

Projektbericht

des HLNUG für die Arbeitsgruppe beim RP Darmstadt

**„Kläranlageneinleitungen in oberirdische Gewässer und
dadurch bedingte Spurenstoffeinträge in das Grundwasser
im Hessischen Ried“**

Verfasser: Hr. Dr. Berthold, Fr. Schlösser-Kluger, Hr. Dr. Seel,

unter Mitarbeit von Fr. Dr. Schuldt (RP Darmstadt, Verfasserin Kapitel 4.2, 4.3),

Fr. Krieger, Hr. Zwissler, Herr Teinert, Fr. Ries, Fr. Hoffmann,

Hr. von Hößle und Fr. Stüber-Renschin

30. Juni 2016

Inhalt

1.	Einleitung / Veranlassung	5
2.	Verwendete Unterlagen	6
3.	Hydrogeologische Situation	9
3.1	Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Fa. Merck KGaA, der Zentralkläranlage Darmstadt, der Kläranlage Weiterstadt und der Kläranlage Büttelborn und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Dornheim	10
3.2	Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen und dem im Grundwasserabstrom gelegenen WW Gerauer Land	12
3.3	Hydrogeologische Situation zwischen Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt, Kläranlage Darmstadt-Eberstadt, Kläranlage Pfungstadt und Kläranlage Eschollbrücken und den im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerken der Stadt Pfungstadt und der Wasserwerke Eschollbrücken, Pfungstadt und Allmendfeld der Hessenwasser GmbH & Co. KG	15
3.4	Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Bickenbach und der Kläranlage Alsbach-Hähnlein und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Allmendfeld der Hessenwasser GmbH Co. KG	18
3.5	Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Langen und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Walldorf der Gemeinde Mörfelden-Walldorf	20
3.6	Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Buchschlag und der im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerke der Stadt Dreieich-Sprendlingen und der Stadt Neu-Isenburg	22
4.	Generelle Bewertung der Analyseergebnisse	22
4.1	Bewertungsgrundlagen	22
4.2	Allgemeines	26
4.2.1	Untersuchungsumfang	26
4.2.2	Darstellung der Messergebnisse	27
4.3	Generelle Bewertung der Analyseergebnisse nach Stoffklassen	28
4.3.1	Humanarzneimittel generell	28
4.3.1.1	Antiepileptika	28
4.3.1.2	Röntgenkontrastmittel	30
4.3.1.3	Antibiotika	33
4.3.1.4	Analgetika / Antiphlogistika	34
4.3.1.5	Sonstige Arzneimittelwirkstoffe	36
4.3.2	Süßstoffe	40
4.3.3	Korrosionsschutzmittel (Benzotriazole)	43
4.3.4	Weichmacher / Flammenschutzmittel	44

4.3.5	Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC-Verbindungen)	45
4.3.6	Pflanzenschutzmittel	47
4.3.7	Sonstige (mit p-Toluolsulfonsäure, Bisphenol A, Nonyphenol und DEET) ...	49
4.3.8	Non Target Screening und Suspect Screening	52
5.	Steckbriefe der Kläranlagen	54
5.1	Kläranlage Merck KGaA Darmstadt	55
5.1.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Merck KGaA	56
5.2.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Zentralkläranlage Darmstadt.....	58
5.3	Kläranlage Weiterstadt	61
5.3.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Weiterstadt.....	61
5.4	Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen	64
5.4.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen	65
5.5	Kläranlage Büttelborn	65
5.5.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Büttelborn.....	66
5.6	Kläranlage Mühlital / Nieder-Ramstadt	69
5.6.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Mühlital / Nieder-Ramstadt.....	69
5.7	Kläranlage Darmstadt-Eberstadt	70
5.7.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Darmstadt-Eberstadt.....	71
5.8	Kläranlage Bickenbach	71
5.8.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Bickenbach	72
5.9	Kläranlage Alsbach-Hähnlein	73
5.9.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Alsbach-Hähnlein.....	74
5.10	Kläranlage Pfungstadt	75
5.10.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Pfungstadt.....	76
5.11	Kläranlage Langen	76
5.11.1	Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Langen	78
5.12	Kläranlage Dreieich-Buchsschlag	79

5.12.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Dreieich-Buchsschlag.....	80
5.13 Kläranlage Eschollbrücken	81
5.13.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Eschollbrücken.....	82
5.14 Fazit.....	82
5.14.1 Hot Spots	82
5.14.2 Stoffspektrum und Leitparameter.....	83
5.15 Weitere Eintragspfade für Spurenstoffeinträge.....	83
6. Zusammenfassung	86

Anlagen

Karte 1: Lage der Wasserschutzgebiete im Projektraum und Grundwassergleichen (Oktober 2015)

Karte 2: Grundwasserflurabstände im Projektgebiet (Oktober 2015)

Karte 3: Darstellung der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens bindiger Schichten in 0 – 5 m Tiefe (Februar 2016)

Anlage 1: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Dreieich-Buchsschlag

Anlage 2: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen

Anlage 3: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Mühlal / Nieder-Ramstadt

Anlage 4: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Merck und Zentralkläranlage Darmstadt

Anlage 5: Tabelle zum Steckbrief Kläranlagen Darmstadt-Eberstadt sowie Mühlal / Nieder-Ramstadt

Anlage 6: Tabelle zum Steckbrief Kläranlagen Bickenbach und Alsbach-Hähnlein

Anlage 7: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Pfungstadt

Anlage 8: Tabelle zum Steckbrief Kläranlagen Weiterstadt und Büttelborn

Anlage 9: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Langen

Anlage 10: Tabelle zum Steckbrief Kläranlage Eschollbrücken

Anlage 11.1: Analysen-Haupttabelle Kläranlagen

Anlage 11.2: Analysen-Haupttabelle Oberflächenwasser

Anlage 11.3: Analysen-Haupttabelle Grundwasser

Anlage 12_1: Referenzprofile zu Anlage 1

Anlage 12_2: Referenzprofile zu Anlage 2

Anlage 12_3: Referenzprofile zu Anlage 3

Anlage 12_4: Referenzprofile zu Anlage 4

Anlage 12_5: Referenzprofile zu Anlage 5

Anlage 12_6: Referenzprofile zu Anlage 6

Anlage 12_7: Referenzprofile zu Anlage 7

Anlage 12_8: Referenzprofile zu Anlage 8

Anlage 12_9: Referenzprofile zu Anlage 9

Anlage 12_10: Referenzprofile zu Anlage 10

Anlage 13: Stammdaten der Messstellen

1. Einleitung / Veranlassung

Im Rahmen der Erneuerung und Veränderung der Genehmigung von Einleiteerlaubnissen von geklärten Abwässern in Fließgewässer im Hessischen Ried wurden an einzelnen Stellen ungünstige hydrogeologische Verhältnisse im Untergrund von Einleitegewässern festgestellt. Der Begriff „hydrogeologisch ungünstig“ bezieht sich hierbei auf den qualitativen Schutz des Grundwassers. Die Porengrundwasserleiter im Hessischen Ried haben überwiegend hohe hydraulische Durchlässigkeiten. Zudem sind die Deckschichten, die die Grundwasserleiter überdecken und somit schützen, teilweise geringmächtig, so dass im Grundwasser unerwünschte Stoffe nur zu einem Teil durch die Deckschichten zurückgehalten werden können. Für die Fließgewässer gilt dieses im Besonderen. Gleichzeitig sind die Fließgewässer im hessischen Ried sehr hoch belastet, da aufgrund der hohen Besiedlungsdichte große Abwassermengen anfallen, die in Gewässer mit relativ geringem Abfluss eingeleitet werden. Teilweise führten diese ungünstigen hydrogeologischen Verhältnisse bereits in der Vergangenheit zu Grundwasserverunreinigungen, die bis in den Grundwasseranstrom von Trinkwassergewinnungsanlagen reichten und als Folge eine Einschränkung der Wassergewinnung der betroffenen Wasserwerke bedeuteten (Beispiel: Wasserwerk (WW) Dornheim der Hessenwasser GmbH & Co. KG).

Im Hessischen Ried besteht aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Einleitegewässer von Kläranlagen (KA) ein noch nicht abschließend bewertetes Konfliktpotential zwischen dem Grundwasserschutz, insbesondere im Einzugsgebiet von Trinkwassergewinnungsanlagen, und Abwassereinleitungen in oberirdische Gewässer. Einzelne Studien belegten bereits in der Vergangenheit, dass deutliche Belastungen mit erhöhten Stoffkonzentrationen von Arzneimitteln als abwasserspezifische Indikatoren in Oberflächengewässern wie z. B. im Gewässersystem des Schwarzbachs, Geräthsbachs und Hengstbachs auftreten. Die Stoffe werden teilweise nicht abgebaut (u. a. Carbamazepin, Metoprolol, lomeprol und Iopamidol), gelangen über die Kläranlagen (Kläranlage Dreieich, Kläranlage Cargo, Kläranlage Langen und Kläranlage Mörfelden) in die Gewässer und können von dort aus in das Grundwasser infiltrieren /20/.

Über die Infiltration von mit Kläranlageneinleitungen beaufschlagtem Oberflächenwasser können neben den klassischen abwasserspezifischen Stoffen wie Bor, Natrium, Chlorid auch Spurenstoffe (u. a. Arzneimittelrückstände, Süßstoffe) über das Oberflächenwasser des Einleitegewässers (infiltrierende Bedingungen) in die Grundwasserleiter übertreten. Diese Spurenstoffe sind zum Teil persistent und im Grundwasser mobil. Im Hessischen Ried liegen zahlreiche Einleitegewässer im Einzugsbereich und somit im Grundwasseranstrom von Trinkwassergewinnungsanlagen, sodass eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität der genutzten Grundwasservorkommen nicht auszuschließen ist bzw. teilweise bereits festgestellt wurde.

Eine Arbeitsgruppe im Regierungspräsidium Darmstadt prüft mit Unterstützung des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie, welche Maßnahmen in Betracht kommen (z. B. Ausrüstung von Kläranlagen mit einer Reinigungsstufe zur Eliminierung von Spurenstoffen, Verlegung der Einleitestellen, Abwasserherausleitung aus Wasserschutzgebieten), um das Grundwasser und hierbei insbesondere die von den Trinkwassergewinnungsanlagen genutzten Grundwasservorkommen besser zu schützen.

Dieser Projektbericht stellt die Ergebnisse einer im Februar 2015 durchgeführten Untersuchung der Wasserqualität insbesondere auf Spurenstoffe entlang des Eintragswegs zwischen Kläranlagenabläufen ausgewählter Kläranlagen, Einleitengewässern und dem Grundwasser zusammen. Am Ende gibt der Bericht aus Sicht des Gewässerschutzes Empfehlungen hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur langfristigen Verminderung der Stoffeinträge in die betroffenen Oberflächengewässer und das vielseitig genutzte Grundwasservorkommen im Hessischen Ried.

2. Verwendete Unterlagen

- /1/ Thews, D. (1966): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Errichtung eines Trinkwasserschutzgebietes für das Wasserwerk Dornheim des Wasserverbandes Gruppenwasserwerk Ried, Landkreis Groß-Gerau. – HLfB, 28.01.1966, Az. 341-2818/65 The/Zz, Archiv-Nr. 6116/94, Wiesbaden.
- /2/ Thews, D. (1965): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Errichtung eines Trinkwasserschutzgebietes für das Gruppenwasserwerk „Gerauer Land“, Landkreis Groß-Gerau. – HLfB, 24.05.1965, Az. 341-3758/64 The/Zz, Archiv-Nr. 6017/74, Wiesbaden.
- /3/ Schlösser-Kluger, I. (2015): Hydrogeologische Stellungnahme zum Wasserrechtsverfahren Zweckverband Wasserwerk Gerauer Land. Antragsteller: Zweckverband Wasserwerk Gerauer Land. – HLNUG, 3.2.2015, Az. 89-0570-918/14 Sk, Archiv-Nr. 6017/272, Wiesbaden.
- /4/ Böke, D. (1968): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung eines Trinkwasserschutzgebietes für die Gewinnungsanlagen des Wasserwerkes Eschollbrücken der Südhessischen Gas und Wasser AG, Darmstadt. – HLfB, 02.05.1968, Az. 341-802/68 Bö/Schi, Archiv-Nr. 6117/201, Wiesbaden.
- /5/ Böke, D. (1968): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung über die voraussichtliche Bemessung des künftigen Trinkwasserschutzgebietes für das im Bau befindliche Wasserwerk Pfungstadt (Pumpwerk II) der Südhessischen Gas und Wasser AG, Darmstadt. – HLfB, 22.05.1968, Az. 341-802a/68 Bö/Hy, Archiv-Nr. 6117/202, Wiesbaden.
- /6/ Thews, D. (1965): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Errichtung eines Trinkwasserschutzgebietes für das Wasserwerk Allmendfeld, Landkreis Groß-Gerau. – HLfB, 30.12.1965, Az. 341-1380/65 The/Zz, Archiv-Nr. 6217/120, Wiesbaden.
- /7/ Schmitt, O. (1974): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes für die Trinkwassergewinnungsanlage „Schönrauschneise“ der Stadt Walldorf, Kreis Groß-Gerau. – HLfB, 26.02.1974, Az. 341-1735/72 Scht/St, Archiv-Nr. 5917/135, Wiesbaden.

- /8/ Böke, D. (1967): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung eines Trinkwasserschutzgebietes für die Brunnen der Stadt Sprendlingen. – HLfB, 02.06.1967, Az. 341-837/67 Bö/Hy, Archiv-Nr. 5918/125, Wiesbaden.
- /9/ Böke, D. (1969): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen der Stadt Neu-Isenburg. – HLfB, 08.09.1970, Az. 341-1599/69 Bö/Schi, Archiv-Nr. 5918/138, Wiesbaden.
- /10/ DVGW (2006): DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser.
- /11/ LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.
- /12/ Moll, B. & Quadflieg, A. (2014): Aktualisierung der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. In: Wasser und Abfall, 3/2014: 10 – 14.
- /13/ Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (ABl. L 372 vom 27.12.2006, S. 19, L 53 vom 22.2.2007, S. 30, L 139 vom 31.5.2007, S. 39).
- /14/ Grundwasserverordnung (GrwV): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 9. November 2010, BGBl I, S. 1513.
- /15/ Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (ABl. L 348 vom 24.12.2008, S. 84).
- /16/ Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juli 2011, BGBl. I, S. 1429.
- /17/ BGS Umwelt, Brand, Gerdes, Sitzmann Umweltplanung (2002, 2011): Dokumentation zum Grundwassermodell der Wasserwerke im Hessischen Ried. – Projekt 2880.
- /18/ Wasserverband Hessisches Ried (2014): Jahresbericht Qualität 2013, Wasserwerk Biebesheim, Teil I, Qualität des Roh- und Reinwassers.
- /19/ Zweckverband Landeswasserversorgung (2015): Suspect- und Non-Target-Screening von Wasserproben mittels LC-HRMS. – Im Auftrag des HLNUG, Wiesbaden, Bestellnummer 4500746499 vom 22.12.2014, Langenau.
- /20/ Schlüsener, M., Fink, G. & Ternes T. (2009): Vorkommen und Verbleib diverser Arzneimittel und Biozide im Schwarzbach des Hessischen Rieds. - Unveröffentlicht.
- /21/ http://www.iksr.org/uploads/media/Bericht_Nr._183d.pdf, Auswertungsbericht Biozide und Korrosionsschutzmittel, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), Bericht Nr. 183).
- /22/ EU-RL 2013/39/EU: Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. - ABl. Nr. L 226 vom 24.08.2013, S. 1.
- /23/ Dieter, Hermann, H. (2011): Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte-Aktuelle Definitionen und Höchstwerte, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, am 16.12.2011 aktualisierte Fassung des Textes aus Bundesgesundheitsbl. 52 (2009) 1202-1206.
- /24/ Hütter, L. A. (1992): Wasser und Wasseruntersuchungen. – Laborbücher. 5.Aufl., Otto Salle Verlag.
- /25/ UBA, Texte 66/2011, Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln (Seite 11). <http://www.uba.de/uba-info-medien/4188.html>.

- /26/ https://www.bvl.bund.de/DE/08_PresselInfothek/01_FuerJournalisten/01_Presse_und_Hintergrundinformationen/05_Tierarzneimittel/2015/2015_07_28_pi_Antibiotikaabgabemenge2014.html).
- /27/ HLOG (2013): Grundwasserbeschaffenheitsbericht 2012. – In der Reihe: Umwelt und Geologie. Wiesbaden
- /28/ HLOG (2005). Arzneimittelbericht Südhessen 1996 – 2000. – In der Reihe: Hydrologie in Hessen. Wiesbaden.
- /29/ Bergmann, Axel: Organische Spurenstoffe im Wasserkreislauf, acatech Materialien Nr. 12, München 2011.
- /30/ Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V., Infektiologie Freiburg. GERMAP 2012 – Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland. Antiinfectives Intelligence, Rheinbach, 2014, S. 12, 13.
- /31/ Prösch, J., Puchert, W. & Gluschke, M. (2000): Vorkommen von Chloralkylphosphaten in den Abläufen kommunaler Kläranlagen des deutschen Ostsee-Einzugsgebietes. - Vom Wasser 95: 87-96.
- /32/ Metzger, Jörg, W. & Möhle, Edda (2001): Flammschutzmittel in Oberflächenwässern, Grundwässern und Abwässern - Eintragspfade und Gehalte. - FZKA-BWPLUS Forschungsvorhaben Nr. BWB 99012 (BWBÖ 99007), Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Hydrochemie und Hydrobiologie.
- /33/ Neues Verfahren zur Entfernung von per- und polyfluorierten Chemikalien aus komplex belasteten Wässern. - Martin Cornelsen, gwf-Wasser, Abwasser 9/2015.
- /34/ Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2006.
- /35/ http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_52_pflanzenschutzmittel_umwelt.pdf.
- /36/ http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_bisphenol_a_in_verbrauchernahen_produkten-7195.html).
- /37/ http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3782.
- /38/ http://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Abschlussbericht_Elimination_Teil1.pdf.
- /39/ <http://www.reach-info.de/alkylphenole.htm>.
- /40/ DWA-Themen (April 2016): Diffuse Stoffeinträge in Gewässer aus Siedlungs- und Verkehrsflächen. DWA-Themen: T1/2016. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.), Hennef).
- /41/ Saalfrank, Franziska: Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam. Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Sciences, Studiengang Ökotoxikologie, 2013).

3. Hydrogeologische Situation

Allgemein

Der Untersuchungsraum liegt im Bereich des quartären und tertiären Ablagerungsraums des nördlichen Oberrheingraben, dessen Untergrund aus fluviatil abgelagerten Sanden und Kiesen, in die tonig – schluffige linsenförmige Schichten eingeschaltet sind, aufgebaut wird. Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten ein Grundwasserstockwerksbau ausgebildet (oberer Grundwasserleiter I und II, mittlerer Grundwasserleiter [oberer, mittlerer, unterer] und unterer Grundwasserleiter). Ein erster flächenhaft wirksamer Trennhorizont (entspricht Oberer Zwischenhorizont [OZH]), der den oberen und mittleren Grundwasserleiter voneinander trennt, liegt mit seiner Oberkante zwischen 25 – 50 m u. GOK. Ein zweiter nicht flächenhaft wirksamer Trennhorizont (entspricht UZH), der eventuell lokal wirksam ist, trennt den mittleren Grundwasserleiter vom unteren Grundwasserleiter (Quelle: HLNUG 3D-Modell Nördlicher Oberrheingraben, Stand Mai 2016).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen entnehmen Grundwasser aus dem oberen und mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Abb. 1). Die Tiefenlage der Trennhorizonte wird über eine abgeleitete Wahrscheinlichkeit aus den bekannten Bohrungen berechnet und ist über die Anwendung im HLNUG Projekt 3D NORG einsehbar. Die interpolierten Wahrscheinlichkeiten schwanken zwischen 0 % (Kies / Sand [Grundwasserleiter]) und 100 % (Ton [Grundwassergeringleiter]) (Karte 3).

Hydrogeologische Kartierung Rhein-Neckar-Raum (1997–1999)		Neue lithostratigraphische Gliederung für den nördlichen Oberrheingraben	
Lithostratigraphische Gliederung	Hydrogeologische Gliederung		
Jungquartär	Deckschichten	Deckschichten	
	Oberes Kieslager (OKL)	oOKL OGWLo ZH1 Oberer Grundwasserleiter (OGWL) uOKL OGWLu	Mannheim-Formation
	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	
	Mittlere sandig-kiesige Abfolge	MGWLo MGWLo ZH2 MGWLo ZH2 MGWLu ZH3 MGWLu MGWLu	Ludwigshafen-Formation
Unterer Zwischenhorizont (UZH)	Unterer Zwischenhorizont (UZH)		
Altquartär	Untere sandig-kiesige Abfolge	Unterer Grundwasserleiter (UGWL)	Viernheim-Formation
	(Pliozän)		
Miozän	Aquifersohlschicht	Iffezheim-Formation	

Abb. 1: Hydrogeologische Gliederung und neue lithologische Gliederung für den nördlichen Oberrheingraben (Quelle: HLNUG, Projekt NORG).

3.1 Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Fa. Merck KGaA, der Zentralkläranlage Darmstadt, der Kläranlage Weiterstadt und der Kläranlage Büttelborn und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Dornheim

Die Kläranlage der Fa. Merck KGaA, die Zentralkläranlage Darmstadt, die Kläranlage Weiterstadt und die Kläranlage Büttelborn liegen im Grundwasseranstrom, d. h. im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen des Wasserwerks Dornheim. Das Einzugsgebiet reicht bis auf die oberirdische Wasserscheide des Odenwalds und des Sprendlinger Horstes und wird überlagert von den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen der Fa. Merck KGaA und des Wasserwerks Eschollbrücken der Hessenwasser GmbH & Co. KG /1/. Für das betroffene Wasserwerk wurde bislang nur ein Teil des Einzugsgebietes als Wasserschutzgebiet (Zonen I, II und IIIA) festgesetzt. Eine Überprüfung und Ausweisung der gesamten Zonen IIIA und IIIB nach dem Erreichen des vollständigen Ausbaus der drei Wasserwerke wurde bereits in Thews, D. (1966) /1/ empfohlen. Der Schutz der Gewässerqualität der oberirdischen Gewässer gegen Verunreinigungen, die im Einzugsgebiet liegen, wurde aufgrund der bereits bekannten infiltrierenden Bedingungen in diesem Schutzgebietsgutachten fachlich gefordert. Eine Überprüfung und Anpassung an das aktuelle technische Regelwerk DVGW W 101 (Stand 2006) ist aus Sicht des Grundwasserschutzes erforderlich.

Die oberflächennah verbreiteten quartären Lockersedimente im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitengewässer (Auensedimente über Flugsand und Rheinschottern [Schotter, Kies, Sand]) weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. In Abb. 2 ist die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens bindiger Schichten in den obersten 0 – 5 m u. GOK dargestellt. Diese Darstellung zeigt im Überblick die Heterogenität der bindigen oder nicht bindigen Schichten im Betrachtungsraum. Für die Einleitung von belastetem Wasser in die Vorfluter bedeutet dies, dass im Verlauf der Einleitengewässer für einzelne Gewässerabschnitte deutlich höhere Wahrscheinlichkeiten für die Infiltration von Oberflächenwasser über das Sickerwasser in den Grundwasserkörper möglich sind als in anderen Abschnitten. Da diese Einleitengewässer (Darmbach, Landgraben, Schlimmer Graben) der Kläranlagen Fa. Merck KGaA, Zentralkläranlage Darmstadt, Weiterstadt und Büttelborn jedoch insgesamt im Grundwasseranstrom des Wasserwerks Dornheim liegen, muss mit einem Eintrag abwasserbürtiger Stoffe und einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität gerechnet werden. Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten zwischen der Ortslage von Darmstadt und dem WW Dornheim ein Grundwasserstockwerksbau ausgebildet (oberer Grundwasserleiter I und II, mittlerer Grundwasserleiter). Ein erster flächenhaft wirksamer Trennhorizont tritt in > 30 – 35 m u. GOK (Wahrscheinlichkeit 60 % – 90 %) begrenzt auf den Raum zwischen Darmstadt und Weiterstadt auf (Abb. 3). In > 70 – 80 m u. GOK (Wahrscheinlichkeit 60 – 90 %) tritt ein zweiter flächenhafter Trennhorizont zwischen Darmstadt und dem Wasserwerk Dornheim auf (Quelle: HLNUG 3D-Modell Nördlicher Oberrheingraben, Stand Dezember 2015). Die Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen 0,5 – 10,0 m u. GOK (Karte 2) (Quelle:

<http://www.HLNUG.de/themen/wasser/grundwasser/grundwasserkarten/grundwasserkarten-hessische-rheinebene-hessisches-ried/2015-oktober-grundwasserflurabstand.html>).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Dornheim entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 11 – 79 m u. GOK).

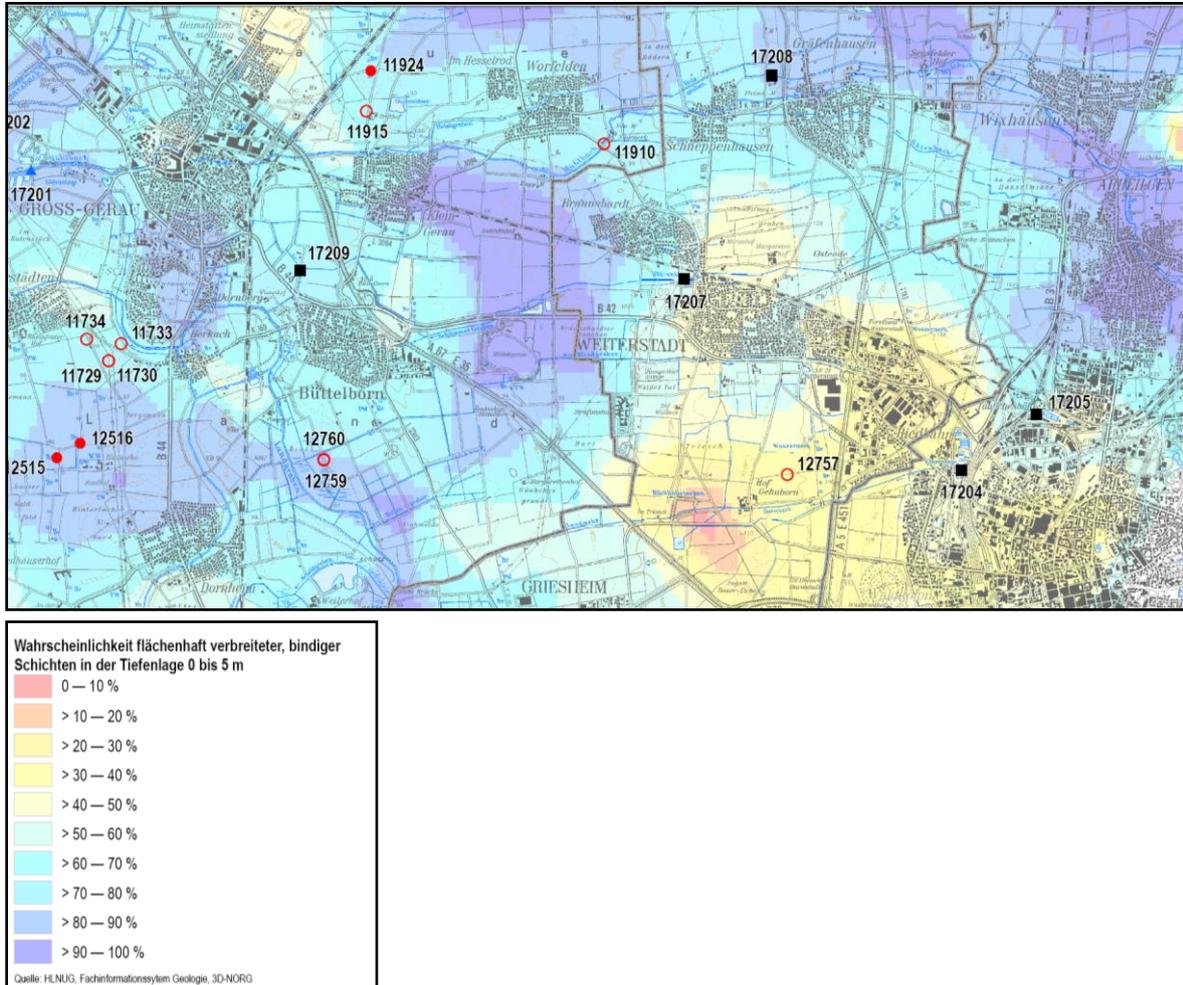


Abb. 2: Darstellung des Gewässernetzes und der Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergingleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich 0 – 5 m u. GOK im Raum Darmstadt, Weiterstadt, Groß-Gerau und Riedstadt (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Ausschnitt aus Karte 3, siehe dort die Messstellenlegende).

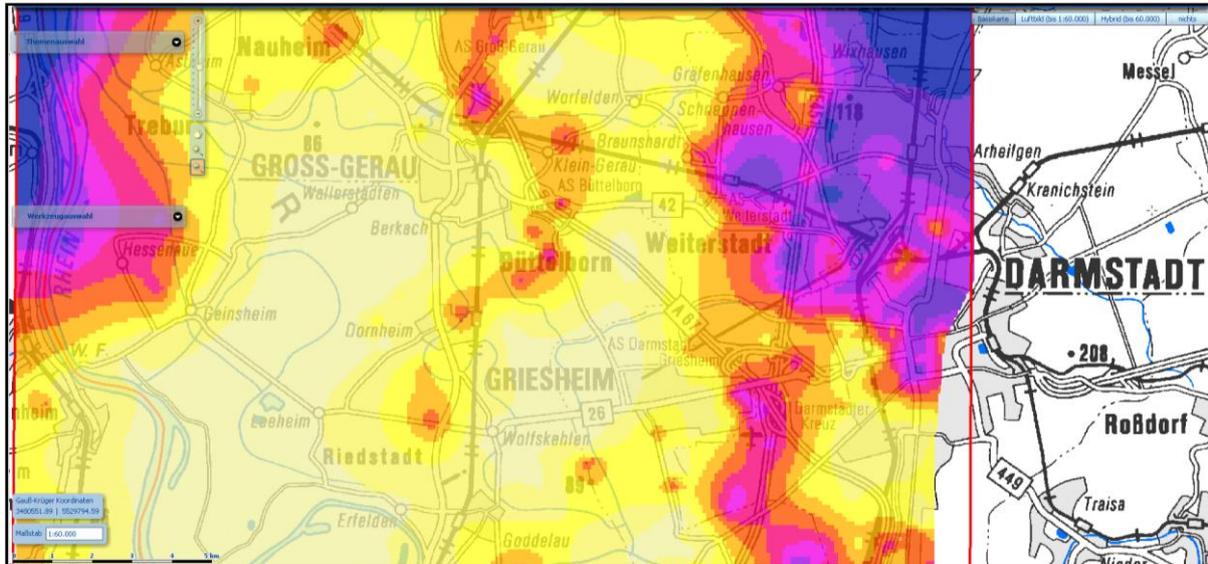


Abb. 3: Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich > 30 – 35 m u. GOK im Raum Darmstadt, Weiterstadt, Groß-Gerau und Riedstadt ohne Messstellen (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORO) (Legende: dunkellila 100 % bis hellgelb 10 % Wahrscheinlichkeit).

Für das genutzte Grundwasservorkommen des WW Dornheim ist bereits langjährig eine Grundwasserverunreinigung mit Diaceton-L-Sorbose (DAS) und Diacetonketogulonsäure (DAG), die über den Landgraben in den Grundwasserleiter gelangt ist, bekannt. Diese beiden Stoffe sind Zwischenprodukte der Vitamin C (Ascorbinsäure)-Synthese. Im Bereich der nördlichen Brunnen wurde eine hohe Belastung dieser Stoffe nachgewiesen. Als Abwehrmaßnahme für die Trinkwassergewinnungsanlagen wurden die Brunnen 1 – 3 der insgesamt 11 Gewinnungsanlagen weitgehend abgeschaltet und entsprechende Abwasseraufbereitungsanlagen an der Kläranlage der Fa. Merck KGaA in Betrieb genommen. Später wurde die Produktion eingestellt.

3.2 Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen und dem im Grundwasserabstrom gelegenen WW Gerauer Land

Die Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen liegt im Grundwasseranstrom, d. h. im Einzugsgebiet, der Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Gerauer Land und des WW Hof Schönau der Stadtwerke Mainz GmbH. Das Einzugsgebiet und Schutzgebiet der Brunnen des WW Gerauer Land liegt im Bereich des quartären / tertiären Ablagerungsraums des nördlichen Oberrheingrabens, dessen Untergrund wird aus fluviatil abgelagerten Sanden und Kiesen, in die tonige-schluffige linsenförmige Schichten eingeschaltet sind, aufgebaut. Der östliche Teil des Schutzgebietes reicht bis auf die oberirdische Wasserscheide im Odenwald (Sprendlinger Horst). Die dort anstehenden Sand- und Ton- / Schluffsteine des Rotliegend bilden Kluffgrundwasserleiter /2/.

Hydrogeologisch liegt in den quartären Lockersedimenten direkt am Standort der Trinkwasserbrunnen I – X ein überwiegend zusammenhängender grundwasserleitender Horizont vor. Ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont tritt erst in größerer Tiefe mit Einsetzen der geringwasserwegsameren tertiären Schichten des Pliozäns [tpl] auf, die als Schluffe und Tone ausgebildet sind. Im Grundwasseranstrom ist östlich von Gräfenhausen ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont in den quartären Schichten vorhanden. Ein oberer und unterer Grundwasserleiter ist vermutlich bis zur Oberrheintal-Randstörung ausgebildet. Verbindungen zwischen diesen Grundwasserleitern sind beim Fehlen der fluvialen Ablagerungen möglich (durch Erosion oder fehlende Ablagerung). Im Liegenden folgen geringwasserwegsame tertiäre Schichten, die als Lehmtone angesprochen wurden (Bohrung 6017/51). In der Brunnengalerie wurde ein Trennhorizont in der Bohrung Br. 9 von 39 – 43 m Tiefe angetroffen. Die Brunnen sind zwischen 40 – 69 m tief. Die Filterstrecken liegen zwischen 12 – 67 m u. GOK. Die Höhenlage des Grundwasserspiegels im Zentrum der Brunnengalerie liegt nach der GWM GL-GL-78016 (ID 11949, R 3465490, H 5533625, GOK-Höhe 92,16 m ü. NN) seit 1970 zwischen rd. 86,6 m und 90,0 m ü. NN /3/.

Die Grundwasserfließrichtung ist im Betrachtungsraum von Osten nach Westen auf den Rhein gerichtet.

Die oberflächennah verbreiteten quartären Lockersedimente im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitegewässer (Auensedimente über Flugsand und Rheinschottern [Schotter, Kies, Sand]) weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. In Abb. 4 ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens bindiger Schichten in den obersten 0 – 5 m u. GOK dargestellt. Die Einleitegewässer weisen überwiegend infiltrierende Verhältnisse auf (Karte 1 und 2). Ein flächenhaft verbreiteter Trennhorizont zwischen den Grundwasserleitern in > 30 – 35 m u. GOK (Wahrscheinlichkeit 60 % – 90 %) tritt begrenzt im Raum zwischen Darmstadt und Weiterstadt auf (Abb. 5) (Quelle: HLNUG 3D-Modell Nördlicher Oberrheingraben, Stand Mai 2016).

Für die Einleitung von belastetem Wasser in die Vorfluter bedeutet dies, dass im Verlauf der Einleitegewässer die Infiltration von mit abwasserspezifischen Stoffen belasteten Oberflächenwasser über das Sickerwasser in den Grundwasserkörper möglich ist. Da diese Einleitegewässer (Holzgraben / Heistgraben (Mühlbach)) der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen im Grundwasseranstrom des WW Gerauer Land und des WW Hof Schönau liegen, muss mit einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch den Eintrag von abwasserbürtigen Stoffen gerechnet werden. Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten zwischen der Ortslage von Gräfenhausen und dem WW Groß-Gerau kein Grundwasserstockwerksbau ausgebildet. Der obere Grundwasserleiter I / II und der mittlere Grundwasserleiter bilden zusammen das genutzte Grundwasservorkommen. Die Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen < 1 – 3 m u. GOK (Karte 2) (Quel-

le: <http://www.HLNUG.de/themen/wasser/grundwasser/ grundwasserkarten/ grundwasser-karten-hessische-rheinebene-hessisches-ried/2015-oktober-grundwasserflurabstand.html>).

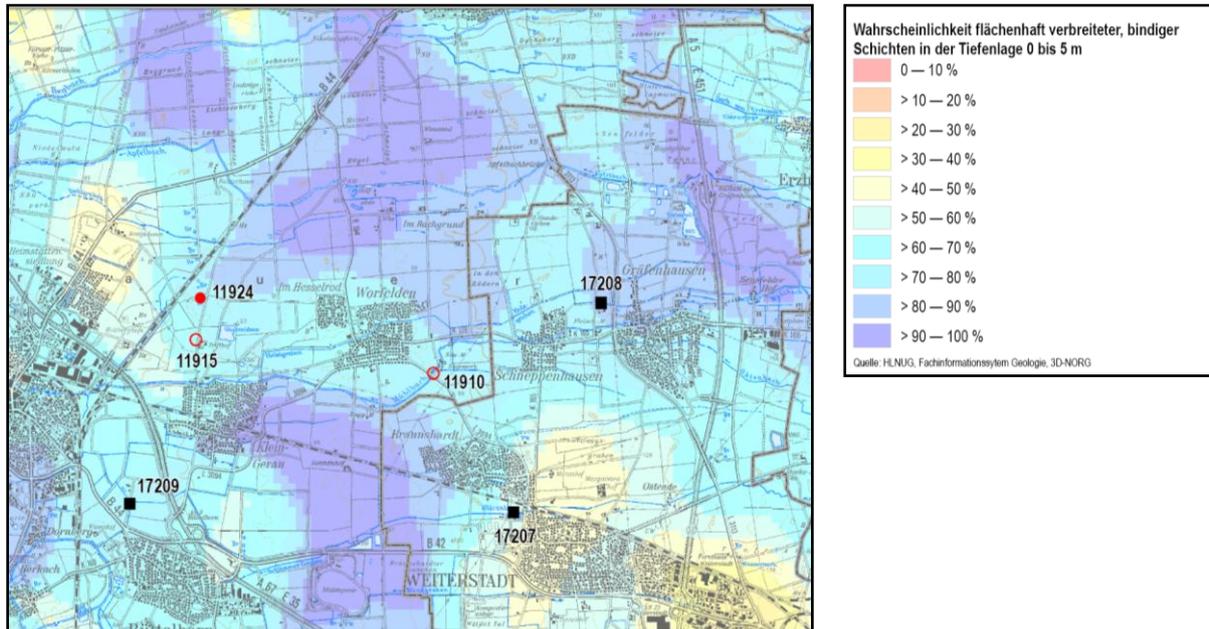


Abb. 4: Darstellung des Gewässernetzes und der Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich 0 – 5 m u. GOK im Raum zwischen Weiterstadt und Groß-Gerau (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Ausschnitt aus Karte 3, siehe dort die Messstellenlegende).

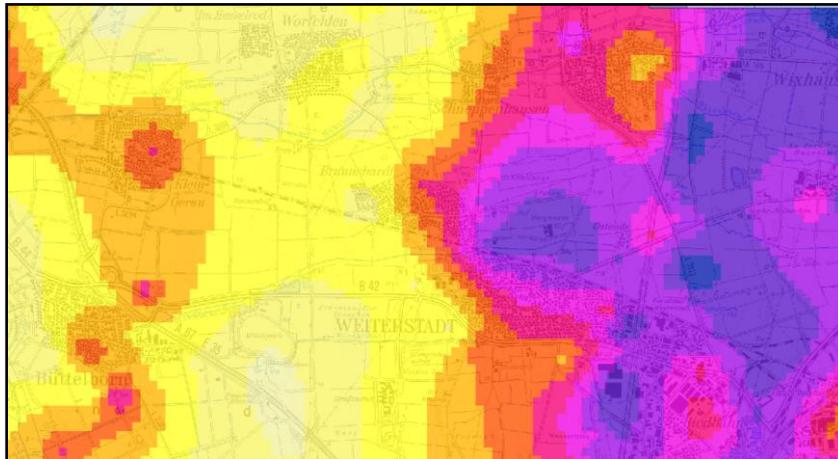


Abb. 5: Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich > 30 – 35 m u. GOK im Raum zwischen Weiterstadt und Groß-Gerau ohne Messstellen (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Legende: dunkellila 100 % bis hellgelb 10 % Wahrscheinlichkeit).

3.3 Hydrogeologische Situation zwischen Kläranlage Mühlal / Nieder-Ramstadt, Kläranlage Darmstadt-Eberstadt, Kläranlage Pfungstadt und Kläranlage Eschollbrücken und den im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerken der Stadt Pfungstadt und der Wasserwerke Eschollbrücken, Pfungstadt und Allmendfeld der Hessenwasser GmbH & Co. KG

Die kommunalen Kläranlagen Mühlal / Nieder-Ramstadt, Darmstadt-Eberstadt, Pfungstadt und Eschollbrücken liegen im Grundwasseranstrom, d. h. im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen des WW der Stadt Pfungstadt und der WW Eschollbrücken, Pfungstadt und Allmendfeld der Hessenwasser GmbH & Co. KG. Das Einzugsgebiet reicht bis auf die oberirdische Wasserscheide des Odenwalds und wird überlagert von den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen der Fa. Merck KGaA. Für die betroffenen WW Eschollbrücken und Pfungstadt der Hessenwasser GmbH & Co. KG wurde bislang nur ein Teil der Einzugsgebiete als Wasserschutzgebiet (Zonen I, II und IIIA) festgesetzt /4/. Für das WW Allmendfeld fehlt in der Festsetzung noch ein Teil der Zone IIIB. Der Schutz der Gewässerqualität der oberirdischen Gewässer gegen Verunreinigungen, die im Einzugsgebiet liegen, wurde aufgrund der bereits bekannten infiltrierenden Bedingungen in diesem Schutzgebietsgutachten fachlich gefordert: „Alle Bachläufe, die das mutmaßliche Einzugsgebiet des Wasserwerks im Bereich des Oberrheingrabens berühren, sind – da sie hier teilweise versickern – vor groben Verunreinigungen zu schützen.“ Eine Überprüfung und Anpassung an das aktuelle technische Regelwerk DVGW W 101 (Stand 2006) ist aus Sicht des Grundwasserschutzes für diese drei Schutzgebiete erforderlich.

Die oberflächennah verbreiteten quartären Lockersedimente im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitegewässer (Auensedimente über Flugsand und Rheinschottern [Schotter, Kies, Sand]) weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. In Abb. 6 ist die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens bindiger Schichten in den obersten 0 – 5 m u. GOK dargestellt. Oberflächennah fehlen flächenhaft verbreitete bindige Deckschichten im Verlauf der Modau und des Sandbachs. Die Gewässer weisen überwiegend infiltrierende Bedingungen auf (Karte 1 und 2). Für die Einleitung von belastetem Wasser in die Vorfluter bedeutet dies, dass im Verlauf der Einleitegewässer eine Verlagerung von abwasserrelevanten Stoffen über das Sickerwasser in den Grundwasserkörper möglich ist. Da diese Einleitegewässer (Modau, Sandbach, Lohraingraben, Schlimmer Graben) der Kläranlagen a) Mühlal / Nieder-Ramstadt, b) Darmstadt-Eberstadt, c) Pfungstadt und d) Eschollbrücken im Grundwasseranstrom des Wasserwerks der Stadt Pfungstadt (a, b, d) und der Wasserwerke der Hessenwasser GmbH & Co. KG Eschollbrücken (a, b), Pfungstadt (a, b, c, d) und Allmendfeld (a, b, c) liegen, muss mit einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch den Eintrag von abwasserbürtigen Stoffen gerechnet werden. Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten zwischen der Ortslage von Darmstadt-Eberstadt und den betrachteten Wasserwerken kein flächenhaft wirksamer Trennhorizont bis in eine Tiefe von > 50 – 60 m ausgebildet (Abb. 7) (Quelle: HLNUG 3D-Modell

Nördlicher Oberrheingraben, Stand Dezember 2015). Die Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen $< 1,0 - 7,5$ m u. GOK (Karte 2).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Pfungstadt (Stadtwerke Pfungstadt) entnehmen Grundwasser aus dem mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 50 – 105 m u. GOK). Im Bereich der Brunnen ist ein Trennhorizont von mindestens 1,5 m Mächtigkeit in einer Tiefe von $> 40 - 50$ m ausgebildet, dessen flächenhafte Verbreitung jedoch nicht bis zum Sandbach nachgewiesen ist.

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Eschollbrücken entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 16 – 98 m u. GOK). Im Bereich der Brunnen ist ein Trennhorizont von mindestens 1 m Mächtigkeit in einer Tiefe von $> 50 - 60$ m ausgebildet, dessen flächenhafte Verbreitung im Bereich des Sandbachs mit 40 – 50 % Wahrscheinlichkeit vorliegt.

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Pfungstadt (Hessenwasser GmbH & Co. KG) entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 30,4 – 107 m u. GOK). Im Bereich der Brunnen ist ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont von mindestens 1 m Mächtigkeit nicht nachgewiesen (siehe Abb. 6). Im Gewässerverlauf der Modau liegt ein Trennhorizont in einer Tiefe von $> 50 - 60$ m mit einer berechneten Wahrscheinlichkeit von 40 – 70 % vor.

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Allmendfeld (Hessenwasser GmbH & Co. KG) im Nahbereich der Modau (Br. 10A – 15) entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 36 – 105 m u. GOK). Im Bereich der Brunnen ist ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont von mindestens 1 m Mächtigkeit nicht nachgewiesen (Abb. 7). Im Bereich des Gewässerverlaufs der Modau, insbesondere in der Zone II und IIIA liegt kein flächenhaft wirksamer Trennhorizont als natürlicher Schutz des genutzten Grundwasservorkommens vor.

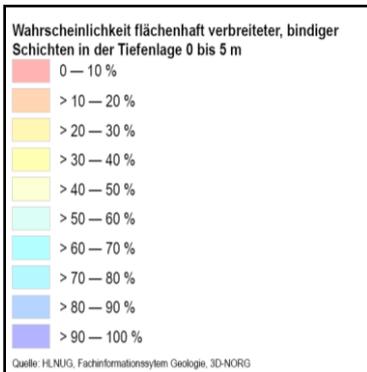
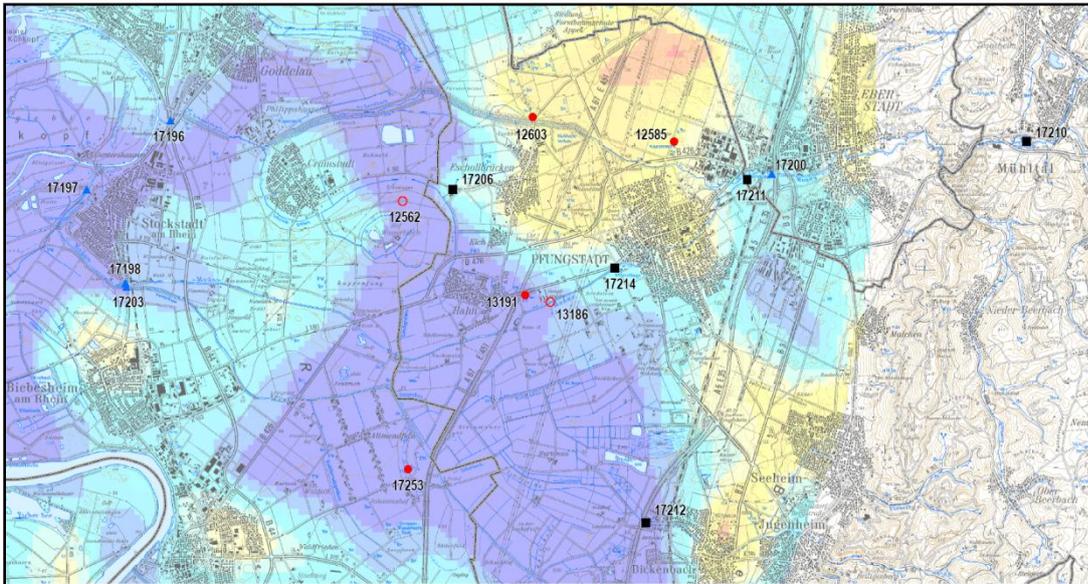


Abb. 6: Darstellung des Gewässernetzes und der Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich 0 – 5 m u. GOK im Raum Darmstadt-Eberstadt, Pfungstadt, Eschollbrücken und Allmendfeld mit dem Verlauf der Modau und des Sandbachs (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Ausschnitt aus Karte 3, siehe dort die Messstellenlegende).

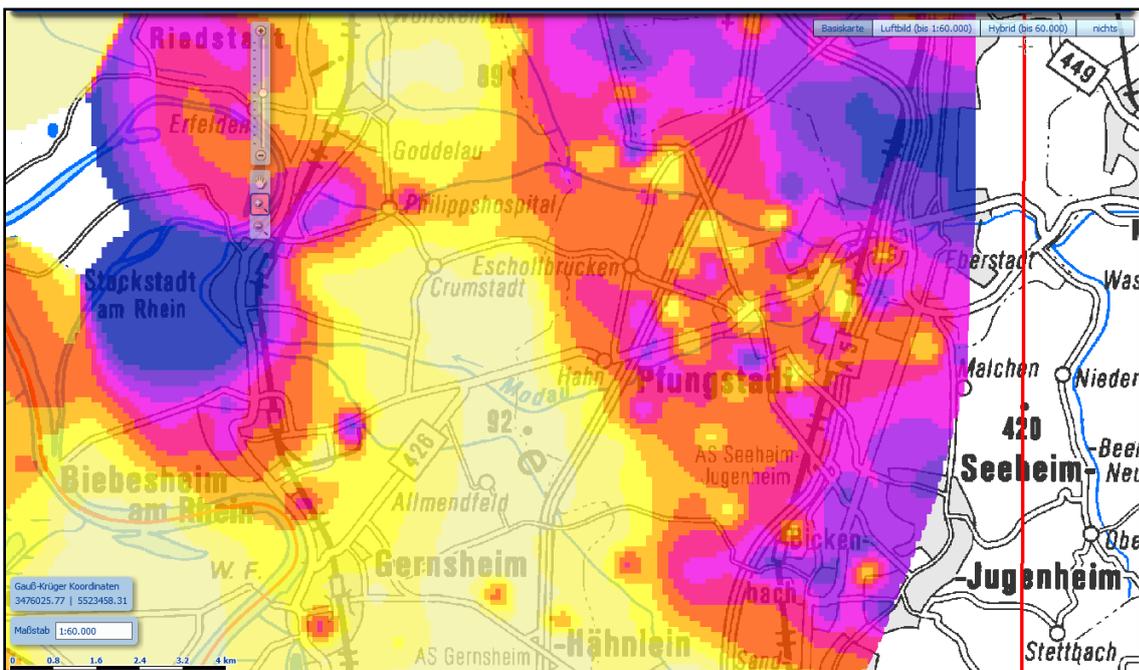


Abb. 7: Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich > 50 – 60 m u. GOK im Raum Darmstadt-Eberstadt, Pfungstadt, Eschollbrücken und Allmendfeld mit dem Verlauf der Modau und des Sandbachs (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Legende: dunkellila 100 % bis hellgelb 10 % Wahrscheinlichkeit).

3.4 Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Bickenbach und der Kläranlage Alsbach-Hähnlein und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Allmendfeld der Hessenwasser GmbH Co. KG

Die kommunalen Kläranlagen Bickenbach und Alsbach-Hähnlein liegen im Grundwasseranstrom, d. h. im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen des Wasserwerks Allmendfeld der Hessenwasser GmbH & Co. KG. Das Einzugsgebiet reicht bis auf die oberirdische Wasserscheide des Odenwalds /6/. Für das Wasserwerk Allmendfeld fehlt in der Festsetzung noch ein Teil der Zone IIIB. Der Schutz der Gewässerqualität der oberirdischen Gewässer gegen Verunreinigungen, die im Einzugsgebiet liegen, wurde aufgrund der bereits bekannten infiltrierenden Bedingungen in diesem Schutzgebietsgutachten fachlich gefordert: „Hier sind im Wesentlichen die oberirdischen Gewässer gegen grobe Verunreinigungen zu schützen, da die aus dem Odenwald kommenden Bäche im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Allmendfeld z. T. Wasser in den Untergrund abgeben.“ Eine Überprüfung und Anpassung an das aktuelle technische Regelwerk DVGW W 101 (Stand 2006) ist aus Sicht des Grundwasserschutzes für diese drei Schutzgebiete erforderlich.

Die oberflächennah verbreiteten quartären Lockersedimente im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitegewässer (Auensedimente über Flugsand und Rheinschottern [Schotter, Kies, Sand]) weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. In Abb. 8 ist die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens bindiger Schichten in den obersten 0 – 5 m u. GOK dargestellt. Oberflächennah liegen zwischen der Kläranlage Alsbach-Hähnlein teilweise ausreichend bindige Deckschichten im Verlauf des Einleitegewässers Landgraben vor. Im näheren Grundwasseranstrom der Förderbrunnen des WW Allmendfeld (Zone IIIA und Zone II) fehlen dagegen diese Deckschichten entlang des Gewässerlaufs des Fanggrabens. Für die Kläranlage Bickenbach und das Einleitegewässer Landbach wurden ähnliche Wahrscheinlichkeiten für die hydraulische Wirksamkeit der Deckschichten berechnet. Nach der Grundwassermodellberechnung von BGS Umwelt (2002, 2011) /17/ sind jedoch überwiegend infiltrierende Verhältnisse für dieses Gewässer für mittlere klimatische Verhältnisse anzunehmen. Für die Einleitung von belastetem Wasser in die Vorfluter bedeutet dies, dass im Verlauf der Einleitegewässer insbesondere in unmittelbarer Nähe der Gewinnungsanlagen eine Verlagerung von abwasserrelevanten Stoffen über das Sickerwasser in den Grundwasserkörper möglich ist. Da diese Einleitegewässer im Grundwasseranstrom ineinander münden und der Fanggraben dann Abwasseranteile beider Kläranlagen ableitet, ist die Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch den Eintrag von abwasserbürtigen Stoffen u. a. von der Stoffkonzentration der beiden Kläranlagenabläufe abhängig.

Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten zwischen der Ortslage von Alsbach-Hähnlein und Bickenbach und den betrachteten Wasserwerken teilweise ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont in einer Tiefe von > 25 – 30 m ausgebildet (Abb. 9) (Quelle:

HLNUG 3D-Modell Nördlicher Oberrheingraben, Stand Dezember 2015). Die Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen < 1,0 – 3,0 m u. GOK (Karte 2).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Allmendfeld (Hessenwasser GmbH & Co. KG) im Nahbereich des Fanggrabens und der Modau (Br. 10A – 15) entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 36 – 105 m u. GOK). Im Bereich der Brunnen ist ein flächenhaft wirksamer Trennhorizont von mindestens 1 m Mächtigkeit nicht nachgewiesen. Im Bereich des Gewässerverlaufs des Fanggrabens insbesondere in der Zone II und IIIA liegt kein flächenhaft wirksamer Trennhorizont als natürlicher Schutz des genutzten Grundwasservorkommens vor.

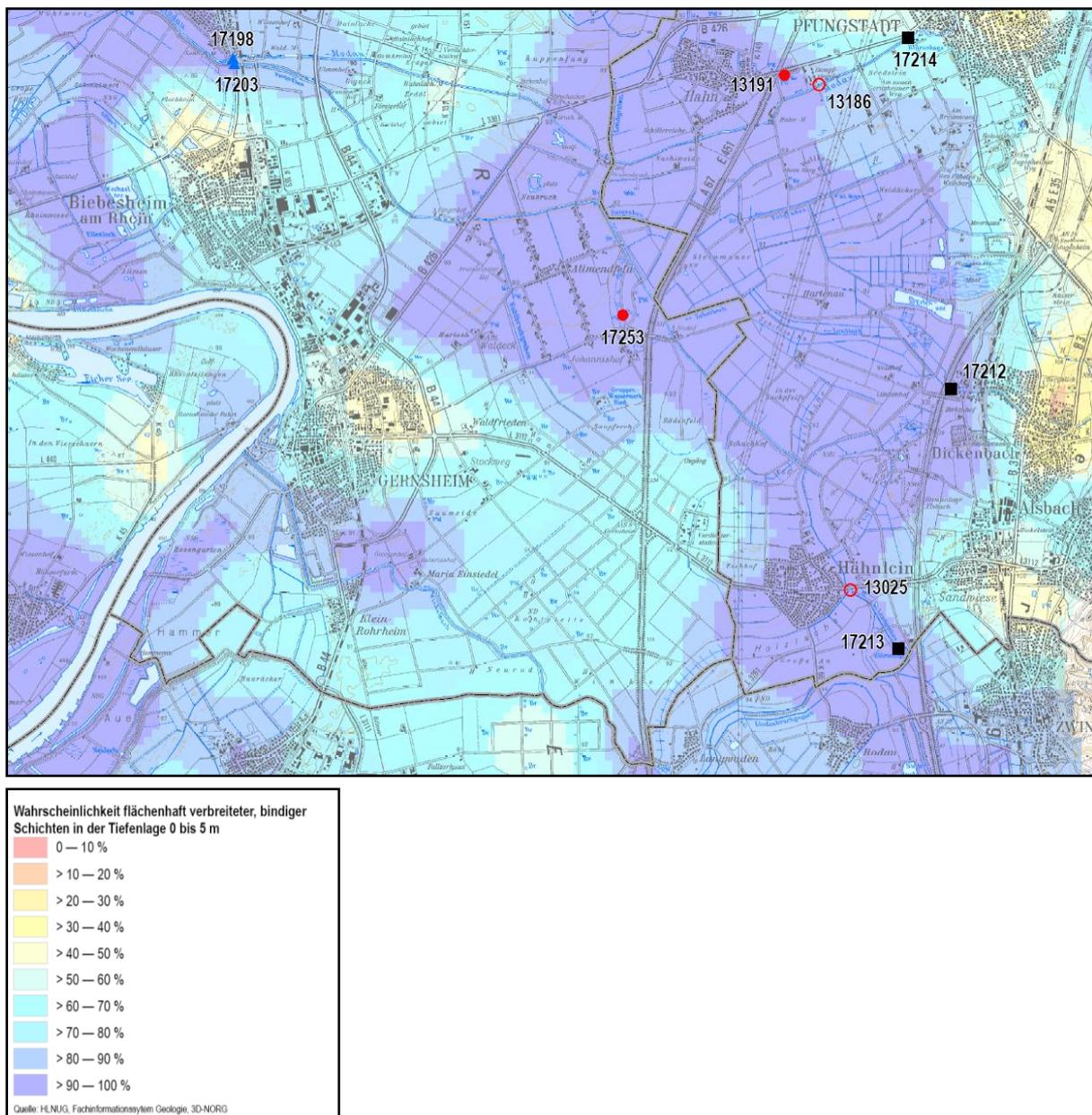


Abb. 8: Darstellung des Gewässernetzes und der Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergingleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich 0 – 5 m u. GOK im Raum Pfungstadt, Alsbach-Hähnlein, Allmendfeld und Gernsheim mit dem Verlauf des Fanggrabens und der Modau (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Ausschnitt aus Karte 3, siehe dort die Messstellenlegende).

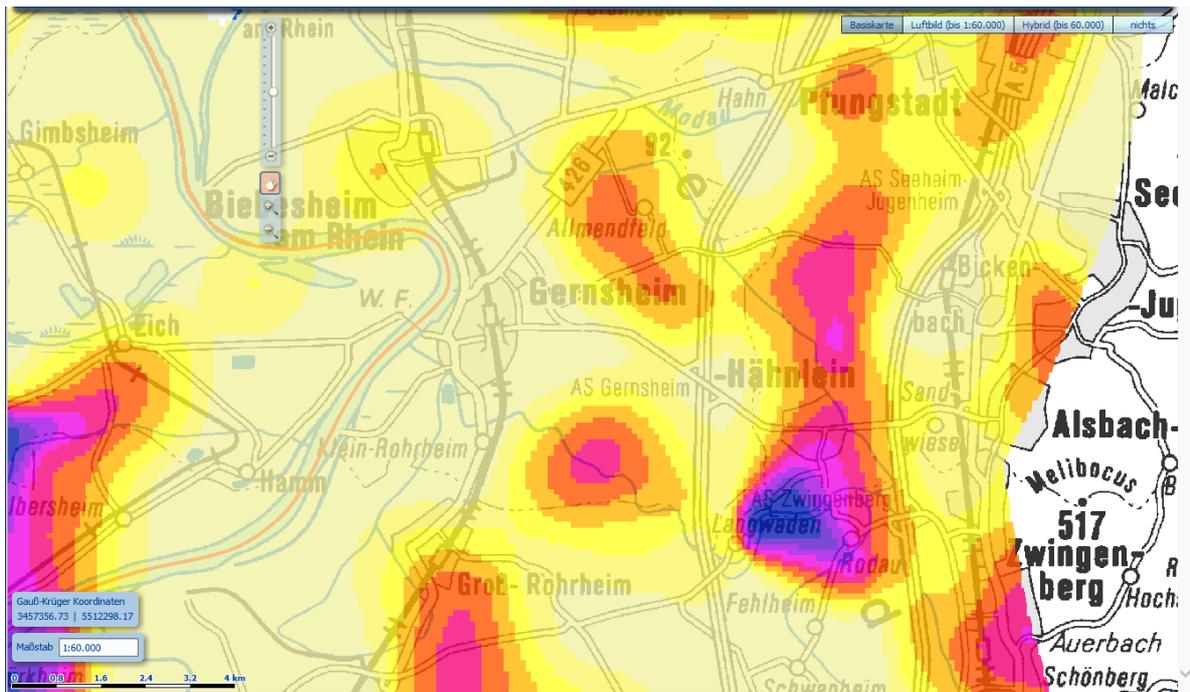


Abb. 9: Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich > 25 - 30 m u. GOK im Raum Pfungstadt, Alsbach-Hähnlein, Allmendfeld und Gernsheim mit dem Verlauf des Fanggrabens und der Modau (Quelle: HLNUG, Projekt 3D NORG) (Legende: dunkellila 100 % bis hellgelb 10 % Wahrscheinlichkeit).

3.5 Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Langen und dem im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerk Walldorf der Gemeinde Mörfelden-Walldorf

Die Kläranlage Langen liegt im Grundwasseranstrom in der Zone IIIB, d. h. im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen des Wasserwerks Walldorf der Stadtwerke Mörfelden-Walldorf. Das Schutzgebiet grenzt im Süden direkt an das Wasserschutzgebiet des WW Mörfelden und überlagert im Nordosten das Schutzgebiet der Gewinnungsanlagen des Wasserwerks Zeppelinheim der Stadtwerke Neu-Isenburg. Eine Überprüfung und Anpassung der Zonen IIIA und IIIB an die Anforderungen des aktuellen technischen Regelwerks DVGW W 101 (Stand 2006) ist aufgrund der z. T. fehlenden Flächen im Einzugsgebiet der Gewinnungsanlagen, wie der südwestlichen Ortslage von Langen zu empfehlen.

Die oberflächennah verbreiteten quartären Lockersedimente im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitengewässer (Auensedimente über Flugsand und Rheinschottern [Schotter, Kies, Sand]) weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. In Abb. 10 ist die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens bindiger Schichten in den obersten 0 – 5 m u. GOK dargestellt. Für das Einleitengewässer (Geräthsbach) der Kläranlage Langen werden direkt im Abstrom hinter der Einleitestelle infiltrierende Verhältnisse angenommen. Mit einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch den Eintrag von abwasserbürtigen Stoffen muss gerechnet werden. Im Betrachtungsraum ist in den quartären Lockersedimenten zwischen der Ortslage von Langen und dem Wasserwerk Walldorf im genutzten Grundwasservorkommen kein Grundwasserstockwerksbau ausgebildet. Die

Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen 3 – 15 m u. GOK (Karte 2).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Walldorf entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 16,3 – 36,3 m u. GOK).

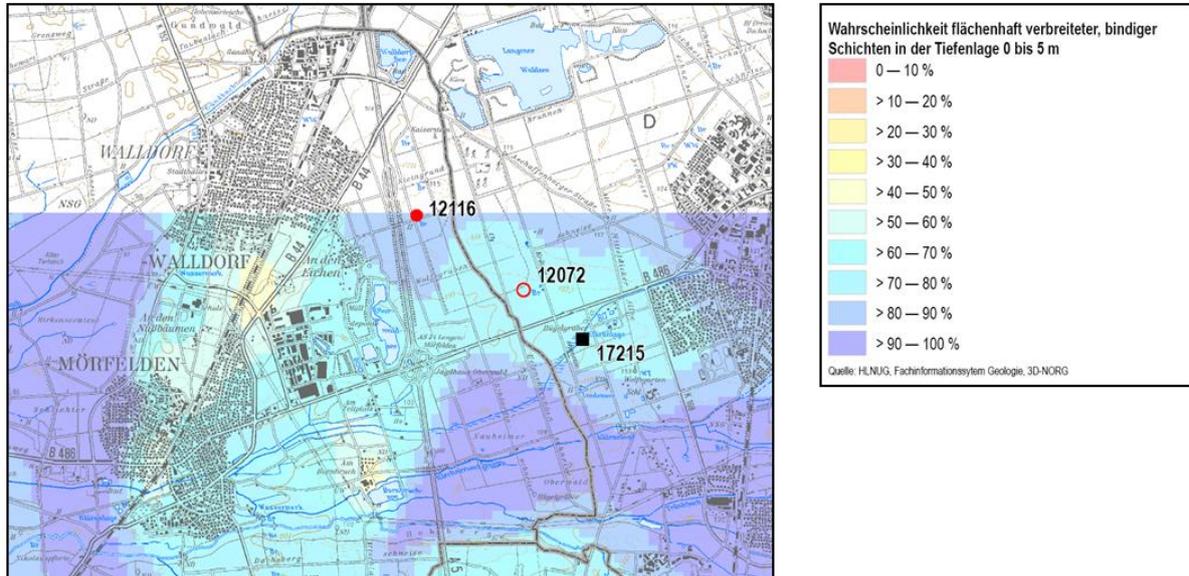


Abb. 10: Darstellung des Gewässernetzes und der Ableitung der flächenhaften Verbreitung von Grundwassergewinnungselementen mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit > 1 m) im Tiefenbereich 0 – 5 m u. GOK im Raum Darmstadt-Wixhausen, Langen und Mörfelden-Walldorf (Quelle: HLNUG, Projekt 3D-NORG)(Ausschnitt aus Karte 3, siehe dort die Messstellenlegende).

3.6 Hydrogeologische Situation zwischen der Kläranlage Buchschlag und der im Grundwasserabstrom gelegenen Wasserwerke der Stadt Dreieich-Sprendlingen und der Stadt Neu-Isenburg

Die Kläranlage Buchschlag liegt im Grundwasseranstrom und in der Zone IIIA der Trinkwassergewinnungsanlagen der Wasserwerke Neu-Isenburg (Br. 4 – 10, 16 – 21) und vermutlich im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen des Wasserwerks Sprendlingen der Stadt Dreieich. Eine Überprüfung und Anpassung der Zonen IIIA und IIIB an die Anforderungen des aktuellen technischen Regelwerks DVGW W 101 (Stand 2006) ist aufgrund der bislang nicht vollständig abgegrenzten Flächen erforderlich. Im Schutzgebietsgutachten wurde damals auf eine vollständige Abgrenzung mit dem Verweis auf die überlagernden Schutzgebiete der Brunnen des WW Neu-Isenburg und der Brunnengalerien der Stadtwerke Frankfurt verzichtet /8/. Diese Abgrenzung entspricht nicht den Anforderungen der aktuellen Regelwerke.

Oberflächennah sind quartäre Lockersedimente (Auenlehm der Nebentäler, Lehm über Sand und Kies) im Bereich der natürlichen Oberflächengewässer und Einleitegewässer verbreitet. Sie weisen wechselnde Durchlässigkeitsverhältnisse und Mächtigkeiten auf. Nach der Geologischen Karte (GK25, Blatt 5917 Kelsterbach) stehen unter den Auensedimente Pleistozäne Terrassen des Mains ([qp,GS, t1], Sand, kiesig) mit Tonlagen an. Als Referenzprofil für diesen Standort kann die HLNUG-Bohrung 5917/250 (Anlage 12) verwendet werden.

Für das Einleitegewässer (Hengstbach) der Kläranlage Dreieich-Buchschlag sind direkt an und im Abstrom hinter der Einleitestelle infiltrierende Verhältnisse anzunehmen. Eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch den Eintrag von abwasserbürtigen Stoffen ist daher nicht auszuschließen. Die Grundwasserflurabstände zum obersten Grundwasserleiter betragen > 20 – 30 m u. GOK (Karte 2).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Neu-Isenburg entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 20 – 109 m u. GOK).

Die Trinkwassergewinnungsanlagen des WW Breitensee der Stadt Dreieich-Sprendlingen entnehmen Grundwasser aus dem oberen / mittleren Grundwasserstockwerk des Quartärs (Filterstrecke 29 – 83 m u. GOK).

4. Generelle Bewertung der Analysenergebnisse

4.1 Bewertungsgrundlagen

Für eine Bewertung der Konzentrationen der meisten im Grundwasser und Oberflächenwasser nachgewiesenen Spurenstoffe fehlt ein einheitlicher, umfassender und festgelegter Bewertungsmaßstab. Für diese gibt es weder rechtlich verbindliche Grenzwerte für Oberflächengewässer noch Grenzwerte für Grundwasser, Rohwasser oder Trinkwasser. Für einzelne der gefundenen Stoffe gibt es zur Beurteilung des ökotoxikologischen Risikos Umwelt-

qualitätsnormen (UQN) gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie (RL 2013/39/EU) /22/, die in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) genannt sind. Diese müssen einerseits zur Bewertung der Stoffe in Oberflächengewässern herangezogen werden, dienen andererseits aber auch zur Bewertung von Grundwasserbelastungen nach dem Konzept zur Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser (Moll & Quadflieg (2014) /12/). Zitat: „Die Geringfügigkeitsschwelle wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffkonzentrationen gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden. Damit soll das Grundwasser überall für den menschlichen Gebrauch als Trinkwasser nutzbar bleiben und als Lebensraum intakt gehalten werden, unter anderem weil Grundwasser Bestandteil des Naturhaushalts ist und den Basisabfluss von Oberflächenwasser bildet oder den Charakter grundwasserabhängiger Ökosysteme beeinflusst.“ In diesem Konzept ist zudem festgelegt, dass, soweit keine UQN verfügbar sind, stattdessen nach den EU-Regeln hergeleitete PNEC (predicted no effect concentration) verwendet werden sollen.

Für einzelne der gefundenen Stoffe gibt es zur Beurteilung des humantoxikologischen Risikos bei einer möglichen Nutzung von Grundwasser für Trinkwasserzwecke mangels vorhandener Grenzwerte gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) oder Leitwerte des Umweltbundesamtes und/oder der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit. Diese sind je nach Datenlage wissenschaftlich unterschiedlich gut begründet und sind so niedrig angesetzt, dass auch bei lebenslanger Aufnahme der betreffenden Substanz kein Anlass zur gesundheitlichen Besorgnis besteht (Dieter, Hermann, H. (2011) /23/).

Zur Bewertung der Befunde im hessischen Ried wurden vom Umweltbundesamt die aktuellen GOW, Leitwerte, PNEC und andere zur Verfügung gestellt (Stand April 2016). Diese Werte sind in den Datentabellen genannt und Überschreitungen an den relevanten Messstellen farblich markiert. In der folgenden Tab. 1 sind sie zusammengefasst dargestellt. Die Bewertungen sind einem Wandel durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse unterworfen. Daher ist es möglich, dass aufgrund neuerer toxikologischer Daten bereits im Juni 2016 die Trinkwasserkommission die Werte für z. B. perfluorierte Verbindungen ändern wird.

Die vorgenommenen Bewertungen basieren auf Bewertungen der jeweiligen Einzelstoffe und nicht auf einer Mischungstoxizität, auch wenn viele Stoffe gleichzeitig auftreten.

Zudem wird durch die durchgeführten Non-Target-Untersuchungen belegt, dass zusammen mit den analysierten und quantifizierten Stoffen eine deutliche höhere Anzahl weiterer bisher unbekannter Stoffe über die Abwässer in Oberflächengewässer und Grundwässer gelangt sind. Diese Stoffe entziehen sich derzeit einer toxikologischen oder ökotoxikologischen Bewertung.

Bereits seit langer Zeit kann Bor aufgrund seiner früher großen Anwendung in Waschmitteln als Indikator für kommunale Abwässer betrachtet werden. Im Grundwasser ist für diesen Parameter ein Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,75 mg/l und im Trinkwasser ein Grenzwert von 1,0 mg/l festgelegt worden. Eine Borkonzentration von > 50 µg/l stellt im Grundwasser einen typischen Indikator für eine Beeinflussung des Grundwasservorkommens (Verschmutzungsindikator) durch die Infiltration von anthropogen belasteten Oberflächenwasser dar (Hütter, L. A. (1992)) /24/.

Tab. 1: Verwendete Bewertungsgrundlagen (Stand April 2016).

Parameter	Wirkstoffgruppe	CAS Nr.	ökotox. Beurteilung	ökotox. Beurteilung	Trinkwasserbeurteilung
			JD (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeV 2011 (4) RL 2013/39/EU	ZHK (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeV 2011 (4) RL 2013/39/EU	(1) GOW (2) Leitwert (3) Mini-gebot (4) Vorsorgewerte (5) Grenzwert TrinkwV
10,11-Dihydro-10-hydroxycarbamazepine (10OHCZ)	Arzneimittel Metabolit	29331-92-8			(1) 0,3
2-Hydroxybiphenyl (Phenylphenol)	Alkylphenole und Metabolite	90-43-7	(1) 0,9		
4-Acetamidoantipyrin (Acet-AP)	Arzneimittel Metabolit	83-15-8			(4) 0,1
4-Formylaminoantipyrin (Formyl-AAP)	Arzneimittel Metabolit	1672-58-8			(4) 0,1
Acesulfam	Süßstoff	33665-90-6			(3) 10
Amidotrioesäure	Arzneimittel	117-96-4			(1) 1
Amisulprid	Arzneimittel	71675-85-9	(1) 10		
Atrazin	Pflanzenschutzmittel	1912-24-9	(3) 0,6	(3) 2	(5) 0,1
Azinphos-ethyl	Pflanzenschutzmittel	2642-71-9	(3) 0,01		(5) 0,1
Azitromycin	Arzneimittel	83905-01-5	(2) 0,09	(2) 0,09	(1) 0,3
Bentazon	Pflanzenschutzmittel	25057-89-0	(3) 0,1		(5) 0,1
Benzotriazol (Bz)	Benzotriazole	95-14-7	(1) 19,4	(2) 120	(1) 3
Bisphenol A	Alkylphenole und Metabolite	80-05-7	(1) 1,5		
Bromacil	Pflanzenschutzmittel	314-40-9	(3) 0,6		(5) 0,1
Carbamazepin	Arzneimittel	298-46-4	(2) 0,5	(2) 1990	(1) 0,3
Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy	Arzneimittel Metabolit	35079-97-1			(1) 0,3
Chlorfenvinphos	Pflanzenschutzmittel	470-90-6	(3) 0,1	(3) 0,3	(5) 0,1
Clofibrinsäure	Arzneimittel Metabolit	882-09-7	(2) 5		(1) 3
Cyclamat Na	Süßstoff	139-05-9			(3) 10
DEET	Organik	134-62-3	(2) 41	(2) 410	
Desphenyl-chloridazon	Pflanzenschutzmittel	6339-19-1			(1) 3
Diclofenac	Arzneimittel	15307-86-5	(2) 0,05		(1) 0,3
Diuron	Pflanzenschutzmittel	330-54-1	(3) 0,2	(3) 1,8	(5) 0,1
Fenpropimorph	Pflanzenschutzmittel	67306-03-0			(5) 0,1
Fluchloralin	Pflanzenschutzmittel	33245-39-5			(5) 0,1
Fluoxetin	Arzneimittel	54910-89-3	(1) 0,012		
Gabapentin	Arzneimittel	60142-96-3	(1) 10		(1) 1
Hexazinon	Pflanzenschutzmittel	51235-04-2	(3) 0,07		(5) 0,1
Iopamidol	Arzneimittel	60166-93-0			(1) 1
Lamotrigin	Arzneimittel	84057-84-1	(1) 10		
Mecoprop (MCP)	Pflanzenschutzmittel	93-65-2	(3) 0,1		(5) 0,1
Olmesartan	Arzneimittel	144689-24-7			(1) 0,3

Parameter	Wirkstoffgruppe	CAS Nr.	ökotox. Beurteilung	ökotox. Beurteilung	Trinkwasserbeurteilung
			JD (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGewV 2011 (4) RL 2013/39/EU	ZHK (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGewV 2011 (4) RL 2013/39/EU	(1) GOW (2) Leitwert (3) Mini-gebot (4) Vorsorgewerte (5) Grenzwert TrinkwV
Oxipurinol	Arzneimittel Metabolit	2465-59-0			(1) 0,3
Parathion-ethyl	Pflanzenschutzmittel	56-38-2	(3) 0,005		(5) 0,1
Pendimethalin	Pflanzenschutzmittel	40487-42-1			(5) 0,1
PFBA	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	375-22-4			(2) 7
PFBS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	29420-49-3			(1) 3
PFHpS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	45298-90-6			(1) 0,3
PFHxA	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	307-24-4			(1) 1
PFHxS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	355-46-4			(1) 0,3
PFOS (Perfluorooctansulfonat)	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	1763-23-1	(4) 0,00065	(4) 36	
Phenazon	Arzneimittel	60-80-0	(2) 1,1		(4) 0,1
Phenobarbital	Arzneimittel	50-06-6			(1) 0,3
Primidon	Arzneimittel	125-33-7			(1) 3
p-Toluolsulfonsäure	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	6192-52-5			(1) 0,3
Saccharin Na	Süßstoff	128-44-9	(1) 116		
Simazin	Pflanzenschutzmittel	122-34-9	(3) 1	(3) 4	(5) 0,1
Sulfamethoxazol	Arzneimittel	723-46-6	(2) 0,6	(2) 2,7	(1) 35
Summe 4-, 5-Methyl-1H-benzotriazole (4MeBz/5MeBz)	Benzotriazole	29878-31-7, 136-85-6	(1) 140		
Summe PFOA und PFOS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	335-67-1, 1763-23-1			(2) 0,3
Terbutryn	Pflanzenschutzmittel	886-50-0	(4) 0,065	(4) 0,34	(5) 0,1
tert-Octylphenol	Alkylphenole und Metabolite	140-66-9	(3) 0,1		
Tri-n-butylphosphat (TBP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	126-73-8	(3) 10		
Triphenylphosphat (TPP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	115-86-6	(1) 3,7	(2) 24	
Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	13674-87-8	(1) 10		
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	115-96-8	(2) 4		(1) 1
Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	13674-84-5	(1) 260		(1) 1
Vinclozolin	Pflanzenschutzmittel	50471-44-8			(5) 0,1

Abkürzungen:

JD / ZHK / UQN : JD = Jahresdurchschnitt (jährlicher Mittelwert), ZHK = Zulässige Höchst-Konzentration (Maximalwert), UQN = Umweltqualitätsnorm
PNEC: predicted no effect concentration
GOW: Gesundheitlicher Orientierungswert
Trinkwasserbeurteilung: dauerhaft akzeptable Konzentration gem. UBA
Mini.gebot: Minimierungsgebot gem. TrinkwV

4.2 Allgemeines

4.2.1 Untersuchungsumfang

Im Rahmen des Messprogramms wurden insgesamt 12 kommunale Kläranlagen und die Kläranlage Merck (jeweils im Kläranlagenablauf), 8 Oberflächengewässer und 24 Grundwassermessstellen im Hessischen Ried beprobt. Im Februar / März 2015 wurden jeweils zwei Proben in den Kläranlagenabläufen und in den Oberflächengewässer und jeweils eine Probe aus den Grundwassermessstellen gezogen und auf das Vorkommen von Spurenstoffen untersucht.

Die Proben wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und / oder der Hochschule Fresenius (HSF) auf insgesamt 295 Spurenstoffe untersucht. Die meisten dieser Stoffe waren bereits in den Messprogrammen für die Oberflächengewässer in früheren Jahren enthalten; daher liegt für die Oberflächengewässer eine bessere Datenlage vor, die in den Ergebnistabellen berücksichtigt wurde.

Von den 295 untersuchten Spurenstoffen wurden insgesamt 136 in den Kläranlagenabläufen, 115 in den Oberflächengewässer und 114 in den Grundwassermessstellen nachgewiesen.

In den ausgewählten Grund- und Rohwässern verteilten sich die 295 organischen Spurenstoffe auf die verschiedensten Parametergruppen.

Tab. 2: Anzahl von untersuchten Parametern für ausgewählte Stoff- bzw. Einsatzgruppen sowie die Anzahl der jeweiligen Positivbefunde in den untersuchten Grund- und Rohwässern.

Stoff- bzw. Einsatzgruppen	Anzahl der Einzelparameter	Anzahl der Positivbefunde	Anteil der Positivbefunde [%]
Arzneimittel	106	50	47
darunter			
Antibiotika	11	4	36
Analgetika	11	7	63
Antiepileptika	18	14	78
Röntgenkontrastmittel	5	2	40
Sonstige Arzneimittel	61	23	38
PFT	24	11	46
PSM	142	21	15
Süßstoffe	5	4	80
Sonstige organische Spurenstoffe	18	14	78
Summe	295	100	34

Wie aus der vorstehenden Tabelle zu ersehen ist, wurden bei den Arzneimittelwirkstoffen annähernd 50 % aller untersuchten Stoffe in den Grund- und Rohwässern nachgewiesen. Die Positivbefunde erstrecken sich über alle untersuchten Arzneimittelbereiche. Auch Antibiotikawirkstoffe konnten in den Grund- und Rohwässern detektiert werden.

Bei den PFT-Verbindungen konnte gleichfalls rund die Hälfte der untersuchten Stoffe in den Grund- und Rohwässern nachgewiesen werden. Nur einer der 5 untersuchten Süßstoffe wurden nicht in den Grund- und Rohwässern gefunden. Insgesamt konnte von 295 untersuchten Spurenstoffen rund ein Drittel in den Grund- und Rohwässern wiedergefunden werden. Somit ist eine deutliche Interaktion zwischen den oberirdischen Gewässern und dem Grundwasser gegeben.

4.2.2 Darstellung der Messergebnisse

In der vorangegangenen Tab. 2 sind alle in Grund- und Rohwässern gefundenen Spurenstoffe auf Stoffklassen bezogen gruppiert.

Weiterhin sind in Anlage 11.1 – 11.3 alle Messstellen (Kläranlagenablauf, Oberflächengewässer, Grundwassermessstelle / Brunnen) mit den gesamten Messergebnissen aufgelistet. In der Karte 1 ist die Lage der beprobten Messstellen dargestellt.

Die Spurenstoffe, die im Grundwasser nachgewiesen wurden, sind über eine Bewertung der Befunde mit den vom Umweltbundesamt für diesen Projektbericht übermittelten aktuellen GOW, Leitwerten, PNEC und andere Richtwerten (Stand April 2016) verglichen worden. Die ausgewählten Messstellen und deren Befunde wurden in einzelnen Steckbriefen den betrachteten Kläranlageneinleitestellen zugeordnet. In den Anlagen 1 – 10 sind entsprechend den hydrogeologischen Verhältnissen die Messergebnisse gegenübergestellt (Kläranlagenablauf, Oberflächenwasser- und Grundwasserqualität). Diese Messergebnisse sind in den Datentabellen genannt und Überschreitungen an den relevanten Messstellen farblich markiert worden. In den Anlagen 1-10 sind zur besseren Übersicht nur diejenigen Stoffe – auch bei den Daten zu den Kläranlagen und den Oberflächengewässern – aufgeführt, die in mindestens einer Grundwassermessstelle in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden wurden.

Die Probenahmestellen der Oberflächengewässer liegen alle unterhalb der Kläranlagen. Die meisten Grundwassermessstellen befinden sich in der Nähe der oberirdischen Gewässer.

4.3 Generelle Bewertung der Analyseergebnisse nach Stoffklassen

4.3.1 Humanarzneimittel generell

Rückstände von Arzneimitteln in kommunalen Abwässern, Fließgewässern und im Grundwasser sind in den letzten Jahren in den Blickpunkt gerückt.

Humanarzneimittel gelangen, aufgrund nur teilweiser Resorption der Wirkstoffe im Körper, mit den kommunalen Abwässern in die Kläranlagen. Dort können die meist polaren organischen Substanzen zum Teil nur unzureichend aus dem Abwasser entfernt werden, gelangen über die Einleiterstellen in die Oberflächengewässer und können über Versickerung aus den Oberflächengewässern auch ins Grundwasser gelangen. Mengenmäßig ist dies nach dem heutigen Wissenstand der bedeutendste Eintrittspfad von Arzneimitteln in das Grundwasser.

Ein weiterer Eintragungspfad sind Hausmülldeponien sowie undichte Abwasserleitungen.

Wirkungen einer geringen, jedoch permanenten Exposition von Arzneimittelwirkstoffen und deren Rückstände im Grund- und Trinkwasser sind humantoxikologisch und ökotoxikologisch weitgehend unerforscht (HLUG (2013), /27/).

4.3.1.1 Antiepileptika

Die Arzneimittel dieser Gruppe werden zur Behandlung von Epilepsien eingesetzt.

Im Arzneimitteluntersuchungsprogramm Südhessen des HLUG wurde Carbamazepin als Leitparameter in der Gruppe der Antiepileptika abgeleitet. Dieser Wirkstoff wird auch zur Behandlung von Manien, bei Hypothyreose (Unterfunktion der Schilddrüse) sowie als Antikonvulsivum (zur Behandlung wiederholter tonischer oder klonischer muskulärer Krampfgeschehen) eingesetzt. Bei Tagesdosen für Carbamazepin zwischen 0,6 und 1,2 g/d ergeben sich für Deutschland jährliche Verordnungsmengen von ca. 80 t/a (HLUG (2005), /28 /).

Carbamazepin

Kläranlagen:

Der Originalwirkstoff Carbamazepin war, mit Ausnahme der Kläranlage Fa. Merck KGaA, in allen Kläranlagen vertreten. Die Konzentrationen bewegen sich zwischen 0,3 – 0,8 µg/l.

Der Metabolit „Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy“ wurde in allen KA-Wässern gefunden, wobei die Konzentrationen mit meist 0,5 – 1 µ/l diejenigen des Ausgangsstoffes überschreiten. Gleiches gilt für den Metaboliten „10,11-Dihydro-10-hydroxycarbamazepin (10OHCBZ)“ und „Oxcarbazepin“.

Oberflächengewässer:

Carbamazepin wurde in allen Oberflächengewässern gefunden. Die mittleren Konzentrationen schwanken zwischen 0,3 – 0,6 µg/l.

Der Metabolit „Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy“ tritt meist in wesentlich höheren Konzentrationen auf (0,4 bis 2,0 µg/l).

Grundwasser:

Von den 24 untersuchten Grundwasserproben wiesen 4 Proben deutliche Rückstände auf: GWM4, Wallerstätten, GWM N113 WW Dornheim, EGELSBACH und Br. D Wasserwerk. Walldorf.

Der Originalwirkstoff Carbamazepin wurde in den oben aufgeführten Grundwassermessstellen zwischen 0,2 – 0,8 µg/l nachgewiesen. Verbunden sind diese Nachweise meist mit weiteren Positivbefunden der Metaboliten „Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy“ und „9-carboxylic acid acridine (9-CA-ADIN)“, die in ähnlichen Konzentrationsbereich nachgewiesen wurden.

Bei den übrigen wurden vereinzelt geringe Mengen detektiert.

In allen drei Kompartimenten wurden der Wirkstoff Carbamazepin und seine Metaboliten nachgewiesen. Die Konzentrationsbereiche unterscheiden sich nicht wesentlich zwischen den verschiedenen Gewässerarten. Das erwartete Konzentrationsgefälle von Abwässern aus Kläranlagen über Oberflächengewässern zu Grundwasser wurde nicht vorgefunden.

Weitere Antiepileptika

Gabapentin

Kläranlagen:

Dieser Wirkstoff wurde in allen Kläranlagenabläufen mit 2 – 6 µg/l nachgewiesen. Ausnahme ist die Kläranlage Fa. Merck KGaA, die keine Rückstände aufwies.

Oberflächengewässer:

Gabapentin wurde in den Vorflutern Landgraben, Schwarzbach und Mühlbach mit mittleren Konzentrationen um 1 µg/l detektiert. Die jeweiligen Maximalwerte lagen bei rund 2 µg/l.

Kein positiver Nachweis besteht für Sandbach, Modau und Fanggraben.

Grundwasser:

In den Grundwasserproben der Messstellen Wallerstätten (GWM 4 und GWM 4flach) sowie der GWM WW Dornheim (N110) wurde dieser Stoff nachgewiesen. Auffallend ist, dass die

maximale Konzentration mit 1,3 µg/l nicht in der flachen Messstelle von Wallerstätten nachgewiesen wurde. Alle anderen Grundwasserproben waren frei von dieser Verbindung.

Dieser Wirkstoff wurde in allen Kläranlagen, in der Hälfte aller Oberflächengewässer und in drei Grundwassermessstellen nachgewiesen.

Lamotrigin, Primidon und Amisulprid

Kläranlagen:

Diese Wirkstoffe wurden in allen Kläranlagenabläufen mit 0,2 – 0,6 µg/l nachgewiesen. Ausnahme ist die Kläranlage-Merck, die keine Rückstände bzw. nur vereinzelt geringe Spuren aufwies. Gegenüber Gabapentin liegen die Konzentrationen dieser Antiepileptika rund eine Zehnerpotenz niedriger.

Oberflächengewässer:

Die Wirkstoffe wurden in den Vorflutern Landgraben, Schwarzbach und Mühlbach mit mittleren Konzentrationen zwischen 0,2 – 0,5 µg/l detektiert. Die jeweiligen Maximalwerte lagen bei rund 0,6 µg/l.

Kein positiver Nachweis besteht für Sandbach, Modau und Fanggraben bzw. es liegen deutlich geringere Konzentrationen vor.

Grundwasser:

In den Grundwasserproben der Messstellen Wallerstätten (GWM 4 und GWM 4flach) sowie der GWM WW Dornheim (N110) und im Br. D des Wasserwerks Walldorf wurden diese Stoffe nachgewiesen. Die Konzentrationen bewegen sich meist um die 0,2 µg/l. In allen anderen Grundwasserproben konnten diese Verbindungen nicht nachgewiesen werden.

4.3.1.2 Röntgenkontrastmittel

Röntgenkontrastmittel (RKM) werden zur radiologischen Darstellung von Weichteilgeweben und Gefäßen eingesetzt. Sie erzeugen den nötigen Kontrast durch die Absorption der Röntgenstrahlung.

Jodierte Röntgenkontrastmittel zeichnen sich durch eine hohe biochemische Stabilität aus und werden zu 90 % unverändert ausgeschieden (HLUG (2005), /28/).

Der Verbrauch an Röntgenkontrastmittel in Deutschland liegt für die Jahre 2006 bis 2009 im Durchschnitt bei ca. 365 t/a (UBA(2011), /25/).

Aufgrund ihrer schlechten mikrobiologischen Abbaubarkeit werden die Stoffe in Kläranlagen nur geringfügig eliminiert und wegen ihrer hohen Polarität nur schlecht an Klärschlamm sorbiert. Wegen ihrer schlechten Abbaubarkeit findet während der Uferpassage nur eine geringfügige Elimination statt, so dass die iodierten RKM regelmäßig im Rohwasser von Uferfiltratwasserwerken nachgewiesen werden können, wobei die Konzentrationen im Rohwasser weitgehend denen im Oberflächengewässer entsprechen (Bergmann, A. (2011), /29/).

Im Arzneimitteluntersuchungsprogramm Südhessen des HLUG wurde Iomeprol als Leitparameter in der Gruppe der Röntgenkontrastmittel abgeleitet (HLUG (2005), /28/).

Amidotrizoesäure

Kläranlagen:

Amidotrizoesäure war in allen Kläranlagenwässern mit Konzentrationen zwischen 0,5 – 1 µg/l zu finden.

Oberflächengewässer:

Amidotrizoesäure wurde in allen Oberflächengewässern gefunden. Die überwiegende Menge der mittleren Konzentrationen liegen im Bereich von 0,5 – 2 µg/l, die Maximalkonzentrationen sind meist zwischen 2 und 5 µg/l angesiedelt. Für den Landgraben, Mühlbach und Fanggraben wurden deutlich höhere Maximalkonzentrationen (6 – 19 µg/l) gemessen.

Grundwasser:

In den Grundwasserproben der Messstellen Egelsbach, Weiterstadt und Br. D WW Walldorf wurden Rückstände dieses Stoffes nachgewiesen. Mit Konzentrationen zwischen 3 – 5 µg/l übersteigen sie, die in Kläranlagenabläufen und Vorflutern nachgewiesenen Werte (mit Ausnahme des Landgrabens, Mühlbachs und Fanggrabens). Die restlichen 21 Grundwässer wiesen dagegen keinen positiven Befund auf. Der Stoff ist sehr schlecht abbaubar und wird schon sehr lange medizinisch genutzt.

Dieses Röntgenkontrastmittel wurde deshalb in einer Studie an der Lahn als Referenzsubstanz für Röntgenkontrastmittel herangezogen.

lomeprol

Kläranlagen:

Dieser Wirkstoff ist in allen Kläranlagenwässern mit Konzentrationen zwischen 1 – 5 µg/l zu finden. Nur für die Kläranlage Fa. Merck KGaA wurde kein positiver Befund erhalten.

Oberflächengewässer:

lomeprol wurde in allen untersuchten Oberflächengewässern gefunden.

Die überwiegende Menge der mittleren Konzentrationen lagen im Bereich von 0,5 – 1 µg/l, die Maximalkonzentrationen lagen meist bei rund 2 µg/l. Für den Landgraben wurden deutlich höhere Konzentrationen (durchschnittlich 2 bzw. maximal 6 µg/l) ermittelt.

Grundwasser:

Im Grundwasser konnten keine Rückstände gefunden werden.

lopromid

Kläranlagen:

lopromid wurde in allen Kläranlagenwässern mit Konzentrationen zwischen 0,3 – 1 µg/l gefunden. Nur für die Kläranlage Fa. Merck KGaA wurde kein positiver Befund erhalten.

Oberflächengewässer:

lopromid wurde in 6 von 8 Oberflächengewässern (Schwarzbach Nauheim und Mühlbach) gefunden. Die mittleren Konzentrationen lagen im Bereich von 0,3 bis 1 µg/l, die Maximalkonzentrationen lagen meist bei rund 1 µg/l.

Grundwasser:

In den Grundwasserproben konnten keine Rückstände gefunden werden.

Weitere Röntgenkontrastmittel

lopamidol und lohexol

Kläranlagen:

lopamidol wurde in 6 und lohexol in 9 von 13 Kläranlagenabläufen nachgewiesen. lopamidol konnte in Konzentrationen zwischen 0,08 – 2 µg/l und lohexol zwischen 0,1 – 4,7 µg/l nachgewiesen werden.

Oberflächengewässer:

Iopamidol wurde in 3 und Iohexol in 2 von 8 untersuchten Oberflächengewässern gefunden. Die mittleren Konzentrationen lagen für Iohexol im Bereich von 0,1 – 0,2 µg/l, die Maximalkonzentration lag bei 1,1 µg/l. Für Iopamidol lagen die mittleren Konzentrationen zwischen 0,09 – 0,65 µg/l, die Maximalkonzentration lag bei 7,9 µg/l im Fanggraben.

Grundwasser:

In 4 von 24 Grundwasserproben konnte Iopamidol nachgewiesen werden. Der Stoff konnte in den Grundwassermessstellen von Wallerstätten (GWM 4), GWM WW Dornheim N 113, GWM Egelsbach und Br. D WW Walldorf nachgewiesen werden. Die mittleren Konzentrationen lagen zwischen 0,05 – 0,5 µg/l

In keiner Grundwasserprobe konnte Iohexol nachgewiesen werden.

4.3.1.3 Antibiotika

Acetylsulfamethoxazol, Azitromycin, Clarithromycin, Clindamycin, Erythromycin, Roxithromycin, Sulfamethoxazol, Sulfapyridin und Trimethoprim

Antibiotika sind Substanzen, die einen so starken hemmenden Einfluss auf die Stoffwechselprozesse von Mikroorganismen haben, dass sie eine Vermehrung bzw. ein Weiterleben dieser Mikroorganismen unterbinden. Antibiotika werden in erster Linie zur lokalen oder systemischen Therapie von bakteriellen Infektionskrankheiten eingesetzt.

Antibiotika gehören zu den therapeutisch bedeutsamsten Arzneimittelgruppen, die in der Humanmedizin verordnet werden.

Auch in der Tierhaltung und der Veterinärmedizin werden große Mengen von Antibiotika eingesetzt.

Insgesamt sind im Jahr 2014 1.238 Tonnen (t) Antibiotika von pharmazeutischen Unternehmen und Großhändlern an Tierärzte in Deutschland abgegeben worden /26/.

Die Gesamt-„Tonnage“ der im humanmedizinischen Bereich eingesetzten Antibiotika beträgt rund 700 bis 800 Tonnen jährlich und liegt damit unter den veterinärmedizinischen Mengen /30/.

85 Prozent der Human-Antibiotika werden von niedergelassenen Ärzten verschrieben.

Kläranlagen:

Alle aufgeführten Verbindungen konnten in den kommunalen Kläranlagenabläufen nachgewiesen werden.

Die Konzentrationen bewegten sich fast einheitlich zwischen 0,2 – 0,4 µg/l.

Ausnahme ist die Kläranlage Fa. Merck KGaA, bei der nur in einer Probe der Wirkstoff Azitromycin nachgewiesen wurde.

Oberflächengewässer:

Die gesamte Wirkstoffpalette wurde in den Vorflutern Landgraben, Schwarzbach und Mühlbach nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen fast einheitlich zwischen 0,2 – 0,3 µg/l. Damit liegen die Konzentrationen in den Vorflutern nur unwesentlich unter denen der Kläranlagenabläufe.

Sulfapyridin und abgeschwächt Clarithromycin konnten jedoch in allen Vorflutern detektiert werden.

Grundwasser:

Der Wirkstoff Sulfamethoxazol wurde in den Grundwässern der Messstelle Egelsbach und im Br. D WW Walldorf mit rund 0,2 µg/l nachgewiesen.

Der Wirkstoff Azitromycin wurde einmalig im Br. 6, Wasserwerk Pfungstadt (Hessenwasser GmbH & Co. KG) mit knapp 0,3 µg/l detektiert.

Das Antibiotika Sulfapyridin wurde in den Grundwässern der Messstellen Wallerstätten (GWM 4 und GWM 4flach), GWM WW Dornheim N110 mit Konzentrationen zwischen 0,1 – 0,2 µg/l nachgewiesen. Spuren dieser Verbindung waren auch im Brunnen D Walldorf sowie Br. 10A WW Allmendfeld vorhanden.

4.3.1.4 Analgetika / Antiphlogistika

Als Analgetika werden Medikamente bezeichnet, die eine schmerzstillende oder schmerzlindernde Wirkung besitzen. Sie werden zur Behandlung von akuten oder chronischen Schmerzen eingesetzt. Die nichtopioiden Analgetika wirken zusätzlich antipyretisch, einige auch entzündungshemmend.

In der Therapie rheumatischer Erkrankungen werden vorzugsweise nichtsteroidale Antiphlogistika / Antirheumatika eingesetzt. Sie dienen dazu, den entzündlichen Prozess zurückzudrängen, die Beweglichkeit zu verbessern und vor allem auch den entzündlichen Schmerz zu vermindern. Die Antirheumatika haben unter den führenden Arzneimittelwirkstoffen einen großen Anteil. Bei den nichtsteroidalen Antiphlogistika dominiert weiterhin die Substanz Diclofenac mit weit mehr als der Hälfte der Verordnungen.

Im Jahre 2001 wurden ca. 1.836 t Analgetika und ca. 633 t Antirheumatika verkauft /29/.

Im Arzneimitteluntersuchungsprogramm Südhessen des HLUg wurde Phenazon als Leitparameter in der Gruppe der Analgetika und Diclofenac als Leitparameter in der Gruppe der Antirheumatika abgeleitet (HLUG (2005), /28/).

4-Acetamidoantipyrin, 4-Aminoantipyrin, 4-(Dimethylamino)pyridin und 4-Formylaminoantipyrin

Der Wirkstoff Antipyrin gehört zu den Pyrazolverbindungen und ist ein fiebersenkendes Schmerzmittel.

Kläranlagen:

4-(Dimethylamino)pyridin (DMAP) wurde nicht nachgewiesen

Die anderen drei Verbindungen waren in allen Kläranlagenwässern mit Konzentrationen zwischen 0,5 und rund 2 µg/l zu finden. Die Kläranlage-Merck weist nur Spuren dieser Stoffe auf.

Oberflächengewässer:

Der Wirkstoff 4-Aminoantipyrin wurde in den Vorflutern nur im Mühlbach nachgewiesen. In zwei Vorflutern (Schwarzbach und Landgraben Trebur) wurde die Verbindung 4-(Dimethylamino)pyridin nachgewiesen, die wiederum in den Kläranlagen nicht detektiert wurde.

4-Acetamidoantipyrin und 4-Formylaminoantipyrin wurden jedoch durchgängig in allen Vorflutern in mittleren Konzentrationen zwischen 0,3 – 1,5 µg/l nachgewiesen.

Grundwasser:

Der Wirkstoff 4-(Dimethylamino)pyridin wurde in keinem Grundwasser nachgewiesen.

Die restlichen 3 Verbindungen dieser Stoffgruppen wurden jedoch in einigen Grundwässern (Wallerstätten, Dornheim und Walldorf) im Bereich zwischen 0,2 – 0,8 µg/l gefunden.

Alle anderen Grundwässer enthielten keine bzw. nur Spuren dieser Verbindungen.

Diclofenac

Kläranlagen:

Der Wirkstoff Diclofenac war in allen kommunalen Kläranlagenabläufen mit 1 – 2,5 µg/l vertreten.

Ausnahme ist die Kläranlage Fa. Merck KGaA, die nur geringfügige Konzentrationen aufweist.

Oberflächengewässer:

Der Wirkstoff war mit mittleren Konzentrationen zwischen 0,5 – 1,5 µg/l in allen Vorflutern nachzuweisen.

Grundwasser:

Der Wirkstoff war in den Grundwässern der Messstellen Wallerstätten (GWM 4 und GWM 4flach) und GWM WW Dornheim N110 nachzuweisen. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 0,1 – 0,5 µg/l. Alle anderen Grundwässer enthielten keine bzw. nur Spuren dieser Verbindungen.

Tramadol

Kläranlagen:

Der Wirkstoff Tramadol war in allen Kläranlagenabläufen mit 0,5 – 1 µg/l vertreten. Ausnahme ist die Kläranlage Merck, die nur Spuren dieser Verbindung aufwies.

Oberflächengewässer:

Der Wirkstoff war mit Konzentrationen zwischen 0,3 – 0,6 µg/l in allen Vorflutern nachzuweisen. Damit liegen die Konzentrationen in den Vorflutern nur unwesentlich unter denen der Kläranlagenabläufe.

Grundwasser:

Der Wirkstoff war in den Grundwässern nicht nachzuweisen. Geringe Spuren wurden in dem Grundwasser der Messstelle GWM N113 WW Dornheim nachgewiesen.

4.3.1.5 Sonstige Arzneimittelwirkstoffe

Betablocker

Atenolol, Atenololsäure, Bisoprolol, Metoprolol, Propranolol und Sotalol

Betablocker, auch Beta-Rezeptorenblocker, β -Blocker oder Beta-Adrenozeptor-Antagonisten genannt, sind eine Reihe ähnlich wirkender Arzneistoffe, die im Körper β -Adrenozeptoren blockieren und so die Wirkung des „Stresshormons“ Adrenalin und des Neurotransmitters Noradrenalin hemmen. Die wichtigsten Wirkungen von Betablockern sind die Senkung der Ruheherzfrequenz und des Blutdrucks, weshalb sie bei der medikamentösen Therapie vieler Krankheiten, insbesondere von Bluthochdruck und koronarer Herzkrankheit eingesetzt werden.

Wegen der gut belegten Wirksamkeit und der großen Verbreitung der Krankheiten bei denen Betablocker zum Einsatz kommen, zählen sie zu den am häufigsten verschriebenen Arznei-

mitteln: 2006 wurden in Deutschland 1,98 Milliarden definierte Tagesdosen (DDD) Betablocker verschrieben. Der bekannteste und mit Abstand am meisten verschriebene Wirkstoff ist Metoprolol, der auch als Leitparameter fungiert.

Im Jahre 2001 wurden ca. 160 t β -Rezeptorenblocker verkauft (Quelle: Axel Bergmann: Organische Spurenstoffe im Kreislauf, acatech Materialien Nr. 12, München 2011).

Im Arzneimitteluntersuchungsprogramm Südhessen des HLUG /28/ wurde Metoprolol als Leitparameter in der Gruppe der Betablocker abgeleitet.

Kläranlagen:

Alle aufgeführten Verbindungen konnten in den kommunalen Kläranlagen nachgewiesen werden.

Die Konzentrationen bewegen sich fast einheitlich zwischen 0,3 – 0,8 $\mu\text{g/l}$.

Ausnahme ist die Kläranlage Merck, die nur den Wirkstoff Bisoprolol aufwies, dies allerdings in hohen Konzentrationen zwischen 1 – 3 $\mu\text{g/l}$.

Oberflächengewässer:

Die Wirkstoffe Metoprolol und Sotanol wurden in allen Vorflutern gefunden. Die Konzentrationen lagen fast einheitlich zwischen 0,2 – 0,6 $\mu\text{g/l}$. Damit lagen die Konzentrationen in den Vorflutern nur unwesentlich unter denen der Kläranlagenabläufe.

Atenolol, Atenololsäure und Bisoprolol wurden auch im Landgraben, Schwarzbach, Mühlbach und Fanggraben in gleicher Größenordnung gefunden.

Grundwasser:

Der Wirkstoff Sotanol wurde einzig im Grundwasser der Messstelle GWM 4 Wallerstätten mit rund 0,2 $\mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Gleichfalls enthielt dieses Grundwasser auch Spuren von Atenololsäure.

Blutdrucksenker

Eprosartan, Olmesartan, Furosemid, Valsartan, Irbesartan und Telmisartan

Kläranlagen:

Mit wenigen Ausnahmen sind die Blutdrucksenker in allen Kläranlagenausläufen durchgängig vorhanden. Oft mit deutlichen Konzentrationen zwischen 0,2 – 1 µg/l. Ausnahme stellt die Kläranlage Fa. Merck KGaA dar, in deren Ablauf einmal Telmisartan mit rund 0,2 µg/l gefunden wurde.

Oberflächengewässer:

Eprosartan wurde in keinem Vorfluter gefunden.

Irbesartan, Furosemid und Telemisartan konnten nicht im Sandbach, Modau und Fanggraben nachgewiesen werden.

Valsartan und Olmesartan wurde in allen Oberflächengewässern gefunden. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 0,4 – 1 µg/l.

Grundwasser:

Olmesartan wurde mit rund 0,2 µg/l in den Messstellen GWM 4 Wallerstätten und GWM N113 WW Dornheim gefunden. Meist sind Spuren von Furosemid gleichfalls nachzuweisen. Alle anderen Grundwässer wiesen keine Rückstände dieser Verbindungen auf.

Antidepressiva

Duloxetin, N-Desvenlafaxin, Paroxetin, Quetiapin, Sertralin, Bupropion, Citalopram, Desmethylenlafaxin, Fluoxetin, Hydroxybupropion und Venlafaxin

Antidepressiva sind Psychopharmaka, die hauptsächlich gegen Depressionen, aber auch bei Zwangsstörungen und Panikattacken, generalisierten Angststörungen, phobischen Störungen, Essstörungen, chronischen Schmerzen, Entzugssyndromen, Antriebslosigkeit, Schlafstörungen, prämenstruell-dysphorischem Syndrom sowie bei der posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS, PTSD) eingesetzt werden.

Kläranlagen:

Auch bei dieser Stoffgruppe wurden für die Kläranlage Fa. Merck KGaA keine positiven Nachweise bzw. nur vereinzelte Verbindungen nahe der Bestimmungsgrenze gefunden.

N-Desvenlafaxin wurde in allen kommunalen Kläranlagenabwässern mit 0,6 bis 1,5 µg/l in relativ hohen Konzentrationen gefunden.

Desmethylvenlafaxin und Venlafaxin sind Verbindungen, die ebenfalls durchgängig in Konzentrationen zwischen 0,5 – 1 µg/l detektiert wurden.

Die Verbindung Citalopram wurde in den kommunalen Abwässern mit geringeren Konzentrationen zwischen 0,1 – 0,2 µg/l nachgewiesen.

Oberflächengewässer:

N- Desmethylvenlafaxin wurde im Landgraben, Schwarzbach und Mühlbach mit Konzentrationen zwischen 0,5 – 1 µg/l nachgewiesen. In diesen Vorflutern wies dieser Stoff ähnliche Konzentrationen wie die Kläranlagenabläufe auf. Im Sandbach, Modau und Fanggraben wurde dieser Stoff dagegen nicht gefunden.

Desmethylvenlafaxin und Venlafaxin sind Verbindungen, die durchgängig in Konzentrationen zwischen 0,2 – 0,5 µg/l in den Vorflutern detektiert wurden.

Grundwasser:

Citalopram und Fluoxetin sind Parameter, die im Grundwasser der Messstelle GWM N113 WW Dornheim mit knapp 0,2 µg/l gefunden wurden. Alle anderen Grundwässer weisen lediglich Spuren dieser Stoffgruppe auf.

Oxipurinol

Oxipurinol ist eine chemische Verbindung aus der Gruppe der Pyrazole. Die Substanz wirkt im Stoffwechsel durch eine Hemmung der Harnsäurebildung. Zu hohe Harnsäurespiegel können zur Entstehung von Nieren- und Harnsteinen sowie Gicht führen.

Oxipurinol ist der aktive Hauptmetabolit des Arzneistoffes Allopurinol, wird selbst aber nicht als Arzneistoff eingesetzt.

Kläranlagen:

In allen Kläranlagenwässern wurde Oxipurinol mit Konzentrationen zwischen 10 – 15 µg/l gefunden. Nur für die Kläranlage Fa. Merck KGaA wurde kein positiver Befund erhalten.

Oberflächengewässer:

Die überwiegende Menge liegt im Bereich mittlerer Konzentrationen von 2 – 3 µg/l.

Grundwasser:

In dem Grundwasser aus der GWM Egelsbach wurden 5 µg/l detektiert. Alle anderen Grundwässer weisen keine Rückstände auf.

4.3.2 Süßstoffe

Acesulfam, Aspartam, Cyclamat, Saccharin und Sucralose sind synthetische Süßstoffe, die in vielen Lebensmitteln als Zuckerersatzstoffe eingesetzt werden. Ihre Süßkraft ist in der Regel viel stärker als die von Zucker. Sie liefern allerdings keine beziehungsweise nur sehr wenige Kalorien, so dass sie vor allem in diätetischen Lebensmitteln große Anwendung finden. Süßstoffe finden nicht nur breite Anwendung in der Lebensmittelindustrie, sondern auch in der Pharma- und Agrarindustrie.

Im Jahr 2001 wurden in Europa 2.950 Tonnen Aspartam und 6.000 Tonnen Saccharin sowie 5.700 Tonnen Cyclamat verzehrt (Quelle: Saalfrank, F. (2013), /41/).

Saccharin, der älteste künstliche Süßstoff, kam 1885 erstmals auf den Markt. Das erste kalorienfreie Erfrischungsgetränk No-Cal mit Cyclamat wurde 1953 eingeführt. In Deutschland wurde Aspartam am 13. Juni 1990 und Sucralose am 26. Januar 2005 gemäß der Zusatzstoffzulassungsverordnung zugelassen.

Die vielseitige Anwendung von Süßstoffen und die weitgehend fehlende Metabolisierung im menschlichen Organismus führen dazu, dass Süßstoffe unverändert ausgeschieden werden und so über das häusliche Abwasser in die Kläranlage gelangen.

Bei einer konventionellen mechanisch-biologischen Abwasserreinigung werden die Süßstoffe unterschiedlich eliminiert. Während Saccharin und Cyclamat hohe Eliminationsraten aufweisen, werden Acesulfam und Sucralose kaum entfernt. In Regionen, die eine Interaktion zwischen Oberflächengewässern und Grundwässern aufweisen, können Süßstoffe so in das Grundwasser gelangen (Quelle: Information der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung für die Wasserversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg „Benzotriazole“ und „Süßstoffe“. Funde organischer Spurenstoffe im Grundwasser, DVGW-Technologiezentrum Wasser, 2.1.2014).

Auf Grund ihres refraktären Charakters, ihrer Spezifität für kommunales Abwasser, ihrer hohen Polarität und ihrer geringen Adsorptionsneigung werden Acesulfam-K und Sucralose als geeignete Abwasserindikatoren angesehen.

Acesulfam

Kläranlagen:

Der Süßstoff wurde in allen Kläranlagen-Abwässern gefunden. Die Kläranlagen, Darmstadt, Zentralkläranlage, Pfungstadt / Eschollbrücken, Weiterstadt / Gräfenhausen, Darmstadt / Eberstadt, Alsbach-Hähnlein und Pfungstadt zeichnen sich durch hohe Acesulfamkonzentrationen zwischen 20 – 40 µg/l aus. Die Wässer der Kläranlage Fa. Merck KGaA sowie die restlichen Kläranlagen enthielten meist deutlich geringere Acesulfamkonzentrationen zwischen 2 – 5 µg/l.

Oberflächengewässer:

Keines der Oberflächengewässer ist ohne positiven Acesulfam-Nachweis. Die mittleren Konzentrationen lagen bei allen Vorflutern zwischen 3 - 7 µg/l. Die gemessenen Maximalkonzentrationen erreichten allerdings durchaus 30 µg/l und lagen damit im oberen Konzentrationsbereich einiger Kläranlagen.

Grundwasser:

Die Grundwässer aus den Grundwassermessstellen GWM4-Wallerstätten, GWM4fl-Wallerstätten, GWM N113 WW Dornheim und WW Dornheim N110 enthielten Acesulfam zwischen knapp 20 - 60 µg/l. In 10 der 24 Grundwässer konnte kein Acesulfam gefunden werden. Weitere 10 Grundwässer weisen Acesulfamkonzentrationen zwischen knapp 1 - 3 µg/l aus.

Aspartam

Kläranlagen:

In keiner Probe der untersuchten Kläranlagenabläufe wurde dieser Süßstoff detektiert.

Oberflächengewässer:

In keiner Probe der untersuchten Oberflächenwässer wurde dieser Süßstoff detektiert.

Grundwasser:

In keiner Probe der untersuchten Grundwässer wurde dieser Süßstoff detektiert.

Cyclamat Na

Kläranlagen:

Nur in den Proben aus den Kläranlagenabläufen der Fa. Merck KGaA war Cyclamat Na mit rund 0,5 µg/l in höheren Konzentrationen vorhanden. In den anderen Kläranlagen wurde dieser Stoffe nur im Bereich der Bestimmungsgrenze gefunden.

Oberflächengewässer:

Cyclamat Na ist in allen Vorflutern im Mittel mit ca. 0,5 µg/l vorhanden. Die Maximalkonzentrationen können bis 5 µg/l gehen.

Grundwasser:

In knapp der Hälfte der Grundwässer wurden Konzentrationen zwischen 0,3 – 1 µg/l gemessen. Die Grundwässer aus den Messstellen Wallerstätten und Dornheim sind auffallend hoch.

Es ergeben sich bei den Kläranlagen die geringsten Nachweishäufigkeiten sowie Konzentrationen. Dies lässt den Schluss zu, dass diese Verbindung schon vor Jahren in das Grundwasser gelangt sein muss.

Saccharin Na

Kläranlagen:

Der überwiegende Anteil der Kläranlagen, inklusive der Kläranlage Fa. Merck KGaA, wiesen Saccharin-Konzentrationen um die 0,5 µg/l auf. Die Kläranlagen Mühlthal / Nieder-Ramstadt und Bickenbach lagen allerdings mit rund 10 µg/l eine Zehnerpotenz höher.

Oberflächengewässer:

Die meisten Oberflächengewässer zeigten Saccharin-Konzentrationen um die 0,4 µg/l. Die Maximalwerte lagen meist zwischen 1 – 3 µg/l und damit bis auf wenige Ausnahmen nur knapp unterhalb der Konzentrationen aus Kläranlagenabläufen.

Grundwasser:

Nur in den Grundwässern der Messstellen Büttelborn tief und Br. 3 WW Dornheim wurden mit 0,6 und 0,2 µg/l positive Befunde erhalten. Diese lagen allerdings in einem ähnlichen Konzentrationsbereich wie die Kläranlagenabläufe.

Sucralose

Kläranlagen:

Die Konzentrationen bewegten sich im Bereich zwischen 2 – 5 µg/l, wobei die Kläranlage Fa. Merck KGaA mit Konzentrationen < 1 µg/l relativ niedrige Werte aufwies.

Oberflächengewässer:

Bei den Oberflächengewässern ist eine stärkere Streuung als bei den Kläranlagen vorhanden. Die durchschnittlichen Konzentrationen lagen zwischen 1 – 10 µg/l. Die Maximalwerte waren mit Konzentrationen um 20 µg/l deutlich über denen der Kläranlagenabläufe.

Grundwasser:

Dieser Süßstoff wurde nur in den Grundwässern der Messstellen GWM 4 Wallerstätten, GWM 4flach Wallerstätten und GWM Egelsbach nachgewiesen. Auffallend ist, dass in der flachen GWM 4flach Wallerstätten mit 0,4 µg/l deutlich weniger Sucralose gefunden wurde als in der etwas tiefer ausgebauten GWM 4 Wallerstätten, die 1,4 µg/l dieses Stoffes enthielt.

In den Grundwässern waren nur ganz vereinzelt Positivfunde vorhanden, allerdings dann durchaus in ähnlichen Größenordnungen wie in den Vorflutern.

4.3.3 Korrosionsschutzmittel (Benzotriazole)

Benzotriazole sind Korrosionsschutzmittel, die in Kühl- und Schmierstoffen von Motoren, in Flugzeugenteisern und zum Silberschutz in Geschirrspülmitteln verwendet werden. Der Einsatz von Benzotriazolen in Geschirrspülmitteln führt zu einem kontinuierlichen Eintrag ins häusliche Abwasser.

Die wichtigsten Vertreter dieser Verbindungsklasse sind Benzotriazol (BZ), 4-Methyl-1H-benzotriazol und 5-Methyl-1H-benzotriazol (4MeBz/5MeBz).

Da Benzotriazole in Kläranlagen nur unzureichend entfernt werden, gelangen sie rasch in die Gewässer. Benzotriazole können aufgrund ihrer Eigenschaften und ihrer Anwendungshäufigkeit als Hinweis auf eine Beeinflussung durch Abwasser herangezogen werden.

In Deutschland gibt es aktuell keinen Grenzwert für Benzotriazole im Trinkwasser. Vom Umweltbundesamt wurde jedoch für die Summe aus 1H-Benzotriazol und Tolyltriazol ein gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) von 3,0 µg/l festgelegt. Laborexperimente haben ergeben, dass Benzotriazole durch eine Wasseraufbereitung mittels Ozon und Aktivkohle vollständig entfernt werden können (Quelle: Information der Grundwasserdatenbank Was-

erversorgung für die Wasserversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg „Benzotriazole“ und „Süßstoffe“ Funde organischer Spurenstoffe im Grundwasser, DVGW-Technologiezentrum Wasser, 2.1.2014).

Kläranlagen:

Die Proben aus Kommunale Kläranlagen lagen zwischen 2 – 5 µg/l Benzotriazol. Benzotriazole eignen sich als Leitparameter, da sie in allen Proben aus Kläranlagenabläufen nachgewiesen wurden. Die Kläranlage der Fa. Merck KGaA lag mit 2 µg/l am unteren Ende der Skala der kommunalen Kläranlagen.

Oberflächengewässer:

Die Konzentrationen waren zwischen 1 – 2 µg/l angesiedelt.

Grundwasser:

Summe 4-, 5-Methyl-1H-benzotriazole (4MeBz/5MeBz), die bei Kläranlagen und Oberflächengewässer meist nur ¼ der Konzentration an Benzotriazol beträgt, war im Grundwasserbereich deutlich vorherrschend. Die Benzotriazol-Konzentrationen bewegten sich meist zwischen 0,02 – 0,5 µg/l.

Bei den Benzotriazolen wurde das zu erwartende Konzentrationsgefälle von Kläranlagen über Oberflächengewässer hin zu den Grundwässern angetroffen.

4.3.4 Weichmacher / Flammschutzmittel

Tri-n-butylphosphat (TBP), Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCP), Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP), Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP)

Trialkylphosphate sind Industriechemikalien, die Kunststoffen als Flammschutzmittel (FSM) und Weichmacher zugesetzt werden. Während die chlorierten Vertreter Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP), Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP) und Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCP) vor allem flammenhemmende Eigenschaften aufweisen, werden der nichtchlorhaltigen Vertreter Tri-n-butylphosphat(TBP) überwiegend als Weichmacher und Entschäumer in der Textil- und Papierindustrie eingesetzt.

Als Weichmacher mit Flammschutzwirkung in Kunststoffen erfolgt die Bedarfsentwicklung entsprechend der Polymere. Weltweit wächst der Verbrauch von Kunststoffen. Durch den Ersatz der bromierten FSM durch die Phosphorsäureverbindungen und die gleichzeitige Zunahme der Informationstechnologie wird ein erheblicher Zuwachs an Phosphatestern von der Industrie erwartet.

Die Eintragspfade in die aquatische Umwelt sind bei den Flammschutzmitteln nicht leicht zu lokalisieren, da diese Verbindungen in zahlreichen Verbrauchsgegenständen des alltäglichen Lebens eingesetzt werden, wo aber kein direkter Zusammenhang zum Eintrag in die Gewässer ersichtlich ist.

Im Forschungsvorhaben BWPLUS Nr. BWB 99012 /32/ konnte allerdings an Hand von Untersuchungen gezeigt werden, dass die Konzentration der nachgewiesenen FSM vor der Einleiterstelle der Kläranlage in den Vorfluter geringer sind als nach der Einleitung, was auf einen Eintrag dieser Substanzen in die Oberflächengewässer über den Ablauf der Kläranlage schließen lässt. In der Arbeit von Prösch, J., Puchert, W. & Gluschke, M. (2000) /31/ wird ein Eintrag von TCEP und TCPP über Waschlagen in das kommunale Abwasser vermutet. Somit kann angenommen werden, dass zumindest ein Teil der phosphororganischen Flammschutzmittel über den Kläranlagenablauf in die Vorfluter gelangt (Quelle: Forschungsberichtsblatt, /32/).

Kläranlagen:

Die Konzentrationen lagen meist zwischen 0,05 - 0,8 µg/l. Die Kläranlage der Fa. Merck KGaA fällt durch geringe Konzentrationen bzw. durch wenige FSM-Parameter auf.

Oberflächengewässer:

Gefunden wurden Tri-n-butylphosphat (TBP), Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCP), Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP), Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP), oft in deutlichen Konzentrationen um 1 µg/l.

Grundwasser:

In den Proben wurde Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) und Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP) analysiert.

TCPP wurde meist gepaart mit TCEP in den Grundwässern der Messstellen Wallerstätten (GWM4 und GWM4flach), WW Dornheim (N110), Brunnen D, WW Walldorf, Brunnen 10A Allmendfeld nachgewiesen.

4.3.5 Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC-Verbindungen)

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) sind organische Verbindungen, an deren Kohlenstoffgerüst mehrere Wasserstoffatome (polyfluoriert) oder alle Wasserstoffatome (perfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind. Sie weisen eine hohe Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung und Verwitterung auf (persistent) und werden mittlerweile ubiquitär in den verschiedensten Umweltmedien gefunden. In die Schlagzeilen ist in den letzten Jahren beson-

ders eine bestimmte Gruppe der PFC, nämlich die perfluorierten Tenside (PFT) geraten, da eine Reihe von Umweltkontaminationen durch diese Stoffgruppe festgestellt wurden.

PFC werden für fettabweisende Lebensmittelverpackungen, Sprays für Möbel, Kleidung, Schuhe und Textilien, Wandfarben und Haushaltsreinigungsmittel verwendet.

Die bekanntesten PFC sind die Perfluoroktansäure (PFOA) und die Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), die fluorchemische Unternehmen schon seit über 50 Jahren herstellen. Hauptanwendungsgebiete von Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) liegen im Bereich der Oberflächenbehandlung, der Papierveredlung und der Spezialchemie.

Einige PFC werden auch häufig als perfluorierte Tenside (PFT) bezeichnet.

Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) ist gut wasserlöslich und dissoziiert vollständig in wässriger Umgebung. Sie adsorbiert nur geringfügig in Boden und Sedimenten, verbleibt also im Wasser. Dort ist PFBS persistent, da die Verbindung weder hydrolysiert, photolysiert, noch biologisch abgebaut wird. Die Toxizität gegenüber Vögeln, Fischen, Wirbellosen und Mikroorganismen hat sich als gering erwiesen.

Der Eintrag von PFC in die Umwelt stellt sich weitaus vielschichtiger dar als es von anderen Spurenstoffen bekannt ist, die maßgeblich über die Kanalisation und die Kläranlagen in die Oberflächengewässer gelangen. Als Eintragspfade für PFC sind somit nicht nur eine Verbreitung über die Strecke Kanalisation - Kläranlage - Oberflächengewässer (bei Emission über gewerbliche bzw. industrielle Abwässer), sondern auch über den Pfad Boden - Grundwasser (Verbringung oder Ablagerung PFC-haltiger Substanzen, usw.) bekannt.

Der Boden kann z. B. durch Bewässerung mit PFC-kontaminiertem Wasser, Aufbringung von Klärschlamm als Düngemittel auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, infolge von Feuerlöschmittelanwendungen, Havarien, unsachgemäßer Anwendung belastet werden. Aber auch die illegale Entsorgung von Abfall bzw. Abfallgemischen kann lokal für eine erhebliche Kontamination des Bodens sorgen. Neben des direkten PFC-Eintrags vom Boden in das Grundwasser können Niederschlagsereignisse schließlich bewirken, dass vor allem die gut wasserlöslichen PFC aus kontaminierten Böden ausgetragen werden und so wiederum über den Sickerwasserpfad in das Grundwasser gelangen.

Sofern die PFC in einen Grundwasserleiter eingetragen wurden, muss von einer hohen Mobilität – zumindest einzelner Verbindungen – der PFC-Stoffgruppe ausgegangen werden, die eine schnelle Ausbreitung im Grundwasserleiter zur Folge haben kann und u. U. zu einer Ausbildung langer Schadstofffahnen führt. Da aufgrund der hohen Persistenz einzelner Stoffe unter natürlichen Milieubedingungen kein Abbau stattfindet, muss angenommen werden, dass bei einer Ausbreitung im Grundwasserleiter weitestgehend nur eine Verdünnung stattfindet, jedoch kein Abbau erfolgt, der zu einer signifikanten Senkung des einmal eingetragenen Stoffpotenzials führen würde /33/.

PFT wird in normalen Kläranlagen nicht abgebaut. Diese basieren vor allem auf dem biologischen Abbau durch Mikroorganismen, die das PFT jedoch nicht verstoffwechseln können. Das PFT gelangt so unvermindert in den Vorfluter und den Klärschlamm. Die einzige Möglichkeit, PFT aus dem Wasser zu entfernen, ist das Abwasser über Aktivkohle zu filtern.

Kläranlagen:

Die Konzentrationen lagen im Auslauf der Kläranlage Fa. Merck KGaA (0,02 – 0,08 µg/l) etwa eine Zehnerpotenz höher als die der kommunalen Kläranlagen (0,003 – 0,008 µg/l).

PFOS, PFOA und PFPeA sind durchgängig in allen Kläranlagenwässern vertreten, gefolgt von PFHxA und PFHxS. Die Konzentrationsbereiche in den Wässern aus den kommunalen Kläranlagen sind sich ähnlich.

Oberflächengewässer:

PFOS und PFOA, PFHxA und PFHxS sowie PFBS und PFBA

Das Wasser des Schwarzbaches weist, gefolgt vom Landgraben mit Werten zwischen 0,2 – 1,0 µg/l, die höchsten Konzentrationen auf. Die häufigsten Werte lagen zwischen 0,02 – 0,05 µg/l.

Damit waren die Konzentrationen in den Vorflutern höher als in den Kläranlagenabläufen.

Grundwasser:

PFOS und PFOA, PFHxA und PFHxS sowie PFBS und PFBA

Die Konzentrationsbereiche lagen oft zwischen 0,02 – 0,08 µg/l und damit wurden, mit Ausnahme des Schwarzbaches, höhere Werte in den Grundwässern als in den Oberflächengewässern gefunden. An einzelnen Grundwassermessstellen im Bereich des Wasserwerks Dornheim waren die Konzentrationen mit über 0,5 µg/l noch deutlich höher. Während die angetroffenen Konzentrationen in den Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern die aktuelle Belastungssituation widerspiegeln, resultieren die gemessenen Konzentrationen in den Grundwässern aus der Belastungssituation der letzten Jahre bis Jahrzehnte. Gleichfalls ist bei dieser Stoffgruppe generell auch ein zusätzlicher Eintrag in den Grundwasserraum über den Pfad „Boden – Grundwasser“ nicht auszuschließen.

4.3.6 Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel (PSM) werden in der Landwirtschaft in großem Umfang eingesetzt. Sie dienen vor allem dazu, Unkräuter und Schädlinge fern zu halten.

Im Jahr 2005 wurden in Deutschland ca. 35.494 t Pflanzenschutzmittel verbraucht (Herbizide 14.698 t, Fungizide 10.184 t, Insektizide, Akarizide, Synergisten 6.809 t, Sonstige 3.803 t) /34/.

Pflanzenschutzmittel werden großflächig im Freiland angewendet: 80 % der Mittel im Ackerbau, knapp 20 % auf Verkehrs-, Siedlungs- und Freizeitflächen sowie in Haus- und Kleingärten. Ein oft unterschätzter Eintragspfad ist auch die Anwendung auf Bahngleisen.

Ein relevanter Eintrag findet über den Pfad Boden - Grundwasser statt:

Nach Ausbringung der PSM auf Ackerflächen, Gärten oder öffentliche Grünflächen können diese mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangen. Dies ist besonders problematisch auf sandigen oder flachgründigen Böden mit geringer Wasserspeicherung. Bei drainierten Böden können Pflanzenschutzmittel mit dem abgeleiteten Bodenwasser direkt in die Gewässer gelangen. Dieser Eintragspfad ist z. B. in Flussniederungen bedeutend.

Aus direkten Einleitungen können bis zu 90 % der Wirkstoff-Fracht in einem Gewässer stammen. Insbesondere in kleinen Gewässern führen schon geringe Einleitungen kurzfristig zu hohen Konzentrationen, dazu gehören z. B. Hofabläufe aus landwirtschaftlichen Betrieben, die oft indirekt über das Kanalsystem und Kläranlagen zu einer Gewässerbelastung führen. Weiterhin sind noch Einleitungen aus Produktions-, Formulierungs- und Lageranlagen zu nennen. Beim Einsatz zur Entkrautung von befestigten Flächen (z. B. Höfe, Plätze, Garageneinfahrten) können Pflanzenschutzmittel ebenfalls über die Kanalisation und Kläranlagen ins Gewässer gelangen /35/.

Kläranlagen:

Parameter Desphenyl-Chloridazon, Icaridinsäure (Metabolit), Mecoprop (MCP), DEET, Chloridazon (Pyrazon)=n-Chloridazon, Desphenyl-Chloridazon, Carbendazim, Isoproturon, Icaridinsäure (Metabolit), MCPA, Mecoprop (MCP), DEET und Terbutryn

Oberflächengewässer:

Konzentrationen liegen in der Regel zwischen 0,2 – 0,6 µg/l, aber durchaus auch zwischen 1 – 2 µg/l (Desphenyl-Chloridazon, Bentazon, Mecoprop (MCP), DEET).

Grundwasser:

Der nicht-relevante Metabolit kommt in den meisten Grundwässern vor. Die höchsten Konzentrationen wurden für den nicht-relevanten Metaboliten Desphenyl-Chloridazon mit bis zu 3 µg/l gefunden.

In allen drei Kompartimenten sind die Parameter Desphenyl-Chloridazon, Mecoprop (MCPP), DEET zu finden. Teilweise werden in den Vorflutern erheblich höhere Konzentrationen nachgewiesen als in den Kläranlagenabläufen. Dies deutet auf einen direkten Eintrag von Freiflächen hin.

4.3.7 Sonstige (mit p-Toluolsulfonsäure, Bisphenol A, Nonyphenol und DEET)

p-Toluolsulfonsäure

p-Toluolsulfonsäure ist eine organische Sulfonsäure und ein wichtiges Reagenz in der organischen Synthese.

p-Toluolsulfonsäure wird zur Herstellung von aktiven pharmazeutischen Wirkstoffen, Feinchemikalien, Pflanzenschutzmitteln, Harzen, Härtern, Farben und Lacken sowie als Katalysator für elektrisch leitfähige Polymere eingesetzt.

Kläranlagenablauf:

Der Stoff wurde in 6 von 13 untersuchten Kläranlagen (inkl. Kläranlage Fa. Merck KGaA) nachgewiesen. Die Konzentrationen bewegen sich zwischen 0,1 – 0,5 µg/l.

Oberflächengewässer:

p-Toluolsulfonsäure konnte in zwei Oberflächengewässer gefunden werden. Im Langgraben bei Trebur wurde eine mittlere Konzentration von 0,2 µg/l und im Schwarzbach von 0,1 µg/l gefunden.

Grundwasser:

Von den 24 untersuchten Grundwasserproben wiesen 6 Proben (GWM N113 und N110 WW Dornheim, Br. 3 und 4 WW Dornheim, GWM Worfelden, Br. D WW Walldorf) Rückstände mit Konzentrationen von 0,3 – 0,6 µg/l auf. In einer Probe (GWM 4, Wallerstädten) wurde ein Wert von 8,5 µg/l bestimmt.

Bisphenol A

Bisphenol A ist in vielen Produkten unseres täglichen Lebens enthalten. Der größte Teil des produzierten Bisphenol A wird zu stabilen Kunststoffen verarbeitet (z. B. Polycarbonat und Epoxidharzen). Es findet sich unter anderem in Behältern und Flaschen für Lebensmittel und Getränke. Auch für die Herstellung von Innenbeschichtungen von Getränke- und Konservendosen wird Bisphenol A eingesetzt. Eine weitere Quelle für Bisphenol A sind Thermopapiere, auf die beispielsweise Kassenbons, Fahrkarten oder Parktickets gedruckt werden. Im menschlichen Körper kann der Stoff wie das weibliche Sexualhormon Östrogen wirken /36/.

Unter bestimmten Bedingungen kann sich die Chemikalie aus Gebrauchsgegenständen lösen und unter anderem über das Abwasser in den Wasserkreislauf gelangen. Messungen der letzten Jahre wiesen Bisphenol A in vielen Gewässern nach. Ein Teil der Belastung stammt auch aus den Kläranlagen der Unternehmen, die Bisphenol A produzieren und verarbeiten.

Bisphenol A ist amphiphil, d. h. es hat sowohl lipophile als auch hydrophile Eigenschaften. Somit findet sich der Stoff sowohl im Klärschlamm als auch im Kläranlagenablauf.

Bisphenol A gehört zu den weltweit am meisten produzierten Chemikalien. 2005/2006 wurden in Deutschland rund 840 000 t Bisphenol A /37/ produziert.

Kläranlage:

Der Stoff wurde in 11 von 13 untersuchten Kläranlagen (inkl. Kläranlage Fa. Merck KGaA) nachgewiesen. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 0,02 - 0,19 µg/l.

Oberflächengewässer:

Bisphenol A konnte in allen untersuchten Oberflächengewässern gefunden werden. Es wurde eine mittlere Konzentration von 0,02 – 0,26 µg/l detektiert.

Grundwasser:

Von den 24 untersuchten Grundwasserproben wiesen 10 Proben (GWM 4 + 4fl Wallerstädten, GWM N113 WW Dornheim, GWM Worfelden, GWM Egelsbach, GWM Büttelborn tief, Br. 13 WW Neu-Isenburg, Br. D WW Walldorf) Konzentrationen von 0,005 – 0,23 µg/l auf.

Nonylphenol

Alkylphenole werden zur Herstellung von Tensiden und Emulgatoren (Umsetzung von Nonylphenol mit Ethylenoxid zu Nonylphenoethoxylaten), Kunstharzen, Antioxidantien, Stabilisatoren sowie von Fungiziden, Bakteriziden und Antikonzeptionsmittel eingesetzt. Nonylphenol ist wirtschaftlich das bedeutendste Alkylphenol.

Bei Alkylphenolen in der Umwelt handelt es sich meist um Abbauprodukte von Alkylphenoethoxylaten (APE), einer Form von nichtionischen Tensiden, welche in vielfältigen Bereichen Verwendung findet, wie z. B. in der Leder-, Textil-, Metall-, Papier- und Pappindustrie /38/.

Nonylphenol (4-nonylphenol, branched and linear) wurde im Dezember 2012 wegen seiner hormonellen Wirkung auf Fische auf Vorschlag des Umweltbundesamtes in die REACH-Kandidatenliste aufgenommen. Der Stoff ist in der Europäischen Union bereits in zahlreichen Verwendungen verboten und ist ein prioritär gefährlicher Stoff der Wasserrahmenrichtlinie.

In der Vergangenheit war besonders der Einsatz von Nonylphenol in Wasch- und Reinigungsmitteln eine wichtige Eintragsquelle. Dieser Einsatzbereich ist aber inzwischen weitgehend reguliert bzw. die Anwendung ist mit strengen Auflagen verbunden. Trotz aller getroffenen Maßnahmen ist der Stoff weiterhin in den Gewässern nachzuweisen. Als Ursache dafür sehen verschiedene Studien das Waschen von importierten Textilien, denn außerhalb der EU ist die Verwendung von Nonylphenol bei der Herstellung und Veredlung von Textilien oft weniger restriktiv geregelt.

Zu den bisher nicht verbotenen Anwendungen gehört z. B. der Einsatz in Farben und Lacken. Weiterhin wird der Stoff in der Industrie als Ausgangschemikalie für die Herstellung von Polymeren und Klebstoffen genutzt /39/.

Kläranlage:

4-iso Nonylphenol wurde in allen untersuchten Kläranlagen (inkl. Kläranlage Fa. Merck KGaA) nachgewiesen. Die Konzentrationen bewegen sich zwischen 0,08 – 0,18 µg/l.

Oberflächengewässer:

Der Stoff konnte in vier Oberflächengewässern (Landgraben bei Trebur; Schwarzbach bei Nauheim; Schwarzbach Mündung und im Mühlbach gefunden werden. Es wurde eine mittlere Konzentration von 0,05 – 0,14 µg/l detektiert.

Grundwasser:

Von den 24 untersuchten Grundwasserproben wiesen 10 Proben Rückstände mit Konzentrationen von 0,015 – 0,43 µg/l auf.

DEET

Die Indikatorsubstanz Diethyltoluamid (DEET) ist ein Biozid, das als Insektenabwehrmittel unter Anderem in Privathaushalten breite Anwendung findet. Durch Aus- oder Abwaschen von Insektenabwehrmitteln oder bei Waschvorgängen gelangt DEET über kommunale Kläranlagen in die Gewässer.

Eventuelle Direkteinträge (z. B. durch Freizeitaktivitäten) stellen ebenfalls einen möglichen Eintragspfad dar, der sich jedoch nur schwer quantifizieren lässt /21/.

Kläranlagenablauf:

Der Stoff wurde in allen untersuchten kommunalen Kläranlagen gefunden. Der Nachweis bei der Kläranlage Merck war negativ. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 0,02 – 0,23 µg/l.

Oberflächengewässer:

DEET wurde in allen untersuchten Oberflächengewässern gefunden. Die mittleren Konzentrationen lagen zwischen 0,03 - 0,08 µg/l. Aus diesem Rahmen fällt nur der Beprobungsort Modau bei Stockstadt mit 1,7 µg/l.

Grundwasser:

Von den 24 untersuchten Grundwasserproben wiesen 6 Proben (GWM N113 WW Dornheim, GWM Worfelden, Br. D WW Walldorf, Br. 10 WW Allmendfeld und GWM 4 + 4fl Wallerstädten) Rückstände mit Konzentrationen von 0,01 - 0,08 µg/l auf.

4.3.8 Non Target Screening und Suspect Screening

An ausgewählten Kläranlagenabläufen, Grundwassermessstellen und Brunnen im Bereich des Landgrabens wurde eine weitere Probenahme und Analyse auf bisher nicht untersuchte organische Spurenstoffe mittels LC-HRMS-Analysen und -Chromatogrammen durchgeführt.

Folgende Probenahmemessstellen wurden untersucht:

Tab. 3: Ergebnisse aus Non-Target-Gutachten (19)

Mst.-ID	Bezeichnung	Mittels Suspect-Screening identifizierte Verbindungen	Mittels Non-Target-Screening identifizierte Komponenten		
			aus kommunalen KA	aus industrieller KA	Summe Komponenten
11729	GWM 4, WW Dornheim	49	893	468	3.073
12515	Br. 4, WW Dornheim	3	270	235	1.164
11734	GWM N110, WW Dornheim		560	370	2.201
12759	GWM 527160, Büttelborn,	3	219	142	965
17195	OF-M 109, Landgraben	47	1.775	569	4.014
17205	KA Merck, DA, Ablauf ABA	32			
17204	ZKA Darmstadt	63			
17207	KA Weiterstadt	63			

Die neu identifizierten Verbindungen wurden in /19/ z. T. einzelnen Herkunftsorten zugeordnet. Sie konnten in typische Verbindungen für Abwasser einer kommunalen Kläranlage (Zentralkläranlage Darmstadt und Kläranlage Weiterstadt) und für Abwasser aus einer Industriekläranlage unterschieden werden. Aufgrund der Übereinstimmung der Verbindungen / Komponenten in den verschiedenen Grundwassermessstellen und kommunalen Kläranlagen und dem Oberflächengewässer ist von einer Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser im Grundwasseranstrom des Wasserwerks Dornheim von den verschiedenen Kläranlagen auszugehen. Die angegebenen Zahlen der gefundenen noch nicht chemisch identifizierten Stoffe werden sich bei weiteren notwendigen Untersuchungen noch deutlich reduzieren, wenn Stoffe, die als Isotope oder Addukte bisher mehrfach gezählt wurden, zahlenmäßig abgezogen werden.

Einzelne Verbindungen, Konzentrationen und vergleichende Diagramme werden hier nicht dargestellt, es wird auf den Untersuchungsbericht /19/ verwiesen.

5. Steckbriefe der Kläranlagen

Allgemein

Eine Korrelation zwischen den Konzentrationen **organischer Spurenstoffe** im Oberflächenwasser und im oberflächenwasserbeeinflussten Grundwasser ist nicht zu erwarten, wenn eine Infiltration von Oberflächenwasser aufgrund einer ausreichenden Sohlabdichtung der Gewässersohle verhindert wird. Darüber hinaus stellt die natürliche Reinigungswirkung der Grundwasserdeckschichten normalerweise einen zusätzlichen Schutz für die genutzten Grundwasservorkommen dar, d. h. stoffspezifische und bodenspezifische Abbauprozesse können die Stoffkonzentrationen im Grundwasser und infiltrierendem Oberflächenwasser verringern.

Für die Herleitung konkreter Zusammenhänge zwischen den Kläranlageneinleitungen und dem Eintragspfad vom Oberflächenwasser über das Sickerwasser bis ins genutzte Grundwasservorkommen können allenfalls qualitative oder halbquantitative Verbindungen festgestellt werden. Im Grundwasserabstrom der konkreten Kläranlagen müssen als Eintragswege, neben dem Infiltrationsweg aus den Gewässern, grundsätzlich auch eine Abwasserversickerung aus dem Siedlungsbereich, ein potentieller Eintrag aus den Infiltrationsorganen des WHR (für aufbereitungsresistente Parameter, z. B. Röntgenkontrastmittel), Folgen der Klärschlammaufbringung auf landwirtschaftliche Flächen und Deponien, Hausmülldeponien und Einleitungen gewerblicher Indirekteinleiter berücksichtigt werden.

Die Stoffkonzentration, die heute im Grundwasser beobachtet wird, ist darüber hinaus beeinflusst vom Zeitpunkt des Eintrags, den Grundwasserfließzeiten / -verweilzeiten, der Entwicklung der Verkaufszahlen einzelner Wirkstoffe und der Flächennutzung im Einzugsgebiet (Ortslagen, Gewerbe- / Industrie, Landwirtschaft, Forst).

5.1 Kläranlage Merck KGaA Darmstadt

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage der Fa. Merck KGaA über den Darmbach und Landgraben bis zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Dornheim liegt in Anlage 4 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 11 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage ist aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorzulegen. Das Einleitengewässer Darmbach wird neben der industriellen Kläranlage der Fa. Merck KGaA auch von der kommunalen Zentralkläranlage Darmstadt mit Abwasser beaufschlagt.

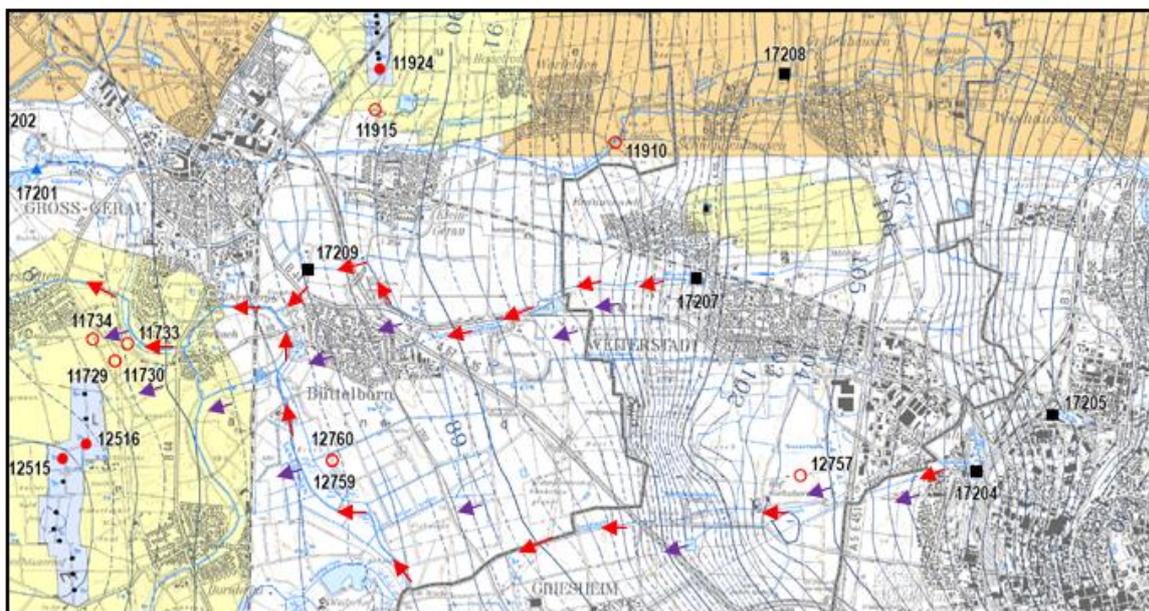


Abb. 11: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der Kläranlage der Fa. Merck KGaA (ID 17205), der kommunalen Zentralkläranlage Darmstadt, der Kläranlagen Weiterstadt und Büttelborn und sowie der Grundwassermessstellen (ID 12757, 12759, 12760, 11729, 11730), des Br. 3 (ID 12516) und Br. 4 WW Dornheim (ID 12515) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende). Hinweis: Die dargestellte Legende gilt auch für die folgenden Abbildungen in Kapitel 5.

Im Grundwasserabstrom der Kläranlage der Fa. Merck KGaA treten infiltrierende Verhältnisse im Bereich der Einleitengewässer insbesondere im Landgraben je nach klimatischen Bedingungen auf. In der Vergangenheit führte bereits dieser Eintragsweg aus dem Gewässerlauf über das Sickerwasser bis in das genutzte Grundwasservorkommen zu einem Grundwasserschaden im Bereich des Wasserwerks Dornheim. Neben den Spurenstoffeinträgen kann bereits auf langjährige abwasserbürtige Bor-Konzentrationen als Indikator für diese großräumige Beeinträchtigung der Grundwasserqualität zurückgegriffen werden.

5.1.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Merck KGaA

Im Einflussbereich, d. h. im Oberflächen- und Grundwasserabstrom der Kläranlage der Fa. Merck KGaA liegt in unmittelbarer räumlicher Nähe die Zentralkläranlage Darmstadt. In diesem Abstrom, zu dem auch die Abwässer der Kläranlage Weiterstadt eine zusätzlich Wirkung entfalten, wurde das ausgedehnteste Parameterspektrum gefunden. Dies gilt für alle drei beprobten Messstellentypen. Die Abwassermenge aus der Zentralkläranlage Darmstadt spielt hier eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Gewässerbeeinflussung mit Spurenstoffen.

Die Kläranlage der Firma Merck KGaA ist hinsichtlich der Spurenstoffbelastung, die für kommunale Kläranlagen typisch ist (z. B. Arzneimittelrückstände, Süßstoffe) als gering belastet einzuschätzen. Die Abwässer der Kläranlage Merck KGaA weisen im Vergleich zu den der Zentralkläranlage nur geringe Konzentrationen an Arzneimittelrückständen auf. Das liegt auch daran, dass die Parameterauswahl des Analysenprogramms an dem bundesweit auftretendem Stoffspektrum ausgerichtet war, das insbesondere Einträge aus kommunalen Kläranlagen oder Einträge aus der Landwirtschaft betrifft. Stoffe, die spezifisch für Kläranlagenabläufe von Großbetrieben der Chemieindustrie oder speziell typisch für die Firma Merck KGaA sind, waren im Analysenprogramm nicht enthalten. Da bei der Firma Merck KGaA mehrere Tausend Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten, deren Urin in der Betriebskläranlage mit behandelt wird, ist nicht verwunderlich, dass z. B. für kommunale Kläranlagen typische Arzneimittel in geringeren Konzentrationen auch beim Kläranlagenablauf der Firma Merck KGaA gefunden werden.

Der Schwerpunkt der ermittelten Spurenstoffeinträge der Kläranlage der Fa. Merck KGaA liegt auf den Per- und Polyfluorierten Alkylsubstanzen (6:2 FTS, PFBA, PFBS, PFDA, PFHpS, PFHxA, PFHxS, PNA, PFOA, PFOS, PFPeA). In geringen Konzentrationen treten Süßstoffe, die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure und das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol auf.

Bei den Süßstoffen wurde in den Kläranlagenabläufen vornehmlich Acesulfam und Sucralose detektiert. In den Grundwässern wurde vornehmlich der Süßstoff Acesulfam gefunden.

Allerdings in sehr hohen Konzentrationen, die mit 60 µg/l eine Spitzenstellung unter allen gemessenen Grundwässern einnehmen und den Minimierungswert (Trinkwasserverordnung) von 10 µg/l weit überschreiten.

Acesulfam und Sucralose konnten in den Rohwässern der untersuchten Dornheimer Brunnen nicht nachgewiesen werden. Die Süßstoffe Cyclamat und Saccharin wurden dagegen sowohl in einigen Grundwässern wie in den untersuchten Rohwässern in ähnlicher Größenordnung (0,1 – 0,2 µg/l) nachgewiesen.

Die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure wurde in dem größten Teil aller Grundwässer in erheblichen Konzentrationen nachgewiesen. Mit Konzentrationen über 8 µg/l wird der GOW-Wert von 0,3 µg/l weit überschritten. Auch in den Rohwässern wird der GOW knapp überschritten. Da die p-Toluolsulfonsäurekonzentrationen in den Grundwässern diejenigen der Kläranlagenabläufe und des Landgrabenwassers weit überschreiten, ist anzunehmen, dass in der Vergangenheit der Eintrag wesentlich höher gewesen ist.

Das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol wurde in den Grundwässern mit mehr als 3 µg/l in ähnlicher Größenordnung wie im Vorfluter nachgewiesen. Damit wird der GOW von 3 µg/l im Grundwasser überschritten. Die geförderten Rohwässer in den Trinkwassergewinnungsanlagen weisen bisher noch keine derartigen Rückstände auf.

Aus der Parametergruppe der PFAS wurden fast alle detektierten Verbindungen in den Grundwässern gefunden. Der RL 2013/39/EU (JD) wird für den Parameter PFOS in einigen Grundwässern überschritten. Der Leitwert von 0,3 µg/l für die Summe von PFOA und PFOS wird ebenfalls in einigen Grundwässern überschritten. Spuren von PFAS-Verbindungen konnten bereits in einem Rohwasser nachgewiesen werden.

Da die Brunnen wesentlich weiter vom Landgraben entfernt sind und zudem einen wesentlich tieferen Ausbau aufweisen bzw. einen tiefer liegenden Grundwasserleiter erschließen, muss der Eintrag dieser Stoffe seit bzw. vor geraumer Zeit erfolgt sein bzw. erfolgen. Eine ausreichende Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung hinsichtlich dieser Spurenstoffe liegt somit in dieser Region nicht vor. Damit liegt der Schluss nahe, dass auch weitere Spurenstoffe in den nächsten Jahren in den Rohwässern festgestellt werden können.

Die extreme Beeinflussung durch belastetes Oberflächenwasser zeigt sich auch in den außerordentlich hohen Borkonzentrationen der Grundwässer, die sich zwischen 300 – 400 µg/l bewegen und damit eine ähnliche Größenordnung wie das Wasser des Landgrabens aufweist.

5.2 Zentralkläranlage Darmstadt

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Zentralkläranlage Darmstadt über den Darmbach und den Landgraben bis zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Dornheim liegt in Anlage 4 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 12 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden

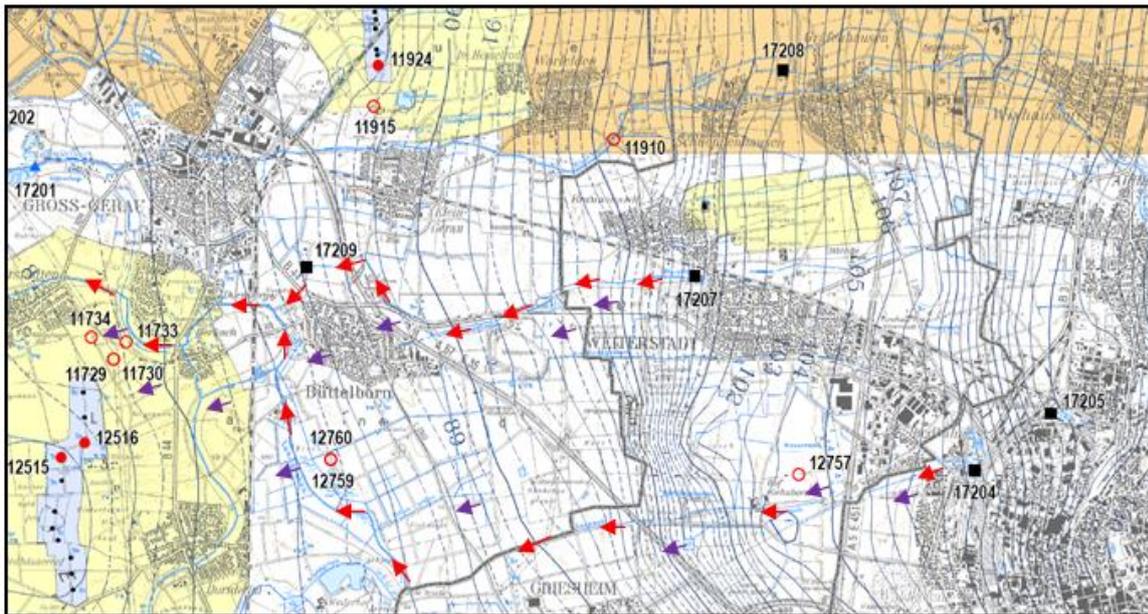


Abb. 12: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Zentralkläranlage Darmstadt (ID 17204), der Kläranlagen Weiterstadt und Büttelborn und der Kläranlage der Fa. Merck KGaA sowie der Grundwassermessstellen (ID 12757, 12759, 12760, 11729, 11730), des Br. 3 (ID 12516) und Br. 4 WW Dornheim (ID 12515) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.2.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Zentralkläranlage Darmstadt

Im Einflussbereich der Zentralkläranlage Darmstadt sowie der nahegelegenen Kläranlage der Fa. Merck KGaA, wobei auch die Abwässer der Kläranlage Weiterstadt eine zusätzlich Wirkung entfalten, wurde das ausgedehnteste Parameterspektrum gefunden. Dies gilt für alle drei beprobten Messstellentypen. Die Abwassermenge aus der Zentralkläranlage Darmstadt spielt hier eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Gewässerbeeinflussung mit Spurenstoffen.

Die Kläranlage der Firma Merck KGaA ist hinsichtlich der Spurenstoffbelastung, die für kommunale Kläranlagen typisch ist (z. B. Arzneimittelrückstände, Süßstoffe) als gering belastet einzuschätzen. Die Abwässer der Kläranlage Merck KGaA weisen im Vergleich zu den

der Zentralkläranlage nur geringe Konzentrationen an Arzneimittelrückständen auf (siehe Seite 52).

Das Analgetika Diclofenac wurde mit rund 1 µg/l in dem Ablauf der Zentralkläranlage sowie im Wasser des Landgrabens gefunden. Die Konzentrationen in den Grundwässern der Grundwassermessstellen, die in unmittelbarer Nähe zum Landgraben liegen, weisen markante Diclofenac-Konzentrationen (rund 0,5 µg/l) auf, die damit den GOW von 0,3 µg/l deutlich überschreiten. Diese Messstellen weisen mit einer Filterrohroberkante von rund 10 m u. GOK eine flache Verfilterung auf. Die beiden untersuchten Rohwässer, die wesentlich tiefer verfiltert sind (rund 40 m u. GOK), enthalten keine Rückstände dieses Wirkstoffes.

Die Antibiotika Sulfamethoxazol und Sulfapyridin, die im Kläranlagenwasser der Zentralkläranlage sowie im Landgraben im Bereich von 0,1 – 0,3 µg/l gefunden wurden, tauchen auch in einigen Wässern von Grundwassermessstellen auf. In diesen Grundwässern werden ähnliche Größenordnungen an Antibiotika-Rückständen beobachtet. Die drei betroffenen Grundwassermessstellen (ID 11729, 11730 und 11733) liegen im direkten Abstrom des Landgrabens und sind von diesem nur wenige Hundert Meter entfernt.

Das Analgetikum „4-Formylaminoantipyrin (Formyl-AAP)“ wurde in einigen Grundwässern deutlich über den Vorsorgewert von 0,1 µg/l (Trinkwasserbeurteilung) gefunden.

Die Antiepileptika Carbamazepin und Gabapentin liegen deutlich über den GOW (0,3 µg/l) in den Grundwässern und erreichen mit rund 0,6 µg/l ein ähnliches Niveau wie das Wasser des Vorfluters Landgraben sowie die Konzentration im Kläranlagenablauf der Zentralkläranlage. Da bei der Bodenpassage bzw. beim Durchfließen der ungesättigten Zone eine Verdünnung und / oder Sorption dieser Stoffe stattfindet, müssen sich daher die seit vielen Jahren erfolgten Einträge im Grundwasserleiter angesammelt haben.

Das Röntgenkontrastmittel Iopamidol wurde weder in den Kläranlagenwässern, noch im Landgraben gefunden. Gleichwohl konnten diese Verbindung in vier Grundwässern detektiert werden. Damit wird deutlich, dass im Grundwasserleiter die bereits vor geraumer Zeit eingetragene Stoffe noch vorhanden sind und mit dem Grundwasserstrom weiter transportiert werden.

In den wesentlich tiefer verfilterten Brunnen des Wasserwerks Dornheim, die gut einem Kilometer vom Landgraben entfernt sind, wurden keine Arzneimittelrückstände gefunden.

Bei den Pflanzenschutzmittelrückständen wurden in den Kläranlagenabläufen und im Vorfluter Mecoprop sowie der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon nachgewiesen.

In den Grundwässern wurden die Herbizide Bentazon und Mecoprop nachgewiesen. Die Mecoprop-Konzentration liegt einmalig mit 0,13 µg/l höher als der PNEC von 0,1 µg/l. Gleichfalls wird in einem Grundwasser der GOW von 3 µg/l für den nicht-relevanten Metaboliten Desphenyl-Chloridazon erreicht. Die Beaufschlagung der Grundwässer ist demnach nicht auf

die Interaktion mit belastetem Oberflächenwasser beschränkt. Bei Pflanzenschutzmittelrückständen ist von einem relevanten diffusen Eintrag über die Fläche auszugehen.

Bei den Süßstoffen wurde in den Kläranlagenabläufen vornehmlich Acesulfam und Sucralose detektiert. In den Grundwässern wurde hauptsächlich der Süßstoff Acesulfam gefunden, allerdings in sehr hohen Konzentrationen, die mit 60 µg/l eine Spitzenstellung unter allen gemessenen Grundwässern einnehmen und den Minimierungswert (Trinkwasserverordnung) von 10 µg/l weit überschreiten.

Acesulfam und Sucralose konnten in den Rohwässern der untersuchten Dornheimer Brunnen nicht nachgewiesen werden. Die Süßstoffe Cyclamat und Saccharin wurden dagegen sowohl in einigen Grundwässern wie in den untersuchten Rohwässern in ähnlicher Größenordnung (0,1 – 0,2 µg/l) nachgewiesen.

Die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure wurde in dem größten Teil aller Grundwässer in erheblichen Konzentrationen nachgewiesen. Mit Konzentrationen über 8 µg/l wird der GOW-Wert von 0,3 µg/l weit überschritten. Auch in den Rohwässern wird der GOW knapp überschritten. Da die p-Toluolsulfonsäurekonzentrationen in den Grundwässern diejenigen der Kläranlagenabläufe und des Landgrabenwassers überschreiten, muss entweder in der Vergangenheit der Eintrag wesentlich höher gewesen sein und / oder eine Akkumulation im Grundwasserleiter erfolgen.

Das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol wurde in den Grundwässern mit mehr als 3 µg/l in ähnlicher Größenordnung wie im Vorfluter nachgewiesen. Damit wird der GOW von 3 µg/l im Grundwasser überschritten. Die geförderten Rohwässer weisen bisher noch keine derartigen Rückstände auf.

Aus der Parametergruppe der PFAS wurden fast alle detektierten Verbindungen in den Grundwässern gefunden. Der RL 2013/39/EU (JD) wird für den Parameter PFOS in einigen Grundwässern überschritten. Der Leitwert von 0,3 µg/l für die Summe von PFOA und PFOS wird ebenfalls in einigen Grundwässern überschritten. Spuren von PFAS-Verbindungen konnten bereits in einem Rohwasser nachgewiesen werden.

Da die Brunnen wesentlich weiter vom Landgraben entfernt sind und zudem einen wesentlich tieferen Ausbau aufweisen bzw. einen tiefer liegenden Grundwasserleiter erschließen, muss der Eintrag dieser Stoffe seit längerer Zeit erfolgen. Damit werden diese Verbindungen nicht ausreichend im Grundwasserleiter zurückgehalten. Eine ausreichende Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung hinsichtlich dieser Spurenstoffe liegt somit in dieser Region nicht vor. Damit liegt der Schluss nahe, dass auch weitere Spurenstoffe in den nächsten Jahren in die Rohwässern gelangen werden.

Die extreme Beeinflussung durch belastetes Oberflächenwasser zeigt sich auch in den außerordentlich hohen Borkonzentrationen der Grundwässer, die sich zwischen 300 – 400 µg/l bewegen und damit in der ähnlichen Größenordnung wie das Wasser des Landgrabens liegt.

5.3 Kläranlage Weiterstadt

Eine Übersicht der Analyseergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Weiterstadt über den Schlimmer Graben und den Landgraben bis zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Dornheim liegt in Anlage 8 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 13 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

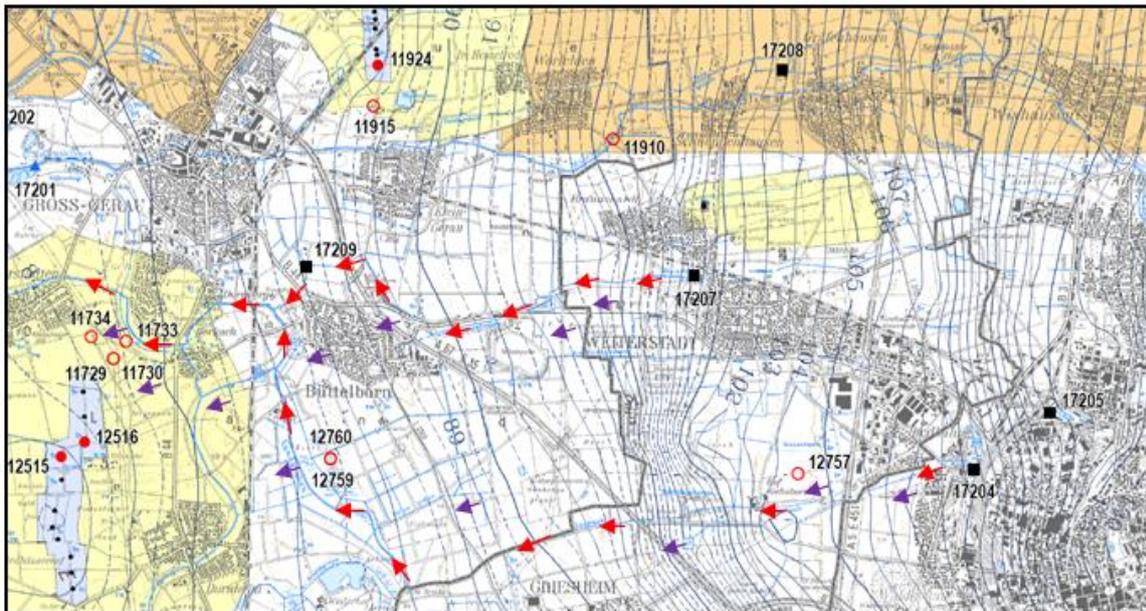


Abb. 13: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlagen Weiterstadt (ID 17207) und Büttelborn (ID 17209), der Zentralkläranlage Darmstadt (17204) und der Kläranlage der Fa. Merck KGaA (17205) und GWM (ID 11733, 11734, 11729, 11730) und Br. 3 (ID 12516) und Br. 4 WW Dornheim (ID 12515) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.3.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Weiterstadt

Im Einflussbereich der Kläranlage Weiterstadt, wobei auch die Abwässer der Zentralkläranlage Darmstadt und der Kläranlage der Fa. Merck KGaA eine zusätzliche Wirkung entfalten, wurde das ausgedehnteste Parameterspektrum gefunden. Dies gilt für alle drei beprobten Messstellentypen. Die Abwassermenge aus der Zentralkläranlage Darmstadt spielt hier eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Gewässerbeeinflussung mit Spurenstoffen.

Die Kläranlage der Firma Merck KGaA ist hinsichtlich der Spurenstoffbelastung, die für kommunale Kläranlagen typisch ist (z. B. Arzneimittelrückstände, Süßstoffe) als gering belastet einzuschätzen (siehe Seite 52). Die Abwässer der Kläranlage Merck KGaA weisen im Vergleich zu den der Zentralkläranlage nur geringe Konzentrationen an Arzneimittelrückständen auf.

Das Analgetika Diclofenac wurde mit rund 1 µg/l in dem Ablauf der Zentralkläranlage sowie im Wasser des Landgrabens gefunden. Die Konzentrationen in den Grundwässern der Grundwassermessstellen, die in unmittelbarer Nähe zum Landgraben liegen, weisen markante Diclofenac-Konzentrationen (rund 0,5 µg/l) auf, die damit den GOW von 0,3 µg/l deutlich überschreiten. Diese Messstellen weisen mit einer Filterrohroberkante von rund 10 m u. GOK eine flache Verfilterung auf. Die beiden untersuchten Rohwässer, die wesentlich tiefer verfiltert sind (rund 40 m u. GOK), enthalten keine Rückstände dieses Wirkstoffes.

Die Antibiotika Sulfamethoxazol und Sulfapyridin, die im Kläranlagenwasser der Zentralkläranlage sowie im Landgraben im Bereich von 0,1 – 0,3 µg/l gefunden werden, tauchen auch in einigen Wässern von Grundwassermessstellen auf. In diesen Grundwässern werden ähnliche Größenordnungen an Antibiotika-Rückständen beobachtet. Die drei betroffenen Grundwassermessstellen (ID 11729, 11730 und 11733) liegen im direkten Abstrom des Landgrabens und sind von diesem nur wenige Hundert Meter entfernt.

Das Analgetikum „4-Formylaminoantipyrin (Formyl-AAP)“ wird in einigen Grundwässern deutlich über dem Vorsorgewert von 0,1 µg/l (Trinkwasserbeurteilung) gefunden.

Die Antiepileptika Carbamazepin und Gabapentin liegen deutlich über den GOW (0,3 µg/l) in den Grundwässern und erreichen mit rund 0,6 µg/l ein ähnliches Niveau wie der Vorfluter Landgraben sowie die Konzentration im Kläranlagenablauf der Zentralkläranlage. Da bei der Bodenpassage bzw. beim Durchfließen der ungesättigten Zone eine Verdünnung und / oder Sorption dieser Stoffe stattfindet, müssen sich daher die seit vielen Jahren erfolgten Einträge im Grundwasserleiter angesammelt haben.

Das Röntgenkontrastmittel Iopamidol wurde weder in den Kläranlagenwässern, noch im Landgraben gefunden. Gleichwohl konnten diese Verbindung in vier Grundwässern detektiert werden. Damit wird deutlich, dass im Grundwasserleiter, die bereits vor geraumer Zeit eingetragene Stoffe, noch vorhanden sind, in Lösung gehen und mit dem Grundwasserstrom weiter transportiert werden.

In den wesentlich tiefer verfilterten Brunnen des Wasserwerks Dornheim, die gut einem Kilometer vom Landgraben entfernt sind, wurden keine Arzneimittelrückstände gefunden.

Bei den Pflanzenschutzmittelrückständen werden in den Kläranlagenabläufen und im Vorfluter Mecoprop sowie der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon nachgewiesen.

In den Grundwässern werden die Herbizide Bentazon und Mecoprop nachgewiesen. Die Mecoprop-Konzentration liegt einmal mit 0,13 µg/l höher als der PNEC von 0,1 µg/l. Gleichfalls wird in einem Grundwasser der GOW von 3 µg/l für den nicht-relevanten Metaboliten Desphenyl-Chloridazon erreicht. Die Beaufschlagung der Grundwässer ist demnach nicht auf die Interaktion mit belastetem Oberflächenwasser beschränkt. Ein guter Teil der Grundwasserbelastung ist, zumindest bei Stoffgruppen wie den Pflanzenschutzmittelwirkstoffrückständen, auf den diffusen Stoffeintrag über die Fläche zurückzuführen.

Bei den Süßstoffen wird in den Kläranlagenabläufen vornehmlich Acesulfam und Sucralose detektiert. In den Grundwässern wird vornehmlich der Süßstoff Acesulfam gefunden. Allerdings in sehr hohen Konzentrationen, die mit 60 µg/l eine Spitzenstellung unter allen gemessenen Grundwässern einnehmen und den Minimierungswert (Trinkverordnung) von 10 µg/l weit überschreiten.

Acesulfam und Sucralose konnten in den Rohwässern der untersuchten Dornheimer Brunnen nicht nachgewiesen werden. Die Süßstoffe Cyclamat und Saccharin wurden dagegen sowohl in einigen Grundwässern wie in den untersuchten Rohwässern, in ähnlicher Größenordnung (0,1 bis 0,2 µg/l) nachgewiesen.

Die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure wird in dem größten Teil aller Grundwässer in erheblichen Konzentrationen nachgewiesen. Mit Konzentrationen über 8 µg/l wird der GOW-Wert von 0,3 µg/l weit überschritten. Auch in den Rohwässern wird der GOW knapp überschritten. Da die p-Toluolsulfonsäurekonzentrationen in den Grundwässern diejenigen der Kläranlagenabläufe und des Landgrabenwassers weit überschreiten, muss entweder in der Vergangenheit der Eintrag wesentlich höher gewesen sein und / oder eine Akkumulation im Grundwasserleiter erfolgen.

Das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol wird in den Grundwässern mit mehr als 3 µg/l in ähnlicher Größenordnung wie im Vorfluter nachgewiesen. Damit wird der GOW von 3 µg/l im Grundwasser überschritten. Die Rohwässer weisen bisher noch keine derartigen Rückstände auf.

Aus der Parametergruppe der PFAS werden fast alle detektierten Verbindungen in den Grundwässern gefunden. Der RL 2013/39/EU (JD) wird für den Parameter PFOS in einigen Grundwässern überschritten. Der Leitwert von 0,3 µg/l für die Summe von PFOA und PFOS wird ebenfalls in einigen Grundwässern überschritten. Spuren von PFAS-Verbindungen konnten bereits in einem Rohwasser nachgewiesen werden.

Da die Brunnen wesentlich weiter vom Landgraben entfernt sind und zudem einen wesentlich tieferen Ausbau aufweisen bzw. einen tiefer liegenden Grundwasserleiter erschließen, muss der Eintrag dieser Stoffe seit geraumer Zeit erfolgen. Damit werden diese Verbindungen nicht ausreichend im Grundwasserleiter zurückgehalten. Eine ausreichende Schutzwir-

kung der Grundwasserüberdeckung hinsichtlich dieser Spurenstoffe liegt somit in dieser Region nicht vor. Damit liegt der Schluss nahe, dass auch weitere Spurenstoffe in den nächsten Jahren in die Rohwässern gelangen werden.

Die extreme Beeinflussung durch belastetes Oberflächenwasser zeigt sich auch in den außerordentlich hohen Borkonzentrationen der Grundwässer, die sich zwischen 300 – 400 µg/l bewegen und damit in ähnlicher Größenordnung wie das Wasser des Landgrabens liegt.

5.4 Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen

Eine Übersicht der Analyseergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen über den Holzgraben / Heistgraben und Mühlbach bis zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Gerauer Land liegt in Anlage 2 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 14 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

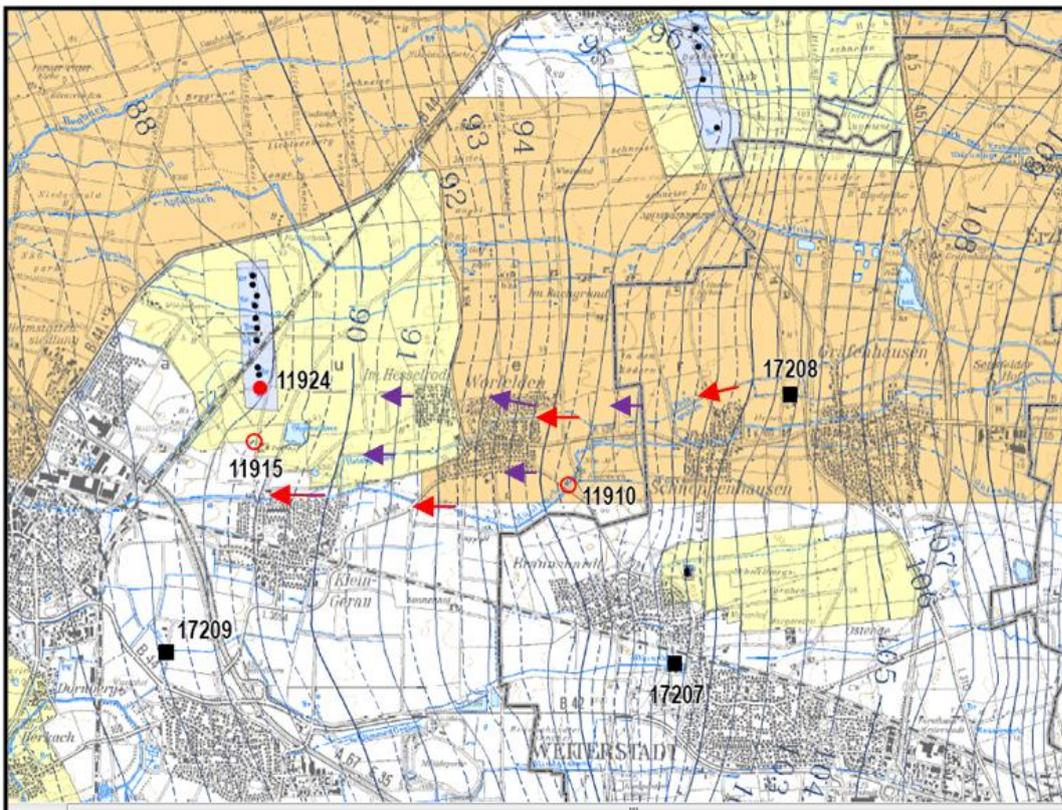


Abb. 14: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen (ID 17208) und der GWM (ID 11915) und Br. VI Klötzenbornschneise WW Gerauer Land (ID 11924) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.4.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Weiterstadt-Gräfenhausen

Im Wasser der Grundwassermessstelle ID 11915 wurde das Antidepressiva Fluoxetin in Konzentrationen oberhalb des PNEC (JD)-Wertes nachgewiesen. Dieser Stoff wurde weder im Kläranlagenablauf, noch im Vorfluter nachgewiesen. Spuren anderer Arzneimittel wurden in diesem Grundwasser ebenfalls detektiert. Dort wird ebenfalls die UQN gemäß RL 2013/39/EU für PFOS überschritten. Die UQN der OGewV für das Herbizid Bentazon von 0,1 µg/l wird mit 5,5 µg/l massiv überschritten. In dem Grundwasser der Messstelle mit der ID 10880 (Neu-Isenburg) wird für die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure der GOW von 0,3 µg/l mit 0,6 µg/l weit überschritten. Im Kläranlagenablauf konnte diese Substanz nicht nachgewiesen werden. In den Oberflächenwasserproben konnte diese Größenordnung nur durch den Maximalwert dargestellt werden. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass der Eintrag ins Grundwasser bereits vor geraumer Zeit erfolgt sein muss.

Hinsichtlich der Süßstoffe zeigt sich jedoch die erwartete Konzentrationskaskade Kläranlagenablauf > Oberflächenwasser > Grundwasser. Während in den Kläranlagenabläufen Konzentrationen um die 20 µg/l für Acesulfam erhalten werden, sind die Acesulfam-Konzentrationen der Grundwässer mit rund 0,3 µg/l als relativ gering einzustufen.

Die Borkonzentrationen der Grundwässer zeigen mit rund 100 µg/l eine deutliche Beeinflussung durch belastetes Oberflächenwasser auf.

5.5 Kläranlage Büttelborn

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Büttelborn über den Landgraben bis zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Dornheim liegt in Anlage 8 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 15 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

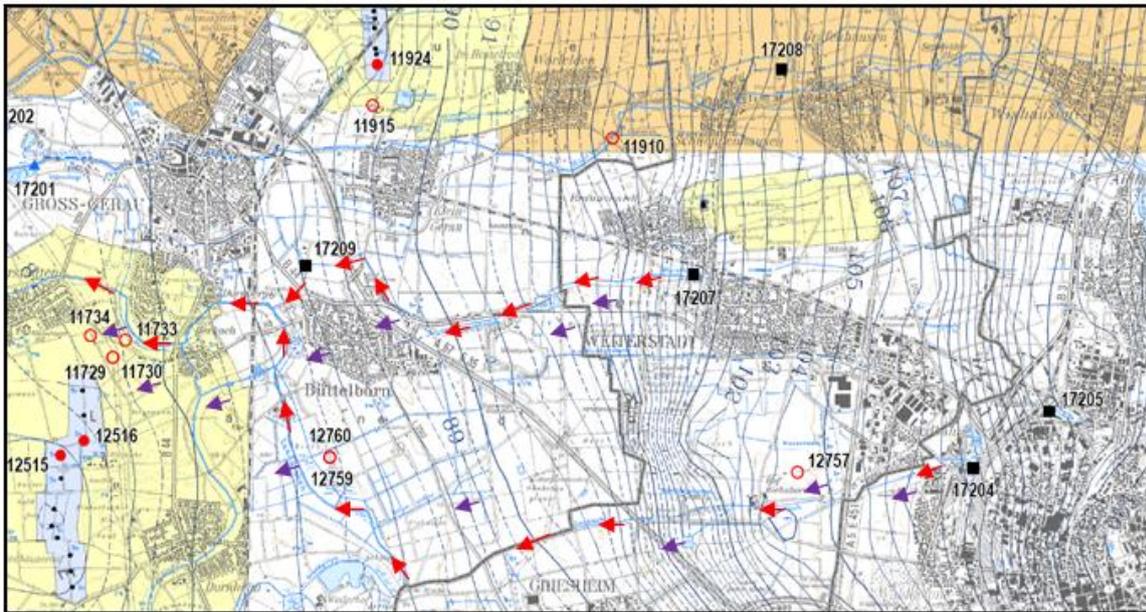


Abb. 15: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlagen Büttelborn (ID 17209) und Weiterstadt (ID 17207), der Zentralkläranlage Darmstadt (ID 17204) und der Kläranlage der Fa. Merck KGaA (ID 17205) und der GWM (ID 11733, 11723, 11729, 11730) und Br. 3 (ID 12516) und Br. 4 WW Dornheim (ID 12515) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende) .

5.5.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Büttelborn

Im Einflussbereich der Kläranlage Büttelborn, wobei auch die Abwässer der Zentralkläranlage Darmstadt und der Kläranlage der Fa. Merck KGaA eine zusätzliche Wirkung entfalten, wurde das ausgedehnteste Parameterspektrum gefunden. Dies gilt für alle drei beprobten Messstellentypen. Die Abwassermenge aus der Zentralkläranlage Darmstadt spielt hier eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Gewässerbeeinflussung mit Spurenstoffen.

Die Kläranlage der Firma Merck KGaA ist hinsichtlich der Spurenstoffbelastung, die für kommunale Kläranlagen typisch ist (z. B. Arzneimittelrückstände, Süßstoffe) als gering belastet einzuschätzen (siehe Seite 52). Die Abwässer der Kläranlage Merck KGaA weisen im Vergleich zu den der Zentralkläranlage nur geringe Konzentrationen an Arzneimittelrückständen auf.

Das Analgetika Diclofenac wurde mit rund 1 µg/l in den Ablauf der Zentralkläranlage sowie im Wasser des Landgrabens gefunden. Die Konzentrationen in den Grundwässern der Grundwassermessstellen, die in unmittelbarer Nähe zum Landgraben liegen, weisen markante Diclofenac-Konzentrationen (rund 0,5 µg/l) auf, die damit den GOW von 0,3 µg/l deutlich überschreiten. Diese Messstellen weisen mit einer Filterrohroberkante von rund 10 m u. GOK eine flache Verfilterung auf. Die beiden untersuchten Rohwässer aus Grundwassermessstellen, die wesentlich tiefer verfiltert sind (rund 40 m u. GOK), enthalten keine Rückstände dieses Wirkstoffes.

Die Antibiotika Sulfamethoxazol und Sulfapyridin, die im Kläranlagenwasser der Zentralkläranlage sowie im Landgraben im Bereich von 0,1 – 0,3 µg/l gefunden werden, tauchen auch in einigen Wässern von Grundwassermessstellen auf. In diesen Grundwässern werden ähnliche Größenordnungen an Antibiotika-Rückständen beobachtet. Die drei betroffenen Grundwassermessstellen (ID 11729, 11730 und 11733) liegen im direkten Abstrom des Landgrabens und sind von diesem nur wenige Hundert Meter entfernt. Damit ist von einer guten „Grundwassergängigkeit“ dieser Verbindung auszugehen.

Das Analgetikum „4-Formylaminoantipyrin (Formyl-AAP)“ wurde in einigen Grundwässern deutlich über den Vorsorgewert von 0,1 µg/l (Trinkwasserbeurteilung) gefunden.

Die Antiepileptika Carbamazepin und Gabapentin liegen deutlich über den GOW (0,3 µg/l) in den Grundwässern und erreichen mit rund 0,6 µg/l ein ähnliches Niveau wie der Vorfluter Landgraben sowie die Konzentration im Kläranlagenablauf der Zentralkläranlage. Da bei der Bodenpassage bzw. beim Durchfließen der ungesättigten Zone eine Verdünnung und / oder Sorption dieser Stoffe stattfindet, müssen sich daher die seit vielen Jahren erfolgten Einträge im Grundwasserleiter angesammelt haben.

Das Röntgenkontrastmittel Iopamidol wurde weder in den Kläranlagenwässern, noch im Landgraben gefunden. Gleichwohl konnten diese Verbindung in vier Grundwässern detektiert werden. Damit wird deutlich, dass im Grundwasserleiter die bereits vor geraumer Zeit eingetragenen Stoffe noch vorhanden sind, in Lösung gehen und mit dem Grundwasserstrom weiter transportiert werden.

In den wesentlich tiefer verfilterten Brunnen des Wasserwerks Dornheim, die gut einem Kilometer vom Landgraben entfernt sind, wurden keine Arzneimittelrückstände gefunden.

Bei den Pflanzenschutzmittelwirkstoffrückständen werden in den Kläranlagenabläufen und im Vorfluter Mecoprop sowie der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon nachgewiesen.

In den Grundwässern werden die Herbizide Bentazon und Mecoprop nachgewiesen. Die Mecoprop-Konzentration liegt einmal mit 0,13 µg/l höher als der PNEC von 0,1 µg/l. Gleichfalls wird in einem Grundwasser der GOW von 3 µg/l für den nicht-relevanten Metaboliten Desphenyl-Chloridazon erreicht. Die Beaufschlagung der Grundwässer ist demnach nicht auf die Interaktion mit belastetem Oberflächenwasser beschränkt. Ein guter Teil der Grundwasserbelastung ist, zumindest bei Stoffgruppen wie den Pflanzenschutzmittelwirkstoffrückständen, auf den diffusen Stoffeintrag über die Fläche zurückzuführen.

Bei den Süßstoffen wird in den Kläranlagenabläufen vornehmlich Acesulfam und Sucralose detektiert. In den Grundwässern wird vornehmlich der Süßstoff Acesulfam gefunden. Allerdings in sehr hohen Konzentrationen, die mit 60 µg/l eine Spitzenstellung unter allen gemes-

senen Grundwässern einnehmen und den Minimierungswert (Trinkverordnung) von 10 µg/l weit überschreiten.

Acesulfam und Sucralose konnten in den Rohwässern der untersuchten Dornheimer Brunnen nicht nachgewiesen werden. Die Süßstoffe Cyclamat und Saccharin wurden dagegen sowohl in einigen Grundwässern wie in den untersuchten Rohwässern in ähnlicher Größenordnung (0,1 – 0,2 µg/l) nachgewiesen.

Die Industriechemikalie p-Toluolsulfonsäure wird in dem größten Teil aller Grundwässer in erheblichen Konzentrationen nachgewiesen. Mit Konzentrationen über 8 µg/l wird der GOW-Wert von 0,3 µg/l weit überschritten. Auch in den Rohwässern wird der GOW knapp überschritten. Da die p-Toluolsulfonsäure-Konzentrationen in den Grundwässern diejenigen der Kläranlagenabläufe und des Landgrabenwassers weit überschreiten, muss entweder in der Vergangenheit der Eintrag wesentlich höher gewesen sein und / oder eine Akkumulation im Grundwasserleiter erfolgen.

Das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol wird in den Grundwässern mit mehr als 3 µg/l in ähnlicher Größenordnung wie im Vorfluter nachgewiesen. Damit wird der GOW von 3 µg/l im Grundwasser überschritten. Die Rohwässer weisen bisher noch keine derartigen Rückstände auf.

In den Grundwässern wurden fast alle untersuchten Verbindungen aus der Parametergruppe der PFAS auch tatsächlich detektiert. Die UQN der RL/39/39 wird für den Parameter PFOS in einigen Grundwässern überschritten. Der Leitwert von 0,3 µg/l für die Summe von PFOA und PFOS wird ebenfalls in einigen Grundwässern überschritten. Spuren von PFAS-Verbindungen konnten bereits in einem Rohwasser nachgewiesen werden.

Da die Brunnen wesentlich weiter vom Landgraben entfernt sind und zudem einen wesentlich tieferen Ausbau aufweisen bzw. einen tiefer liegenden Grundwasserleiter erschließen, muss der Eintrag dieser Stoffe seit geraumer Zeit erfolgen. Damit werden diese Verbindungen nicht ausreichend im Grundwasserleiter zurückgehalten. Eine ausreichende Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung hinsichtlich dieser Spurenstoffe liegt somit in dieser Region nicht vor. Damit liegt der Schluss nahe, dass auch weitere Spurenstoffe in den nächsten Jahren in die Rohwässern gelangen werden.

Die Beeinflussung durch belastetes Oberflächenwasser zeigt sich auch in den außerordentlich hohen Borkonzentrationen der Grundwässer, die sich zwischen 300 – 400 µg/l bewegen und damit in der gleichen Größenordnung wie der Landgraben liegen.

5.6 Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt über die Modau zu den im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerken Eschollbrücken, Pfungstadt, Allmendfeld (Hessenwasser GmbH) und dem Wasserwerk Pfungstadt (Stadtwerke Pfungstadt) liegt in Anlage 3 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 16 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

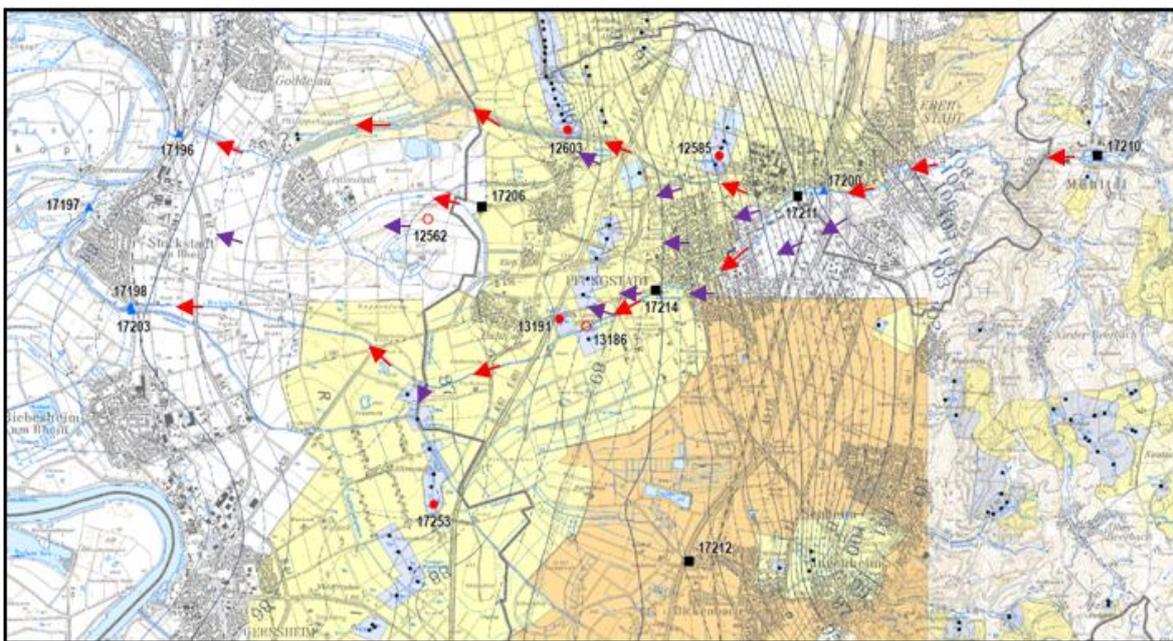


Abb. 16: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt (ID 17210) und der abstromig gelegenen Kläranlagen Darmstadt-Eberstadt (ID 17211), Pfungstadt (ID 17214) und Eschollbrücken (ID 12562) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.6.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt

In einem Rohwasser wurden Acitromycinrückstände (Antibiotika) gefunden, die mit rund $0,3 \mu\text{g/l}$ in ähnlicher Größenordnung des Kläranlagenablaufs liegen und dem Wert der UQN von $0,09 \mu\text{g/l}$ weit überschreiten. Das Antiepileptika Carbamazepin sowie das Röntgenkontrastmittel Amidotrizoensäure konnten in den Kläranlagenabläufen sowie in den Vorflutern detektiert werden. Beide Stoffe werden im Grundwasser nur in Spuren gefunden.

Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFOS, PFBA und PFBS) wurden in den Grundwässern, nicht aber in den Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern nachgewiesen.

Süßstoffe finden sich in den Vorflutern mit rund 5 µg/l. In den Grundwässern konnten nur Spuren dieser Verbindungen ermittelt werden.

Das Herbizid Bentazon wird in dem Grundwasser der Messstelle mit der ID 13186 mit 0,3 µg/l weit über dem Wert der OGeV von 0,1 µg/l nachgewiesen. Dieser Wirkstoff wird weder im Kläranlagenablauf noch in den Vorflutern detektiert. Der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon taucht in allen drei Kompartimenten in ähnlichen Konzentrationen auf (rund 0,3 µg/l).

Eine Interaktion zwischen Vorflutern und Grundwasser ist gegeben, allerdings nicht stark ausgeprägt. Vor allem der alleinige Nachweis des Herbizids Bentazon im Grundwasser deutet darauf hin, dass über den diffusen Stoffeintrag aus der Fläche eine nicht unwesentliche Beeinflussung gegeben ist. Gleiches gilt für die Einträge von PFAS in das Grundwasser.

Die Borkonzentrationen der Grundwässer, die mit rund 20 µg/l als unauffällig einzustufen sind, weisen ebenfalls auf eine gering ausgeprägte Interaktion von Oberflächen- und Grundwasser hin.

5.7 Kläranlage Darmstadt-Eberstadt

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürftigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Mühlthal / Nieder-Ramstadt über die Modau und den Sandbach zu den im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerken Eschollbrücken, Pfungstadt, Allmendfeld (Hessenwasser GmbH) und dem Wasserwerk Pfungstadt (Stadtwerke Pfungstadt) liegt in Anlage 5 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 17 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiteerlaubnis) vorgelegt werden.

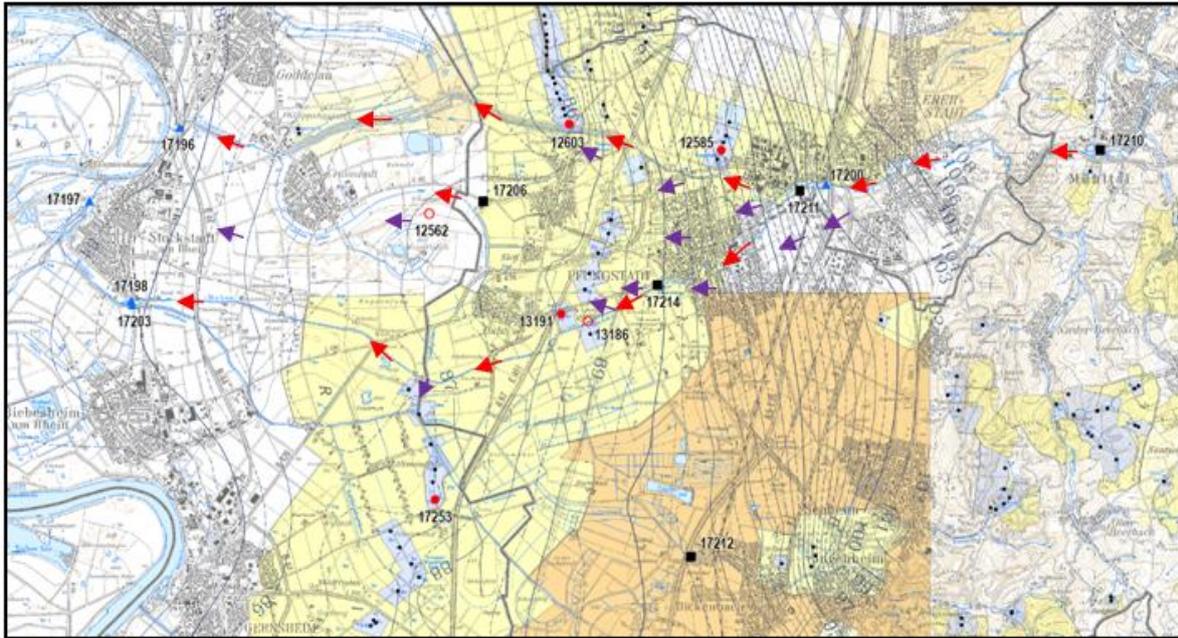


Abb. 17: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Darmstadt-Eberstadt und der abstromig gelegenen Kläranlagen Pfungstadt und Eschollbrücken sowie der im Anstrom liegenden Kläranlage Mühltal / Nieder-Ramstadt (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.7.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Darmstadt-Eberstadt

Hier ergibt sich ein heterogenes Bild für den Grundwasser- bzw. Rohwasserbereich. Im Wasser einer Grundwassermessstelle wurde der Antibiotikawirkstoff Azitromycin mit rund $0,3 \mu\text{g/l}$ deutlich über dem Wert der UQN (JD) von $0,09 \mu\text{g/l}$ ermittelt. Alle anderen Arzneimittelwirkstoffe sind in den Grund- und Rohwässern als unauffällig einzustufen.

Das Röntgenkontrastmittel Amidotrizoensäure konnte in den Vorflutern, nicht jedoch in den Grund- und Rohwässern nachgewiesen werden.

Das Herbizid Bentazon wurde in einem Grundwasser mit mehr als $0,3 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen und lag damit deutlich über dem Wert der OGewV von $0,1 \mu\text{g/l}$. Weder im Kläranlagenablauf noch in der Modau und im Sandbach konnte dieser Wirkstoff gefunden werden.

Der Süßstoff Acesulfam wurde in den Grund- und Rohwässern nur in Spuren angetroffen.

Die Interaktion zwischen Grund- und Oberflächenwasser scheint im beobachteten Bereich aufgrund des kleinen Stoffspektrums an Spurenstoffen gering zu sein.

5.8 Kläranlage Bickenbach

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Bickenbach über das Einleitegewässer Landbach und Landgraben zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Allmendfeld (Hessenwasser GmbH) liegt in Anlage 6 vor. Die prognostizierten Fließwege im

Grundwasser sind in Abb. 18 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

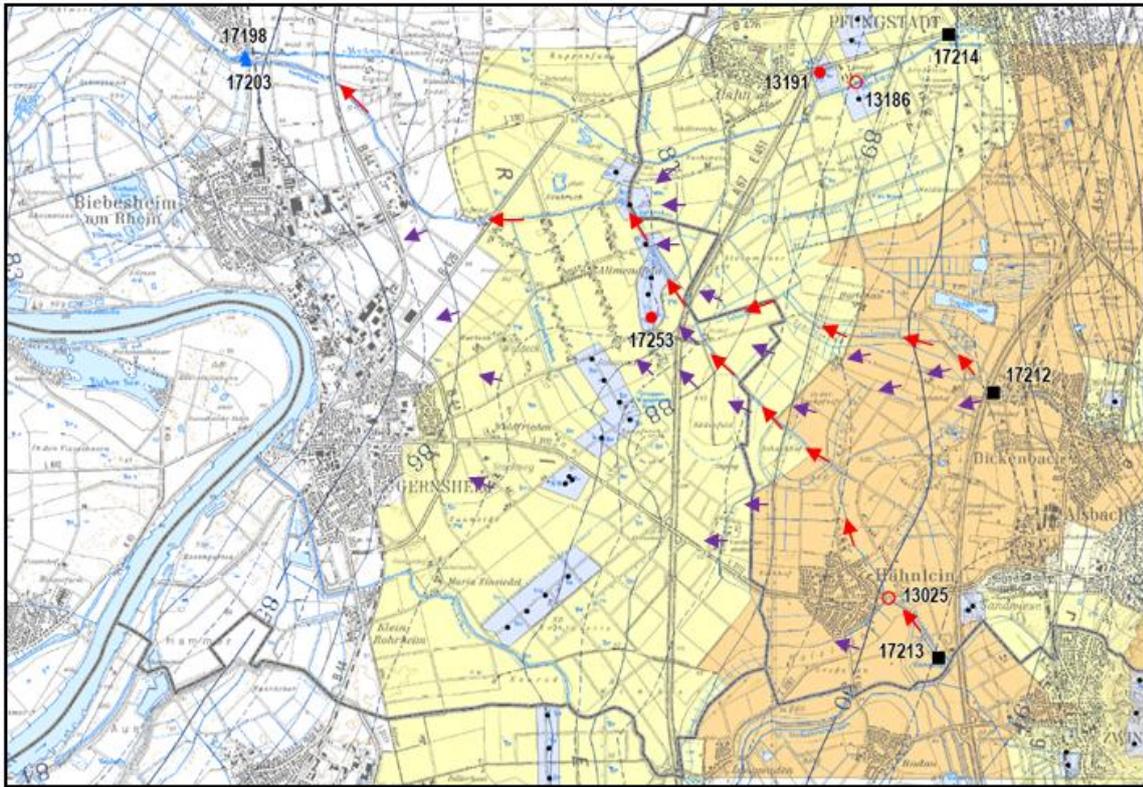


Abb. 18: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Bickenbach (ID 17212) sowie der Kläranlage Alsbach-Hähnlein (ID 17213) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.8.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Bickenbach

Im Kläranlagenablauf der Kläranlage Bickenbach sowie im Wasser des Fanggrabens (ID 17203) wurden Arzneimittelrückstände (z. B. Antibiotika, Analgetika, Antiepileptika) gefunden.

Mit Ausnahme des Antiepileptikas Carbamazepin und des Röntgenkontrastmittels Amidotri-zoesäure wurden im Wasser der flach verfilterten Grundwassermessstelle (rund 10 m Filteroberkante) keine Arzneimittelrückstände gefunden. Im Rohwasser des tief verfilterten Brunnens (rund 100 m) fanden sich jedoch Rückstände einer größeren Anzahl von Arzneimittelwirkstoffen, unter anderem das Antibiotikum Sulfapyridin.

Die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Bentazon, Mecoprop sind in Spuren, der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon mit gut 2 µg/l in deutlichen Konzentrationen im Rohwasser nachweisbar.

PFOA und PFOS (größer als die UQN) konnten ebenfalls im Rohwasser bestimmt werden.

Der Süßstoff Acesulfam konnte mit 3 µg/l ebenfalls im Rohwasser nachgewiesen werden.

Die Borkonzentration von rund 200 µg/l im Rohwasser weist gleichfalls auf eine merkliche Überprägung der Rohwasserbeschaffenheit durch belastetes Oberflächenwasser hin.

Besonderheit für den Bereich der Kläranlage Bickenbach und Alsbach-Hähnlein ist, dass eine breite Palette von organischen Spurenstoffen bereits in eine große Tiefe im Grundwasserleiter (rund 100 m u. GOK) vorgedrungen ist. Ein direkter Eintrag von Schadstoffen aus dem nahegelegenen Vorfluter, der nur wenige 100 m entfernt vom Brunnen fließt, ist nicht auszuschließen. Es könnte jedoch auch ein, in der Vergangenheit erfolgter und immer noch stattfindender Eintrag, aus dem weiter entfernten Zustrombereich dieses Brunnens vorliegen. Hierfür spräche die Tiefe der Schadstofffahne.

5.9 Kläranlage Alsbach-Hähnlein

Eine Übersicht der Analyseergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Alsbach-Hähnlein über das Einleitegewässer Landgraben zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Allmendfeld (Hessenwasser GmbH) liegt in Anlage 6 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 19 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiteerlaubnis) vorgelegt werden.

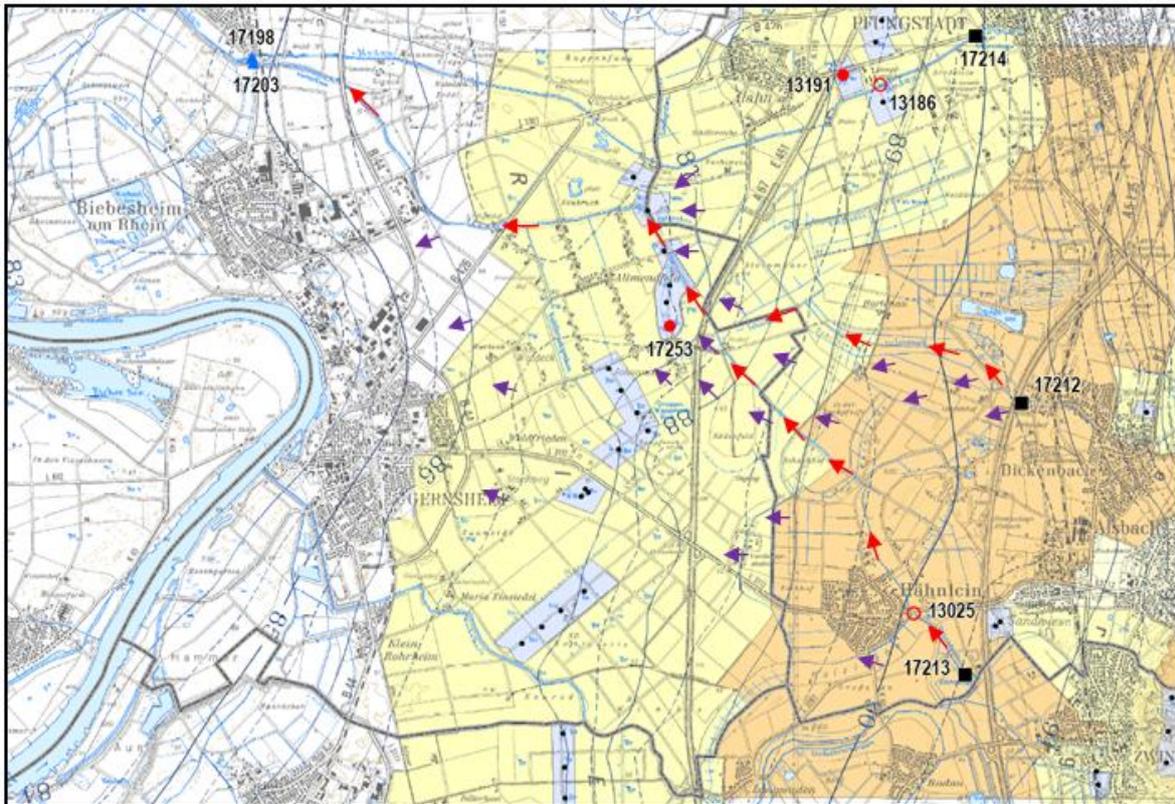


Abb. 19: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Alsbach-Hähnlein (ID 17213) und der Kläranlage Bickenbach (ID 17212) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.9.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Alsbach-Hähnlein

Im Kläranlagenablauf der Kläranlage Alsbach-Hähnlein sowie im Wasser des Fanggrabens (ID 17203) wurden Arzneimittelrückstände (z. B. Antibiotika, Analgetika, Antiepileptika) gefunden.

Mit Ausnahme des Antiepileptika Carbamazepin und des Röntgenkontrastmittels Amidotri-zoesäure wurden im Wasser der flach verfilterten Grundwassermessstelle (rund 10 m Filteroberkante) keine Arzneimittelrückstände gefunden. Im Rohwasser des tief verfilterten Brunnens (rund 100 m) fanden sich jedoch Rückstände einer größeren Anzahl von Arzneimittelwirkstoffen, unter anderem das Antibiotika Sulfapyridin.

Die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Bentazon, Mecoprop waren in Spuren, der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon mit gut 2 µg/l in deutlichen Mengen im Rohwasser nachweisbar.

PFOA und PFOS (größer als der PNEC) konnten ebenfalls im Rohwasser bestimmt werden.

Der Süßstoff Acesulfam konnte mit 3 µg/l ebenfalls im Rohwasser nachgewiesen werden.

Die Borkonzentration von rund 200 µg/l im Rohwasser weist gleichfalls auf eine merkliche Überprägung der Rohwasserbeschaffenheit durch belastetes Oberflächenwasser hin.

Besonderheit für den Bereich der Kläranlage Bickenbach und Alsbach-Hähnlein ist, dass eine breite Palette von organischen Spurenstoffen bereits in eine große Tiefe im Grundwasserleiter (rund 100 m u. GOK) vorgedrungen ist. Ein direkter Eintrag von Schadstoffen aus dem nahegelegenen Vorfluter, der nur wenige 100 m entfernt vom Brunnen fließt, ist nicht auszuschließen. Es könnte jedoch auch ein in der Vergangenheit erfolgter und immer noch stattfindender Eintrag aus dem weiter entfernten Zustrombereich dieses Brunnens vorliegen. Hierfür spräche die Tiefe der Schadstofffahne.

5.10 Kläranlage Pfungstadt

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Pfungstadt über das Einleitengewässer Modau zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Pfungstadt (Hessenwasser GmbH) liegt in Anlage 7 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 20 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitengewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiterlaubnis) vorgelegt werden.

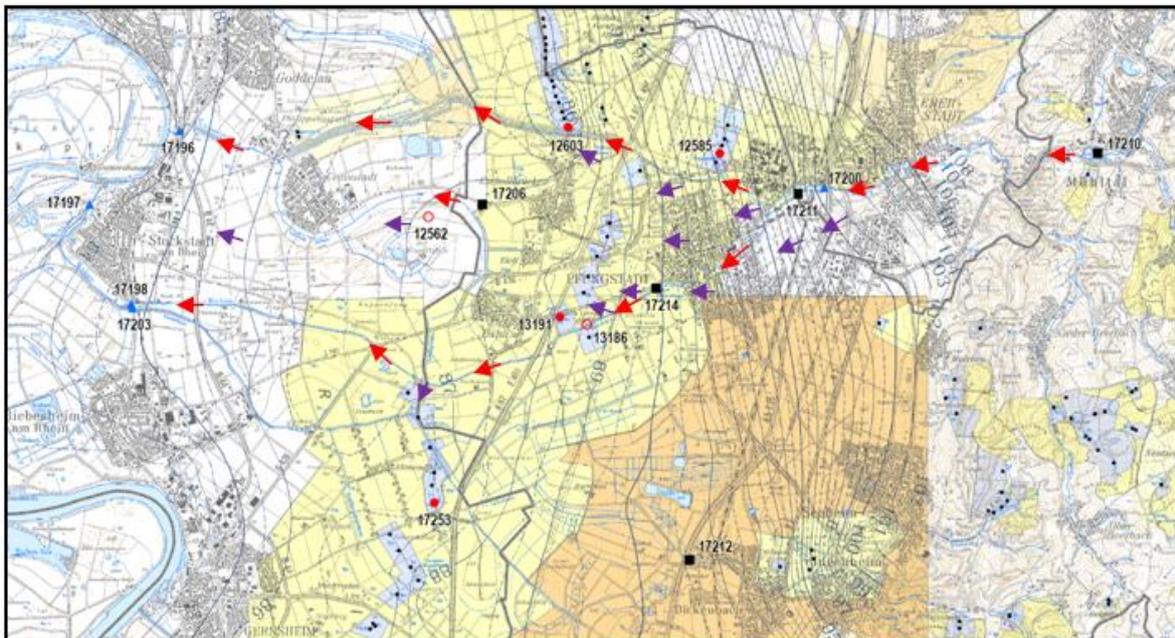


Abb. 20: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Pfungstadt (ID 17214) und der im Anstrom gelegenen Kläranlagen Darmstadt-Eberstadt (ID 17211) und Mühl-/Nieder-Ramstadt (ID 17210) und GWM (ID 13186) und Br. 6 WW Pfungstadt (ID 13191), Oberflächengewässermessstelle (ID 17197)(rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.10.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Pfungstadt

Im Rohwasser konnte das Antibiotika Azitromycin detektiert werden. Alle anderen Arzneimittelrückstände waren nicht nachzuweisen. Die Borkonzentration ist mit rund 20 µg/l als unauffällig einzustufen.

Besonderheit im Wasser der Grundwassermessstelle ist der Nachweis von Bentazon, der mit mehr als 0,3 µg/l die UQN der OGewV von 0,1 µg/l überschreitet. Da weder in der Modau, noch im Kläranlagenablauf dieser Wirkstoff nachgewiesen wurde, ist ein diffuser Eintrag über die Fläche wahrscheinlich.

5.11 Kläranlage Langen

Eine Übersicht der Analyseergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Langen über das Einleitegewässer Geräthsbach und Schwarzbach zu dem im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerk Walldorf (Stadt Mörfelden-Walldorf) liegt in Anlage 9 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 21 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiteerlaubnis) vorgelegt werden.



Abb. 21: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der Kläranlage Langen (ID 17215) und der GWM (ID 12072) und des Br. D WW Waldorf (ID 12116) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

Eine langfristige Beeinträchtigung der Grundwasserqualität im Bereich der Brunnen C und D des WW Waldorf ist bereits durch die steigenden Borkonzentrationen in den Rohwasseruntersuchungen seit 1991 zu erkennen (Abb. 22). Die Borkonzentration ist in den letzten 25 Jahren von 210 µg/l auf max. 680 µg/l (Br. D, ID 12116) und von 0 µg/l auf max. 440 µg/l (Br. C, ID 10719) angestiegen. Eine Trendumkehr ist bislang noch nicht zu beobachten. Die Schutzwirkung der Deckschichten ist entlang des Einleitengewässers aufgrund dieser Entwicklung als nicht ausreichend zu bezeichnen. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist eine Überarbeitung der Schutzgebietsabgrenzung erforderlich. Die fachliche Bewertung hinsichtlich der Schutzwirkung der Deckschichten im Schutzgebietsgutachten /7/ und die daraus resultierende Größe des festgesetzten Schutzgebiets sind nicht ausreichend.

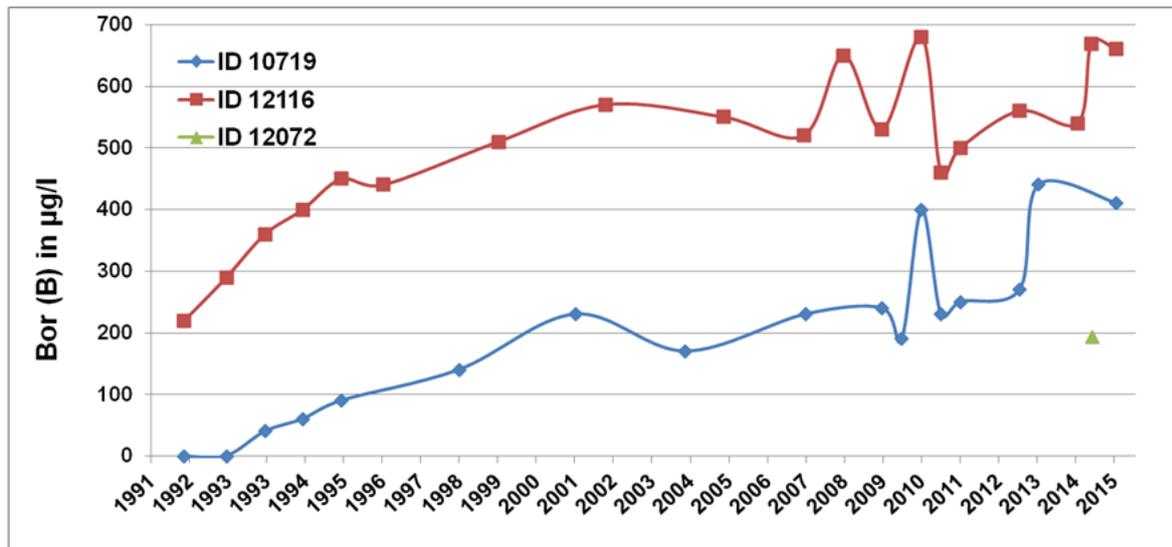


Abb. 22: Langjährige Entwicklung eines abwasserbürtigen Parameters (Bor) im Abstrom der KA Langen, GWM EGELSBACH (ID 12072), Br. D WW Walldorf (ID 12116) und Br. C WW Walldorf (ID 10719) (Quelle: HLNUG, Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen).

5.11.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Langen

Im Rohwasser sowie im Grundwasser konnten eine breite Palette an Arzneimittelrückständen nachgewiesen werden. Für das Analgetika Phenazon und den Röntgenkontrastmittel Amidotrizoesäure werden die GOW im Rohwasser überschritten. Bei Phenazon, Acet-AP und Formyl-AAP werden die auf Trinkwasser bezogenen Vorsorgewerte des UBA überschritten. Es finden sich ebenfalls merkliche Konzentrationen an Carbamazepin (0,2 µg/l) sowie Konzentrationen der Antibiotika Sulfadiazin, Sulfamethoxazol und Sulfapyridin.

Im Wasser der Grundwassermessstelle sind generell deutlich mehr Stoffe als im Rohwasser detektiert worden; die Konzentrationen sind vielfach erheblich höher (z. B Carbamazepin 0,79 µg/l). Im Grundwasser wurden zusätzlich auch hohe Konzentrationen des Uristatikums Oxipurinol nachgewiesen (5,3 µg/l).

Der Ausbau der Grundwassermessstelle und des Brunnens unterscheidet sich in der Tiefe des oberen Filters nur unwesentlich. Die Entfernung zwischen beiden beträgt etwas mehr als einen Kilometer, wobei die Grundwasserfließrichtung von der Grundwassermessstelle zum Brunnen hin ausgerichtet ist. Damit dürfte in der nächsten Zeit mit einem weiteren Anstieg der Arzneimittelrückstände im Walldorfer Brunnen zu rechnen sein, da in dem Wasser der Grundwassermessstelle deutlich höhere Konzentrationen an organischen Spurenstoffen gefunden wurden.

Im Rohwasser des Brunnens waren noch Rückstände der Herbizide Atrazin und Simazin nachzuweisen. Beide Stoffe konnten im Grundwasser nicht mehr detektiert werden. Andererseits wurden im Grundwasser deutliche Diuronkonzentrationen (0,07 µg/l) bestimmt. Es ist

damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren auch dieses Herbizid im Rohwasser zu finden sein wird.

Im Grundwasser sowie im Rohwasser wurde eine Vielzahl von PFAS nachgewiesen, wobei für PFOS der UQN der RL/39/EU in beiden Wässern überschritten wurde. Die Wertebereiche für diese Verbindungen bewegen sich in beiden Wässern in ähnlicher Größenordnung. Dies bedeutet, dass sich trotz zunehmender Entfernung zum Interaktionsbereich „Grundwasser – Oberflächenwasser“ nicht die zu erwartende Verdünnung durch das Hinzuströmen von unbelastetem Grundwasser einstellt. Der Süßstoff Acesulfam war mit rund 20 µg/l im Grundwasser nachweisbar. Im Rohwasser wurden Konzentrationen um 3 µg/l gefunden.

Die Borkonzentration im Grundwasser mit rund 200 µg/l zeigt den Einfluss von belastetem Oberflächenwasser an. Im Rohwasser des Walldorfer Brunnens werden allerdings fast 700 µg/l Bor nachgewiesen. Dies deutet auf einen zusätzlichen Eintrag von mit hoher Borkonzentration belasteten Abwässern in früheren Jahren hin.

5.12 Kläranlage Dreieich-Buchsschlag

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Dreieich-Buchsschlag über das Einleitegewässer Hengstbach, Gundbach und Schwarzbach zu den im Grundwasserabstrom liegenden Wasserwerken Neu-Isenburg (Stadt Neu-Isenburg) und Breitensee (Stadt Spremlingen) liegt in Anlage 1 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 23 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiteerlaubnis) vorgelegt werden.

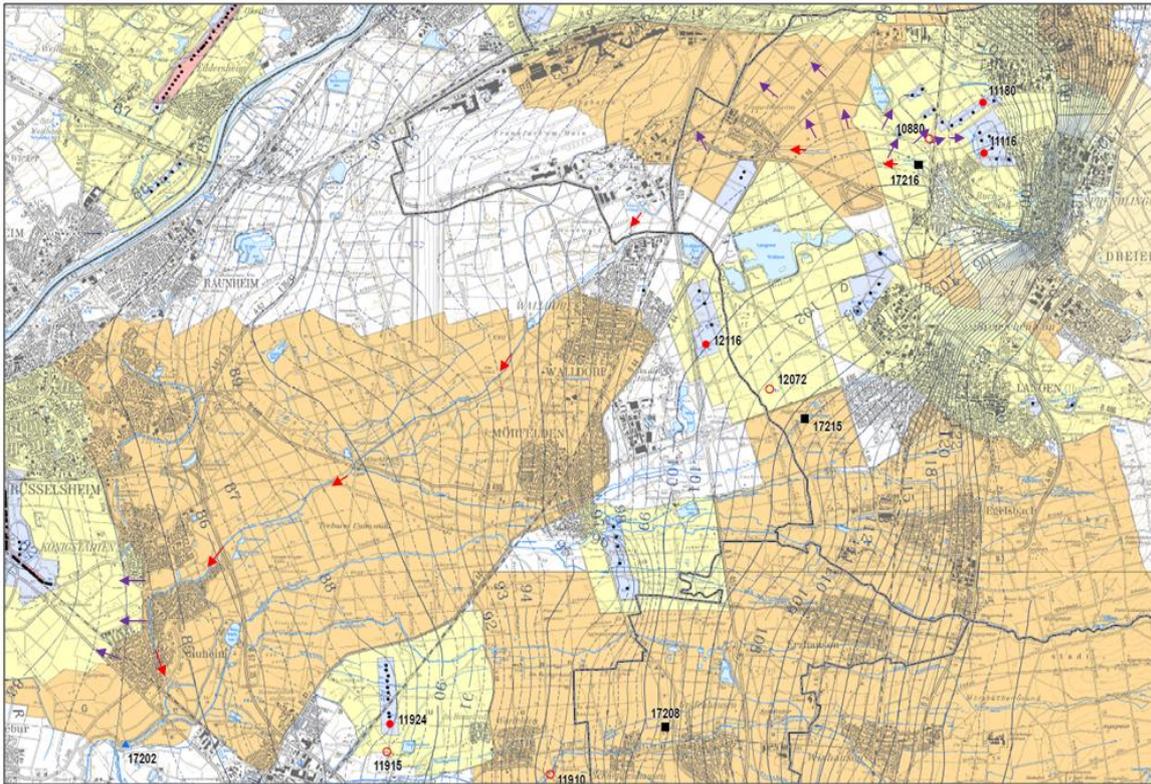


Abb. 23: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der KA Buchschlag (ID 14216), GWM (ID 10880) und Br. 13 WW Neu-Isenburg (ID 11180) und Br. 8 WW Sprendlingen (ID 11116) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende)

5.12.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Dreieich-Buchsschlag

Im Schwarzbach und in der flach verfilterten Grundwassermessstelle (ID 10880) wurde der PNEC (JD) für PFOS überschritten. Die Messstelle ist rund 500 m vom Schwarzbach entfernt.

Die untersuchten PFT-Verbindungen wurden in den Kläranlagenabwässern, dem Oberflächenwasser des Schwarzbaches sowie in den Grundwässern nachgewiesen. In den Wässern der tiefer verfilterten Grundwassermessstellen sind die PFT-Konzentrationen geringer als in Wasser der flach verfilterten Grundwassermessstelle. Eine Verlagerung im Grundwasserleiter ist damit gegeben. Die höchsten Konzentrationen wurden für die Verbindungen PFOS, gefolgt von PFOA ermittelt. Beide Verbindungen weisen eine eher mittlere Kettenlänge auf. Diese Verbindungen weisen hydrophile und lipophile Eigenschaften auf. Kurzkettige PFT-Verbindungen werden laut Literatur deutlich schneller verlagert als langkettige. Das Vorfinden von PFT-Verbindungen mit mittlerer Kettenlänge zeigt, dass hier fließende Übergänge hinsichtlich des Sorptions- und Verlagerungsverhaltens bestehen.

Arzneimittelrückstände (vornehmlich Carbamazepin) wurden im Kläranlagenablauf sowie dem Oberflächengewässer, jedoch nicht in den Grundwässern im Einflussbereich der Kläranlage Dreieich-Buchschlag nachgewiesen.

Süßstoffe fanden sich ebenfalls in dem Kläranlagenablauf und im Oberflächengewässer. In den Grundwässern waren keine derartigen Verbindungen anzutreffen.

Die Interaktion zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser scheint in diesem Bereich nicht sonderlich ausgeprägt zu sein. Hierfür spricht auch der Grundwasserflurabstand, der zwischen 15 – 25 m liegt bzw. die damit verbundene höhere Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung.

5.13 Kläranlage Eschollbrücken

Eine Übersicht der Analysenergebnisse zur Erkundung des Eintragspfads von abwasserbürtigen Spurenstoffen von der Einleitestelle der Kläranlage Eschollbrücken über das Einleitegewässer Lohraingraben liegt in Anlage 10 vor. Die prognostizierten Fließwege im Grundwasser sind in Abb. 24 dem Oberflächenabfluss gegenübergestellt. Eine Überprüfung und genaue Lagebeschreibung der Infiltrationsstrecken in den Einleitegewässern findet in diesem Bericht nicht statt. Diese Datengrundlage sollte aus hydrogeologischer Sicht in den Antragsunterlagen in künftigen Genehmigungsverfahren (z. B. Einleiteerlaubnis) vorgelegt werden.

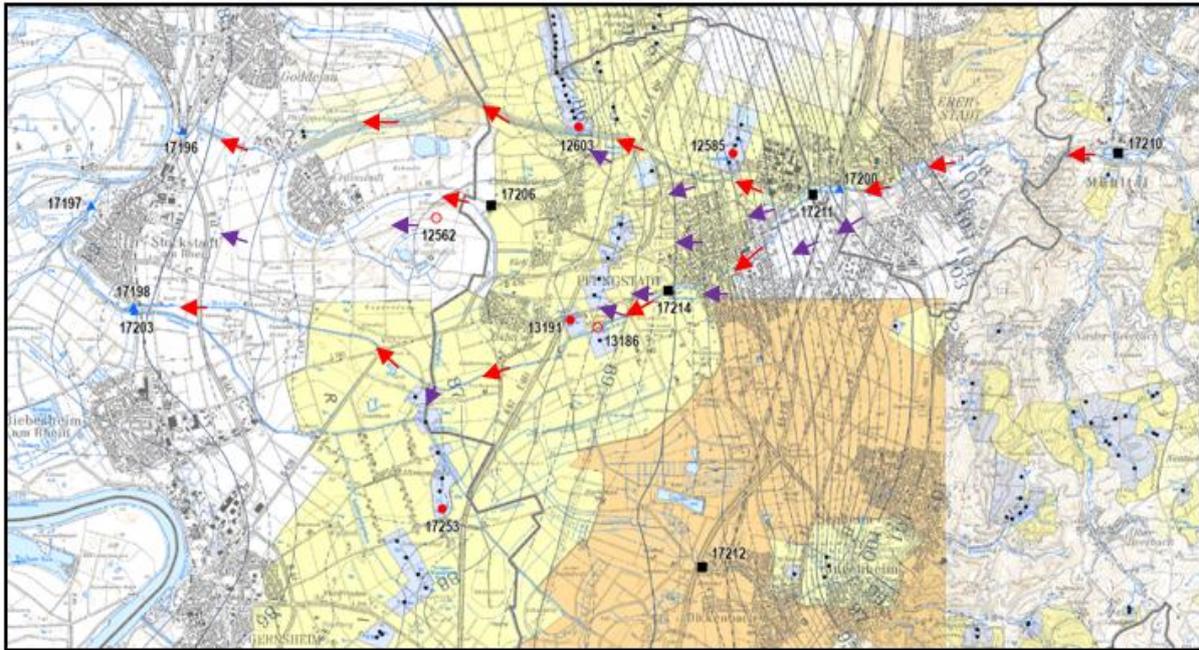


Abb. 24: Darstellung des Gewässernetzes und der Grundwassergleichen im Abstrom der kommunalen Kläranlage Eschollbrücken (ID 17206) und der anstromig gelegenen Kläranlagen Darmstadt-Eberstadt (ID 17211), Pfungstadt (ID 17214) und GWM (ID 12562) (rote Pfeile: Oberflächenwasserfließrichtung, lila Pfeile: Grundwasserfließrichtung) (Quelle: HLNUG; Ausschnitt aus Karte 1, siehe dort die Messstellenlegende).

5.13.1 Nachweis von organischen Spurenstoffen im Abstrom der Kläranlage Eschollbrücken

Das Grundwasser zeigt nur eine geringe Überprägung durch belastetes Abwasser an. Der nicht-relevante Metabolit Desphenyl-Chloridazon sowie das Herbizid Bentazon konnten nachgewiesen werden. Da jedoch keine anderen organischen Spurenstoffe im Grundwasser vertreten sind, ist ein diffuser Eintrag über die Fläche wahrscheinlicher.

5.14 Fazit

5.14.1 Hot Spots

Im Wirkungsbereich des Kläranlagensystems Zentralkläranlage Darmstadt, Kläranlage Merck inklusive des Bereiches Weiterstadt wurden in den Grund- und Rohwässern erhebliche Rückstände an organischen Spurenstoffen gefunden.

Ein weiterer Belastungsschwerpunkt stellt der Raum Walldorf und Langen dar. Auch hier wurden eine Vielzahl von organischen Spurenstoffen in den Grund- und Rohwässern gefunden.

Desweiteren ergab sich auch für den Einflussbereich der Kläranlage Bickenbach und Alsbach-Hähnlein eine deutliche Beaufschlagung der Grund- und Rohwässer mit organischen Spurenstoffen. Hier tritt die Besonderheit auf, dass organische Spurenstoffe auch im tief verfilterten Rohwasser nachzuweisen waren.

5.14.2 Stoffspektrum und Leitparameter

Das breite Spektrum der Stoffverbindungen zeigt, dass ein großer Teil dieser Verbindungen im Grundwasserleiter weiter verlagert wird und die Interaktionsbereiche von Oberirdischen Gewässern und Grundwässern bereits verlassen haben und sich in Abstromrichtung im Grundwasser verteilt haben. Desweiteren sind viele Verbindungen bereits in den tiefer gelegenen Grundwasserleitern anzutreffen. Da eine Anzahl der untersuchten Verbindungen bereits vor zwei Jahrzehnten (siehe Sondermessprogramm Arzneimittelrückstände 1996/97) nachgewiesen werden konnten, ist von einer kontinuierlich anhaltenden Belastung der Grundwässer auszugehen. Die Schutzwirkung der Deckschichten verhindert den Eintrag von vielen organischen Spurenstoffen nicht.

- Als Leitparameter für Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFT) erwiesen sich **PFOS** und **PFOA**.
- Für die Gruppe der Süßstoffe kristallisierten sich **Acesulfam** und **Sucralose** als Leitsubstanzen heraus.
- **Carbamazepin** und **Gabapentin** können als Leitsubstanzen für Antiepileptika dienen.
- **Sulfamethoxazol**, **Sulfapyridin** und **Azitromycin** sind geeignete Leitparameter für Antibiotikarückstände.
- Amidotrizoesäure und Iopamidol eignen sich als Leitsubstanzen für Röntgenkontrastmittel.
- Bei den Pflanzenschutzmittelwirkstoffen werden überwiegend Herbizide (z. B. **Bentazon** und **Mecoprop**) gefunden. Der nicht-relevante Metabolit **Desphenyl-Chloridazon** wird meist in hohen Konzentrationen gefunden.
- Benzotriazol ist ein guter Leitstoff für Haushaltschemikalien.
- Gleichfalls konnte in einigen Fällen die Industriechemikalie **p-Toluolsulfonsäure** nachgewiesen werden.

Die Borkonzentration der Grund- und Rohwässer gibt zudem einen wichtigen Hinweis, ob eine Belastung von Grund- und Rohwässern wahrscheinlich ist. Hohe Borkonzentrationen gingen immer mit einer ausgedehnten Stoffpalette an organischen Spurenstoffen einher.

Der Einfluss kommunaler Kläranlagen lässt sich am besten über die o. g. Süßstoffe, Röntgenkontrastmittel, einzelne Humanarzneimittel wie Carbamazepin, Sulfamethoxazol u. a. sowie Benzotriazol belegen.

5.15 Weitere Eintragungspfade für Spurenstoffeinträge

Diffuse Einträge

Diffuse Einträge von anthropogenen Spurenstoffen auch aus Wirtschaftsdüngern (Tierarzneimittel, natürliche Hormone), Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und weiteren bioziden Wirk-

stoffen wurden festgestellt. Im Hessischen Ried zählen als weitere Eintragsflächen und – pfade die Klärschlammaufbringung, Hausdeponien und undichte Abwasserleitungen aus den Siedlungsbereichen.

Punktuelle Einträge und Maßnahmen am Herkunftsort

Im Bereich von Grundwasserschadensfällen (Gewerbe-, Industrie- und Deponiestandorten), die im Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle hessenweit erfasst sind (HLNUG, <http://www.hlnug.de/themen/altlasten/altflaechendatei.html>), sind Spurenstoffeinträge zu erwarten. Als Maßnahme zur Reduzierung der Stoffeinträge ist am Herkunftsort der punktuellen Einträge (Gewerbe, Industrie, Deponie) eine Sanierung des Schadensherds erforderlich. Das Entfernen des Schadensherds ist z. B. bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen im Bereich von Gewerbe / Industriestandorten im Allgemeinen erforderlich.

Einträge aus den Infiltrationsanlagen im Hessischen Ried

Im Hessischen Ried werden zahlreiche Infiltrationsanlagen zur Steuerung des quantitativen Zustandes der genutzten Grundwasservorkommen durch den Wasserverband Hessisches Ried (WHR) betrieben. Zur Überprüfung der Roh- und Reinwasserqualität legt der WHR regelmäßig einen Jahresbericht vor. Nachweise erfolgen von Acesulfam (0 – 0,5 µg/l im Reinwasser), Röntgenkontrastmitteln (Summe 0,2 – 0,65 µg/l im Reinwasser, insbesondere Diatrizoat, Iopamidol, Iomeprol) /18/. In der Regel sind die Konzentrationen vergleichsweise gering, da der Rhein im Vergleich zu den Bächen im Hessischen Ried aufgrund der großen Verdünnung deutlich niedrigere Schadstoffkonzentrationen aufweist. Zudem wird das zu infiltrierende Wasser einer Aufbereitung durch Ozon und Aktivkohle unterzogen.

Die heterogenen Wege der potentiellen Stoffeinträge (inkl. Spurenstoffen) aus den Abwassereinträgen von Siedlungs- und Verkehrsflächen werden in der folgenden Abb. 25 dargestellt.

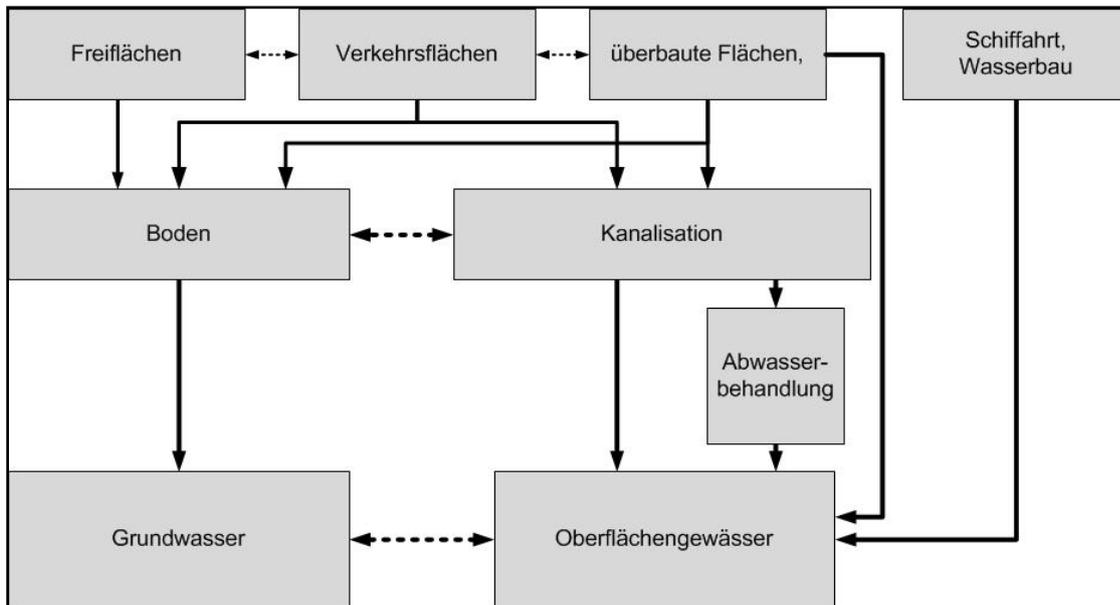


Abb. 25 : Grundschemata der urbanen Stoffeinträge in Gewässer (Quelle: DWA-Themen (April 2016), /40/).

Aus dem Siedlungsbereich sind diffuse Stoffeinträge in den Boden, Gewässer und das Grundwasser durch das Abwassersystem (Mischsystem, Direkteinleitung der Regenwasserableitung im Trennsystem, Leckagen der Abwasserkanäle (Schmutz- / Mischwasser)) und die linienförmige Versickerung am Rand von versiegelten Flächen möglich. Die folgenden Stoffgruppen können z. B. aus den Bauwerken mobilisiert und langfristig ins Grundwasser gelangen (Abb. 26).

Bauwerkskomponenten	Mobilisierbare Stoffgruppen
Dächer, Regenrinnen und Fallrohre	Biozide, Metalle, Phthalate, Durchwurzelungsschutzmittel, Flammschutzmittel, UV-Filter, Phenole
Fassaden	Biozide, Metalle, Emulgatoren
Hochbau allgemein	Metalle, Flammschutzmittel, Phthalate, Kohlenwasserstoffe
(Grund-)Wasserbau	Biozide, Antifouling, Metalle, Arsen, PAK

Abb. 26: Typische städtische Bauwerkskomponenten mit einer Auswahl von mobilisierbaren Stoffgruppen (Quelle: DWA-Themen (April 2016), /40/).

6. Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass im Hessischen Ried das Grundwasser in Belastungsschwerpunkten mit organisch-chemischen Spurenstoffen belastet ist. Es dominieren dabei solche Stoffe, die typischerweise in kommunalen Abwässern enthalten sind und von den kommunalen Kläranlagen nicht oder nicht vollständig eliminiert werden können. Hauptursache dieser Belastungen ist nach allen vorliegenden Erkenntnissen die natürliche Infiltration von abwasserbelasteten Fließgewässern in das Grundwasser. Bei diesem Vorgang werden die meisten der im Oberflächenwasser enthaltenen Spurenstoffe durch Adsorption am Boden oder durch biologischen Abbau zurückgehalten, aber schlecht adsorbierbare und schlecht biologisch abbaubare Stoffe gelangen in das Grundwasser und werden dort weiter transportiert.

Unter ungünstigen Bedingungen sind solche Stoffe teilweise in erheblichen Konzentrationen im Grundwasser vorhanden und bis zu Trinkwasserbrunnen vorgedrungen (z. B. Wasserwerk Walldorf, Wasserwerk Dornheim).

Die Konzentrationen der Stoffe im Grundwasser hängen von vielen Faktoren ab, die nicht im Einzelnen bekannt sind, wie z. B. den Verdünnungsverhältnissen im Grundwasser, den Redoxbedingungen auf der Wegstrecke des Wassers, dem „Alter“ des Wassers seit der Infiltration. Durch die zusätzlich am Landgraben und im Bereich des Wasserwerks Dornheim vorgenommenen „Non-Target-Untersuchungen“ wird deutlich, dass das Ausmaß der Belastungen weit höher ist, als in den sonstigen chemischen Analysen erkennbar ist. Mit Hilfe der Non-Target-Analytik konnte hier gezeigt werden, dass neben der sehr begrenzten Zahl von Stoffen, die für eine quantifizierende Analytik ausgewählt worden waren, eine Vielzahl von weiteren Stoffen hinzukommen, die bisher analytisch nicht erfasst werden konnten. So wurden im Tiefbrunnen 4 des Wasserwerks Dornheim bis zu 235 Stoffe detektiert, die dem industriellen Abwasser der Fa. Merck KGaA zugeordnet werden konnten, bis zu weitere 270 Stoffe im Brunnenwasser kommen aus kommunalen Kläranlagen. Allerdings werden sich die angegebenen Zahlen bei weiteren Untersuchungen noch deutlich reduzieren, wenn Stoffe, die als verschiedene Isotope oder Addukte bisher mehrfach gezählt wurden, zahlenmäßig abgezogen werden. Außer dem Molekulargewicht gibt es bisher bei den weitaus meisten dieser Stoffe keine Kenntnisse, um welche chemischen Verbindungen es sich handelt und welche toxikologische oder ökotoxikologische Bedeutung sie haben.

Für fast alle gefundenen analytisch quantifizierten Stoffe gibt es keine Grenzwerte in der Trinkwasserverordnung und keine Umweltqualitätsnormen. Für einzelne Stoffe gibt es für die Trinkwasserrelevanz gesundheitliche Orientierungswerte (GOW), Leitwerte oder Vorsorgegrenzwerte des Umweltbundesamts und für die ökotoxikologische Bewertung PNEC-Werte oder gesetzlich festgelegte Umweltqualitätsnormen (UQN). Sowohl GOW, Leitwerte als auch PNEC-Werte und UQN werden an den Belastungsschwerpunkten überschritten. Für eine

weitere Bewertung hinsichtlich der örtlichen Trinkwassergewinnung sind die Gesundheitsbehörden zuständig.

Zum Schutz der Grundwasserressourcen im Hessischen Ried ist es erforderlich, die Einleitung von Spurenstoffen in die entsprechenden Fließgewässer deutlich zu reduzieren. Soweit eine Verlegung der Einleitestellen in außerhalb der für eine Infiltration maßgeblichen Bereiche nicht möglich oder sinnvoll ist, ist die Ausstattung der betreffenden Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination erforderlich. Vordringlich sollte dies bei denjenigen Kläranlagen umgesetzt werden, deren Einleitung schon heute zu einer Belastung von Trinkwasserbrunnen geführt hat. Die bisher vorliegenden Daten reichen aus, um solche Maßnahmen fachlich zu begründen. Da das vorliegende Messprogramm zunächst nur wenige Untersuchungsstellen umfasst hat, um den Aufwand niedrig zu halten, sollten weitere Untersuchungen, insbesondere an bisher nicht untersuchten Trinkwasserbrunnen und benachbarten Grundwassermessstellen folgen. Dabei können Non-Target-Untersuchungen eine sinnvolle Ergänzung sein, um das Ausmaß stofflicher Belastungen besser abzuschätzen und Hinweise auf die jeweiligen Belastungsursachen zu erhalten.

Es wird empfohlen, die Parameterliste der Rohwasseruntersuchungsverordnung insofern zu verändern, dass die Untersuchung weiterer für einen Abwassereinfluss charakteristischer Stoffe wie zum Beispiel Acesulfam, Carbamazepin und Amidotrizoesäure verbindlich vorgegeben wird. So kann auch unabhängig von Sondermessprogrammen festgestellt werden, wo einzelne Wasserwerke ggf. von dieser Problematik betroffen sind.

Anlagen