

## I. Inhaltsverzeichnis (Text)

1.	Auftrag	Seite
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Aktuelle Aufgabenstellung	2
2.	Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen	3
3.	Durchgeführte Untersuchungen	5
3.1	Identifizieren vorhandener GwMessesstellen	5
3.2	Überprüfung von Messstellen und Brunnen	5
3.2.1	Br. 11/1 ehem. [REDACTED]	7
3.2.2	GwMessesstelle [REDACTED] GMS 12.1	7
3.2.3	GwMessesstelle [REDACTED] GMS 12.2	8
3.2.4	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	9
3.3	Instandsetzung von Messstellen mit Kostenschätzung	12
3.4	Plausibilitätsabgleich mit dem numerischen GwModell	13
3.5	Anwendung des GwModells	13
3.5.1	Szenarien zu den GwVerunreinigungen durch LCKW	13
3.5.2	Quantitative Veränderungen aufgrund des Klimawandels	14
4.	Empfohlene Maßnahmen	16
4.1	Durchführung von Sonderuntersuchungen	16
4.2	Erichtung weiterer GwMessesstellen	17
4.3	GwMonitoring	19
4.3.1	LCKW-Konzentrationen des Rohwassers des WW Riedwiese	19
4.3.2	LCKW-Konzentrationen im Zustrom des WW Riedwiese	22
4.3.3	GwMonitoringprogramm	27
5.	Vorranggebiete zukünftiger Wassergewinnung	29
6.	Kostenschätzung	31

Projekt:

### Hydrogeologische Untersuchung, Planung und Beratung im Stadtgebiet Oberursel Planung und Fachbauleitung der Erkundungsmaßnahmen im Jahr 2017

Auftraggeber:

Magistral der Stadt Oberursel  
Rathausplatz 1  
61440 Oberursel

PNr.: 14013-8 Iz/Wei

Datum: 09.01.2018

P:\Pro2017\14013\14013-8\_g01\ISU-14013-8\_Erkundungsmaßnahmen-2018-01-09.docx  
© Büro HG GmbH

**➤ Tabellenverzeichnis**

Tabelle 3-1:	Ergebnis der Überprüfungen von Aufschlüssen	6
Tabelle 3-2:	Gemessene und berechnete Feldparameterdaten	10
Tabelle 3-3:	Messstellen: Defekte und Defizite, geschätzte Instandsetzungskosten	12
Tabelle 4-1:	Vergleich der Konzentrationsniveaus und Frachten 2007 und 2015 (Fracht bei mittlerer Förderleistung, Werte tw. gerundet)	22
Tabelle 4-2:	Matzahlen zur Beurteilung von GwVerunreinigungen durch LHKW (Summe nach /24/)	23
Tabelle 4-3:	Bewertungsmatrix zur Einstufung von GwVerunreinigungen nach /24/	23
Tabelle 6-1:	Vorschlag für die standortbezogene Verdichtung des GwMessnetzes, GwMonitoring und Erkundungsmaßnahmen für eine zukünftige Wasserversorgung mit Kostenschätzung (inkl. MwSt.)	31

**➤ Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 3-1:	Abfolge der wesentlichen Reduktionsprozesse (beim Abbau organischer Substanzen) in natürlichen Systemen sowie entsprechende Einordnung der reduktiven LCKW-Dechlorierung (aus /18/, S. 29)	10
Abbildung 3-2:	Relative Effektivität des biologischen Abbaus der chlorierten Ethene über die Abbaupfade reduktive Dechlorierung und mikrobielle Oxidation in Abhängigkeit des vorherrschenden terminalen Elektronenakzeptorprozesses (TEA). Verändert in Anlehnung an Bradley (2003). Legende: -: kein Effekt, *: schwach bis kein Effekt, +: mittelmäßig, ++: gut, +++: exzellent, 1) nur aerober cometabolischer Abbau (aus /18/, S. 33)	11
Abbildung 5-1:	Vorranggebiete zukünftiger Wasserversorgung (Quelle: Google Maps)	29

**II. Anlagenverzeichnis**

Anlage 1	Lagepläne	
Anlage 1.1	Übersichtsplan des Stadtgebietes von Oberursel mit Kontaminations(verdachts)flächen und Aufschlusspunkten (Brunnen / GWM)	M 1 : 6.000
Anlage 1.2	Detaillageplan des Stadtgebietes von Oberursel mit Kontaminations(verdachts)flächen und Aufschlusspunkten (Brunnen / GWM)	M 1 : 2.500
Anlage 2	Geologische Übersichtskarte mit Grenzen des GwModells und Randbedingungen	M 1 : 75.000
Anlage 3	Hydrogeologisch-geohydraulischer Profilschnitt NW - SE in GwFließrichtung vom Taurusrand zum WW Riedwiese mit bekannten LCKW-Schadensfällen	MdH 1 : 1.500 MdL 1 : 10.000
Anlage 4	GwGleichenpläne, berechnet mittels GwModell und Prinzipschnitt	
Anlage 4.1	Modellschicht 1	M 1 : 75.000
Anlage 4.2	Modellschicht 2	M 1 : 75.000
Anlage 4.3	Modellschicht 3	M 1 : 75.000
Anlage 4.4	Modellschicht 4	M 1 : 75.000
Anlage 4.5	Prinzipschnitt zum vertikalen Modellaufbau im Stadtgebiet von Oberursel	MdH 1 : 2.500 MdL 1 : 20.000
Anlage 5	Tabelle Stammdaten der Brunnen und GwMessstellen	
Anlage 6	Probenahmeprotokolle	
Anlage 7	Laborbericht	
Anlage 8	Ganglinien von LCKW-Konzentrationen und –Frachten	
Anlage 8.1	Ganglinien von LCKW-Konzentrationen in allen Brunnen	
Anlage 8.2	Ganglinien von LCKW-Konzentrationen in Brunnen 1 + 4	
Anlage 8.3	Ganglinien von LCKW-Konzentrationen in Brunnen 2 +7	
Anlage 8.4	Ganglinien der LCKW-Frachten	
Anlage 8.5	Ganglinien von LCKW-Konzentrationen in der GWM Adenauerallee	
Anlage 9	GwMonitoringprogramm	
Anlage 10	Lageplan des Stadtgebietes von Oberursel mit Aufschlusspunkten (Brunnen / GWM) und Bahnlängen	
Anlage 10.1	Rückwärts-Berechnung	
Anlage 10.2	Vorwärts-Berechnung	
Anlage 11	Fotodokumentation	

### III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- /1/ ALK – Automatisierte Liegenschaftskarte des Stadtgebietes Oberursel (Taunus), Stand April 2006
- /2/ Geologische Karte, M 1:25.000, Blatt 5717 Bad Homburg vor der Höhe mit Erläuterungen zur Geologischen Karte.- HLfB, Wiesbaden 1972
- /3/ Geologische Karte, M 1:25.000, Blatt 5817 Frankfurt am Main West / Faksimillierter Nachdruck der Ausgabe aus dem Jahre 1929.- HLfB, Wiesbaden 1984
- /4/ Gutachten zur Verbesserung des GwSchutzes im Einzugsgebiet des WW Riedwiese der Stadtwerke Oberursel GmbH im Hochtaunuskreis.- Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 26.01.1994
- /5/ Gutachten über die Grundwasserentnahme der Stadtwerke Oberursel GmbH im Hochtaunuskreis.- Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 26.01.1996
- /6/ 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
- /7/ Untersuchungen zum tiefären GwLeiter auf dem Gelände der [REDACTED]-Gutachten im Auftrag [REDACTED], HYDRODATA GmbH, Oberursel 25.02.1999
- /8/ GwSanierung mittels Funnel & Gate auf dem Gelände der [REDACTED]-Tischvorlage zur Besprechung beim RPAUWI am 30.03.1999, Arcadis GmbH, Darmstadt 19.03.1999
- /9/ Hydrogeologische Untersuchungen zum Aufbau eines Grundwassermodells für das Stadtgebiet von Oberursel, 2. Zwischenbericht, Büro HG GmbH, Gießen, Juni 2000
- /10/ Dokumentation und Bewertung eines Pumpversuchs an der tiefen GWM "Adenauerallee" in Oberursel zur Erkundung der CKW-Belastung im Wasserwerk Riedwiese.- Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Oberursel GmbH, Büro HG GmbH, Gießen 09.12.2002
- /11/ 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
- /12/ GwMonitoring im Rahmen des BV [REDACTED]- Gutachterliche Bewertung der Daten zur CKW-Belastung des Grundwassers.- Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Oberursel, Büro HG GmbH, Gießen 04.03.2005
- /13/ 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 RPAUWI und der Stadtwerke Oberursel.- Büro HG GmbH, Gießen 25.07.2005
- /14/ 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
- /15/ Antragsunterlagen zur Bewilligung der Wasserrechte zur GwEntnahme im WW Riedwiese.- Büro HG GmbH, Gießen 12.05.2006

- /16/ 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
- /17/ 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
- /18/ Leitfaden Natürliche Schadstoffminderung bei LCKW-kontaminierten Standorten KORA-Themenverbund 3; Chemische Industrie, Metallverarbeitung, S. Grandel, A. Dahmke, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, 2008
- /19/ Leitfaden CKW – Stoffeigenschaften. ([www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)) - ChloroNet, Bundesamt für Umwelt Bern, 09/2009
- /20/ Sicherung der Trinkwasser-Versorgung für die Stadt Oberursel, Stellungnahme zu Untersuchungen im Bereich des Altstandorts Feldbergstr. [REDACTED] Büro HG GmbH, Gießen 05.01.2009
- /21/ 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
- /22/ Ermittlung von Schadstofffrachten in Grund- und Sickerwasser – Handbuch Alltlasten Bd. 3 Teil 6, HLUG Wiesbaden 2008
- /23/ Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserunreinigungen „GWS-VwV“- HIMUKLV, Wiesbaden 26.09.2016
- /24/ Arbeitshilfe zur Sanierung von GwVerunreinigungen – Handbuch Alltlasten Bd. 3, Teil 7, HLUG Wiesbaden 2013
- /25/ LHKW-Sanierung Alltlastenfläche Eppsteiner Straße, Oberursel, Information Bau- und Umweltausschuss der Stadt Oberursel (Taunus).- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach 06.05.2015
- /26/ Bundesbodenschutz- und Alltlastenverordnung (BBodSchV vom 12.07.1999), BGBl. I, Bonn 1999, zuletzt geändert am 31.08.2015
- /27/ Gefährdungsmaßnahmen in Oberursel und Steinbach, Feldbergstraße [REDACTED] Oberursel.- Orientierende Untersuchung.- HYDRODATA GmbH, Oberursel 18.12.2015
- /28/ Gefährdungsmaßnahmen in Oberursel und Steinbach, Strackgasse [REDACTED] Oberursel.- Orientierende Untersuchung.- HYDRODATA GmbH, Oberursel 18.12.2015
- /29/ Sachstandsbericht Bodensanierung Eppsteiner Straße.- CDM Smith Consult GmbH, Alsbach, Stand 31.12.2015
- /30/ Altersbestimmung an Grundwässern im Stadtgebiet von Oberursel.- Bericht Spurenstofflabor Dr. H. Oster, Wachenheim 18.05.2016
- /31/ Badin et. al.: Perchlorethen-Quelldifferenzierung mittels Kohlenstoff-Chlorisotopenanalyse - Felduntersuchungen zur Beurteilung der Variabilität der Isotopensignatur.- Grundwasser Bd.20, H.4, S. 263-270; Springer-Verlag, Berlin 12/2015
- /32/ Grundwasseruntersuchung in Oberursel, Feldbergstraße [REDACTED] Gutachten PNr. 16008/1 im Auftrag des RPAUWI - Büro HG, Gießen 07.07.2016

- /33/ Aktualisierung und instationäre Kalibrierung des numerischen GwModells für den Raum Bad Homburg / Oberursel - Gutachten zur Erkundung und Bewertung der CKW-Belastung des Grundwassers im Stadtgebiet, PNr. 14013/1, Büro HG GmbH, Gießen, 06.09.2016
- /34/ Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern Rheinland-Prälz und Hessen (1951 – 2015), KLIWA-Berichte, Heft 21, März 2017

#### IV. Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

ALVF	Alllasten-Verdachtsfläche
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
Bl...	Bodenluft...
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
CIS	cis-1,2-Dichlorethen
CR	Chemische Reinigung
DNAPL	dense non aqueous phase liquid (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/HLNUG	Hess. Landesanstalt für Umwelt und Geologie, seit 2016 Hess. Landesanstalt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Immissions-)Pumpversuch
(I)PV	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (Monitore)
KPV	Kurzpumpversuch
LHKW	Natural Attenuation / Kontrollierter natürlicher Rückhalt u. Abbau von Schadstoffen in Boden u. Grundwasser
(M)NA	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
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
RPAU WI	Regierungspräsidium, Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
PER	Tetrachlorethen
TRI	Trichlorethen

## 2. Geologisch-hydrogeologische Rahmenbedingungen

Die geologisch-hydrogeologische Situation im Stadtgebiet von Oberursel wurde in früheren Gutachten sowohl im Überblick /4/ - /6/ als auch im Detail (z. B. /7/, /8/, /12/, /14/, /34/) beschrieben. Die Kennziffern dieser Berichte wird hier vorausgesetzt und daher nur noch im notwendigen Umfang auf die Grundlagen eingegangen.

Hervorzuheben ist, dass sich alle GWM 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 u. GOK) i. wies. 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 (Weiterau) absank (s. Anlage 2 und Anlage 3).

Aufgrund der geringen Transportentfernung und des starken Reliefs treten in den Hauptschüttungsachsen dieser Schuttfächer sehr grobe Kiese mit Blocken 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 Altkönigsstraße im SW verbreitet quarzitisches Blockschuttlagen auf, die das Erreichen des GwSpiegels verhindern /11/.

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 Hauptschüttungsachsen nachgewiesen, die etwa dem Verlauf des Urselbachs folgt; Brunnen und Messstellen, die entlang dieser Achse eingerichtet wurden (z. B. GWM Adenauerallee, ehem. **WW** **Adenauerallee**) sind sehr ergiebig, zumal der Gw-Leiter etwa ab Höhe der GWM Adenauerallee aufgrund einer gering durchlässigen Trennschicht 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 führt (vgl. Anlage 4). 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 der Sedimentkörper bzw. Blockschuttströme 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 /10/. Dort wurde offenbar im Schnittniveau ein hoch durchlässiger Horizont erbohrt, über den große Volumenströme abfließen.

Die lokalen Fließrichtungen werden sich deswegen ohne detailliertere Untersuchungen (z. B. mittels Phreolog-Messtechnik) nicht ermitteln lassen. Die aus dem generellen GwGleichenplan (Anlage 4) 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. 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 LCKW** festgestellt, wobei das Konzentrationsniveau im Rohwasser an einigen Brunnen den aktuellen Grenzwert der Trinkwasser-Verordnung von 10 µg/l bereits seit mehreren Jahren bis um den Faktor 5 überschreitet. Daher 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 LCKW-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 erkannt worden /16/.

Vor dem Hintergrund der Ursachenerforschung für die Herkunft der Verunreinigungen hatte das Regierungspräsidium Darmstadt (Abt. Arbeitsschutz und Umwelt 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 /13/.

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 LCKW-Belastung des Bodens und Grundwassers in Oberursel brachten /10/, /11/. Ergänzend wurden Messungen ausgewertet, die im Zusammenhang mit einem Bauvorhaben der Fa.  im unmittelbaren Oberstrom des WW vorgenommen wurden /12/.

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 müttalischen LCKW-Emitenten sowie auf deren Schadstoffspektrum (PER- oder TRI-Dominanz) und –frachten /16/. Hieraus wurden für einzelne Altstandorte vertiefende Untersuchungen bzw. ein Sanierungsbedarf abgeleitet. Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgt verstärkt seit einigen Jahren. Hierzu gehören insbesondere die Konzeption und der Beginn der Sanierung auf dem Altstandort Epsteiner Straße /25/, /28/ sowie orientierende Untersuchungen im Bereich der Feldbergstraße und der Strackgasse /27/, /28/. Weitere Untersuchungen (z. B. Grundwasserpfad in der Feldbergstraße) erfolgten in 2016 /32/.

Im Hinblick auf die im WW Riedwiese seit mehr als 25 Jahren nachgewiesenen steigenden LCKW-Frachten sind, bedingt durch lange Fließwege, auch die langen Fließzeiten von Bedeutung. Auch wenn sich seit etwa 2010 eine Stagnation der Frachtraten im WW andeutele, kann weiterhin nicht zweifelsfrei davon ausgegangen werden, dass das Konzentrationsmaximum der LCKW-Frachten, die vom Bereich der

Kernstadt ausgehen, das WW bereits erreicht haben. 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 aus den LCKW-Reservoiren in der teil-/ungesättigten Zone noch über Jahrzehnte LCKW in das Grundwasser eingetragen werden.

Vor diesem Hintergrund sind vertiefende Untersuchungen als Grundlage zur Sicherung der Rohwasserqualität im WW Riedwiese erforderlich.

### 1.2 Aktuelle Aufgabenstellung

Für die Stadt Oberursel sind insbesondere die folgenden Zielsetzungen A bis C von Interesse, für die Stadtwerke Oberursel D und E:

- A. Verbesserte Aussagefähigkeit zum Verlauf und (auch langfristigen) Veränderungen der Grundwasserströme im Stadtgebiet.
- B. Erkenntnisse über Schadstoffbelastungen und „Trendaussagen“ über die Entwicklung der Schadstoffmengen, Ermittlung von Schadstoffherden.
- C. Aussagen für Räume, die für die Trinkwassergewinnung von besonderer Bedeutung sind.
- D. Kenntnis der zukünftigen Veränderungen bei den Grundwasserströmen und der Belastungen, die die Entnahmerennen u.a. an der Riedwiese erreichen.
- E. Identifizierung zukünftiger Potenziale zur Grundwassergewinnung, insbesondere im Umfeld der heutigen Brunnen Riedwiese.

Dazu wurden die folgenden Maßnahmen geplant:

- (1) Identifizieren vorhandener GwMessstellen und Aufnahme in Web-GIS, um einen Gesamtüberblick vorhandener Messstellen zu bekommen.
- (2) Messstellen, die für das künftige Grundwassermonitoring benötigt werden, sind auf ihren aktuellen Zustand zu prüfen. Bei Bedarf sind Vorschläge zur Instanzsetzung mit Kostenschätzung zu erarbeiten. Informationen zum aktuellen Zustand und zur Sicherung der Zugänglichkeit sollen in Web-GIS hinterlegt werden.  
Weiterhin sollten folgende Maßnahmen durchgeführt werden:
  - Konzept für Sonderuntersuchungen, die durch spezielle Messunternehmen ausgeführt werden müssen. Dazu zählen insbesondere geophysikalische Messungen an der Erdoberfläche (Überprüfung potenzieller Bohrpunkte für den Brunnenbau) sowie Befahrungen von Brunnen / GWM z. B. mit Thermoflow (Aufnahme von Profilen der vertikalen Zuflussverteilung), Phrealog (Aufnahme von Vertikalprofilen für GwFließrichtung und Geschwindigkeit) oder spezifische Laboranalysen (Isotopenspektren der CKW u. ä.).
  - Rückkopplung mit dem numerischen GwModell; d. h. Plausibilitätsabgleich des aktuellen Kenntnisstands mit der Datenbasis des GwModells. Sofern sich durch die Untersuchungen Erkenntnisse ergeben, die eine Fortschreibung des GwStrömungsmodells erforderlich machen sollten, werden die dafür notwendigen Schritte beschrieben.
  - Sinnvolle Anwendungen des bestehenden numerischen GwModells (Szenarien) werden im Rahmen des Auftrags in die Bearbeitung integriert.
- (3) Erarbeiten eines Messprogramms, durch das in regelmäßigen Abständen an festgelegten Standorten Pumpversuche durchgeführt, GwFließrichtungen und GwStände bestimmt oder Grundwasserproben entnommen und diese zur Verifizierung des vorliegenden Grundwassermodells genutzt werden.
- (4) Festlegen und Erstellen zusätzlicher GwMessstellen, um langfristig aussagefähiger zu werden; diese sind nach dem Ausbau in das Messprogramm mit aufzunehmen.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

#### 3.1 Identifizieren vorhandener GwMessesstellen

Grundlage für die Identifizierung vorhandener GwMessesstellen stellte die Messstellen-Datenbank dar, die im Rahmen von hydrogeologischen Untersuchungen zum Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells für das Stadtgebiet in den Jahren 1999/2000 erstellt wurde. In dieser Datenbank waren mehr als 200 GwMessesstellen und Brunnen erfasst worden, deren geographische Lage annähernd genau bestimmt werden konnte. In einem ersten Abgleich mit den im GwStrömungsmodell erfassten Messstellen und Brunnen wurden eine Reihe von nicht mehr existierenden Aufschlüssen identifiziert. In einem zweiten Abgleich mit Daten, die im Jahr 2016 bei Standortbegehungen erhoben worden waren, konnten weitere nicht mehr existente Aufschlüsse erkannt werden. Im Ergebnis war festzustellen, dass von den ca. 210 ursprünglichen Aufschlüssen ca. 50 Messstellen bzw. Brunnen nicht mehr vorhanden sind. Infolgedessen ergab sich die Notwendigkeit ca. 160 Aufschlüsse auf ihren aktuellen Zustand zu prüfen.

#### 3.2 Überprüfung von Messstellen und Brunnen

Bei den ca. 160 überprüften Aufschlüssen handelt es sich zum größten Teil um Grundwassermessstellen, die im Rahmen der Untersuchung von Altstandorten (ehemalige Gewerbebetriebe, Altablagerungen) errichtet worden sind. Nur bei einem kleinen Teil handelte es sich um (ehem.) Betriebsbrunnen oder um GwMessesstellen, die im Rahmen von Bauvorhaben errichtet worden waren. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Bereiche (vgl. Anlage 1):

- Altstandort Borkenberg
- Industriebetrieb Hohemarkstraße
- Altablagerung Lahnstraße
- Altablagerung Kleingärten Lahnstraße
- Tankstelle Hohemarkstraße
- Altstandort Im Taunusgarten/Im Diezen
- Altstandort Im Portugall
- Altstandort Portstraße
- Altstandort Eppsteinerstraße
- Ehem. Chemische Reinigungen, diverse Standorte im Stadtgebiet
- Altstandorte obere Feldbergstraße
- Altstandort Kolpingstraße
- Altablagerung Altenhöfer Weg
- Altablagerung Köhlerweg
- Ehem. Gaswerk Im Setzling
- Altstandort Gattenhöferweg
- Altstandort Hammergarten
- Bauvorhaben Gablonzerstraße
- Altstandort Zimmersmühlenweg

Die zu untersuchenden Aufschlüsse wurden anhand von Detaillageplänen aus diesbezüglichen Gutachten sowie anhand von Koordinatengaben in der Messstellen-Datenbank mittels GPS-Gerät aufgesucht. Sofern die Messstellen/Brunnen vorgefunden wurden, wurden jeweils der GwStand und die Lohliefe ermittelt sowie fotografisch dokumentiert. Bezüglich des in der Sanierung befindlichen Geländes der ehem. (Hammergarten) wurde Kontakt mit dem Projektleiter des sanierungsbegleitenden Ing.-Büros aufgenommen und seine Angaben verwendet.

Das Ergebnis der Überprüfungen kann wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 3-1: Ergebnis der Überprüfungen von Aufschlüssen

Bereich	Aufschlüsse
Altstandort Borkenberg	überwiegend existent
Industriebetrieb Hohemarkstraße	überwiegend existent
Altablagerung Lahnstraße	existent
Altablagerung Kleingärten Lahnstraße	nicht mehr existent
Tankstelle Hohemarkstraße	existent
Altstandort Im Taunusgarten/Im Diezen	überwiegend nicht mehr existent
Altstandort Im Portugall	existent
Altstandort Portstraße	existent
Altstandort Eppsteinerstraße	existent
Ehem. Chemische Reinigungen, diverse Standorte im Stadtgebiet	existent
Altstandorte obere Feldbergstraße	existent
Altstandort Kolpingstraße	existent (4 neue GWM in der Abersstr.)
Altablagerung Altenhöfer Weg	nicht mehr existent
Altablagerung Köhlerweg	existent
Ehem. Gaswerk Im Setzling	nicht mehr existent
Altstandort Gattenhöferweg	überwiegend nicht mehr existent
Altstandort Hammergarten	teilweise noch existent
Bauvorhaben Gablonzerstraße	überwiegend nicht mehr existent
Altstandort Zimmersmühlenweg	überwiegend nicht mehr existent

Von insgesamt 160 GwMessesstellen und Brunnen sind 85 existent (= 53 %), 75 sind nicht mehr auffindbar oder mutmaßlich zerstört (= 47 %).

Bei insgesamt drei GwMessesstellen bzw. Brunnen wurden im September 2017 Grundwasserproben durchgeföhrt (Brunnen 11/1 ehem. GMS 12.1 und GMS 12.2). Die vorgenannten Brunnen/GWM erfassen wie die Brunnen des WW Riedwiese den tertiären Gw/Layer und sind daher als Vorfeldmessstellen von besonderem Interesse. Vor jeder Probenahme wurden jeweils die chemisch-physikalischen Feldparameter gemessen (Probenahmeprotokolle: Anlage 6).

Die Ergebnisse der Probenahmen werden nachfolgend dargestellt (Laborbericht: Anlage 7).

### 3.2.1 Br. 11/1

Bei dem Brunnen handelt es sich um einen artesischen Brunnen DN 500 mit einer Tiefe von 63 m. Nach Öffnen des im Brunnen eingebaute Peilrohres DN 50 stieg der Wasserspiegel bis etwa 1 m über Gelände. Das Wasser trat bei dem Kontrolltermin mit einem Volumenstrom von 0,3 l/s (ca. 1,1 m<sup>3</sup>/h) aus. Vergleichswerte früherer Messungen liegen nicht vor, so dass keine Aussagen zur langfristigen Druckentwicklung im wasserwirtschaftlich genutzten Gw-Leiter möglich sind.

#### Temperatur:

Die Temperatur des austretenden Wassers ist mit ca. 17,2 °C als deutlich erhöht einzustufen. Offenbar ist der atmosphärische Einfluss auf das Brunnenwasser so groß, dass trotz fachgerechter Probenahme die Wassertemperatur noch erhöht war.

#### Elektrische Leitfähigkeit:

Die Leitfähigkeit liegt mit Werten um 338 µS/cm im normalen geogenen Bereich.

#### pH-Wert:

Der pH-Wert liegt mit 6,6 im leicht sauren Bereich, ist aber als unauffällig zu bezeichnen.

#### Sauerstoffgehalt:

Der Sauerstoffgehalt ist mit 0,2 mg/l als sehr gering einzustufen und zeigt ein anaerobes Milieu.

#### Redox-Potenzial:

Das Redoxpotenzial zeigt mit Werten von -39 mV ein indifferentes Milieu an, das zusammen mit den geringen Sauerstoffgehalten einen deutlichen Hinweis auf mikrobiologische Abbauprozesse hinweist.

#### LCKW-Gehalte:

In der GwProbe aus dem Peilrohr des Brunnens wurde eine Summenkonzentration von 4,2 µg/l ermittelt. Hauptkomponente ist mit 3,1 µg/l (= 74 %) Trichlorethen (TRI). Untergeordnet trat Tetrachlorethen (PER) mit 1,1 µg/l (= 26 %) auf. Weitere LCKW-Einzelparameter lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

#### Ionen-Konzentrationen:

Bei den Ionen fällt auf, dass Nitrat bei einer Nachweisgrenze von 2,5 mg/l nicht nachweisbar war, was als Hinweis auf eine Denitrifikation beim mikrobiologischen Abbau von organischer Substanz interpretiert werden kann. Der Nachweis von Ammonium-N stützt diese These, da Ammonium bei der Denitrifikation gebildet wird.

Die übrigen Ionen sind als unauffällig zu bezeichnen.

### 3.2.2 GwMessesstelle [REDACTED] GMS 12.1

Bei dieser Messstelle handelt es sich um eine ebenfalls artesische GWM, die den oberen Teil des tertiären GwLeiters erfasst (Filter: ca. 23 bis 28 m u. GOK). Nach Öffnen der Verschlusskappe steigt der Was-

serspiegel bis etwa 1 cm über Rohroberkante. Das Wasser tritt mit einem Volumenstrom von 0,03 l/s (ca. 0,1 m<sup>3</sup>/h) aus.

#### Temperatur:

Die Temperatur des austretenden Wassers ist mit ca. 12,9 °C als normal einzustufen.

#### Elektrische Leitfähigkeit:

Die Leitfähigkeit liegt mit Werten um 355 µS/cm im normalen geogenen Bereich.

#### pH-Wert:

Der pH-Wert liegt mit 6,5 im leicht sauren Bereich, ist aber als unauffällig zu bezeichnen.

#### Sauerstoffgehalt:

Der Sauerstoffgehalt ist mit 0,3 mg/l als sehr gering einzustufen und deutet auf ein anaerobes Milieu.

#### Redox-Potenzial:

Das Redoxpotenzial zeigt mit Werten von +5 mV ein indifferentes Milieu an, das zusammen mit den geringen Sauerstoffgehalten einen deutlichen Hinweis auf mikrobiologische Abbauprozesse hinweist.

#### LCKW-Gehalte:

In der GwProbe aus wurde eine Summenkonzentration von 0,1 µg/l ermittelt. Hauptkomponente ist mit 0,1 µg/l (= 100 %) Trichlorethen (TRI). Weitere LCKW-Einzelparameter lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

#### Ionen-Konzentrationen:

Bei den Ionen fällt auf, dass Nitrat bei einer Nachweisgrenze von 2,5 mg/l nicht nachweisbar war, was als Hinweis auf eine Denitrifikation beim mikrobiologischen Abbau von organischer Substanz interpretiert werden kann. Der Nachweis von Ammonium-N stützt diese These, da Ammonium bei der Denitrifikation gebildet wird.

Die übrigen Ionen sind als unauffällig zu bezeichnen.

### 3.2.3 GwMessesstelle [REDACTED] GMS 12.2

Bei dieser Messstelle handelt es sich um eine ebenfalls artesische GWM, die den unteren Teil des tertiären GwLeiters erfasst (Filter: ca. 45 bis 55 m u. GOK). Nach Öffnen der Verschlusskappe steigt der Wasserspiegel bis etwa 1 cm über Rohroberkante. Das Wasser tritt mit einem Volumenstrom von 0,03 l/s (ca. 0,1 m<sup>3</sup>/h) aus.

#### Temperatur:

Die Temperatur des austretenden Wassers ist mit ca. 13,0 °C als normal einzustufen.



Elektrische Leitfähigkeit:

Die Leitfähigkeit liegt mit Werten um 273 µS/cm im normalen geogenen Bereich.

pH-Wert:

Der pH-Wert liegt mit 5,9 im leicht sauren Bereich, ist aber als unauffällig zu bezeichnen.

Sauerstoffgehalt:

Der Sauerstoffgehalt ist mit 0,3 mg/l als sehr gering einzustufen und deutet auf ein anaerobes Milieu.

Redox-Potenzial:

Das Redoxpotenzial zeigt mit Werten von +30 mV ein indifferentes Milieu an, das zusammen mit den geringen Sauerstoffgehalten einen deutlichen Hinweis auf mikrobiologische Abbauprozesse hinweist.

LCKW-Gehalte:

In der GwProbe wurde eine Summenkonzentration von 13,5 µg/l ermittelt. Hauptkomponente ist mit 9,2 µg/l (= 68 %) Trichlorethen (TRI / TCE). Untergeordnet trat Tetrachlorethen (PER / PCE) mit 4,3 µg/l (= 32 %) auf. Weitere LCKW-Einzelparameter liegen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

Ionen-Konzentrationen:

Bei den Ionen fällt auf, dass Nitrat bei einer Nachweisgrenze von 2,5 mg/l nicht nachweisbar war, was als Hinweis auf eine Denitrifikation beim mikrobiologischen Abbau von organischer Substanz interpretiert werden kann. Der Nachweis von Ammonium-N stützt diese These, da Ammonium bei der Denitrifikation gebildet wird.

Die übrigen Ionen sind als unauffällig zu bezeichnen.

### 3.2.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die LCKW-Konzentration im Br. 11/1 und in der GMS 12.1 sind als niedrig einzustufen. Der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) für die Summe LHKW von 20 µg/l und für die Summe Tri- und Tetrachlorethen von 10 µg/l wird nicht überschritten.

Die LCKW-Konzentration von 13,5 µg/l in GMS 12.2 ist als leicht erhöht zu bewerten. Der GFS für die Summe LHKW wird zwar nicht überschritten, jedoch liegt die gemessene Konzentration für die Summe Tri- und Tetrachlorethen geringfügig über dem diesbezüglichen GFS. Alle GwProben weisen eine TRI-Dominanz auf.

Auffällig ist, dass die beprobten Stromfäden im oberen Bereich des tertiären GWL nur sehr geringe LCKW-Konzentrationen aufweisen, die deutlich unter denen der Brunnen Riedwiese liegen. Offenbar konzentrieren sich die höheren LCKW-Konzentrationen / -Frachten auf den unteren Bereich des tertiären GWL.

In allen drei Probenahmestellen wurden sehr geringe Sauerstoffkonzentrationen und geringe Redoxpotenziale gemessen. Die vor Ort gemessenen Redoxpotenziale sind gerätespezifische Werte, die auf den diesbezüglichen Standard (Normalwasserstoffelektrode, E<sub>N</sub>-Wert) umgerechnet werden müssen.

Weiterhin ist der negative dekadische Logarithmus des Wasserstoffpartialdrucks (rH-Wert) zu ermitteln, da mittels des rH-Wertes eine Charakterisierung von Wässern möglich ist.

In der folgenden Tabelle werden die gemessenen und berechneten Feldparameterdaten dargestellt.

Tabelle 3-2: Gemessene und berechnete Feldparameterdaten

Probenahme-datum	Messstelle Probe-Nr.	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH	O <sub>2</sub> -Gehalt [mg/l]	Redox [mV] Ag/AgCl	Redox [mV] E <sub>N</sub>	rH
11.09.2017	Br. 11/1 TD	17,2	338	6,6	0,2	39	173	15,15
11.09.2017	GMS 12.1	12,9	355	6,5	0,3	5	220	20,62
11.09.2017	GMS 12.2	13	273	5,9	0,3	30	245	20,28

Ag/AgCl mit einer Silber-/Silberchlorid-Elektrode vor Ort gemessenes Redoxpotenzial  
 E<sub>N</sub>: Redoxpotenzial umgerechnet auf die Normalwasserstoffelektrode

$$rH = 2 \times (E_N / E_0) + 2 \cdot pH$$

$$E_N = \text{Normal-Spannung} (\pm 0,16 \text{ mV})$$

rH = 0 - 9: stark reduzierend

rH = 9 - 17: schwach reduzierend

rH = 17 - 25: indifferente Systeme

rH = 25 - 34: schwach oxidierend

rH = 34 - 42: stark oxidierend

Gemäß den berechneten rH-Werten zeigen alle Proben ein indifferentes Milieu an. Insgesamt deuten die Analysedaten auf mikrobiologische Abbauprozesse hin. Die Sauerstoff-, Mangan-, Eisen- und Sulfatkonzentrationen zeigen ein Milieu an, bei dem die reduktive Dechlorierung (indirekter anaerober Abbau) von Tetrachlorethen und Trichlorethen sowie eine Denitrifikation des Nitrats stattfindet (vgl. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2).

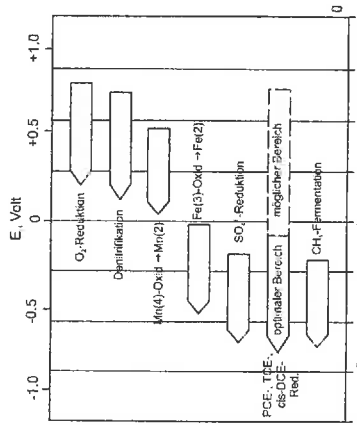


Abbildung 3-1: Abfolge der wesentlichen Reduktionsprozesse (beim Abbau organischer Substanzen) in natürlichen Systemen sowie entsprechende Einordnung der reduktiven LCKW-Dechlorierung (aus /18/, S. 29)

LCKW	Abbaumechanismus	Vorherrschender TEA Prozess			
		Sauerstoff	Mn(IV)	Fe(II)	Sulfat
PCE	redukt. Dechlorierung	-	++	++	+++
	mikrobielle Oxidation	+	-	-	-
TCE	redukt. Dechlorierung	-	+	++	++
	mikrobielle Oxidation	+	-	-	-
cis-DCE	redukt. Dechlorierung	+	+	+	++
	mikrobielle Oxidation	+++	*	*	*
VC	redukt. Dechlorierung	*	*	*	+
	mikrobielle Oxidation	+++	*	*	*

Abbildung 3-2: Relative Effektivität des biologischen Abbaus der chlorierten Ethene über die Abbaupfade reduktive Dechlorierung und mikrobielle Oxidation in Abhängigkeit des vorherrschenden terminalen Elektronenakzeptorprozesses (TEA). Verändert in Anlehnung an Bradley (2003). Legende: - : kein Effekt, + : schwach bis kein Effekt, ++ : mittelmäßig, +++ : gut, ++++ : exzellent, 1) nur aerobes cometabolischer Abbau (aus /18/, S. 33)

Dieser häufig auftretende Abbau erfolgt cometabolisch, d. h. nur unter Präsenz eines weiteren organischen Substrates, das den abbaubereiten Mikroorganismen als Energie- und Kohlenstofflieferant dient. Eine vollständige reduktive Dechlorierung erfolgt jedoch nur unter stark reduzierenden Bedingungen, die hier jedoch nicht vorliegen. In vielen Fällen bleibt daher der Abbauprozess bei cis-Dichlorethen stehen, weshalb die dann nicht ablaufende Abbaureaktion cis-Dichlorethen zu Vinylchlorid auch als „bottleneck des natural attenuation (natürliche Schadstoffminderungsprozesse“ bezeichnet wird. Im vorliegenden Fall wurde aber in keiner der untersuchten Wasserproben cis-Dichlorethen nachgewiesen, was vermutlich auf die insgesamt relativ niedrigen LCKW-Konzentrationen in Verbindung mit einer relativ hohen Nachweisgrenze für cis-Dichlorethen von 4 µg/l zurück zu führen ist. Insgesamt deuten die Analysedaten auf einen cometabolischen Abbau von Tetrachlorethen hin, bei dem sich das Abbauprodukt Trichlorethen akkumuliert. Da Trichlorethen aber auch als Produkt eingesetzt worden sein kann, ist nicht auszuschließen, dass ein Teil des Trichlorethens direkt in den Untergrund eingetragen wurde. Für eine dahingehende Differenzierung und Zuordnung zu bekannten Eintragsbereichen wären Analysen der Isotopen-Spektren von C und Cl erforderlich.

Vorbehaltlich weiterer Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass das Tetrachlorethen von einer der Verdachtsflächen in Oberursel stammt, von wo es teilweise oberflächennah abfließt und teilweise in das Hauptlockwerk gelangt (zum Teil über die GWM Adenauerallee). Nach derzeitigem Kenntnisstand kommen als Eintragsbereiche 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), 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 Portugal“.

Beim Vergleich mit den Analysedaten der Brunnen „Riedwiese“ fallen Diskrepanzen auf. Die in allen Messtellen ermittelte TRI-Dominanz kann nur mit dem Brunnen 1 korreliert werden. Die Brunnen 2, 4 und 7 hingegen weisen eine PER-Dominanz auf. Weiterhin liegt das Konzentrationsniveau der Brunnen 1, 2, 4 und 7 in den letzten 7 Jahren zwischen ca. 40 und 120 µg/l, also deutlich höher als in den unter-

suchten Messtellen. Die Ursache hierfür dürfte darin begründet sein, dass die Messtellen und Brunnen unterschiedliche Zustrom- und Tiefenbereiche erfassen.

### 3.3 Instandsetzung von Messtellen mit Kostenschätzung

Im Rahmen der Überprüfung von Messtellen und Brunnen wurden auch Defekte bzw. Defizite festgestellt. In der folgenden Tabelle werden die Defekte und Defizite, die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen und die diesbezügliche Kostenschätzung dargestellt.

Tabelle 3-3: Messtellen, Defekte und Defizite, geschätzte Instandsetzungskosten

Messt./Br.- Bezeichnung	Defekt/Defizit	Erforderliche Maßnahmen	Geschätzte Kosten € brutto
Borkenberg GWM 9	Pegelkappe fehlt	Colshornkappe installieren	100,00
Betriebsbrunnen im Taunusgarten/Im Diezen	Unterflurdeckel nicht zu öffnen, da zugeroset	Entfernung von Schmutz und Rost, Deckel gangbar machen	200,00
GWM 4/2007 Im Portugal	Dichtungen von Unterflur- und Colshornkappe defekt	Dichtung Unterflurkappe Colshornkappe ersetzen	200,00
GWM 7/2016 flach/lief Feldbergstr.	Umbau Strassenkappe (Geländeerhöhung)	GOK und POK neu einmessen	250,00
Gablonner Str. GMS 1	Deckel ließ sich nicht öffnen	Entfernung von Schmutz, Deckel gangbar machen	200,00
Hammergarten-GWM1	rechteckiges Betonschutzelement zerstört	Umbau zur Unterflurmessstelle	1.550,00
Hammergarten-GWM4	die GWM hat einen neuen Überbau (Schacht) bekommen, der umgebaut werden sollte, da Abstand Öffnung – ROK zu groß und unhandlich	GOK und POK neu einmessen	250,00
3-GWM Käsbachtal	GOK und ROK nicht bekannt	GOK und ROK einmessen	250,00
29-Br9-Schlackeumschlagplatz	Seba-Kappe fehlt, Filterstrecke verschlamm, fachgerechte Probe-nahme nicht mehr möglich	Ersatz-GWM errichten	Siehe Kostenschätzung Kap. 6
29-Br10-Schlackeumschlagplatz	GWM nur mit losem Stahlrohr provisorisch gesichert, Pegel- und Straßenkappe fehlt, Filterstrecke verschlamm, fachgerechte Probe-nahme nicht mehr möglich	Ersatz-GWM errichten	Siehe Kostenschätzung Kap. 6
<b>Summe</b>			<b>3.000,00</b>

### 3.4 Plausibilitätsabgleich mit dem numerischen GwModell

Beim Abgleich der aktuell erhobenen Daten (Zuordnung der GwMesstellen zum quartären oder tertiären Aquifer, GwStände etc.) wurde keine Abweichungen festgestellt, die eine Aktualisierung des bestehenden GwModells erforderlich machen. Allerdings sollten 34 bisher noch nicht im GwModell implementierte Aufschlüsse sowie drei im Bereich Eckardtstraße für November/Dezember 2017 geplante GWM bei zukünftigen Fortschreibungen des GwModells berücksichtigt werden.

### 3.5 Anwendung des GwModells

#### 3.5.1 Szenarien zu den GwVerunreinigungen durch LCKW

Das kalibrierte GwModell wurde vor dem Hintergrund der GwVerunreinigungen durch LCKW zunächst dafür genutzt, um Bahnlinienberechnungen in den Stadtgebieten von Bad Homburg und Oberursel durchzuführen.

Bezogen auf die relevanten Teilbereiche sind in Anlage 10 zwei Bahnliniendarstellungen für den Bereich der Kernstadt Oberursel beigefügt, also den unmittelbaren Zustrombereich des WW Riedwiese.

In beiden Fällen sind die relevanten ALVF und die Aufschlusspunkte (GWM / Brunnen) dargestellt sowie Bahnlinien der GwStrömung. Es handelt sich hierbei um Stromfäden / Fließwege des Grundwassers, die sich unter den im vorliegenden Bericht dokumentierten geohydraulischen Randbedingungen ergeben (räumlich differenzierte GwNeubildung, geologische Gliederung des Untergrunds mit Differenzierung von Durchlässigkeitsbeiwert und Speicherkoefizient, 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 3) 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 KluffGwLeiter 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 ebenfalls 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 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.

Die beiden Anlagen unterscheiden sich im Hinblick auf die modelltechnisch vorgegebene Fließrichtung.

In Anlage 10.1 wurden die Bahnlinien ausgehend von den Brunnen des WW Riedwiese rückwärts / stromauf gerechnet, um die verschiedenen Zustrombereiche abzubilden. 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 nicht auf die östlichen Brunnen 2, 3a und 7 auswirken kann.

Anlage 10.1 zeigt Bahnlinien, die von Alltaent(verdachts)flächen 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 etwa zwischen Borkenberg und Oberhöchstädter Straße 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 10.1 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 Modelzellen, 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.

### 3.5.2 Quantitative Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Das Erdklima war im Laufe der Jahrmillionen schon immer natürlichen Schwankungen unterworfen, deren Geschwindigkeit allerdings meist geringer war als die der aktuellen, anthropogen verursachten Veränderungen.

Seit 1860 werden Wetterdaten regelmäßig erfasst. Deren Auswertung zeigt, dass sich in den letzten 155 Jahren die globale Durchschnittstemperatur um etwa 1°C erhöht hat und in Deutschland sogar um 1,3°C seit 1881. In den letzten Jahren sind extreme Wetterereignisse aufgetreten: das Jahrhunderthochwasser

2013, der extreme Trockenommer 2015 und zuletzt die Sturzfluten im Frühsommer 2016. Regionale Klimaprojektionen (Simulationen mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen) für Süddeutschland /35/ des Arbeitskreises KLWA<sup>1</sup> zeigen, dass die Temperatur bis zum Jahr 2050 im Durchschnitt um 0,6 bis 1,8°C zunehmen kann. Dabei fallen die Zunahmen für Sommer- und Winterhalbjahr leicht unterschiedlich aus.

Der bisherige Trend mit feuchteren Wintern und trockeneren Sommern wird sich fortsetzen: Während es im Sommer gegenüber heute regional bis zu 10% weniger regnen kann, wird es im Winter spürbar mehr Niederschläge geben – in manchen Regionen sind Zunahmen bis zu 30% möglich. Die größten Niederschlagsmengen werden auch in der Zukunft an den Staujagen Süddeutschlands anfallen. Zudem werden im Winter die Tage mit starken Niederschlägen<sup>2</sup> (über 25 mm) deutlich zunehmen, in manchen Regionen wird sich die Zahl sogar verdoppeln. Dagegen wird es im Sommer tendenziell mehr Tage geben ohne Niederschlag: Trockenperioden werden somit länger andauern.

Gemäß KLWA-Berichte Heft 21 /35/ wird auf Basis der Klimaprojektion WETTREG2010 bei steigenden Temperaturen, ganzjährig sinkenden Niederschlägen bei gleichzeitiger Konzentration im Winter und zunehmenden Starkniederschlagsereignissen sowohl im Winter als auch im Sommer in Hessen für die nahe Zukunft eine spürbare Verringerung der Grundwasserneubildungsrate von -25% projiziert.

Eine auf Nachhaltigkeit gegründete Wasserwirtschaftspolitik bedarf abgesicherter Kenntnisse über die Entwicklungen des Wasserhaushaltes und der Wasserqualität. Die bestehenden Messnetze und Monitoringprogramme zur Beobachtung der meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen, Güteparameter etc. sind konsequent fortzuführen und weiterzuentwickeln. Zur Fortschreibung oder Neuaufstellung von wasserwirtschaftlichen Planungsgrundlagen sind u. a. GwStrömungsmoodelle ein geeignetes Mittel. Im vorliegenden Fall sollten mit Hilfe des bestehenden GwModells Modellrechnungen (Szenarien) durchgeführt werden, die die prognostizierten, deutlich geringeren GwNeubildungsraten berücksichtigen.

<sup>1</sup> Die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie der Deutsche Wetterdienst haben gemeinsam im Jahr 1999 das Kooperationsvorhaben „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLWA) ins Leben gerufen. Ziel dieser länger- und fachübergreifenden Zusammenarbeit ist es, mögliche Auswirkungen der Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt und die Ökologie der Flussgebiete im Süden Deutschlands herauszuarbeiten, Konsequenzen aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. ([www.klw.de](http://www.klw.de))

<sup>2</sup> Bei Starkniederschlagsereignissen fällt in kurzer Zeit viel Niederschlag, der nicht im Boden versickern kann und daher zum überwiegenden Teil oberflächlich abfließt.

#### 4. Empfohlene Maßnahmen

##### 4.1 Durchführung von Sonderuntersuchungen

Im Hinblick auf eine zweifelsfreie Zuordnung der einzelnen LCKW-Fahnen zu bestimmten Eintragsbereichen / Verdachtsflächen werden aus gutachterlicher Sicht im Rahmen der nächsten Probenahme an allen maßgeblichen Brunnen und GWM im Stadtgebiet Untersuchungen der C- und Cl-Isotope der LCKW zur Identifizierung der Stör empfohlen. Wie in /31/ beschrieben, ermöglichen diese "forensischen Methoden" in vielen Fällen nicht nur eine Quantifizierung der Abbauraten, sondern auch eine beweiskräftige Zuordnung von CKW-Belastungen zu bestimmten Quellen mittels "isotopischem Fingerabdruck". Da diese Untersuchungen entscheidend für die Festlegung nachfolgender Maßnahmen sind, wird diesen Untersuchungen die höchste Priorität zugeordnet.

Nähere Informationen zu den Einsatzmöglichkeiten der Messtechnik finden sich u. a. auf den Seiten der in Frage kommenden Unternehmen<sup>1</sup>. Grundsätzlich ermöglichen die Isotopenspektren die Differenzierung unterschiedlicher LCKW-Varietäten und deren Verfolgung über große Entfernungen, auch wenn eine Dehalogenierung z. B. der Ethene von Tetra- über Tri- zu Dichloethen stattgefunden hat. Soweit sich die an den verschiedenen Altstandorten eingetragenen LCKW hinreichend unterscheiden (was zu prüfen bleibt), kann deren Weg entlang der Fließstrecke bis zum VWV Riedwiese und ggf. darüber hinaus verfolgt werden.

In folgenden bestehenden Messstellen sollten Isotopenuntersuchungen durchgeführt werden:

- |  |       |
|--|-------|
| (1) Br. 1, 2, 3a, 4 und 7 VWV Riedwiese  | 5 Sk. |
| (2) GWM 2 tief Adenauerallee (tiefenzoniert, um die unterschiedlichen Stoffströme zu erfassen) | 2 Sk. |
| (3) GWM 9/2017 tief und GWM 10/2017 tief   | 2 Sk. |
| (4) GWM 9/2017 flach und GWM 10/2017 flach   | 2 Sk. |
| (5) GWM 2/2007 und GWM 13/2017 Eckardtstr.   | 2 Sk. |
| (6) GWM 3 flach und tief Henchenstraße   | 2 Sk. |
| (7) GWM 6 Strackgasse  | 1 Sk. |
| (8) GWM 5/2007 Eppsteinerstr.  | 1 Sk. |
| (9) GWM 1/2007 Poststr. Ost  | 1 Sk. |
| (10) GWM 4/2007 im Portugal  | 1 Sk. |
| (11) GW 4 Industriebetrieb Hohemarkstraße  | 1 Sk. |

Summe: 20 Sk.

In folgenden geplanten Messstellen sollten Isotopenuntersuchungen durchgeführt werden:

- |   |       |
|---|-------|
| (12) Geplante GWM Bereich Tabaksmühlenweg | 1 Sk. |
| (13) Geplante GWM Frankfurter Landstr.    | 1 Sk. |
| (14) Geplante GWM Vorstadt                | 1 Sk. |
| (15) Geplante GWM Rathausplatz            | 1 Sk. |

<sup>1</sup> <http://www.hydroisotope.de>, <http://www.isotope.de>

**(16) Geplante GWM im Abstrom der Eppsteinerstr.****4 Stk.**

Summe: 8 Stk.

Bei der GWM 2 tief Adenauerallee ist die Aussagekraft aufgrund der durchgehenden Verkiesung des Ringraumes, wodurch es zu Tiefenverlagerung von LCKW vom oberen, quartären Aquifer in den tieferen, tertiären Aquifer kommt, eingeschränkt. Diese vertikalen Ausgleichsströmungen führen zu einer Homogenisierung der Wassersäule und zu einer Verfälschung des Belastungsbildes. Zur Verifizierung und Quantifizierung dieser Vertikalströmung empfehlen wir die Messstellenbefahrung mittels Thermoflowmeter<sup>1</sup>. GwBeprobungen sollten zukünftig tiefenorientiert (obere und untere Filterstrecke) im low-flow-pumping-Verfahren durchgeführt werden.

**4.2 Errichtung weiterer GwMessstellen**

Empfohlene Ansatzpunkte für die Verdichtung des bestehenden Messnetzes sind im Übersichtslegeplan (Anlage 1.1) und im Detailplan (Anlage 1.2) dargestellt. Bezogen auf die maßgeblichen Standorte wird bei der Konzeption von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- **Eppsteiner Straße**  
Soweit bekannt, existieren im Umfeld des Standorts keine Bohrungen, anhand derer das Relief der Oberfläche des verwitterten Festgesteins als maßgebliche hydraulische 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, werden weitere vier Bohrungen bis zur Basis der Lockergesteinsauflage vorgeschlagen, die als pumpfähige GWM ausgebaut werden sollten (siehe Anlage 1.1). An den GWM, die sich im GwAbstrom des Altstandorts sowie in Einfallrichtung der hydraulischen Barriere befinden, sollten weitere IPV durchgeführt werden (Priorität 3). Mit dieser Fahnen-Erkundung soll geklärt werden, ob sich im Umfeld des in absehbarer Zeit dekontaminierten Standorts noch ein relevantes DNAPL-Reservoir befindet, das sich dem GwStrom auf lange Zeit mitteln würde. Der vorgenannten Errichtung von vier weiteren GWM wird die Priorität 2 zugeordnet.

- **Im Portugal**  
Weiche(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 zweifelsfrei entschieden werden. Sehr wahrscheinlich ist das hier nachgewiesene LCKW-Reservoir aber auf den ehemals oberhalb gelegenen Gewerbebetrieb zurückzuführen. Ein Eintrag weiter oberstrom ist aufgrund des Konzentrationsniveaus unwahrscheinlich, kann aber zweifelsfrei nur durch zumindest eine Anstrommessstelle in der Philipp-Reis-Straße (siehe Anlage 1.1) ausgeschlossen werden. Vorbehaltlich einer dahingehenden Überprüfung werden die Möglichkeiten für Untersuchungen auf der heute fast flächig überbauten Liegenschaft zur Lokalisierung der Quelle(n) als sehr ge-

<sup>1</sup> Das Thermo-Flowmeter ist ein Messgerät zur hoch- auflösenden Messung vertikaler Grundwasserströmungen. Damit können selbst kleinste Fließbewegungen in Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen quantitativ zuverlässig gemessen werden. Das Mess-equipment besteht aus einer Messsonde mit integriertem Messsensor, einer Winde mit Datenkabel, einem Präzisions-Messrad und einer Steuerungseinheit.

ring beurteilt, weil dazu DP-Sondierungen in der Tiefgarage notwendig wären.

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.

Der vorgenannten Errichtung einer Anstrommessstelle in der Philipp-Reis-Straße wird die Priorität 4 zugeordnet.

**➤ Kontrollebene Albersstraße – Rathaus**

Südöstlich einer Linie Albersstraße – Rathaus sind derzeit keine signifikanten Alliasenverdachtsflächen bekannt, d. h. sei dieser Linie werden z. Z. keine signifikanten Eintragsstellen vermutet. Insofern ist es sinnvoll, auf dieser Linie eine Kontrollebene einzurichten. Die Fließzeit von dieser Kontrollebene bis zum WW Riedwiese beträgt gem. GwModell etwa 3,5 Jahre und erlaubt somit eine Abschätzung der mittelfristig in Richtung WW Riedwiese zuströmenden LCKW-Konzentrationen und -Frachten. Die Kontrollebene kann unter Einbeziehung der bereits existierenden GWM 8/2017, GWM 9/2017, GWM 10/2017, GWM 11/2017 und GWM 3/2007 (alle GWM mit je einer Filterstrecke im Quartär und Tertiär) sowie je einer neuen Messstelle in der Fußgängerzone (Vorstadt) und auf dem Rathausplatz aufgebaut werden (siehe Anlage 1.1).

**➤ Kontrollebene Tabaksmühlennweg:**

Eine weitere Kontrollebene sollte im Bereich des Tabaksmühlennweg errichtet werden, wo ebenfalls bereits Beobachtungspunkte existieren. Die Fließzeit von dieser Kontrollebene bis zum WW Riedwiese beträgt gem. GwModell etwa 300 Tage und erlaubt somit eine Abschätzung der kurzfristig in Richtung WW Riedwiese zuströmenden LCKW-Konzentrationen und -Frachten. Die Kontrollebene kann mit dem Brunnen TTD 11/1 und den Messstellen GMS 12.1 und 12.2 sowie je einer neuen Messstelle im Bereich Tabaksmühlennweg (Stichstraße Oberurseler Str. [redacted] und [redacted] in der Frankfurter Landstraße aufgebaut werden (siehe Anlage 1.1).

Alle neuen GWM sollten analog zur Vorgehensweise in der Feldbergstraße [redacted] /32/ eine Wassersäule von zumindest 10 m erschließen, um eine für IPV ausreichende Ergiebigkeit sicherzustellen. Die Endtiefe sowie die Lage von Abdicht- und Filterstrecken müssen in jedem Einzelfall an das jeweilige Bohrprofil angepasst werden; für die Kostenermittlung 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 [redacted] 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.

Für die zwei neuen GWM im Bereich der Kontrollebene Tabaksmühlennweg, die den tieferen, tertiären Aquifer erschließen sollen, wurde von einer Bohrtiefe von jeweils 100 m und mittleren Kosten von 500 €/m ausgegangen. Der Ausbau der Bohrungen ist anhand von Zustrommessungen festzulegen, um hyd-

raulische Kurzschlüsse zu vermeiden, die in der 1994 installierten GWM Adenauerallee zu einer relevanten Beeinflussung der Hydrochemie gewonnener GwProben führt /10/.

Die Möglichkeit eines tiefengestaffelten GWM-Bündels, ggf. auch der Ausbau mit CMT-Rohren ist vor diesem Hintergrund zu prüfen, was allerdings die Möglichkeit von Pumpversuchen ausschließt.

Aufgrund der eingeschränkten Aussagekraft regulärer Pumpproben wird an jeder regulär ausgebauten GWM ein IPV vorgesehen, für die mittlere Kosten anhand des aktuellen Projekts ermittelt worden sind (vgl. Kap. 6).

#### 4.3 GwMonitoring

##### 4.3.1 LCKW-Konzentrationen des Rohwassers des WW Riedwiese

In der Anlage 8.1 sind zunächst die Ganglinien der LCKW-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 LCKW-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 2012/13<sup>1</sup> wieder angestiegen, so dass dort seit 2014 die höchsten Werte gemessen werden.

Die Entwicklung in dem erst 2014 in Betrieb genommenen Brunnen 3a zeigt, dass im Zustrombereich des WW noch unbelastete Stromröhren vorhanden sind, die jedoch räumlich eng begrenzt sein müssen. Dem mit Beginn der Förderung und Ausdehnung des Zustrombereichs werden kurzfristig LCKW-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 LCKW-Frachten am WW vorbei in Richtung Vorflut abfließen. Die Entwicklung der letzten Jahre lässt vermuten, dass der Zenit der LCKW-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 LCKW-Eintragsbereichen<sup>2</sup> auch zeitweilige Trendwenden möglich sind.

1 Eine Ursache für den Rückgang ist nicht ersichtlich. Selbst die oberstromige Wasserkörperhaltung im Rahmen des BV ~~...~~ als gleichbleibender Effekt, obwohl dabei in 2004/05 relevante Massen von geschätzt ca. 65 kg CKW entnommen worden sind. Die plausible Erklärung für den folgenden Anstieg ist der nach Osten erweiterte Zustrombereich des Brunnens durch die Inbetriebnahme von B 3. Die bereits früher prognostizierte Ausdehnung der LCKW-Belastung über den früheren Zustrombereich des WW hinaus gelangt mit der Verlagerung der Trennstromlinie jetzt stärker in den Zustrom des westlichen Brunnens.

2 Erfahrungen an anderen Standorten zeigen, dass durch den Eintrag mechanischer Energie aus LCKW-Reservoiren in der ungesättigten und gesättigten Zone eine Mobilisierung möglich ist, also etwa durch Bohrungen und andere Erdatbeiten.

In Anlage 8.2 sind die Konzentrations-Ganglinien für die westlichen Brunnen 1 und 4 (vgl. Lageplan Anlage 1.1) zusammengestellt, wobei deren sehr unterschiedliche Ausbautiefe zu berücksichtigen ist (vgl. Profilschnitt Anlage 3). Im Gegensatz zu Anlage 8.1 sind in dieser und der folgenden Abbildung außer den Summenkonzentrationen auch die maßgeblichen Einzelstoffe Tetra- und Trichlorethen sowie das daraus gebildete Abbauprodukt cis-Dichlorethen differenziert<sup>1</sup>, das aufgrund der für die reduktive Denahlogenerierung überwiegend ungeeigneten Milieubedingungen im maßgeblichen GwLeiter aber nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Diese getrennte Betrachtung ist sinnvoll, da Tetrachlorethen mikrobiell zu Trichlorethen abgebaut wird, aber Trichlorethen 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 PER 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 PER 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 LCKW-Quellen / Schadensherde, wobei ein Zusammenhang mit den Beobachtungen in der GWM Adenauerallee nahe liegt.

Vorbehaltlich zukünftiger Untersuchungen wird als Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass das PER 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 gelangt (zum Teil über die GWM Adenauerallee). Der auch in dieser GWM bereits 2007, also ca. 3 Jahre früher, beobachtete (s. o. / Anlage 8.5) und bislang nicht befriedigend zu erklärende Rückgang der TRI-Gehalte in der maßstäblich 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 Füllstrecke 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

1 Wertes LCKW (z.B. 1,1,1-Trichlorethen) werden in den vorliegenden Analysen nicht ausgeschlossen, dürfen aber erfahrungsgemäß auch allenfalls in Spuren <1 µg/l nachweisbar sein. Eine dahingehende Verifizierung wird allerdings empfohlen.

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 Isotopen-Spektren geführt hat, eine solche Differenzierung erfordert allerdings den Einsatz entsprechender Messtechnik /31/.

Vorbahaltlich entsprechender Untersuchungen wird daher davon ausgegangen, dass das aus B 4 geförderte PER 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" (PER) 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 Entnahmehöhe 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 /10/, dass unter dem Sohlniveau des Brunnens eine hoch durchlässige Schicht existiert, über die große Volumenströme abfließen. Die LCKW-Gesamtfracht muss damit noch deutlich über dem summierten Ausstrag an den Brunnen liegen.

In der Anlage 8.3 sind die entsprechenden Ganglinien für die östlichen Brunnen 2 und 7 zusammengestellt.

Hier ist zunächst bezüglich TRI festzustellen, dass die Trendwende (abnehmende LCKW-Konzentrationen) 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 LCKW-Fahne aus einem anderen Schadensherd hinweist, wobei in diesem Fall offenbar eine Korrelation mit PER besteht; das (die) östliche(n) LCKW-Reservoir(e) emittiert mehr PER-als Trichlorethen.

Nach heutigem Kenntnisstand kommt als Eintragsbereich hierfür vorzugsweise die bislang stärkste PER-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 PER 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 Konzentrationsniveau schließen lässt, das sich aufgrund der Fließzeiten allerdings erst mit mehrjähriger Verzögerung einstellen wird.

### 4.3.2 LCKW-Konzentrationen im Zustrom des WW Riedwiese

Von Juli bis Dezember 2015 wurden an insgesamt 11 GwMesstellen 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 /24/ relevanten mittleren und großen Frachten (>4 g/d und >10 g/d, vgl. Tabelle 4-2) sind farblich hervor gehoben. Die Ergebnisse geben ein schlüssiges Bild, das sich in die bis 2007 erarbeiteten Gegebenheiten bezüglich der untersuchten Altstandorte einfügt.

Tabelle 4-1: Vergleich der Konzentrationsniveaus und Frachten 2007 und 2015 (Fracht bei mittlerer Förderleistung, Werte ltW. gerundet)

GWM	2007		2015		Stoffspektrum
	Σ CKW [µg/l]	Fracht [g/d]	Σ CKW [µg/l]	Fracht [g/d]	
GW 4	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	PER
GWM 1/2007 Portstr.-Ost	18 – 44	0,3	3 – 5	0,04 – 0,06	TRI = PER
GWM Portstr. West	56	-	17	0,15	TRI < PER
GWM 5/2007 Eppsteiner Str.	4.480 – 16.440	>50	k. IPV (Sanierrung)	11,00 – 60	TRI > PER >Cis >VC
GWM 6/2007 Strackgasse	165 – 650	3,6	210 – 375	0,5 – 1,0	TRI > PER
GWM 7/2007 Eckardstraße	215 – 470	9,0	147 – 186	7,5 – 9,5	TRI=PER>Cis
GWM Holzweg	190 – 350	13,0	56 – 71	2,2 – 2,8	TRI=PER>Cis
GWM 3/2007 Henchenstr.	40 – 100	>0,7	11 – 22	0,018 – 0,036	TRI < PER
GWM 3/2/2007 Henchenstr.	6 – 8	<0,1	3,2 – 3,5	0,004 – 0,005	TRI
GWM 2 <sub>er</sub> Adenauerallee	kein IPV 2007 250 – 360 (2002)	50	65 – 85	5,1 – 7,4	TRI > PER >Cis
KB 1 <sub>fach</sub> Adenauerallee	kein IPV 2007 30 – 1.030 (2002)	1 – 36	17 – 150	0,13 – 1,12	TRI < PER >Cis
<b>Summen</b>		Ca. 200		Ca. 100	
<b>Summe WW Riedwiese</b>		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 4-2: Maßzahlen zur Beurteilung von GwVerunreinigungen durch LHKW (Summe) nach /24/

Kategorie	Masse (kg)	Fracht (g/d - kg/a)
Groß	> 2	> 10
Mittel	< 2 - 0,6	< 10 - 4
Klein	< 0,6 - 0,06	< 4 - 0,4
Sehr klein	< 0,06	< 0,4

Tabelle 4-3: Bewertungsmatrix zur Einstufung von GwVerunreinigungen nach /24/

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

Anhand der Datenlage ist festzustellen:

Das Grundwasser in der Mehrzahl der GWM im Bereich der Kernstadt ist weiterhin durch LCKW-Gehalte oberhalb der GFS-Werte nach /23/ 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 Kontrollerebenen eine vollständige Erfassung der LCKW-Frachten ermöglicht.

➤ Der für das WW Riedwiese ermittelte LCKW-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 deutlich geringer als die gesamte aus dem Stadtgebiet abströmende LCKW-Fracht (>100 - >200 g/d als Ergebnis der unvollständigen Erfassung mittels IPV), wie schon ein Vergleich mit den Ergebnissen der IPV in Tabelle 4-1 zeigt. Auch die Reaktionen auf Änderungen des Brunnenbetriebs im WW lassen darauf schließen, dass LCKW-Fahnen w', e' und unter dem WW in Richtung Vorflut abfließen.

➤ Eindeutig nachweisbar ist anhand der Massenbilanzen für das WW Riedwiese ein deutlicher Rückgang des LCKW-Austrags über die Brunnen 1 - 3a, 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 Gesamtfördermengen in vergleichbarer Weise abgenommen hätten. Demzufolge ist die LCKW-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 abzeichnete. 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 LCKW-Frachten also nicht möglich ist. Außerdem besteht Grund zu der Annahme, dass im Bereich von Altstandorten bislang nicht lokalisierte LCKW-Reservoirs existieren (z. B. obere Feldbergstraße).

➤ Durch eine Dominanz von TRI gekennzeichnet sind die bekannten Verdachtsflächen am Borkenberg, Epsteiner Straße 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 PER 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.

➤ Bezogen auf die mittels IPV gemessenen Teile der LCKW-Fracht lässt sich nach heutigem Kenntnisstand die folgende Prioritätenliste der bekannten Schadensherde festlegen.

a) Der Altlast Epsteiner Straße kommt den vorliegenden Daten zufolge eine herausragende Bedeutung zu. Hier wird seit etwa 4 Jahren eine intensive Herdsanierung (Bodenluft und Grundwasser) von der Stadt Oberursel betrieben.

Die auf dem IPV an der abströmigen GWM 5/2007 basierende Frachtbetrachtung der herdnahen Schadstofffrachte ergab hier noch sehr hohe Massenströme. Welche Größenordnung die Gesamt-

↑ Entsprechend dem Steuerungsregime der Stadtwerke bzw. aufgrund von Blumenallergien weisen die einzelnen Brunnen Fäkalraten mit unterschiedlichen Trends auf.



fracht erreicht, kann auf der vorliegenden Datenbasis nicht ermittelt werden, weil derzeit noch keine Abgrenzung der DNAPL-Reservoire und der davon ausgehenden LCKW-Fahnen erfolgt ist. Grundsätzlich besteht Grund zu der Annahme, dass sich LCKW in Phase an der Basis der Lockergesteinsauflage, dem Relief der Oberfläche des verwitterten Grünschiefers folgend (nach NE?), 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 Schadstofffahne liegt. Die an dieser GWM, wie bereits 2007 gemessene Summenkonzentration in der Größenordnung von 375 µg/l, kann jedoch zusätzlich durch die ehem. CR Strackgasse beeinflusst werden, wo im Rahmen der OU auf dem Grundstück eine relevante LCKW-Belastung von Bodenluft und Grundwasser (840 µg/l) festgestellt wurde (28).

b) Letztlich sind bislang keine gesicherten Aussagen zu Größenordnung und Verbleib der von der Alltast Eppsteiner Straße ausgehenden LCKW-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 zwischen Br. 1 und Br. 4 verläuft.

c) An zweiter Stelle der Prioritätenliste stehen den ermittelten LCKW-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 maximale LCKW-Gehalte von ca. 1.300 – 5.000 µg/l gemessen, wobei es sich um eine PER-Fahne handelt. Diese Konzentrationen lassen gemäß dem Kriterium der 1%-Sättigung 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 Pumpversuche in 2007 und 2015 zufolge bereits außerhalb (östlich) davon liegt, so dass der Schadstofftransport in erster Linie im Bereich der Hohe- markstraße zu vermuten ist.

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 "Portugall-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 Kühl-

anlagen 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 Erscheilung.

d) An dritter Stelle der Prioritätenliste stehen nach heutigem Kenntnisstand die **Altstandorte im Bereich der oberen Feldbergstraße**, deren LCKW-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 wechsellnde Stoffspektrum wird als Hinweis darauf interpretiert, dass im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes sowohl PER, 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 eingetragenen worden, die Bereiche mit geeigneten Milieubedingungen für den biologischen Abbau / die Dehalogenierung der LCKW 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. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Messstellen im Allgemeinen nicht im Bereich der Strömungen mit der maximalen Belastung liegen. Dies trifft insbesondere für die GWM in der Henchenstraße zu. Als zusätzliche Eintragsstelle innerhalb der vorhandenen PER-Fahne kommt die ehem. CR Feldbergstraße in Frage, da im Rahmen der OU auf dem vorbezeichneten Grundstück eine relevante LCKW-Belastung des Bodens und der Bodenluft festgestellt wurde (27).

e) 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.

f) 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 ((22) - /24). Die an der unterstromigen GW 4 nachgewiesene (Teil-) Fracht ist zwar geringer als die der o. g. Altstandorte, im Gegensatz zu diesen ist aber ein oberflächennahes LCKW-Reservoir nachgewiesen und eine tendenziell problematische Raumnutzung vorhanden. Vor diesem Hintergrund wird zumindest die Prüfung des Gefährdungspfades 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.

g) Die Existenz weiterer LCKW-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.

#### 4.3.3 GwMonitoringprogramm

Um die im Zustrom des WW Riedwiese vorhandenen GwVerunreinigungen zu kontrollieren und um die hydrologischen Kenngrößen, Güteparameter etc. zu beobachten sowie um das GwModell zu verifizieren, werden folgende Schritte empfohlen:

- **Räumliche Ausdehnung des Messnetzes** zur flächigeren Abdeckung des Stadtgebiets, d. h. Einbeziehung der im Auftrag Dritter errichteten Brunnen oder Messstellen.
- **Verdichtung des Messnetzes** (siehe Kap. 4.1)
- **Kontrolle des Messnetzes** mit Messung des GwSpiegels (zunächst quartalsweise Stichtagsmessung, punktuell unterstützt durch kontinuierliche Überwachung mit Drucksonden (Priorität 3), Probenahme (Pumpproben mit vollständiger Dokumentation) und Analytik (LCKW, NA-Parameter, ergänzende Übersichtsanalysen) für einen Zeitraum von zunächst 2 Jahren (vgl. Anlage 9).
- **Dokumentation und Bewertung** der Daten in Jahresberichten, jeweils mit Empfehlungen zur Anpassung des Überwachungsprogramms.
- **EDV-gerechte Aufbereitung und Verwaltung** der Daten.

Eine wichtige Zielsetzung ist es, einen umfassenderen Kenntnisstand zu den auf dem Weg zum WW befindlichen schädlichen GwVerunreinigungen zu gewinnen, daraus belastbarere Prognosen der weiteren Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit abzuleiten, um dadurch bei Bedarf rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Im Hinblick auf die erforderliche Beseitigung der LCKW-Reservoire auf den verschiedenen Altstandorten wird durch entsprechende Messreihen gleichzeitig der Handlungsbedarf gegenüber den zuständigen Wasserbehörden und den Sanierungspflichtigen dokumentiert.

Das GwMonitoringprogramm ist als Anlage 9 beigefügt. Nachfolgend wird das GwMonitoringprogramm erläutert:

- Zur Verifizierung des GwModells sollten weitere 34, bisher noch nicht im bestehenden GwModell implementierte Messstellen in das GwModell integriert werden (siehe Anlage 9).
- In der Messstelle GW 4 Industriebetrieb Hohemarkstraße sollte ein Immissions-Pumpversuch zur verbesserten Gefährdungsabschätzung der GwVerunreinigung Borkenberg durchgeführt werden.
- Bei den maßgeblichen Brunnen und GWM (23 Stk.) sollten zunächst quartalsweise Probenahmen stattfinden. Die Wasserproben sollten auf LCKW inklusive Vinylchlorid untersucht werden. Zusätzlich sollte jeweils eine Wasserprobe pro Jahr auf NA¹-Parameter analysiert werden, um Abbauprozesse beurteilen zu können.
- GWM 2 tief Adenauerleise: Die GWM erlaubt in der bisherigen Form keine eindeutige Beurteilung der lokalen Situation im Hauptstockwerk. Der Umbau zur tiefengestaffelten Mehrfach-GWM wird jedoch angesichts des damit verbundenen Aufwands nicht für verhältnismäßig gehalten. Es werden daher quartalsweise tiefenzierte Probenahmen (2 Probenahmetiefen) empfohlen.
- KB 2, KB 3 und KB 4 (alle Nassauer Straße): Immissions-Pumpversuche zur abschließenden Beurteilung der Situation im oberen GwLeiter.

1. Natural Attenuation-Parameter: Nitrat, Nitrit, Sulfat, Eisen(II), Mangan(II), Ammonium-N, Hydrogencarbonat.

- GWM Bauvorhaben Gablonzerstraße:  
GMS 1 und GMS 2 (beide im Quartär verfiltert): Jährliche Probenahme  
GMS 12.1 und GMS 12.2 (beide im Tertiär verfiltert): Quartalsweise Probenahme

- GWM [REDACTED]:  
Messstellen im Quartär verfiltert: Datenaustausch mit Ing.-Büro Arcadis  
Messstellen im Tertiär verfiltert: Jährliche Probenahme  
Br3-Schlackenumschlagplatz, GWM Köhlerweg und GWM Käsbachtal:  
Einmalige Probenahme und Analyse auf umfassenden Parametersatz gem. Hessisches Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 2, Tabelle 3 zur Ermittlung der derzeitigen GwQualität. Über die weitere Vorgehensweise ist auf Basis der Gwdynamik zu entscheiden.  
➤ Um die längerfristige Gwdynamik zu erfassen, ist vorgesehen, jeweils 10 GWM für zumindest ein Jahr mit automatisch aufzeichnenden Drucksonden auszustatten. In Abhängigkeit von den Ganglinien werden diese Sonden rotierend in andere GWM eingebaut, um auf diesem Weg die geohydrologischen Zusammenhänge im gesamten Messnetz zu erkunden. Ergänzend werden Messungen zur Identifizierung vertikaler Ausgleichsströmungen in Brunnen und GWM empfohlen (z. B. mittels Therminflow) sowie zur Bestimmung der lokalen GwFließrichtung und Fließgeschwindigkeit (z. B. mittels Phrealog), um die bestehenden Unsicherheiten zur Lage der relevanten Zustrom- / Belastungsbereiche zu reduzieren.

## 5. Vorranggebiete zukünftiger Wassergewinnung

Wie bereits in Kap. 2 beschrieben, treten in den Hauptschüttungsachsen von Schuttflächern sehr grobe Kiese mit Blöcken aus Taunus-Quarzit auf. Es handelt sich um gering sortierte Ablagerungen, in denen auf geringer Entfernung stark wechselnde Korngrößenverteilungen zu beobachten sind. 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. [REDACTED], 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.

Da Bereiche mit hohen Durchlässigkeiten wahrscheinlich an den Verlauf des Urselbachs gebunden sind, sind die Vorranggebiete für zukünftige Wassergewinnungsanlagen in diesen Gebieten zu suchen. Die geologische Karte liefert hierzu keine Hinweise, da diese nur die oberflächennahen Schichten zeigt. Weiterhin sollten diese Gebiete nicht bebaut sein und in einer vertretbaren Entfernung zur vorhandenen Rohwasserleitung liegen, um einen wirtschaftlichen Anschluss zu ermöglichen. Gebiete, die den o. g. Kriterien entsprechen sind:

- (1) Grünfläche e' der Straße „In den Schwarzwiesen“, s' der Ludwig-Erhard-Str, w' der „In der Au“
- (2) Grünfläche s' der Straße „In der Au“, w' der Oberurseler Str.
- (3) Grünfläche s' der Ludwig-Erhard-Str., e' der Oberurseler Str.
- (4) Grünfläche s' der Gablonzer Str., sw' der Frankfurter Landstr.



Abbildung 5-1: Vorranggebiete zukünftiger Wasserversorgung (Quelle: Google Maps)

Es wird empfohlen, in den genannten Vorrangbereichen zunächst mit Hilfe des bestehenden GwModells Rückwärts-Berechnungen durchzuführen, um abzuschätzen, in welchem Maße in den o. g. Bereichen mit Schadstoffbelastungen zu rechnen ist.

Weiterhin sollen geophysikalische Untersuchungen durchgeführt werden (z. B. Geoelektrik), um den geologischen Untergrund und somit die Standorte zukünftiger Brunnen zu erkunden. Anschließend sollen Grundwasser messstellen im Durchmesser DN 125 (5 Zoll) errichtet werden. In diesen Messstellen sollen dann Leistungsversuche zur Ermittlung hydraulischer Kenndaten (Transmissivität, Durchlässigkeit, Brunnenergiebigkeit) sowie zur Schadstoffbelastung durchgeführt werden.

Auf Basis der dann vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann über Standorte zukünftiger Brunnen entschieden werden. Standorte mit hoher Ergiebigkeit und geringer Schadstoffbelastung sind zu bevorzugen.

## 6. Kostenschätzung

Die geschätzten (Brutto-) Kosten für die vorgeschlagenen Maßnahmen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6-1: *Vorschlag für die standortbezogene Verdichtung des GwMessnetzes, GwMonitoring und Erkundungsmaßnahmen für eine zukünftige Wasserversorgung mit Kostenschätzung (inkl. MwSt.)*

Priorität	Altstandort / GWM	Anzahl	Ausbau (mm)	Summe Bohrmeter (m)	EP (€)	Vsl. Kosten (€) gerundet
<b>Untersuchung und Verdichtung des GwMessnetzes (Maßnahmenträger: Stadt Oberursel / RP DA)</b>						
1	Isotopenanalysen in bestehenden GWM	20			1.000	20.000
1	Ing.-Leistungen inkl. Probenahme zu Isotopenanalysen (Prio. 1)	1			8.000	8.000
		<b>Summe Priorität 1:</b>		100	440	28.000
2	GWM Abstrom Eppsteiner Straße Ing.-Leistungen inkl. Probenahme und LCKW-Analytik zu Abstromuntersuchung Eppsteiner Str. (Prio. 2)	4	125		10.000	44.000
		<b>Summe Priorität 2:</b>				10.000
		<b>Summe Priorität 1 + 2:</b>				54.000
3	Immissions-Pumpversuche (IPV) in bestehenden u. 6 geplanten GWM	10	inkl. GW 4 Industriebetrieb Hohe- markstr.		8.000	80.000
3	Kosten Drucksonden	120	10 GWM*12 Monate		50	6.000
3	Isotopenanalysen in geplanten GWM inkl. Probenahme	8			1.000	8.000
3	Thermo-Flowmeter	1	GWM 2 tief Adenauerallee		3.000	3.000
3	Ing.-Leistungen zu Prio. 3					10.000
		<b>Summe Priorität 3:</b>				107.000
4	GWM Philipp-Reis-Straße	1	125	30	435	13.000
4	Ersatz defekter GWM im Bereich Schlackenumschlagplatz	2	125	40	435	17.000
4	Ing.-Leistungen zu Prio. 4					5.000
		<b>Summe Priorität 4:</b>				35.000
		<b>Geschätzte Kosten Prio. 1 - 4</b>				224.000

<b>GwMonitoring (Maßnahmenträger: Stadwerke Oberursel GmbH)</b>						
	Kontrolllebere Albersstr. - Rathaus	2	125	60	435	26.000
	Kontrolllebere Tabaksmühlentweg	2	125	200	500	100.000
	Stichtagsmessung/Auslesen Datenlogger, Probenahme Grundwasser	125	Jährliche Kosten!		76	9.500
	Analysen auf LCKW	111	Jährliche Kosten!		32	3.500
	Analysen auf NA-Parameter	39	Alle 5 Jahre		90	3.500
	Analysen auf umfassenden Parametersatz GW	6	Einmalige Kosten		350	2.000
	Kosten Ing.-Leistungen		Erstes Jahr			15.000
	Kosten Ing.-Leistungen		Folgejahre			5.000
	<b>Geschätzte Kosten (1. Jahr)</b>					<b>34.000</b>
	<b>Geschätzte Kosten (2.-4., 6.-9., ...Jahr)</b>		Jährliche Kosten!			<b>18.000</b>
	<b>Geschätzte Kosten (5., 10., ...Jahr)</b>		alle 5 Jahre			<b>22.000</b>
<b>Zukünftige Wasserversorgung (Maßnahmenträger: Stadwerke Oberursel GmbH)</b>						
	Geophysikalische Messungen	4			3.000	12.000
	Rückwärts-Berechnungen mittels GwModell	1			1.500	1.500
	<b>Geschätzte Kosten für den Bau von GWM</b>	4	125	400	500	200.000
	Leistungspumpversuch	4			10.000	40.000
	Analysen nach Rohwasseruntersuchungsverordnung	4			350	1.500
	<b>Kosten Ing.-Leistungen</b>					15.000
	<b>Geschätzte Kosten</b>					<b>270.000</b>

Büro HG GmbH  
Gießen, den 09.01.2018

Dipl.-Geol. Dr. Walter Lenz

Von der IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger gemäß §18 BBOdsch (Sg 2)

Dipl.-Geol. Joachim Weil

Von der IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schadensfälle in Böden und Gewässern  
- für Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen  
- nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie Sanierung (Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2 und 5)