfasst, die an den oberstromigen Brunnen vorbeifließen. Der fast exponentielle Anstieg lässt vermuten, dass das Konzentrationsniveau in B 3 sich dem in den übrigen Brunnen annähern wird.

Trotzdem werden auch zukünftig noch relevante CKW-Frachten am WW vorbei in Richtung Vorflut abfließen.

Die Entwicklung der letzten Jahre lässt vermuten, dass der Zenit der CKW-Belastung das WW mittlerweile passiert hat, tendenziell also mit weiter rückläufigen Konzentrationen zu rechnen ist, die allerdings noch über Jahrzehnte eine relevante Größenordnung haben werden. Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass durch Änderungen der Förderleistungen und Baumaßnahmen in CKW-Eintragsbereichen¹ auch zeitweilige Trendwenden möglich sind.

In Anlage 10.2 sind die Konzentrations-Ganglinien für die westlichen Brunnen 1 und 4 (vgl. Lageplan Anlage 1) zusammengestellt, wobei deren sehr unterschiedliche Ausbautiefe zu berücksichtigen ist (vgl. Profilschnitt Anlage 2). Im Gegensatz zu Anlage 10.1 sind in dieser und der folgenden Abbildung außer den Summenkonzentrationen auch die maßgeblichen Einzelstoffe Tetra- und Trichlorethen sowie das daraus gebildete Abbauprodukt cis-Dichlorethen differenziert², das aufgrund der für die reduktive Dehalogenierung überwiegend ungeeigneten Milieubedingungen im maßgeblichen GwLeiter aber nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Diese getrennte Betrachtung ist sinnvoll, da Trichlorethen zwar aus Tetrachlorethen gebildet, aber auch als Produkt eingesetzt worden sein kann. Insofern kann aus unterschiedlichen Konzentrationsverläufen an einem Beobachtungspunkt auf verschiedene Eintragsbereiche geschlossen werden.

Im Falle von Brunnen 1 laufen die beiden Ganglinien bis etwa 2010 weitgehend parallel, was durch eine Quelle erklärt werden könnte, in der beide Stoffe vorhanden sind. Die Präsenz von "Cis" weist zwar darauf hin, dass ein Teil des Tri Abbauprodukt von Tetra sein dürfte, vorbehaltlich vertiefender Untersuchungen wird dieser Einfluss aber als von eher untergeordneter Bedeutung beurteilt.

Ab 2010 sind die Gehalte an Tri stark rückläufig, bei stagnierenden Werten von Tetra und Cis; d. h. diese Entwicklung steht offenbar nicht im Zusammenhang mit einem verstärkten biologischen Abbau von Tetrachlorethen. Vielmehr handelt es sich sehr wahrscheinlich um zwei unterschiedliche CKW-Quellen / Schadensherde, wobei ein Zusammenhang mit den Beobachtungen in der GWM Adenauerallee naheliegt.

Vorbehaltlich zukünftiger Untersuchungen wird als Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass das Tetra u. a. von einer der Verdachtsflächen in der Feldbergstraße stammt, von wo es tw. oberflächennah (vgl. IPV KB 1 in 2002/´15) abfließt und tw. in das Hauptstockwerk

te Ausdehnung der CKW-Belastung über den früheren Zustrombereich des WW hinaus gelangt mit der Verlagerung der Trennstromlinie jetzt stärker in den Zustrom des östlichsten Brunnens.

¹ Erfahrungen an anderen Standorten zeigen, dass durch den Eintrag mechanischer Energie aus CKW-Reservoirs in der ungesättigten und gesättigten Zone eine Mobilisierung möglich ist, also etwa durch Bohrungen und andere Erdarbeiten.

² Weitere CKW (z.B. 111Trichlorethan) werden in den vorliegenden Analysen nicht ausgehalten, dürften aber erfahrungsgemäß auch allenfalls in Spuren <1 µg/l nachweisbar sein. Eine dahingehende Verifizierung wird allerdings empfohlen, .

gelangt (zum Teil über die GWM Adenauerallee). Der auch in dieser GWM bereits 2007, also ca. 3 Jahre früher, beobachtete (s. o. / Anlage 10.5) und bislang nicht befriedigend zu erklärende Rückgang der Tri-Gehalte in der mutmaßlich gleichen Stromröhre könnte z. B. durch eine Versiegelung des Eintragsbereichs verursacht sein, durch den auf der Fläche weniger Sickerwasser anfällt als zuvor, oder durch die Sanierung von (Ab-) Wasserleitungen mit vergleichbarem Effekt.

Nach heutigem Kenntnisstand kommen als Eintragsbereich unter Berücksichtigung der GwFließrichtung die Altstandorte in der oberen Feldbergstraße in Frage (der IPV an GWM 2/2007 erfasst nur einen Teil des dortigen Abstroms, s.o.), oder die Eppsteiner Straße (wo sich die DNAPL an der Basis der Lockergesteinsauflage weiter nach Osten ausgebreitet haben könnten), wahrscheinlich aber nicht die oberstromigen Altstandorte "Im Portugall", wo Tri nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Der Zustrombereich des westlichsten Brunnens 4 muss sich schon aufgrund der deutlich tieferen Filterstrecke von dem der anderen Brunnen unterscheiden. Aufgrund der Tiefenlage ist hier mit einem größeren Einfluss von Schadensherden in größerer Entfernung zu rechnen. Dass auch in diesem Brunnen die gleichen Schadstoffe dominieren, ist darauf zurückzuführen, dass Tetra- und Trichlorethen über Jahrzehnte die gebräuchlichsten Lösemittel waren und deshalb auch in den größten Mengen in den Untergrund gelangt sind. Eine Differenzierung auch zwischen diesen Stoffen ist möglich, weil ihre Synthese je nach Ausgangsprodukt und Herstellungsprozess / Hersteller zu unterschiedlichen Isotopenspektren geführt hat, eine solche Differenzierung erfordert allerdings den Einsatz entsprechender Messtechnik /42/.

Vorbehaltlich entsprechender Untersuchungen wird daher davon ausgegangen, dass das aus B 4 geförderte Tetra und Tri teilweise anderen Quellen zuzuordnen ist als die gleichen Stoffe in B 1. Nach heutigem Kenntnisstand kommen als Eintragsbereiche unter Berücksichtigung der GwFließrichtung vorzugsweise die Altstandorte Eppsteiner Straße (Tri) und "Im Portugall" (Tetra) in Frage, ggf. auch die in der oberen Feldbergstraße.

Dass es mit hoher Wahrscheinlichkeit auch eine Überschneidung mit B 1 gibt, wird aus der gleichlaufenden Ganglinie von Tri nach 2010 geschlossen. Es muss als höchst unwahrscheinlich bezeichnet werden, dass diese übereinstimmende Entwicklung verschiedene Ursachen hat. Dieser Tri-Quelle kommt damit große Bedeutung zu, denn es ist davon auszugehen, dass auch westlich und unter dem Entnahmeniveau ein großer Teil der oberstromigen CKW-Fracht am WW Riedwiese vorbei zur Vorflut abströmt. Dabei zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen an B 4 im Jahr 2002 /12/, dass unter dem Sohlniveau des Brunnens eine hoch durchlässige Schicht existiert, über die große Volumenströme abfließen. Die CKW-Gesamtfracht muss damit noch deutlich über dem summierten Austrag an den Brunnen liegen.

In der Anlage 10.3 sind die entsprechenden Ganglinien für die östlichen Brunnen 2 und 7 zusammengestellt.

Hier ist zunächst bezüglich Tri festzustellen, dass die Trendwende in B 1 und B 4 nicht zu beobachten ist. Wie bereits erläutert, zeigt sich als Folge der Inbetriebnahme von B 3 vielmehr sogar ein Anstieg der Tri-Gehalte, was auf eine weitere, nach Osten über den bisherigen Zustrombereich hinaus reichende CKW-Fahne aus einem anderen Schadens-

herd hinweist, wobei in diesem Fall offenbar eine Korrelation mit Tetra besteht; das (die) östliche(n) CKW-Reservoir(e) emittiert mehr Tetra- als Trichlorethen.

Nach heutigem Kenntnisstand kommt als Eintragsbereich hierfür vorzugsweise die bislang stärkste Tetra-Quelle "Im Portugall" in Frage.

Auf die analoge Darstellung und Analyse der Befunde in Brunnen 3 wird verzichtet, da die Messreihe dafür noch zu kurz ist und sich der Zustrombereich noch nicht in einem quasistationären Zustand befindet. Die bislang in etwa gleichen Anteilen nachweisbaren Gehalte an Tetra und Tri entsprechen der Erwartung, dass der Zustrombereich dieses Brunnens sich zwischen den oberstromigen B 2 und B 7 entwickelt, was auf ähnliche Stoffspektren und ein vergleichbares Konzentrationsniveaus schließen lässt, das sich aufgrund der Fließzeiten allerdings erst mit mehrjähriger Verzögerung einstellen wird.

4.9.2 Entwicklung der CKW-Massenbilanz

Weil die Veränderungen des Konzentrationsniveaus stark von den Zustrombereichen und damit von dem Zusammenspiel der Fördermengen an den einzelnen Brunnen beeinflusst werden, sind die ausgetragenen Massen als Produkt aus Konzentration und Fördermenge im Hinblick auf die Massenströme aussagekräftiger.

Es wurden daher die entsprechenden Daten bei den Stadtwerken Oberursel erhoben und analog zu früheren Berichten aufbereitet. Die aus den Jahresmittelwerten resultierenden Grafiken sind in Anlage 10.4 und Anlage 10.5 zusammengestellt.

Bild 1 zeigt den ermittelten CKW-Austrag in (kg/a) für das gesamte WW, berechnet aus den Jahresfördermengen der einzelnen Brunnen und den Jahresmittelwerten der CKW-summenkonzentration. Gut erkennbar ist auch in diesem Fall die Trendwende in 2010 mit einem Maximum von ca. 25 kg/a, entsprechend einem Mittelwert von ca. 70 g/d. Seither nimmt der von den Brunnen abgefangene Anteil der CKW-Fracht um etwa 50 % ab, auf wahrscheinlich nur noch ca. 10 kg in 2016.

Die offensichtliche Übereinstimmung dieser Entwicklung mit dem markanten Rückgang der Tri-Gehalte an den Beobachtungspunkten GWM Adenauerallee, B 1 und B 4 wird so interpretiert, dass diese Tri-Fahne den überwiegenden Anteil der zu Tage geförderten CKW liefert. Es wäre daher von Vorteil, den dafür maßgeblichen Standort zu lokalisieren und den für die Trendwende in 2010 verantwortlichen Effekt zu identifizieren¹.

Die Summe der auf diesem Weg ermittelten Jahresfrachten beläuft sich seit 1990 auf eine Größenordnung von 350 kg. Dies ist in Relation zur wahrscheinlichen Größenordnung der CKW-Reservoir(e) in den bekannten Altlasten / Altstandorten im Stadtgebiet eine geringe Masse, wie auch die Jahres- und Tagesfrachten am WW im Vergleich zur Summe der mittels IPV nachgewiesenen CKW-Frachten gering sind.

Wie bereits erläutert, wird dies dahingehend interpretiert, dass

¹ Die mögliche Erklärung einer Erschöpfung des CKW-Reservoirs ist nach den Erfahrungen mit entsprechenden Schadensfällen wenig wahrscheinlich.

Zu oberstromigen GwEntnahmen, die einen Teil der Tri-Fracht abfangen ist Nichts bekannt, ebenso zu Bauvorhaben mit einer Versiegelung von Eintragsbereichen, der Sanierung von Kanälen o.ä..

1. ein wesentlicher Teil der CKW-Fracht von den Brunnen nicht erfasst wird und
2. im Rohwasser des WW Riedwiese noch über Jahrzehnte mit CKW-Belastungen gerechnet werden muss.

Bild 2 zeigt, dass die Abnahme des CKW-Austrags insbesondere von den westlichen Brunnen B 1 und B 4 herrührt, während die östlichen Brunnen B 2, B 3 und B 7 keinen vergleichbaren Effekt, sondern eher einen weiteren Anstieg erkennen lassen.

In Bild 3 sind die Fördermengen der Brunnen (m^3/a) den Ganglinien der Summenkonzentration der CKW ($\mu\text{g}/\text{l}$) gegenübergestellt, um zu zeigen, dass die Konzentrationsentwicklung nur im Falle von B 1 durch die seit 2009 rückläufige GwEntnahme (einhergehend mit einer Reduzierung des Zustrombereichs) beeinflusst sein könnte.

Die in Bild 4 dargestellte prozentuale Verteilung von Fördermengen und CKW-Austrag zeigt die in den letzten Jahren rückläufige Bedeutung der westlichen Brunnen 1 und 4 für die Gesamtentnahme und den CKW-Austrag.

4.10 Bestimmung von FCKW in Grundwasserproben

Im Rahmen der IPV wurden jeweils nach mindestens 2 – 3 Tagen Pumpdauer Proben zur Spurenstoffanalyse entnommen. Darüber hinaus erfolgte am 27.11.2015 eine Entnahme von Rohwasserproben aus den Zapfhähnen der Brunnen 1 – 7 im WW Riedwiese. Die Proben wurden im Spurenstofflabor [REDACTED] Wachenheim, auf FCKW (F11, F12, F113) sowie auf Schwefelhexafluorid (SF_6) analysiert, das seinen Abschlussbericht Mitte Mai 2016 vorgelegt hat.

Die genannten Spurengase sind ausschließlich anthropogenen Ursprungs und werden seit ca. 70 bzw. 40 Jahren in die Atmosphäre und daraus mit Niederschlägen / GwNeubildung in Boden und Grundwasser emittiert¹. Da sie kaum einem Abbau unterliegen und keine relevanten Wechselwirkungen mit der Bodenmatrix und Grundwasser auftreten, weisen sie quasi ideale Tracer-Eigenschaften auf.

Die Ergebnisse der Spurenstoffanalytik sind als Anlage 12 beigelegt. Es wird auf die Dimension dieser Konzentrationsangaben hingewiesen (pico- und femtomol), die um mehrere Größenordnungen unter den toxikologisch relevanten Konzentrationen der CKW liegt. Diesbezüglich sind die FCKW also nicht relevant, sondern sie dienen lediglich dem Nachweis geohydraulischer Zusammenhänge.

¹ FCKW wurden ab 1930 technisch hergestellt und bis ca. 1990 zunehmend als Kältemittel in Kältemaschinen, als Treibgas für Sprühdosen, als Treibmittel für Schaumstoffe, als Reinigungs- und Lösungsmittel eingesetzt. Da die unterschiedlichen Produktionszahlen für die einzelnen Stoffe und die Entwicklung der Konzentrationen in Atmosphäre und Niederschlagswasser bekannt sind, kann ohne sonstige Einträge das Alter des Grundwassers abgeschätzt werden, wobei es sich üblicherweise um eine Mischung verschiedener Zuflusskomponenten und somit um ein mittleres Alter handelt.

Folgende Schlüsse aus dem Laborbericht sind hervorzuheben:

- (1) In fast allen GwMessstellen und in der Mehrzahl der Brunnen wurden überhöhte FCKW-Gehalte gemessen, die eine anthropogene Beeinflussung der GwBeschaffenheit belegen. Eine Ausnahme bilden die Brunnen 5 und 6, in denen keine messbaren FCKW- oder SF₆-Gehalte vorhanden sind, also offenbar keine jungen GwAnteile, sondern lediglich Wasser aus den Neubildungsgebieten im Taunus, das vor mehr als 70 Jahren gebildet worden ist. Durch die Lage in der Feldflur se' der Kernstadt von Oberursel, also deutlich außerhalb des CKW-belasteten Anstrombereichs zum WW Riedwiese (s. Anlage 1) machen sich die anthropogenen Einflüsse hier nicht in gleicher Weise bemerkbar.
- (2) Im Vergleich mit den Brunnen weisen die GwMessstellen stets höhere FCKW-Konzentrationen auf, die sich etwa um eine Größenordnung unterscheiden. Ursache dafür ist die Probenahme im relativen Nahbereich der Eintragstellen, wo die Verdünnung noch eine geringere Rolle spielt als im größeren Zustrombereich des WW Riedwiese, der auch nicht kontaminierte Neubildungsgebiete im Taunus umfasst.
- (3) Maximalkonzentrationen der einzelnen Stoffe (die nicht den maximal belasteten Stromfaden repräsentieren) treten in den Messtellen GWM 4 Im Portugall (F113: ca. 150), GWM 2 Eckardtstraße (F 11: ca. 72) und GWM 3 Henchenstraße (F°12: 80) auf, was auf verschiedene Quellen schließen lässt. Derart deutlich erhöhte Konzentrationen lassen auch bei einer Verdünnung um den Faktor 10 noch räumliche Zusammenhänge erkennen.
- (5) In den untersuchten GwProben aus Messstellen und Brunnen wurden keine überhöhten SF₆-Gehalte gefunden, so dass vorzugsweise dieser Stoff zur Abschätzung von Modellaltern genutzt wurde¹. Diese lassen eine Unterteilung zwischen den GWM (Alter ca. 10 - 30 Jahren) und den Brunnen zu (Alter >40, s. *Tabelle 4-2*), in denen sich die jüngeren Komponenten mit dem unterirdischen Abfluss aus dem Taunus mischen, der ähnlich wie in den Brunnen 5 und 6 ein Alter über 70 Jahre haben dürfte.
In den GWM spiegeln sich eindeutig die Fließzeiten von den Altstandorten im nördlichen Stadtgebiet und im Altstadtbereich bis zum WW Riedwiese wider. Je nach Entfernung vom Wasserwerk sind für den Schadstofftransport Zeiträume von >1 – 3 Jahrzehnten anzusetzen. Die geringsten Modellalter (<20 Jahre) wurden in den Proben aus den GWM 4 Im Portugall, GWM 6 Strackgasse und GWM 3 Henchenstraße gemessen.

¹ Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass nahezu alle GwProben Mischproben aus unterschiedlichen Stromröhren / Zuflusskomponenten darstellen, die verschiedene Alter repräsentieren. Das Modellalter entspricht einem Mittelwert, der sich aus jüngeren und älteren Anteilen zusammensetzt.

- (6) Die jeweiligen Konzentrationsmaxima entsprechen für die Einzelstoffe F11 und F113 Modellaltern von 30 - 35 Jahren, für F12 nur ca. 20 Jahren. Da dieser Befund unabhängig von den auf SF₆-Messungen basierenden Fließzeiten / Modellaltern ist, kann nur vermutet werden, dass F12 die beiden anderen Stoffe in den 1990er Jahren verstärkt ersetzt hat. Eine Ausnahme bildet die GWM 4 „Im Portugall“, die jüngeres Grundwasser mit einem extrem erhöhten F113-Gehalt erschließt (s. Anlage 12, Diagramme auf S. 5f.).
- (7) In der Adenauerallee liegt das Modellalter der GWM 2 (tief) mit ca. 33 Jahren deutlich über dem in der KB 1 (flach) mit ca. 21 Jahren. Damit wird die Hypothese gestützt, dass aufgrund der längeren Fließzeiten der tiefere GwLeiter ältere CKW-Belastungen erschließt (s. a. Profilschnitt in Anlage 2), deren Eintrag weiter im Nordwesten stattfand als derjenige in der KB 1 (flach).

Tabelle 4-2: Modellalter der GwProben, berechnet nach dem Piston-Flow-Modell (Anlage 12)

Bezeichnung	verwendete Tracer	Modellansatz	Modellalter in Jahren	1 σ -Stdabw. in Jahren
Br.1	F11 SF ₆	PFM	ca. 46	±9
Br.2	F11	PFM	ca. 54	–
Br.2	SF ₆	PFM	>40	–
Br.3 neu	F11	PFM	ca. 59	–
Br.3 neu	SF ₆	PFM	>40	–
Br.4	F11 SF ₆	PFM	ca. 39	±2
Br.5	F11	PFM	>70	–
Br.5	SF ₆	PFM	>40	–
Br.6	F11	PFM	>70	–
Br.6	SF ₆	PFM	>40	–
Br.7	F11	PFM	ca. 62	–
Br.7	SF ₆	PFM	>40	–
GWM2 Adenauerallee tief	SF ₆	PFM	ca. 33	–
GWM2/2007	SF ₆	PFM	ca. 30	–
GWM3	SF ₆	PFM	ca. 17	–
GWM4/2007	SF ₆	PFM	ca. 11	–
GWM6/2007	SF ₆	PFM	ca. 13	–
GWM Holzweg	SF ₆	PFM	ca. 28	–
KB1 Adenauerallee flach	SF ₆	PFM	ca. 21	–

In der Summe bestätigen diese Modellalter¹ also die hydrogeologische Modellvorstellung, nach der oberflächennah überwiegend mit jüngerem, im Siedlungsgebiet neu gebildeten Grundwasser zu rechnen ist (GWM 3, 4, 6, KB 1), während tiefere Probenahmestellen (Brunnen, GWM Adenauerallee) auch tiefer liegende Stromröhren und damit Grundwasser erfassen, das aus dem Hochtaunus abfließt.

¹ Wie im Prüfbericht erläutert, sind die Modellalter auf Basis von F11 wahrscheinlich überschätzt, da der Stoff im GwLeiter abgebaut werden kann / wird, wodurch die Konzentration ab-, das geschätzte Alter aber zunimmt. Daher die Differenz zu den mittels des persistenteren SF₆ ermittelten Modellaltern.

Soweit Wasserproben aus diesen tiefen Probenahmestellen überhöhte FCKW-Gehalte aufweisen, stammen diese aus den jeweiligen jungen / oberflächennahen Zuflusskomponenten. Dieser Sachverhalt ermöglicht relevante Schlussfolgerungen, die zunächst an der Doppelmessstelle Adenauerallee aufgezeigt werden sollen, in der die Tracerfunktion der einzelnen Stoffe gut erklärt werden kann. Zu diesem Zweck ist die entsprechende Tabelle aus dem Bericht des Labors Dr. Oster /40/ im Folgenden ebenfalls eingefügt.

Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass es sich um Einzelwerte und keine Reihenuntersuchungen handelt, so dass nicht beurteilt werden kann, wie repräsentativ die Befunde sind. In Analogie zu den CKW-Analysen muss aber davon ausgegangen werden, dass (bisher nur an den Brunnen durchgeführte) Wiederholungsmessungen aufgrund wechselnder Anstromsituation (Schwankungen des GwSpiegels etc.) Schwankungen unterworfen sein können.

Tabelle 4-3: Ergebnisse der FCKW-Analytik (Anlage 12, /40/)

Bezeichnung	Probennahme- datum	FCKW-Konz. [pmol/l]			SF ₆ -Konz. in fmol/l
		F12	F11	F113	
Br.1	27.11.2015	12 ±3	0,25 ±0,05	6 ±1	0,2 ±0,1
Br.2	27.11.2015	6,8 ±0,4	0,28 ±0,05	14 ±3	<0,1
Br.3 neu	27.11.2015	1,2 ±0,1	0,09 ±0,05	0,7 ±0,1	<0,1
Br.4	27.11.2015	6,8 ±0,4	2,9 ±0,3	19 ±4	0,2 ±0,1
Br.5	27.11.2015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
Br.6	27.11.2015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
Br.7	27.11.2015	4,0 ±0,2	0,05 ±0,05	15 ±3	<0,1
GWM2 Aden. tief	29.09.2015	34 ±7	20 ±5	ca. 115	0,4 ±0,1
GWM2/2007	28.08.2015	17 ±4	72 ±22	34 ±11	0,6 ±0,1
GWM3 /2007	03.11.2015	80 ±24	19 ±4	11 ±3	2,0 ±0,3
GWM4/2007	10.08.2015	11 ±3	53 ±16	ca. 150	2,6 ±0,3
GWM6/2007	04.12.2015	19 ±4	2,8 ±0,3	1,2 ±0,2	2,4 ±0,3
GWM Holzweg	14.09.2015	34 ±7	38 ±12	36 ±11	0,8 ±0,1
KB1 Aden. flach	14.10.2015	71 ±22	10 ±2	1,7 ±0,2	1,5 ±0,2
GWM 7 tief	08.06.2016	50 ±15	23 ±7	26 ±8	1,0 ±0,1

Aus diesen Laborbefunden werden folgende Schlussfolgerungen abgeleitet:

- (1) **F12** - In der GWM KB 1 ist die F12-Konzentration etwa doppelt so hoch wie in der benachbarten GWM 2 Adenauerallee (71 : 34), in der kontinuierlich Grundwasser aus dem oberen in das untere Stockwerk infiltriert. Unter der Annahme, dass der F12-Gehalt der tiefen Stromröhre etwa der in den Brunnen entspricht (max. 12 im oberstromigen B 1), stammt das F12 i. wes. aus der oberflächennahen Komponente, die zum Probenahmezeitpunkt mindestens 1/3 zur Probe aus GWM 2 beigetragen hat (71 : 3 = ca. 24 + 10 = 34²).

Der Verdünnungsfaktor unterliegt deutlichen Schwankungen (2002 war der Anteil der oberflächennahen Komponente wegen des ca. 2,5 m höheren Druckniveaus größer).

¹ Die Befunde der GWM 7tief an der Feldbergstraße 33 trafen während der Abstimmung des vorliegenden Berichts ein.

² Offenbar sind im Stadtgebiet weitere, nach heutigem Kenntnisstand aber wohl schwächere F12-Quellen vorhanden, die zu einer gegenüber dem Hintergrundniveau (<0,01 in den Brunnen 5 und 6) flächendeckenden Konzentrationserhöhung führen.

- (2) Mit hoher Wahrscheinlichkeit besteht ein Zusammenhang zwischen den markant erhöhten F12-Gehalten in den GWM 3 Henchenstraße (80), KB 1 Adenauerallee (71), 7 Feldbergstraße (50) und Holzweg (34), die sich anhand des GwGleichenplans etwa auf einer Stromröhre befinden dürften.

Die Tatsache, dass in der Probe aus GWM 2 deutlich weniger F12 nachweisbar war, schließt die Altstandorte in der oberen Feldbergstraße als mögliche Quelle dieser Kontamination nicht aus, weil der IPV an GWM 2 nicht den gesamten Abstrom der potenziellen Eintragsbereiche erfassen konnte. Dazu sind weitere GWM erforderlich (s. o.). Ein Zusammenhang mit anderen Flächen ist, zumindest nach den bislang vorliegenden Daten (GWM 4 Im Portugall und 6 Strackgasse) wenig wahrscheinlich, wobei natürlich nicht ausgeschlossen werden kann, dass zu einem anderen Probenahmezeitpunkt oder an einer anderen Probenahmestelle vergleichbar hohe F12-Werte auftreten. Den räumlichen Zusammenhang der F12-Verteilung zeigt, unter Einbeziehung der neuen GWM 7 tief s´ der Feldbergstraße 33, die folgende Abbildung, aus der sich eine Regressionsgerade (rote Linie) ergibt, mit einem (scheinbaren) Maximum in der GWM 3/2007 Henchenstraße. Dabei ist davon auszugehen, dass die Probenahmestellen innerhalb der F12-Fahne unterschiedliche Positionen haben, so dass das Konzentrationsniveau nicht mit der Anordnung in GwFließrichtung übereinstimmt.

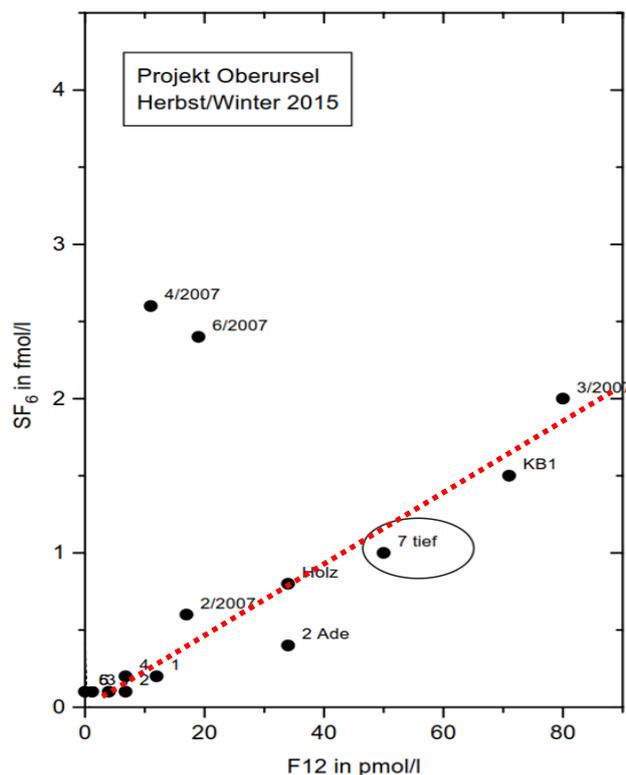


Abbildung 4-2: Räumliche Verteilung der Konzentrationen von SF₆ vs. F12 (Labor Dr. Oster)

Unter Berücksichtigung der GwFließrichtung werden zur Interpretation dieses Laborbefunds folgende Alternativen gesehen:

Wahrscheinlich befindet sich die maßgebliche F12-Quelle im Bereich der Altstandorte in der oberen Feldbergstraße. Die mit F12 belastete Stromröhre wurde vom IPV an der GWM 2/2007 aber nur tw. erfasst, der Kern der F12-Fahne lag außerhalb des Zustrombereichs.

- Nicht auszuschließen ist bislang, dass zwischen den GWM 2/2007 und 3/2007 ein weiterer F12-Eintrag existiert.

Nach Lokalisierung des Standorts können F12-Messungen als Indikator für den räumlichen Zusammenhang mit den Brunnen (B 1) und darüber hinaus sowie für den Erfolg einer eventuellen GwSanierung genutzt werden.

- (3) **F11** - Im Falle der F11-Kontamination sind offenbar mehrere starke Quellen vorhanden. Hier ist zunächst der Zustrombereich von GWM 2 in der Eckhardstraße zu nennen, in der ein Maximalwert von 72 festgestellt wurde. Damit ist nachgewiesen, dass auf den Altstandorten in der oberen Feldbergstraße relevante Mengen an FCKW in den Untergrund eingetragen worden sind. Dies legt den Verdacht nahe, dass auch das F12 von dort stammen könnte, die F12-Fahne aber nicht im Zustrombereich des IPV lag.

Analog zu F12 lässt sich auch die F11-Fahne über die GWM Holzweg (38), Henchenstraße (19), und KB1 (10) bis zu den Brunnen verfolgen, wo im Vergleich zu F12 aufgrund stärkerer Verdünnung und stärkerem Abbau um den Faktor > 10 geringere Konzentrationen gemessen werden.

Dieser Unterschied kann im direkten Vergleich F12 : F11 zwischen der GWM Adenauerallee tief und Brunnen 1 quantifiziert werden ($34 : 20$ zu $12 : 0,25$), in dem bei gleichem Verdünnungsfaktor ein Wert von 7 nachweisbar gewesen sein sollte. Als eine Ursache für diesen Unterschied wird die starke Anisotropie des GwLeiters gesehen, die zur Folge hat, dass geringe Unterschiede im Fließweg zu sehr unterschiedlichen Mischungsverhältnissen der Zustromkomponenten in Brunnen führen.

- (4) Dass in den Brunnen trotz auf den ersten Eindruck ähnlicher Quellstärken deutlich weniger F11 als F12 ankommt, ist außerdem auf die unterschiedliche Stabilität der Moleküle zurückzuführen. Wie in Anlage 12 erläutert, unterliegt F11 im Untergrund einem stärkeren Abbau als F12, der anhand der o. g. Messwerte mehr als Faktor 10 betragen muss ($7 : 0,25$). Dies setzt entlang des Fließweges zumindest abschnittsweise geeignete Milieubedingungen voraus.

- (5) Bei F11 ist mit dem Befund in der oberstromigen GWM 4 Im Portugall (53) eine zweite starke Quelle vorhanden, die mutmaßlich mit einem der Altstandorte in der oberen Feldbergstraße identisch ist. Nicht bekannt ist bislang, ob im Bereich Eppsteiner Straße möglicherweise auch erhöhte FCKW-Gehalte nachweisbar sind (was überprüft werden sollte).

- (6) **F113** - Für diesen Stoff ist eine dominante Quelle im Zustrom von GWM 4 (ca. 150!) Im Portugall nachgewiesen. Dies lässt darauf schließen, dass (vorbehaltlich einer Überprüfung der oberstromigen GWM 1 und 2 auf dem Gelände RollsRoyce) im Nahbereich eine Kälteanlage mit hohen Emissionen in den Untergrund betrieben worden ist.

Dieses starke Signal lässt sich entlang des weiteren Fließwegs trotz der Verdünnung gut verfolgen, wobei weitere Eintragstellen ohne weitere Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden können.

(7) Vorbehaltlich dieser Verifizierung durch zukünftige Untersuchungen wird ein Zusammenhang gesehen mit den F113-Befunden in den GWM 2 Eckhardstraße (34), Holzweg (36), Henchenstraße (11), Adenauerallee (115)¹ sowie den Brunnen 4 (19), 2 (14) und 1 (6). Gegenüber den näher gelegenen Quellen von F11 und F12 ist für F113 also sowohl eine deutlich breitere Fahne erkennbar, als auch eine stärkere Tiefenverlagerung (B4 reicht tiefer als B1, vgl. Anlage 2).

Dies ist aufgrund der größeren Entfernung des Eintragsbereichs hydrogeologisch plausibel und mutmaßlich wird die F113-Fracht (wie auch die CKW-Fracht) durch das WW Riedwiese nur teilweise gefasst. Erkennbar ist aber die Schutzfunktion der oberstromigen Brunnen für den 2013 in Betrieb genommenen B 3neu, der bislang offenbar nur einen sehr geringen Anteil von Grundwasser aus dem Siedlungsgebiet fördert und den überwiegenden Zustrom aus dem Taunus erhält.

Vergleichsdaten für diese Messungen liegen lediglich für die GWM Adenauerallee und den Brunnen 4 vor, weil an diesen Probenahmestellen bereits entsprechende Proben entnommen worden sind.

Tabelle 4-4: Vergleich der in den Jahren 2000/02 und 2015 gemessenen Konzentrationen an FCKW und SF₆ in der GWM Adenauerallee und Brunnen 4 des WW

Probenahmestelle	F 12 (pmol/l)	F 11 (pmol/l)	F 113 (pmol/l)	SF ₆ (fmol/l)
GWM Adenauerallee				
2000 (Probenahme)	35 ± ⁷	12 ± ²	0,9 ± ^{0,1}	0,4 ± ^{0,1}
2002 (Imm.-Pumpversuch) ²	11 - 13 ± ²	0,9 - 1,2 ± ^{0,2}	0,2 - 0,8 ± ^{0,1}	0,2 ± ^{0,1}
2015 (Probenahme)	34 ± ⁷	20 ± ⁵	Ca. 115	0,4 ± ^{0,1}
B 4				
2000 (Probenahme in Betrieb)	1,6 ± ^{0,1}	0,48 ± ^{0,05}	3,1 ± ^{0,3}	0,3 ± ^{0,1}
2002(Brunnen außer Betrieb) ²	4,4 - 4,6 ± ^{0,3}	3,2 - 3,8 ± ^{0,4}	13 - 14 ± ⁴	0,2 - 0,3 ± ^{0,1}
2015 (Probenahme in Betrieb)	6,8 ± ^{0,4}	2,9 ± ^{0,3}	19 ± ⁴	0,2 ± ^{0,1}

Aus diesen Messreihen werden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

(8) Die F11- und F12-Befunde in der Vorfeldmessstelle Adenauerallee zeigen den großen Einfluss der kontinuierlichen Infiltration aus dem oberen GwLeiter. Die, ähnlich wie die CKW-Reservoire, offenbar über Jahrzehnte wirksamen FCKW-Quellen führen in der GWM zu einer quasi stationären Belastung der normalen Pumpproben durch beide Stoffe. Nur bei längerer Pumpdauer / größeren Entnahmemengen wird der Einfluss des oberen GwLeiters reduziert.

¹ Die geringe Verdünnung an dieser Stelle ist nicht eindeutig zu interpretieren. Eine plausible Erklärung besteht in der Annahme eines weiteren starken Eintrags von F113 an anderer Stelle, der in den vorliegenden Analysen aber nicht erkennbar ist.

² Die Werte zeigen die Bandbreite der Analysen an tiefenzonierten GwProben und dokumentieren damit die Unterschiede zwischen den einzelnen Zuflusskomponenten. Bei den sonstigen Probenahmen handelt es sich um tiefengemittelte Mischproben.

- (9) Die F113-Befunde in der Vorfeldmessstelle Adenauerallee lassen den starken Einfluss der Infiltration aus dem oberen GwLeiter dagegen nicht erkennen, weil scheinbar in der Vergangenheit kein großer Unterschied zwischen den beiden GwStockwerken bestand. Dies hat sich mit dem Extremwert aus 2015 geändert, der aufgrund der vorliegenden Daten bislang nur mit dem Befund in der GWM 4 Im Portugall korreliert werden kann, weil die übrigen Werte kein vergleichbares Niveau erreichen. Ob im Stadtgebiet weitere F113-Quellen vorhanden sind, könnte nur durch zukünftige Messungen geklärt werden.
- (10) Aus den Befunden in Brunnen 4 könnte auf einen steigenden Trend der FCKW-Gehalte geschlossen werden, was aber auf dieser Datengrundlage und unter Berücksichtigung der wechselnden Randbedingungen nicht zulässig ist. Vorbehaltlich zukünftiger Untersuchungen wird davon ausgegangen, dass für die beobachteten Änderungen Unterschiede der Fördermengen, Stillstandszeiten etc. verantwortlich sind. Sollte sich der Trend bei zukünftigen Messungen allerdings fortsetzen, so muss aufgrund der großen Tiefe des Brunnens die längere Laufzeit der Stromfäden als Ursache angenommen werden.

4.11 Überprüfung der allgemeinen Hydrochemie

Im Rahmen der IPV wurden an GwProben aus verschiedenen Probenahmestellen auch hydrochemische Übersichtsanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Anhand der Daten können für die Beschaffenheit des Grundwassers im Stadtgebiet die nachfolgenden Schlüsse gezogen werden:

- (11) Im Allgemeinen weist das im Vortaunus gebildete Grundwasser einen geringen bis mittleren Lösungsinhalt auf (Härtebereich weich). Dies belegen die Analysen an den Messstellen GWM 4/2007 und GWM Holzweg (s. Tab. 5-1¹).
- (12) Bereits in der nördlich der Kernstadt gelegenen GWM 4/2007 „Im Portugall“ macht sich jedoch eine anthropogen verursachte Überprägung bemerkbar, die vor allem auf den Eintrag von **Natrium** und **Chlorid** zurück zu führen ist. Nach SE, in GwFließrichtung, steigt die zusätzliche Belastung des Grundwassers an und erreicht in Höhe der Adenauerallee ein Maximum (KB_{flach} mit 916 mg/l gelösten Feststoffen). Weiterhin nehmen auch die Kalium-Gehalte in se' Richtung zu. Als Quelle für die Zunahme des Anteils an gelösten Feststoffen kommt in erster Linie der Einsatz von Streusalz in Frage. Ein anteiliger Beitrag des Abbaus von CKW zu den erhöhten Cl-Gehalten ist nicht auszuschließen, könnte aber nur durch weiterführende Untersuchungen nachgewiesen und quantifiziert werden.
- (13) Die etwa im Bereich der Kumeliusstraße einsetzende hydraulische Trennung in einen oberflächennahen und einen tieferen GwLeiter kann ebenfalls anhand der Analy-

¹ Anmerkung: die Reihenfolge der GwMessstellen entspricht einer NW-SE-Achse vom Vortaunus zum WW Riedwiese.

sen nachvollzogen werden. Dementsprechend weist die KB 1_{flach} den etwa 3-fachen Lösungsinhalt auf im Vergleich zum tiefer gelegenen GwLeiter mit 316 mg/l (GWM 2, s. u.). Neben Natrium und Chlorid wurden im oberflächennahen GwLeiter auch höhere Calcium- und Sulfat-Konzentrationen gemessen, was u. a. auf die Emission von bauschutthaltigen Auffüllungen im Innenstadtbereich zurück geführt werden kann.

Tabelle 4-5: Hydrochemische Übersichtsanalysen der untersuchten GwMessstellen [mg/l]

GWM	HCO ₃	Cl	NO ₃	SO ₄	Na	K	Mg	Ca	Summe
GWM 4/2007 Im Portugall	27,4	86,9	24,1	70,9	36,7	6,9	13,5	35,7	302
GWM 2/2007 Eckardtstraße	36,7	128,0	32,9	68,5	56,6	3,6	14,5	43,3	384
GWM Holzweg	47,6	90,1	34,4	52,9	44,1	10,1	11,9	35,7	327
GWM 3/2007 Henchenstr.	91,2	206,0	39,6	64,0	95,4	30,1	16,1	57,9	600
GWM 2 (tief) Adenauerallee	80,6	62,7	37,0	42,2	30,2	10,2	11,3	42,0	316
KB 1 (flach) Adenauerallee	54,8	393,0	65,1	101,0	158,0	26,2	29,5	88,2	916

Tabelle 4-6: Wertebereiche physikochemischer Feldmessungen während der IPV 2015

GWM	El. Lf. (μ S/cm)	pH-Wert (-)	O ₂ -Konz. (mg/l)	Redox (mV)
GWM 4 ■■■	700 - 600	6,5 - 6,9	0,4 - 0,7	210 - 240
GWM 4/2007 Im Portugall	500 - 550 (2007: 400)	5,3 - 5,7	1,1 - 0,9 (2007: >3)	200 - 300 (2007: 150)
GWM 1/2007 Portstraße Ost	700 - 690	5,2 - 5,3	0,8 - 1,2	270 - 450
GWM Portstraße West	350 - 400	5,7 - 5,4	2,3 - 4,3	240 - 200
GWM 2/2007 Eckardtstraße	650 - 670 (2007: 550)	5,9 - 5,9	0,9 - 0,9 (2007: >3,5)	300 - 200
GWM 6/2007 Strackgasse	2.300 - 1.900	6,9 - 7,0	0,2 - 1,0	50 - 300
GWM Holzweg	600 - 500	6,0 - 6,0	1,0 - 4,5 (2007: >3,5)	250 - 300
GWM 3/2007 Henchenstr.	990 - 950 (2007: <750)	6,4 - 6,3	1,0 - 0,8 (2007: >3,5)	200 - 200
GWM 2 (tief) Adenauerallee	600 - 480	6,2 - 6,7	1,5 - 0,5	230 - 270
KB 1 (flach) Adenauerallee	1.500 - 1.600	6,0 - 5,8	0,9 - 0,5	200 - 270

4.12 Überprüfung des Messnetzes

Bestandteil des vorliegenden Auftrags war eine Kontrolle der GwMessstellen im Stadtgebiet, wobei im Vorfeld eine Abstimmung mit dem RPAUWI erfolgte, um auch dem Gutachter ggf. nicht bekannte GWM zu erfassen. Ein Messstellen-Kataster, wie z. B. für das benachbarte Stadtgebiet von Bad Homburg, existiert nach Kenntnis von Büro HG für Oberursel nicht.

Die Lage der überprüften GWM ist in dem Plan Anlage 1 eingezeichnet, die Ergebnisse der Stichtagsmessung vom 12.06.2015 sind in Anlage 13 dokumentiert (Tabelle der Messwerte, Fotos der Standorte). Die darin enthaltenen GwSpiegel sind Grundlage der GwGleichen im Lageplan.

Es waren auch am zweiten Stichtag 23.07.16 selbst mit Einsatz eines Metallsuchgeräts zum lokalisieren der Abschlusskappen nicht alle GWM auffindbar. Das gelang u. a. für die GWM in der Grünfläche der St. Hedwigs-Kirche. Mehrere im Zweifelsfall noch bestehende Messpunkte befinden sich auf Privatgelände (Altstandorte TTD¹ und XXXXXXXXXX), auf denen die GWM durch Baumaßnahmen, parkende KFZ (Umfeld IBM) etc. nicht zugänglich waren. Dadurch sind in Anlage 1 mehr Aufschlusspunkte eingezeichnet als in Anlage 13 enthalten, wobei nicht auszuschließen ist, dass weitere GwAufschlüsse im Stadtgebiet vorhanden sind.

Die KB 5 im Bereich der Nassauer Straße war bereits 1999 nicht mehr vorhanden.

Erkennbar ist aus dem Vergleich der GwGleichen für die beiden Stichtage 19.04.07 und 12.06.15 ein relativ stationäres Strömungsbild, in dem sich eine Dränfunktion der präquartär angelegten "Urselbach-Rinne" andeutet. Der um mehrere Meter schwankende GwSpiegel lässt auf eine nicht zu vernachlässigende Dynamik des GwSpiegels schließen, wie sie durch kontinuierliche Messungen auch im Gebiet der benachbarten Stadt Bad Homburg nachgewiesen ist.

Damit einhergehend muss davon ausgegangen werden, dass die Zustrombereiche der GWM variieren, u. a. weil schwebende GwStockwerke nach Perioden der GwNeubildung stärker in das Hauptstockwerk entwässern als nach Trockenperioden.

Die in Anlage 4 dargestellten Zustrombereiche sind daher als grobe Näherungen auf der Basis des heutigen Kenntnisstands zu verstehen. Anhand kleinräumiger Untersuchungen wird sich dieses Bild im Einzelfall wahrscheinlich anders darstellen.

Diese Situation ist insbesondere im Bereich der Altstandorte unbefriedigend, auf denen anhand der Frachtabschätzung ein relevantes Schadstoffreservoir angenommen werden muss. Dies gilt nach heutigem Kenntnisstand für mehrere Bereiche, auf denen und / oder in deren Umfeld eine vertiefende Erkundung für erforderlich gehalten wird, um die Außenwirkung abschließend beurteilen zu können.

Die entsprechenden Empfehlungen sind Bestandteil des letzten Kapitels.

¹ Es wird an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen, dass der Zustand der auf dem TTD-Gelände vorhandenen artesischen Brunnen bei der letzten Begehung mit dem RPAUWI als zumindest unbefriedigend zu beurteilen war. Ob sich zwischenzeitlich an diesem Zustand etwas geändert hat, ist durch eine weitere Begehung zu klären.

4.13 Aktualisierung des numerischen GwStrömungsmodells

Bereits 2005 wurde die damalige Datenbasis zu den hydrogeologisch-geohydraulischen Zusammenhängen in den Stadtgebieten von Oberursel und Bad Homburg erhoben, aufbereitet und auf dieser Grundlage ein numerisches GwStrömungsmodell ausgearbeitet /17/. Dieses im Auftrag des RPAU WI und Stadtwerke Oberursel erstellte Modell schließt im NE an das ebenfalls von Büro HG erstellte GwStrömungsmodell für den Bewirtschaftungsraum Friedrichsdorf / Rosbach an, in dem seit 1996 ein quantitativ orientiertes GwMonitoring betrieben wird; dieses Modell ist 2015 an den aktuellen Kenntnisstand und die aktuelle Software angepasst worden.

Das GwModell für den angrenzenden Raum Oberursel / Bad Homburg wurde seit 2005 für verschiedene Aufgabenstellungen genutzt (z. B. für Zustromberechnungen im Rahmen des BV IBM /18/, Bau der AS A661 / Pappelallee) entsprach mittlerweile aber für beide Stadtgebiete nicht mehr dem heutigen Kenntnisstand und basierte ebenfalls auf einer überalterten Software. Die deswegen notwendige Aktualisierung dieses Modells wurde daher Ende 2014 von der Stadt Bad Homburg beauftragt, für die seit 2011 ein GwMonitoring betrieben wird /46/, auf dessen Grundlage eine instationäre Kalibrierung möglich war. Vor dem Hintergrund der zwischenzeitlich beauftragten Arbeiten im Stadtgebiet von Oberursel wurde vereinbart, auch die im vorliegenden Bericht dokumentierten Ergebnisse für die Aktualisierung und instationäre Kalibrierung des Modells zu nutzen, um für das gesamte Modellgebiet Aussagen zu ermöglichen, die den heutigen Kenntnisstand repräsentieren und für die folgenden Jahre genutzt werden können. Die anteiligen Kosten für diese Leistungen wurden durch Stadt und Stadtwerke Oberursel übernommen.

Der Abschlussbericht für die Aktualisierung und instationäre Kalibrierung des numerischen GwStrömungsmodells für das Modellgebiet Oberursel / Bad Homburg /45/ wird erst nach Fertigstellung des vorliegenden Berichts vorgelegt, weil die darin dokumentierten Ergebnisse in der Modellierung berücksichtigt worden sind.

Aus dem bei Büro HG vorliegenden Entwurf sind allerdings bereits zwei Anlagen übernommen worden, die aktuelle Zustromberechnungen für das Stadtgebiet von Oberursel zeigen (Anlage 1.2, Anlage 1.3). In beiden Fällen sind die im vorliegenden Bericht relevanten Betriebsgelände / Altstandorte und ausgewählte Aufschlusspunkte (GWM / Brunnen) dargestellt sowie Bahnlinien der GwStrömung. Es sind dies Stromfäden / Fließwege des Grundwassers, die sich unter den in /45/ dokumentierten geohydraulischen Randbedingungen ergeben (räumlich differenzierte GwNeubildung, geologische Gliederung des Untergrunds mit Differenzierung von Durchlässigkeitsbeiwert und Speicherkoeffizient, GwEntnahmen aus Brunnen, Funktion der Gewässer etc.).

Die verschiedenen Farben repräsentieren dabei den Verlauf der Fließwege in den unterschiedlichen (hydro-) geologischen Einheiten / Schichten, die in dem Profilschnitt Anlage 2 dargestellt sind. In blau gehaltene Abschnitte der Bahnlinien kennzeichnen Stromfäden, die im oberen PorenGwLeiter der quartären Deckschichten verlaufen, gelbe Bahnlinien die Fließwege im unteren PorenGwLeiter der pliozänen / tertiären Lockergesteine. Grüne

und orange Abschnitte der Bahnlinien repräsentieren Fließwege im unteren KluftGwLeiter paläozoischer Festgesteine und gering durchlässigen Trennhorizonten.

Farbwechsel der Bahnlinien weisen darauf hin, dass die Stromfäden, entsprechend der im numerischen Modell abgebildeten Annäherung an die reale Situation, zwischen den einzelnen Schichten wechseln. Ob und wo diese Wechsel erfolgen, hängt außer vom unveränderlichen Aufbau des Untergrunds auch von veränderlichen Randbedingungen wie der GwNeubildung und den GwEntnahmen aus Brunnen ab.

Die beiden Anlagen zeigen das Ergebnis einer Kalibrierung für den mittleren Zustand in 2015. Eine entsprechende Darstellung für ein Jahr oder eine Jahreszeit mit anderer Witterung / GwNeubildung und anderen GwEntnahmen aus den Brunnen im Modellgebiet hätte einen (tendenziell geringfügig) anderen Verlauf der Bahnlinien mit einer anderen Verteilung der Abschnitte in den unterschiedlichen Schichten zur Folge.

Dies gilt zwangsläufig auch für den Fall, dass aufgrund zukünftiger Bohrungen die in dem Profilschnitt Anlage 2 dargestellte Gliederung des Untergrunds an den neuen Kenntnisstand angepasst werden müsste. Es muss daher bei der Bewertung der Ergebnisse von numerischen Berechnungen immer beachtet werden, dass diese eine Idealisierung der realen Verhältnisse auf der Grundlage des Kenntnisstands zu einem bestimmten Zeitpunkt darstellen, die insbesondere in Bereichen mit geringer Informations- / Aufschlussdichte mit größeren Unsicherheiten verbunden sind, weil im Modell für diese Bereiche Annahmen getroffen werden müssen.

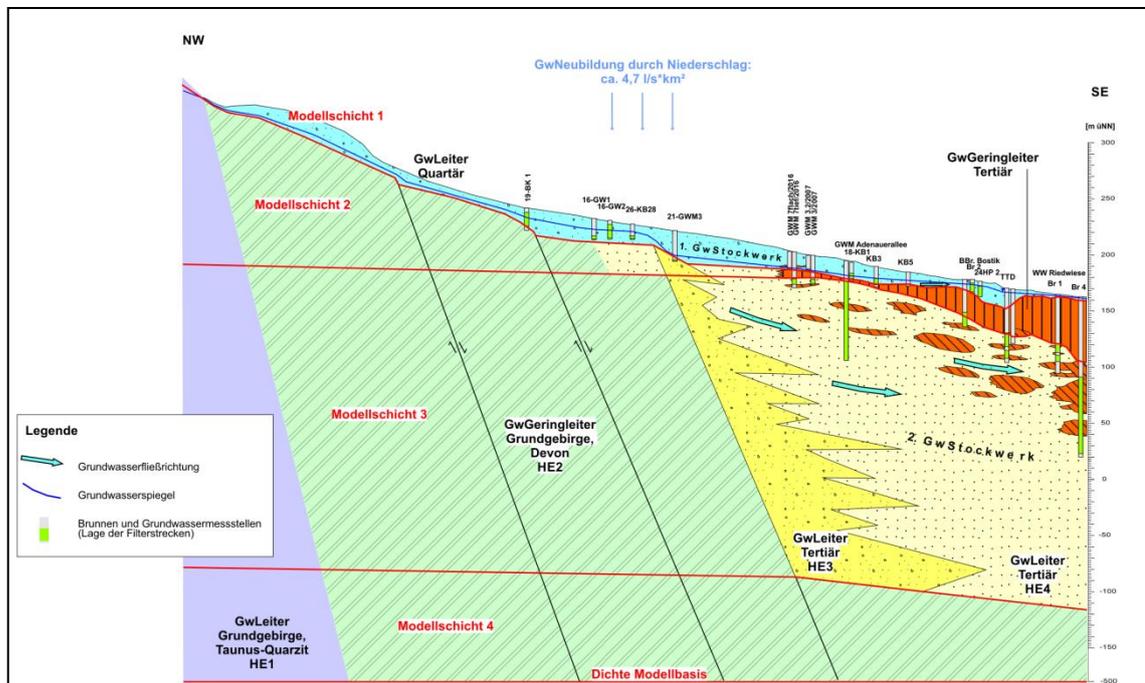


Abbildung 4-3: Idealisierte vertikale Gliederung des numerischen GwModells /45/

Die beiden Anlagen unterscheiden sich im Hinblick auf die modelltechnisch vorgegebene Fließrichtung. In Anlage 1.2 wurden die Bahnlinien ausgehend von den Brunnen des WW Riedwiese rückwärts / stromauf gerechnet, um die verschiedenen Zustrombereiche abzu-

bilden. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass die in Fläche und Tiefe gestaffelte GwEntnahme aus den einzelnen Brunnen auch mit in Fläche und Tiefe gestaffelten Zustrombereichen korreliert. Demzufolge wirken sich die verschiedenen Schadstoff-Reservoirs im Stadtgebiet zwangsläufig unterschiedlich auf die einzelnen Brunnen aus. Auch wenn es sich bei diesen Zustromberechnungen um eine Idealisierung der realen Verhältnisse handelt, wird deutlich, dass sich beispielsweise der Altstandort Borkenberg mit einiger Sicherheit nicht auf die östlichen Brunnen 2, 3_{neu} und 7 auswirkt.

Anlage 1.3 zeigt Bahnlinien, die von den im vorliegenden Bericht diskutierten Altstandorten ausgehen und sich von dort, der GwStrömung folgend, nach SE fortsetzen. Wesentlich ist dabei insbesondere die Bestätigung der Aussage, dass ein wesentlicher Teil des aus dem Stadtgebiet abfließenden GwStroms und der damit transportierten Schadstoff-Fracht nicht von den Brunnen des WW Riedwiese erfasst werden, sondern daran vorbei und darunter hindurch weiter zu den als Vorflut fungierenden Gewässern strömen. Außerdem ist im Vergleich mit Anlage 1.2 festzustellen, dass die Bahnlinien entlang ihres Wegs abschnittsweise auch in unterschiedlichen Schichten verlaufen, was u. a. darauf zurückzuführen ist, dass die Startpunkte zwar in den gleichen Modellzellen, aber in unterschiedlichen Tiefen gesetzt worden sind (das numerische Modell ermöglicht für eine Zelle, z. B. im oberen PorenGwLeiter, Startpunkte oben, in der Mitte und unten). Dieser Effekt ist je nach (meist nicht bekannter) räumlicher Ausdehnung der Schadstoff-Reservoirs auch in der Realität zu erwarten.

5. Zusammenfassende Bewertung der aktuellen Datenbasis

Von Juli bis Dezember 2015 wurden an insgesamt 11 GwMessstellen im Stadtgebiet IPV und KPV durchgeführt. Die Konzentrationsniveaus und Frachten der Versuche in 2007 und 2015 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Die Reihenfolge entspricht der abnehmenden Höhenlage und damit tendenziell der GwFließrichtung. Die gemäß Arbeitshilfe des HLUG /30/ relevanten mittleren und großen Frachten (> 4 g/d und > 10 g/d, vgl. Tabelle 5-2) sind farblich hervor gehoben. Die Ergebnisse geben ein schlüssiges Bild, das sich in die bis 2007 erarbeiteten Gegebenheiten bezüglich der untersuchten Altstandorte einfügt.

Tabelle 5-1: Vergleich der Konzentrationsniveaus und Frachten 2007 und 2015
 (Fracht bei mittlerer Förderleistung, Werte tlw. gerundet)

GWM	2007		2015		Stoff- spektrum
	Σ CKW [µg/l]	Fracht [g/d]	Σ CKW [µg/l]	Fracht [g/d]	
GW 4 Rolls Royce	260	7,6	170 – 200	6,6 – 7,8	Tri > Cis
GWM 4/2007 Im Portugall	5.870 – 8.430	35,4	1.310 – 5.020	6 – 28	Tetra
GWM 1/2007 Portstr.-Ost	18 – 44	0,3	3 – 5	0,04 – 0,06	Tri = Tetra
GWM Portstr. West	56	-	17	0,15	Tri < Tetra
GWM 5/2007 Eppsteiner Str.	4.480 – 16.440	> 50	k. IPV (Sanie- rung)	Lt.CDM > 60	Tri > Tetra >Cis >VC
GWM 6/2007 Strackgasse	165 – 650	3,6	210 – 375	0,5 – 1,0	Tri > Tetra
GWM 2/2007 Eckardtstraße	215 – 470	9,0	147 – 186	7,5 – 9,5	Tri = Tetra > Cis
GWM Holz- weg	190 – 350	13,0	56 – 71	2,2 – 2,8	Tri = Tetra > Cis
GWM 3/2007 Henchenstr.	40 – 100	>0,7	11 – 22	0,018 – 0,036	Tri < Tetra
GWM 3.2/2007 Henchenstr.	6 – 8	<0,1	3,2 – 3,5	0,004 – 0,005	Tri
GWM 2 _{tief} Adenauerallee	kein IPV 2007 250 – 360 (2002)	50	65 – 95	5,1 – 7,4	Tri > Tetra >Cis
KB 1 _{flach} Adenauerallee	kein IPV 2007 30 – 1.030 (2002)	1 – 36	17 – 150	0,13 – 1,12	Tri < Tetra >Cis
Summen		Ca. 200		Ca. 100	
Summe WW Riedwiese		50 - 55		35 - 40	

Da die jeweilige Zustrombreite meist nicht die gesamte Breite der CKW-Fahnen erfasst, ist von höheren als den gemessenen Frachten auszugehen. Dies gilt aufgrund des 2015 niedrigeren GwSpiegels für die jüngsten Versuche in stärkerem Maße als noch 2007.

Auf die Berechnung gelöster Massen wurde verzichtet, da der aktuelle Kenntnisstand keine räumliche Abgrenzung der CKW-Fahnen / kontaminierten Stromröhren erlaubt. Den vorliegenden Informationen zufolge muss aber für die kritischen Standorte allein aufgrund der Fahnenlänge von mittleren bis großen Massen gelöster CKW ausgegangen werden, so dass die betreffenden "schädlichen GwVerunreinigungen" gemäß Bewertungsmatrix als "mittel" bis "groß" einzustufen sind.

Tabelle 5-2: Maßzahlen zur Beurteilung von GwVerunreinigungen durch LHKW (Summe) nach /30/

Kategorie	Masse (kg)	Fracht (g/d – kg/a)	
Groß	≥2	≥10	≥3,7
Mittel	< 2 - 0,6	< 10 – 4	< 3,7 – 1,5
Klein	< 0,6 - 0,06	< 4 - 0,4	< 1,5 – 0,15
Sehr klein	< 0,06	< 0,4	< 0,15

Tabelle 5-3: Bewertungsmatrix zur Einstufung von GwVerunreinigungen nach /30/

Masse	Fracht	Schädliche GwVerunreinigung	Handlungsbedarf
Groß	Groß	Groß	Sanierungsmaßnahmen sind i. d. R. erforderlich.
Groß	Mittel		
Mittel	Groß		
Groß	Klein	Mittel	Es sind weitere Prüfschritte erforderlich, um entscheiden zu können, ob / welche Maßnahmen erforderlich sind.
Klein	Groß		
Groß	Sehr klein		
Sehr klein	Groß		
Mittel	Mittel		
Mittel	Klein		
Klein	Mittel	Gering	Zwar liegt eine schädliche GwVerunreinigung vor, jedoch sind Maßnahmen i.d.R. unverhältnismäßig.
Mittel	Sehr klein		
Sehr klein	Mittel		
Klein	Klein	Keine	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich.
Klein	Sehr klein		
Sehr klein	Klein		
Sehr klein	Sehr klein		

Anhand der Datenlage ist festzustellen:

- (1) Das Grundwasser in der Mehrzahl der GWM im Bereich der Kernstadt ist weiterhin durch CKW-Gehalte oberhalb der GFS-Werte nach /29/ kontaminiert. Aufgrund der unterschiedlichen GwSpiegellagen / Ergiebigkeiten / Zustrombereiche lassen sich aus diesen Daten allein noch keine gesicherten Trends ableiten oder eine vollständige Massenbilanz aufstellen.

Dafür wären eine regelmäßige Kontrolle der GwBeschaffenheit mit vergleichbaren Probenahmebedingungen erforderlich, außerdem ein dichteres Netz von GWM, das entlang von Kontrollebenen eine vollständige Erfassung der CKW-Frachten ermöglicht /12/.

- (2) Der für das WW Riedwiese ermittelte CKW-Austrag in der Größenordnung von 350 kg seit 1990, mit einem Maximum von ca. 25 kg/a um 2010 (entsprechend ca. 70 g/d) ist zweifelsohne deutlich geringer als die gesamte aus dem Stadtgebiet abströmende CKW-Fracht (>100 - >200 g/d als Ergebnis der unvollständigen Erfassung mittels IPV), wie schon ein Vergleich mit den Ergebnissen der IPV in *Tabelle 5-1* zeigt. Auch die Reaktionen auf Änderungen des Brunnenbetriebs im WW lassen darauf schließen, dass CKW-Frachten w', e' und unter dem WW in Richtung Vorflut abfließen.

- (3) Eindeutig nachweisbar ist anhand der Massenbilanzen für das WW Riedwiese ein deutlicher Rückgang des CKW-Austrags über die Brunnen 1 - 3_{neu}, 4 und 7. Selbst unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in dieser Berechnung kann davon ausgegangen werden, dass sich der Austrag seit 2010 etwa halbiert hat, ohne dass die Fördermengen in vergleichbarer Weise abgenommen hätten.

Demzufolge ist die CKW-Fracht im Zustrombereich des WW seither stark rückläufig, was maßgeblich auf den Rückgang der Tri-Belastung zurück zu führen ist, der sich in der oberstromigen GWM Adenauerallee bereits etwa 2 Jahre zuvor / um 2008 abzeichnet. Die Herkunft dieser hohen Tri-Fracht ist anhand der vorliegenden Daten noch nicht eindeutig zu identifizieren. Dies liegt vorzugsweise daran, dass mit den vorhandenen GWM selbst mittels IPV nicht der gesamte Durchflussquerschnitt des GwLeiters überprüft werden kann, eine vollständige Erfassung der abfließenden CKW-Frachten also nicht möglich ist. Außerdem besteht Grund zu der Annahme, dass im Bereich von Altstandorten bislang nicht lokalisierte CKW-Reservoirs existieren (z. B. obere Feldbergstraße).

- (4) Durch eine Dominanz von Tri gekennzeichnet sind die bekannten Verdachtsflächen am Borkenberg 11, Eppsteiner Straße 13 und möglicherweise Feldberg- / Eckhardtstraße, wo mittels IPV an der GWM 2/2007 nur ein Teil der Fracht erfasst werden kann.

Dort sind auch relevante Anteile von Tetrachlorethen nachweisbar, das überwiegend mit Tri zusammen auftritt, möglicherweise als Folge einer biologischen Dechlorierung, worauf das verbreitete Folgeprodukt Cis schließen lässt.

Tetra als einzige, oder zumindest weit überwiegende Substanz ist in den untersuchten GWM 4/2007 Im Portugall nachweisbar sowie in den GWM Portstraße West, Holzweg, Henchenstraße (tief und flach) und KB 1 Adenauerallee.

- (5) Bezogen auf die mittels IPV gemessenen Teile der CKW-Fracht lässt sich nach heutigem Kenntnisstand die folgende Prioritätenliste der bekannten Schadensherde festlegen.

- I. Der **Altlast Eppsteiner Straße** kommt den vorliegenden Daten zufolge eine herausragende Bedeutung zu. Obwohl die auf dem IPV an der GWM 5/2007 basierende Frachtbetrachtung mit einiger Sicherheit lediglich einen Bruchteil der Gesamtfracht erfasst, die trotz der mittlerweile etwa 3 Jahre laufenden Bodenluft- und Grundwassersanierung aus dem Bereich abfließt, wurden hier die höchsten Massenströme nachgewiesen.

Welche Größenordnung die Gesamtfracht erreicht, kann auf der vorliegenden Datenbasis nicht ermittelt werden, weil keine Abgrenzung der DNAPL-Reservoirs und der davon ausgehenden CKW-Fahnen erfolgt / möglich ist. Grundsätzlich besteht Grund zu der Annahme, dass sich CKW in Phase an der Basis der Lockergesteinsauflage, dem Relief der Oberfläche des verwitterten Grünschiefers folgend, deutlich über den Altstandort hinaus ausgebreitet haben.

Die im Bereich des Altstandorts ermittelte GwFließrichtung nach Süden lässt darauf schließen, dass die dort gelegene GWM 6/2007 Strackgasse im randlichen Abstrom der Tri-dominierten Fahne liegt. Die an dieser GWM, wie bereits 2007 gemessene Summenkonzentration in der Größenordnung von $375 \mu\text{g/l}$, kann jedoch zusätzlich durch die ehem. CR Strackgasse beeinflusst werden, wo im Rahmen der OU auf dem Grundstück eine relevante CKW-Belastung von Bodenluft und Grundwasser ($840 \mu\text{g/l}$) festgestellt wurde /38/.

Letztlich sind bislang keine gesicherten Aussagen zu Größenordnung und Verbleib der von der Altlast Eppsteiner Straße ausgehenden CKW-Fracht möglich, weil die Ausdehnung des DNAPL-Reservoirs räumlich nicht abgegrenzt ist und keine unterstromigen Möglichkeiten / GWM zur Kontrolle von GwFließrichtung und GwBeschaffenheit vorhanden sind. Wahrscheinlich ist nach heutigem Kenntnisstand, dass die von dort ausgehende Fahne westlich vom Zustrombereich des WW Riedwiese verläuft, etwa der Bahnlinie in Richtung Praunheim / Rödelheim folgend (vgl. Anlage 1) und damit auch westlich der dort verlaufenden CKW-Fahne, die vom Altstandort in Weiskirchen ausgeht /44/.

- II. An zweiter Stelle der Prioritätenliste stehen den ermittelten CKW-Frachten an der GWM 4/2007 zufolge die dortigen **Altstandorte Im Portugall**, wo anhand der Datenlage keine zweifelsfreie Zuordnung und Bewertung von Eintragsbereichen möglich ist.

Hier wurden maximalen CKW-Gehalte von ca. $1.300 - 5.000 \mu\text{g/l}$ gemessen, wobei es sich um eine TETRA-Fahne handelt. Diese Konzentrationen lassen gemäß dem Kriterium der 1%-Sättigung (vgl. Tabelle 4-1) darauf schließen, dass sich auch dort noch ein DNAPL-Reservoir befindet.

Die Fahne folgt der generellen GwFließrichtung nach SE, wobei die ca. 150 m se' gelegene GWM 1/2007 Portstraße den Ergebnissen der PV 2007 und 2015 zufolge bereits außerhalb (östlich) davon liegt, so dass der Schadstofftransport in erster Linie im Bereich der Hohemarkstraße zu vermuten ist (s. Anlage 4.1).

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nachgewiesene, mit dieser Verunreinigung durch Tetrachlorethen einhergehende F113-Anomalie wird vorbehaltlich zukünftiger Untersuchungsergebnisse als Arbeitshypothese dahingehend interpretiert, dass sich der Stoff als Tracer über die GWM Adenauerallee bis zu den Brunnen 4 und 1 verfolgen lässt.

Die F113-Fahne scheint dabei entlang der Fließstrecke durch einen zweiten, schwächeren Eintrag überlagert zu werden, der nach heutigem Kenntnisstand im Bereich der Altstandorte in der oberen Feldbergstraße erfolgte und dessen Fahne sich vorwiegend östlich der "IWO-Fahne" zu den Brunnen 2 und 7 ausbreitet.

Diese Einschätzung wird auch durch die Messungen von F11 gestützt, dessen Konzentrationen ebenfalls im Abstrom beider Flächen deutlich erhöht sind, was z. B. auf die Verwendung in Kühlanlagen hinweisen könnte. Durch die geringere Persistenz dieser Substanz tritt sie im Gegensatz zu den anderen FCKW im WW Riedwiese nicht mehr in gleicher Weise in Erscheinung.

- III. An dritter Stelle der Prioritätenliste stehen nach heutigem Kenntnisstand die **Altstandorte im Bereich der oberen Feldbergstraße**, deren CKW-Fahne(n) sich allein mit IPV an der GWM 2/2007 Eckardtstraße nicht vollständig erfassen lassen, weil die Abstrombreite des Standorts über den Zustrombereich des IPV hinausreicht. Das in den beiden IPV wechselnde Stoffspektrum wird als Hinweis darauf interpretiert, dass im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes sowohl Tetra, als auch Tri eingesetzt worden sind, wobei letzteres teilweise ein Abbauprodukt darstellen dürfte. Darauf lässt das Auftreten relevanter Anteile von Cis schließen. Wahrscheinlich sind demzufolge auch noch andere Stoffe eingetragen worden, die Bereiche mit geeigneten Milieubedingungen für den biologischen Abbau / die Dehalogenierung der CKW ermöglichen.
- Die Fahne zeigt entsprechend der GwFließrichtung einen bogenförmigen Verlauf nach SE und kann über die Messstelle GWM Holzweg bis zur GWM 2 in der Adenauerallee verfolgt werden (s. Anlage 1). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Messstellen im Allgemeinen nicht im Bereich der Stromfäden mit der maximalen Belastung liegen. Dies trifft insbesondere für die GWM in der Henchenstraße zu. Als zusätzliche Eintragsstelle innerhalb der vorhandenen TETRA-Fahne kommt die ehem. CR Feldbergstraße in Frage, da im Rahmen der OU auf dem vorbezeichneten Grundstück eine relevante CKW-Belastung des Bodens und der Bodenluft festgestellt wurde /37/.
- IV. Die Bedeutung der **Altstandorte an der unteren Feldbergstraße** wird sich erst durch ergänzende Untersuchungen quantifizieren und abschließend beurteilen lassen. Nach den Befunden in den beiden GWM Adenauerallee steht aber außer Frage, dass zumindest auf einer dieser Flächen ein maßgeblicher Eintrag von Tetrachlorethen erfolgt ist.

- V. Weiterhin als relevant bezeichnet werden muss auch der **Altstandort Borkenberg**. Die dort nachgewiesene (Teil-) Fracht stagniert 2015 weiterhin in einem Niveau, das nach den geltenden Richtlinien weiteren Handlungsbedarf erfordert (/28/ - /30/). Die an der unterstromigen GWM 4 RollsRoyce nachgewiesene (Teil-) Fracht ist zwar geringer als die der o. g. Altstandorte, im Gegensatz zu diesen ist aber ein oberflächennahes CKW-Reservoir nachgewiesen und eine tendenziell problematische Raumnutzung vorhanden. Vor diesem Hintergrund wird zumindest die Prüfung des Gefährdungspfad Boden - Mensch für erforderlich gehalten und eine erneute Beprobung der noch vorhandenen GwMessstellen empfohlen, um nach 20 Jahren eine Vergleichsmessung der GwBelastung im Schadenszentrum durchzuführen.
- VI. Die Existenz weiterer CKW-Eintragsbereiche im Stadtgebiet kann nach heutigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden. Konkrete Anhaltspunkte dafür liegen zwar nicht vor, wie der bislang nicht zu erklärende Rückgang der Tri-Fracht im WW Riedwiese zeigt, erlauben die vorliegenden Daten aber auch noch keine befriedigende Erklärung für alle Beobachtungen im Untersuchungsgebiet.

6. Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

6.1 Strategie der weiteren Vorgehensweise

Aus gutachterlicher Sicht wird zunächst eine Definition der Ziele zukünftiger Maßnahmen und deren Priorisierung empfohlen. Unter der Annahme, dass der Gefährdungspfad Boden - Mensch von vorrangiger Bedeutung ist, müssen zunächst die bekannten Altstandorte mit einem nach heutigem Kenntnisstand relevanten Eintrag von Lösemitteln in den Untergrund einer dahingehenden Einzelfallprüfung und Bewertung unterzogen werden.

Gegenstand des vorliegenden Berichts ist aber nicht die Ausarbeitung von Konzepten für die umwelttechnische Erkundung von Altstandorten, sondern die Beurteilung des Gefährdungspfad Boden - Grundwasser, wobei der GwNutzung für die Trinkwasserversorgung durch das WW Riedwiese besondere Bedeutung zukommt.

Diesbezüglich ist festzustellen, dass eine nachteilige Veränderung des seit mehreren Jahrzehnten andauernden Zustands der CKW-Belastung des Rohwassers auch nach den neuen Erkenntnissen nicht absehbar, allerdings nicht völlig auszuschließen ist. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist vielmehr von einem für weitere Jahrzehnte bestehenden Niveau der GwVerunreinigung auszugehen, das durch die laufenden Maßnahmen der Wasseraufbereitung beherrscht werden kann.

Außerdem ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der aus dem Stadtgebiet von Oberursel abströmenden CKW-Fracht am WW Riedwiese vorbei zur Vorflut Nidda und zum Unterlauf des Urselbachs abfließt. Soweit dem Gutachter bekannt, befinden sich dort keine relevanten Nutzungen, die von den GwVerunreinigungen beeinträchtigt werden könnten. Der Zustrombereich des WW Praunheim umfasst zwar die von dem Altstandort ██████ in Weißkirchen ausgehende CKW-Fahne /44/, reicht aber nach heutigem Kenntnisstand nach Osten nicht bis zur Frankfurter Landstraße¹.

Vor diesem Hintergrund wird davon ausgegangen, dass sich die weiteren Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers darauf konzentrieren können, die von den verschiedenen Altstandorten ausgehenden Restrisiken für das WW Riedwiese zu erkunden und zu beobachten. Dafür wurden bereits 2010 Maßnahmen empfohlen /27/.

Im Folgenden wird ein aktualisierter Maßnahmenplan auf der Grundlage des heutigen Kenntnisstands beschrieben. Dabei wird unterschieden zwischen einem auf die Altstandorte bezogenen Messnetz und der Vorfeldkontrolle des WW Riedwiese.

Die Möglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen zur Dekontamination vorhandener Altlasten durch die Reduzierung der Schadstoffreservoir im Stadtgebiet sind sowohl durch technische Randbedingungen beschränkt, als auch durch die verfügbaren Finanzmittel, die dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit folgend eingesetzt werden müssen. Soweit sich die Gefährdung von Schutzgütern auf den Gefährdungspfad Boden - Grund-

¹ Einer Presseveröffentlichung vom 30.11.2015 zufolge soll das WW Praunheim an der Heerstraße Ende 2016 aufgegeben werden (<http://www.fr-online.de/frankfurt/versorgung-frankfurt-braucht-mehr-wasser,1472798,32671216.html>).

wasser beschränkt, wird in der Regel ein MNA-Ansatz zur Kontrolle des natürlichen Abbaus von Schadstoffen in Boden und Grundwasser verfolgt werden müssen.

Das erfordert die Installation eines dafür geeigneten GwMessnetzes sowie dessen Unterhaltung und Betrieb (Sicherung der GWM, Kontrolle von GwSpiegel und GwQualität).

6.2 Maßnahmenplan

6.2.1 Umwelttechnische Erkundung von Altstandorten

Obwohl die Ausarbeitung von Konzepten für die umwelttechnische Erkundung von Altstandorten nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts ist werden im Folgenden einige Randbedingungen für das weitere Vorgehen dargestellt:

- (1) Für die Mehrzahl der relevanten Altstandorte liegen bislang nur indirekte Hinweise auf relevante CKW-Einträge vor, die sich aus den tendenziell unterstromig entnommenen GwProben ergeben. Daher müssen diese Eintragsbereiche zunächst durch vertiefende Erkundungen zweifelsfrei lokalisiert und räumlich abgegrenzt werden (Nutzungsrecherchen und umwelttechnische Untersuchungen).
- (2) Außerdem muss zweifelsfrei geklärt werden, ob / wo auf dem betreffenden Standort sich Lösemittel in Phase (DNAPL-Reservoir) auf hydraulischen Trennhorizonten und ggf. an der Basis der Lockergesteine angesammelt und deren Relief folgend sogar über den Standort hinaus ausgebreitet haben.
- (3) Erst auf dieser Datenbasis können der lokale Handlungsbedarf und die Handlungsoptionen konkretisiert werden. Nach heutigem Kenntnisstand muss im Bereich mehrerer Altstandorte ein relevantes Schadstoffreservoir angenommen werden, ohne dass dies bislang abgegrenzt und in seiner Bedeutung für die Schutzgüter hinreichend beurteilt werden kann.
- (4) Auf Altstandorten mit nachgewiesenem Handlungsbedarf (Dekontamination und / oder hydraulische Sicherung) sind aufgrund der mächtigen ungesättigten Zone (GwFlurabstand $> 15 - > 20$ m) zunächst die Möglichkeiten für die Installation von Bodenluft-Brunnen oder andere Maßnahmen zur Dekontamination zu prüfen. Ohne Eliminierung dieser Reservoirs ist über weitere Jahrzehnte mit hohen CKW-Einträgen in das Grundwasser zu rechnen. Dabei empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:
 - Um mit den BL-Brunnen die angestrebte Sanierung der ungesättigten Bodenzone zu erreichen, müssen sie bis in den GwSchwankungsbereich abgeteuft und ausgebaut werden. Dazu ist aufgrund der Bohrhindernisse (Quarzitgerölle) ein ausreichend dimensioniertes Bohrgerät erforderlich, das bei einem Enddurchmesser von ≥ 100 mm eine Endteufe > 15 m erreichen kann.
 - Angesichts der mutmaßlich geringen Reichweite sind unter Berücksichtigung der Ausdehnung der Schadensherde u. U. mehrere Brunnen erforderlich. Mittels entsprechender Messungen ist die Reichweite nach Fertigstellung zu überprüfen; ggf. ist dann eine Verdichtung in Betracht zu ziehen.

- Die Bohrungen sind beim Ausbau bis in eine Tiefe > 5 m abzudichten, um eine ausreichende Reichweite zu ermöglichen und einen hydraulischen Kurzschluss zur Atmosphäre zu verhindern.
 - Der Ausbau sollte bis unter den GwSchwankungsbereich reichen, um Anreicherungen von CKW im Kapillarsaum mit erfassen zu können.
- (5) Bei geeigneten Untergrundverhältnissen kann auch eine Eliminierung von Schadensherden / DNAPL-Reservoirien mittels ISCO oder anderen Verfahren in Betracht gezogen werden, etwa mit TISS analog zum Fall Eppsteiner Straße.

6.2.2 Auf relevante Altstandorte bezogenes GwMonitoring

Empfohlene Ansatzpunkte für die Verdichtung des auf die Altstandorte bezogenen Messnetzes sind in den Lageplänen Anlage 5.1 Anlage 4.1 - Anlage 9.1 dargestellt. Dabei wurden provisorische Bezeichnungen gewählt, weil davon ausgegangen wird, dass nicht nur die Lage der neuen GWM an die Örtlichkeiten angepasst werden muss (Zugänglichkeit, Leitungsverläufe, ggf. Hinweise aus HE etc.), sondern dass die weitere Planung auch unter dem Vorbehalt der Finanzierung steht. Bezogen auf die maßgeblichen Standorte wird bei der Konzeption von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- (1) **Eppsteiner Straße** - Soweit bekannt, existieren im Umfeld des Standorts keine Bohrungen, anhand derer das Relief der Oberfläche des verwitterten Festgesteins als maßgeblicher hydraulischer Barriere hinreichend beschrieben werden könnte und die als GWM für die längerfristige Beobachtung ausgebaut wären.
- Um zu klären, wohin sich die in GWM 5/2007 festgestellten DNAPL ausgebreitet haben und um die Annahmen zur lokalen GwFließrichtung zu verifizieren, sind weitere Bohrungen bis zur Basis der Lockergesteinsauflage erforderlich, die als pumpfähige GWM ausgebaut werden sollten. Je nach Einfallsrichtung der Schichtgrenze kann eine Verdichtung des Messnetzes erforderlich werden. An den GWM, die sich im GwAbstrom des Altstandorts sowie in Einfallsrichtung der hydraulischen Barriere befinden, sollten weitere IPV durchgeführt werden.
- (2) **Obere Feldbergstraße** - Auch für diesen Bereich ist allein mittels der GWM 2/2007 keine hinreichende Beurteilung der GwStrömung im Nahbereich und der damit verbundenen CKW-Frachten möglich. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung des Altstandorts werden für eine solche Bewertung zumindest 3 unterstromige und vorsorglich eine oberstromige GWM für erforderlich gehalten. Dabei muss zumindest eine Bohrung bis zum Erreichen einer zweifelsfrei als solche fungierenden hydraulischen Barriere abgeteuft werden (was in GWM 2/2007 kein Erkundungsziel war). An den GWM sind ebenfalls IPV zur Ermittlung von CKW-Frachten und Stoffspektrum durchzuführen, um eine abschließende Gefährdungsabschätzung für den GwPfad zu ermöglichen. Eine Lokalisierung von Eintragstellen, die räumliche Abgrenzung der CKW-Reservoirie und eine Gefährdungsabschätzung für den Wir-

kungspfad Boden - Mensch erfordern Untersuchungen, die unabhängig von der Erkundung des Wirkungspfads Boden - Grundwasser durchgeführt werden können.

- (3) **Kreuzungsbereich Feldberg- / Kumeliusstraße** - Aufgrund der vorliegenden Informationen ist davon auszugehen, dass in diesem Bereich zumindest ein relevanter CKW-Eintrag erfolgt ist, möglicherweise existieren dort sogar mehrere Reservoirs. Leider ist die Situation auch nach Einrichtung der zusätzlichen GWM im vermuteten Abstrom der ehemaligen Chemischen Reinigung Feldbergstraße nicht abschließend geklärt. Sowohl die Befunde der vorlaufenden Untersuchungen von Boden und -luft, als auch die GwAnalysen weisen einen CKW-Eintrag (Tetra) auf diesem Altstandort nach, die ersten Laborbefunde korrelieren jedoch nicht mit den seit Jahrzehnten wesentlich höheren Konzentrationen in den GWM Adenauerallee. Diese Diskrepanz kann auf die Migration der CKW in der teil- / ungesättigten Bodenzone zurückzuführen sein. Um diese Situation zu klären, wird zunächst ein IPV an der neuen GWM 7/2016 für erforderlich gehalten. Sofern die auf der Feldbergstraße 33a eingetragenen CKW den Kapillarsaum des Hauptstockwerks nicht erst in größerer Entfernung erreicht haben, ist im Verlauf eines solchen Versuchs mit einem ähnlich starken Anstieg des Konzentrationsniveaus zu rechnen wie 2007 an der KB 1 Adenauerallee. Nachdem zwischenzeitlich die Existenz des nahegelegenen Altstandorts Adrian & Busch (Feldbergstraße 31 bis Berliner Straße) bekannt geworden ist, besteht Grund zu der Annahme, dass dort ein noch größeres CKW-Reservoir vorhanden sein könnte. Für eine Bewertung des Altstandorts A&B sind aufgrund der räumlichen Ausdehnung quer zur GwFließrichtung zumindest 4 unterstromige und vorsorglich eine oberstromige GWM erforderlich. An den GWM sind ebenfalls IPV zur Ermittlung von CKW-Frachten und Stoffspektrum durchzuführen, um eine Gefährdungsabschätzung für den GwPfad zu ermöglichen. Eine Lokalisierung von Eintragstellen, die räumliche Abgrenzung der CKW-Reservoirs und eine Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden - Mensch erfordern Untersuchungen, die unabhängig von der Erkundung des Wirkungspfads Boden - Grundwasser durchgeführt werden können.
- (4) **Im Portugall** - Welche(r) Altstandort(e) in diesem Bereich für das Schadstoff-Reservoir verantwortlich ist, dessen Emission in der GWM 4/2007 nachweisbar ist, kann auf der Basis des heutigen Kenntnisstands nicht entschieden werden. Ein Eintrag weiter oberstrom ist aufgrund des Konzentrationsniveaus unwahrscheinlich, kann aber zweifelsfrei nur durch zumindest eine weitere GWM auf dem zwischenzeitlich neu bebauten Grundstück oder der P.-Reis-Straße ausgeschlossen werden. Vorbehaltlich einer dahingehenden Überprüfung werden die Möglichkeiten für Untersuchungen auf der Liegenschaft zur Lokalisierung der Quelle(n) als sehr gering beurteilt. Eine zielgerichtete Dekontamination des Standorts (z. B. analog der Eppsteiner Straße) wird daher als wahrscheinlich nicht durchführbar beurteilt. Grundsätzlich vorstellbar wäre dagegen eine hydraulische Sicherung, zunächst über die bestehende GWM, sofern die bislang ungehinderte Ausbreitung der CKW-Fracht reduziert werden soll.

Alle neuen GWM sollten analog zur aktuellen Vorgehensweise in der Feldbergstraße ■■■ /43/ eine Wassersäule von zumindest 10 m erschließen, um eine für IPV ausreichende Er-
giebigkeit sicherzustellen. Die Endtiefe sowie die Lage von Abdicht- und Filterstrecken
müssen in jedem Einzelfall an das jeweilige Bohrprofil angepasst werden; für die Kosten-
ermittlung wird eine mittlere Tiefe von 30 m und ein Ausbau in DN 125 angenommen,
wobei die mittleren Kosten von 435 €/m angenommen werden, die sich Anfang 2016 für
die GWM Feldbergstraße ■■■ ergeben haben.

Dies schließt bereits die Möglichkeit des Ausbaus einer zusätzlichen flachen GWM ein,
sofern, wie an vielen Standorten in Oberursel der Fall, ein schwebendes GwStockwerk
angetroffen wird, das gesondert beobachtet werden muss.

Aufgrund der eingeschränkten Aussagekraft regulärer Pumpproben wird an jeder neuen
GWM ein IPV vorgesehen (einschließlich der GWM 4 ■■■ und 7/2016, an denen noch
keine IPV durchgeführt worden sind), für die mittlere Kosten anhand des aktuellen Pro-
jekts ermittelt worden sind.

Um die längerfristige GwDynamik zu erfassen, ist vorgesehen, jeweils 10 GWM für zu-
mindest ein Jahr mit automatisch aufzeichnenden Drucksonden auszustatten. In Abhän-
gigkeit von den Ganglinien werden diese Sonden rotierend in andere GWM eingebaut,
um auf diesem Weg die geohydraulischen Zusammenhänge im gesamten Messnetz zu er-
kunden. Ergänzend werden Messungen zur Identifizierung vertikaler Ausgleichsströmun-
gen in Brunnen und GWM empfohlen (z. B. mittels Thermoflow) sowie zur Bestimmung
der lokalen GwFließrichtung und Fließgeschwindigkeit (z. B. mittels Phrealog), um die be-
stehenden Unsicherheiten zur Lage der relevanten Zustrom- / Belastungsbereiche zu redu-
zieren.

Sofern die bislang nicht mögliche zweifelsfreie Zuordnung der einzelnen CKW-Fahnen zu
bestimmten Eintragsbereichen / Verdachtsflächen angestrebt wird, werden aus gutachterli-
cher Sicht im Rahmen der nächsten Probenahme an allen maßgeblichen Brunnen und
GWM im Stadtgebiet Untersuchungen der C- und Cl-Isotope der CKW zur Identifizierung
der Störer empfohlen. Wie in /42/ beschrieben, ermöglichen diese "forensischen Metho-
den" in vielen Fällen nicht nur eine Quantifizierung der Abbauraten, sondern auch eine
beweiskräftige Zuordnung von CKW-Belastungen zu bestimmten Quellen mittels
"isotopischem Fingerabdruck".

Nähere Informationen zu den Einsatzmöglichkeiten der Messtechnik finden sich u. a. auf
den Seiten der in Frage kommenden Unternehmen¹. Grundsätzlich ermöglichen die Isoto-
penspektren die Differenzierung unterschiedlicher CKW-Varietäten und deren Verfolgung
über große Entfernungen, auch wenn eine Dehalogenierung z. B. der Ethene von Tetra-
über Tri- zu Dichlorethen stattgefunden hat. Soweit sich die an den verschiedenen Alt-
standorten eingetragenen CKW hinreichend unterscheiden (was zu prüfen bleibt), kann
deren Weg entlang der Fließstrecke bis zum WW Riedwiese und ggf. darüber hinaus ver-
folgt werden.

Die geschätzten (Brutto-) Kosten für diesen Untersuchungsumfang sind in der folgenden
Tabelle zusammengestellt.

¹ <http://www.hydroisotop.de/weitere-infos-3>, <http://www.isodetect.de/leistungen.html>.

Tabelle 6-1: Vorschlag für die standortbezogene Verdichtung des GwMessnetzes mit Kostenschätzung (incl. MwSt.)

Altstandort / GWM	Anzahl	Ausbau (mm)	Tiefe (m)	EP (€)	Vsl. Kosten (€)
Obere Feldbergstraße	4		120		52.200
OF 1/17	1	125	30	435	13.050
OF 2/17	1	125	30	435	13.050
OF 3/17	1	125	30	435	13.050
OF 4/17	1	125	30	435	13.050
Portugall / Portstraße	2		60		26.100
PO 1/17	1	125	30	435	13.050
PO 2/17	1	125	30	435	13.050
Untere Feldbergstraße	5		150		65.250
AB 1/17	1	125	30	435	13.050
AB 2/17	1	125	30	435	13.050
AB 3/17	1	125	30	435	13.050
AB 4/17	1	125	30	435	13.050
AB 5/17	1	125	30	435	13.050
Eppsteiner Straße	4		120		52.200
E 1/17	1	125	30	435	13.050
E 2/17	1	125	30	435	13.050
E 3/17	1	125	30	435	13.050
E 4/17	1	125	30	435	13.050
Geschätzte Kosten für den Bau der GWM	15		450	435	195.750
Anzahl und geschätzte Kosten für IPV	17	incl.GWM 4█ + 7/2016		8.000	136.000
Kosten Drucksonden	120	10 GWM*12 Monate		50	6.000
Isotopenanalysen	20			1.100	22.000
Kosten Ing.leistungen					15.000
Geschätzte Kosten vertiefende Erkundung					374.750

6.2.3 Auf das WW Riedwiese bezogenes GwMonitoring

Entsprechend der Überlegungen zur Strategie des weiteren Vorgehens (s. o.) wird davon ausgegangen, dass keine vollständige Erfassung der aus dem Stadtgebiet abfließenden CKW-Frachten angestrebt werden muss, die eine von den Altstandorten unabhängige Verdichtung des GwMessnetzes erforderlich machen würde, mit der Installation von Kontrollebenen im Sinne von /12¹.

¹ Dieser Ansatz wurde 1994 für den oberen GwLeiter mit der Messkette KB 1 - 4 parallel zur Nassauer Straße gefolgt, für den wasserwirtschaftlich relevanten unteren GwLeiter ist damals allerdings lediglich die GWM Adenauerallee eingerichtet worden.

Soweit der status quo beibehalten werden soll, wird aber eine regelmäßige Kontrolle der GwBeschaffenheit mit vergleichbaren Probenahmebedingungen in dem bestehenden Messnetz empfohlen. Probenahmeabstände von ca. 10 Jahren sind für eine befriedigende Beurteilung der Entwicklung nicht ausreichend.

Es wird, in Übereinstimmung mit /27/, eine regelmäßige Kontrolle folgender 9 Beobachtungspunkte als ausreichend erachtet:

- GWM 2 Adenauerallee.
- Ehemaliges [redacted]-Gelände: Brunnen sowie GWM 4 + 5.
- Ehemaliges TTD-Gelände: Brunnen 1, 2a, 3.
- IBM-Gelände: GWM 8.2, 12.2.

Diese bereits 2008 vorgeschlagenen und in Abbildung 6-1 rot markierten Beobachtungspunkte konnten allerdings bei den aktuellen Ortsterminen nicht alle lokalisiert werden (vgl. Anlage 13.1). Daher ist eine nochmalige Begehung erforderlich, um die Existenz zu verifizieren.

Empfohlen wird darüber hinaus ein auf mehrere Jahre angelegtes Messprogramm zur kontinuierlichen Beobachtung der GwDynamik an vorhandenen und ggf. neuen GWM, denn aus dem Kernstadtbereich stehen bisher nur vereinzelt erhobene GwStanddaten zur Verfügung. Aus gutachterlicher Sicht ist die Ausrüstung vorhandener GWM mit Drucksonden zur Aufzeichnung der GwSpiegel sowie die Ausarbeitung von jährlichen GwMonitoring-Berichten sinnvoll. Hierin sollten auch die GwStanddaten integriert werden, die in den von den SWO betriebenen Datenloggern in den GWM KB 1f aufgezeichnet werden.

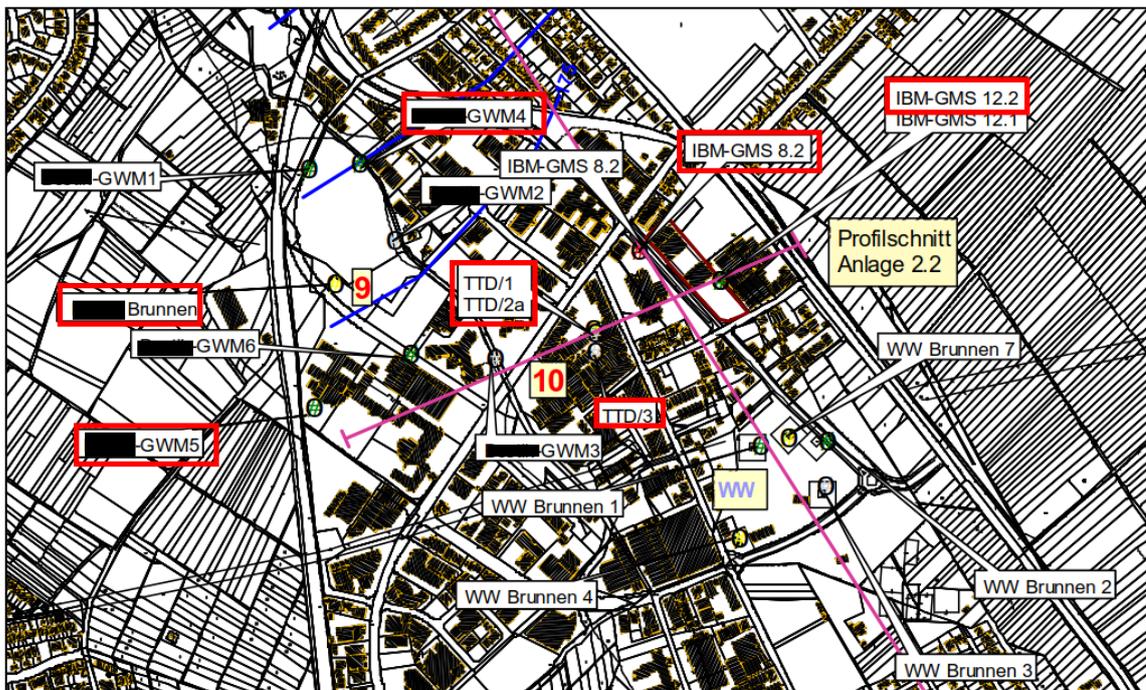


Abbildung 6-1: Vorgeschlagenes GwMessnetz für das Schutzgut WW Riedwiese (aus /27/)

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass es sich bei diesen Empfehlungen um eine gutachterliche Bewertung auf Grundlage der im vorliegenden Bericht dokumentierten Untersuchungsergebnisse handelt, die zwangsläufig nicht den gesamten Kenntnisstand zur GwBeschaffenheit im Stadtgebiet von Oberursel repräsentieren können.

Vor der Entscheidung über weitere Maßnahmen ist daher eine Abstimmung mit den zuständigen Behörden erforderlich.

Büro HG GmbH

Gießen, den 06.09.2016

Dipl.-Geol. Dr. Walter Lenz

Von der IHK GI-FB öffentlich best. u. vereidigter

Sachverständiger gemäß §18 BBodSchG (SG 2)