

Büro für
Geohydrologie und
Umweltinformationssysteme
Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen
Technologiezentrum Bielefeld – Meisenstraße 96
DE-33 607 Bielefeld

Seite I

Datum: 06. April 2022

Grundlagenuntersuchung Wasserwirtschaft im Rahmen von vorbereitenden Untersuchungen zur städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme Frankfurt Nordwest (SEM 4)

**- Hydrogeologische Situation und
Ergebnisse der Grundwassermodellierung -**



Auftraggeber:

**Stadt Frankfurt am Main - Der Magistrat
- Stadtplanungsamt 61.O 33 -
Kurt-Schumacher-Straße 10
DE-60 311 Frankfurt am Main**

Projektnummer: 2019.054

Auftragnehmer:

Büro für
Geohydrologie und
Umweltinformationssysteme
Dr. Brehm & Grünz GbR – Diplom Geologen

Dr. Dirk R. Brehm - Diplom Geologe BDG

Von der Industrie- und Handelskammer Ostwestfalen zu
Bielefeld öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Grundwasser und Geothermie

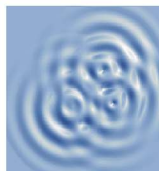
Thomas Grünz - Diplom Geologe

Technologiezentrum Bielefeld – Meisenstraße 96
DE-33 607 Bielefeld

Fon: +49 521 2997-250 | Mobil: +49 171 4853412 | +49 160 97878095

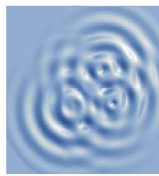
Fax: +49 521 2997-253

www.bgu-geoservice.de – email: info@bgu-geoservice.de

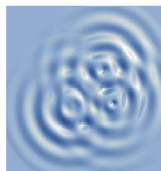


Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Aufgabenstellung	1
2	Bewertungsgrundlagen	3
2.1	Grundlagen Grundwassermodell.....	3
2.2	Sachstand der geplanten Nutzungsänderung	7
3	Hydrogeologisches Strukturmodell.....	10
3.1	Geologischer Überblick	10
3.2	Hydrogeologischer Überblick.....	12
3.2.1	Schwebende Grundwasservorkommen.....	15
3.3	Hydraulische Kenndaten	15
3.4	Vorfluter.....	17
3.5	Niederschlagsentwicklung	18
3.6	Grundwasserentnahmen	19
3.6.1	Wasserwerk Praunheim II	19
3.6.2	Gewinnungsanlage Riedwiese / Wallstraße in Oberursel.....	21
3.6.3	Weitere Entnahmen.....	22
3.7	Grundwasserstandsschwankungen.....	23
3.8	Grundwasserströmungssituation	24
3.9	Grundwasserflurabstand der Stichtagsituation 10/2014	26
3.10	Grundwasserqualität	26
3.11	Einfluss von Altlasten	28
3.12	Bodenverhältnisse.....	29
3.13	Bodenabbau und künstliche Geländeeinschnitte.....	31
4	Geplante Nutzungsänderung	32
4.1	Randbedingungen der Modellbetrachtung – Siedlungsflächen und Bauwerke ...	32
4.2	Randbedingungen der Modellbetrachtung - Freiflächen.....	35
4.3	Bilanzierung der erwarteten Minderung der Grundwasserneubildung	39
5	Vorsorgemaßnahmen im Wasserschutzgebiet und ergänzende Randbedingungen der Modellierung	41
5.1	Maßnahmen im Wasserschutzgebiet	41
5.1.1	Straßenbau	42



5.1.2	Gleisanlagen	43
5.2	Veränderungen im Grundwasserzustrom SEM 4	44
6	Konzeption des numerischen Grundwasserströmungsmodells	44
6.1	Vorläufermodell und Neuansatz	44
6.2	Abgrenzung des Modellgebietes und Randbedingungen	45
6.3	Modellschichten.....	47
6.4	Grundwasserneubildung	50
6.5.1	Randbedingungen der Kalibriersituation	51
6.5.2	Durchführung der Kalibrierung	52
6.5.3	Wasserbilanz der Kalibriersituation 10/2014	53
6.5.4	Ergebnis der Kalibrierung.....	54
7	Ergebnisse der Modellanwendung	56
7.1	Übersicht der Modellläufe.....	56
7.2	Ergebnis Modelllauf 1 – Ausgangszustand	56
7.3	Ergebnis Modelllauf 2 -Zustand nach Nutzungsänderung SEM4	56
8	Maßnahmen zur Verbesserung des Grundwasserdargebots	57
8.1	Vorbemerkungen	57
8.2	Auflagen für eine Versickerung im geplanten Wasserschutzgebiet	58
8.3	Auflagen für eine Versickerung im Wasserschutzgebiet nach RiStWag	62
8.4	Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung	64
8.5	Zusammenfassende Bewertung der Zulässigkeit einer Niederschlagswasserversickerung	65
8.6	Bewertung der technischen Machbarkeit einer Flächenversickerung.....	67
9	Sonstige potenzielle Auswirkungen auf die Grundwassergewinnung	70
9.1	Prognose des Abbau- und Migrationsverhaltens von Schadstoffen	70
9.1.1	Verkehrsflächen	70
9.1.2	Siedlungsflächen.....	72
9.1.3	Grünflächen.....	73
9.2	Potenzielle qualitative Veränderungen infolge von Nutzungsänderungen sowie Vorsorgemaßnahmen	75
9.3	Auswirkungen der Ableitung von Oberflächenwasser in Vorfluter	78



9.4	Auswirkungen auf vorhandene Grundwasserverunreinigungen und - sanierungsmaßnahmen	80
9.5	Barrierewirkung unterirdischer Bauteile	81
10	Zusammenfassende Bewertung	81
11	Quellenverzeichnis	85

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Geologische und hydrogeologische Einheiten des Modellgebietes	14
Tab. 2:	Wasserbilanz Modellgebiet (Kalibriersituation 10/2014)	53
Tab. 3:	Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen gemäß RiStWag	63
Tab. 4:	Charakteristische Stoffquellen und ausgewählte Stoffe aus dem Kraftfahrzeugverkehr (Quelle: RiStWag)	71
Tab. 5:	Stoffe im Grundwasser, die auf eine Abwasserexfiltration hinweisen (Quelle: UBA 2019)	73

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übersicht Flächenberechnung gemäß dem Entwurf cityförster architecture + urbanism / Urbane Gestalt (11.11.2020)	9
Abb. 2:	Profilschema mit regionaler Verbreitung der Kalkfreien Randfazies, aus /16/ ..	10
Abb. 3:	Monatliche und jährliche Niederschlagssummen (2011 - 2020)	19
Abb. 4:	Jahresfördermengen Ww Praunheim II (Daten: Hessenwasser GmbH)	20
Abb. 5:	Monatsfördermengen Ww Praunheim II (Daten: Hessenwasser GmbH)	21
Abb. 6:	Jahresfördermengen Ww Riedwiese (Daten: RP Darmstadt)	22
Abb. 7:	Grundwasserganglinien 1994 - 2019 (Daten: Hessenwasser GmbH)	24

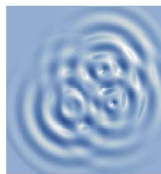
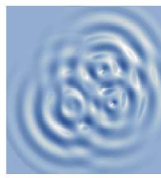


Abb. 8:	Relation der jährlichen Verdunstung verschiedener Pflanzenbestände in Bezug zu den Werten von Grünland, Jahresniederschlag 700 - 800 mm, /7/	37
Abb. 9:	Schemaschnitt der Modellebenen (unmaßstäblich).....	47
Abb. 10:	Soll-Ist-Vergleich des kalibrierten Strömungsmodells.....	54
Abb. 11:	Geplante Nutzungsänderung im Einzugsgebiet der Brunnen Ww Praunheim II (GW-Isolinien Modelllauf 2).....	76
Abb. 12:	Differenz zwischen Vorflutersohle und Grundwasserstand GWL1 (10/2014) in m.....	80

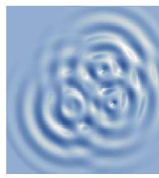
Anhangverzeichnis

Anhang 1 Abbildungen zum Bericht

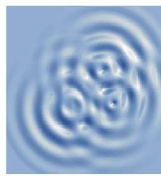
Blatt 1	Übersichtskarte – Maßstab 1: 50.000
Blatt 2	Übersichtskarte Wasserschutzgebiet Wasserwerk Praunheim II – Maßstab 1: 25.000
Blatt 3	Geländemodell DGM1 / DGM10, Übersicht – Maßstab 1: 50.000
Blatt 4	Geländemodell DGM1, Geländestrukturen – Maßstab 1: 16.000
Blatt 5	Geplante Änderungen der Flächennutzung, Rahmenplan Entwurf cityförster / Urbane Gestalt (07/2020) – Maßstab 1: 16.000
Blatt 6	Übersicht Flächenberechnung, Rahmenplan Entwurf cityförster / Urbane Gestalt (07/2020) – Maßstab 1: 16.000
Blatt 7	Brunnen und Grundwassermessstellen – Maßstab 1: 16.000
Blatt 8	Lageplan mit Bohrungen und Verlauf der hydrogeologischen Schnitte – Maßstab 1: 20.000
Blatt 9	Hydrogeologischer Schnitt 1 (Nordwest – Südost)
Blatt 10	Hydrogeologischer Schnitt 2 (Südwest – Nordost)



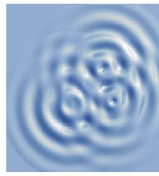
- Blatt 11 Mächtigkeit der quartären Deckschichten (Modellschicht 1) –
Maßstab 1: 50.000
- Blatt 12 Mächtigkeit des Pliozäns (Modellschicht 2) – Maßstab 1: 50.000
- Blatt 13 Mächtigkeit der Hydrobien-Schichten (Frankfurt-Formation) (Modellschicht 3)
– Maßstab 1: 50.000
- Blatt 14 Mächtigkeit der Cerithien-/Inflatenschichten (Rüssingen-Formation)
(Modellschicht 4) – Maßstab 1: 50.000
- Blatt 15 Mächtigkeit des Oligozäns / kalkfreie Randfazies (Modellschicht 5) –
Maßstab 1: 50.000
- Blatt 16 Basis der bindigen Deckschichten (Lösslehm, Hochflutlehm) –
Maßstab 1: 16.000
- Blatt 17 Mächtigkeit der bindigen Deckschichten (Lösslehm, Hochflutlehm) –
Maßstab 1: 16.000
- Blatt 18 Basis der quartären Deckschichten – Maßstab 1: 20.000
- Blatt 19 Basis des Pliozäns (Modellschicht 2) – Maßstab 1: 20.000
- Blatt 20 Mittlere Grundwasserneubildung (1981-2010, Daten: HLNUG) -
Maßstab 1: 50.000
- Blatt 21 Grundwassergleichenplan (Quartär/Pliozen) 10/2014 – Maßstab 1: 50.000
- Blatt 22 Grundwasserflurabstand (Quartär/Pliozen) 10/2014 – Maßstab 1: 50.000
- Blatt 23 Grundwassergleichenplan (Quartär/Pliozen) 10/2014 – Maßstab 1: 25.000
- Blatt 24 Grundwasserflurabstand (Quartär/Pliozen) 10/2014 – Maßstab 1: 16.000
- Blatt 25 Differenz zwischen Grundwasserpotenzial (Quartär/Pliozen) in 10/2014 und
Quartärbasis – Maßstab 1: 20.000
- Blatt 26 Tiefenlage der Quartärbasis unter Gelände – Maßstab 1: 16.000
- Blatt 27 Ehemalige Abgrabungen und andere künstliche Geländeeinschnitte,
Situation 1926 – Maßstab 1: 16.000



Blatt 28	Ehemalige Abgrabungen und andere künstliche Geländeeinschnitte, Situation 1953 – Maßstab 1: 16.000
Blatt 29	Ehemalige Abgrabungen und andere künstliche Geländeeinschnitte – Maßstab 1: 16.000
Blatt 30	Lage der Altablagerungen und Altstandorte (ALTIS, HLNUG) - Maßstab 1: 20.000
Blatt 31	LCKW-Belastung im Grundwasser (2013) - Maßstab 1: 16.000
Blatt 32	Bodenkarte 1:50.000 Blatt 5817 Frankfurt a. M. West – Maßstab 1: 16.000
Blatt 33	Bodenflächendaten 1:50.000: Bodenhauptgruppen – Maßstab 1: 20.000
Blatt 34	Bodenflächendaten 1:50.000: Ertragspotenzial – Maßstab 1: 20.000
Blatt 35	Bodenflächendaten 1:50.000: Standorttypisierung Biotopentwicklung – Maßstab 1: 20.000
Blatt 36	Bodenflächendaten 1:50.000: Nitratrückhaltevermögen – Maßstab 1: 20.000
Blatt 37	Bodenflächendaten 1:5.000: Funktionserfüllungsgrad – Maßstab 1: 20.000
Blatt 38	Bodenflächendaten 1:5.000: Feldkapazität – Maßstab 1: 20.000
Blatt 39	Grundwassermodell: Randbedingungen – Maßstab 1: 50.000
Blatt 40	Schematischer Modellschnitt (unmaßstäblich)
Blatt 41	Änderung der Grundwasserneubildung infolge der geplanten Nutzungsänderung – Maßstab 1: 16.000
Blatt 42	Grundwassermodell: Modellnetz – Maßstab 1: 25.000
Blatt 43	Modelllauf 0: Kalibriersituation (10/2014) GW-Isolinien GWL1, Soll-Ist-Vergleich – Maßstab 1: 50.000
Blatt 44	Modelllauf 0: Kalibriersituation (10/2014) GW-Isolinien GWL1, Soll-Ist-Vergleich SEM4-Areal – Maßstab 1: 16.000
Blatt 45	Modelllauf 0: Kalibriersituation (10/2014) GW-Isolinien GWL1 – Maßstab 1: 16.000



Blatt 46	Modelllauf 1: Ausgangssituation bei mittlerer GW-Entnahme 2014 – 2018, GW-Isolinien GWL1 – Maßstab 1: 25.000
Blatt 47	Modelllauf 2: Situation bei verringerter GW-Neubildung SEM4-Areal, mittlere GW-Entnahme 2014 – 2018, GW-Isolinien GWL1 – Maßstab 1: 25.000
Blatt 48	Modelllauf 2: Situation bei verringerter GW-Neubildung SEM4-Areal, mittlere GW-Entnahme 2014 – 2018, Potenzialänderung GWL1 – Maßstab 1: 25.000
Blatt 49	Schutzfunktion der ersten Teilschicht unter dem Oberboden (Löss/Lösslehm) gemäß Hölting (1995) – Maßstab 1: 16.000
Blatt 50	Schutzfunktion der zweiten Teilschicht unter dem Oberboden (Terrassenablagerungen/Pliozän) gemäß Hölting (1995) – Maßstab 1: 16.000
Blatt 51	Gesamtschutzfunktion der Grundwasserdeckschichten gemäß Hölting (1995) – Maßstab 1: 16.000
Blatt 52	Mächtigkeit der GW-Deckschichten bei HW-Situation, Schutzwirkung nach RiStWag – Maßstab 1: 16.000
Blatt 53	Bereiche mit kritischem Flurabstand im GWL1 für Versickerungsanlagen – Maßstab 1: 16.000
Blatt 54	Bereiche mit kritischem Flurabstand schwebender Grundwasservorkommen (GWL0) für Versickerungsanlagen – Maßstab 1: 16.000
Blatt 55	Bereiche mit für Versickerungsanlagen kritischen Geländegradienten – Maßstab 1: 16.000
Blatt 56	Bereiche mit erhöhten qualitativen Risiken für Versickerungsanlagen – Maßstab 1: 16.000
Blatt 57	GW-Flurabstand im GWL1 bei hohem Grundwasserstand – Maßstab 1: 16.000
Anhang 2	Stammdaten der Grundwassermessstellen und Bohrungen
Anhang 3	Flächenermittlung für den Planungsentwurf Cityförster / Urbane Gestalt, Stand 11.11.2020
Anhang 4	Grundwasserstandsentwicklung, Grundwasserganglinien



**Anhang 5 Fördermengen der Wasserwerke (Daten: Hessenwasser GmbH /
 RP Darmstadt)**

Anhang 6 Hydrochemische Situation der Gewinnungsanlagen Praunheim II



1 Vorgang und Aufgabenstellung

Die Stadt Frankfurt am Main beabsichtigt im Bereich Frankfurt-Nordwest ein urbanes Stadtquartier mit dem Instrument der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme zu realisieren. Grund dafür ist die Bevölkerungsentwicklung Frankfurts, bei der ein Anstieg von 90.000 neuen Einwohnern bis zum Jahr 2030 erwartet wird, und der schon jetzt bestehende Wohnungsmangel. Bevor eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme beschlossen werden kann, sind ihre Notwendigkeit und ihre Durchführbarkeit ergebnisoffen im Rahmen einer vorbereitenden Untersuchung darzulegen¹.

Im Dezember 2017 hat die Stadtverordnetenversammlung der Stadt Frankfurt a. M. beschlossen prüfen zu lassen, ob in dem Bereich „Frankfurt Nordwest“ die Voraussetzungen für eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme gemäß §§ 165 ff. Baugesetzbuch gegeben sind. Das Sonderprojekt trägt die Bezeichnung SEM 4.

Im Zuge dieser vorbereitenden Untersuchung soll auch eine Grundlagenuntersuchung hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf die Belange der Wasserwirtschaft und des Grundwassers durchgeführt werden.

Das von größeren landwirtschaftlich genutzten Flächen gekennzeichnete Untersuchungsgebiet der SEM 4 umfasst den äußersten Nordwesten der Frankfurter Gemarkung und grenzt an die Gemeindegebiete von Oberursel, Steinbach und Eschborn. Im Osten werden die vorwiegend von Wohnbebauung gekennzeichneten Ortsteile der Nordweststadt und Praunheim tangiert.

Im Süden und südwestlich des Untersuchungsgebietes der SEM 4 betreibt die Hessenwasser GmbH das Wasserwerk (Ww) Praunheim II. Für 8 Brunnen des Wasserwerkes befindet sich ein Trinkwasserschutzgebiet „Praunheim II“ in Aufstellung, welches einen großen Teil des Geltungsbereiches des Untersuchungsgebietes einnimmt, vgl. Anhang 1, Blatt 2. Eine

¹ <https://frankfurt.de/themen/planen-bauen-und-wohnen/planen/bodenordnung/projekte/frankfurt-nordwest>
(letzter Abruf: 11.02.2021)



Neufestsetzung des Schutzgebietes ist geplant, bei der auch die Grenzen der bisher geplanten Schutzzonen überprüft werden. Nach Einschätzung der Hessenwasser GmbH sind dabei keine wesentlichen Änderungen der Betroffenheit zu erwarten².

Die vorliegende Grundlagenuntersuchung ist zunächst als theoretische Risikoabschätzung zu verstehen, die auf Grundlage eines städtebaulichen Konzepts zur Siedlungsentwicklung die möglichen Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung, den Grundwasserhaushalt und die Grundwasserqualität sowie auf die Trinkwassergewinnung des Wasserwerks Praunheim II beleuchten und Hinweise auf Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen geben soll. Ein wichtiger Bestandteil der vorbereitenden Untersuchungen sind städtebauliche Konzepte, also Vorschläge, wie neuer Wohn- und Lebensraum im Untersuchungsgebiet aussehen und funktionieren könnte. Im Rahmen einer „Mehrfachbeauftragung“ wurden mehrere Studien für städtebauliche Konzepte für das Untersuchungsgebiet der SEM 4 parallel erarbeitet. Sie zeigen, welche unterschiedlichen Ansätze und Lösungen es gibt und welche Auswirkungen diese haben. Die Studien wurden am 11.11.2020 zum Abschluss gebracht und der Beitrag „Quartiere im Kreislauf“ (cityförster architecture + urbanism (Hannover) mit Urbane Gestalt (Köln) von einer Jury zur weiteren Bearbeitung in den vorbereitenden Untersuchungen empfohlen. Daher dient das ausgewählte städtebauliche Konzept von Cityförster auch als Basis für die Grundlagenuntersuchung Wasserwirtschaft (siehe Kapitel 2.2, Abb. 1).

Die Auswirkungsprognose erfolgt auf Basis eines Grundwasserströmungsmodells, welches auf Basis eines im Rahmen von früheren Untersuchungen für Belange des Wasserwerks (Ww) Praunheim II eingesetzten Modells weiterentwickelt worden ist, /6/, /22/. Für die vorliegende Untersuchung wurde dieses im Norden und Nordosten erweitert und hinsichtlich der hydrogeologischen Situation aufgrund des mittlerweile größeren Bestandes an Aufschlussbohrungen aktualisiert und maßgeblich verbessert (Abgrenzung Grundwasserströmungsmodell, s. Anhang 1, Blatt 1).

Das Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme Dr. Brehm & Grünz GbR (BGU) wurde in 2019 seitens des Stadtplanungsamtes der Stadt Frankfurt a. M. mit der

² Stellungnahme Hessenwasser GmbH vom 02.07.2021



Grundlagenuntersuchung beauftragt. Im vorliegenden Bericht werden zunächst die Grundlagen der hydrogeologischen Situation sowie die Randbedingungen für die nachfolgende Modellanwendung dargelegt. Zudem werden die Ergebnisse der Modellanwendung dargelegt. Hierzu wird die hydraulische Wirkung der von der geplanten Bebauung ausgehenden Minderung der Grundwasserneubildung unter verschiedenen Randbedingungen simuliert.

2 Bewertungsgrundlagen

2.1 Grundlagen Grundwassermodell

Die Bewertung der Auswirkungen der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme setzt die Kenntnis über hydrogeologische Randbedingungen sowie mögliche Grundwasserverunreinigungen voraus. Wesentlicher Bestandteil der Bewertung ist eine Prognose der Auswirkungen auf das durch die Hessenwasser GmbH betriebene Ww Praunheim II. Das im Festsetzungsverfahren befindliche Wasserschutzgebiet wird zwar hinsichtlich des Verlaufes der Schutzzonengrenzen überprüft, ist jedoch im Rahmen der Planung faktisch zu berücksichtigen.

Im Einzelnen wurden folgende Unterlagen und Daten herangezogen:

- a) Numerisches Grundwasserströmungsmodell für die Wasserwerke Praunheim II und III. Das eingesetzte Grundwassermodell – ein stationäres, zweidimensionales Grundwasserströmungsmodell auf Basis der Methode der finiten Elemente – wurde in der Zeitspanne 1996 bis 1999 erarbeitet und mit dem Abschlussbericht vom 15. März 1999 dokumentiert, /6/. Das Modell kam zusätzlich bei der Erkundung potenzieller Ersatzbrunnenstandorte im Zusammenhang mit Planungen der Stadt Frankfurt a. M. zur Verlängerung der Ludwig-Landmann-Straße und der der Aufstellung des Bebauungsplans 696 zum Einsatz, /8/, /22/. Für die vorliegende Untersuchung wurde das Modell erweitert und hinsichtlich des Schichtaufbaus aktualisiert.
- b) Seitens der Hessenwasser GmbH wurden die Grundwasserstände der Grundwassermessstellen im Umfeld des Wasserwerkes Praunheim II sowie die Fördermengen für den Zeitraum ab 1994 übermittelt. Das zugrundeliegende Grundwassermessnetz der



Hessenwasser umfasst 24 Messstellen. Die Grundwasserganglinien gehen aus Anhang 4 hervor.

- c) Für das Untersuchungsgebiet wurde von Seiten des Büros HG im Auftrag des Regierungspräsidiums Darmstadt ein Grundwasserströmungsmodell erstellt, das der Prognose des Ausbreitungsverhaltens von LCKW-Verunreinigungen im Stadtgebiet von Oberursel diene, /10/. Das Modellgebiet reicht im Süden bis zum Wasserwerk Praunheim II. Mittels des Modells wurde zudem das Ausbreitungsverhalten der LCKW-Verunreinigung des Altstandortes einer ehemaligen Wachsfabrik untersucht, /19/.
- d) Übertragung der für die Beurteilung relevanten Strukturen, Nutzungen, Randbedingungen und Karten in ein Geografisches Informationssystem (GIS). Die Bearbeitung erfolgt mittels des Programms ArcGIS 10.8 (ESRI®).
- e) Auswahl und Auswertung von Bohraufschlüssen des Bohrarchivs des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), der Hessenwasser GmbH sowie des Regierungspräsidiums Darmstadt, hier insbesondere aus der veröffentlichten Untersuchung des Trassenverlaufs für die Regionaltangente West PFA Nord, /30/. Für das Untersuchungsgebiet einschließlich der Randgebiete des neuen Modellgebietes wurden insgesamt rd. 410 Aufschlussbohrungen ausgewertet. Einen Ausschnitt des Bohrungsbestandes zeigt der Lageplan Blatt 8 im Anhang 1.
- f) Langjährige Grundwasserstandsdaten des Landesgrundwasserdienstes Hessen: Grundwassermessstelle Eschborn Nr. 507028, vgl. Anhang 4
- g) Die Jahresfördermengen für das Wasserwerk Riedwiese sowie der Gewinnungsanlage Hohemark der Stadtwerke Oberursel wurden seitens des Regierungspräsidiums Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden übermittelt. Das Ww Borngrund nördlich von Stierstadt ist hingegen inaktiv. Weitere Gewinnungsanlagen werden seitens der Stadtwerke Kronberg betrieben, darunter zwei Brunnen in Oberhöchstadt sowie das Wasserwerk „Am Schathof“. Für die Brunnen in Oberhöchstadt wurden die Fördermengen sowie Grundwasserstände durch den Betreiber zur Verfügung gestellt. Am Westrand des Modellgebietes befinden sich die Brunnen des Ww Schwalbach. Die dort im Modell angesetzten Mengen entsprechen aufgrund der Position am Modellrand etwa



der Hälfte der tatsächlichen jährlichen Entnahmen. Die Jahresmengen der Gewinnungsanlagen mit dem Modellansatz für den Kalibrierzustand 2014 gehen tabellarisch aus Anhang 5 hervor. Aus der Tabelle geht auch die geologische Zuordnung der Brunnen zu den erschlossenen Aquiferen (GWL) hervor.

- h) Auf dem Frankfurter Stadtgebiet sind neben dem Wasserwerk Praunheim verschiedene Betriebsbrunnen vorhanden, für welche lediglich lückenhafte Angaben zu Grundwasserentnahmen vorliegen. Die verfügbaren Daten wurden seitens des RP Darmstadt, Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt zur Verfügung gestellt, Anhang 5.
- i) Hydraulische Maßnahmen zur Grundwassersanierung wurden beim Regierungspräsidium Darmstadt abgefragt, /22/. Im weiteren Umfeld des Erkundungsgebietes liegen keine für die Bewertung relevanten Grundwasserentnahmen vor.
- j) Recherche anderweitiger Grundwassernutzungen (z. B. Geothermie) beim Regierungspräsidium Darmstadt. Im weiteren Umfeld des Erkundungsgebietes liegen keine für die Bewertung relevanten Grundwassernutzungen vor. Einzelne Erdwärmesonden finden sich in den östlich gelegenen Siedlungsgebieten. Diese verfügen über einen geschlossenen (Sole-)Kreislauf, sodass keine hydraulische Wechselwirkung mit dem Grundwasser vorliegt.
- k) Recherche der bekannten und potenziellen Grundwasserverunreinigungen sowie Altablagerungen im Projektumfeld. Diese wurden mit dem Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden sowie Frankfurt abgestimmt. Eine Erhebung der jeweils enthaltenen Schadstoffe sowie des aktuellen Standes der Sanierungsmaßnahmen und Fahnenenerstreckung konnte nur im Einzelfall erfolgen. Eine Beurteilung der zu erwartenden Risiken erfolgt jedoch für alle aufgeführten Fälle auf Basis der Modellergebnisse. Die Lage der Altablagerungen sowie eines eingehend untersuchten Altstandortes nördlich des SEM4-Areals gehen aus Blatt 30 im Anhang 1 hervor.
- l) Seitens des RP Darmstadt wurden Lagepläne und Grundwassergleichenpläne von Sanierungsmaßnahmen des westlichen Frankfurter Stadtgebietes bereitgestellt, darunter aus dem Bereich des Müllheizkraftwerkes in Heddernheim sowie den Grundwasserschadensfällen des ehemaligen VDM-Geländes in Heddernheim.



Nach einer ersten Auswertung des Datenbestandes stellte sich heraus, dass für den Oktober 2014 eine für die Bewertung des Ausgangszustands umfassende Datengrundlage zur Verfügung stand. Zudem war der Stichtag aufgrund der meteorologischen Randbedingungen durch eine Grundwasserneubildungsrate gekennzeichnet, welche der mittleren Grundwasserneubildung der Jahre 1981 - 2010 recht nahekommt, vgl. Kap. 3.7 und 3.8. Da für eine Modellkalibrierung ein möglichst gut dokumentierter Ausgangszustand heranzuziehen ist, wurde für die Kalibrierung des Grundwassermodells daher der Oktober 2014 als Grundlage gewählt. Änderungen von Randbedingungen, z.B. eine verringerte Grundwasserneubildung in Trockenperioden oder eine Steigerung der Förderraten lassen sich anschließend auf dieser Kalibriergrundlage simulieren.

Neben den im Quellenverzeichnis aufgelisteten Berichten wurden folgende zusätzlichen Quellen in die Untersuchung einbezogen:

- Lagepläne, Bohrprofile und Ausbau der Grundwassermessstellen im Abstrom eines nördlich des SEM4-Areals gelegenen Altstandortes durch das Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden.
- Grundwassergleichenplan Juli 1994 des Büros Prof. Dr. H. Schneider & Partner
- Angaben zur Geologie und zur hydrogeologischen Situation aus den Erläuterungen zu den Geologischen Karten von Hessen 1:25.000 Blatt 5817 Frankfurt am Main (West), /16/, und Blatt 5717 Bad Homburg, /1/. Die in den Erläuterungen dokumentierten Bohrungen des HLNUG-Archivs wurden in die Beurteilung der geologischen Strukturen einbezogen.
- Stadtkarten 1:20.000 sowie 1:10.000 des Stadtvermessungsamtes der Stadt Frankfurt am Main (2013/2016)
- WebMapService (WMS) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie³ sowie des Stadtvermessungsamtes Frankfurt⁴ (Topografische Kartengrundlagen)

³ Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

⁴ <https://geoinfo.frankfurt.de>, Zugriff 27.01.2021



Die Lage der Untersuchungsbereiche geht aus den Plänen in Anhang 1 hervor. Die für die hydrogeologische Beurteilung der Standortsituation zur Verfügung stehenden Bohrungen sind in Blatt 8 im Anhang 1 dargestellt.

2.2 Sachstand der geplanten Nutzungsänderung

Die zu erwartenden Änderungen der Flächennutzung im Untersuchungsgebiet der SEM 4 werden auf Grundlage des städtebaulichen Konzepts „Quartiere im Kreislauf“ des Planungsteams 3: cityförster architecture + urbanism (Hannover) mit Urbane Gestalt (Köln) des Bearbeitungsstands 11.11.2020. Dieses wurde gemeinsam mit sechs anderen Studien im Rahmen einer Mehrfachbeauftragung erarbeitet. Am 11.11.2020 hat eine Jury ein Fazit gezogen und eine Empfehlung für die Umsetzung der Studie und zur weiteren Bearbeitung in den vorbereitenden Untersuchungen ausgesprochen⁵. Die Studie sieht eine Schwerpunktbebauung in vier neuen Quartieren vor, vgl. Abb. 1 und Blatt 5 im Anhang 1:

- Produktives Praunheim im Bereich des Gewerbegebietes Heerstraße
- Lachgraben-Quartier zwischen den Talauen des Lachgrabens und des Steinbachs östlich der BAB 5
- Neu-West-Stadt als westliche Erweiterung des Stadtteils Nordweststadt
- Steinbach-Ost nördlich des Steinbachs im östlichen Anschluss an die Nachbargemeinde

Im Nordwesten verbleibt ein großes Areal in der landwirtschaftlichen Nutzung. In den Talauen wird eine naturnahe Nutzung mit vielfältigen Grünflächen angestrebt. Seitens des Stadtplanungsamtes der Stadt Frankfurt a. M wurde eine Flächenermittlung zum städtebaulichen Konzept, Stand 11.11.2020 zur Verfügung gestellt, vgl. Blatt 6 im Anhang 1.

Für die hydraulische Wirkung auf das Grundwasservorkommen und die hydraulische Situation ist insbesondere eine Änderung der Grundwasserneubildung von Interesse. Diese kann sowohl durch die Versiegelung der zu bebauenden Flächen, eine Änderung der Vegetation

⁵ https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/frankfurt_nordwest_neuer_stadtteil_der_quartiere_18798.html#page_18808, Zugriff 21.12.2020



sowie durch eine Anlegung bzw. Freilegung von Gewässern hervorgerufen werden. Während eine Versiegelung in der Regel mit einer Minderung der Grundwasserneubildung einhergeht, kann eine lokale Wiederversickerung des Regenwassers eine punktuelle Grundwasseranreicherung bewirken, welche ebenfalls Einfluss auf das Strömungsgeschehen ausüben kann. Eine detaillierte Bemessung der Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung infolge der Nutzungsänderungen erfolgt nachfolgend in Kap. 4.

Im Grundwasserzustrom des SEM4-Areals sind zusätzliche Nutzungsänderungen geplant, welche ebenfalls Auswirkungen auf das Grundwasserdargebot des Gebietes haben können, vgl. Kap. 5.2.

Eine tabellarische Zusammenstellung der für die Modellsimulation zugrunde gelegten Flächen und Nutzungsarten geht aus Anhang 3 hervor. Eine Bewertung der Teilflächen hinsichtlich des jeweiligen Einflusses auf die Grundwasserneubildung erfolgt in Kap. 4.

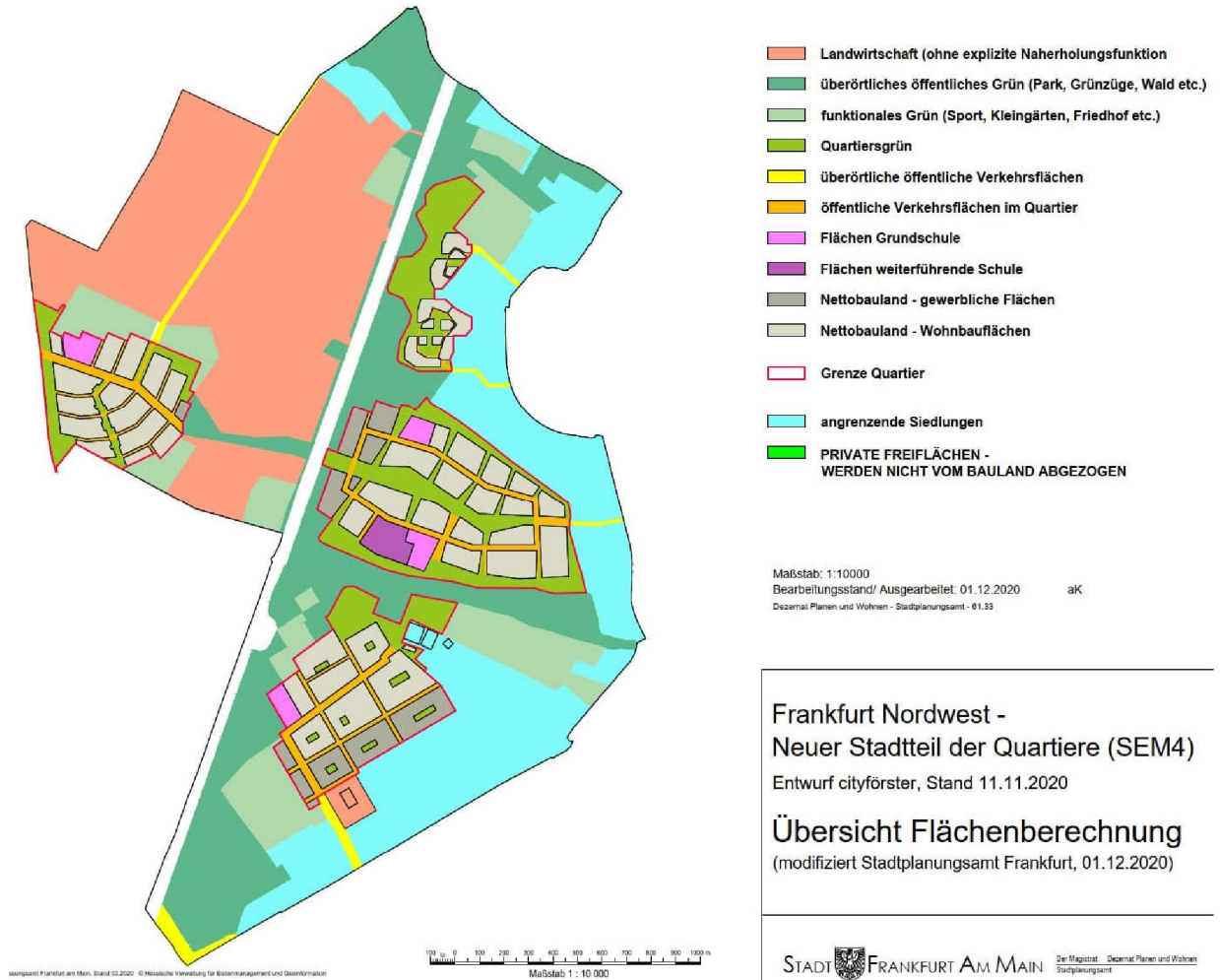
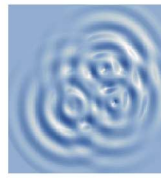


Abb. 1: Übersicht Flächenberechnung gemäß dem Entwurf cityförster architecture + urbanism / Urbane Gestalt (11.11.2020)



3 Hydrogeologisches Strukturmodell

Das hydrogeologische Strukturmodell bildet die Grundlage des numerischen Grundwasserströmungsmodells und beinhaltet den geologischen Schichtaufbau, das Gewässernetz sowie die Grundwasserentnahmen bzw. Trink- und Brauchwasserbrunnen. Das Strukturmodell umfasst das gesamte in Blatt 1 im Anhang 1 dargestellte Modellgebiet.

3.1 Geologischer Überblick

Das Modellgebiet befindet sich am nördlichen Rand des Oberrheingrabens, dessen nördliche Fortsetzungen der Niddagraben sowie der Höchst-Sulzbacher-Graben darstellen. Diese werden von mächtigen Ablagerungen des Tertiärs gekennzeichnet. Nordwestlich von Oberursel treten die älteren Gesteine des Vordertaunus an die Oberfläche. Die Festgesteine des Ordoviziums und Devons bilden dementsprechend den tieferen Untergrund des Untersuchungsgebietes. Mit den im Tertiär erfolgten Grabenbrüchen treten vorrangig Sedimente des Oligozäns, Miozäns und Pliozäns in Erscheinung. Lockergesteine des Oligozäns und tieferen Miozäns bilden im Bereich des Stadtgebietes Oberursel eine weitgehend kalkfreie Randfazies, Abb. 2. Es dominiert eine wechselnde Folge von Fein- bis Grobkies, Sand, Schluff und untergeordnet Ton, /16/.

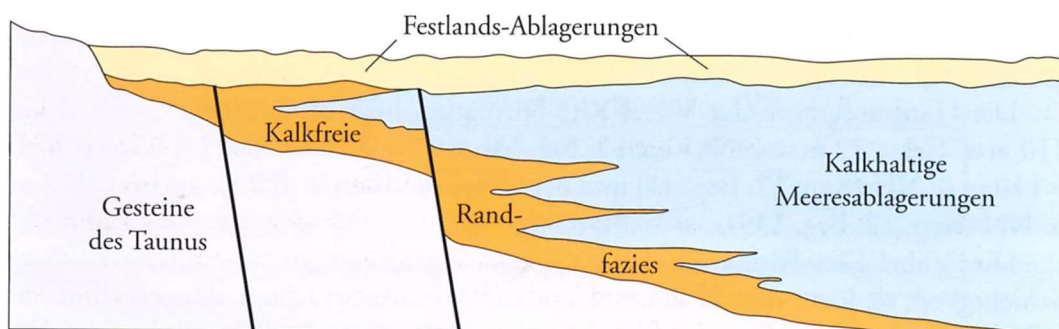


Abb. 2: Profilschema mit regionaler Verbreitung der Kalkfreien Randfazies, aus /16/

Etwas südlich der Innenstadt von Oberursel beginnt die Überlagerung der kalkfreien Randfazies mit jüngeren Ablagerungen der Cerithien-Schichten des Oberen Oligozäns und Unteren Miozäns (Oppenheim- und Oberrad-Formation). Diese bestehen aus einer Wechselfolge von Kalkstein, Mergelstein mit Algenkalken und Quarz-Kalk-Sanden. Mit dem von Verwerfungen unterbrochenen Einfallen in südlicher Richtung bilden Gesteine der Rüssingen-



Formation (Inflaten-Schichten) sowie der Hydrobien-Schichten (Wiesbaden- und Frankfurt-Formation) die Bedeckung des Unteren Miozäns. Dabei handelt es sich um Tone, Mergel und zum Liegenden hin zunehmend auch um Kalksteine und Kalksande. Jüngere Folgen des Miozäns sind im Untersuchungsgebiet in der Regel nicht erhalten. Im Bereich der Messstelle G17470 (HLNUG-Archiv-Nr. 5817-2135, vgl. Blatt 9 im Anhang 1) wurden in einer Tiefe von rd. 84 m Tone, Schluffe und Feinsande sowie Braunkohlebestandteile angesprochen, welche der Bockenheimer-Formation des Mittel-Miozäns zugeordnet werden können. Im Bereich des Altstandorts unweit nördlich des SEM4-Areals fand sich ebenfalls eine kalkfreie, als braungrauer humoser Ton ausgebildete Bockenheimer-Formation. Sofern die Bockenheimer-Formation nicht erodiert wurde, sind im Liegenden auch zumeist feinklastische Schichten der Staden-Formation (Congerien-Schichten), Praunheim-Formation (Prososthenien-Schichten) und Niederrad-Formation (Landschneckenmergel) des Unteren Miozäns erhalten. Diese werden durch Ton, Schluff und Mergel mit vereinzelt Braunkohlelagen dominiert. Vereinzelt wurden auch mächtigere Braunkohleflöze erbohrt, welche als Ginnheim-Flöz u.a. bei Oberursel-Bommersheim auch untertägig abgebaut worden sind.

Flächenhaft und diskordant sind darüber Lockergesteine des Pliozäns vertreten, die in Annäherung an den Nidda-Graben eine zunehmende Mächtigkeit erreichen. Das Pliozän besteht aus einer limnisch-fluviatilen Wechselfolge aus Ton, Schluff, Sand und Kies, /16/. In vorgenannter Bohrung M13 wurde ein solcher Wechsel bestätigt, wobei vereinfacht folgende summierten Anteile der rd. 46 m mächtigen Pliozän-Folge angetroffen wurden:

- | | |
|-------------------|------|
| • Ton und Schluff | 33 % |
| • Sand | 43 % |
| • Kies | 24 % |

Die Morphologie der Pliozän-Basis ist im Modellgebiet durch den in West-Ost-Richtung sukzessive eingebrochenen Nidda-Graben gekennzeichnet. Ausgehend von der nordwestlichen Verbreitungsgrenze erlangt die Basis in südöstlicher Richtung zunehmend an Tiefe und ist an Südwest-Nordost verlaufende Verwerfungen gebunden, vgl. Blatt 19 in Anhang 1. Im Bereich der Erkundungsfläche fällt die Basis von etwa 100 mNN im Nordwesten auf unter 50 mNN im Süden. Nordwestlich von Eschborn endet die Pliozän-Verbreitung, Blatt 12.



Den Abschluss bilden schließlich quartäre Deckschichten. Diese umfassen im Wesentlichen teils verlehnte kiesige Sande und sandige Kiese der pleistozänen Niddaterrasse. Die Basis der quartären Deckschichten ist in Blatt 18 dargestellt.

Die Terrassenablagerungen werden überwiegend von Löss und Lösslehm bedeckt. Die Basis der schluffigen Deckschichten geht aus Blatt 16 hervor. Aus der Differenz zwischen Geländeoberfläche (DGM1) und der Basis wurde die Mächtigkeit der bindigen Deckschichten berechnet, Blatt 17. Bodenabträge im Bereich früherer Tongruben sind damit berücksichtigt, sofern anschließend keine Verfüllung erfolgt ist, vgl. Kap. 3.13. Einen Überblick über die geologische Situation der Deckschichten vermitteln zudem die hydrogeologischen Schnitte Blatt 9 und Blatt 10. Der Schnittverlauf ist in Blatt 8 dargestellt.

3.2 Hydrogeologischer Überblick

Die oberflächennahen Lösslehme und Terrassenablagerungen der Nidda bilden zumeist eine ungesättigte Bodenzone. Nur lokal zeigen die Aufschlussbohrungen eine geringe Wasserführung im Bereich der Quartärbasis, sodass ein lokaler schwebender Grundwasserleiter (**GWL0**) ausgebildet sein kann. Dessen Wasserstand liegt häufig mehrere Meter über dem Grundwasserstand des **GWL1**. Die Wasserführung ist dabei in der Regel an eine verstärkte Grundwasserneubildung gebunden, während das Grundwasservorkommen in Trockenphasen aufgrund der Aussickerung in den tieferen Untergrund häufig trockenfällt. Der Lachgraben wird ausschließlich aus diesem oberflächennahen Grundwasservorkommen gespeist und fällt daher zeitweilig trocken.

Die Sande und Kiese des Pliozäns stellen den oberen, gut durchlässigen Porengrundwasserleiter (**GWL1**). Die Durchlässigkeit wird dabei maßgeblich von den Kiesen dominiert, während die Schluffe und Tone eine hydraulische Untergliederung der Abfolge hervorrufen. Die Brunnen des Ww Praunheim II sind im **GWL1** ausgebaut.

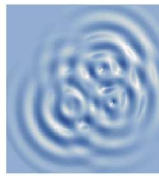
Der oberste Ton bzw. Schluff, teils auch Braunkohle des Miozäns, bilden einen Grundwasserstauer, der den **GWL1** an dessen Basis begrenzt. Während einzelne Kalkbänke, Kalksande und Algenkalke des Miozäns über eine gute horizontale Durchlässigkeit verfügen, ist die vertikale Durchlässigkeit der Folge im Allgemeinen nur gering.



Die darunter folgenden sandigen Bildungen der kalkfreien Randfazies des Miozäns und Oligozäns bilden einen zweiten Grundwasserleiter (**GWL2**). Dieser stellt im Bereich von Oberursel den einzigen Aquifer dar. Das Wasserwerk Riedwiese ist vorwiegend in den Sanden und Kiesen der kalkfreien Randfazies verfiltert, die dort eine Tiefenlage von 60 - >140 m erlangen. In südlicher Richtung ist die kalkfreie Randfazies zunehmend von Schluffen und Tonen dominiert, sodass auch die Transmissivität allmählich zurückgeht. In einer 150 m tiefen Bohrung westlich Steinbach (HLUG-Nr. 5817-301) folgen unter einer Ton-Folge mit vereinzelten Sandlagen der Cerithienschichten unmittelbar die Tone und Mergel der Cyrenenmergelgruppe, die als Grundwassergeringleiter fungieren. Ebenso wurden im Bereich des etwas östlich der übrigen Brunnen des Ww Riedwiese gelegenen Brunnens 6 (HLUG-Nr. 5817-3675) unter geringmächtigen Kiesen der Cerithienschichten Tone und Schluffe der Cyrenenmergelgruppe angetroffen. Brunnen 6 des Ww Riedwiese erschließt bereits Kluftgrundwasser aus miozänen Kalk- und Mergelsteinen sowie Porengrundwasser aus miozänen Algenkalksteinen, sodass auch dort die Bedeutung der kalkfreien Randfazies zurückgeht.

Im Bereich der Stadtgrenze sowie im Umfeld des Ww Praunheim II fehlen Aufschlüsse, die das Untere Miozän und Oligozän erschließen. Auf Grundlage der vorliegenden Bohrdaten kann jedoch angenommen werden, dass dort die kalkfreie Randfazies nicht mehr ausgebildet ist. Die Grundwasserführung des GWL2 beschränkt sich daher südlich des Ww Riedwiese auf einzelne Sand- und Kieslagen sowie Kalkbänke der Cerithien-Schichten und Rüssingen-Formation (Inflaten-Schichten). Aufgrund der differenzierten vertikalen Gliederung des Miozäns mit praktisch undurchlässigen Trennschichten ist die vertikale Durchlässigkeit k_{fv} um mindestens den Faktor 1/20 gegenüber der horizontalen Durchlässigkeit k_{fh} verringert. Diese Grundwasser führenden Bänke und Schichten erlangen oft nur eine geringe laterale Erstreckung und sind – unabhängig von der hier zu erwartenden größeren Tiefe – dementsprechend wasserwirtschaftlich kaum relevant.

In die Modellbetrachtung wurden die in Tab. 1 aufgeführten Schichten aufgenommen. Da die Festgesteine des Grundgebirges im Nordwesten oberflächennah anstehen, wurden diese aufgrund ihrer Bedeutung für die Grundwassergewinnung als Modellschicht in einer Mindestmächtigkeit von rd. 50 m berücksichtigt.



Tab. 1: Geologische und hydrogeologische Einheiten des Modellgebietes

Stratigraphische Gliederung	Lithologie	Hydraulische Funktion
Löss/Lösslehm (Holozän/Pleistozän)	Schluff, feinsandig	überwiegend ungesättigte Bodenzone, geringe Porendurchlässigkeit
Terrassensedimente der Nidda (Quartär - Pleistozän)	Sand, kiesig oder Kies, sandig, teils verlehmt	Überwiegend ungesättigte Bodenzone, guter Porengrundwasserleiter (GWL0 – schwebende Grundasservorkommen)
Limnisch-fluviatile Wechselfolge (Tertiär – Pliozän)	Wechselfolge aus Sand, Ton, Schluff, Kies, Braunkohle, Konglomerat	GW-Geringleiter bis sehr guter Porengrundwasserleiter (GWL1)
Praunheim-Formation bis Bockenheimer-Formation (Prosothenien-Schichten bis Bockenheimer Schichten) (Tertiär – Miozän)	Mergelton, Schluffe, Tone, Braunkohle, Sande, Vulkanite	GW-Nichtleiter bis mäßiger Poren-/ Kluftgrundwasserleiter
Landschneckenmergel (Niederrad-Formation) (Tertiär – Miozän)	Wechselfolge aus Ton, Mergel, Schluff, Kalkstein, Dolomitstein und Kalksand	GW-Geringleiter bis guter Poren-/ Kluftgrundwasserleiter mit geringer Vertikaldurchlässigkeit
Hydrobienschichten (Tertiär - Miozän)	Wechselfolge aus Ton, Mergel, Schluff, Kalkstein, Dolomitstein und Kalksand	GW-Geringleiter bis guter Poren-/ Kluftgrundwasserleiter mit geringer Vertikaldurchlässigkeit (GWL2)
Inflatenschichten (Tertiär - Miozän)	Kalkstein, Mergelstein, Algenkalk und Mergel	guter bis sehr guter Kluftgrundwasserleiter mit geringer Vertikaldurchlässigkeit (GWL2)
Cerithienschichten (Tertiär – Oligozän/Miozän)	Kalkstein, Mergelstein, Algenkalk und Mergel	guter bis sehr guter Kluftgrundwasserleiter mit geringer Vertikaldurchlässigkeit (GWL2)
Kalkfreie Randfazies (Tertiär – Oligozän /Miozän)	Fein- bis Grobkies, Sand, Schluff	guter bis sehr guter Porengrundwasserleiter (GWL2)
Grundgebirge (Ordovizium bis Devon)	Quarzit, Metabasalt, Kalkstein, Schiefer, Metarhyolith/ Serizitgneis, Metaandesit, -trachyt bis -dacit	Gering bis mäßig durchlässiger Kluftgrundwasserleiter



3.2.1 Schwebende Grundwasservorkommen

An der Basis der quartären Sande und Kiese kann bei Ausbildung eines ausreichend dichten, darunterliegenden Trennhorizontes ein oberflächennahes, schwebendes Grundwasservorkommen (GWL0) ausgebildet sein. Dieses ist bislang nur an wenigen Stellen durch Grundwassermessstellen erschlossen. Vielfach ist davon auszugehen, dass nur in Phasen erhöhter Grundwasserneubildung eine Wasserführung vorhanden ist. Schwebende Grundwasserleiter treten im Taunusvorland in pleistozänen Flussablagerungen, z.B. im Urselbachtal, und vor allem in tertiären Schichten auf. Sie erschwerten bislang durch die unterschiedlich angetroffene Höhenlage der Grundwasseroberfläche die Konstruktion von Grundwassergleichen, /16/. Das schwebende Grundwasser ist weniger für die Trinkwassergewinnung von Interesse, da es in den tieferen Förderhorizont aussickert, doch kann es für die Wasserführung von Bächen sowie bei baulichen Eingriffen in den Untergrund von Bedeutung sein.

Im Bereich des SEM 4-Geltungsbereiches wurde Grundwasser an der Quartärbasis im Bereich der Bohrung 5817-1112 (1969) nahe der BAB 5 bei 6,3 - 6,7 m Tiefe (rd. 122,5 mNN) angetroffen. Die Bohrung liegt im Bereich des Durchlasses für den Lachgraben.

Bei einer nahe dem Rastplatz der BAB 5 abgeteufte Bohrung (5817-1489, 1970) wurde oberhalb der Quartärbasis eine grundwassererfüllte Mächtigkeit von 1,7 m (Wst. 124,1 mNN) festgestellt. Auch im Bereich von Erkundungsbohrungen für die Regionaltangente West wurden vereinzelt Wasserstände von schwebenden Grundwasservorkommen erbohrt, /27/, welche sich i.d.R. nicht korrelieren lassen.

Inwieweit für die schwebenden Grundwasservorkommen neben einer Aussickerung auch ein kapillarer Aufstieg sowie eine Zehrung durch die Vegetationsdecke relevant ist, kann auf der vorliegenden Datengrundlage nicht abschließend beantwortet werden. In Phasen einer oberirdischen Wasserführung des Lachgrabens ist zumindest zeitweilig von einem für die Vegetation verfügbaren Grundwasser auszugehen.

3.3 Hydraulische Kenndaten

Für den Schutz des Grundwassers ist das Schadstoffrückhaltevermögen des Oberbodens und der ungesättigten Bodenzone maßgeblich. Für den Lösslehm, welcher den Abschluss



der Schichtenfolge bildet, sind verschiedene Schichtprofile aus dem weiteren Umfeld dokumentiert. Im Rahmen der Voruntersuchungen zur Regionaltangente West wurden geotechnische Untersuchungen an Bodenproben durchgeführt, welche die Untersuchung der Lösslehmschichten einschließt. Die Kornverteilungsanalysen aus Bohrungen im südwestlichen Randbereich der Planfläche (im Zustrom von Brunnen BR5 und BR6 des Ww Praunheim II) ergaben einen Mittel- bis Grobschluff, feinschluffig mit geringen Ton- und Feinsandanteilen. Der ermittelte k_f -Wert lag in einer Spanne von $2,5 \cdot 10^{-9}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s, somit wird der Lösslehm als schwach bis sehr schwach durchlässig klassifiziert. Der natürliche Wassergehalt w_n schwankte zwischen 13,2 und 24,8 %, /27/. Die Deckschicht aus Lösslehm erreicht im SEM 4-Areal mit zumeist mehr als 5 m eine für die Planung von Einrichtungen zur Regenwasserversickerung nicht unerhebliche Mächtigkeit, vgl. Blatt 17. Insofern wird bei der Planung neben Durchlässigkeit auch die lokale Mächtigkeit maßgeblich sein, welche im Konkretisierungsprozess mittels Detailuntersuchungen erkundet werden muss.

Für die darunter folgenden quartären Terrassenablagerungen der Nidda wurden Bodenproben überwiegend als mitteldicht bis dicht gelagerter kiesiger, schluffiger Sand bis sandiger, schluffiger Kies identifiziert. Die Durchlässigkeitsbeiwerte lagen im Bereich $2,8 \cdot 10^{-5}$ bis $1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s, sodass die Durchlässigkeit nach DIN 18130 als durchlässig bis schwach durchlässig angegeben wird. Ergänzend werden Angaben zur Durchlässigkeit aus der Literatur bzw. anderen Bereichen herangezogen, welche für die teils kiesigen Terrassenablagerungen in der Regel etwas höhere Werte von etwa $5 \cdot 10^{-4}$ m/s ausweisen, /16/, /23/. Im Pliozän wurden die an der Quartärbasis auftretenden sandigen Schluffe mit $1 \cdot 10^{-6}$ bis $3,3 \cdot 10^{-5}$ m/s als schwach durchlässig klassifiziert, /27/.

Grundwasser wurde bei den Erkundungsbohrungen der Regionaltangente West am Südwestrand des SEM 4-Areals erst bei einem Niveau von 99,2 - 99,8 mNN (01/2016, Ruhestand) und somit bei einem Flurabstand von rd. 20 m angetroffen, die bei 7,2 - 8,0 m Tiefe erbohrte Quartärbasis war hingegen trocken. Innerhalb des Pliozäns wurden in einer Bohrung in Abhängigkeit der Bohrtiefe unterschiedliche Niveaus angetroffen, /27/, was auf lokale Trennschichten und einen möglichen Einfluss der nahe gelegenen Grundwasserentnahme durch das Ww Praunheim II hinweist.

Für die darunter folgenden Stockwerke des Miozäns liegen im engeren Untersuchungsgebiet keine Ergebnisse aus Pumpversuchen o. ä. vor, sodass Durchlässigkeitsbeiwerte aus



Ermittlungen anderer Gebiete herangezogen wurden, /33/. Für die gegenständlichen Fragestellungen ist die Beschaffenheit der tieferen Stockwerke allerdings kaum von Belang. Erst im nordwestlichen Zustromgebiet sowie westlich von Eschborn erlangen die älteren Formationen zunehmend an Bedeutung. Hier werden als Grundlage der Modellkalibrierung je Modellschicht verschiedene Teilgebiete abgegrenzt und k_f -Werte in einem plausiblen Wertebereich zugewiesen.

3.4 Vorfluter

Das Modellgebiet zählt zum Einzugsgebiet der südwestlich des Geltungsbereichs der SEM 4 gelegenen Nidda. Diese wird an mehreren Staustufen gestaut. Die zur Nidda führenden Bäche fließen von den Hanglagen des Taunus im Nordwesten in vorwiegend südöstlicher bis südlicher Richtung. Im Westen findet sich der Schwalbach, welcher nördlich von Schwalbach a. T. aus dem Sauerbornsbach hervorgeht. Südlich von Sulzbach wechselt die Benennung in Sulzbach, welcher bei Höchst in die Nidda mündet.

Durch Eschborn fließt der Westerbach, der aus einzelnen Zuflüssen (u. a. Hohwiesenbach) im nördlichen Untersuchungsgebiet entspringt und südwestlich von Rödelheim der Nidda zufließt.

Der Steinbach entspringt in der Ortslage Steinbach und quert das Untersuchungsgebiet der SEM 4. Er mündet bei 103 mNN in einen Altarm der Nidda. Da die Quellen im alten Ortskern von Steinbach größtenteils versiegt sind, führt der Bach nur an Tagen mit starken Regenfällen periodisch Wasser⁶.

Der Urselbach markiert die nordöstliche Grenze des SEM4-Geltungsbereiches. Er quert im Nordwesten die Stadt Oberursel und reicht mit den Zuflüssen Haidtränkebach und Schelbach weit in den Taunus hinauf. Den westlichen Abschluss des Modellgebietes bildet der Kalbach, welcher bei Bommersheim entspringt und bei Bonames in die Nidda mündet.

Im engeren Untersuchungsgebiet liegen die Bäche häufig auf einem Niveau deutlich oberhalb des Grundwasserstandes des GWL1, sodass sie Grundwasser an den Untergrund ab-

⁶ Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Steinbach_\(Nidda\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Steinbach_(Nidda)), Zugriff 06.01.2020



geben (Influenz). Dies ist auch die Ursache für die teils geringe Wasserführung des Steinbachs, welcher vorrangig aus dem oberflächennahen, schwebenden Grundwasser (GWL0) gespeist wird. Eine nähere Bewertung der hydraulischen Anbindung und möglicher Auswirkungen auf die Grundwasserqualität erfolgt in Kap. 9.3.

Das Untersuchungsgebiet zur SEM 4 wird von einer weiteren, westlich der Autobahn verzweigten Senke gequert, welche in ihrem zentralen Abschnitt als zeitweilig wasserführender Lachgraben gekennzeichnet ist. Dieser ist jedoch nur über eine Länge von etwa 650 m freiliegend und wird im weiteren Verlauf an der Nordweststadt verrohrt geführt. Der Graben fasst das sich an der Quartärbasis sammelnde, oberhalb des GWL1 schwebende Grundwasser (GWL0).

3.5 Niederschlagsentwicklung

Das für die Modellkalibrierung herangezogene Jahr 2014 entsprach mit einer Niederschlagssumme von 650 mm an der DWD-Station Frankfurt-Flughafen⁷ annähernd der mittleren Regenmenge, welche für den Referenzzeitraum 1961 - 1990 mit 658 mm/a angegeben werden kann. Auch das Vorjahr war mit 643 mm an dieser Station recht ausgeglichen, sodass für die Stichtagssituation (10/2014) näherungsweise von einer mittleren Grundwasserneubildung ausgegangen werden kann.

⁷ https://www.dwd.de/DE/wetter/wetterundklima_vorort/hessen/frankfurt/_node.html, Zugriff 04.01.2021

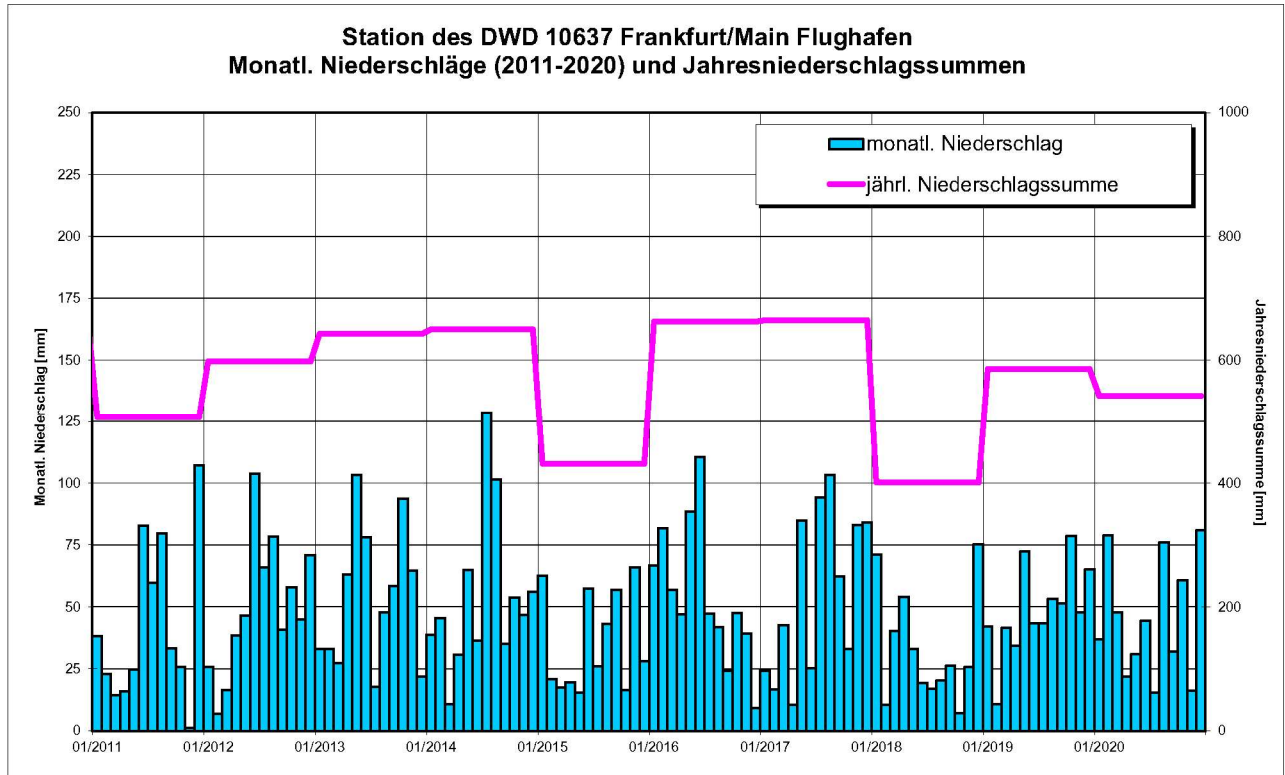


Abb. 3: Monatliche und jährliche Niederschlagssummen (2011 - 2020)

3.6 Grundwasserentnahmen

3.6.1 Wasserwerk Praunheim II

Die Fassungsanlagen des Wasserwerkes Praunheim II erschließen bei Ausbautiefen von 36 – 54 m die Schichtenfolge des Pliozäns.

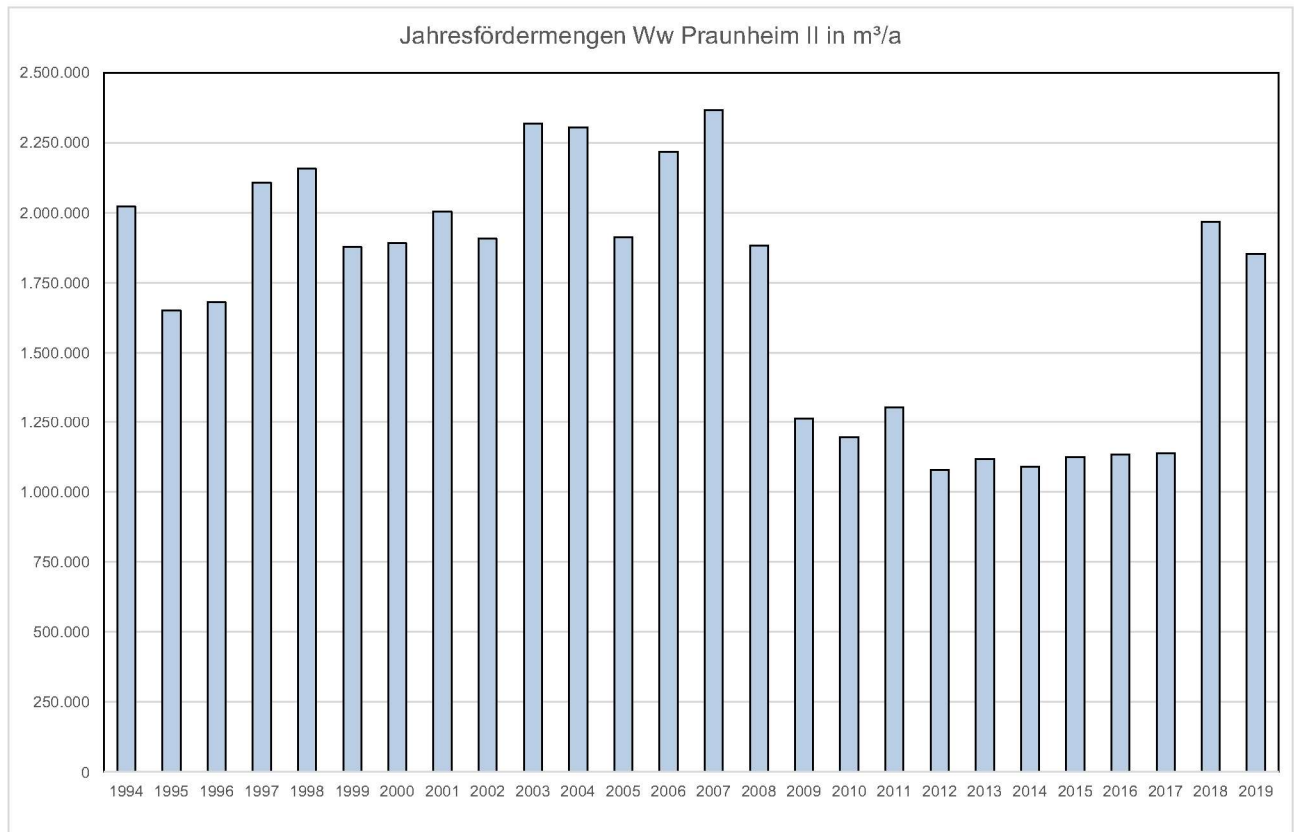


Abb. 4: Jahresfördermengen Ww Praunheim II (Daten: Hessenwasser GmbH)

Ab Anfang 2009 bis einschließlich 2017 lag die mittlere Jahresförderung bei rd. 1,2 Mio. m³/a, sodass das bislang geltende Wasserrecht von 8,285 Mio. m³/a⁸ nicht ausgeschöpft wurde. Dies gilt auch für den Oktober 2014, welcher als Kalibrierzustand für die Modellierung herangezogen wird, Abb. 5.

Seit 2018 wurden die Fördermenge auf 1,97 Mio. m³ gesteigert, Abb. 5. Tendenziell wird gemäß einer Mitteilung durch Hessenwasser eine weitere Steigerung der Gesamtförderung angestrebt.

⁸ https://www.hessenwasser.de/fileadmin/user_upload/RegionalerBedarfsnachweis_2018-10-09_End.pdf, Zugriff 11.08.2021

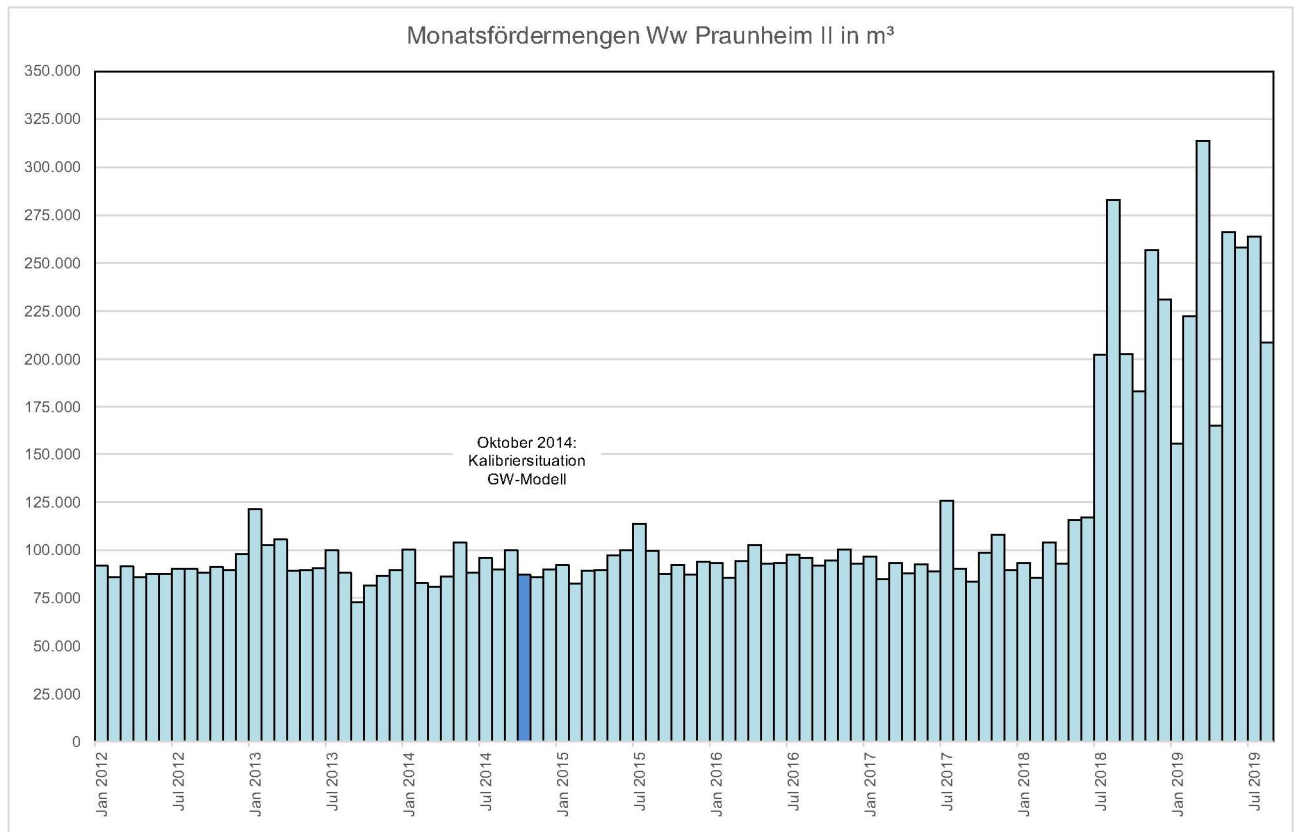


Abb. 5: Monatsfördermengen Ww Praunheim II (Daten: Hessenwasser GmbH)

3.6.2 Gewinnungsanlage Riedwiese / Wallstraße in Oberursel

Die Tiefbrunnen der Fassung Riedwiese sowie der östlich gelegene Brunnen 6 (Wallstraße) erschließen im Wesentlichen die durch Sande geprägte kalkfreie Randfazies des Oligozäns (GWL2), welche in südlicher Richtung zunehmend in eine bindig-kalkige Fazies übergehen. Das Wasserrecht beläuft sich auf 500.000 m³/a für die Brunnen Riedwiese sowie 100.000 m³/a für den Brunnen 6. Im Zeitraum 2009 - 2018 schwankte die Gesamtförderung zwischen rd. 303.000 und 447.000 m³. Die 2014 registrierte Entnahme von rd. 428.000 m³ liegt etwas über der mittleren Förderrate von rd. 386.000 m³/a, doch zeigt sich in den letzten Jahren eine tendenzielle Zunahme (2014 - 2018: 426.000 m³/a), sodass die Stichtagssituation für das Untersuchungsgebiet durchaus charakteristisch ist.

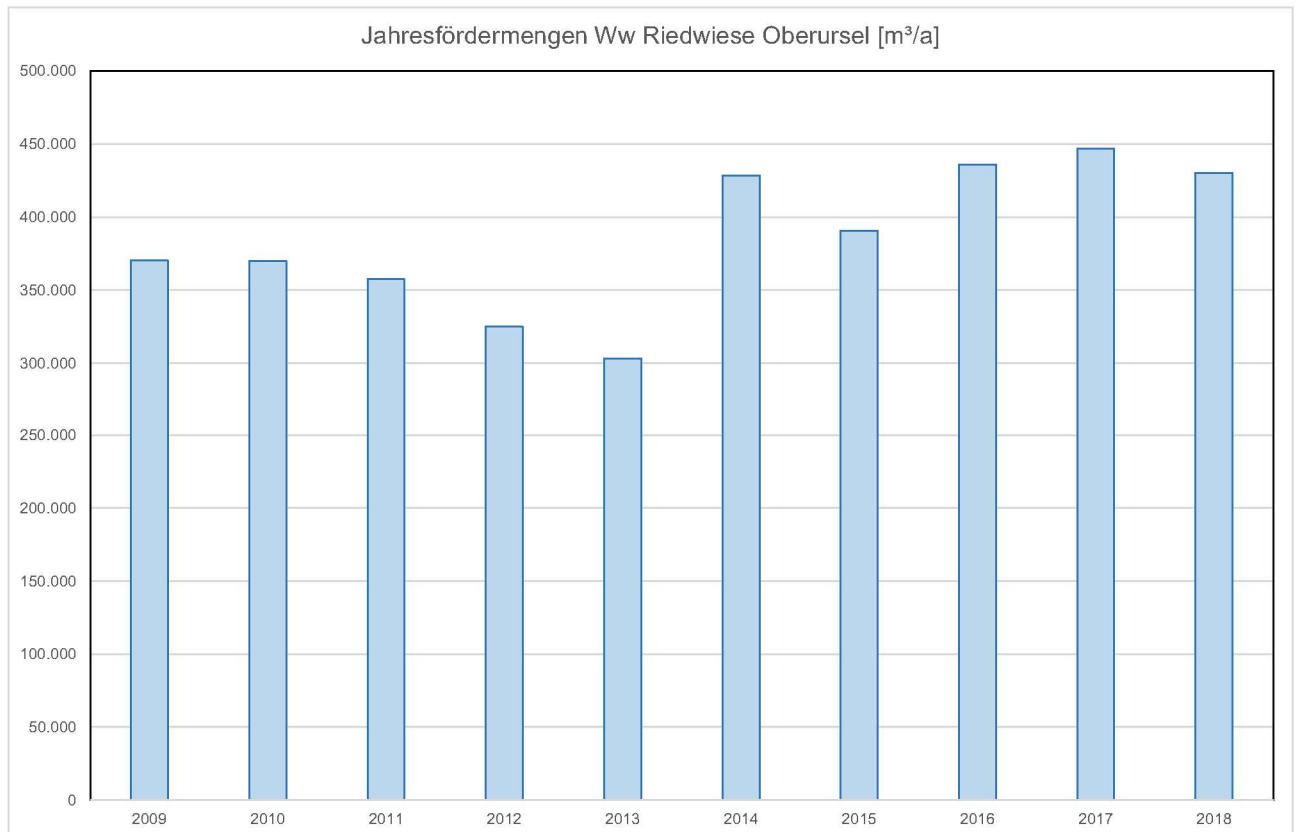


Abb. 6: Jahresfördermengen Ww Riedwiese (Daten: RP Darmstadt)

3.6.3 Weitere Entnahmen

Die Grundwassergewinnungsanlagen innerhalb des Modellgebietes gehen tabellarisch aus Anhang 5 hervor. Im näheren Umfeld ist die Betriebswasserentnahme des unmittelbar östlich des SEM 4-Geltungsbereichs gelegenen Müllheizkraftwerkes (MHKW) der Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH (FES) mit einer mittleren Förderrate von rd. 235.000 m³/a (2014 - 2018) von Bedeutung.

Im nordwestlichen Zustrom finden sich zudem die zwei Tiefbrunnen der Gewinnungsanlage Oberhöchstadt mit einer gemeinsamen Förderung von rd. 187.000 m³/a (2014-2019).



3.7 Grundwasserstandsschwankungen

Die generelle Grundwasserstandsentwicklung geht aus den Ganglinien in Anhang 4 hervor.

Für das Untersuchungsgebiet der SEM 4 zeigen die Grundwassermessstellen der Hessenwasser GmbH für den Zeitraum ab 1994 eine von Jahreszeiten weitgehend unabhängige Entwicklung des Hauptaquifers (GWL1). Die bezogen auf die kurzzeitigen Wirkungen eher geringen Schwankungen beruhen im Wesentlichen auf einer deutlichen Verzögerung bei der Durchsickerung der ungesättigten Deckschichten und eine dämpfende Wirkung der Trennschichten an der Quartärbasis. Generell zeigt sich jedoch ein langfristiger Einfluss von Phasen erhöhter oder verminderter Grundwasserneubildung. So wurde im Zeitraum 2001 - 2003 ein Anstieg von rd. 2 m registriert, gefolgt von einem Absinken bis 2008, Abb. 7. Der für die Kalibrierung des Grundwassermodells verwendete Stichtag Oktober 2014 fällt in eine Phase eines mittelfristig steigenden Niveaus. Bezogen auf den Mittelwert der Messwerte ab 1994 lag ein leicht überdurchschnittliches Grundwasserniveau (+0,9 m) vor. Der Anstieg beruht zumindest teilweise auf der seit 2009 verminderten Förderung des Ww Praunheim II, vgl. Kap. 3.6.1, und ist somit für diese Randbedingung charakteristisch. Dabei ist eine Dauer des Anstiegs über mehrere Jahre als plausibel zu werten. Nach dem Stichtag zeigt sich dann ein annähernd stabiles, an die Förderrate angepasstes Grundwasserniveau. Ab 2018 wurde schließlich infolge geringer Niederschläge und einer gesteigerten Entnahme wieder ein deutliches Absinken registriert.

Die Amplitude des betrachteten Zeitraums liegt im Umfeld des Wasserwerks bei etwa 4 m. An der Messstelle Eschborn Nr. 507028 liegt die Schwankung bei 1,8 m.

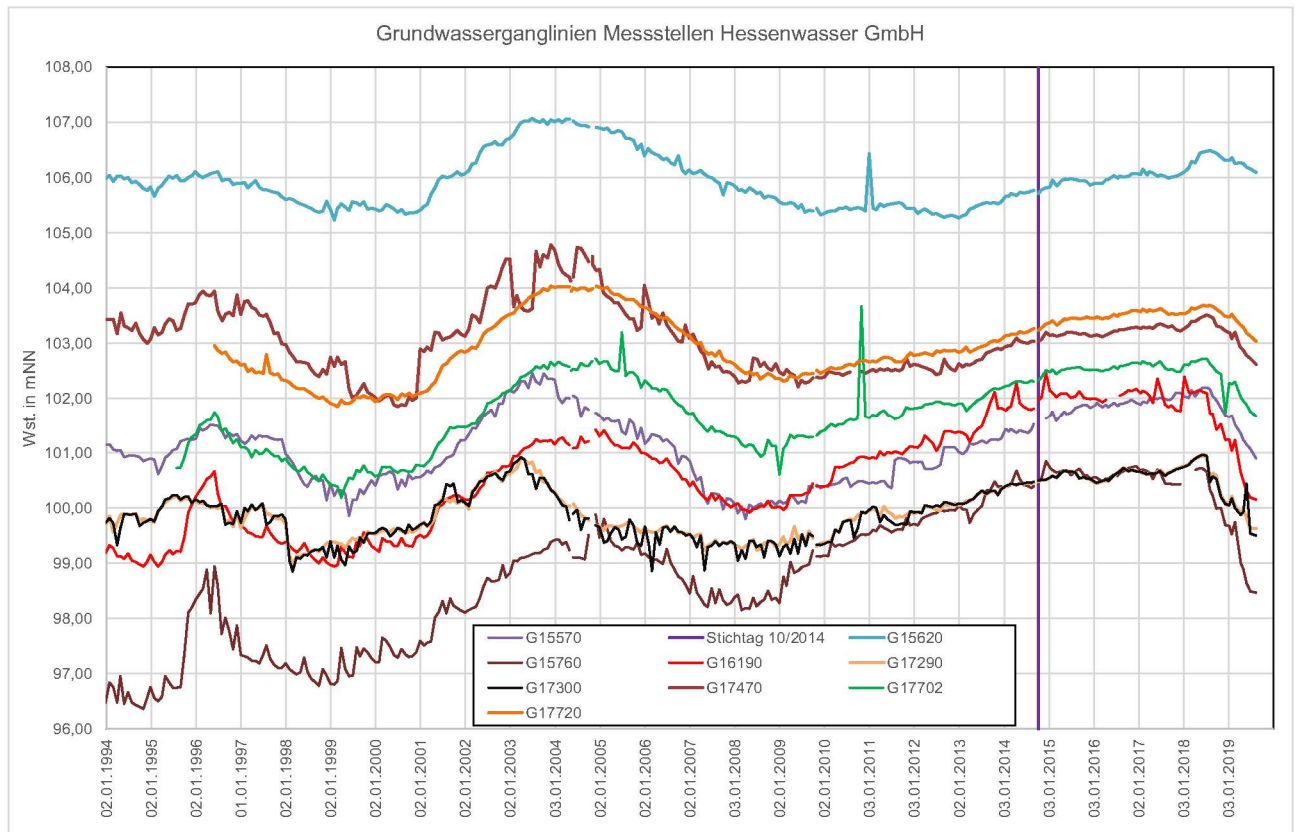


Abb. 7: Grundwasserganglinien 1994 - 2019 (Daten: Hessenwasser GmbH)

3.8 Grundwasserströmungssituation

Für die Konstruktion eines Grundwasserisolinienplans für den GWL1 wurde die Stichtagsmessung aus dem Oktober 2014 zugrunde gelegt. Diese wies folgende Charakteristika auf:

- Mittlere Grundwasserneubildung, vgl. Kap. 3.5
- Die Gesamtentnahme des Ww Praunheim II lag im Vormonat bei 99.800 m³, was bezogen auf die Jahressumme von 1,09 Mio. m³ (= 90.900 m³/Monat) einer überdurchschnittlichen Förderrate entspricht. Im Oktober 2014 fiel die Entnahme mit rd. 87.000 m³ etwas geringer aus. Die Verteilung der Einzelfördermengen auf die Brunnen erfolgte in der Modellierung gemäß den Angaben der Hessenwasser GmbH.

Da die Wasserstandsdaten der Hessenwasser GmbH nur einen Teil des Modellgebietes abdecken, wurden Angaben aus einer Voruntersuchung der Situation 07/1994 aus /6/ ergänzt.



Diese Strömungssituation wurde auch in Beiblatt 3 der Geologischen Karte 5817 des HLUG dargestellt, /16/. Westlich des Wasserwerkes wurden gemessene Wasserstände aus Erkundungsbohrungen und Grundwassermessstellen der Regionaltangente West herangezogen.

Ergänzend wurden erbohrte Grundwasserstände aus Archivangaben von Bohrungen sowie ältere gemessene Wasserstände der Brunnen orientierend herangezogen. Im nördlichen Modellgebiet liegt überwiegend eine effluente Anbindung der Vorfluter vor, sodass die morphologische Position der Bäche dort ebenfalls Einfluss auf das Strömungsgeschehen nimmt und orientierend berücksichtigt wurde.

Die generelle Fließrichtung des Untersuchungsgebietes ist ausgehend vom Taunus in Nordwest-Südostrichtung auf die Nidda gerichtet. So fallen die Grundwasserstände des Pliozäns (GWL1) von rd. 135 mNN im Bereich des nördlich des SEM4-Areals gelegenen Altstandorts auf unter 100 mNN im Bereich des Ww Praunheim II und < 95 mNN an der Nidda.

Im Bereich des SEM 4-Areals fällt der Grundwasserstand von etwa 125 mNN im Norden auf rd. 100 mNN im Süden, vgl. Blatt 23 im Anhang 1. Im zentralen Gebiet ist aufgrund der erhöhten Mächtigkeit des Pliozäns das Potenzialgefälle vergleichsweise gering. So wird noch bei Messstelle M12 und G17460 nordwestlich der BAB 5 ein Niveau von 110 mNN unterschritten. Erst nördlich davon ist mit zunehmend bindiger Ausbildung des Pliozäns ein deutlich steilerer Gradient festzustellen. Die im Oktober 2014 aktiven Brunnen 1 und 5 des Wasserwerks Praunheim II bewirken eine lokale Grundwasserabsenkung unter 100 mNN. Das Einzugsgebiet des Wasserwerks umfasst zum Stichtag auch bei der gegebenen moderaten Förderrate das westliche SEM 4-Areal. Die östliche Grenze des Einzugsgebietes liegt dabei innerhalb des geplanten Wasserschutzgebietes, vgl. Blatt 2.

Für das schwebende Grundwasservorkommen (GWL0) ist aufgrund der geringen Aufschlussdichte sowie der nur partiellen Wasserführung keine Konstruktion eines Grundwassergleichenplans möglich. Näherungsweise dürfte die Grundwasseroberfläche, sofern ausgebildet, der Morphologie der Quartärbasis folgen, welche aus Blatt 18 im Anhang 1 hervorgeht.



3.9 Grundwasserflurabstand der Stichtagssituation 10/2014

Aus der Differenz zwischen Geländeoberfläche und Grundwasserstand des Hauptaquifers GWL1 resultiert der Grundwasserflurabstand der Stichtagssituation, Blatt 22 und Blatt 24 in Anhang 1. Erwartungsgemäß sind in den Bachtälern die geringsten Flurabstände festzustellen. So liegt das Grundwasserniveau des Steinbachs in Praunheim etwa auf Höhe des Bachwasserstandes. In nordwestlicher Richtung nimmt der Flurabstand auch im Bachtal des Steinbachs teilweise auf mehr als 25 m zu, sodass der Bach über weite Strecken influent ist und Wasser an den Untergrund abgibt. Allein die nordwestlichen Quellgebiete im alten Ortskern von Steinbach liegen in der Nähe des Vorfluterniveaus. Am Urselbach wird überwiegend ein Flurabstand von 5 m überschritten, sodass zumindest abschnittsweise und bei mittleren bis niedrigen Grundwasserständen von einer Influenz ausgegangen werden kann. Erst bei höheren Grundwasserständen ist hier von einer effluenten Anbindung auszugehen. Der offen liegende Lachgraben liegt zum Stichtag mindestens 15 m über dem Grundwasserniveau des GWL1, sodass eine Speisung allein aus dem schwebenden Vorkommen GWL0 erfolgt und somit stark vom Niederschlagsgeschehen abhängig ist.

Für Bauwerke maßgebliche Flurabstände von < 5 m sind auf den nordwestlichen Siedlungsrand von Praunheim und die südwestliche Randlage der Nordweststadt beschränkt. Für tiefere Bauwerke (z.B. Tiefgaragen) kommen bei einem Flurabstand von bis zu 10 m lokale Geländeeinschnitte nördlich der Heerstraße sowie im Umfeld der Straße Steinbacher Hohl hinzu.

Im Nordwesten steigen die Flurabstände sukzessive auf mehr als 20 m an und erreichen an der Geländekuppe bei den Messstellen M12 und M13 ein Maximum von mehr als 35 m.

3.10 Grundwasserqualität

Seitens der Hessenwasser GmbH wurden die jährlichen Rohwasseruntersuchungen von 8 Brunnen des Ww Praunheim II (2017 - 2019) zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse aus 2019 gehen tabellarisch aus Anhang 6 hervor.



Die Brunnen weisen in der 2019 ausgeführten Untersuchung mit 872 - 1.230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eine für das Gebiet charakteristische elektrische Leitfähigkeit auf. Der pH-Wert ist mit 7,0 - 7,2 annähernd neutral. Unter den Hauptinhaltsstoffen zeigt sich Nitrat mit 30 - 43 mg/L erhöht. Der Grenzwert der TrinkwV⁹ von 50 mg/L wurde zuletzt 2018 mit 64 mg/L an Brunnen 3 überschritten und bei Br. 2 mit 49,7 mg/L gerade erreicht; 2017 lagen beide Brunnen über dem Grenzwert. Die erhöhten Werte sind auf den Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung der im Zustrom verbreiteten Ackerflächen zurückzuführen.

Das Wasser ist mit 8,3 - 10,6 mg/L recht sauerstoffhaltig, sodass Ammonium und Nitrit in der Regel nicht in Erscheinung treten. Eisen ist in den westlichen Brunnen 6 - 8 mit bis zu 0,015 mg/L (Br. 7) vorhanden. Chlorid ist mit 37 - 99 mg/L in unterschiedlichen Konzentrationen vertreten. Die höheren Werte sind vermutlich auf lokale Einträge von Streusalz sowohl auf der BAB 5 als auch der Anschlussstelle Eschborn-Ost zurückzuführen.

Die TOC-Konzentrationen¹⁰ sind mit bis zu 1,5 mg/L unauffällig. Die Untersuchung auf Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) ergab an den Brunnen 2 bis 5 für den Wirkstoff Bromacil regelmäßig Befunde oberhalb des Grenzwerts der TrinkwV. Der Wirkstoff wurde in der Vergangenheit zur Wachstumskontrolle auf Gleisanlagen eingesetzt und gilt als sehr persistent. Die übrigen nachgewiesenen Substanzen (Atrazin, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Simazin, Bentazon, Propazin, Hexazinon) blieben unterhalb des Grenzwertes der TrinkwV für Einzelsubstanzen (0,1 $\mu\text{g}/\text{L}$). Der Grenzwert für die PBSM-Summe von 0,5 $\mu\text{g}/\text{L}$ wurde im Jahr 2017 am Brunnen 4 und in den Jahren 2018 und 2019 bei keinem Brunnen überschritten.

In den östlichen Brunnen 1 - 5 treten mit 15 - 25 $\mu\text{g}/\text{L}$ dauerhaft Uran-Konzentrationen über dem Grenzwert der TrinkwV von 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ auf. Für eine Bewertung der potenziellen Ursachen wurde seitens Hessenwasser eine Untersuchung veranlasst, /31/. In einer ersten Einschätzung wird eine Freisetzung aus oberflächennahen organikreichen Talsedimenten (Gleye und Auensedimente) vermutet.

⁹ Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

¹⁰ Gesamter organischer Kohlenstoff im Wasser (total organic carbon)



Die östlichen Brunnen – vorrangig Brunnen 1 und 2 – werden von einer LCKW-Verunreinigung tangiert, /19/, /25/, vgl. folgendes Kap.

Während das unmittelbare Einzugsgebiet des Wasserwerks vergleichsweise gut erkundet ist, sind im nördlichen Untersuchungsgebiet der SEM 4 nur wenige Grundwassermessstellen vorhanden. Im Bereich des geplanten Lachgraben-Quartiers nördlich des Steinbachs liegt die Messstelle **G15620**, welche nach Angaben der Hessenwasser GmbH zuletzt 2008 beprobt worden war. Die Leitfähigkeit lag dort mit 918 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in einem für die Region normalen Bereich. Die Nitrat-Konzentration entspricht mit 31,4 mg/L etwa der Wasserqualität im Einzugsgebiet des Wasserwerkes. Der Chlorid-Wert ist mit 53 mg/L unauffällig. Der AOX blieb mit $<10 \mu\text{g}/\text{L}$ nicht nachweisbar und es lagen keine Hinweise auf anthropogene Verunreinigungen vor.

Messstelle **G17460** liegt auf der Westseite der BAB 5 in der Senke des Lachgrabens. Die Untersuchung aus 2014 zeigt eine etwas geringere Leitfähigkeit von 773 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sowie mit rd. 47 mg/L eine geringe Chlorid-Konzentration. Der Nitrat-Wert ist mit rd. 36 mg/L durch einen fallenden Trend gekennzeichnet (2003: 67 mg/L). Darüber hinaus ergaben sich keine Hinweise auf Verunreinigungen. Die Analyseergebnisse der beiden Messstellen sind in Anhang 6 zusammengestellt.

3.11 Einfluss von Altlasten

Der Geltungsbereich der SEM 4 wird von Nordnordwesten nach Südsüdosten durch eine LCKW¹¹-Fahne gequert (Blatt 31 im Anhang 1). Die Eintragsquelle wurde auf dem Altstandort unweit nördlich des SEM4-Areals verortet, wo diese bis in eine Tiefe von etwa 30 m und darunter vorgedrungen sind. Eine Sanierung der Verunreinigung am Altstandort hatte sich aufgrund der feinsandig-bindigen Untergrundbeschaffenheit als nicht durchführbar erwiesen, sodass die LCKW im Hauptaquifer weitgehend ungehindert nach Süden abströmen konnten. Der Schadensbereich wird mittels eines Grundwassermonitorings mit mehreren Messstellen überwacht, /25/. Eine hydraulische Sanierung erfolgt schließlich mittels der Entnahme der Brunnen 1 - 5 des Wasserwerkes Praunheim II in Verbindung mit einer Aufbereitung über Aktivkohle, sodass nachfolgend eine Nutzung als Trinkwasser möglich ist. Die

¹¹ Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe



Ergebnisse des Monitorings aus 2016 zeigen einen Belastungsschwerpunkt am östlichen Brunnen 1 mit rd. 95 µg/L (LCKW-Summe). Am Zustromrand des SEM 4 - Areal (Messstelle M10) wurde zuletzt eine Konzentration von 441 µg/L analysiert (06/2016), /25/. Die Lage der Fahne mit den gemessenen Summenkonzentrationen (Stand 2013) geht aus Blatt 31 im Anhang 1 hervor.

Die 2019 durchgeführten AOX-Analysen zeigen weiterhin ein Maximum bei Brunnen 1 und 2 mit 30 bzw. 60 µg/L, während Brunnen 3 noch 18 µg/L und Br. 4 14 µg/L aufwies, Anhang 6. Die westlichen Brunnen 5 - 8 blieben unter der Bestimmungsgrenze, sodass die Ausdehnung der LCKW-Fahne in westlicher Richtung klar abgegrenzt zu sein scheint.

Darüber hinaus sind keine Grundwasserverunreinigungen im Abstrom von Altstandorten oder Altablagerungen bekannt. Allein die im Stadtgebiet von Oberursel vorhandenen LCKW-Verunreinigungen können über größere Entfernung messbar sein. Zwar erfolgt über die Brunnen des Ww Riedwiese eine Abschöpfung, doch ist eine weitere Ausbreitung über die tieferen Aquifere des Oligozäns und Miozäns nicht auszuschließen. Über vertikale Wegsamkeiten der miozänen Trennhorizonte (z.B. an Störungszonen) kann eine Schadstoffausbreitung bis in das Projektareal gegeben sein.

Die Standorte der bekannten Altlasten und Altablagerungen im engeren Untersuchungsgebiet gehen aus Blatt 30 im Anhang 1 hervor. Die Darstellung der Altlastenstandorte entspricht dem Sachstand 2014/2015. Nähere Angaben zur Ablagerungshistorie und dem Schadstoffinventar liegen dem RP Darmstadt vor. Im Vorfeld von Baumaßnahmen oder der Planung von Einrichtungen der Niederschlagswasserversickerung bzw. Retentionsflächen sind zusätzliche Bewertungen erforderlich.

3.12 Bodenverhältnisse

Die Bodenkarte 1:25.000 Blatt 5817 Frankfurt a. M.-West weist für die Ackerflächen innerhalb des SEM 4 - Areal überwiegend Parabraunerde mit schwachen Pseudogleymerkmalen aus, welche aus Löss hervorgegangen ist, vgl. Blatt 32 im Anhang 1. Sie besteht aus lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm (3 - 9 dm) über schluffig-tonigem Lehm (4 - 7 dm),



welcher in einen lehmigen bis stark lehmigen Schluff übergeht. Die aus Lösslehm hervorgegangenen Böden verfügen über einen ausgeglichenen Wasser- und Nährstoffhaushalt sowie über günstige Filter- und Puffereigenschaften gegenüber Schadstoffen.

Lokal mit einem Schwerpunkt in den Böschungsbereichen oberhalb der Talauen finden sich flachgründige Rendzinen aus Löss, teils über tertiären oder quartären Sanden und Kiesen. Diese bestehen aus 6 - 10 dm sandig-lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm. Deren Entstehung ist an Erosion gebunden, welche in den Hanglagen ihren Schwerpunkt hat.

In einigen südöstlichen Hanglagen findet sich zudem Braunes oder Pseudogley-Kolluvium. Dabei handelt es sich um kolluvial (durch Anschwemmung) umgelagerten Lösslehm, welcher stellenweise Kiesbeimengungen enthalten kann. Das Bodenprofil zeigt unter 1 - 3 dm sandig-lehmigem Schluff bis schluffigem, teils kiesigem Lehm einen lehmigen Schluff bis schluffigen, z.T. auch tonigen oder schwach kiesigen Lehm.

In den tieferen Bacheinschnitten des Steinbaches und des Urselbaches sind schließlich Gleye aus Hochflutlehm oder Kolluviallehm verbreitet. Diese bestehen in den oberen 3 - 7 dm aus lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm mit kiesig-steinigen Gemeingeteilen. Darunter folgen schluffige bis schluffig-tonige Lehme, welche kiesig oder steinig ausgebildet sein können. Gleye entstehen im Allgemeinen bei gleichmäßig hoch anstehendem Grundwasser.

Es zeigt sich ein dominierender Einfluss der flächendeckend vorkommenden Lösslehme, welche die Bodenbildungsprozesse prägen. Sande und Kiese des Quartärs oder Pliozäns, treten zumeist erst in größerer Tiefe in Erscheinung und können allenfalls in den tieferen Taleinschnitten an die Geländeoberfläche gelangen.

Gemäß dem BodenViewer Hessen des HLNUG¹² sind die Flächen hinsichtlich der Bodenfunktionalen Gesamtbewertung überwiegend wie folgt zu klassifizieren:

- Ertragspotenzial – sehr hoch (Blatt 34)
- Nitratrückhaltevermögen – hoch (Blatt 36)

¹² <http://bodenviewer.hessen.de/mapapps/resources/apps/bodenviewer/index.html?lang=de>, Zugriff 04.03.2020



- Funktionserfüllungsgrad – mittel bis sehr hoch (Blatt 37)
- Feldkapazität – hoch (Blatt 38)

Auf den Flächen im unmittelbaren Zustrom der Brunnen des Ww Praunheim II östlich der BAB 5 ist die Feldkapazität und das Nitratrückhaltevermögen auf mittel herabgestuft, ebenso auf mehreren kleineren Flächen östlich von Steinbach. Generell kommen partiell auch in den Talauen des Steinbaches und des Urselbaches als mittel bis gering klassifizierte Flächen vor, vgl. Blatt 36.

3.13 Bodenabbau und künstliche Geländeeinschnitte

Der Bodenabbau für Rohstoffgewinnung sowie künstliche Einschnitte an Straßen stellen eine Verringerung der Grundwasserflurabstände sowie aufgrund der Entfernung der Oberbodenschicht eine Schwächung des Rückhaltevermögens und der Reinigungsleistung der Böden dar, sodass diese gesondert zu bewerten sind. Bei der Betrachtung von älteren Abbauvorhaben ist dabei zu berücksichtigen, dass infolge einer langjährigen Verwitterung sowie auch einer Umlagerung von Bodenmassen eine Bodenbildung erfolgt sein kann.

In einem rd. 2 km breiten Streifen an der Nordwestseite der Nidda erfolgte im Zeitraum Ende 19. Jahrhundert bis in die 1960er Jahre in verschiedenen Gruben ein Abbau von Lösslehm, welcher zu Ziegeln und anderen Bauprodukten verarbeitet wurde. Der Lehm, der als Rohmaterial diente, war in dem Gebiet weit verbreitet und konnte im Tagebau abgebaut werden. Er wurde mit Wasser vermischt und gemahlen, um anschließend von Hand mithilfe von Rahmen in Form gepresst zu werden. In hölzernen Trockenstellen wurden die ungebrannten, bereits geformten Ziegel vorgetrocknet und anschließend in Ringöfen gebrannt. In den meisten Ziegeleien wurden lediglich Hintermauersteine hergestellt, die keiner weiteren Bearbeitung bedurften. Die ehemaligen Gruben des Untersuchungsgebietes zur SEM 4 und seines Umfeldes wurden mittels folgender Quellen abgegrenzt:

- Historische Topografische Karten 1:25.000 der Bearbeitungsstände 1906, 1926, 1953, 1960, 1968. Durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Zeitschritte konnten auch zwischenzeitlich wieder verfüllte Bereiche identifiziert werden. Exemplarisch wurden die Ausschnitte der Karten von 1926 (Blatt 27) und 1953 (Blatt 28 im Anhang 1) dargestellt.



- Geländemodell DGM1. Aus diesem gehen die erhaltenen Böschungen hervor.

Ergänzend wurden die Geländeeinschnitte der Straßen sowie der BAB 5 abgegrenzt.

Das Ergebnis der Erkundung geht aus Blatt 29 hervor. Danach sind größere ehemalige Tongruben nördlich und südlich der Straße *Steinbacher Hohl* kartiert. Diese erstrecken sich im Norden bis an den Uferbereich des Steinbaches. Im Süden reichte der Abbau bis zu den Gewerbeflächen nördlich der Eugen-Hartmann-Straße und östlich der Christa-Maar-Straße. Weitere, etwas kleinere Abbauflächen finden sich in den heute bebauten Siedlungsflächen der Nordweststadt. Die früheren Abbautiefen variieren von 1 - 6 m, wobei Höhen der erhaltenen Böschungen von 4 - 6 m dominieren. Weitere größere Flächen finden sich südlich des Vorhabensbereiches nahe der Siedlung Praunheim.

Künstliche Geländeeinschnitte finden sich im Bereich der Heerstraße bzw. Steinbacher Stadtweg, welcher in einem rd. 4 m tiefen Einschnitt die BAB 5 unterquert. Die Einschnitte der BAB 5 erreichen Tiefen von etwa 5 - 6 m. Der nördliche kartierte Einschnitt erreicht lediglich rd. 2 m Tiefe.

4 Geplante Nutzungsänderung

4.1 Randbedingungen der Modellbetrachtung – Siedlungsflächen und Bauwerke

Die Bebauung eines Gebietes führt im Allgemeinen zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung. Das Ausmaß dieser Verringerung ist vor allem von der Flächennutzung im Ausgangszustand, den vorhandenen Böden (nutzbare Feldkapazität) und dem Flurabstand abhängig.

Die Befestigung von Flächen führt i.d.R. zu einer Verringerung von Verdunstung und Grundwasserneubildung, während der Direktabfluss stark zunimmt. Werden Dachflächen von der Kanalisation abgekoppelt und einer dezentralen Regenwasserversickerung zugeführt, erhöht sich die Grundwasserneubildung allerdings mitunter sehr deutlich. Die Verdunstung bleibt in einem solchen Fall nahezu unverändert, /21/.



Grundlage der Auswirkungsbetrachtung ist das im Rahmen der Mehrfachbeauftragung ausgewählte städtebauliche Konzept der Planergemeinschaft Cityförster/Urbane Gestalt mit Planungsstands 11.11.2020, welches die Entwicklung von vier Quartieren vorsieht. Hierfür gelten folgende Randbedingungen:

- Auf den bebauten Flächen (überbaut / versiegelt / unterbaut) wird zunächst eine vollständige Fassung und Ableitung des anfallenden Regenwassers zum Ansatz gebracht. Eine ortsnahe Wiederversickerung unbelasteter Wässer ist zwar Teil des Konzeptes, bleibt in der vorliegenden Untersuchung jedoch zunächst außer Betracht (konservativer Ansatz), um die maximal zu erwartenden Veränderungen einschätzen zu können. Erfahrungsgemäß sind zumindest die Verkehrsflächen je nach Größe und Verkehrsdichte innerhalb des geplanten WSG nicht oder nur eingeschränkt für eine Wiederversickerung des anfallenden Regenwassers geeignet.
- Es wird angenommen, dass im Zuge der Bebauung kein großflächiger Bodenabtrag auf unversiegelten Flächen erfolgt. Ein für die Grundwasserneubildung relevanter Abtrag erfolgt in der Regel bei der Errichtung von Untergeschossen / Tiefgaragen. Während in der Gebäudefläche eine Versiegelung erfolgt, wird die vertikale Durchlässigkeit in den Randstreifen der Baugruben in der Regel aufgrund des Einbaus von Drainagen, der Einbringung von Frostschutzmaterial (Schotter, Filtersand) gegenüber dem unverritzten Boden erhöht.
- Im Bereich der Brunnen 3 bis 5 des Wasserwerkes Praunheim II ist mit Ausnahme der Anlegung von Grünflächen keine Nutzungsänderung vorgesehen, während der Nahbereich der Brunnen 1 und 2 zumindest partiell in die Planung einbezogen wurde. Generell wurden die engeren Schutzzonen (Zone II) des Wasserschutzgebietes jedoch von Bebauung freigehalten, sodass alle Brunnen weiterhin betrieben werden können. Im unmittelbaren Einzugsgebiet der Brunnen 1 und 2 erfolgt eine flächenhafte Bebauung („Produktives Praunheim“) sowie die Anlegung von funktionalen Grünflächen (Sportanlagen, Kleingärten etc.) im nördlichen Anschluss.

Die Quartiere (s. Blatt 6 im Anhang 1) weisen gemäß dem vorliegenden Planungsstand (11/2020) folgende Anteile an unversiegelten Flächen bzw. Grünflächen auf (siehe auch Anhang 3):



- | | |
|----------------------------------|--------------------|
| • Quartier Produktives Praunheim | 42,2 % Grünflächen |
| • Quartier Lachgraben | 53,4 % Grünflächen |
| • Quartier Neu-West-Stadt | 82,9 % Grünflächen |
| • Quartier Steinbach-Ost | 59,5 % Grünflächen |

Unterirdisch versiegelten Flächen, z.B. Grünflächen über Tiefgaragen, werden nach dem vorliegenden städtebaulichen Konzept von Cityförster/Urbane Gestalt zugunsten von zentralen oberirdischen Quartiersgaragen vermieden, sodass diese Flächenkategorie nach bisherigem Sachstand vernachlässigt werden kann.

Die übrigen Flächenanteile sind überbaut/unterbaut oder als Verkehrsflächen versiegelt und fallen nach dem vorgenannten Ansatz für die Grundwasserneubildung vollständig aus. Für die in den Quartieren enthaltenen Grünflächen (öffentliche Grünflächen/Quartiersgrün und wohnungsbezogene Grün- und Freiflächen mit Bodenanschluss innerhalb Nettobauland, vgl. Tabellen in Anhang 3, resultiert eine gegenüber den Ackerflächen (Ist-Zustand) reduzierte Grundwasserneubildung (Faktor 0,78, vgl. folgendes Kap.).

Gemäß den Flächenanteilen in den Quartieren resultieren folgende Faktoren der verbleibenden Grundwasserneubildung, die in das Grundwassermodell eingestellt werden (siehe auch Blatt 41 im Anhang 1):

- | | |
|----------------------------------|------|
| • Quartier Produktives Praunheim | 0,33 |
| • Quartier Lachgraben | 0,42 |
| • Quartier Neu-West-Stadt | 0,65 |
| • Quartier Steinbach-Ost | 0,46 |

Für die bestehenden Siedlungsflächen in den westlichen Randbereichen in Praunheim und Nordweststadt wird davon ausgegangen, dass keine für die Grundwasserneubildung relevante Nutzungsänderung erfolgt (Faktor 1). Dies gilt auch für die BAB 5, für die in dem HLNUG-Datensatz keine Reduktion der Grundwasserneubildungsrate gegenüber dem Umfeld ausgewiesen ist.



Gemäß dem Bundesverkehrswegeplan 2030 ist ein Ausbau des BAB 5-Abschnittes zwischen dem Bad Homburger Autobahnkreuz (AK) im Norden bis zum AK Nordwestkreuz Frankfurt im Süden von 6 auf 8 Fahrstreifen geplant¹³. Im Zuge eines solchen Ausbaus resultiert eine zusätzliche Flächenversiegelung im gesamten östlichen Einzugsgebiet des Ww Praunheim II in Verbindung mit einer qualifizierten Fassung des anfallenden Niederschlagswassers gemäß RiStWag, /26/. Die damit einhergehenden Veränderungen der Grundwasserneubildung sind nicht Bestandteil der vorliegenden Bewertung.

Eine mögliche Verlegung von 380 kV-Höchstspannungsfreileitungen ist ebenfalls nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung. Die Auswirkungen von Fundamenten der Hochspannungsmasten auf die Grundwasserverhältnisse sind in der Regel vergleichsweise gering und für die Bilanzierung des Grundwasserdargebotes vernachlässigbar. Im Falle einer unterirdischen Verlegung (z.B. durch Tunnel) ist eine Detailprüfung erforderlich.

Das Konzept sieht ein Regenwassermanagement vor, welches nach Schwammstadtprinzip (Sponge-City) und Kaskadenprinzipien funktioniert. Hierzu sollen Mulden-Rigolen-Systeme entlang von Straßen sowie Retentions- und Verdunstungsflächen vorgesehen werden. Nähere Angaben zur Verortung der Anlagen und deren Dimensionierung sind bislang noch nicht verfügbar, sodass die angedachten Elemente des Regenwassermanagements dann in einem nachfolgenden Arbeitsschritt zum Ansatz kommen sollen. Hinsichtlich der Bewertung solcher Anlagen ist zwischen Anlagen, welche lediglich dem Rückhalt der Niederschlagswässer ohne eine Versickerung dienen, und Anlagen, welche zusätzlich eine Versickerung ermöglichen, zu unterscheiden.

4.2 Randbedingungen der Modellbetrachtung - Freiflächen

Außerhalb der geplanten Siedlungsflächen werden Freiflächen eingerichtet bzw. erhalten, welche zwar im Regelfall nicht bebaut werden, doch eine Umnutzung hinsichtlich der Vegetation und Nutzung erfahren. Die überörtlichen Grünzüge übernehmen gemäß dem städtebaulichen Konzept von Cityförster die Funktion der Biotopvernetzung, einer Luftleitbahn sowie der Ableitung von Niederschlagswasser. Dementsprechend werden in dem vorliegenden Konzept vorzugsweise die Senken und Bachtäler von Bebauung freigehalten. Das

¹³ <https://www.bvwp-projekte.de/strasse/A5-G20-HE-T7-HE/A5-G20-HE-T7-HE.html>, Zugriff 28.07.2021



Steinbachtal soll als überörtlicher Grünzug entwickelt und aufgewertet werden. Eine Anknüpfung an die Grünzüge der Nachbargemeinden Steinbach und Weißkirchen wird diskutiert. Bereits vorhandene Kompensationsflächen östlich der BAB 5 (u. a. Streuobstwiesen) im südlichen Plangebiet sollen in die Grün- und Freiraumplanung integriert werden.

Ein Element der städtebaulichen Studie ist die Freilegung des Lachgrabens bis zur Steinbachmündung. Hierfür ist bisher ein schmaler Grünzug innerhalb des Lachgrabenquartiers gegenüber der Nordweststadt vorgesehen. Entlang der Bachufer werden Schutzstreifen mit extensiver Nutzung und Kleingartenanlagen vorgeschlagen.

Für die verbleibenden Grün- und Freiflächen innerhalb des Geltungsbereichs der SEM 4 werden auf Basis der Studie von Cityförster folgende Randbedingungen und Annahmen entsprechend Blatt 6 im Anhang 1 zugrunde gelegt:

- Anstelle einer ackerbaulichen Nutzung erfolgt eine partielle Umnutzung in Grünlandflächen, Rasenflächen (Sportanlagen), (Klein-)Gärten, Biotope, Forstflächen und Streuobstwiesen. Größere landwirtschaftliche Bereiche bleiben nordwestlich der BAB 5 erhalten („Koproduktive Landwirtschaft“), die ackerbauliche Nutzung wird hier weiterhin im Vordergrund stehen.
- Es wird unterstellt, dass keine grundlegenden Veränderungen der Hangneigungen der vorhandenen Senken und Bachtäler vorgenommen werden, welche zu einer Änderung des Oberflächenabflusses und der Exposition führen könnten.
- Es wird angenommen, dass keine größeren Wasserflächen mit ständiger Wasserführung erstellt werden. Diese weisen im Allgemeinen eine hohe Verdunstung auf, welche die Grundwasserneubildung übersteigt (Grundwasserzehrung). Für Regenrückhaltebecken wird eine lediglich periodische Wasserführung angenommen.
- Es wird erwartet, dass das Urselbachtal in einigen Abschnitten unverändert erhalten bleibt. Da sich hier keine für die Grundwasserneubildung relevante Nutzungsänderungen ergeben, bleibt die Grundwasserneubildung im Abschnitt des Urselbachtals unverändert. Ebenso sollen die zugeordneten Kompensationsflächen östlich der BAB 5 und südlich des Steinbachs keiner Nutzungsänderung unterliegen – diese wurden



unter Berücksichtigung einer zukünftigen Diversifizierung zunächst mit einem geringeren Faktor der Grundwasserneubildung belegt.

Bei gleichen Böden nimmt die Grundwasserneubildung in der folgenden Richtung ab: Acker > Grünland > Mischvegetation > Laubwald > Nadelwald. Der Grund für die geringere Verdunstung und damit höherer Grundwasserneubildungsrate von ackerbaulich genutzten Flächen beruht auf dem Wechsel von Heranwachsen, Reifeperiode und Ernte der Feldbestände mit Zeiten der Brache bzw. Winterruhe im Verlaufe der Fruchtfolge¹⁴. Dagegen verdunsten Dauerkulturen wie Grünland und Nadelwald das ganze Jahr über und können mit ihren Wurzeln Wasservorräte tieferer Schichten erschließen, /7/. Einen orientierenden Überblick über die Verdunstungsraten verschiedener Pflanzenbestände vermittelt Abb. 8.

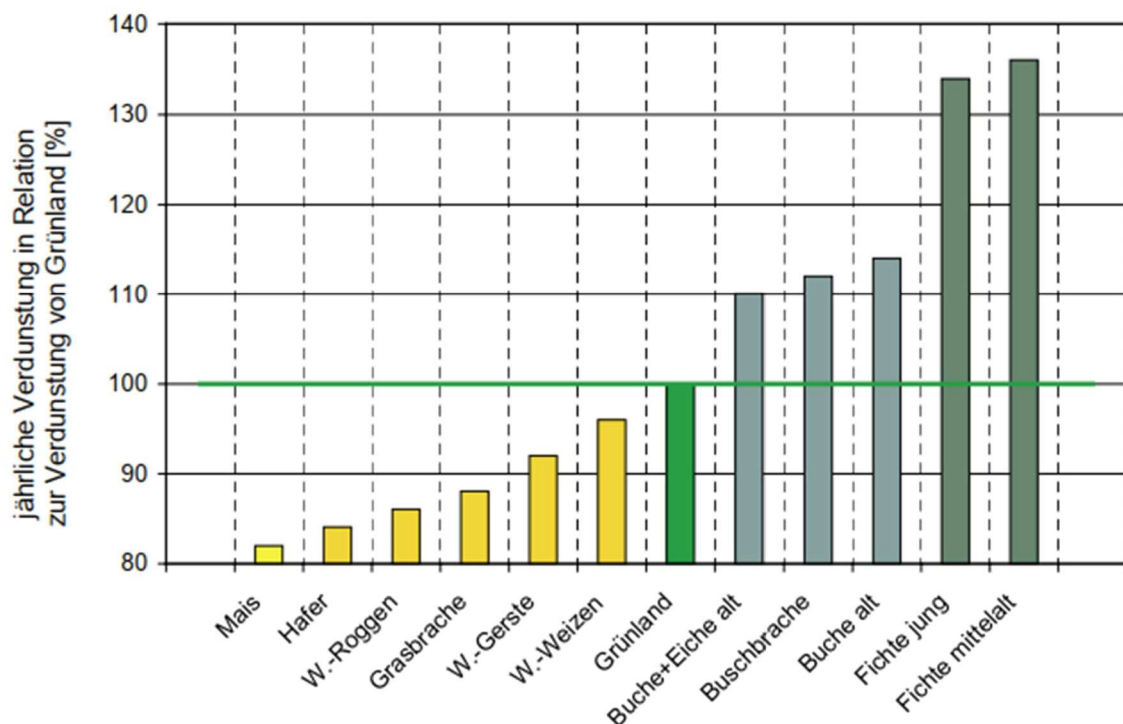


Abb. 8: Relation der jährlichen Verdunstung verschiedener Pflanzenbestände in Bezug zu den Werten von Grünland, Jahresniederschlag 700 - 800 mm, /7/

¹⁴ Anmerkung: Infolge einer zunehmenden Verpflichtung zur Anlegung von Zwischenbegrünungen ist auch für Ackerflächen zukünftig von einer Zunahme der Verdunstung auszugehen.



Unter Annahme der vorgenannten Nutzungsänderungen der nicht als Acker genutzten Freiflächen ist bei einer zukünftigen Dominanz von Grünland und Mischvegetation mit Bäumen somit von einem Rückgang der Grundwasserneubildung auszugehen. Da sowohl Angaben zu den dominierenden Fruchtfolgen der Ackerflächen als auch der genauen Bewuchsformen der geplanten Freiflächen nicht verfügbar sind, wird die Zunahme der Verdunstung vereinfachend mit 25 % abgeschätzt.

Gemäß der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung ist die Grundwasserneubildung

$$\text{GWN} = \text{N} - \text{V} - \text{Ao} \text{ [mm/a]}$$

mit N = Niederschlag [mm/a]
 V = reale Verdunstung [mm/a]
 Ao = Direktabfluss [mm/a]

Unter der Annahme, dass sich der Direktabfluss nicht ändert, geht die Neubildungsrate in Höhe der zusätzlichen Verdunstung zurück.

Die Landnutzung fließt unmittelbar in die Bemessung der realen Verdunstung und damit der Sickerwassermenge bzw. Grundwasserneubildung ein. Für einen überschlägigen Vergleich des Einflusses der Nutzungsart (Wald, Ackerland und Grünland) auf die Sickerwasserrate wurde eine Berechnung der mittleren Sickerwasserrate nach dem TUB-BGR-Verfahren¹⁵ für den Zeitraum 1981 bis 2010 für Niedersachsen herangezogen, /32/. Danach resultiert gegenüber einer Ackerland-Nutzung folgende Differenz in Prozent des Ausgangswertes:

Ackerland	100 %
Grünland	84 %
Wald	69 %

Eine Zuordnung der Kategorien erfolgt gemäß TUB-BGR-Verfahren für die vorgenannten Nutzungsarten wie folgt:

¹⁵ TUB-BGR-Verfahren -

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Karten/Downloads/Berechnung_Sickerwasserrate.pdf,
Zugriff 24.04.2021



- | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| • Städt. Grünflächen | 60 % Grünland | 40 % Laubwald |
| • Obst-/Beerenobstbestände | 30 % Grünland | 70 % Laubwald |
| • Wald-Strauch-Übergangsstadien | 70 % Grünland | 30 % Laubwald |

Die vorgenannten Nutzungsarten werden im folgenden Kapitel 4.3 den Kategorien der Flächenberechnung des SEM 4-Geltungsbereiches zugeordnet.

Für die entsprechend der städtebaulichen Studie verbleibenden landwirtschaftlichen Flächen wird nach der vorliegenden Planung in Teilbereichen eine kleinteiligere Nutzung vorgesehen, welche mit Baumreihen, Alleen, Blühstreifen, mehrjährigen Kulturen und Obstanbauflächen mit einer etwas stärkeren Verdunstung einhergehen wird. Für diese Flächen wird nach einer überschlägigen Abschätzung ein pauschaler Faktor der Grundwasserneubildung von 0,9 des Ist-Zustandes zum Ansatz gebracht.

4.3 Bilanzierung der erwarteten Minderung der Grundwasserneubildung

Nach einer Zuordnung gemäß den geplanten Nutzungsformen werden folgende Faktoren zur Reduktion der Neubildungsraten zum Ansatz gebracht:

- | | |
|--|------|
| • Ackerflächen | 0,90 |
| • Überörtliche öffentliche Grünflächen und Grünzüge | 0,78 |
| • Quartiersgrün, Funktionales Grün, wohnungsbezogene Grün- und Freiflächen | 0,78 |
| • Überörtliche öffentliche Verkehrsflächen | 0,10 |
| • Versiegelte Flächen in den Quartieren (überbaut/versiegelt/unterbaut) | 0,00 |

Tatsächlich wird das auf den versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser in der Regel nicht vollständig gefasst, sodass die gewählte vollständige Reduktion der Neubildung einen konservativen Ansatz darstellt. Auf den überörtlichen Straßen wird über die Versickerung im Straßenseitenraum eine Neubildung von 10 % des Ausgangswertes zum Ansatz



gebracht. Unabhängig davon ist eine Bewertung der Versickerungseignung dieser Wässer gemäß RiStWag erforderlich, /26/.

In den funktionalen Grünflächen und im Bereich des Quartiergrüns sind z.T. auch Sportflächen enthalten, welche möglicherweise eine Teilversiegelung (Zuwegungen, Vereinsgebäude, Befestigungen von Tennisplätzen o.ä.) aufweisen können. Hier wird jedoch davon ausgegangen, dass sich die Grundwasserneubildung solcher Flächen aufgrund des seitlichen Abfließens und durch dezentrale Versickerung nicht grundlegend gegenüber den unbefestigten Grünflächen ändert.

Flächen, welche keine Änderung gegenüber dem Ist-Zustand erfahren – hierzu zählt ein Abschnitt des Urselbachtals sowie die bestehenden Siedlungsflächen – werden mit einem Faktor 1 belegt.

Das Ergebnis der flächendifferenzierten Betrachtung unter Berücksichtigung des Versiegelungsgrades der Quartiere geht aus der Karte Blatt 41 hervor.

Eine Wiederversickerung des auf den versiegelten Flächen gefassten Niederschlagswassers bleibt bei dieser Betrachtung zunächst außer Betracht.

Zusammenfassend ändert sich die Grundwasserneubildung für den Geltungsbereich der SEM 4 wie folgt:

Mittlere Grundwasserneubildungsrate SEM 4-Areal (Ist-Zustand) (vgl. Kap. 6.4)	82,9 mm/a
Mittlerer Faktor der Minderung GW-Neubildung	0,76
Fläche SEM	5.513.700 m ²
GW-Neubildung Ist-Zustand (1981-2010) rd.	457.000 m ³ /a
GW-Neubildung nach Umnutzung rd.	347.000 m ³ /a
GW-Minderung	-110.000 m³/a



Der Minderungsbetrag führt nur teilweise zu einer Verringerung des Dargebotes des Wasserwerkes Praunheim II, da sich die östlichen Teile des Untersuchungsgebietes zur SEM 4 außerhalb des Einzugsgebietes befinden.

5 Vorsorgemaßnahmen im Wasserschutzgebiet und ergänzende Randbedingungen der Modellierung

5.1 Maßnahmen im Wasserschutzgebiet

Anhand des ausgewählten städtebaulichen Konzepts für die vorbereitenden Untersuchungen zur SEM 4 lassen sich innerhalb des bisher geplanten Wasserschutzgebietes folgende Eingriffe definieren:

- Errichtung von Siedlungsflächen einschließlich der Verkehrsanbindung in der Schutzzone IIIA und IIIB
- Errichtung von Gewerbeflächen vorwiegend in der Schutzzone IIIA
- Haupteerschließungsstraßen und U-Bahntrassen in der Schutzzone IIIA und IIIB
- Haupteerschließungsstraße und Stadtbahntrasse in der Schutzzone II zwischen den Brunnen BR1 und BR2 des Ww Praunheim
- Umnutzungen durch die im städtebaulichen Konzept von Cityförster vorgesehenen Grün- Freiflächen im Bereich der Schutzzonen II, IIIA und IIIB. Diese können in einer Umwidmung der aktuell ackerbaulich genutzten Flächen zu Dauervegetation (Forst, Wiesen, Biotope, Streuobstwiesen o. a.) einhergehen.

Nachfolgend werden Vorsorgemaßnahmen aufgeführt, welche einen qualitativen Schutz des Grundwassers gewährleisten sollen. Eine wesentliche Schutzfunktion ist den Böden zuzusprechen. Die Böden im Sinne des BBodSchG¹⁶ erfüllen die natürliche Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers (§ 2 Abs. 1.c BBodSchG).

¹⁶ Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist



Die RiStWag, greift diesen Schutzgedanken auf, /26/:

„In Böden, vor allem in oberflächennahen, stark belebten Bodenhorizonten, werden Stoffe durch die Filterwirkung und Sorptionsvorgänge zurückgehalten, durch Mikroorganismen ab- und umgebaut oder durch andere natürliche Vorgänge umgewandelt. Auf diese Weise kann die Verlagerung der Stoffe verzögert oder verhindert werden.“

5.1.1 Straßenbau

Zu den ständigen Einwirkungen des Straßenverkehrs auf den Untergrund zählen Abgase, Bremsen-, Reifen- Katalysatoren- und Fahrbahnaabrieb sowie Tropfverluste. Tausalzstreuung stellt eine vorübergehende Einwirkung dar. Hinzu kommen außergewöhnliche Einwirkungen wie das Austreten wassergefährdender Stoffe bei Verkehrsunfällen. Die freigesetzten Stoffe werden im Allgemeinen mit dem Straßenoberflächenwasser in den Straßenseitenraum oder in Versickerungsanlagen gelangen. Ein Teil dieser Stoffe wird vom Wind in die nähere und weitere Umgebung der Straßen transportiert. Im Straßenseitenraum erfolgt eine Anreicherung der Feststoffe, während gelöste Bestandteile zum Teil bis zum Grundwasser versickern. Als besonders relevant für das Grundwasser werden Tausalze, Kohlenwasserstoffe und verkehrsspezifische Schwermetalle herausgestellt, /26/.

Gemäß der RiStWag, /26/, sind in Wasserschutzgebieten verschiedene Auflagen zu erfüllen, welche im Allgemeinen auch in die Schutzgebietsverordnungen Eingang finden. Hierzu zählen in der Schutzzone IIIA/IIIB:

- Fachgerechte Baudurchführung beim Straßenbau: Einhaltung von Vorsorgemaßnahmen der Baustelleneinrichtung – Vermeidung von Gefahren im Zusammenhang mit Lagerflächen, Umfüllvorgängen, Lagerung von Kraftstoffen, Lagerung von Chemikalien etc.
- Auflagen bei der Ausführung von Bohrungen und Schürfen bei Baugrunderkundungen. Diese sind nach Durchführung sorgfältig zu verschließen, sofern nicht ein fachgerechter Ausbau zu Grundwassermessstellen erfolgt.
- Befestigungen von Verkehrsflächen müssen wasserundurchlässig sein.
- Straßeneinschnitte sind zu vermeiden



- Nachweis der Unbedenklichkeit von Baustoffen
- Vorgaben der Straßengestaltung hinsichtlich Schutzeinrichtungen zum Rückhalt von Straßenoberflächenwasser
- Die Schutzwirkung des Untergrundes gemäß RiStWag ist aufgrund der bindigen Untergrundbeschaffenheit und der allgemein großen Flurabstände als zumeist hoch einzustufen. Eine genauere Betrachtung der Optionen für eine Niederschlagswasserversickerung erfolgt in Kap. 8.3.
- Versickerung über Schächte, Sickerstränge oder Rigolen ist nicht zulässig.

Für die Zone II gelten zusätzliche Auflagen, /26/:

- Die Zone II ist von Straßen freizuhalten. Ist eine solche nicht zu vermeiden, muss ein ausreichender Gewässerschutz in jedem Falle gewährleistet sein. Dies kann z.B. durch Schutzwälle oder Betonschutzwände erreicht werden. Das Oberflächenwasser darf in der Regel nicht in der Zone II versickert werden.
Mit welchen Maßnahmen der Bau einer Haupteinfahrtsstraße innerhalb der WSZ II vertretbar wäre, wurde im Rahmen einer durch die Stadt Frankfurt beauftragten Machbarkeitsstudie (UBS, 2018) bereits ermittelt und für unterschiedliche Varianten dargestellt.

5.1.2 Gleisanlagen

Hinsichtlich der Gleisanlagen für die Stadtbahn sind folgende Risiken zu beachten:

- Abrieb von Bremsen und Abtropfverluste von Betriebsstoffen (Hydraulik-/ Schmieröl)
- Veränderung der Grundwasserneubildung in Abhängigkeit der Bauausführung. Bei offenen Gleisanlagen ist gegenüber Ackerflächen in den Sommermonaten von einer größeren Direktverdunstung infolge der höheren Temperaturen der Gleisanlagen auszugehen. In den für die Neubildung relevanten Wintermonaten ist die Neubildung aufgrund der fehlenden Vegetation hingegen in der Regel höher als bei Ackerflächen.



- Einsatz von Herbiziden. Glyphosathaltige Mittel werden bei Gleisanlagen der VGF seit 2018 nicht mehr eingesetzt¹⁷.

5.2 Veränderungen im Grundwasserzustrom SEM 4

Neben der angedachten Siedlungsentwicklung innerhalb des Untersuchungsgebietes zur SEM 4 sind weitere Veränderungen im Einzugsbereich des Wasserwerks Praunheim II im Rahmen der Modellierung zu berücksichtigen. In den Randlagen der Ortslagen Oberursel-Weisskirchen und Steinbach sind gemäß dem Flächennutzungsplan (RegFNP, Beiblatt 1, Stand 31.12.2018) verschiedene Erschließungen von Wohnbauflächen, gemischten Bauflächen und gewerblichen Bauflächen geplant. Diese umfassen innerhalb des geplanten Wasserschutzgebietes des Ww Praunheim II eine Gesamtfläche von rd. 72 ha und können aufgrund der zu erwartenden Versiegelungen zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet des Ww Praunheim II beitragen. Für eine genauere Bewertung sind allerdings nähere Angaben zum Regenwassermanagement zu berücksichtigen, welches zumindest teilweise eine Kompensation der verringerten Neubildung bewirken kann. Bei der Modellierung der Auswirkungen der SEM4-Veränderungen bleiben die externen Nutzungsänderungen unberücksichtigt, um eine eindeutige Zuordnung der hydraulischen Änderungen zum Bewertungsobjekt SEM4 zu ermöglichen.

6 Konzeption des numerischen Grundwasserströmungsmodells

6.1 Vorläufermodell und Neuansatz

Das einzurichtende Modell ist eine Weiterentwicklung eines vorhandenen numerischen Grundwasserströmungsmodells, welches zuletzt im Zusammenhang mit der Vorerkundung von Ersatzbrunnenstandorten für das Ww Praunheim II eingesetzt worden ist, /22/. Abweichend vom Vorläufermodell wurden für eine Berücksichtigung der Grundwasserentnahmen im Grundwasserzustrom des SEM 4 - Areals bzw. im nordwestlichen Modellgebiet auch die Schichten des Miozäns, Oligozäns und des Grundgebirges in die Betrachtung integriert.

¹⁷ <https://blog.vgf-ffm.de/bluehende-landschaften/>, Zugriff 11.02.2021. Angaben zum Einsatz anderer PBSM durch die VGF liegen nicht vor.



Zudem war an der Nordostseite aufgrund der Nähe zum Untersuchungsgebiet der SEM 4 eine Vergrößerung des Modellgebietes über den Urselbach hinaus erforderlich. Da die südlich der Nidda gelegenen Gebiete außerhalb der erwarteten Reichweite hydraulischer Veränderungen liegen, konnte hingegen auf eine Modellierung der Bereiche südlich des Flusses verzichtet werden. Auch für das Ww Praunheim II sind die Bereiche südlich der Nidda unter den üblichen Förderkonstellationen nicht mehr relevant.

Für das neu aufgelegte Strömungsmodell kam das Programm SPRING[®] von delta h¹⁸ zum Einsatz.

6.2 Abgrenzung des Modellgebietes und Randbedingungen

Die Modellgrenzen einer aussagekräftigen Strömungssimulation sollten stets durch möglichst klar definierte Randbedingungen – bekannte Piezometerhöhen (Randbedingung 1. Art) oder bekannte Randzuflüsse oder -abflüsse (Randbedingung 2. Art) bzw. eine Kombination aus 1. und 2. (Randbedingung 3. Art) gekennzeichnet sein. Da die Sensitivität eines Grundwassermodells maßgeblich von der Wahl der Randbedingungen abhängt, wird der hier zu untersuchende Bereich weit über das eigentliche Untersuchungsareal ausgedehnt. Um möglichst stabile Randbedingungen zu erreichen, muss das Modellgebiet sowohl das vermutete Einzugsgebiete des Ww Praunheim II als auch die von diesem ausgehende Grundwasserabsenkung möglichst vollständig umschließen.

Das Modellgebiet hat eine Gesamtgröße von 79,6 km², siehe Blatt 1 im Anhang 1. Zwischen Frankfurt-Bonames und Höchst bildet die Nidda als Leakage¹⁹-Gewässer (Randbedingung der 3. Art) die südöstliche Berandung und zugleich die Hauptvorflut des Modellgebietes. Im Südwesten bildet der Sulzbach und im weiteren Verlauf der Schwalbach, Sauerbornsbach und schließlich Rentbach einen Leakage-Rand. In Kronberg wird für den Nordwestrand zunächst eine rd. 700 m lange Trennstromlinie (ohne Zu- oder Abfluss) eingerichtet, gefolgt von einer Leakage-Berandung entlang des Winkelbaches und des Westerbaches. Oberhalb der Quellen des Westerbachs folgt die Grenze zunächst einer nach Nordwesten ausgerichteten Trennstromlinie.

¹⁸ <https://spring.delta-h.de/de/downloadandsupport-documentation.html>, Zugriff 19.04.2021

¹⁹ Leakage: Ein Oberflächengewässer weist einen begrenzten Wasseraustausch mit dem Grundwasserleiter auf. Die Intensität der Anbindung wird durch den Leakage-Faktor bestimmt



Oberhalb des Oberurseler Stadtwalds ist entlang der nördlichen Verbreitungsgrenze der tertiären und quartären Deckschichten ein rd. 2,9 km langer Zustromrand eingerichtet. Das Zustromgebiet reicht im Nordwesten bis zur oberirdischen Wasserscheide, welche dort durch den Altkönig (798 mNN) und die Weiße Mauer (635 mNN) markiert wird. Bei einer Flächengröße von 4,4 km² und einer mittleren Grundwasserneubildungsrate von 160 mm/a, vgl. Blatt 20 im Anhang 1, lässt sich der Zustrom mit rd. 0,7 Mio. m³/a abschätzen. Ein Teil dieses Wassers wird dabei über die Gewinnungsanlagen des Pumpwerks Hohemark, den Kalbacher Stollen und den Schlossstollen abgeschöpft.

Im Nordosten folgt der Modellrand einer Trennstromlinie, welche der Wasserscheide zwischen Urselbach und dem Dornbachnebengraben folgt. Im weiteren Verlauf bildet der Kalbach bis zu dessen Mündung in die Nidda einen Leakage-Rand.

Die innerhalb des Modells verlaufenden Vorfluter wurden als Leakage-Gewässer modelliert. Wegen des Mangels an exakten Abflussmessungen sowie exakten Einmessungen der Vorflutsohlhöhen und Wasserspiegel wurden die Sohlhöhen der Vorfluter aus dem Geländemodell sowie dem topographischen Kartenwerk abgeschätzt. Die Nidda verläuft aufgrund der Stauwirkung der Wehre bereichsweise oberhalb des Grundwasserstandes, so dass lokal eine Infiltration in den angrenzenden Aquifer möglich ist. Mit Ausnahme von Altarmgewässern der Nidda kommen größere Stillgewässer im Modellgebiet nicht vor.

Ältere Kanäle des Entwässerungssystems können aufgrund von Schädstellen drainierend wirken. Erfahrungsgemäß steigt der Grundwasserstand im Bereich von älteren Entwässerungsnetzen zumeist nicht mehr als 1 - 2 m über deren Sohlniveau an. In Phasen hohen Grundwasserstandes wächst der hydraulische Druck auf die Schädstellen und die drainierende Wirkung wächst entsprechend an. Umgekehrt ist zwar eine Aussickerung möglich, doch erfolgt durch Einspülung von Feinmaterial in der Regel eine Kolmation, sodass dies nur einen geringen Effekt erwarten lässt. Aufgrund der allgemein großen Flurabstände des Gebietes ist der Einfluss von Trinkwasserleitungsnetzen und Kanälen auf die Wasserbilanz damit als eher gering einzuschätzen und bleibt bei der Modellierung unberücksichtigt²⁰.

²⁰ Anmerkung: Qualitative Veränderungen infolge von Schädstellen des Kanalnetzes sind bei Grundwasserständen unterhalb oder auf Höhe der Kanalsohle hingegen relevant. Diese werden in Kap. 9.1.2 behandelt.



Die Wahl der Randbedingungen sowie das Zustromgebiet und die im Modellgebiet berücksichtigten Brunnen und Vorfluter gehen aus Blatt 39 im Anhang 1 hervor.

6.3 Modellschichten

Die Umsetzung des Schichtaufbaus in eine Modellstruktur ist in einer schematischen Darstellung in Abb. 9 dargestellt. Ausgehend von den anstehenden Schichten des Devons und Silurs in den Hochlagen des Taunus nimmt die Mächtigkeit der überlagernden Schichten des Tertiärs in südöstlicher Richtung sukzessive zu.

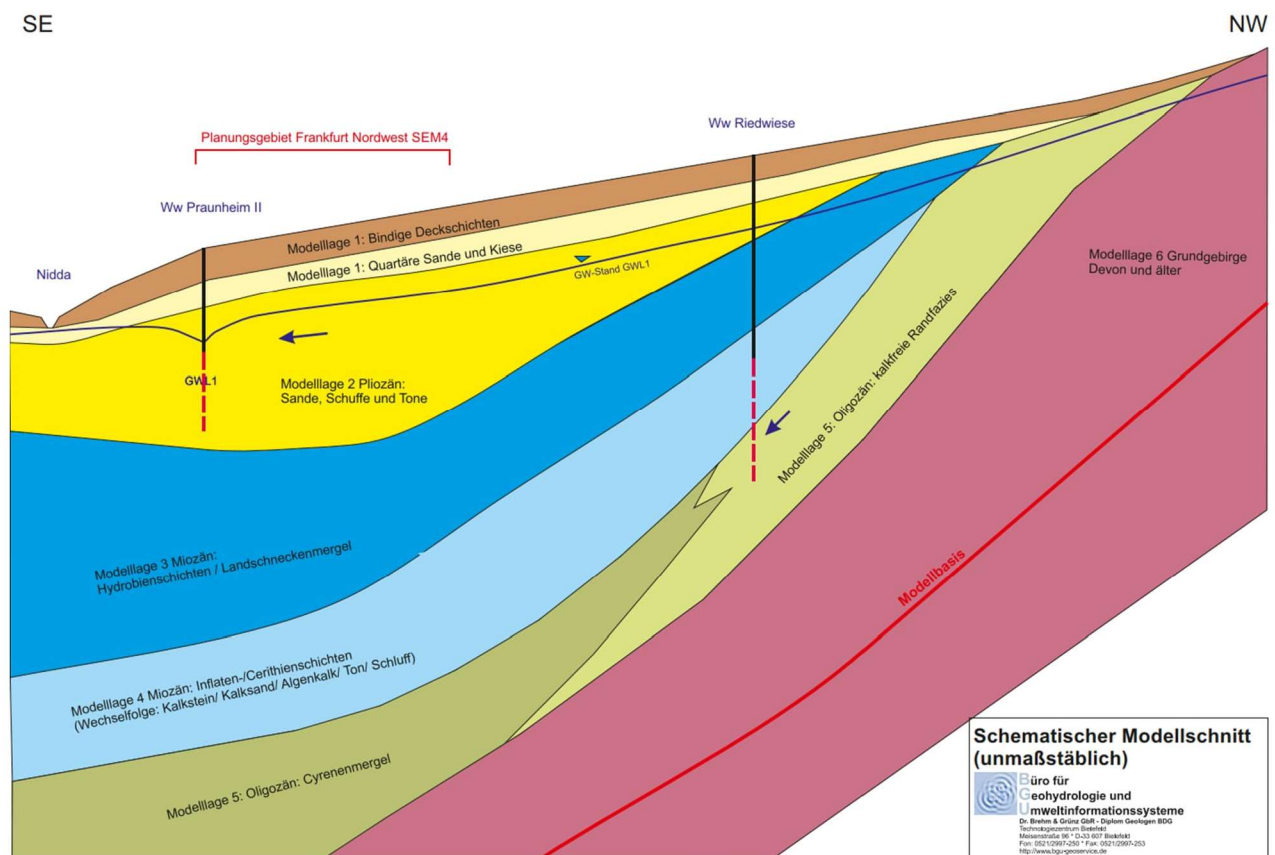


Abb. 9: Schemaschnitt der Modellebenen (unmaßstäblich)

Das südöstliche Modellgebiet ist mit der Struktur des Niddagrabens zudem durch eine mächtige Grabenfüllung des Pliozäns gekennzeichnet. Da die lithologische Beschaffenheit und die hydraulischen Eigenschaften der in größerer Tiefe liegenden Schichten kaum noch



durch Bohrungen erschlossen sind, wächst dort folglich auch die Unschärfe der Modellierung. Für die gegenständlichen Fragestellungen sind die Schichten im Liegenden des Pliozäns vorrangig in den nordwestlichen Modellbereichen relevant und verlieren im Südosten an Bedeutung für die Fragestellung.

Die Zuweisung der nachfolgend aufgeführten Durchlässigkeitsbeiwerte erfolgt auf Grundlage der bei Pumpversuchen und Probenahmen gewonnenen Kenndaten von Brunnen und Grundwassermessstellen. Die Angaben zu Förderraten und resultierender Grundwasserabsenkung wurden aus Archivunterlagen des HLNUG und vorliegender Gutachten entnommen. Die überschlägige Auswertung umfasst 19 Pumptests aus unterschiedlichen Formationen.

Folgender Schichtaufbau wurde gewählt:

- Modellschicht 1 (Blatt 11 im Anhang 1): **Quartäre** Terrassenablagerungen der Nidda, überlagert durch vorwiegend bindige Lößlehm- und Solifluktsdecken. Die Zuweisung von Zonen gleicher Durchlässigkeitsbeiwerte erfolgte in Abhängigkeit der vermuteten Verbreitung der gut durchlässigen Sande. Diese fehlen weitestgehend in den nördlichen Randlagen. Für die Terrassensedimente wurde als Grundlage der Kalibrierung ein mittlerer k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s zum Ansatz gebracht, für die schluffigen Deckschichten ein Ausgangswert von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Die Morphologie der Quartärbasis geht aus Blatt 18 hervor. Für die Modellierung wurde unabhängig von der kartierten Verbreitung eine Mindestmächtigkeit von 5 m auch in den nördlichen Randlagen zugrunde gelegt, begründet durch eine Verwitterung und eine Einspülung von Feinanteilen in die Kluftzonen der oberflächennah anstehenden Festgesteine.
- Modellschicht 2 (Blatt 12 im Anhang 1): Diese Modelllage umfasst den Gesamtkomplex der Schichtenfolge des **Pliozäns**, welcher durch unterschiedliche Lagen aus Sand, Kies, Schluff und Ton gekennzeichnet ist. Einen Einblick in den Schichtaufbau vermitteln die Schnitte in Blatt 9 und Blatt 10. Das Pliozän keilt im nördlichen Modellgebiet aus, sodass dort auch die Modellschicht endet, vgl. Blatt 12. Die Sande und Kiese des Pliozäns bilden den für das SEM 4 - Areal maßgeblichen Aquifer GWL1. Die Zonen gleicher Durchlässigkeit orientieren sich im Wesentlichen an den Berei-



chen unterschiedlicher hydraulischer Gradienten des Aquifers. Während in den zentralen Grabenstrukturen im Nahbereich des Ww Praunheim II ein Ausgangs- k_f -Wert von $4 \cdot 10^{-5}$ m/s angesetzt wurde, wird für die stärker durch Schluffe geprägten Bereiche im Norden des SEM 4 - Areals gemäß den an den Messstellen der dort gelegenen Altlast gemessenen Werten ein geringerer k_f -Wert von $9 \cdot 10^{-7}$ m/s zugrunde gelegt. Der teils komplexe Schichtaufbau wird mittels einer verringerten Vertikaldurchlässigkeit nachvollzogen.

- Modellschicht 3 (Blatt 13 im Anhang 1): Die Hydrobienschichten sowie die überlagernden jüngeren Schichten des **Miozäns** (Landschneckenmergel) bestehen überwiegend aus Ton und Mergel, welche nur über eine geringe Durchlässigkeit verfügen. Der Übergang von den quartären und pliozänen Deckschichten wird daher im engeren Projektumfeld als Trennhorizont definiert. Dennoch können auch in diesem Horizont kleinere Kalkbänke und -sande zwischengeschaltet sein und örtlich eine erhöhte horizontale Durchlässigkeit aufweisen. Bei kleineren Bänken sind diese jedoch häufig lateral eng begrenzt und erlangen damit hydraulisch nur eine kleine Reichweite. Im Nordwesten keilen die Schichten allmählich aus. Der Kalkgehalt geht in den Randlagen zurück und wird zunehmend durch kalkfreie, sandige Bildungen abgelöst, welche über eine etwas höhere Durchlässigkeit verfügen.
- Modellschicht 4 (Blatt 14): Die **Inflaten- und Cerithienschichten des Miozäns** werden zu einem gemeinsamen Aquifer zusammengefasst. Aufgrund der dominierenden Kalke verfügt die Folge über eine höhere Durchlässigkeit als die hangenden Hydrobienschichten. Die Verbreitung endet im Norden etwa im Bereich des Ww Riedwiese. Als Ausgangswerte der Kalibrierung wird ein Wertespektrum von $1 - 5 \cdot 10^{-6}$ m/s angesetzt.
- Modellschicht 5 (Blatt 15): Die darunter folgenden **Cyrenenmergel des Oligozäns** werden im südöstlichen Modellgebiet mit einer geringen Durchlässigkeit von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ m/s versehen. Mit dem Übergang in die **kalkfreie Randfazies** steigt die Durchlässigkeit nach vorliegender Einschätzung auf bis zu $8 \cdot 10^{-6}$ m/s. Während die Brunnen des Ww Riedwiese noch das Oligozän erschließen, ist diese Folge für den Projektbereich aufgrund der großen Tiefe – die Basis wird unter -300 mNN erwartet – und der geringen Durchlässigkeit nicht mehr relevant.



- Modellschicht 6: Das **Grundgebirge mit Festgesteinen des Devons und Silurs** ist im gesamten Untergrund vertreten. Für die Modellierung ist ausschließlich die nördliche oberflächennahe Verbreitung bei einer angesetzten Mindestmächtigkeit der Modellschicht von 50 m relevant, während das Grundgebirge im Süden aufgrund der großen Tiefe keinen Einfluss auf die Simulation hat.

Mit Ausnahme der quartären Deckschichten – für diese wird eine Mindestmächtigkeit von 5 m zugrunde gelegt – enden die darunter folgenden Modelllagen an ihren jeweiligen nord-westlichen Verbreitungsgrenzen. Eine durchgehende Verbreitung ist abschließend nur für die unterste Schicht des Grundgebirges gegeben.

An den bekannten und vermuteten Verwerfungen erfolgt der Tiefenversatz der Modellelemente nicht entlang einer scharf gezogenen Grenze, sondern in der Regel innerhalb einer engen Übergangszone von einigen Zehner Metern Breite.

Das Modellareal wird bei der hier eingesetzten Methode der Finiten Elemente durch eine diskrete Anzahl von Dreieckselementen unterteilt. Der Grad der Diskretisierung ist abhängig von der Fragestellung. So wird z. B. die nähere Umgebung von Grundwasserentnahmen und Vorflutern sehr kleinräumig diskretisiert. Das resultierende Modellnetz geht für den Untersuchungsbereich aus Blatt 42 in Anhang 1 hervor.

6.4 Grundwasserneubildung

Seitens des HLNUG wurden die mittleren Grundwasserneubildungsraten der Referenzperiode 1981 - 2010 zur Verfügung gestellt, vgl. Blatt 20. Die Ermittlung wird seitens des HLNUG wie folgt dargelegt ²¹:

„Für die Modellierung des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung kommt ein zweistufiges Verfahren zum Einsatz, bei dem das Einschicht-Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW mit einem speziell für Hessen entwickelten Regressionsmodell gekoppelt wird. GWN-BW ist ein deterministisches, flächendifferenziertes Modell zur Berechnung der aktuellen Evapotranspiration zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes sowie zur Bestimmung der unterhalb der durchwurzelten Bodenzone gebildeten Sickerwassermenge. Das Modell wird im Rahmen des Kooperationsprojektes KLIWA länderübergreifend in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen angewendet. In den einzelnen Teilmodulen kommen sowohl physikalisch basierte als auch konzeptionelle Ansätze zur Beschreibung der an den Vorgängen von Verdunstung und Sickerwasserbildung beteiligten Prozesse zur Anwendung. Die Berechnung erfolgt auf Basis



von Tagesschritten, die räumliche Diskretisierung erfolgt in Hessen durch ein zugrunde gelegtes 100 m-Raster²¹.

„Das in Tagesschritten aufgelöste Modell nutzt die meteorologischen Eingangsparameter Niederschlag, Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer und Windstärke. Für nicht-reliefierte Lockergesteinsgebiete (Porengrundwasserleiter) entspricht der mit GWN-BW ermittelte Gesamtabfluss der Grundwasserneubildung. In Festgesteinsgebieten mit ausgeprägtem Relief wird der Gesamtabfluss in einem nachgeschalteten Verfahrensschritt auf der Grundlage regionalisierter Baseflow-Indizes in die Abflusskomponenten Direktabfluss und Grundwasserneubildung separiert.“

Für das Modellgebiet resultiert eine Streuung der mittleren Neubildungsraten von über 150 mm/a in einigen nördlichen Hanglagen des Taunus bis zu < 50 mm/a in der Niederung der Nidda-Talaue. Die durch große Flurabstände gekennzeichneten Bereiche des Geltungsbereichs der SEM 4 weisen vergleichsweise hohe Neubildungsraten von >100 mm/a auf, während in den schmalen Talauen der Bäche teilweise negative Werte in Erscheinung treten, d. h. es erfolgt eine Zehrung des Grundwassers durch Evapotranspiration. Für das SEM4- Projektareal wird eine mittlere Grundwasserneubildungsrate von rd. 82,9 mm/a angesetzt.

Es bleibt zu berücksichtigen, dass instationäre Effekte, die sich in Nassphasen oder Trockenjahren einstellen können, mittels der durchgeführten stationären Modellbetrachtung nur über eine Kalibrierung der Neubildungsraten nachbilden lassen. Für die geplanten Modellläufe wird jedoch ausschließlich die mittlere Neubildung des Zeitraums 1981 - 2010 herangezogen, da diese langfristig für das Grundwasserdargebot des Ww Praunheim maßgeblich ist.

6.5 Durchführung und Ergebnis der Kalibrierung

6.5.1 Randbedingungen der Kalibriersituation

Als Grundlage der Modellkalibrierung wird die Situation Oktober 2014 herangezogen. Die Stichtagssituation ist durch eine belastbare Datengrundlage gekennzeichnet, zudem lagen

²¹ <https://www.hlnug.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen/grundwasserneubildung>, Zugriff 11.02.2020



mittlere Grundwasserstände und eine für das Gebiet charakteristische Grundwasserneubildung vor, vgl. Kap. 3.8.

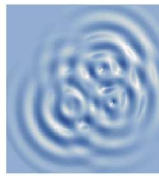
Der Oktober 2014 ist durch eine unterdurchschnittliche Entnahme des Ww Praunheim II gekennzeichnet. Die Verteilung der Entnahmeraten auf die Einzelbrunnen erfolgte gemäß der seitens Hessenwasser übermittelten Mengenangaben. Die Entnahme des Ww Riedwiese lag mit 657 m³/d etwa auf dem mittleren Niveau des Zeitraums 2014 - 2018. Das Müllheizkraftwerk wies 2014 eine Förderung von rd. 240.000 m³/a, geringfügig mehr als die mittlere Förderung (2014 - 2018: 235.000 m³/a).

Für eine Anpassung des Grundwassermodells wurde neben den gemessenen Grundwasserständen – diese lagen im Schwerpunkt vorwiegend im Umfeld des Ww Praunheim II vor, in den Außenbereichen wurden im Vorfeld erbohrte Grundwasserstände der Aufschlussbohrungen als Vergleichsgrundlage herangezogen.

6.5.2 Durchführung der Kalibrierung

Die Kalibrierung eines Grundwassermodells stellt die Grundanpassung des Modellsystems an den in der Natur gemessenen Zustand (Stichtagsmessung) dar. Nach der Zusammenstellung der Eingabedaten wird ein Modell üblicherweise durch Variation der Durchlässigkeitsbeiwerte, der Leakage-Faktoren, ggf. auch der Randzuflüsse kalibriert. Schwerpunkt der Kalibrierung war dabei neben einer möglichst genauen Abbildung der Grundwasserpotenziale eine nachvollziehbare und belastbare Wasserbilanz des Gesamtmodells.

Die Anpassung des Grundwassermodells erfolgte zunächst mittels einer automatisierten Variation der k_f -Wert-Verteilung innerhalb einer vorab definierten, begrenzten Spannbreite. Die Variation erfolgte dabei innerhalb definierter Gebiete mit möglichst einheitlichen Randbedingungen, welche im Vorfeld anhand der bekannten geologischen Strukturen sowie der gemessenen hydraulischen Gradienten abgegrenzt wurden. Aufgrund der teils intensiven Schichtung der betrachteten Formationen ist der horizontale k_f -Wert stets, in der Regel um eine Größenordnung, größer als der vertikale k_f -Wert. Die Leakage-Faktoren der vom Taunus abströmenden Bäche wurden zunächst einheitlich zum Ansatz gebracht und anschließend in einer engen Spannbreite variiert. Der Nidda wurde ein um zwei Größenord-



nungen höherer Leakage-Faktor zu gewiesen. Größere Stillgewässer kommen im Modellgebiet nicht vor, sodass auf eine Implementierung verzichtet werden konnte. Grundsätzlich ist anzumerken, dass Differenzenabflussmessungen oder Tracerversuche, anhand derer die Austauschmengen mit den Fließgewässern hätten überprüft werden können, nicht vorliegen und somit das Grundwassermodell auf einer Reihe nicht überprüfter Randbedingungen beruht.

6.5.3 Wasserbilanz der Kalibriersituation 10/2014

Unter Einbeziehung der vorgestellten Bilanzgrößen sowie der Zu- und Abflüsse über den nördlichen Modellrand und die Nidda resultiert die Wasserbilanz der Kalibriersituation gemäß Tab. 2.

Tab. 2: Wasserbilanz Modellgebiet (Kalibriersituation 10/2014)

			Bilanzgröße	
Fläche Modellgebiet			79.582.450	m ²
mittlere GWNB 1981-2010 (HLNUG) pos.			79,7	mm
mittlere GWNB 1981-2010 (HLNUG) neg.			-4,6	mm
mittlere GWNB 1981-2010 Modell pos.	17.378,2	m ³ /d	6.343.050	m ³ /a
mittlere GWNB 1981-2010 Modell neg.	-1.010,6	m ³ /d	-368.868	m ³ /a
Förderung Brunnen	-6.682,1	m ³ /d	-2.438.969	m ³ /a
Vorfluter außer Nidda Abgabe (Infiltration)	953,4	m ³ /d	347.993	m ³ /a
Vorfluter außer Nidda Aufnahme (Effluenz)	-6.453,8	m ³ /d	-2.355.639	m ³ /a
Nidda netto Aufnahme	-4.185,2	m ³ /d	-1.527.583	m ³ /a
Bilanz positiv	18.331,6		6.691.042	m³/a
Bilanz negativ	-18.331,7		-6.691.060	m³/a
Bilanz Gesamt / Modellfehler	0,0		-17	m³/a

Q:\Projekte\Ffm\Praunheim\excel\Wasserbilanz_Modellgebiet.xlsx|Bilanz

Mit rd. 2,4 Mio. m³/a bzw. rd. 38 % der Grundwasserneubildung wird damit zur Kalibriersituation ein erheblicher Anteil des Grundwasserdargebotes durch die im Modellgebiet betrie-



benen Förderbrunnen abgeschöpft. Aufgrund des stationären Ansatzes resultiert eine ausgeglichene Modellbilanz, die lediglich durch den iterativen Gleichungslöser einen kleinen Rechenfehler aufweist.

6.5.4 Ergebnis der Kalibrierung

Das Ergebnis geht aus der Übersicht in Blatt 43 hervor. Danach wurde auch in den Randlagen eine gute Übereinstimmung mit dem gemessenen bzw. manuell konstruierten Strömungsbild erreicht. Ein Soll-Ist-Vergleich der gemessenen bzw. vorab definierten und berechneten Wasserstände geht aus Abb. 10 hervor.

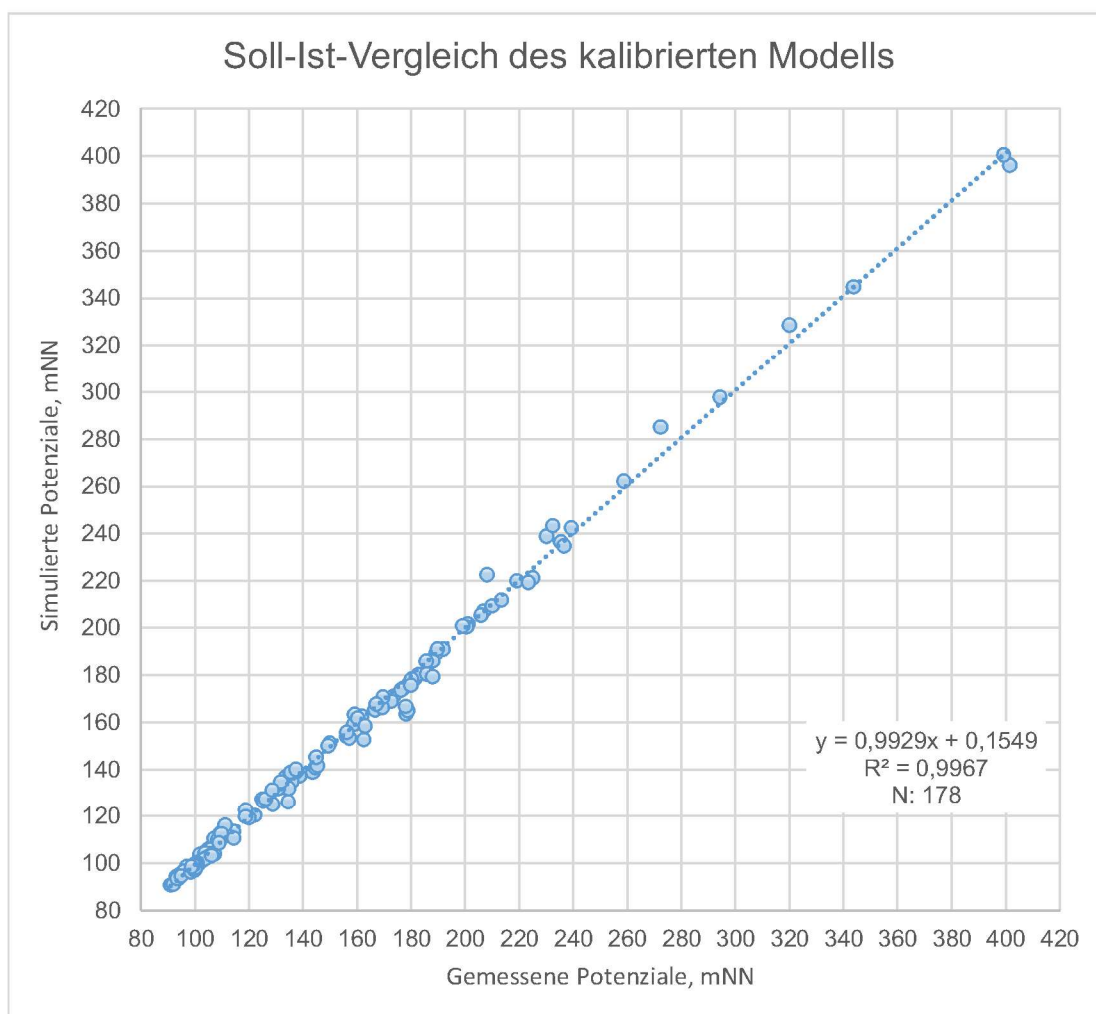


Abb. 10: Soll-Ist-Vergleich des kalibrierten Strömungsmodells



Im Nahbereich des Ww Praunheim II zeigt sich mit 99,5 – 100,5 mNN eine gute Übereinstimmung mit dem gemessenen Niveau, vgl. Blatt 44. Die Untere Kulmination erreicht in der Simulation einen Abstand zu den Brunnen von 200 - 300 m, sodass diese nahezu ausschließlich aus Nordwesten angeströmt werden, was auch durch die Daten der umliegenden Grundwassermessstellen belegt werden kann.

Im Norden der SEM4-Fläche ist aufgrund des dort geringeren Durchlässigkeitsbeiwertes der pliozänen Schichtenfolge übereinstimmend eine deutliche Versteilung des hydraulischen Gradienten zu beobachten. Die extreme Verflachung im zentralen Abschnitt des SEM4-Areals konnte bei einer Differenz von etwa 2 -3 m nicht vollständig simuliert werden, da dazu eine erhebliche Anhebung des k_f -Wertes erforderlich geworden wäre, welche wiederum zu größeren Abweichungen im Bereich der Fassungsanlagen geführt hätte. Um den Betriebsbrunnen des Müllheizkraftwerks (MHKW) hat sich ein deutlicher Absenktrichter herausgebildet, was in Anbetracht einer nicht unerheblichen Entnahme auch plausibel erscheint.

In den Bereichen ohne pliozäne Deckschichten – der Grundwassergleichenplan zeigt hier das Grundwasserpotenzial der jeweils obersten grundwasserführenden Modellschicht – ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit der manuellen Konstruktion. Damit ist auch für die Förderbrunnen in Schwalbach und Oberhöchstadt eine realistische Nachbildung gelungen.

Die Brunnen des Ww Riedwiese zeigen im Nahfeld eine Absenkung auf rd. 150 mNN. Der vorliegende Grundwassergleichenplan des Büros HG für das Stadtgebiet von Oberursel, /24/, enthält diesbezüglich keine Aussage, doch zeigt sich im weiteren nordwestlichen Einzugsgebiet ebenfalls eine gute Übereinstimmung.

Zusammenfassend ist das Kalibrierergebnis sowohl hinsichtlich der erreichten Übereinstimmung mit den gemessenen Grundwasserständen als auch einer fachlich belastbaren Wasserbilanz als plausibel zu bewerten. Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass es für eine Feinkalibration und Überprüfung der Wasserbilanz eines deutlich dichtereren Messstellennetzes sowie Abflussmessungen bedurft hätte, so dass das eingesetzte Modell den Charakter eines Prinzipmodells aufweist.



7 Ergebnisse der Modellanwendung

7.1 Übersicht der Modellläufe

Folgende Modellläufe wurden ausgeführt:

- **Modelllauf 0** Kalibrierzustand Oktober 2014, vgl. Kap. 6.5.4
- **Modelllauf 1** Ausgangssituation bei einer mittleren Entnahme der Gewinnungsanlagen (mittlere Förderrate 2014 - 2018)
- **Modelllauf 2** wie Modelllauf 1, jedoch unter Berücksichtigung einer reduzierten Grundwasserneubildung im Bereich SEM4 nach Umnutzung

7.2 Ergebnis Modelllauf 1 – Ausgangszustand

Das Ergebnis der Simulation geht aus Blatt 46 hervor. Bei Ansatz einer mittleren Entnahme (2014 - 2018) des Ww Praunheim II von 1,29 Mio. m³/a gegenüber 1,02 Mio. m³/a der Kalibriersituation sinkt der Grundwasserstand im Umfeld des Ww um etwa 1,0 - 1,5 m ab, was jedoch in Anbetracht der dort hohen Grundwasserflurabstände ohne ökologische Relevanz ist. Die Untere Kulmination und damit die Grenze des Einzugsgebietes dehnt sich gegenüber dem Modelllauf 0 etwas nach Süden aus und erreicht am BR05 einen Abstand von etwa 400 m. Im Grundwasserzustrom sowie im SEM4-Areal zeigen sich gegenüber der Kalibriersituation zwar ein rd. 1 m tieferes Niveau, jedoch keine relevanten Veränderungen der Grundwasserströmungssituation. Im Bereich des Ww Riedwiese zeigt sich aufgrund der gegenüber der Kalibrierung recht konstanten Entnahme keine Änderung.

7.3 Ergebnis Modelllauf 2 -Zustand nach Nutzungsänderung SEM4

Die Simulation in Blatt 47 zeigt den zukünftigen Zustand bei reduzierter Grundwasserneubildung gemäß der geplanten Nutzungsänderung. Die Minderungsfaktoren entsprechen dabei der Darstellung in Blatt 41 und den Erläuterungen in Kap. 4. Die Differenz zur Ausgangssituation (Modelllauf 1) wird ergänzend in Form von Differenzenplänen der Grundwasserabsenkung visualisiert, Blatt 48.



Die Fließrichtungen bleiben gegenüber dem Ausgangszustand nahezu unverändert. Der Differenzenplan zeigt ein Fallen der Grundwasseroberfläche im Hauptaquifer des SEM4-Areals von etwa 0,5 m in den Schwerpunktbereichen der geplanten Siedlungsflächen. Am Ww Praunheim II sowie am Brunnen MHKW wird ein um etwa 0,3 - 0,4 m niedrigerer Grundwasserspiegel erwartet. In südwestlicher Richtung geht die Absenkung allmählich zurück, sodass der westliche BR08 außerhalb einer Absenkung von 0,25 m verbleibt. Am Ww Riedwiese geht die Potenzialabsenkung auf weniger als 0,1 m zurück. Die Nidda wirkt aufgrund der hydraulischen Anbindung an den Grundwasserleiter ausgleichend auf den Grundwasserstand, so dass in der Talaue stets weniger als 0,25 m Absenkung zu erwarten sind.

8 Maßnahmen zur Verbesserung des Grundwasserdargebots

8.1 Vorbemerkungen

Eine Anpassung der Planung von Siedlungsgebieten an die erwarteten klimatischen Randbedingungen ist bereits seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung. Die erforderlichen Maßnahmen müssen einerseits dem Schutz vor Starkregenereignissen und einer damit zusammenhängenden Retention Rechnung tragen, andererseits in Trockenphasen der Sommermonate eine Speicherung des Niederschlagswassers dienen, um einer Schädigung der Vegetation vorbeugen zu können. Nachfolgend werden Maßnahmen betrachtet, welche grundsätzlich geeignet sind, eine Erhöhung des Grundwasserdargebotes zu ermöglichen und die mit den Nutzungsänderungen verbundene Minderung der natürlichen Grundwasserneubildung zu kompensieren.

Die Niederschlagsabflüsse werden hinsichtlich der Flächennutzung sowie der potenziellen Emissionen gewässerschädlicher Substanzen gemäß der DWA A-138-1 kategorisiert. Zusammenfassend werden folgende Flächenkategorien vorgesehen, /35/.

- Kat. I: Dachflächen (ohne gewässerschädliche Substanzen), Fuß-, Rad-, Wohnwege, Hofflächen, Verkehrsflächen mit geringem Kfz-Verkehr (DTV $\leq$ 300 Kfz/24 h), Park- und Stellplätze mit geringer Frequentierung, Gleisanlagen auf freier Strecke



- Kat. II: Verkehrsflächen mit mäßigem Kfz-Verkehr (DTV 300 bis 15.000 Kfz/24 h), zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen, Wohn- und Erschließungsstraßen, Park- und Stellflächen mit mäßiger Frequentierung, Dachflächen mit gewässerschädlichen Substanzen
- Kat. III: Verkehrsflächen mit hohem Kfz-Verkehr (DTV > 15.000 Kfz/24 h) oder in Gewerbe-/Industriegebieten, Lagerflächen, Park- und Stellflächen mit hoher Frequentierung (z.B. Einkaufsmärkte) (DTV > 2.000)

Folgende Kriterien sind demnach unter Berücksichtigungen der einschlägigen Vorgaben bei der weiteren Planung zu berücksichtigen, /18/, /26/, /35/:

- Freihaltung von Geländetiefpunkten von Bebauung. Für eine Flächen- und Muldenversickerung sind an den Tiefpunkten zudem ausreichende Freiflächen für die erwarteten Mengen vorzuhalten. Ergänzend sind möglichst dezentrale Anlagen für eine Regenwasserbewirtschaftung vorzusehen.
- Anlage von Versickerungsmulden weitgehend höhenparallel. Der Wasserstand sollte bei Vollenfüllung 30 cm nicht überschreiten.
- Das Quergefälle innerhalb des Straßenraums ist möglichst einseitig auszurichten, um nur ein Entwässerungselement anordnen zu müssen.
- Anlage von Versickerungseinrichtungen für Regenwasser von Verkehrswegen ausschließlich unter Erhalt bzw. Wiederherrichtung einer belebten Bodenzone

Weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Verdunstungsleistung (z.B. Dachflächenbegrünung) sowie Zwischenspeicherung und Verwendung des Regenwassers (z.B. Grauwassernetz) sind hinsichtlich der Grundwassersituation nicht unmittelbar relevant und bleiben nachfolgend unberücksichtigt.

8.2 Auflagen für eine Versickerung im geplanten Wasserschutzgebiet

Da das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Praunheim II einen großen Teil des SEM4-Areals einnimmt, bilden Vorsorgemaßnahmen zum qualitativen Schutz des Grundwassers einen



wesentlichen Bestandteil der Planung. Da die Ausdehnung des zukünftigen Schutzgebietes maßgeblich von der angestrebten Jahresfördermenge des Wasserwerkes abhängen wird, ist eine Abgrenzung auf der vorliegenden Datengrundlage noch nicht abschließend möglich. Unter Ansatz der Modellläufe 1 und 2 zeichnet sich für die geplanten Quartiere folgende Zuordnung ab:

- Das Quartier Produktives Praunheim liegt voraussichtlich im zentralen Bereich der Schutzzone IIIA. Die Zone II wird mit Ausnahme der verkehrlichen Erschließung von einer Bebauung und anderen für die Wassergewinnung nachteiligen Nutzungsänderungen freigehalten.
- Das Lachgraben-Quartier liegt überwiegend in der Schutzzone IIIA. Für die östlichen Teilflächen ist eine Zugehörigkeit von der zukünftigen wasserwirtschaftlichen Beanspruchung durch das Wasserwerk abhängig.
- Das Quartier Neu-West-Stadt liegt in einer östlichen Randlage des Einzugsgebietes. Eine Berücksichtigung erfolgt in Abhängigkeit der erwarteten Höhe der Grundwasserentnahme.
- Das Quartier Steinbach-Ost liegt innerhalb des Einzugsgebietes in einer Mindestentfernung von 1,6 km. Gemäß dem DVGW Arbeitsblatt W 101 ist für eine Differenzierung in eine Zone IIIA und IIIB eine Mindestentfernung von 2 km sinnvoll, /12/, sodass überwiegend eine Zugehörigkeit zur Zone IIIA naheliegt.

Da nach vorliegendem Sachstand voraussichtlich alle Quartiere in das zukünftige Wasserschutzgebiet fallen können, wird vorsorglich auf eine Differenzierung zwischen dem östlichen und westlichen Teil des SEM4-Geltungsbereichs bzw. in Bereiche innerhalb und außerhalb des Wasserschutzgebietes verzichtet.

Gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt W 101 ist für Niederschlagsversickerungen eine Einzelfallbewertung erforderlich, welche den jeweiligen Versickerungsarten konkrete Gefährdungspotenziale zuordnen. Vorbehaltlich einer geänderten Abmessung des zukünftigen Wasserschutzgebietes werden für die jeweiligen Schutzzonen unterschiedliche Gefährdungspotenziale gesehen, /12/:



- Für die geplante(n) **Schutzzone(n) II** ist eine Versickerung von Niederschlagswasser von Dachflächen und Verkehrsflächen mittels oberirdischer Versickerungsanlagen mit einem sehr hohen Gefährdungspotenzial verbunden, sodass auf diesen Flächen eine künstliche Versickerung jeder Art grundsätzlich ausgeschlossen werden sollte. Bei Verkehrswegen innerhalb der Zone II ist zu prüfen, ob diese in Abhängigkeit der Flächenkategorie nach DWAA-138-1 versiegelt und das Niederschlagswasser abgeleitet werden müssen. Hinweise für den Umgang mit diesen Flächen gibt die RiSt-Wag, vgl. Kap. 5.1.1. Einzige Ausnahme ist gemäß der Muster-Wasserschutzgebietsverordnung des Landes Hessen eine breitflächige Versickerung von gesammeltem und ungesammeltem Niederschlagswasser von Feld- und Forstwegen,²². Auch gemäß dem behördeninternen Verfahrenshandbuch Wasserschutzgebiete (Stand 2019) gilt das entsprechende Verbot, bei Straßen ist jedoch optional eine Befreiung bei einer Vorgabe zusätzlicher Sicherungsauflagen möglich, /35/.
- Gemäß den Anmerkungen des RPDA ist auf den Schienenwegen und Straßen in der WSZ II eine zweifache Abdichtung vorzusehen (Multibarrierensystem), /37/.
- Für die geplante **Schutzzone III/IIIA** wird eine Versickerung über **oberirdische Versickerungsanlagen** mit einem hohen Gefährdungspotenzial verbunden. Erst in der Zone IIIB wird das Risiko einer Versickerung über oberirdische Versickerungsanlagen als „weniger hoch“ klassifiziert. Gemäß der Muster-Wasserschutzgebietsverordnung des Landes Hessen ist sowohl in der Zone IIIA als auch in der Zone IIIB „*eine breitflächige Versickerung über die belebte Bodenzone bei günstigen Standortbedingungen zulässig. Günstige Standortbedingungen liegen vor, wenn es sich um nicht schädlich verunreinigtes Niederschlagswasser handelt und/oder die Untergrundverhältnisse gewährleisten, dass vor dem Eintritt in das Grundwasser mitgeführte Schadstoffe abgebaut werden oder dass ein Eintritt in das Grundwasser nicht zu erwarten ist. Als nicht schädlich verunreinigtes Niederschlagswasser gilt Niederschlagswasser von Feld- und Forstwegen sowie von Dach-, Terrassen- und Hofflächen von zu Wohnzwecken genutzten Grundstücken.*“
Das Verfahrenshandbuch Wasserschutzgebiete sieht für die Zone IIIA und B die gleiche Zulässigkeit unter den vorgenannten Voraussetzungen. Für die Neuerrichtung

²² Hess. St. Anz. Nr. 13 vom 25.03.1996 S. 985, <https://www.staatsanzeiger-hessen.de>, Zugriff 26.07.2021



von Straßen in der zukünftigen Zone IIIA gelten zudem die Auflagen der RiStWag, /35/.

Gemäß der Klassifizierung nach DWA A-138-1 würde nicht schädlich verunreinigtes Niederschlagswasser der Flächenkategorie I (Dachflächen und Hof- und Wegeflächen, Park- und Stellplätze mit geringer Frequentierung etc.) entsprechen.

Eine breitflächige Versickerung über die belebte Bodenzone des generell auf Straßen anfallenden Regenwassers ist zumindest unter günstigen Standortbedingungen zulässig.

- Für die geplante Schutzzone IIIA und IIIB wird eine Versickerung mittels **unterirdischer Versickerungsanlagen** stets mit einem sehr hohen Risiko verbunden, sodass diese als problematisch zu bewerten sind. Im Einzelfall wäre jedoch zu prüfen, ob überschüssiges Wasser aus begrünten Dachflächen für eine lokale, kleindimensionierte Grundwasseranreicherung (z.B. über flachgründige Rigolen) nutzbar gemacht werden kann. Solches Wasser wird über die Vegetationsdecke geführt und ist infolge der Filtration in der Regel frei von Trübstoffen und relevanten Verunreinigungen.
- Gemäß dem RPDA ist innerhalb der WSZ IIIA eine Versickerung anzustreben, sofern dies über eine ausreichend mächtige belebte Bodenschicht erfolgt und eine qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers dadurch nicht zu besorgen ist, /37/.
- Im Quartier Produktives Praunheim ist der Einsatz von Streusalz generell zu vermeiden, /37/

Nachfolgend erfolgt eine Überprüfung der Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten sowohl nach dem Verfahren nach RiStWag, /26/, als auch der Gesamtschutzfunktion gemäß dem Verfahren nach HÖLTING (1995), /3/. Eine zusammenfassende Bewertung der Möglichkeiten einer Versickerung im Sinne des geltenden Verfahrenshandbuchs zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten erfolgt in Kap. 8.5.

Von den Auflagen unberührt bleibt eine ortsnahe Versickerung des anfallenden Regenwassers auf der Geländeoberfläche in unversiegelten oder gering versiegelten Flächen, z.B. den Grünflächen innerhalb der Straßenräume. Diese dürfen jedoch nicht mit zufließendem Wasser der Verkehrsflächen beaufschlagt werden.



8.3 Auflagen für eine Versickerung im Wasserschutzgebiet nach RiStWag

Die RiStWag regelt den Umgang mit dem auf Straßenflächen anfallenden Niederschlagswasser in Wasserschutzgebieten, /26/.

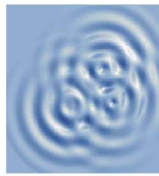
Die **Zone II** ist grundsätzlich von Straßen freizuhalten. Sofern eine solche unvermeidlich ist, muss ein Schutz des Grundwassers durch bauliche Maßnahmen gewährleistet werden, Eine Versickerung von Niederschlagswasser aus Straßenflächen ist in der Regel nicht zulässig, sodass dieses vollständig aus der Zone II herausgeführt werden muss, /26/.

In der **Zone IIIA/B** hängt die Art der Entwässerung der Verkehrsflächen von der Verkehrsstärke und der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ab.

Die Schutzwirkung ist maßgeblich von den hydraulischen Kenndaten der Grundwasserüberdeckung abhängig. Für das Untersuchungsgebiet ist die Schutzfunktion gemäß dem flächenhaft anstehenden Löss und Lösslehm sowie den darunter folgenden Sanden zu bemessen.

Die bindige Deckschicht weist im unverwitterten Zustand (Löss) in der Regel einen k_f -Wert von etwas mehr als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s auf, während der Lösslehm infolge der Auswaschung des Karbonatgehaltes und des höheren Tonanteils meist durch einen Durchlässigkeitsbeiwert von weniger als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s charakterisiert ist. Im Rahmen der Voruntersuchungen zur Regionaltangente West wurde der anstehende Lösslehm bzw. schluffige Ton meist mit einem k_f -Wert deutlich kleiner als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s klassifiziert, /27/.

Die darunter folgenden, teils sandigen Terrassenablagerungen des Quartärs können bereichsweise eine höhere Durchlässigkeit aufweisen, welche gemäß der Modellierung mit $5 \cdot 10^{-4}$ m/s abgeschätzt wurde. Die liegenden Schichten des Pliozäns weisen je nach Ausprägung als Sand und Schluff/Ton eine große Spannbreite an Durchlässigkeitsbeiwerten auf. Für die Risikobewertung der Versickerungseinrichtungen im Bereich von Straßen wird vorsorglich eine einheitliche Klassifizierung gemäß RiStWag für einen Bereich von $1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s zum Ansatz gebracht. Bei einem solchen Untergrund ist die Schutzwirkung bei einer Deckschicht von > 8 m groß, von $4 - 8$ m mittel und von < 4 m gering, /26/.



Die Gesamtmächtigkeit resultiert aus dem Flurabstand bei mittlerem höchsten Grundwasserniveau, /26/. Dieses Niveau wurde gemäß der in Kap. 3.7 beschriebenen Grundwasserstandsentswicklung näherungsweise mittels einer flächenhaften Anhebung um 2 m des im Oktober 2014 gemessenen Niveaus berechnet.

Das Ergebnis der Abschätzung geht aus Blatt 52 hervor. Danach zeigt sich in einem überwiegenden Teil des SEM4-Areals eine große Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung. Mittlere Werte zeigen sich in der Talau des Urselbaches sowie am Zusammenfluss des Steinbaches und Lachgrabens. An den Tiefpunkten kann hier aufgrund des zeitweilig geringen Flurabstandes die Schutzwirkung gering sein, was jedoch im Planungsfall einer genaueren Überprüfung bedarf.

Einschränkungen hinsichtlich einer flächenhaften Versickerung über die belebte Bodenzone resultieren aus Tab. 3.

Tab. 3: Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen gemäß RiStWag

DTV Kfz/24 h	Zone III bzw. III A Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung			Zone III B Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung		
	groß	mittel	gering	groß	mittel	gering
< 2.000	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1
2.000 bis 15.000	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2
über 15.000	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2

Eine Versickerung ist danach in einem Großteil der Fläche (grüne Fläche) auch bei hohem Verkehrsaufkommen über Straßengräben, Straßenmulden und Versickerungsmulden mit bewachsenem Boden zulässig. Die Mächtigkeit des Bodens muss im Versickerungsbereich mindestens 20 cm betragen. In den Bereichen mit mittlerer Schutzwirkung sind technische Vorkehrungen bei stark befahrenen Straßen (DTV >15.000 Kfz/24 h) gemäß Stufe 2 erforderlich. Das dort anfallende Wasser muss gesammelt und aus dem Schutzgebiet abgeleitet werden, /26/. Für die Bereiche mit geringer Schutzwirkung im östlichen Randbereich (orange Fläche) wird zu prüfen sein, ob diese noch in das zukünftige Wasserschutzgebiet fallen.



8.4 Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung

Gemäß dem Verfahren nach HÖLTING (1995) lässt sich die Schutzfunktion unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren nach einem Punktesystem berechnen. Die Schutzfunktion wird im Ergebnis in fünf Klassen von sehr gering bis sehr hoch eingeteilt, /3/.

Folgende Bewertungskriterien werden zugrunde gelegt:

- nutzbare Feldkapazität bis 1 m Tiefe. Diese ist gemäß der Darstellung in Blatt 38 überwiegend als hoch (390 - 520 mm) eingestuft. Mittlere Werte (260 - 390 mm) zeigen sich in den südlichen Teilflächen sowie örtlich im Bereich der Talauen der Vorfluter. Für die Bewertung resultiert eine einheitliche Punktzahl $B = 750$.
- Die Sickerwassermenge resultiert aus der Grundwasserneubildungsrate. Diese liegt im Bereich der geplanten Siedlungsflächen in einer Spanne von rd. 50 - 200 mm/a. Es dominieren Werte von rd. 100 mm/a in den drei östlichen Quartieren sowie 100 - 200 mm/a im Quartier Steinbach-Ost. Für die Berechnung der Schutzfunktion wird ein einheitlicher Faktor $W = 1,5$ (100 - 200 mm/a) zugrunde gelegt.
- Die Grundwasserüberdeckung unterhalb des Bodens besteht aus Lockergesteinen. Es wird eine Punktzahl je Meter Schichtmächtigkeit oberhalb des ermittelten HW-Grundwasserniveaus berechnet. Für die bindigen, aus Löss und Lösslehm bestehenden Schichten wird eine Punktzahl G_L von 220 (Schluff, stark tonig) angesetzt. Für die darunter folgenden schluffigen Sande der Terrassenablagerungen wird eine geringere Punktzahl von $G_L = 75$ zugewiesen. Die Summe der Teilschichten bemisst sich nun aus deren flächendifferenzierter Mächtigkeit. Für die bindigen Deckschichten geht die resultierende Punktzahl aus Blatt 49, für die tieferen Deckschichten aus Blatt 50 hervor.
- Ein schwebendes Grundwasserstockwerk GWL0 ist lokal ausgebildet, jedoch ist dessen genaue Verbreitung noch nicht belastbar erkundet, sodass auf einen entsprechenden Zuschlag (D) vorsorglich verzichtet wird. Auch sind artesischen Druckverhältnisse im Untersuchungsbereich nicht gegeben, sodass kein entsprechender Zuschlag (D) erfolgt.



Die Schutzfunktion S_g resultiert aus der Summe der einzelnen Bodenschichten. Es werden zwei Teilschichten S_1 (Boden) und S_2 (Überdeckung unterhalb des Bodens) unterschieden. (bindige Deckschicht aus Löss) und S_3 (Terrassenablagerungen/ Pliozän) differenziert.

Für $S_1 = B \times W$ ergibt sich einheitlich

$$= 750 \cdot 1,5 = 1.125 \text{ Punkte}$$

Für S_2 ergibt sich eine flächendifferenzierte Bewertung entsprechend der Mächtigkeit der bindigen Deckschicht sowie der etwas durchlässigeren Terrassenablagerungen bzw. der Sande des Pliozäns mit

$$S_2 = (G_{L1} \cdot M_1 + G_{L2} \cdot M_2) \cdot W + Q + D$$

Die Klasseneinteilung gemäß dem ermittelten Gesamtfaktor für S_g ist in Blatt 51 dargestellt. Danach ist für nahezu das gesamte SEM4-Areal eine hohe bis sehr hohe Gesamtschutzfunktion der Grundwasserdeckschichten gegeben. Ein mittlerer Schutz zeigt sich lediglich lokal in der Talau des Urselbaches sowie in der Talau des Lachgrabens an der Ostseite des gleichnamigen Quartiers.

Es ist zu konstatieren, dass sich die hohe Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten gemäß RiStWag auch nach dem Verfahren nach Hölting bestätigt. So ist auch in den Niederungsbereichen stets ein hoher bis sehr hoher Schutz gegeben. Für die mit „mittel“ bewerteten Flächen der Talauen sollten im Falle einer Versickerungsplanung Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden, vgl. folgendes Kap.

8.5 Zusammenfassende Bewertung der Zulässigkeit einer Niederschlagswasserversickerung

Für die einzelnen Kategorien von Niederschlagswässern gemäß DWAA-138-1 können die Möglichkeiten einer Versickerung nach den vorstehenden Bewertungen wie folgt zusammengefasst werden:



- In den Zonen I und II des WSG ist eine Versickerung auch über die belebte Bodenzone in der Regel nicht zulässig. Niederschlagswasser von Verkehrs- und Dachflächen ist zu sammeln und aus den Zone I und II abzuleiten.
- Kat. I - *Dachflächen (ohne gewässerschädliche Substanzen), Fuß-, Rad-, Wohnwege, Hofflächen, Verkehrsflächen mit geringem Kfz-Verkehr ($DTV \leq 300$ Kfz/24 h), Park- und Stellplätze mit geringer Frequentierung, Gleisanlagen auf freier Strecke:*
Eine Versickerung über die bewachsene Bodenzone ist außerhalb der Schutzzone II uneingeschränkt möglich. Eine Versickerung über Schächte, Sickerstänge und Rigolen ist nach RiStWag in der Zone IIIA und IIIB nicht zulässig. Außerhalb des WSG gelten die ergänzenden Auflagen der DWAA-138-1.
- Kat. II - *Verkehrsflächen mit mäßigem Kfz-Verkehr (DTV 300 bis 15.000 Kfz/24 h), zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen, Wohn- und Erschließungsstraßen, Park- und Stellflächen mit mäßiger Frequentierung, Dachflächen mit gewässerschädlichen Substanzen:*
Eine Versickerung über die bewachsene Bodenzone ist außerhalb der Schutzzone II aufgrund der mittleren bis großen Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten uneingeschränkt möglich. Eine Versickerung über Schächte, Sickerstänge und Rigolen ist nach RiStWag in der Zone IIIA und IIIB nicht zulässig. Außerhalb des WSG gelten die ergänzenden Auflagen der DWAA-138-1.
- Kat. III - *Verkehrsflächen mit hohem Kfz-Verkehr ($DTV > 15.000$ Kfz/24 h) oder in Gewerbe-/Industriegebieten, Lagerflächen, Park- und Stellflächen mit hoher Frequentierung (z.B. Einkaufsmärkte) ($DTV > 2.000$):*
Eine Versickerung über die bewachsene Bodenzone ist außerhalb der Schutzzone II in Bereichen mit großer Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten uneingeschränkt möglich. In den Bereichen mit mittlerer bis geringer Schutzfunktion gemäß Blatt 52 ist eine Versickerung in der Schutzzone IIIA in der Regel nicht möglich. Ergänzend sollten auch die Flächen mit mittlerer Schutzfunktion gemäß Hölting von einer Versickerung ausgenommen werden.

In Bereichen mit geringer Aufschlussdichte der bekannten Bohrungen bildet die vorstehende Bewertung der Schutzfunktion der Deckschichten keine ausreichende Grundlage für eine



Detailplanung von Versickerungseinrichtungen. Vor der Planung ist daher stets eine ergänzende technische Vorerkundung zu empfehlen. Dies gilt insbesondere für die morphologischen Senken des Steinbachs sowie die früheren Ziegeleigruben nördlich von Brunnen 1 und 2. Dort ist nach Vorliegen der Detailplanung aufgrund der etwas geringeren Überdeckung die ausreichende Schutzfunktion mittels ergänzender Erkundungsmaßnahmen zu bestätigen.

8.6 Bewertung der technischen Machbarkeit einer Flächenversickerung

Aufgrund der nahezu flächendeckend vorkommenden Deckschicht aus Löss und Lösslehm liegen die oberflächennah anstehenden Schichten voraussichtlich im Grenzbereich einer nach DWAA-138-1 gerade noch ausführbaren Versickerung. Diese sieht für eine dezentrale (Flächen-)Versickerung einen k_f -Wert von $\geq 10^{-6}$ m/s voraus, /35/. Die Gesamtmächtigkeit der bindigen Deckschicht geht aus der Plandarstellung in Blatt 17 hervor. Danach ist die Talaue des Urselbaches in der Regel durch eine geringe oder fehlende Ausbildung der der bindigen Deckschicht gekennzeichnet, während der Steinbach hinsichtlich der Lösslehmbedeckung eine unterschiedliche Mächtigkeit erkennen lässt. Im Trockental des Lachgrabens ist die Schutzfunktion westlich der BAB 5 sowie an der Ostseite des Quartiers Lachgraben herabgesetzt.

Im Einzelfall ist für die Detailplanung von Versickerungseinrichtungen eine technische Vorerkundung der konkreten Standorte bis zur Basis der bindigen Deckschichten unabdingbar. An den Standorten der geplanten Versickerungsanlagen ist eine Bodenverdichtung, z.B. durch Baustraßen, in jedem Falle zu vermeiden.

Während die Parabraunerden der Kuppenlagen in Abhängigkeit der lokalen Situation eine ortsnahe oberirdische Versickerung möglich erscheinen lassen, ist in den Talauen der Vorfluter infolge der örtlich auftretenden Vergleyung die Durchlässigkeit herabgesetzt. Dies betrifft insbesondere die in der Talaue des Urselbachs verbreiteten Gleye sowie das Pseudogley-Kolluvium aus umgelagerten Lösslehm im Talbereich des Lachgrabens, vgl. Blatt 32. Generell wird im Rahmen der Ausführungsplanung zu prüfen sein, ob dort z.B. im Bereich sandig-kiesiger Zwischenlagen eine Versickerung ermöglicht werden kann. Eine Planung



einer technischen Untergrunderkundung setzt zunächst die Aufstellung einer Entwässerungskonzeption und Vorüberlegungen zur Platzierung von Versickerungseinrichtungen voraus. Eine erste grobe Abschätzung des anfallenden Oberflächenabflusses innerhalb der angedachten Siedlungsflächen erfolgt nach Angaben des Stadtplanungsamtes in einer separat beauftragten Untersuchung. Auf dieser Grundlage ist nachfolgend auch eine Abschätzung der erwarteten Verschmutzungsgrade der anfallenden Niederschlagswässer möglich.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für eine Versickerung ist eine ausreichende Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone zwischen der Sohle der Versickerungseinrichtung (z.B. Versickerungsmulde) und dem mittleren höchsten Grundwasserstand von mindestens einem Meter, /35/.

Die örtliche Situation wird zunächst mittels des flächenhaft vorhandenen Grundwasserstandes des GWL1 untersucht. Gemäß der Erläuterung in Kap. 8.3 wird für eine überschlägige Herleitung des höchsten Grundwasserstandes das im Oktober 2014 gemessene Niveau einheitlich um zwei Meter angehoben. Zwar ist in Vorfluternähe im Falle einer hydraulischen Anbindung von einer geringeren Differenz auszugehen, doch liegt die Bewertung des HW-Niveaus damit auf der sicheren Seite. Das Ergebnis für den GWL1 geht aus Blatt 53 hervor. Danach ist nach der vorliegenden Datengrundlage im gesamten Gebiet mit Ausnahme der östlichen Talaue des Steinbaches ein für die Versickerung ausreichender Flurabstand des Hauptaquifers zu erwarten.

Aufgrund des lokal auftretenden schwebenden Grundwassers (GWL0) wird ergänzend eine Bewertung des möglichen Einflusses auf Versickerungsanlagen vorgenommen. Da für eine flächenhafte Kartierung des Grundwasserstandes im GWL0 keine ausreichende Datengrundlage vorliegt und eine Grundwasserführung in der Regel auch nur in Phasen erhöhter Grundwasserneubildung in Erscheinung tritt, wird ersatzweise der Flurabstand der Quartärbasis herangezogen, welche häufig die Basis des schwebenden Grundwasservorkommens darstellt. Das Ergebnis ist aus Blatt 54 zu ersehen. Danach zeigen sich im Bereich des Lachgrabens sowie den zuführenden Trockentälern vergleichsweise geringe Tiefenlagen, welche mit zeitweilig geringen Flurabständen einhergehen können. Da der Lachgraben ausschließlich aus diesem Grundwasservorkommen gespeist wird, ist dies für diese Tallage auch naheliegend. Für eine Konkretisierung der Planung sind Detailuntersuchungen des oberflächennahen Grundwasservorkommens erforderlich.



Weiterhin ist für die Planung von Versickerungsanlagen die Hangneigung von Bedeutung. Je nach Bodenart und Tiefenlage von Stauschichten werden die Oberhangböden von Sickerwasser ent- und die Unterhangböden belastet. Im Falle von Vernässungen oberhalb von Stauschichten kann es bei steile Geländegradien zu Hangrutschungen führen. Bei Hangneigungen $< 10\%$ ($\approx 5,7^\circ$) sind die Flächen grundsätzlich für eine Versickerung geeignet. Erdrutsche treten vermehrt ab Hangneigungen von 20% ($\approx 11,3^\circ$) auf, sodass oberhalb einer Neigung von 15% ($\approx 8,5^\circ$) geotechnische Voruntersuchungen empfohlen werden, /5/. Die Bereiche mit kritischen Geländeneigungen des Untersuchungsgebietes gehen aus Blatt 55 hervor. Danach sind in den geplanten Siedlungsbereichen mit Ausnahme kleinteiliger künstlicher Böschungen keine auffälligen Geländeneigungen festzustellen. Eine Böschung mit etwas mehr als 20% Gefälle ist allenfalls an der Südflanke des Trockentals des Lachgrabens zu ersehen. Ferner ist der Übergang zur Talaue des Urselbaches durch teils steile Böschungen gekennzeichnet, sodass oberhalb derselben eine Versickerung nur nach einer Standsicherheitsuntersuchung möglich ist.

Als problematisch für eine Versickerung können sich Bereiche mit Bodenverunreinigungen ergeben. Solche können in künstlichen Auffüllungen enthalten sein. Gemäß der Geologischen Karte sind die früheren Ziegeleigruben teils durch künstliche Auffüllungen verfüllt worden. Die Verdachtsflächen einschließlich der bekannten Altablagerungen gehen aus Blatt 56 hervor. In diesen Bereichen ist bei der Planung von Versickerungseinrichtungen eine Untersuchung auf schädliche Verunreinigungen des Untergrunds unerlässlich.

Eine Verbesserung der Versickerungsleistung kann im Einzelfall mittels unterirdischer Versickerungsanlagen erreicht werden. Diese sollten jedoch im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen aufgrund der qualitativen Risiken nicht eingesetzt werden. Im Falle einer Konkretisierung des geplanten Wasserschutzgebietes ist jedoch die Möglichkeit eines Einsatzes östlich außerhalb der Schutzzonen in Betracht zu ziehen. Die östliche Tallage des Lachgrabens ist nach dem bisherigen Kenntnisstand teils durch eine geringe Auflage durch bindige Deckschichten gekennzeichnet, sodass durch einen Bodenaustausch im Bereich von Versickerungsmulden und einen hydraulischen Anschluss an die liegenden Sande und Kiese des Quartärs eine maßgebliche Verbesserung der Versickerungsleistung erreicht werden könnte. Für eine abschließende Bewertung ist die bisher vorliegende Aufschlussdichte jedoch nicht ausreichend. Im Falle einer größer dimensionierten Versickerung sind zudem potenzielle Auswirkungen auf die Bestandsbebauung zu untersuchen.



9 Sonstige potenzielle Auswirkungen auf die Grundwassergewinnung

9.1 Prognose des Abbau- und Migrationsverhaltens von Schadstoffen

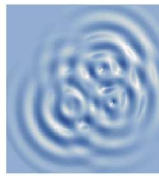
9.1.1 Verkehrsflächen

Die Versickerung von Regenwasser der Verkehrsflächen geht mit einer Verlagerung von Schadstoffen einher, welche im Falle einer Flächenversickerung in den Oberboden eingetragen werden können. Gemäß RiStWag sind die in Tab. 4 aufgeführten Stoffe zu berücksichtigen.

Hinzu kommen Einträge von Betriebsflüssigkeiten (Kraftstoffe, Mineralöle) im Falle von Unfällen. Von diesen werden die schwer löslichen Stoffe vorwiegend in der belebten Bodenschicht zurückgehalten, während die leicht abbaubaren Stoffe vorwiegend in den oberen Bodenschichten umgesetzt werden. Die für Abgase charakteristischen Schadstoffe werden durch den angestrebten Rückgang des Anteils von Verbrennungsmotoren zukünftig an Bedeutung verlieren. Die aus Löss und Lösslehm bestehenden Grundwasserdeckschichten verfügen über ein hohes Sorptionsvermögen, welches sich u.a. in einem hohen Funktionserfüllungsgrad und Nitratrückhaltevermögen der Böden widerspiegelt, vgl. Kap. 3.12.

Für die Einwirkung auf das Grundwasser sind vorrangig die löslichen und schwer abbaubaren Stoffe von Belang. Hierzu zählen

- Tausalze
- Kohlenwasserstoffe und
- verkehrsspezifische Schwermetalle, /26/



Tab. 4: Charakteristische Stoffquellen und ausgewählte Stoffe aus dem Kraftfahrzeugverkehr (Quelle: RiStWag)

Stoffquelle	Stoffe
Abgase	Stickoxide (NOx), Kohlenstoffmonoxid und -dioxid (CO/CO ₂), Ruß [Kohlenstoff, Blei, Schwefel, Chlor, Magnesium, Natrium, Kupfer, Zink], Kohlenwasserstoffe (KW), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenole, polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF)
Abrieb von Fahrbahnbelägen	Silicium, Calcium, Magnesium, Chrom, Nickel, Bitumen
Abrieb von Fahrzeugreifen	Kohlenstoff, Gummi, Vulkanisationshilfsstoffe, Zink, Schwefel, Chlor, Eisen, Calcium, Silicium, Natrium, Magnesium, Kupfer, Blei, Cadmium
Abrieb von Bremsbelägen	Kohlenstoff, Eisen, Kupfer, Magnesium, Antimon, Barium, Silicium, Schwefel, Titan, Chrom, Vanadium, Nickel, Zink
Abrieb von Katalysatoren	Platin, Rhodium, Palladium
Tropfverluste	Öle, Kraftstoffe, Bremsflüssigkeit, Frostschutzmittel, Fette, Unterbodenschutz, Wasch- und Konservierungsmittel
Verdampfungsverluste	Kohlenwasserstoffe
Korrosionsprodukte	Eisen, Cadmium, Zink, Kupfer

Die Verwendung von Streusalz ist in Frankfurt auf ein Minimum beschränkt. Auf den Gehwegen dürfen auftauende Mittel wie Streusalz nur im Ausnahmefall an besonderen Gefahrenstellen benutzt werden, wenn die Glätte nicht anders beseitigt werden kann²³. Unabhängig davon liegt der kommunale Verbrauch von Streusalz und Gemischen in einer üblichen Größenordnung von 1.500 - 2.000 t/a und kann in strengen Wintern auf über 4.000 t ansteigen²⁴. Diese Salze werden aufgrund des bevorzugten Einsatzes in Hauptverkehrsstraßen vorwiegend über die Mischwasserkanalisation abgeführt, können im Einzelfall jedoch auch

²³ <https://frankfurt.de/themen/umwelt-und-gruen/umwelt-und-gruen-a-z/abfall/strassenreinigung/winterdienst>, Zugriff 27.07.2021

²⁴ <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/region-und-hessen/rhein-main-gebiet-wieder-mehr-streusalz-1580125.html>



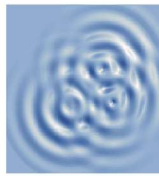
in den Untergrund ausgetragen werden. Im Abstrom der stärker frequentierten Verkehrswege ist daher ein Anstieg der Natriumchlorid-Konzentrationen in Betracht zu ziehen. Im Abstrom der BAB 5 werden bereits zum Ist-Zustand lokal erhöhte Konzentrationen von bis zu rd. 100 mg/L gemessen, während unbeeinflusste Messstellen vorwiegend Werte von 20 - 40 mg/L aufzeigen, vgl. Kap. 3.10.

Die Mobilität von Kohlenwasserstoffen ist in der Regel deutlich geringer und unterliegt unter oxidierenden Bedingungen einer verstärkten Metabolisierung. Das Grundwasser des quartären und pliozänen Grundwasserleiters weist mit im Einzugsgebiet des Ww Praunheim II mit etwa 8 - 11 mg/L eine hohe Sauerstoffsättigung auf, sodass günstige Voraussetzungen für einen Abbau von Mineralölkohlenwasserstoffen vorliegen.

Schwermetalle werden in Bereichen mit mächtigen bindigen Deckschichten zumeist in der ungesättigten Bodenzone zurückgehalten. Generell geht von den Niederungen der Talauen infolge der geringeren Mächtigkeit der Deckschichten und einem geringeren Sorptionsvermögen der Böden ein höheres Risiko aus als von den Kuppenlagen.

9.1.2 Siedlungsflächen

Nach der Errichtung ist hinsichtlich der Kanalnetze infolge eines erwartbaren Zustands nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht von relevanten Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität auszugehen. Schäden am Kanalnetz resultieren in mehr als der Hälfte der Fälle auf Planungs- und Ausführungsfehlern und nur zu einem geringen Teil auf Alterungsprozessen, /34/. Aufgrund der gesamtheitlichen Planung der Quartiere ist eine an die Anforderungen angemessene und nachhaltige Bauplanung des Entwässerungsnetzes möglich, sodass von einer hohen Lebensdauer der technischen Einrichtungen ausgegangen werden kann. Der Grundwasserflurabstand liegt im Bereich der geplanten Quartiere stets über 5 m, sodass Fremdwasser bzw. ein Zutritt von Grundwasser in das Kanalnetz nur im Bereich lokaler schwebender Grundwasservorkommen auftreten kann, und dann auch nur lokal und zeitlich begrenzt. Infolge einer Alterung oder anderweitig auftretenden Schadstellen, z.B. infolge von später erfolgten Anschlüssen, kann nach längerer Betriebsdauer jedoch trotz einer sorgfältigen Planung und Ausführung eine Aussickerung von Abwässern in den Untergrund zunehmen.



Aufgrund der im Abwasser vorkommenden pathogenen Mikroorganismen ist das Durchleiten von Abwasser in der zukünftigen Schutzzone II des Wasserschutzgebietes nicht tragbar und nur in Ausnahmefällen möglich. In der Schutzzone III ist die Errichtung unter Berücksichtigung der Auflagen der DWA-A-142 möglich, /28/. Um eine Beeinflussung der Grundwasserqualität zu verhindern, ist eine regelmäßige Zustandskontrolle gemäß der Eigenkontrollverordnung²⁵ erforderlich.

Auf eine Abwasserexfiltration durch undichte Abwasserkanäle kann der Nachweis bestimmter Stoffe im Grundwasser hinweisen. Als Indikatoren werden die in Tab. 5 aufgeführten Stoffe und Stoffgruppen benannt, /34/. Für eine Beweissicherung eines potenziellen Einflusses von Schadstellen ist daher eine regelmäßige Grundwasserüberwachung auf eine Auswahl der Indikatoren zu empfehlen.

Tab. 5: Stoffe im Grundwasser, die auf eine Abwasserexfiltration hinweisen (Quelle: UBA 2019)

Acesulfam (Süßstoff)
Benzotriazol
Tolyltriazole (Korrosionsschutzmittel, insbesondere als Silberschutz in Geschirrspülmitteln)
Amidotrizoesäure
Gadolinium (Kontrastmittel Radiologie)
Gabapentin
Carbamazepin (Arzneimittel, Antiepileptika)
Diclofenac (Arzneimittel, Schmerzmittel)
N-Formyl-4-aminoantipyrin (Arzneimittelmetabolit, Schmerzmittel Metamizol)

9.1.3 Grünflächen

Potenzielle Auswirkungen auf die Grundwasserqualität sind hinsichtlich der Grünflächen wie folgt zu berücksichtigen:

²⁵ Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO) des Landes Hessen vom 23. Juli 2010, GVBl. I 2010, S.257



- Kleingärten sind aufgrund der in der Regel fehlenden Sachkunde der Nutzer mit einem erhöhten Risiko des Eintrags von PBSM sowie Nährstoffen verbunden. Die Neuanlegung und Erweiterung von Kleingartenanlagen ist aus diesem Grund in der Schutzzone III/IIIA in der Regel verboten, /4/. Aufgrund des Risikos eines Übertrittes sind auch Kleingartenanlagen in der Nähe von Vorflutern als problematisch zu bewerten, sofern ein oberflächennahes Abfließen in letztere möglich ist. Neben Kleingärten im Sinne des BKleingG²⁶ ist auch Grabeland – also ein Grundstück, das vertraglich nur mit einjährigen Pflanzen bestellt werden darf – hinsichtlich des Einsatzes von PBSM und Nährstoffen kritisch zu bewerten. Gemäß der DVGW W 101 werden Kleingartenanlagen, Baumschulen, Gartenbaubetriebe, forstliche Pflanzgärten, Weinbau, Hopfenanbau, Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenanbau zu einer Flächenkategorie zusammengefasst. Während für die Zone IIIA ein hohes Gefährdungspotenzial gesehen wird, ist für die Zone IIIB ein weniger hohes Gefährdungspotenzial zu sehen, sodass dort diese Anlagen gemäß Muster-Schutzgebietsverordnung bzw. gemäß dem Verfahrenshandbuch Schutzgebiete zulässig sind, /4/, /35/. Im Rahmen der Nutzungsplanung wäre zu prüfen, ob eine genossenschaftliche Bodennutzung wie die Solidarische Landwirtschaft²⁷ auch in der Schutzzone IIIA zulässig ist, sofern die erforderlichen Sachkundenachweise im Pflanzenschutz erbracht werden können oder auf den Einsatz grundwasserschädlicher Stoffe gemäß Satzung verzichtet wird.
- Eine Neuanlage oder Erweiterung von Friedhöfen ist in der Regel in der Schutzzone III bzw. IIIA nicht zulässig, /4/.
- Für Freizeitanlagen, bei denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, sind die Auflagen AwSV²⁸ zu beachten.

Die Anlegung von anderen Grünanlagen oder extensiv genutzten Streuobstwiesen ist im Allgemeinen unproblematisch, sofern bei der Geländegestaltung kein relevanter Eingriff in den Untergrund oder dauerhafte Minderung der Deckschichten erfolgt.

²⁶ Bundeskleingartengesetz vom 28. Februar 1983 (BGBl. I S. 210), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 19. September 2006 (BGBl. I S. 2146) geändert worden ist

²⁷ <https://www.solidarische-landwirtschaft.org/startseite>, Zugriff 12.08.2021

²⁸ Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist



9.2 Potenzielle qualitative Veränderungen infolge von Nutzungsänderungen sowie Vorsorgemaßnahmen

Gemäß der Modellsimulation der Variante 2 sind die Förderbrunnen des Ww Praunheim II bei einer mittleren Förderung wie folgt von Veränderungen des Einzugsgebietes betroffen:

- **Östliche Brunnen (1-3):** Das Einzugsgebiet der östlichen Brunnen wird durch das Quartier Produktives Praunheim maßgeblich geprägt, sodass hieraus die stärkste Veränderung im Einzugsgebiet und für die potenziellen Auswirkungen auf die Grundwasserqualität entsteht. Im weiteren Zustrom liegt auch das Lachgrabenquartier im Einzugsgebiet der Brunnen. Anstelle der landwirtschaftlichen Nutzung und den damit verbundenen Einträgen aus Düngung und PBSM entstehen neue Risiken durch den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, die Versickerung von Niederschlagswasser, der Einbringung von Recyclingbaustoffen und im Zusammenhang mit einer Alterung der Kanalnetze ggf. auch Leckagen aus Abwasserleitungen. Solche Risiken können durch Vorsorgemaßnahmen und einen fachgerechten Ausbau minimiert werden, bedürfen jedoch eines verstärkten hydrochemischen Monitorings. Das nördliche Quartier Steinheim-Ost liegt bereits in einer Entfernung von rd. 1,7 km, sodass das Risiko einer davon ausgehenden qualitativen Veränderung eher gering einzuschätzen ist.

Der Bereich westlich des geplanten Quartiers Produktives Praunheim soll von einer Bebauung freigehalten werden, wird jedoch im unmittelbaren Zustrom von Flächen mit funktionalem Grün in Anspruch genommen, vgl. Abb. 11. Eine Platzierung von Kleingärten oder einem Friedhof ist in unmittelbarem Zustrom oder innerhalb der zukünftigen Schutzzone II als problematisch zu bewerten, während bei Sportstätten eine Einzelfallbetrachtung zu empfehlen ist. Nochmals westlich schließt sich das überörtliche Grün an. Für Parks und anderweitige Grünzüge wird nur ein geringes Risiko für die Grundwasserqualität gesehen. Durch den Wegfall der landwirtschaftlichen Nutzung entfallen in diesem Bereich die damit einhergehenden Risiken.

- Da sich keine relevante Veränderung der Strömungssituation ergibt, bleibt auch die LCKW-Schadstofffahne des nördlich des SEM4-Areals gelegenen Altstandortes unverändert.

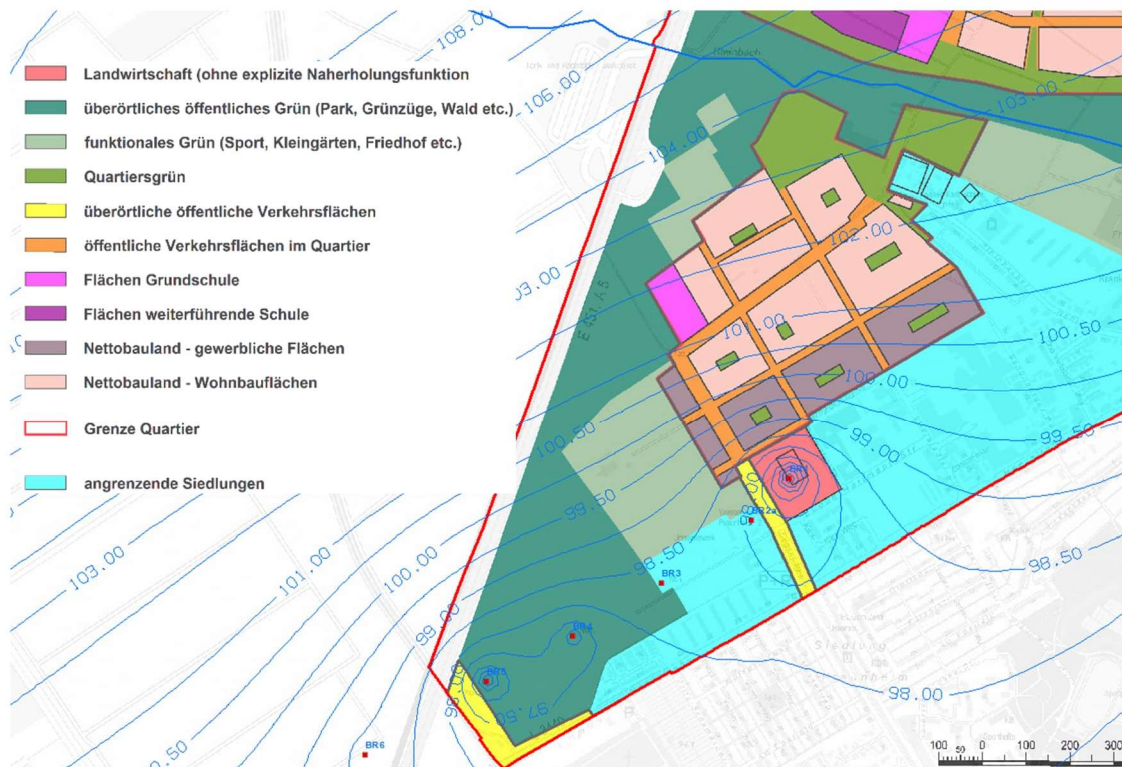


Abb. 11: Geplante Nutzungsänderung im Einzugsgebiet der Brunnen Ww Praunheim II (GW-Isolinien Modelllauf 2)

- **Mittlere Brunnen (4-5):** Die Brunnen 4 und 5 liegen im Bereich des überörtlichen Grüns, wobei sich die Nutzungsänderung auf einen engen Zustrombereich beschränkt. Relevante Veränderungen der Grundwasserqualität sind nicht zu erwarten.
- **Westliche Brunnen (6-8):** Die Einzugsgebiete der Brunnen 6, 7 und 8 liegen außerhalb der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme.

Ein wesentliches Risiko für die Trinkwassergewinnung beruht auf dem möglichen Umfang mit wassergefährdenden Stoffen im zukünftigen Quartier Produktives Praunheim. Das gewonnene Grundwasser unterliegt aufgrund der Vorbelastung durch LCKW einer Reinigung mittels Aktivkohle, welche geeignet ist, auch andere adsorbierbare Schadstoffe, wie AOX und BTEX-Aromaten aus dem Rohwasser zu entfernen. Dennoch sind neben der Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zur Sicherstellung einer größtmöglichen Betriebssicherheit regelmäßige Untersuchungen an Vorfeldmessstellen zu empfehlen.



Für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Wasserschutzgebiet greifen die Auflagen der AwSV²⁹, welche konsequent anzuwenden ist.

Ergänzend sollte in Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt W 101, /12/, sowie dem Verfahrenshandbuch zur Festsetzung, Änderung und Aufhebung von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten, /35/ zur Verringerung des Risikos im Quartier Produktives Praunheim auf folgende Nutzungen verzichtet werden:

- Errichten von unterirdischen Rohrleitungsanlagen zum Befördern wassergefährdender Stoffe
- Betrieb von Anlagen, in denen in besonders großem Umfang mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird
- Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen
- Betriebe, für die gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 101 in der jeweiligen Schutzzone eine hohe Gefährdung zuzuordnen ist.
- Ausschluss von Betrieben, die gemäß Verfahrenshandbuch /35/ in der jeweiligen WSG-Zone mit einem Verbot belegt sind

Ausnahmen sind in Einzelfällen durch die zuständige Wasserbehörde zu genehmigen und mit geeigneten Schutz- und Überwachungsmaßnahmen zu verbinden.

Bei Betrieben mit mittlerer und geringer Gefährdung gemäß Tabelle 1 des DVGW-Arbeitsblatts W 101 sind technische und organisatorische Gewässerschutzmaßnahmen zu ergreifen, die eine übermäßige Grundwasserbelastung im regulären Betrieb vermeiden und die Eingrenzung von Belastungen im Havariefall sicherstellen.

Insbesondere für die Gewerbe-, aber auch für die Wohngebiete sind Vorkehrungen und Regelungen für den Umgang mit Bränden, Unfällen und Havarien zu treffen, um den Eintrag von freigesetzten Schadstoffen und Löschwasser mit Zusätzen weitestmöglich zu minimieren.

Potenziell in den Untergrund eintragbare Stoffe sind im Rahmen eines qualitativen Grundwassermonitorings zu berücksichtigen.



Unabhängig davon ist Niederschlagswasser aus potenziell verunreinigten Flächen vor einer Versickerung einer Vorbehandlung zu unterziehen oder aus dem Gebiet abzuleiten. Eine qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers ist somit durch technische Maßnahmen zu minimieren. Weitergehende Auflagen für die Ansiedlung von Gewerbebetrieben in der Schutzzone III ergeben sich aus der Musterschutzgebietsverordnung des Landes Hessen sowie dem Verfahrenshandbuch Wasserschutzgebiete, /4/, /35/.

Für eine Sicherstellung der Gewinnung ist die Bebauung vorsorglich auf Bereiche außerhalb der zukünftigen **Schutzzone II** zu beschränken. Die Zone II ist zudem von Verkehrswegen, Gebäuden, Abwasserleitungen und gärtnerischen Nutzungen freizuhalten. Für die Ausweisung der zukünftigen Schutzzone II ist mindestens auf die 50-Tage-Linie gemäß DVGW W 101 abzustellen, um Risiken durch pathogene Mikroorganismen ausschließen zu können, /12/. Eine Bemessung kann aufgrund des beschriebenen Stockwerksbaus mittels eines dreidimensionalen Grundwassermodells auf die zukünftig erwartete Förderung abgestimmt werden.

Da im unmittelbaren Zustrom des Ww verschiedene Bereiche mit künstlichen Auffüllungen zu erwarten sind, sind vor der Errichtung von Versickerungsanlagen umwelthygienische Voruntersuchungen erforderlich. Im Bereich des Quartiers Produktives Praunheim sollte vorsorglich auf unterirdische Versickerungsanlagen gänzlich verzichtet werden, während oberirdische Anlagen einer Einzelfallbewertung zu unterziehen sind.

9.3 Auswirkungen der Ableitung von Oberflächenwasser in Vorfluter

Sofern das anfallende Niederschlagswasser nicht vollständig einer Wiederversickerung zugeführt oder aus dem Gebiet abgeleitet werden kann, ist eine Einleitung in die Vorfluter erforderlich. Eine Veränderung der Grundwasserqualität ist dann möglich, wenn der Wasserstand des Vorfluters über dem Grundwasserstand liegt. Das Höhenniveau der Vorfluter-sole wurde hierzu näherungsweise aus dem Geländemodell DGM1 abgeleitet, unter Ansatz einer zusätzlichen Einschnitttiefe von 1,0 - 1,5 m. Gemäß der Darstellung in Abb. 12 ist in den querenden Bachabschnitten stets ein Sohlniveau oberhalb des Grundwasserstandes (Oktober 2014) gegeben, sodass eine Influenz zu erwarten ist. Erst östlich des SEM4-Areals ist am Steinbach eine Effluenz zu erwarten. Hingegen werden die Vorfluter, insbesondere der Lachgraben aus Grundwasser des schwebenden Grundwasserleites (GWL0) gespeist,



sodass eine Aussickerung zumindest in Phasen erhöhter Grundwasserneubildung unterbrochen sein kann und sich effluente Verhältnisse einstellen.

Insofern ist im Falle einer Einleitung von Niederschlagswasser in die Vorfluter im gesamten Untersuchungsbereich eine Aussickerung in den Untergrund und somit eine qualitative Beeinflussung des zumeist südlichen Grundwasserabstroms möglich. Der Steinbach im zentralen Einzugsgebiet des Ww Praunheim II ist dabei durch Flurabstände von 5 m im Südosten bis über 20 m im Nordwesten gekennzeichnet. Schwer lösliche oder an Partikel gebundene Schadstoffe werden durch Kolmationseffekte begünstigt daher verstärkt in der Gewässersohle sowie den darunter folgenden ungesättigten Schichten des Quartärs zurückgehalten.

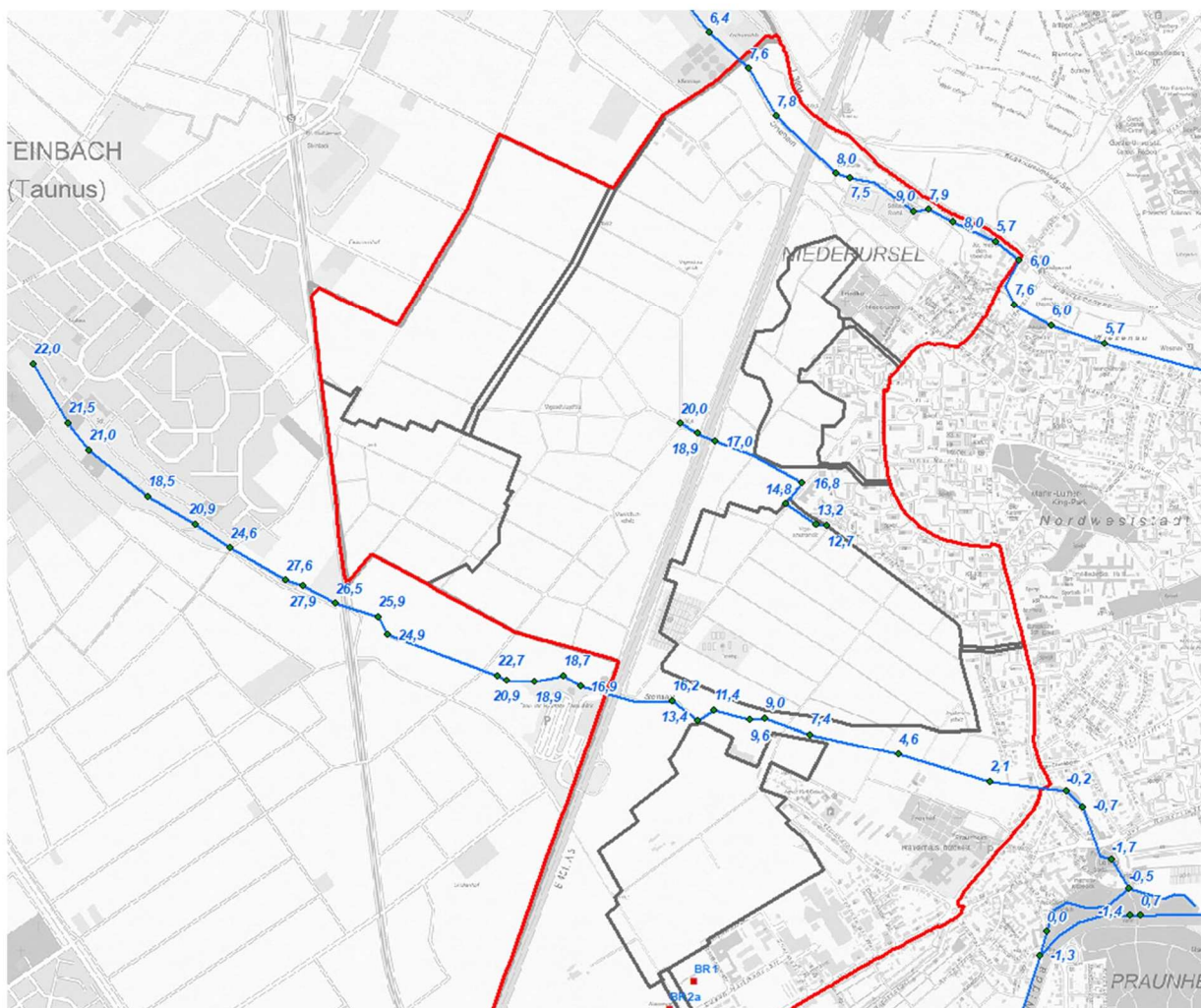




Abb. 12: Differenz zwischen Vorflutersohle und Grundwasserstand GWL1 (10/2014) in m

Infolge der natürlichen, langjährigen Influenz ist das Gewässerbett in der Regel durch den Eintrag von mitgeführten Partikeln ohnehin stark kolmatiert. So ist auch an Grundwassermessstellen unmittelbar neben dem Steinbach kein Hinweis auf eine Anhebung des Grundwasserstands erkennbar. Messstelle G17450, welche rd. 10 m südlich des Steinbaches positioniert ist, weist dementsprechend eine GW-Schwankung auf einem Niveau von 105,3 - 109,6 mNN auf, während die Bachsohle mit rd. 124 mNN abgeschätzt werden kann. Im Falle schwachen Kolmation würde zumindest in Phasen verstärkter Wasserführung des Baches eine stärkere Anhebung des Grundwasserstandes erkennbar werden.

Qualitative Veränderungen können im Wesentlichen durch die Einleitung löslicher und mobiler Salze (insbes. Streusalz) aus der Niederschlagsentwässerung entstehen.

9.4 Auswirkungen auf vorhandene Grundwasserverunreinigungen und -sanierungsmaßnahmen

Gemäß der vorliegenden Modellläufe ist infolge der verringerten Grundwasserneubildung keine relevante Veränderung der Grundwasserströmungsrichtung im Bereich der LCKW-Schadstofffahne des nördlich des SEM4-Gebietes gelegenen Altstandortes zu erwarten, vgl. Blatt 31. So wird die Fahne auch weiterhin durch den Brunnen 1 des Ww Praunheim II gefasst.

Im Falle der Errichtung lokaler Versickerungsanlagen kann es in Phasen verstärkter Infiltration zu einer Veränderung der Fließrichtungen im näheren Umfeld der Anlagen kommen. Die Intensität der Veränderung hängt dabei von der Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone ab. So ist bei erhöhter Mächtigkeit eine laterale Ausbreitung des infiltrierten Wassers auf bindigen Zwischenhorizonten zu erwarten.

Auswirkungen auf bereits vorhandene Grundwasserverunreinigungen müssen nach Vorliegen der Entwässerungs- und Versickerungsplanung im Einzelfall bewertet werden. Generell erscheint eine für die Sanierung maßgebliche Beeinflussung jedoch unwahrscheinlich.



9.5 Barrierewirkung unterirdischer Bauteile

Eine Barrierewirkung ist zu erwarten, wenn die Untergeschosse der Bauwerke bis unter die Grundwasseroberfläche reichen und dort den Querschnitt des Aquifers einengen (Minderung der Transmissivität). Für die einzelnen Quartiere sind bei hohem Grundwasserniveau des GWL1 folgende Flurabstände zu erwarten, vgl. Blatt 57:

- Quartier Produktives Praunheim: 10 - 21 m
- Lachgraben-Quartier: 6 - 26 m
- Das Quartier Neu-West-Stadt: 17 - 29 m
- Das Quartier Steinbach-Ost: 32 - 43 m

Danach sind die geringsten Flurabstände in den östlichen Randlagen des Lachgraben-Quartiers zu erwarten. Sofern dort die Grundwasseroberfläche durch unterirdische Bauteile erreicht werden sollte, ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich. In den übrigen Bereichen ist auch bei sehr tiefen Bauwerken eine Einengung des Grundwasserleiters recht unwahrscheinlich. Hinsichtlich der Barrierewirkung ist zu berücksichtigen, dass das Verhältnis zwischen Barriere und der Gesamtmächtigkeit des Aquifers vergleichsweise groß sein muss, um eine messbare Stauwirkung zu bewirken.

Für die schwebenden Grundwasservorkommen (GWL0) ist in der Regel eine vertikale Aus-sickerung in den tieferen GWL1 zu erwarten. Da die Vorkommen lateral begrenzt sind und eine horizontale Strömung nur vereinzelt in Erscheinung tritt, ist eine relevante Stauwirkung von Bauwerken unwahrscheinlich. Eine solche wird im Rahmen von Detailuntersuchungen an den relevanten Gebäudestandorten zu untersuchen sein.

10 Zusammenfassende Bewertung

Im Zuge der Entwicklung des rd. 5 km² umfassenden SEM4-Areals werden die zuvor überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen partiell durch Verkehrswege und Bebauung versiegelt, so dass sich auf den betroffenen Flächen die Grundwasserneubildung reduzieren wird. Durch eine überschlägige, flächendifferenzierte Abschätzung lässt sich die dem Grundwasserkörper unter mittleren hydrologischen Verhältnissen vorenthaltene Menge mit



etwa 110.000 m³/a beziffern, was rd. 1,7 % der Grundwasserneubildung innerhalb des Modellgebietes entspricht. Da die von der Erschließung betroffenen Flächen teilweise in das Einzugsgebiet des Wasserwerkes Praunheim II der Hessenwasser GmbH fallen, würde sich das dortige Grundwasserdargebot entsprechend mindern oder das Einzugsgebiet vergrößern.

Um die geohydraulischen Auswirkungen der reduzierten Neubildung abzuschätzen, wurde ein stationäres dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell eingerichtet und damit die Grundwasserfließverhältnisse unter wechselnden Randbedingungen simuliert. Bei der Einrichtung und Kalibration des Modells mussten aufgrund der Datenlage eine Reihe von vereinfachenden Annahmen – insbesondere im Hinblick auf die hydraulische Wechselwirkung der von Taunus in Richtung Nidda abfließenden Bäche mit dem Grundwasserkörper – getroffen werden, so dass die aus den Simulationen abgeleiteten Veränderungen des Grundwasserfließregimes eher tendenziellen Charakter haben.

Demnach ist unter dem mittleren Förderregime des Zeitfensters 2014 bis 2018 mit einem Fallen des Grundwasserspiegels um bis 0,5 m zu rechnen. Am Ww Praunheim II sowie am Brunnen MHKW wird ein um etwa 0,3 - 0,4 m niedrigerer Grundwasserspiegel erwartet. Da unter diesen Randbedingungen etwa ein Viertel der Betrachtungsfläche SEM4 außerhalb des Einzugsgebiets des Wasserwerkes Praunheim II liegt, dürfte die ihrem Dargebot vorenthaltenen Grundwassermenge etwas weniger als 100.000 m³/a betragen. Weil bei voller Ausschöpfung der wasserrechtlich bewilligten Entnahmemenge das Wasserwerk Praunheim II ohnehin auf die Dargebotsunterstützung durch Nidda-Uferfiltrat angewiesen ist, sind durch den Rückgang der Grundwasserneubildung über versickerndes Niederschlagswasser keine nachteiligen quantitativen Auswirkungen auf die öffentliche Trinkwasserversorgung zu erwarten.

Unter Berücksichtigung der Anforderungen der Siedlungsentwässerung und den Zielen eines nachhaltigen Umgangs mit der Ressource Niederschlagswasser („Schwammstadt“) wird empfohlen, Möglichkeiten der Versickerung von auf befestigten, nicht zu Verkehrszwecken genutzten Flächen anfallenden Niederschlagswasser weitestgehend auszuschöpfen. Dabei ist dem qualitativen Grundwasserschutz im Zustrom auf das Ww Praunheim II ein besonderer Stellenwert zuzuordnen. Risiken für die Grundwasserqualität gehen von Ver-



verkehrsflächen mit mäßigem bis hohem Kfz-Verkehr, Verkehrsflächen in Gewerbe- und Industriegebieten und stärker frequentierten Stellplätzen aus, da diese aufgrund von Abgasen, Abrieb von Reifen und Fahrbahnbelägen sowie Tropfverlusten mit einem potenziellen Eintrag in den Untergrund einhergehen. Auch von Siedlungsflächen können infolge einer Abwasserexfiltration Risiken ausgehen, wenngleich diese bei einer Neuanlegung eines Kanalnetzes und bei Einhaltung der erforderlichen Wartungsmaßnahmen eher gering einzuschätzen sind. Der Einsatz wassergefährdender Stoffe oder Baumaterialien auf Dachflächen sollte bereits bei der Planung vermieden werden. Aufgrund der Nähe zu den Trinkwassergewinnungsanlagen sind insbesondere für die Gewerbeflächen im Bereich „Produktives Praunheim“ besondere Vorsorgemaßnahmen erforderlich. Hinsichtlich der geplanten Grünflächen ist das qualitative Risiko für das Grundwasser eher gering, doch sind mögliche Einschränkungen für gärtnerische Nutzungen innerhalb des geplanten Wasserschutzgebietes zu berücksichtigen.

Eine Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten ergab für den überwiegenden Teil des Planungsgebietes einen sehr guten Geschütztheitsgrad, welcher auf einer mächtigen Deckschicht aus geringdurchlässigem Löss und Lösslehm und einem großen Grundwasserflurabstand beruht. Daher ist mit Ausnahme bestimmter Teilflächen der Taleinschnitte und Talauen eine flächenhafte Versickerung auch von Niederschlagswasser der stärker frequentierten Verkehrsflächen über die belebte Bodenzone möglich. Eine unterirdische Versickerung über Schächte, Sickerstränge oder Rigolen ist in einem Wasserschutzgebiet im Allgemeinen nicht zulässig. Im Einzelfall wäre jedoch zu prüfen, ob überschüssiges Wasser aus begrünten Dachflächen für eine lokale, kleindimensionierte Grundwasseranreicherung (z.B. über flachgründige Rigolen) nutzbar gemacht werden kann. Solches Wasser wird über die Vegetationsdecke geführt und ist infolge der Filtration in der Regel frei von Trübstoffen und relevanten Verunreinigungen.

Bei einem ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche, geeigneter Untergrundbeschaffenheit und einer technischen Vorbehandlung, die die Sickerwasserpassage einer belebten Bodenzone ersetzt, können Rigolen und andere unterirdische Anlagen für die Versickerung von lediglich gering belastetem Wasser somit auch in der Zone III A (mit Ausnahme des erweiterten Nahbereichs der Brunnen um die Zone II) realisiert werden, /38/.



Wegen der weiten Verbreitung einer mächtigen Lösslehmdecke ist die Versickerungsfähigkeit von Niederschlagswasser teilweise eingeschränkt, so dass fallbezogen Durchlässigkeitsuntersuchungen zur Planung und Dimensionierung von Versickerungsanlagen obligatorisch sind. Auch sind die für die Versickerung aufgrund der zumeist geringen Durchlässigkeit der anstehenden Löss- und Lösslehmschichten vergleichsweise große Flächen vorzuhalten. Durch eine möglichst umfängliche Versickerung des Niederschlagswassers können die mit der Versiegelung einhergehenden Verluste weitestgehend kompensiert werden, so dass signifikante Dargebotsrückgänge im Abstrom der Fläche vermieden werden können.

Für eine Bewertung der von der Nutzungsänderung ausgehenden Risiken ist eine genauere Bemessung des zukünftigen Wasserschutzgebietes auf Grundlage der angestrebten jährlichen Fördermengen zu empfehlen. Die Schutzzone II ist von einer Bebauung möglichst freizuhalten und keinen für die Wassergewinnung nachteiligen Nutzungsänderungen zu unterziehen. Vorzuziehen sind überörtliches, möglichst extensiv genutztes Grün und Waldflächen, /38/.

Aufgrund des Klimawandels ist mit einer Zunahme von Starkniederschlagsereignissen zu rechnen, weshalb einer großzügigen Bemessung von Retentionsräumen, über die auch eine partielle Grundwasseranreicherung erzielt werden kann, ein besonderes Augenmerk zu widmen ist.

Bielefeld, den 06. April 2022

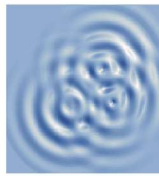
(Dr. D. Brehm, Dipl.-Geol.)

(Th. Grünz, Dipl.-Geol.)

(F. Carstensen, Dipl.-Geol.)

**BGU - Büro für Geohydrologie
und Umweltinformationssysteme**

Dr. Brehm & Grünz GbR
Technologiezentrum Bielefeld
Meisenstraße 96
DE- 33 607 Bielefeld



11 Quellenverzeichnis

- /1/ Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1972): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.000, Blatt 5717 Bad Homburg v. d. Höhe - 2. Aufl., 308 S., 4 u. 55 S., 3 Beibl., Wiesbaden
- /2/ Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Umwelttechnik Brandt Gerdes Sitzmann GmbH (1993): Naturnahe Umgestaltung der Nidda im Stadtgebiet von Frankfurt am Main, Bericht zur 1. Bearbeitungsstufe. – Gutachten im Auftrag der Stadt Frankfurt. Darmstadt-Eberstadt
- /3/ Hölting, B. et. al. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. – Geol. Jb. C63, S. 5-24, 5 Tab., Hannover
- /4/ Muster-Wasserschutzgebietsverordnung (1996). - Hes. St. Anz. Nr. 13 vom 25.03.1996 S. 985, <https://www.staatsanzeiger-hessen.de>, Zugriff 26.07.2021
- /5/ Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1998): Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung, Handlungsempfehlungen für Planer, Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden. - https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Downloads/Leitfaden_Niederschlagswasserversickerung.pdf, Zugriff 27.07.2021, Mainz
- /6/ Geohydrologisches Büro und Ingenieurbüro für Wassererschließung, Wasserversorgung und Umwelttechnik Prof. Dr. H. Schneider & Partner (1999): Geohydraulische Untersuchungen im Grundwassereinzugsgebiet der Wasserwerke Praunheim II und III mittels Grundwassermodelluntersuchung. – unveröff. Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Frankfurt a. M. GmbH; Bielefeld.
- /7/ GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – ATV-DVWK-M 504, ASBN 3-936514-03-8, Hennef
- /8/ BGU Dr. Brehm & Grünz GbR (01.10.2003): Planungen der Stadt Frankfurt/Main zur Verlängerung der Ludwig-Landmann-Straße, Grundwasserströmungssimulation zur Standortsuche von Ersatzbrunnen des Wasserwerkes Praunheim II der Hessenwasser GmbH. – Gutachten im Auftrag der Stadt Frankfurt a. M., Stadtplanungsamt; Bielefeld
- /9/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. - Düsseldorf.
- /10/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (14.07.2005): Abschlussbericht Ausarbeitung eines numerischen Grundwassermodells für die Erkundung der Herkunft von CKW-Belastungen in den Brunnen des Wasserwerks Riedwiese der Stadtwerke Oberursel GmbH. – Gutachten im Auftrag RP Darmstadt; Gießen



- /11/ JBG Gauff Ingenieure GmbH & Co. KG (2006): Fachbeitrag Siedlungsentwässerung. – Gutachten im Auftrag Stadt Steinbach (Taunus), Anlage zum Abschlussbericht Stadtentwicklungsplan; Frankfurt a. M.,
http://www.stadt-steinbach.de/cms/Leben/Bauen_und_Wohnen/Stadtplanung/Siedlungsentwaesserung.pdf
- /12/ DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (2021): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. - Technische Regel Arbeitsblatt W 101, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, ISSN 0176-3504, Bonn
- /13/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH 07/2007): Grundwassermonitoring-System für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H., 4. Bericht: Dokumentation und Bewertung der Feld- und Laborarbeiten in 2006/2007. – Gutachten im Auftrag Stadt Homburg; Gießen
- /14/ Institut für Siedlungswasserwirtschaft (2008): Wassersensible Stadtentwicklung, Netzwerk für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter. – Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben RWTH Aachen, 68 S., 2 Anh., Aachen
- /15/ Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2008): Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten, Fachinformation. – 2. Aufl., ISBN 978-3-89274-233-3, Wiesbaden
- /16/ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.000, Blatt 5817 Frankfurt/Main-West - 3. Aufl., 308 S., 43 Abb., 33 Tab., 3 Beibl., Wiesbaden
- /17/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011): Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) – Staatsanzeiger für das Land Hessen, 07.03.2011 Nr. 10, S. 475, Wiesbaden
- /18/ Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Niederschlagsentwässerung von Verkehrsflächen. - https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/niederschlagsentwaesserung_verkehrsflaechen_broschuere.pdf, Zugriff 26.07.2021
- /19/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (28.06.2012): Detailuntersuchung zur abschließenden Beurteilung des CKW-Schadensfalls Schütz in Oberursel-Weißkirchen im Hinblick auf die aktuelle und zukünftige Verunreinigung des Grundwassers. – Gutachten im Auftrag RP Darmstadt; Gießen



- /20/ Stadtplanungsamt Frankfurt a. M (13.12.2012): Begründung zum Bebauungsplan Nr. 696 – Gewerbegebiet Nördlich Heerstraße – Teilbereich 2 – Fassung der öffentlichen Auslegung. - <http://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/show.php?ID=12163&psid=2> (Zugriff 20.11.2014)
- /21/ Meßer, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzier-ten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – Lippe Wassertechnik, www.gwneu.de, Essen
- /22/ BGU Dr. Brehm & Grünz GbR (05.05.2015): Machbarkeitsstudie zur Erkundung von Ersatzstandorten für Brunnen des Wasserwerkes Praunheim II der Hessenwasser GmbH in Frankfurt am Main. – Gutachten im Auftrag des Stadtplanungsamtes Frank-furt am Main; Bielefeld
- /23/ BGU Dr. Brehm & Grünz GbR (04.04.2016): Erläuterungsbericht zum Antrag auf was-serrechtliche Erlaubnis mit Modelluntersuchung zur Bemessung der hydraulischen und hydrochemischen Auswirkungen des Baus der Grundstrecke B, Teilabschnitt 3 Europaviertel in Frankfurt am Main. Fassung vom 26.06.2015, überarbeitet am 04.04.2016 – Gutachten (Blaudruck) im Auftrag der Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main, Bielefeld
- /24/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (06.09.2016): GWMonitoring im Stadt-gebiet Oberursel, Gutachten zur Erkundung und Bewertung der CKW-Belastung des Grundwassers im Stadtgebiet. – Gutachten im Auftrag Stadt Oberursel; Gießen
- /25/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (24.11.2016): Grundwasserüberwa-chung im Abstrom des CKW-Schadensfalls Schütz in Oberursel-Weißkirchen, Doku-mentation und Bewertung der Untersuchungen im Zeitraum 2014 – 2016. – Gutachten im Auftrag J&B Schütz Verwaltung GmbH; Gießen
- /26/ FGSV (2016): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutz-gebieten, RiStWag. – ISBN 978-3-86446-159-0, Köln
- /27/ PG RTW & DB Engineering & Consulting GmbH (31.05.2016): Regionaltangente West, Los 1, Neubau EÜ Strecke 3611 km 3,6+53, Geotechnischer Bericht 1.06. – Frankfurt a. M.
- /28/ DWA (01/2016): Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten. – DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 142, 1. Aufl., ISBN 978-3-88721-273-5, Hennef
- /29/ Hessenwasser GmbH & Co. KG (11/2017): Einzugsgebiet des WW Praunheim II – Landnutzung, Hydrogeologie, Geologie und Hydrochemie. – Groß-Gerau/Dornheim



- /30/ BGS Umwelt (12/2017): Regionaltangente West PFA Nord, Anlage 18.2 Hydrogeologisches Gutachten. – Gutachten im Auftrag RTW Planungsgesellschaft mbH Frankfurt a. M.; Darmstadt
- /31/ IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser (11/2018): Gefährdung der öffentlichen Trinkwasserversorgung durch Uran – Ursachen und Entwicklung standortbezogener Lösungskonzepte. – Gutachten im Auftrag Hessenwasser GmbH; Mülheim an der Ruhr
- /32/ Ahrends, B. et. al. (2018): Beitrag von Waldflächen zur Sickerwasserbildung in Niedersachsen. - Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 39.18, https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/2018/Ahrends_et_al_2018_Sickerwasser_Wald_NDS_ForumHydroWasserbewirtsch_TdH_2018.pdf
- /33/ BGU Dr. Brehm & Grünz GbR (25.09.2019): Bau der Grundstrecke B, Teilabschnitt 3 Europaviertel in Frankfurt am Main. Optimierung des Grundwassermodells und hydrogeologische Bewertung einer Anpassung der Bauphasen des Projektes, Planungsstand September 2019, 3. Bericht zur Änderung der Ausführungsplanung – Gutachten im Auftrag der Stadtbahn Europaviertel Projektbaugesellschaft mbH; Bielefeld
- /34/ Umweltbundesamt (Hrsg., 2019): Leitfaden zur Sanierung von Abwasserkanalisationen. - <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen>, ISSN 2363-8311
- /35/ Hess. Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2019): Festsetzung, Änderung und Aufhebung von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie Bildung und Überwachung von Wasserschutzgebietskooperationen. – Verfahrenshandbuch (nicht veröffentlicht), hier: Anlage 2: Arbeitshilfe allgemeine Ver- und Gebote in Wasserschutzgebieten, Bearbeitungsstand 16.04.2019, Seiten 38 bis 44 von 78.
- /36/ DWA (11/2020): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. – DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138-1, Entwurf, 1. Aufl., ISBN 978-3-96862-018-3, Hennef
- /37/ Regierungspräsidium Darmstadt (18.11.2021): Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme 4 - Frankfurt-Nordwest (Gemarkung Niederursel und Praunheim) - Stellungnahme im Rahmen der Voruntersuchungen nach § 165 (4) BauGB. - Az. RPDA - Dez. III 31.2-93 d 52.02/1-2021/2, Darmstadt
- /38/ Hessenwasser GmbH (14.01.2022): Vorbereitende Untersuchungen gemäß § 165 (4) BauGB für die städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Frankfurt-Nordwest (Gemarkung Niederursel und Praunheim), Beteiligung der Träger öffentlicher Belange, Stellungnahme und Einwendungen der Hessenwasser GmbH & Co. KG. 34 S., Groß-Gerau/Dornheim