EISENBAHN-BUNDESAMT
AUSSENSTELLE FRANKFURT/SAARBRÜCKEN

Nur zur Information

Unterlage 18c Teil I

DB NETZE

~~Anlage 18a~~
~~Anlage 18b~~
Anlage 18c

Unterlage für eine Entscheidung nach § 18 AEG

~~1. Planänderung gemäß § 73 (8) VwVfG~~

~~2. Planänderung gemäß § 73 (8) VwVfG~~

3. Planänderung gemäß § 73 (8) VwVfG

Hydrologisches Gutachten

Nur zur Information

Umbau Knoten Frankfurt(M) - Sportfeld
2. Ausbaustufe

Eisenbahnstrecken:

Strecke 3683	(Ffm) Abzw Kleyerstr., W2 – Flugh – Kelsterbach, W27, S-Bahn km 4,0+20 bis 5,0+90
Strecke 3520	Mainz Hbf – Frankfurt (Main) Hbf km 31,2+40 bis 34,4+25
Strecke 3657	(Ffm) Abzw Gutleuthof – Mannheim – Pfingstberg km 0,5+06 bis 3,8+70
Strecke 3620	Frankfurt Niederrad, W630 – Abzw Frankfurt (Main) Gutleuthof, W3/4 km 34,4+50 bis 34,6+00
Strecke 3624	Frankfurt Louisa, W920 - Frankfurt Niederrad, W623 km 6,1+10 bis 8,0+57
Strecke 3650	Ffm Stadion, W525 – Frankfurt (Main) Süd km 31,3+50 bis 31,9+50

Eingereicht durch
DB ~~ProjektBau GmbH~~ Netz AG
Regionalbereich Mitte
~~I.BV-MI-P(L)~~ I.NG-MI-F(1)
Hahnstraße 49
60528 Frankfurt am Main

Frankfurt (M), den 25.05.2020 ~~29.10.2019~~
~~26.10.2017~~~~12.10.2012~~

DB NETZE

BGS UMWELT
Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

Hydrologisches Gutachten

Umbau Knoten Frankfurt (M) - Sportfeld

2. Ausbaustufe

Eisenbahnstrecken:

Strecke 3683	(Ffm) Abzw Kleyerstr., W2 – Flugh – Kelsterbach, W27, S-Bahn
Strecke 3520	Mainz Hbf – Frankfurt (Main) Hbf
Strecke 3657	(Ffm) Abzw Gutleuthof – Mannheim - Pfingstberg
Strecke 3620	Frankfurt Niederrad, W630 – Abzw Frankfurt (Main) Gutleuthof, W3/4
Strecke 3624	Frankfurt Louisa, W920 - Frankfurt Niederrad, W623
Strecke 3650	Ffm Stadion, W 525 - Frankfurt (Main) Süd

Projekt 5097
~~Januar 2013~~
~~Oktober 2017~~
~~Oktober 2019~~
Mai 2020

Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56 80
www.bgsumwelt.de • info@bgsumwelt.de
An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung und Vorbemerkung 14

2 Hydrogeologische Verhältnisse 16

2.1 Hydrogeologische Schematisierung 16

2.2 Grundwasserstände 17

2.3 Grundwasserqualität 21

2.4 Böden 22

3 Qualität des Entwässerungswassers 24

3.1 Entwässerungsverhalten des Gleiskörpers 24

3.2 Spektrum der emittierten Stoffe 26

3.3 Stoffeigenschaften der emittierten Stoffe 30

3.4 Untersuchungen zur Entwässerungswasserqualität 33

4 Konzeption der Entwässerung 41

4.1 Grundsätze 41

4.2 Oberbau und Streckenbetrieb 41

4.3 Bemessungsgrundwasserstände 43

4.4 Wasserschutzgebiete, Einzugsgebiete der Wasserwerke und Fließzeiten zu den Brunnen 44

4.5 Entwässerungskonzept 45

4.6 Dezentrale Versickerung 46

4.7 Sammeln und Ableitung in Versickerbecken 47

4.8 Mainbrücke 49

4.9 Risiko einer Grundwasserverunreinigung 49

5 Wechselwirkungen von Bauwerken mit dem Grundwasser 53

5.1 Allgemeines und Vorbemerkungen 53

5.2 EÜ Golfstraße (BW-Nr. 2.2) 53

5.3 Bauwerksgründungen im Grundwasser 55

5.4 Stützbauwerke 58

5.5 Kumulative Barrierewirkung 58

5.5.1 Bauwerksteile im Grundwasser 59

5.5.2 Grundwassermodellrechnungen 60

6 Mainbrücke 61

6.1 Hydraulischer Bauwerkseinfluss 61

6.2 Bauzeitliche Wasserhaltung 62

6.3 Entwässerung 63

7 Wasserrechtliche Antragsgegenstände 64

7.1 Erlaubnisse zur Benutzung von Gewässern 64

7.2 Ausnahmen von Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung 67

7.3 Genehmigung baulicher Anlagen im Überschwemmungsgebiet des Mains 67

8 Monitoring und Beweissicherung **68**
8.1 Überwachung der Aufstau- und Absenkwirkung der EÜ Golfstraße 68
8.2 Überwachung potenzieller vorhabenbedingter Auswirkungen auf die Grundwasserqualität 69
8.3 Überwachung der bauzeitlichen Einleitung in den Main 72
9 Vorhabenübergreifende RisikobBetrachtung S-Bahnanbindung Gateway Gardens — Umbau Knoten Stadion 3. BS / Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar und Umbau Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe **73**
9.1 Anlass 73
9.2 Beschreibung der anderen Bauvorhaben 73
9.2.1 ~~9.1~~ S-Bahnanbindung Gateway Gardens (Strecke 3683) 73
9.2.2 ~~9.2~~ Umbau Knoten Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar 76
9.2.3 Regionaltangente West (RTW) 78
9.3 Quantitative Beeinflussung des Grundwassers 79
9.4 Qualitative Beeinflussung des Grundwassers 80
9.4.1 Methodische Grundlagen 80
9.4.2 ~~9.4.1 Ausgangssituation~~ Beschreibung des Versorgungssystems 82
~~9.4.2 Gefährdung aus Gefährdung aus Streckenbetrieb und -unterhaltung, Instandhaltung und Baudurchführung 77~~
9.4.3 Gefährdungsanalyse 85
9.4.4 Risikoabschätzung 87
9.4.5 Risikobeherrschung 100
9.4.6 ~~9.4.3~~ Havariefall ~~und Ersatzwasserbeschaffung~~ 109
10 Ersatzwasserbeschaffung **118**
10.1 Rahmenbedingungen der Wasserversorgung und Standortsuche 118
10.1.1 Rahmenbedingungen der Wasserversorgung - Notwendigkeit der Grundwasserentnahme sowie Förder- und Bezugsalternativen 118
10.1.2 Standortsuche 119
10.2 Allgemeine Beschreibung der Gewinnungsanlage am Standort Vogelschneise 122
10.2.1 Variantenuntersuchung Infiltrationsanlage 122
10.2.2 Geplante Wassergewinnungsanlage 128
10.3 Vorgaben der Raumordnung und Landesplanung 133
10.4 Klimatische Verhältnisse 133
10.5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse 135
10.6 Grundwasserbewirtschaftung 136
10.7 Abgrenzung des Untersuchungsraums 143
10.7.1 Einzugsgebiet und 50-Tage-Linie 143
10.7.2 Einflussbereich 145

10.8 Wasserwirtschaftliche Auswirkungen 146
10.8.1 Wechselwirkungen mit anderen Grundwasserentnahmen 146
10.8.2 Setzungs- und vernässungsgefährdete Gebiete 146
10.9 Grundwasserbeschaffenheit 147
10.10 Grundwasserdargebot 152
10.10.1 Natürliches Grundwasserdargebot und Einschränkungen des Grundwasserdargebots 152
10.10.2 Nutzbares Grundwasserdargebot 153
10.10.3 Bewertung der beantragten Grundwasserentnahme 153
10.11 Überwachungs- und Kontrollprogramm und wasserrechtliche Antragsgegenstände 154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Maßgebliche Grenzwerte für die Beurteilung der Qualität von Grund- und Sickerwasser	36
Tabelle 2	Analyseergebnisse der Sedimentproben aus dem Versickerbecken Sportfeld	37
Tabelle 3	Analyseergebnisse der Wasserproben aus dem Versickerbecken Sportfeld	39
Tabelle 4	Streckenbetrieb im Ausbaubereich 2010 und ~~2025~~2030	42
Tabelle 5	Verteilung des Güterverkehrs auf die Strecken 3520 und 3624 (bis Bf. Frankfurt-Niederrad) 2010 und ~~2025~~2030	42
Tabelle 6	Streckenbetrieb auf der Strecken 3650 in 2010 und ~~2025~~2030	43
Tabelle 7	Im Modell angesetzte Entnahme- und Infiltrationsmengen der Stadtwaldwasserwerke	44
Tabelle 8	Messstellen für das bauzeitliche Monitoring im WSG	70
Tabelle 9	Parameterumfang zur Überwachung der Grundwasserqualität	71
Tabelle 10	Zeitfenster der Baumaßnahmen im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke	86
Tabelle 11	Leitsubstanzen, typische Austragsmechanismen und Indikatoren als Maß für die Emissionsmenge	88
Tabelle 12	Schwermetallemissionen aus Bahnanlagen nach EAWAG 2005	89
Tabelle 13	Kohlenwasserstoffemissionen aus Bahnanlagen nach EAWAG 2005	90
Tabelle 14	Normierte Eintragswerte der Schadstoffgruppen zur Bestimmung einer Belastungskonzentration	93
Tabelle 15	Ableitung der Eintragskonzentrationen im Planzustand anhand der Veränderung der Indikatoren	97
Tabelle 16	Schutzmaßnahmen mit Einfluss auf die Eintragskonzentrationen der Leitparameter	102
Tabelle ~~10~~17	Entnahme- und Infiltrationsmengen des WW Goldstein	112
Tabelle 18	Grundwassermessstellen und Referenzgrundwasserstände für den Bereich der Stadtwaldwasserwerke	138
Tabelle 19	Verteilung der Fördermengen im Jahresverlauf	139
Tabelle 20	Den Modellrechnungen zu Grunde liegende Förderraten der umliegenden Entnehmer	140
Tabelle 21	Förder- und Infiltrationsmengen im Simulationszeitraum unter den Witterungsbedingungen von 1970 bis 1990	141

Tabelle 22 Maximale Analysenergebnisse anthropogener Wasserinhaltsstoffe an den Versuchsbrunnen 1 und 2 bei den Probennahmen vom Dezember 2016 – Mai 2017 150

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Wasserstände am Pegel Frankfurt/Osthafen vom 1.1.2000–1.1.2012	18
Abbildung 2	Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-39-G04500 und HW-39-G04770	19
Abbildung 3	Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-36-G00740, HW-35-G04940 und HW-35-G01790	19
Abbildung 4	Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-36-G04440, HW-36-G03440 und HW-36-G03090	20
Abbildung 5	Bodenformen im Untersuchungsgebiet (nach Digitale Bodenflächendaten BFD50)	23
Abbildung 6	Absetz- und Versickerbecken Sportfeld	34
Abbildung 7	Bahnlinien im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke mit 100 Jahren Fließzeit zu den Brunnen	81
Abbildung 8	Belastungsschwerpunkte des Kohlenwasserstoffeintrags aus Weichenfeldern im Istzustand	92
Abbildung 9	Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)	94
Abbildung 10	Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 16)	95
Abbildung 11	Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 36)	95
Abbildung 12	Belastungswerte aus normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)	98
Abbildung 13	Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 27)	99
Abbildung 14	Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und der Bauphase (Spanne der Eintragswerte: 0 - 48)	99

Abbildung 15	Belastungswerte aus normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)	105
Abbildung 16	Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~15~~ 16)	106
Abbildung 17	Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~30~~ 28)	107
Abbildung 18	Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und einer Reinigungswirkung bei der Bodenpassage (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~15~~ 16)	108
Abbildung 19	Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und einer Reinigungswirkung bei der Bodenpassage (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~30~~ 28)	108
Abbildung ~~7~~20	Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer ca. 1,5 km langen Eintragsstrecke	113
Abbildung ~~8~~21	Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer 225 m langen Eintragsstrecke im westlichen Trassenabschnitt	114
Abbildung ~~9~~22	Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer 225 m langen Eintragsstrecke im östlichen Trassenabschnitt	114
Abbildung 23	Infiltrationsbrunnen, Potentialverteilung	124
Abbildung 24	Infiltrationsbrunnen (d = 1000 mm, schwarzer Bereich), Filtergeschwindigkeiten [m/h]	125
Abbildung 25	Sickerschlitzgraben, Potentialverteilung	125
Abbildung 26	Sickerschlitzgraben (L = 90 m), Filtergeschwindigkeiten [m/h]	126
Abbildung 27	Flächeninanspruchnahme Infiltrationsbrunnen	127
Abbildung 28	Flächeninanspruchnahme Sickerschlitz	127

Abbildung 29 Jahresniederschlagssummen - DWD-Station Frankfurt-Flughafen 134
Abbildung 30 Klimatische Wasserbilanz der Station Frankfurt Flughafen (1968-2013) 135

Anlagenverzeichnis

Anlage 18.1.1a-geändert	Übersichtslageplan
Anlage 18.1.2a-geändert	Kilometrierung der Ausbaustrecke
Anlage 18.1.3a-neu	Detaillageplan mit Kilometrierung der Ausbaustrecke
Anlage 18.2.1a-geändert	Lage der hydrogeologischen Schnitte
Anlage 18.2.2a-geändert	Hydrogeologischer Schnitt 1 (W-O Richtung)
Anlage 18.2.3a-geändert	Hydrogeologischer Schnitt 2 (N-S Richtung)
Anlage 18.2.4a-geändert	Flächenhafte Verbreitung der Tonschichten
Anlage 18.3.1a-geändert	Grundwassergleichenplan Oktober 2004
Anlage 18.3.2a-geändert	Flurabstandsplan bei mittleren Grundwasserständen
Anlage 18.4a-geändert	Strömungsbild und Einzugsgebiete der Brunnen der Stadtwaldwasserwerke
Anlage 18.5a-geändert	Entwässerungskonzept
Anlage 18.6.1a-geändert	FE-Netz zur Modellierung der Barrierewirkung der EÜ Golfstraße
Anlage 18.6.2a-geändert	Vertikalschnitt der Modellrechnung zur Barrierewirkung EÜ Golfstraße
Anlage 18.6.3a-geändert	Einfluss der bauzeitlichen Wasserhaltung EÜ Golfstraße
Anlage 18.7.1a-neu	Übersichtslageplan zur Barrierewirkung
Anlage 18.7.2a-neu	Hydrogeologischer Schnitt in der Trasse der Strecke 3657
Anlage 18.7.3b-geändert	Berechnete Nullaufspiegelung bei mittleren klimatischen Verhältnissen und konstruierte Grundwassergleichen von 1884
Anlage 18.7.4a-neu	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem Ist- und Planzustand bei Nullförderung und mittleren klimatischen Verhältnissen
Anlage 18.~~7~~ 8b-geändert	Lageplan der Messstellen für das Grundwassermonitoring
Anlage 18.9.1a-neu	Strömungsbild und Einzugsgebiete der Brunnen der Stadtwaldwasserwerke ohne Sanierungsbetrieb der Fraport AG
Anlage 18.9.2c-geändert	Streckennummern und Zugzahlen im Ist-Zustand
Anlage 18.9.3c-geändert	Schwermetalleintrag im Ist-Zustand
Anlage 18.9.4a-neu	Gleisanzahl im Ist-Zustand
Anlage 18.9.5c-geändert	Herbizideintrag im Ist-Zustand
Anlage 18.9.6c-geändert	Kohlenwasserstoffeintrag im Ist-Zustand
Anlage 18.9.7c-geändert	Streckennummern und Zugzahlen im Plan-Zustand ohne RTW
Anlage 18.9.8c-geändert	Streckennummern und Zugzahlen im Plan-Zustand mit RTW
Anlage 18.9.9c-geändert	Schwermetalleintrag im Plan-Zustand ohne Maßnahmen
Anlage 18.9.10c-geändert	Schwermetalleintrag im Plan-Zustand ohne Maßnahmen mit RTW
Anlage 18.9.11c-geändert	Herbizideintrag im Plan-Zustand ohne Maßnahmen
Anlage 18.9.12c-geändert	Kohlenwasserstoffeintrag im Plan-Zustand ohne Maßnahmen

Anlage 18.9.13c-geändert Kohlenwasserstoffeintrag im Plan-Zustand ohne Maßnahmen mit RTW
Anlage 18.9.14a-neu Entwässerungskonzepte der betrachteten Vorhaben
Anlage 18.9.15c-geändert Schwermetalleintrag im Plan-Zustand mit Maßnahmen
Anlage 18.9.16c-geändert Schwermetalleintrag im Plan-Zustand mit Maßnahmen mit RTW
Anlage 18.9.17c-geändert Herbizideintrag im Plan-Zustand mit Maßnahmen
Anlage 18.9.18c-geändert Kohlenwasserstoffeintrag im Plan-Zustand mit Maßnahmen
Anlage 18.9.19c-geändert Kohlenwasserstoffeintrag im Plan-Zustand mit Maßnahmen mit RTW

Anlage 18.10.1a-neu Übersichtslageplan der möglichen Brunnenersatzstandorte
Anlage 18.10.2b-geändert Übersichtslageplan Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise
Anlage 18.10.3.1b-geändert Bohr- und Ausbauprofil der flachen Entnahmebrunnen
Anlage 18.10.3.2b-neu Bohr- und Ausbauprofil der tiefen Entnahmebrunnen
Anlage 18.10.4b-geändert Lageplan Entnahmebrunnen 1, 2, 4, 5
Anlage 18.10.5b-geändert Lageplan Entnahmebrunnen 3 (mit Trafo- und Schaltstation)
Anlage 18.10.6a-neu Brunnenabschlussbauwerk mit Anschüttung - Grundriss und Schnitt
Anlage 18.10.7b-geändert Lageplan Sickerschlitz
Anlage 18.10.8b-geändert Schnitte Sickerschlitz
Anlage 18.10.9a-neu Hydrogeologischer Schnitt entlang der Sickerschlitzstandorte
Anlage 18.10.10b-geändert Ganglinien an Grundwassermessstellen im Bereich WW Schwanheim, WW Goldstein und WW Oberforsthaus
Anlage 18.10.11.1a-neu Einzugsgebiet im Ist-Zustand (Ausgangsszenario)
Anlage 18.10.11.2b-geändert Einzugsgebiet oberhalb der lokalen Trennschicht mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise (Ausgangsszenario)
Anlage 18.10.11.3b-geändert Einzugsgebiet oberhalb der lokalen Trennschicht mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise nach Abschluss der Sanierungen
Anlage 18.10.11.4b-neu Einzugsgebiet unterhalb der lokalen Trennschicht mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise, flache und tiefe Entnahme, mit Sanierungen
Anlage 18.10.11.5b-neu Berechnete Grundwassergleichen oberhalb der lokalen Trennschicht mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise, flache und tiefe Entnahme, mit Sanierungen
Anlage 18.10.11.6b-neu Berechnete Grundwassergleichen oberhalb der lokalen Trennschicht mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise, flache und tiefe Entnahme, mit Sanierungen
Anlage 18.10.12b-geändert Abgrenzung der Wasserschutzgebietszonen im Bereich des Wasserwerks Goldstein, flache und tiefe Entnahme
Anlage 18.10.13b-geändert Maximaler Einflussbereich der Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise, flache und tiefe Entnahme (Grundwasserstandsänderung gegenüber dem Ausgangsszenario)

Anlage 18.10.14b-geändert	Flurabstandsplan bei mittleren Grundwasserständen und Förderverlagerung auf die Brunnen Vogelschneise, flache und tiefe Entnahme
Anlage 18.10.15.1a-neu	Grundwasseranalysen des Versuchsbrunnens 1 vom 14.12.2016, 12.01.2017, 29.03.2017, 26.04.2017 und 29.05.2017
Anlage 18.10.15.2a-neu	Grundwasseranalysen der Versuchsbrunnens 2 vom 14.12.2016, 12.01.2017, 29.03.2017, 26.04.2017 und 29.05.2017
Anlage 18.10.15.3b-neu	Grundwasseranalysen des Versuchsbrunnens 3 vom 17.11.2016, 12.01.2017 und 29.03.2017
Anlage 18.10.15.4b-neu	Grundwasseranalysen der Versuchsbrunnens 4 vom 17.11.2016, 12.01.2017 und 29.03.2017

Anhangverzeichnis

Anhang I	Dokumentation Grundwassermodell
Anhang II	Neubau einer Eisenbahn-Brücke über den Main – Hydraulische Begleitung der Planung
Anhang III	Dokumentation Grundwassermodell zum Bewirtschaftungskonzept der Stadtwaldwasserwerke

1 Veranlassung und Vorbemerkung

Die DB Netz AG plant die Umgestaltung des Knotens Frankfurt (Main)-Sportfeld. Das Gesamtvorhaben ist in drei Ausbaustufen gegliedert. Das vorliegende hydrologische Gutachten behandelt die 2. Ausbaustufe. Die 2. Ausbaustufe umfasst den Bau von zwei zusätzlichen Gleisen zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und dem Abzweig Gutleuthof und betrifft den Streckenabschnitt von km 31,24 – km 34,43 der Strecke 3520 sowie am östlichen Abzweig des Gleisdreiecks den Streckenabschnitt ab km 6,11 der Strecke 3624.

Die zusätzlichen Gleise werden östlich der vorhandenen Strecke für den Fernverkehr gebaut. In Folge des Ausbaus werden die vorhandenen Eisenbahnüberführungen entsprechend erweitert. Für die Überquerung des Mains zum Hauptbahnhof wird eine zusätzliche Brücke gebaut.

Im Ausbauabschnitt südlich des Mains sind folgende Strecken betroffen:

Strecke 3683	(Ffm) Abzw. Kleyerstr., W2 – Flughafen – Kelsterbach, W27, S-Bahn-Strecke „Gateway Gardens“
Strecke 3520	Mainz Hbf – Frankfurt (Main) Hbf
Strecke 3650	Frankfurt Stadion - Frankfurt Süd
Strecke 3657	(Ffm) Abzw Gutleuthof – Mannheim – Pfingstberg, Neubaustrecke (NBS) Rhein/Main – Rhein/Neckar
Strecke 3620	Frankfurt Niederrad, W630 – Abzw Frankfurt (Main) Gutleuthof, W3/4
Strecke 3624	Frankfurt Louisa, W920 - Frankfurt Niederrad, W623

Die S-Bahnstrecke Gateway Gardens soll im Verbindungsstück zwischen dem Frankfurter Flughafen und dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion umverlegt und östlich der A5 neu gebaut werden. Die bestehenden Gleisanlagen werden rückgebaut. Die NBS Strecke 3657 ist noch in Planung. Das Vorhaben Umbau Knoten Stadion 3. Ausbaustufe stellt die geänderte Fortsetzung des Vorhabens NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar auf dem Abschnitt zwischen Bahnhof Zeppelinheim und Bahnhof Stadion dar. Das Vorhaben Umbau Knoten Stadion, 3. Ausbaustufe befindet sich in der Vorplanung.

Anlage 18.1.1a zeigt in einem Übersichtslageplan in rot den Bauabschnitt der Ausbaustufe 2, in lila die ICE-Neubaustrecke (NBS) Strecke 3657 und in türkis den neu zu bauenden Streckenabschnitt der S-Bahnstrecke Gateway Gardens (Strecke 3683). **Anlage 18.1.2a** zeigt die im Folgenden im Bericht sowie bei allen weiteren Anlagen und Ortsangaben verwendete Kilometrierung der Strecke 3520.

Der südliche Abschnitt des Bauvorhabens liegt bis km 32,73 in der gemeinsamen Wasserschutzgebietszone (WSG) IIIA der Stadtwaldwasserwerke. Als Stadtwaldwasserwerke werden die im Frankfurter Stadtwald gelegenen Wasserwerke (WW) Hinkelstein, Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus bezeichnet. Betreiber der Stadtwaldwasserwerke ist die Hessenwasser GmbH und Co. KG, im Folgenden kurz als Hessenwasser bezeichnet.

Der Ausbauabschnitt der von Osten kommenden Strecke 3624 liegt im Bereich des Wasserwerks (WW) Oberforsthaus in der Zone IIIA.

Im hydrologischen Gutachten (Anlage 18~~b~~c der Planfeststellungsunterlagen) werden die vorhabensbedingten Auswirkungen der Baumaßnahmen der 2. Ausbaustufe auf das Grundwasser und den Main ermittelt. Dabei werden die folgenden Punkte untersucht und dargestellt:

- Konzept zur Entwässerung der Gleisanlagen u.a. unter Berücksichtigung der Verordnung zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke,
- dauerhafte Barrierewirkung der Bauwerke auf die Grundwasserströmung,
- bauzeitliche Einwirkungen auf das Grundwasser,
- hydraulischer Bauwerkseinfluss und bauzeitliche Einwirkungen der neu zu bauenden Mainbrücke auf den Main,
- wasserrechtliche Antragsgegenstände nach WHG und nachgeordneten Gesetzen und Verordnungen,
- Grundwassermonitoring und Beweissicherung.

Zusätzlich wird die

- kumulierende Wirkung sämtlicher in der konkreten Planung befindlichen Bauvorhaben der DB Netze (Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe, S-Bahn-Strecke „Gateway Gardens“ und Umbau Knoten Stadion, 3. Ausbaustufe, NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar) auf das Grundwasser und
- die Ersatzwasserbeschaffung

dargestellt.

Für das Untersuchungsgebiet steht ein behördlich anerkanntes numerisches Grundwassermodell zur Verfügung, das an die Anforderungen der für die Planfeststellung zu erarbeitenden Unterlagen angepasst wurde.

2 Hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Hydrogeologische Schematisierung

Das Untersuchungsgebiet liegt im nördlichen Oberrheingraben. Die oberflächennahen Schichten bestehen aus den Ablagerungen der altpleistozänen Mainterrassen, überwiegend Kiese und Sande. Die Mächtigkeit dieser Schichten variiert deutlich. In Mainnähe beträgt sie ca. 5 - 10 m und im Bereich des Flughafens Frankfurt ca. 40 m. Im Bereich der Wasserwerke Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus liegt die Mächtigkeit bei ca. 10 – 20 m. Lokal sind in unregelmäßiger Form gering durchlässige Tonhorizonte zwischengeschaltet, die jedoch nicht über größere Distanzen korreliert werden können. Lediglich südlich der Stadtwaldwasserwerke sind im Grundwasserleiter Ton- und Schluffschichten vorhanden, die eine flächenhafte hydraulische Trennwirkung haben. Unter den pleistozänen Mainsedimenten lagern pliozäne Sande und Kiesen, die generell geringer durchlässig sind als die pleistozänen Ablagerungen.

Pliozäne und pleistozäne Lockergesteine bilden im Untersuchungsgebiet eine hydraulische Einheit. Dieses Grundwasserstockwerk wird u.a. durch die Stadtwaldwasserwerke intensiv wasserwirtschaftlich genutzt. Die Basis dieses Grundwasserstockwerks wird durch miozäne Tone gebildet und fällt von Osten nach Westen hin ab. Die Mächtigkeit des oberen Grundwasserstockwerks nimmt daher im weiteren Untersuchungsgebiet von Osten nach Westen hin zu. Sie beträgt ca. 40 m im Bereich der Ausbaustrecke und steigt relativ kontinuierlich auf bis zu ca. 200 m am Frankfurter Flughafen an ~~(Kelsterbacher Tiefscholle)~~ (HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1980).

Anlage 18.2.1a zeigt die Lage der geologischen Schnitte. Der geologische Schnitt 1 (**Anlage 18.2.2a**) verläuft in West-Ost-Richtung durch die Brunnen der Wasserwerke Goldstein und Oberforsthaus. Der geologische Schnitt 2 (**Anlage 18.2.3a**) verläuft in Nord-Süd-Richtung entlang der Ausbaustrecke zwischen dem Abzweig Gutleuthof und dem Brunnen WB0034 des WW Oberforsthaus. Beide geologischen Schnitte zeigen südlich des Mains in den oberen 10 m unter der Geländeoberkante (GOK) fast ausschließlich Sande. Nur in einzelnen Bohrungen werden in dieser Höhenlage Tonschichten erbohrt, deren Mächtigkeit wenige Dezimeter beträgt.

Schnitt 2 zeigt in den Bohrungen BK 1, BK 2, Bohrung 62, S/B 70, S/B 74, S/B 96 und S/B 97 eine mehrere Meter mächtige Tonschicht, deren Oberkante bei ca. 80 – 88 müNN liegt, d.h. ca. 12 – 18 m unter GOK. Diese Tonlinse liegt im zentralen Bereich der Ausbaustrecke, bei ca. km 32,5 – km 33,2 und ist wegen ihrer Nähe zur Eisenbahnüberführung Golfstraße von Relevanz.

Nördlich des Mains weisen die Bohrungen S/B 126 und S/B 127 von ca. 91,0 – 92,5 müNN, d.h. bei ca. 2,5 – 4 m unter GOK, eine Tonschicht auf. Beide Bohrungen sowie die Bohrung S/B 132 A zeigen außerdem bei ca. 9 -11,5 m unter GOK, d.h. ca. 83,4 – 86,0 müNN ein ca. 2 – 3 m mächtige Tonschicht. In den Bohrungen S/B 133 und S/B 136 findet sich eine vergleichbar mächtige Tonschicht in etwas höherer Lage, bei ca. 86 – 89 müNN.

Anlage 18.2.4a zeigt die Verbreitung, Mächtigkeit und Höhenlage der geringdurchlässigen, hydraulisch wirksamen Trennschichten. Eine flächige Verbreitung der Trennschichten, die auch zu Druckunterschieden in den verschiedenen Grundwasserleitern führt, tritt erst südlich der A3 und östlich der A5 auf und hat daher für das Bauvorhaben keine Bedeutung. Dargestellt in Anlage 18.2.4a wurde die Tonlinse zwischen km 32,5 – km 33,2, da ihre hydraulische Wirkung bei der Berechnung des Einflusses der EÜ Golfstraße auf das Grundwasser berücksichtigt werden muss.

2.2 Grundwasserstände

Die Grundwasserfließrichtung ist im südlich des Mains gelegenen Teil des Untersuchungsgebietes großräumig in nordwestliche Richtung auf den Main als Vorfluter gerichtet. Die Grundwasserströmung wird dabei maßgeblich von den Entnahmen und Infiltrationsmaßnahmen der Stadtwaldwasserwerke sowie der Wechselwirkung des Grundwassers mit dem Main beeinflusst.

Anlage 18.3.1a zeigt den Grundwassergleichenplan für Oktober 2004. Der Oktober 2004 stellt im Untersuchungsgebiet mittlere Verhältnisse dar. Die Absenktrichter der Wasserwerke Schwanheim und Goldstein sind gut zu erkennen.

Nördlich des Mains liegen Grundwasserstände u.a. aus den geotechnischen Berichten der Bauwerke nördlich des Mains vor. Diese zeigen an, dass sich im näheren Uferbereich vergleichbare Grundwasserstände mit dem südlichen Mainufer einstellen. Dies ist erwartungsgemäß, da beidseitig des Mains im Nahbereich der Grundwasserstand durch den durch die Staustufe Griesheim geregelten Mainwasserstand bestimmt wird. Die am südlichen Mainufer gelegenen Brunnen an der Staustufe Griesheim sind seit 1998 nicht mehr in Betrieb.

Der Wasserstand des Mains liegt oberhalb der Staustufe Griesheim bei ca. 92,0 müNN. Bei Hochwasser kann der Mainwasserstand um mehrere Meter ansteigen. Der mittlere Wasserstand am ca. 6,5 km flussaufwärts gelegenen Pegel Frankfurt Osthafen beträgt 1,77 m. Das höchste Hochwasser der vergangenen 10 Jahre wurde am 5.1.2003 mit einem Wasserstand von 5,19 m, d.h. 3,42 m über dem mittleren Pegelwasserstand gemessen. Seit dem Jahr 2000 wurde die Meldestufe 1 mit einem Wasserstand von 3,4 m, d.h. 1,63 m über dem mittleren Wasserstand mehrmals, die Meldestufe 3 mit einem Wasserstand von 4,7 m, d.h. 2,93 m über dem mittleren Wasserstand, zweimal überschritten. Der Wasserstandsverlauf am Pegel Frankfurt/Osthafen ist in Abbildung 1 dargestellt. Für die Grundwasserströmung sind die Mainhochwasserstände bedeutsam, da sich dann im Uferbereich kurzfristig die Strömungsverhältnisse umkehren und Spitzen in den Grundwasserständen erreicht werden.

Relative Grundwasserhochstände wurden im Untersuchungsgebiet im Oktober 2005 gemessen. Die Grundwasserstände zu diesem Zeitpunkt wurden, soweit vorhanden in die geologischen Schnitte in Anlage 18.2.2a und 18.2.3a eingetragen. Nördlich des Mains wurden die im Rahmen der Erkundungsbohrungen von Oktober bis Dezember 2010 angetroffenen hohen Grundwasserstände übernommen.

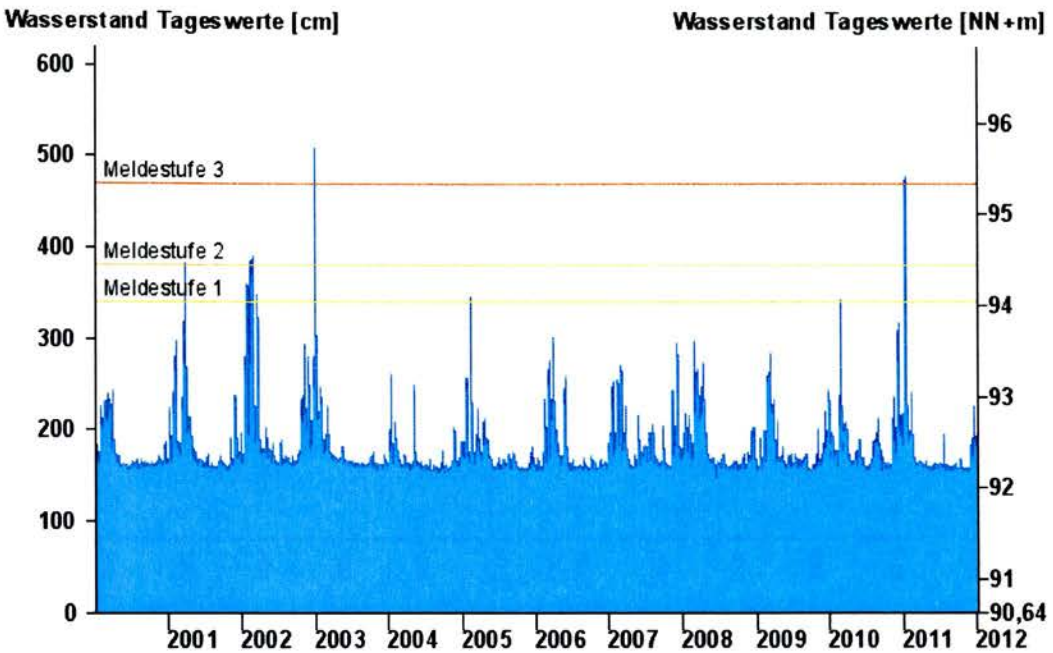

Abbildung 1 Wasserstände am Pegel Frankfurt/Osthafen vom 1.1.2000–1.1.2012

Die folgenden Abbildungen 2 – 4 zeigen die Grundwasserstandsganglinien einiger Messstellen im Untersuchungsgebiet von 1990 bis 2011, um sowohl das mittlere Grundwasserstandsniveau als auch die Schwankungsbreite zu dokumentieren. Die Lage der Messstellen ist aus Anlage 18.3.1a ersichtlich.

Abbildung 2 zeigt die Ganglinien der in Mainnähe gelegenen Messstellen HW-39-G04500 und HW-39-G04770. Der ausgeglichene Verlauf mit nur geringen Schwankungen spiegelt die Flussnähe wider. Da die Abmessung nur monatlich erfolgt, werden Hochwasserspitzen allerdings in der Regel nicht erfasst. Das Mainhochwasser vom Januar 2011 ist als Peak in der Ganglinie der Messstelle HW-39-G04500 erkennbar.

Abbildung 3 zeigt die Ganglinien der Messstellen HW-36-G00740, HW-35-G04940 und HW-35-G01790. Die Messstelle HW-36-G00740 liegt nahe der EÜ Golfstraße. Ihr Schwankungsbereich liegt seit 1990 zwischen 94 und 95 müNN. Die beiden Messstellen HW-35-G04940 und HW-35-G01790 liegen am östlichen Abzweig der Güterzugstrecke Strecke 3624. Alle drei Messstellen sind durch das Förderregime des WW Oberforsthaus geprägt. Die Fördereinstellung im WW Oberforsthaus (Stand-by Betrieb) im März 2005 führte in allen Messstellen zu einem unmittelbaren Anstieg der Grundwasserstände um 1 - 2 m.

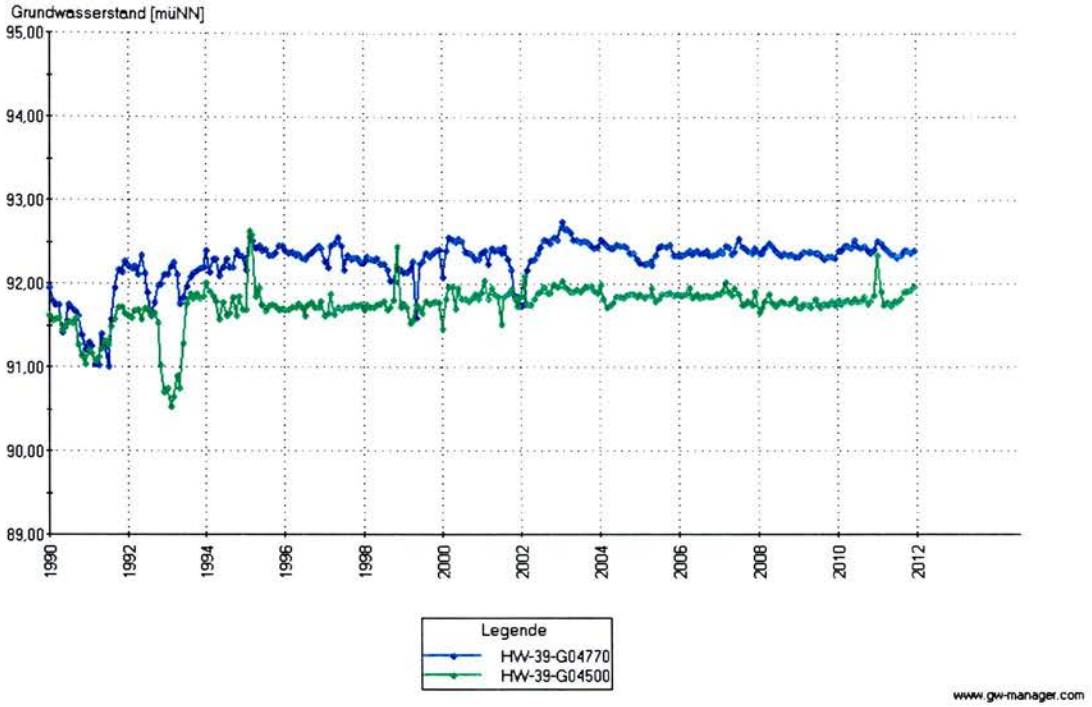

Abbildung 2 Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-39-G04500 und HW-39-G04770

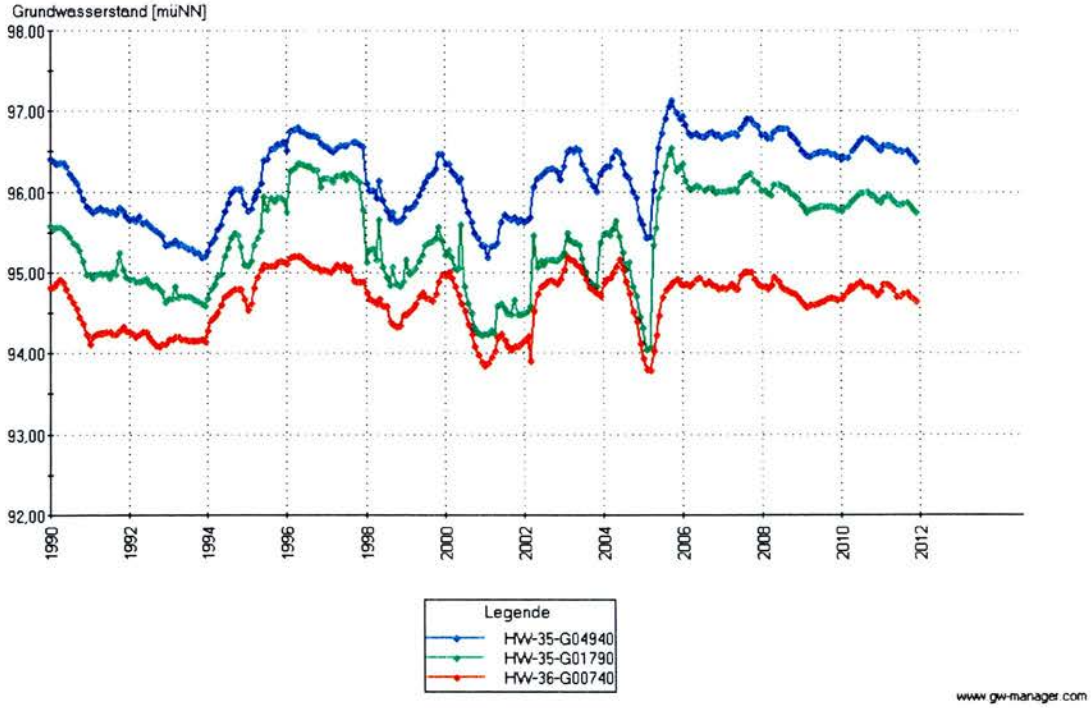

Abbildung 3 Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-36-G00740, HW-35-G04940 und HW-35-G01790

In Abbildung 4 sind die Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-36-G0440, HW-36-G03440 und HW-36-G0390 dargestellt, die entlang der Ausbaustrecke zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und dem Gleisdreick liegen. Sie liegen unmittelbar neben den Brunnen des WW Goldstein. Ihr Verlauf ist daher v.a. von den Förderraten der nächstgelegenen Brunnen geprägt und zeigt in den letzten 20 Jahren eine Schwankungsbreite von ca. 4 m.

Die Förderung der Stadtwaldwasserwerke wird derzeit durch den Bescheid vom 06.07.2005 geregelt. In diesem Bescheid werden an ausgewählten Messstellen untere, mittlere und obere Korridorwerte für die Grundwasserstände angegeben, die den Schwankungsbereich der Grundwasserstände definieren. Die Korridorwerte sind ebenfalls in Anlage 18.3.1a vermerkt.

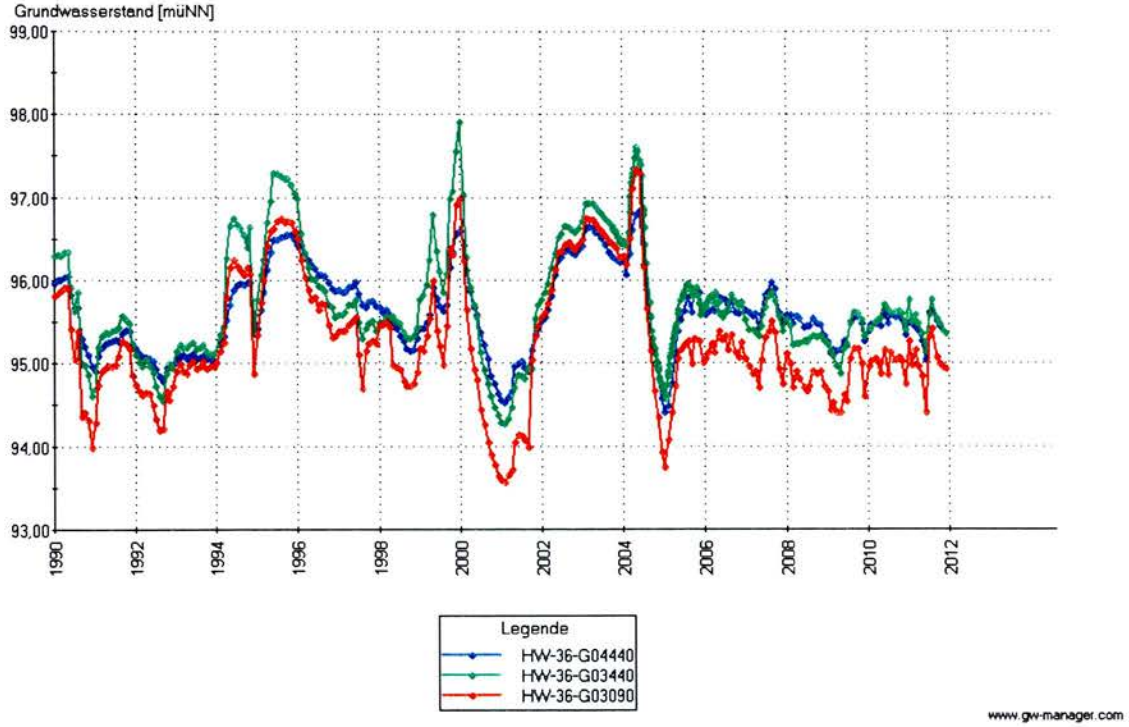

Abbildung 4 Ganglinien der Grundwassermessstellen HW-36-G04440, HW-36-G03440 und HW-36-G03090

Anlage 18.3.2a zeigt großräumig die Flurabstände zwischen Schwanheim, Niederrad, dem Main und dem Frankfurt Flughafen bei klimatisch mittleren Verhältnissen. Charakteristisch ist der abrupte Anstieg der Flurabstände im Bereich Bereich (Ostgalerie WW Goldstein) oder unmittelbar südlich der Gewinnungsanlagen der Stadtwaldwasserwerke auf Werte von 10 m und mehr. Zwischen dem Main und diesem Bereich liegen die Flurabstände überwiegend bei 3 – 7,5 m. Nur in der unmittelbareren Ufernähe des Mains werden Flurabstände von 3 m unterschritten.

Entlang der Ausbaustrecke liegen die Flurabstände südlich der Gewinnungsanlagen der WW Goldstein und Oberforsthaus bei ca. 10 m und mehr, im Bereich des Gleisdreiecks bei 5 –

7,5 m und nördlich der EÜ Golfstraße bis zum Niederräder Ufer bei 3 – 5 m. Nördlich des Mains betragen die Flurabstände nördlich der Gutleutstraße ebenfalls 3 m und mehr.

2.3 Grundwasserqualität

Die Ausbaumaßnahmen durchlaufen die Einzugsgebiete der Wasserwerke Goldstein und Oberforsthaus. Die folgende Beschreibung der Grundwasserqualität in diesen Einzugsgebieten beruht auf Angaben der Hessenwasser GmbH & Co. KG.

Das Rohwasser der Wasserwerke Goldstein und Oberforsthaus ist mittelhart. Die Nitratkonzentrationen liegen bei ca. 20 mg/l.

In beiden Wasserwerken waren im Rohwasser Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP) ~~Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)~~ bestimmbar. Im Einzugsgebiet des WW Goldstein liegen die PSMBP ~~PBSM~~- -Konzentrationen bei bis zu 0,5 µg/l. Dies entspricht dem Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS-Wert) der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV). Im Einzugsgebiet des WW Oberforsthaus liegen die nachgewiesenen PSMBP ~~PBSM~~- -Konzentrationen mit bis zu 5 µg/l zehnfach höher. Als vermutliche Eintragsquelle für die PSMBP ~~PBSM~~ werden die Gleisanlagen genannt (ABKE u.a.. 1993). Landwirtschaftliche Nutzflächen existieren in beiden Einzugsgebieten nicht in nennenswertem Maße.

Im Bereich des Gleisdreiecks östlich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion sind nach Angaben des Umweltamtes der Stadt Frankfurt Altablagerungen vorhanden.

CKW wurden im Einzugsgebiet des WW Goldstein in Konzentrationen bis zu 100 µg/l nachgewiesen. Der Eintrag erfolgt mutmaßlich aus dem Gleisdreieck sowie aus den Industrieflächen westlich von Neu-Isenburg.

Lokal wurde in den Brunnen 7 und 8 des WW Oberforsthaus der Sprengstoff TNT und dessen Metabolite nachgewiesen.

Für die geotechnischen Berichte zu den Ingenieurbauwerken entlang der Ausbaustrecke wurde das Grundwasser auf seine Betonaggressivität und Korrosivität bzgl. legierter und nichtlegierter Werkstoffe hin untersucht. Die beprobten Wässer waren überwiegend schwach alkalisch (pH-Werte von 7,1 - 8,3) und mit Ausnahme der EÜ Gutleutstraße von mittlere Härte (s.u.).

Südlich des Mains (Gleisdreieck, Güterzugrampe, Golfstraße) ist das Grundwasser nicht betonangreifend und die Korrosionswahrscheinlichkeit sehr gering. Auffällig sind die hohen Ammoniumgehalt von 1,17 mg/l und 2,16 mg/l der Wasserproben an der EÜ Golfstraße.

Nördlich des Mains ist das Grundwasser an der EÜ Gutleutstraße wegen hoher Sulfatgehalte von 841 mg/l stark betonangreifend. Diese Wasserprobe weist auch sehr hohe Calciumgehalte von 1.400 mg/l auf. An der EÜ Gutleuthof ist das Grundwasser schwach betonangreifend. ~~und an der EÜ Ladestraße nicht betonangreifend.~~

~~Im Protokoll zur Probennahme an der EÜ Ladestraße wurde ein Geruch der Wasserprobe nach Mineralöl vermerkt. Analyseergebnisse für organische Schadstoffe (z.B. CKW, PAK, BTEX) liegen für diese Wasserprobe nicht vor.~~

2.4 Böden

Die Böden im Untersuchungsgebiet sind durch die nahezu lückenlose Bebauung im Stadtgebiet Frankfurt-Niederrad stark anthropogen überprägt und durch Baumaßnahmen und örtliche Abtragungen und Auffüllungen in ihrer natürlichen Horizontierung verändert. Entsprechend lückenhaft sind die in den Digitalen Bodenflächendaten für Hessen (BFD50) enthaltenen Informationen.

Unter Zuhilfenahme der geologischen Karte Blatt Nr. 5917 (HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1980) und der „Übersichtskarte zum Gliederungsprinzip der Bodenkarte" (HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1990) lässt sich die folgende Grobgliederung für die Situation vor der Besiedelung ableiten.

Im schmalen Streifen in unmittelbarer Nähe zum Main - in dessen engerem Hochflutbett - finden sich sandig-kiesige bis schluffig-lehmige Auenablagerungen. Aus diesen bildeten sich Auenpararendzinen (GEN-ID 26, Digitale Bodenflächendaten für Hessen BFD50), Auengleye und Gley-Vegen (GEN-ID 28) aus bis zu 20 dm mächtigen Auensanden über 3 bis 12 dm mächtigen Auenschluffen oder –lehmen über Flusssand oder Terrassensand.

In den Übergangsbereichen zu den nördlich und südlich anschließenden, höher gelegenen pleistozänen Terrassenflächen wurden über Terrassensanden Hochflutsedimente abgelagert. Hier könnten sich aus 3 bis 6 dm mächtigen Hochflutsanden über 2 bis 4 dm mächtigen Hochflutlehmen über 2 bis 3 dm mächtigen Hochflutsanden und -schluffen mit Carbonat-Anreicherungshorizont (Rheinweiß) über Terrassensand Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden (GEN-ID 74) entwickelt haben.

Die Böden dieser mainnahen Standorte weisen eine mittlere nutzbare Feldkapazität nFK_{100} (bis 100 cm Profiltiefe) von 140 bis 200 mm auf.

Südlich dieses Gebietes dehnt sich ein Bereich großflächig hochflutlehmfreier sandig-kiesiger, örtlich von Flugsanddünen überdeckten, Terrassensedimente bis zu einer Linie Langen - Mörfelden aus. Hier bildeten sich weiträumig Braunerden (bspw. GEN-ID 106) aus 3 bis 8 dm mächtigen schwach schluffigen bis lehmigen Sanden über z.T. kiesigem Terrassensand. Örtlich beschränkt – an Stellen, an denen den pleistozänen Terrassensanden Fluvial- oder Seelehmen und –tonen unterlagert sind - entwickelten sich mittel bis stark grundnasse Gley-Braunerden mit Pseudogley-Braunerden (GEN-ID 107).

An Standorten mächtiger Flugsandablagerungen (Dünen) finden sich Braunerden (GEN-ID 123) und Gley-Braunerden mit Pseudogley-Braunerden (GEN-ID 125) aus 3 bis 8 dm mächtigen Flugsandfließerden über örtlich über 10 dm mächtigen Flugsanden über Terrassensand.

An den durch Flugsandablagerungen geprägten physiologisch trockenen Standorten sind die nutzbaren Feldkapazitäten nFK_{100} gering (60 bis 140 mm).

Böden mit organogenen Bildungen beherrschen westlich des Gleisdreiecks die hochflutlehmbedeckten subrezenten Auengebiete des breiten Main-Altlaufes zwischen Niederrad und Kelsterbach. Hier entwickelte sich ein kleinräumiges Mosaik von grundwasserbeeinflussten Anmoorgleyen, Moorgleyen und Niedermooren (GEN-ID 35) aus bis 8 dm mächtigem Torf, z.T. über 3 bis 6 dm mächtigen Fließerden über 2 bis 6 dm mächtigen Hochflutsanden, -lehmen und –tonen über Terrassensand. Die nutzbaren Feldkapazitäten nFK_{100} liegen bei mittleren 140 bis 200 mm.

Abbildung 5 zeigt in einem Ausschnitt aus der Digitalen Bodenkarte 1:50.000 (BFD50) die Bodenformen im Untersuchungsgebiet.

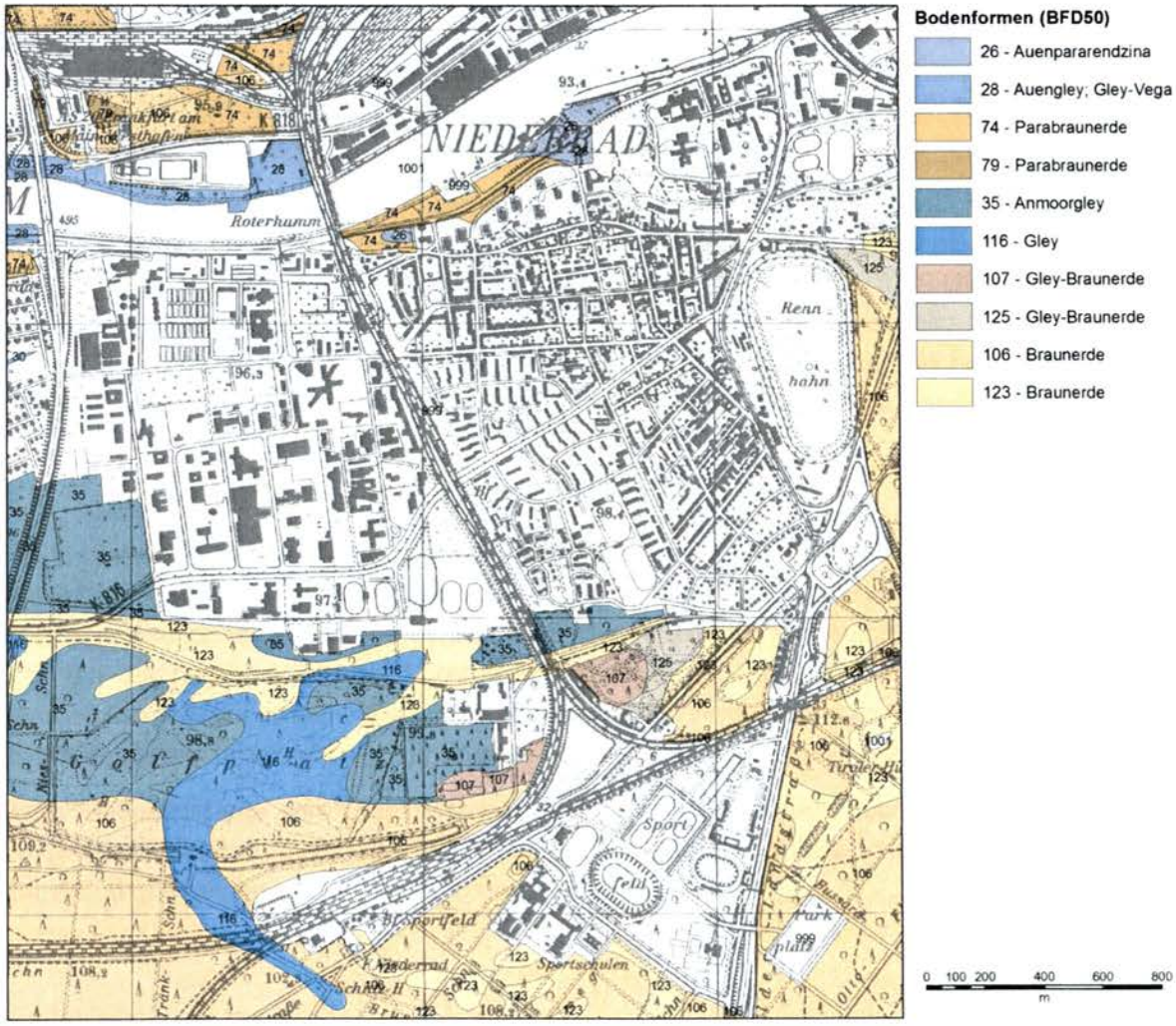

Abbildung 5 Bodenformen im Untersuchungsgebiet (nach Digitale Bodenflächendaten BFD50)

3 Qualität des Entwässerungswassers

Das Risiko einer qualitativen Beeinträchtigung des Grundwassers im Bereich von Gleiskörpern hängt von den emittierten Stoffen, von der Sickerwassermenge und vom Entwässerungsverhalten im Gleisbereich ab. Ohne infiltrierenden Niederschlag findet keine Verlagerung von Stoffen aus dem Gleisbereich in tiefere Bodenschichten statt. Das Entwässerungsverhalten wird im Wesentlichen durch die Witterung, den Aufbau des Gleiskörpers und den anstehenden Boden beeinflusst.

Die folgende Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes zum Entwässerungsverhalten und zum Schadstoffaustrag von Gleiskörpern basiert auf einer Literaturauswertung verschiedener Studien, darunter u.a.:

- BELOW, M. et al. 2008: Ergebnisse der Untersuchungen zum Abflussverhalten von Niederschlägen in Gleisanlagen,
- BUWAL 2002: Entwässerungsverhalten und Schadstoffaustrag von Gleiskörpern,
- EAWAG 2005: Gewässerschutz an Bahnanlagen - Emittierte Stoffe im Normalbetrieb der SBB sowie Grundlagen zu deren Umweltverhalten.

In einem gesonderten Gutachten zur Sickerwasserqualität für das Vorhaben Neubaustrecke Rhein-Main / Rhein-Neckar wurden darüber hinaus Untersuchungen zur Qualität des Entwässerungswassers und zum Stoffrückhalt in Versickerbecken durchgeführt (BGS UMWELT 2009). In diesen Untersuchungen wurde das vorhandene Versickerbecken an der Str. 4010 (Riedbahn) südlich der B 43 stellvertretend für Streckenbereiche mit Schotteroberbau betrachtet (Anlage 18.5a). Dieses Versickerbecken **wird im Folgenden als** „Versickerbecken Sportfeld" **bezeichnet**

3.1 Entwässerungsverhalten des Gleiskörpers

Die Sickerwassermenge wird durch die Niederschlagsintensität und die Niederschlagsverteilung geprägt. In der Regel versickert nur ein Teil des Niederschlagswassers im Gleiskörper bzw. Boden, während der andere Teil verdunstet. Der Anteil des Niederschlags, der versickert, ist u.a. von der bereits erreichten Porensättigung abhängig. Ein Teil des Niederschlagswassers kann im Gleiskörper zwischengespeichert werden. Die Verdunstung findet sowohl an der Oberfläche des Gleiskörpers als auch in dessen Inneren statt und ist schwer zu erfassen.

Beim Stoffabtrag aus dem Gleisbereich sind neben den Abflüssen auch Stoffverlagerungen in Folge von Wind- und Sprüheffekten relevant. Die Windverhältnisse bzw. die Turbulenzen des Zugverkehrs bestimmen die Deposition von Partikeln.

Feldmessungen der DB AG (BELOW et al. 2005)

Das Abflussverhalten in Gleisen der DB AG wurde an zwei Orten in der Vorharz-Region, Ahlshausen und Sudheim, über einen Zeitraum von 4 Jahren (Oktober 2002 – November 2006) untersucht. Beide Messstandorte befinden sich in der Nähe der Strecke Hannover-Göttingen und liegen in einer Region, die durch hohe Niederschlagsmengen gekennzeichnet ist. Der Gleiskörper besteht in beiden Fällen aus einem Schotterkörper mit einer darunter liegenden Planumsschutzschicht und ist daher mit dem Aufbau der Ausbaustrecke vergleichbar. An beiden Standorten wurde eine Meteorologiestation sowie Einrichtungen zur Abflussmessung in den Gräben installiert.

Auf Grobschotter tritt kein Oberflächenabfluss auf, so dass das Regenwasser dort innerhalb kurzer Zeit versickern kann. Im Bereich der darunter liegenden Planumsschutzschicht wird das Wasser zwischengespeichert und versickert von dort weiter Richtung Tiefe oder fließt in Richtung Randgraben ab. Bei bereichsweiser Sättigung der Poren ist auch ein Abfließen auf der Oberfläche der Planumsschutzschicht möglich. Es zeigte sich, dass der größte Teil des Niederschlagswassers sehr schnell in den Porenräumen des Schotters und der feinkörnigeren Planumsschutzschicht am Randweg des Bahnkörpers versickerte und nur ein kleinerer Teil des Regenwassers nach kurzer Bodenpassage in die Bahnseitengräben übertrat.

Auf Grundlage der umfangreichen Messungen an beiden Standorten, die auch eine Reihe von extremen Regenereignissen aufweisen, wurden folgende verallgemeinernde Aussagen getroffen:

- Für die untersuchten Streckenabschnitte wurde eine Wasserbilanz aufgestellt, die im Mittel eine Verdunstung von 25 – 27 % der Niederschlagsmenge beinhaltet. Demnach kommen ca. 75 % der Niederschlagsmenge zum oberirdischen und unterirdischen Abfluss.
- In Sudheim kam es erst bei Niederschlagsmengen pro Regenereignis von 5 mm im Winter bzw. 10 mm im Sommer zu messbaren Abflüssen im Randgraben, da dann die Versickerungsfähigkeit des Grabens überschritten wird.
- Die maximalen Werte für den Oberflächenabfluss betrugen in Ahlshausen 4%, in Sudheim 6,7 % der Niederschlagsmenge. An beiden Standorten zeigten die Sommermonate die höchsten potenziellen Speicherkapazitäten für die Gleisanlage und damit die geringsten Oberflächenabflussereignisse.

Der Spitzenabflussbeiwert ist bei durchlässigen Tragschichten bisher mit 0,4 – 0,5 und bei schwach durchlässigen Tragschichten mit 0,6 – 0,8 angesetzt worden. BELOW et al. (2005) schlagen aufgrund der Messergebnisse vor, die Spitzenabflusswerte auf 0,1 – 0,2 für durchlässige und auf 0,4 – 0,6 für schwach durchlässige Tragschichten zu reduzieren.

Der Niederschlag, der direkt in die Seitengräben fällt, gilt nicht als Abfluss im engeren Sinne, kann jedoch den Gleisabfluss um ein Vielfaches übersteigen und führt entsprechend auch zu einer Verdünnung von Stoffeinträgen.

Im Rhein-Main-Gebiet fällt der Hauptanteil des Niederschlags, 24 % der Jahresniederschlagssumme, in Tagesniederschlagsmengen zwischen 6 und 10 mm. Der Anteil der Tagesnieder-

schläge unter 6 mm beträgt 25 % der Jahresniederschlagssumme (BGS Umwelt 2011). Überträgt man die Ergebnisse aus Sudheim und Ahlshausen auf Frankfurt heißt das, dass in Abhängigkeit von der Jahreszeit ca. 25 – 50 % der Niederschläge nicht abflusswirksam sind. Der mittlere jährliche Abfluss für den geplanten Schotteroberbau mit abgedichtetem Planum wird mit 400 mm/a abgeschätzt.

3.2 Spektrum der emittierten Stoffe

Im Eisenbahnbetrieb können zahlreiche problematische Stoffe diffus in die Umwelt freigesetzt werden. Im Normalbetrieb der Bahn ist bzgl. der Herkunft der Emissionen zwischen Bau, Betrieb und Unterhalt der Bahnanlagen zu unterscheiden.

- Die Emissionen während der Bauphase sind v.a. abhängig von der Art und Menge der verwendeten Bau- und Hilfsstoffe.
- Während des Betriebs sind die Emissionen abhängig von der Anzahl der Fahrzeuge, der Fahrzeugart (Güter-/Personenverkehr) und Merkmalen der Strecke, d.h. ob es sich um eine Bremsstrecke, Kurvenstrecke oder gerade Strecke handelt. Emissionen entstehen u.a. durch Abrieb von Bremse, Schiene, Rad und Fahrleitung, durch Abschwemmung von Schmiermittel und durch Tropfverlust.
- Die Emissionen beim Unterhalt der Gleise sind abhängig von den Streckenmerkmalen, d.h. ob es sich z.B. um einen (Rangier-)Bahnhof oder eine Weiche handelt sowie von der Vegetationskontrolle. Die Emissionen, z.B. der Weichenschmierung oder der eingesetzten Pflanzenschutzmittel, entstehen durch Abschwemmung oder durch Verdrift über die Luft.

Die Emissionsquellen können unterschieden werden in

- punktuelle Quellen (z.B. Masten, Weichen, Brücken),
- lokale Quellen (z.B. Bahnhöfe, Rangierbereiche, bremsintensive Strecken),
- flächenhafte Quellen (z.B. Fahrleitungs-, Rad- und Schienenabrieb, Herbizidapplikationen).

Im Gleisbereich und gleisnahen Boden werden die emittierten Stoffe abgelagert und akkumuliert, abgebaut oder mobilisiert. Möglicherweise führen die vom Zugverkehr verursachten Turbulenzen zu einer relativ gleichmäßigen Verteilung der partikulären Stoffe.

Die wesentlichen durch den Bahnbetrieb emittierten Stoffgruppen sind Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe und Herbizide. Diese werden nachfolgend kurz charakterisiert. Sonstige durch den Bahnbetrieb freigesetzte Stoffe sind u.a. Nährstoffe, Betonzusatzstoffe und Bindemittel sowie diverse Tropfverluste. Diese Stoffe sind von untergeordneter Bedeutung.

Schwermetalle

Schwermetalle werden vor allem durch mechanischen Abrieb und in geringerem Maße durch Korrosion und Verbrennungsrückstände aus Dieselkraftstoff emittiert.

Schwermetallhaltiger Abrieb entsteht an den Bremsen, zwischen Rad und Schiene sowie untergeordnet zwischen Fahrleitungsdraht und Stromabnehmer. Nach den Untersuchungen der SBB entstammt die gesamte jährliche Emissionsmenge durch Reibungsabrieb zu 74,3 % aus dem Bremsabrieb, zu 19,4 % aus dem Schienenabrieb und zu ca. 4,8 % aus dem Radabrieb.

Durch den Bahnbetrieb bedingt ist v.a. mit der Emission folgender Schwermetalle zu rechnen:

- Blei: Korrosionsschutz, Weichenschmierung, Spurkranzschmierung, Mechanismusschmierung, Bremsabrieb.
- Cadmium: Gleisbremse, Diesel-Kraftstoff, Korrosionsschutz.
- Chrom: Korrosionsschutz, Radabrieb, Bremsabrieb, Schienenabrieb.
- Eisen: Weichenschmierung, Spurkranzschmierung, Mechanismusschmierung, Korrosion an Eisenschwellen, Radabrieb, Schienenabrieb, Bremsabrieb.
- Kupfer: Korrosionsschutz, Weichenschmierung, Spurkranzschmierung, Mechanismusschmierung, Diesel-Kraftstoff, Radabrieb, Bremsabrieb, Fahrleitungsabrieb.
- Mangan: Radabrieb, Schienenabrieb, Bremsabrieb.
- Nickel: Radabrieb.
- Zink: Weichenschmierung, Spurkranzschmierung, Mechanismusschmierung, Diesel-Kraftstoff, Korrosionsschutz.
- weitere Metalle: Aluminium, Antimon, Magnesium, Molybdän, Silber, Vanadium, Zinn: Weichenschmierung, Stromabnehmerabrieb, Radabrieb, Fahrleitungsabrieb, Bremsabrieb.

Kohlenwasserstoffe

Im Normalbetrieb der Bahn werden Kohlenwasserstoffe durch Schmierfette und – öle und Diesel-Treibstoff in die Umwelt emittiert.

Schmierfette und –öle werden an den mechanischen Teilen von Weichen, Spurkranz, Pufferung und Lagern und bei dem Betrieb von hydraulischen Anlagen eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Produktinhaltsstoffe variiert das Emissionsmuster stark. Die Schmiermittel werden durch Abschwemmung und Betriebsverluste freigesetzt, wobei die Belastungsschwerpunkte vor allem in Bahnhöfen und Rangierbereichen liegen. Für die Emission von Schmiermitteln im Ausbauabschnitt ist u.a. relevant, ob und in welchem Ausmaß die Weichen geschmiert und gereinigt werden müssen. Bei der Mechanismusschmierung von z.B. Motoren, Puffern und Lagern entstehen diffuse Betriebsverluste.

Die Emission von Diesel-Treibstoff ist abhängig von der Anzahl der eingesetzten Diesel-Lokomotiven. Es ist davon auszugehen, dass sich im Bereich der Ausbaumaßnahmen der Einsatz von Diesel-Lokomotiven im Wesentlichen auf Rangier- oder Baufahrzeuge beschränkt.

Untersuchungen von BREGY 2004 zeigen, dass Komposit-Bremsen unter maximaler Beanspruchung BTEX und PAK emitteren können.

Herbizide

Der Einsatz von Herbiziden auf den Gleisanlagen ist zur Vegetationskontrolle und zum Erhalt der Betriebs- und Verkehrssicherheit zwingend erforderlich. Mechanische oder manuelle Verfahren kommen nur in einem sehr begrenzten Maße zum Einsatz.

Eine wirksame Vegetationsbekämpfung erfordert den Einsatz von Blattherbiziden, die über die oberirdischen Teile der Pflanze wirken sowie von Bodenherbiziden, die über die Wurzel wirksam werden.

Die Herbizide ~~Pflanzenbehandlungs- und schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)~~ werden durch Spritzzüge ausgebracht, die mit langsamer Geschwindigkeit die zu behandelnde Strecke abfahren und die Mittel zielgerichtet und dem örtlichen Bewuchs entsprechend ausbringen. Dadurch wird ein Abdriften der eingesetzten Herbizide außerhalb des Gleisbereichs weitgehend vermieden. Die Möglichkeit eines Herbizidaustrages wird v.a. in Verbindung mit Starkregen gesehen, der einen präferentiellen Transport in den Unterbau oder –grund bewirken kann. Regelmäßige Auflage bei der Herbizidausbringung ist daher die Unterlassung der Ausbringung bei Regen und Wind.

Austragssensitiv sind insbesondere die Randwegebereiche der Gleise (EAWAG 2005).

Bei der Anwendung werden die Anwendungszeitpunkte, die behandelten Gleisstrecken, die eingesetzten Präparate und Aufwandmengen dokumentiert. Die geplanten Spritzungen sind dem Eisenbahnbundesamt (EBA) 14 Tage vor der geplanten Anwendung anzuzeigen und der Fahrplan des Spritzzuges ist vor der Fahrt dem EBA zur Verfügung zu stellen.

Die bei der DB AG zur chemischen Vegetationskontrolle in Gleisanlagen eingesetzten Herbizide müssen eine Zulassung durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) nach § 15 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) für Gleisanlagen haben.

Die Zulassung eines Herbizids auf Antrag des Herstellers wird erteilt, wenn u. a.

- es hinreichend wirksam ist,
- es keine schädlichen Auswirkungen auf Mensch, Tier, Grundwasser hat sowie keine unvertretbaren Auswirkungen auf zu schützende Pflanzen bzw. Pflanzenerzeugnisse,
- es keine sonstigen unvertretbaren Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt sowie auf den Hormonhaushalt von Mensch und Tier hat,
- eine zuverlässige Bestimmung von Rückständen möglich ist.

Eine Zulassung erfolgt auf 10 Jahre. Ein Widerruf ist aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse jederzeit möglich.

Der Einsatz von Herbiziden zur Unkrautbekämpfung im Gleisbereich wird durch das Eisenbahnbundesamt (EBA) mit Bescheid genehmigt. Der Bescheid ergeht unter diversen Auflagen, die den Einsatz auf das geringst mögliche Maß reduzieren. So dürfen Herbizide z.B. nur in Bereichen zum Einsatz kommen, in denen aufgrund des Unkrautpotentials/-drucks eine Behandlung unbedingt erforderlich ist. Somit wird ein Großteil der eingesetzten Blattherbizide direkt

resorbiert und steht einer Verlagerung z.B. in den Bahnseitengraben i.d.R. nicht zur Verfügung. Bei der Anwendung werden die Anwendungszeitpunkte, die behandelten Gleisstrecken, die eingesetzten Präparate und Aufwandmengen dokumentiert. Regelmäßige Auflage ist die Unterlassung der Ausbringung bei Regen und Wind.

Derzeit sind folgende Pflanzenschutzmittel (Wirkstoff) vom EBA genehmigt:

- Tender GB Ultra (Glyphosat-Isopropylamin-Salz),
- Purgarol (Glyphosat-Isopropylamin-Salz),
- Stakkato GA (Glyphosat-Ammonium-Salz),
- Nozomi (Flumioxazin),
- Chikara (Flazasulfuron).

Glyphosat ist ein Organophosphorherbizid. Es wirkt als Breitbandherbizid und zählt u.a. als Wirkstoff in Roundup zu einem der weltweit bedeutendsten Herbizide. Glyphosat wird über die Blätter aufgenommen.

Glyphosat wird von der DB seit Mitte der 1980er Jahre zur Gleisentkrautung verwendet. Nach der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS) gehört Glyphosat zur Wassergefährdungsklasse (WGK) 2, d.h. zu den wassergefährdenden Stoffen. Die DB setzt u.a. Purgarol ein. Purgarol ist vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit als Herbizid für die Einsatzgebiete Ackerbau, Forst, Gemüsebau, Nichtkulturland, Obstbau, Grünland, Weinbau und Zierpflanzenbau zugelassen (www.bvl.bund.de, Stand: Juli 2009). Hauptmetabolit von Glyphosat ist die Aminomethylphosphonsäure (Aminomethylphosphonic Acid), kurz AMPA.

Seit 2003 wird von der DB Flumioxazin zur Gleisentkrautung verwendet. Flumioxazin gehört zu den N-Phenylimiden und ist ein Wurzelherbizid. Es verhindert die Chlorophyll-Synthese. Das von der Bahn eingesetzte Herbizid Nozomi enthält Flumioxazin mit einem Anteil von 50 %. Laut Angaben des Sicherheitsdatenblattes des Herstellers wird Nozomi als stark wassergefährdend (WGK 3) eingestuft. Nozomi ist vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit als Herbizid für die Einsatzgebiete Nichtkulturland und Zierpflanzenbau zugelassen (www.bvl.bund.de, Stand: Januar 2012).

Flazasulfuron ist ein Sulfonylharnstoff. Es ist ein selektives Herbizid der WGK 2 und wird u.a. im Weinbau eingesetzt.

Weitere früher verbeitete Herbizide, die heute nicht mehr zum Einsatz kommen, sind Diuron, Atrazin, Simazin und Dimefuron.

Diuron ist ein Phenylharnstoff-Herbizid-Derivat der WGK 3. Es wird von den Pflanzen vorwiegend über die Wurzeln aufgenommen.

Atrazin gehört zu den Chlortriazinen und ist ein Boden– und Blattherbizid der WGK 3. Der Hauptanteil aller positiven Befunde im Grundwasser und Grenzwertüberschreitungen bei PSMBP ~~PBSM~~ ist auf Atrazin und dessen Hauptabbauprodukt Desethyl-Atrazin zurückzuführen. Die Anwendung von Atrazin ist seit März 1991 zum Schutz des Grundwassers verboten.

Simazin gehört ebenfalls zu den Chlortriazinen. Simazin wird über die Wurzeln aufgenommen und hemmt die Photosynthese (DVWK 1985). Simazin gehört zur WGK 3. Seit 2000 ist Simazin in Deutschland nicht mehr zugelassen.

Dimefuron ist ein Dimethyl-Harnstoff der WGK 2. Dimefuron wirkt selektiv.

3.3 Stoffeigenschaften der emittierten Stoffe

Das Austragsverhalten der emittierten Stoffe wird durch deren physikochemischen Eigenschaften bestimmt. Im Folgenden wird daher insbesondere das Abbau-, Sorptions- und Austragsverhalten der einzelnen Stoffgruppen beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass das Verhalten der Stoffe im Boden standortbezogen und zeitlich stark variabel sein kann.

Schwermetalle

Schwermetalle werden weder biologisch noch chemisch abgebaut. Sie können adsorbiert, wasserlöslich, als Komplexe oder als schwerlösliche Salze vorliegen. Da die aus dem Bahnbetrieb emittierten Schwermetalle überwiegend aus Reibungsprozessen stammen, liegen sie vermutlich in partikulärer Form vor.

Schwermetalle sind bei den üblichen pH-Werten eines Bodens bzw. der Bodenlösung immobil und reichern sich daher im Gleiskörper und im Boden an. Die Löslichkeit der Schwermetalle wird durch die Speziesverteilung und die Milieubedingungen im Boden und Bodenwasser bestimmt. Im Bereich von sauren pH-Werten sind Schwermetalle sehr mobil.

Cadmium wird bereits bei pH-Werten ≤ 6,5 zunehmend löslich. Für Zink liegt der Grenz-pH-Wert, ab dem eine Mobilisierung erfolgt bei 6–5,5, für Nickel bei 5,5, für Aluminiumionen bei pH<5 , für Kupfer bei einem pH-Wert von 4,5 und für Arsen und Chrom bei pH 4,5 - 4. Blei wird erst bei pH-Werten < 4 mobil. (SCHEFER et al. 1992).

Schwermetalle sorbieren bevorzugt an Tonminerale, Huminstoffe und Fe- und Al-Oxide. Die generelle Rangfolge der Schwermetalle bei der Sorption ist: Cd < Mn < Ni < Zn < Al < Cu < Cr(III) < Pb < Fe (III). Eisen, Aluminium und Mangan sind sorptionsstark und können v.a. als Oxide (Sesquioxide) gelöste Schwermetalle binden (EAWAG 2005).

Aufgrund des unterschiedlichen Reaktionsverhaltens der Schwermetalle wird das Mobilitätsverhalten von Schwermetallen vielfach wie folgt zusammengefasst, wobei die Löslichkeit und Mobilität von oben nach unten in der Liste zunehmen (EAWAG 2005):

- Fe(III): sehr unlösliche Eisenoxide, Mobilität gering (außer unter reduzierenden Bedingungen als Fe(II)), sehr große Eintragsmengen im Gleis, günstige Milieubedingungen zur Festlegung, Adsorbent für Schwermetalle.
- Mn(IV): sehr unlösliche Manganoxide, Mobilität gering (außer unter reduzierenden Bedingungen als Mn(II)), mittlere Eintragsmengen im Gleise, günstige Milieubedingungen zur Festlegung, Adsorbent für Schwermetalle.

- Cr(III): schwer lösliche Oxide, Mobilität gering (außer unter reduzierenden Bedingungen Bildung von Chromat Cr(VI)). Cr(III) kann zu Cr(VI) aufoxidiert werden. Oxidation mit Sauerstoff ist langsam, Oxidation von Cr(III) ist zum Beispiel durch Reaktion mit Manganoxiden möglich. Im Boden ist Cr(VI) praktisch nicht anzutreffen, da es zu Cr(III) reduziert wird. Cr(VI) ist bei saurem und basischem pH-Wert geringer adsorbierend als Cr(III). Im Gleis sind Milieubedingungen zur Oxidation gut.
- Pb: ziemlich schwer lösliche Bleioxide, Bleicarbonate und Bleiphosphate, die sich je nach Bedingungen in Böden bilden können. Die Mobilität von Blei in Böden ist auch durch die starke Adsorption an Oxiden (z.B. Eisenoxid, Manganoxid, Aluminiumoxid) eingeschränkt. Daher akkumuliert Pb gut. Die Löslichkeit und somit die Verlagerbarkeit nimmt ab pH< 4,5 zu.
- Cu: Löslichkeit der Oxide und Carbonate mittel, Adsorption an Oxiden mittel. Mobilität vor allem im Zusammenhang mit organischer Substanz durch Bildung löslicher Komplexe. Die geringste Löslichkeit liegt bei pH 5-6 vor und nimmt sowohl mit sinkendem als auch steigendem pH zu. Im Gleis sind Milieubedingungen zur Mobilisierung aufgrund des basischen pH und der oxischen Verhältnisse (Korrosion) gegeben.
- Ni: Löslichkeit der Oxide und Carbonate mittel, Adsorption an Oxiden mittel. Mobilität vor allem im Zusammenhang mit organischer Substanz durch Bildung löslicher Komplexe. Ni wird vorwiegend durch Sesquioxide und Tonminerale gebunden. Die Mobilität nimmt ab pH < 5,5 zu. Im Gleis sind Milieubedingungen zur Mobilisierung aufgrund des basischen pH und der oxischen Verhältnisse (Korrosion) möglicherweise gegeben.
- Zn: Löslichkeit der Oxide und Carbonate mittel, Adsorption an Oxiden schwach. Mobilität im Allgemeinen ziemlich hoch. Der Grenz-pH liegt zwischen 5,5-6, d.h. darunter sowie darüber nimmt die Mobilität zu. Im Gleis sind Milieubedingungen zur Mobilisierung aufgrund des basischen pH und der schwachen Adsorption an Fe- und Mn-Oxide gut.
- Cd: Löslichkeit der Oxide und Carbonate mittel, Adsorption an Oxiden schwach. Mobilität im Allgemeinen ziemlich hoch. Cd gehört neben Zn zu den mobilsten Schwermetallen. Bei pH-Werten im neutralen Bereich gehen nur relativ geringe Mengen von Cd in Lösung, während mit sinkendem pH die Löslichkeit exponentiell ansteigt. Im Gleis sind Milieubedingungen zur Mobilisierung aufgrund des basischen pH und der schwachen Adsorption an Fe- und Mn-Oxide gut, die Eintragsmengen aber sehr klein.

Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe können mikrobiell gut bis mäßig abgebaut werden, wobei die Milieubedingungen (Nährstoffe, mikrobielle Aktivität, Wassergehalt) die Abbaugeschwindigkeit bestimmen. Die Abbaubedingungen im Gleiskörper sind vermutlich wegen des geringen Nährstoffeintrags und Wassergehaltes ungünstig. Der Anteil an organischer Substanz ist insbesondere auf neuen Strecken gering. Im Boden ist die mikrobielle Aktivität in Abhängigkeit vom jeweiligen Bodentyp deutlich höher.

Die Gruppe der PAK gilt als außerordentlich persistent, da PAK nur langsam mikrobiell und durch UV-Strahlung zersetzt werden und sich folglich im Gleisbereich anreichern.

Kohlenwasserstoffe und PAK sind gut bis mäßig sorbierend, wobei der C_{org}-Gehalt einen großen Einfluss auf die Bindung hat, der Tongehalt und der pH-Wert eher einen untergeordneten (EAWAG 2005).

Herbizide

Glyphosat ist ein Organophosphorherbizid, das sich durch eine hohe Wasserlöslichkeit und den ionischen Charakter auszeichnet. Glyphosat und AMPA liegen in einem weiten pH-Bereich (pH 3-12) als Anion in ein-, zwei-, oder dreiwertiger Form vor (EAWAG 2005). Glyphosat ist aufgrund der guten biologischen Abbaubarkeit als nicht persistent einzustufen. Die theoretische organische Sorptionsfähigkeit ist gering. Obwohl Glyphosat sehr gut in Wasser löslich ist, ist dennoch nur ein geringes Verlagerungspotential bekannt. Aufgrund der polaren Molekülstruktur sind wahrscheinlich ionische Bindungsformen die Ursache für die Sorption an der feinkörnigen Bodenmatrix (FRESENIUS 2003).

Für Glyphosat liegt die Halbwertszeit zwischen wenigen Tagen und fast einem halben Jahr und beträgt durchschnittlich im Boden zwischen 40 und 60 Tagen (EAWAG 2003). Der Wirkstoff und auch sein Metabolit AMPA werden stark an obere Bodenschichten adsorbiert und relativ langsam zersetzt. Die Sorption von Glyphosat ist verglichen mit Triazinen vergleichsweise stark und hängt vor allem vom pH-Wert und Feinanteil ab. Glyphosat sorbiert in erster Linie an Aluminium- und Eisenoxiden, wobei die Sorption mit sinkendem pH-Wert zunimmt. Die durchschnittliche Halbwertszeit von Glyphosat in Oberflächengewässern wird mit 7 – 10 Wochen, im Sediment mit 1 – 23 Tagen, aber auch mit < 4 Tagen angegeben (AKKAN et al. 2003).

Die Halbwertszeit von AMPA liegt zwischen 120 und 960 Tagen, d.h. der Abbau ist deutlich langsamer als für Glyphosat. AMPA entsteht auch durch mikrobiellen oder photochemischen Abbau von organischen Polyphosphonaten (Detergentien) (EAWAG 2005).

Nach normaler Anwendung auf Gleisen kann die Glyphosat- und AMPA-Konzentration im Drainagewasser von Gleisanlagen zeitweilig 0,1µg/l überscheiten. Dieser Austrag verbindet sich in der Regel mit Starkregen, der präferentiellen Transport auslöst. Es wird erwartet, dass Glyphosat präferentiell in den Unterbau oder –grund sowie Entwässerungsgräben verlagert werden kann. Austragssensitiv sind insbesondere die Randwegebereiche der Gleise (EAWAG 2005). Die Langzeitstudie von FRESENIUS (2003) zeigt jedoch, dass durch den ordnungsgemäßen Einsatz von Herbiziden im Gleisbereich das Grundwasser in der Regel nicht belastet wird. Lediglich bei bestimmten ungünstigen örtlichen Gegebenheiten und dem Auftreten von Makroporen kann infolge eines punktuellen hydraulischen Kurzschlusses eine Verlagerung von Herbiziden auftreten.

In Feldversuchen wurden für Flumioxazin Halbwertszeiten zwischen 4,8 und 42 Tagen ermittelt. Als Metabolite sind insbesondere APF, THPA und 482-HA zu nennen (DEC 2005).

Diuron ist im Boden sehr persistent, was auf den geringen Abbau und Adsorption zurückgeführt wird. Die Halbwertszeit wird in der Regel mit 50 – 120 Tagen angegeben. Es wurden aber auch Halbwertszeiten von 670 Tagen und im Extremfall von 6 Jahren beobachtet (AKKAN et al. 2003). Auch in Gewässern wird Diuron stark an Sediment sorbiert und gilt als relativ beständig. Die Mobilität im Boden ist gering (DVWK 1985). Der Abbau erfolgt vorrangig mikrobiell. Als Abbauprodukt entsteht u.a. Desmethyldiuron. Diuron ist lipophil und lagert sich im Boden vorrangig an die organischen, humosen Bestandteile an. In Verbindung mit der mäßigen Wasserlöslichkeit von 35 mg/l (20°C) lässt sich das geringe Verlagerungspotential von Diuron aus den physikalischen und chemischen Parametern ableiten (FRESENIUS 2003).

Die Mobilität der Triazine (u.a. Atrazin und Simazin) ist relativ hoch. Triazine zählen zu den mäßig bis extrem beständigen Wirkstoffen. Für die durchschnittliche Halbwertszeit von Atrazin in Böden werden 40 – 60 Tage angegeben, je nach Bodenart und pH-Wert sind auch Werte bis zu 742 Tagen ermittelt worden. In Gewässern wurde eine Halbwertszeit von 64 Tagen bei pH 5 und > 200 Tage bei pH 7 bestimmt. Bei stärkerer Adsorption an Partikel kann Atrazin in Gewässern auch nach 18 Monaten noch nachweisbar sein (AKKAN et al. 2003).

Die Halbwertszeit von Simazin in Wasser beträgt 50 bis 700 Tage, in Böden 17 bis 140 Tage (AKKAN et al. 2003).

Es ist davon auszugehen, dass im Gleisschotter die Sorptionskapazität rasch erschöpft ist und daher auch wenig mobile Stoffe verlagert werden können. Im Boden bietet die große Oberfläche deutlich mehr potentielle Bindungsplätze als Schotter- oder Gleisunterbaumaterial.

Auch für die Herbizide ist davon auszugehen, dass der Abbau im Gleiskörper langsamer erfolgt als im Boden. Je älter das Schottermaterial ist, desto stärker ist die Sorption und desto schneller der Abbau (EAWAG 2005).

3.4 Untersuchungen zur Entwässerungswasserqualität

Im Auftrag der DB AG wurden in einer Langzeitstudie von 1993 – 1998 die Auswirkungen des Herbizideinsatzes im Gleisbereich hinsichtlich eines möglichen Eintrags in das Grundwasser untersucht (FRESENIUS 2003). An fünf ausgewählten Untersuchungsstandorten mit realistischen, aber eher ungünstigen Bedingungen für die Herbizidretention erfolgten Wirkstoffmessungen im Grundwasser für die Wirkstoffe Diuron und Glyphosat und ihre Metaboliten Desmethyldiuron und Aminomethylphosphonsäure (AMPA). Nur an einem Standort (Immenstadt in Bayern) wurden Diuron und Desmethyldiuron im Grundwasser direkt unterhalb des Bahnkörpers gefunden und somit ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Applikation und dem Auftreten von Diuron nachgewiesen. Die festgestellte Grundwasserbelastung mit Diuron war lediglich im direkten Umfeld der Messstelle vorhanden. Eine Akkumulation des Wirkstoffes in Wasser und Boden konnte nicht festgestellt werden (FRESENIUS 2003).

Im Rahmen des Gutachtens „ICE Neubaustrecke Rhein-Main / Rhein-Neckar - Gutachten zur Entwässerungswasserqualität" wurden zur Einschätzung der Sickerwasserqualität Sediment- und Wasserproben aus Versickerbecken sowie Wasserproben aus dem Direktabfluss von Fes-

ter Fahrbahn und Gleiskörper beprobt (BGS UMWELT 2009). Auf die Beprobung von Grundwassermessstellen wurde verzichtet, da hier Stoffeinträge von der Oberfläche nur mit zeitlicher Verzögerung nachgewiesen werden können und die Eintragsquellen darüberhinaus häufig nicht eindeutig zuzuordnen sind.

Repräsentativ für Streckenabschnitte mit Schotteroberbau wurde das „Versickerbecken Sportfeld" südlich der B 43 an der Strecke 4010 (bzw. Strecke 3657) beprobt (Anlage 18.5a). Es wurde eine Beprobung im Herbst 2008 und eine weitere Beprobung im Sommer 2009 durchgeführt und jeweils sowohl eine Wasser- als auch eine Sedimentprobe entnommen.

Abbildung 6 zeigt ein Foto des „Versickerbecken Sportfeld". Das Wasser fließt zunächst in ein gepflastertes Absetzbecken, welches eingestaut wird. Ab einem bestimmten Wasserstand strömt das Wasser über in das Versickerbecken, welches im Anfangsbereich eine gepflasterte Vertiefung als Erosionssicherung aufweist. Die Wasserprobe wurde aus dem Sickerwasser des Versickerbeckens und die Sedimentprobe aus dem Boden im Bereich des Versickerbeckens gewonnen. Die Probennahme wurde von BGS Umwelt durchgeführt.

Abbildung 6 Absetz- und Versickerbecken Sportfeld

Aus den Sedimentproben des Versickerbeckens wurden sowohl das Eluat als auch der Feststoff untersucht. Die Sedimentproben wurden mittels Handbohrer entnommen und stammen aus 0 – 0,2 m Tiefe. Das Eluat wurde über die Bodensäule gewonnen.

Die Proben wurden bei den Herbiziden auf die aktuell oder in jüngster Vergangenheit von der Bahn eingesetzten Wirkstoffe Dimefuron, Flumioxazin, Glyphosat sowie AMPA als Abbaupro-

dukt von Glyphosat sowie, auf Wunsch der Unteren Wasserbehörde, auf die Herbizide Diuron, Atrazin und Simazin untersucht. Außerdem wurden Metalle, Schwermetalle, CSB, AOX, PAK, Kohlenwasserstoffe, PCB, Sulfat und Nitrat analysiert.

Die Analyseergebnisse der Beprobung werden im Folgenden im Hinblick auf den Grundwasserschutz bewertet. Hierfür werden neben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV), die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) sowie die Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) des Hessischen Ministeriums jeweils in ihrer aktuellen Fassung herangezogen. Die entsprechenden Grenz-, Prüf- und GFS-Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die Prüfwerte nach BBodSchG gelten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone. Werden sie überschritten, ist unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt.

Die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) der GWS-VwV stellen ebenfalls Werte dar, bei deren Überschreitung im Einzelfall eine Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Grundwasserverunreinigung vorliegt. Die GFS-Werte beziehen sich auf die Konzentrationen im Grundwasser.

Die Grenzwerte der TrinkwV sind als zusätzliche Referenz angegeben.

Tabelle 1 Maßgebliche Grenzwerte für die Beurteilung der Qualität von Grund- und Sickerwasser

Parameter	**TrinkwV**	**GWS-VwV**	**BBodSchV**
	Grenzwert [µg/l]	GFS-Wert [µg/l]	Prüfwert [µg/l]
PSMBP ~~PBSM~~ gesamt	0,5	0,5	-
PSMBP ~~PBSM~~ Einzelstoff	0,1	jeweils 0,1	-
Diuron	-	0,05	-
PAK nach EPA ohne Naphthalin	-	0,2	0,2
Naphthalin	-	1	2
PAK (TrinkwV)	0,1	-	
PCB	-	0,01	0,05
KW-Index (C_{10} - C_{40})	-	100	200
AOX	-	-	-
Sulfat	250 mg/l	-	-
Aluminium	200	-	-
Arsen	10	10	10
Blei	10	7	25
Cadmium	3	0,5	5
Chrom	50	7 / 50 *	8 / 50*
Eisen, ges.	200	-	-
Kupfer	2 mg/l	14	50
Mangan	50	-	-
Nickel	20	14	50
Quecksilber	1	0,2	1
Zink	-	58	500

* Ist Chrom IV auszuschließen, kann der Wert der TrinkwV von 50 µg/l verwendet werden.

Zur Bewertung der Feststoffuntersuchungen der Sedimentproben wurden die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln“ der LAGA 2003 herangezogen.

Sedimentprobe

Tabelle 2 Analyseergebnisse der Sedimentproben aus dem Versickerbecken Sportfeld

Sedimentproben	Herbst 2008		Sommer 2009	
	Feststoff	Eluat	Feststoff	Eluat
Herbizide				
Glyphosat	< BG	< BG	< BG	< BG
AMPA	< BG	< BG	< BG	< BG
Diuron	< BG	< BG	< BG	< BG
Atrazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Simazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimefuron	< BG	< BG	< BG	< BG
Flumioxazin	< BG	< BG	< BG	< BG
PAK nach EPA	< BG	< BG	2,02 mg/kg	< BG
PCB	< BG	< BG	< BG	< BG
KW-Index	29 mg/kg	< BG	34 mg/kg	< BG
AOX	20 mg/kg	0,07 mg/l	< BG	0,04 mg/l
Sulfat	210 mg/kg	2 mg/l	160 mg/kg	2-8 mg/l
Aluminium	4.300 mg/kg	0,3 mg/l	7.000 mg/kg	0,54 mg/l
Eisen	5.100 mg/kg	0,19 mg/l	16.000 mg/kg	0,46 mg/l
Chrom	Z0-Material	< BG	Z0-Material	< BG
Nickel	Z0-Material	< BG	Z0-Material	< BG
Kupfer	Z0-Material	< BG	Z0-Material	0,012 mg/l
Mangan	Z0-Material	0,008 mg/l	Z0-Material	0,016 mg/l
Zink	Z0-Material	< BG	Z0-Material	0,02 mg/l
sonstige Metalle	Z0-Material	< BG	Z0-Material	< BG

Bei beiden Sedimentproben waren die untersuchten Herbizide, PAK und PCB sowohl im Feststoff als auch im Eluat unterhalb der Bestimmungsgrenze. Einzige Ausnahme bildet die im Juli 2009 gewonnene Sedimentprobe, bei der die Summe der PAK nach EPA 2,02 mg/kg TR beträgt. Nach der BBodSchV liegt der Vorsorgewert für PAK für Böden mit einem Humusgehalt < 8% bei 3 mg/kg und für Böden mit höheren Humusgehalten bei 10 mg/kg.

Die Technischen Regeln der LAGA schreiben nur für die Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink Zuordnungswerte vor, nach denen es sich bei beiden Sedimentproben aus dem Versickerbecken Sportfeld um Z0-Material handelt. D.h. es wäre ein uneingeschränkter Einbau dieses Bodenmaterials in bodenähnlichen Anwendungen möglich. Auch die Vorsorgewerte der BBbodSchV für Lehme und Schluffe werden unterschritten.

Im Herbst 2008 waren die Metalle im Eluat mit Ausnahme von Aluminium (0,3 – 0,54 mg/l), Eisen (0,19 – 0,46 mg/l) und Mangan (0,008 – 0,016 mg/l) ebenfalls unterhalb der Nachweisgrenze. Im Sommer 2009 wurden für Kupfer (0,012 mg/l) und Zink (0,02 mg/l) ebenfalls Werte oberhalb der Nachweisgrenze gemessen. Damit wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung für

Aluminium und Eisen von jeweils 0,2 mg/l teilweise überschritten. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung für Kupfer liegt bei 2 mg/l und wird somit deutlich unterschritten. Für Zink enthält die Trinkwasserverordnung keinen Grenzwert, nach der BBodSchV beträgt der Prüfwert 0,5 mg/l und der Geringfügigkeitsschwellenwert nach der GWS-VwV liegt bei 0,058 mg/l. Diese Werte werden somit ebenfalls deutlich unterschritten. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung für Mangan liegt bei 0,05 mg/l.

Weder die BBodSchV noch die GWS-VwV geben Prüfwerte bzw. Geringfügigkeitsschwellenwerte für Aluminium, Eisen oder Mangan vor. Da Aluminium nur eine geringe Humantoxizität besitzt, hat die Festlegung des Grenzwertes in der TrinkwV hauptsächlich ästhetische Gründe, da in dem für Trinkwasser zulässigen pH-Bereich Aluminium bei Konzentrationen von mehr als ca. 0,1 mg/l bereits zu Trübungen führt (KÖLLE 2003). Die Grenzwerte der TrinkwV für Eisen- und Mangan sind technisch bedingt. Aluminiumverbindungen werden in Böden erst bei pH-Werten unter 5 derartig mobil, dass sie toxische Wirkungen auf Bodenorganismen entfalten können (SCHEFFER et al. 1992).

Die Kohlenwasserstoffe gemessen als KW-Index C10-C40 liegen im Eluat unterhalb der Nachweisgrenze, während der AOX zwischen 0,04 und 0,07 mg/l gemessen wurde. Der AOX in der Trockenmasse beträgt bis zu 20 mg/kg Trockenmasse.

Weder die TrinkwV, noch die GWS-VwV, noch die BBodSchV geben Werte für AOX vor. Unter AOX werden verschiedene adsorbierbare organisch gebundene Halogene zusammengefasst, die häufig nicht als Einzelstoffanalysen belegt werden können. Beim Trinkwasser hat die Überwachung der Trihalogenmethane Indikatorfunktion für Halogenorganika. Der Grenzwert der TrinkwV beträgt für die Trihalogenmethane 0,05 mg/l und für die Summe von Tetrachlorethen und Trichlorethen 0,01 mg/l. Im Allgemeinen sind die Analysewerte des AOX sehr viel höher als die der Trihalogenmethane (KÖLLE 2003). Die gemessenen AOX-Gehalte sind somit als unauffällig einzustufen.

Wasserprobe

Bei beiden Wasserproben im Versickerbecken Sportfeld waren die untersuchten PAK, PCB sowie der KW-Index unterhalb der Nachweisgrenze. Die Herbizide Diuron, Atrazin, Simazin, Dimefuron und Flumioxazin waren ebenfalls bei beiden Wasserproben unterhalb der Nachweisgrenze, während für Glyphosat im Sommer 2009 ein Wert von 0,05 µg/l und für AMPA ein Wert von 0,34 µg/l gemessen wurde.

Der pH-Wert lag zwischen 7,5 und 8,1. Auffällig waren zum Teil die Metallkonzentrationen. In Tabelle 3 sind die unterschiedlichen Werte der TrinkwV, GWS-VwV und BBodSchV für die einzelnen Metalle aufgelistet.

Tabelle 3 Analyseergebnisse der Wasserproben aus dem Versickerbecken Sportfeld

Wasserproben	Herbst 2008	Sommer 2009
Herbizide		
Glyphosat	< BG	0,05 µg/l
AMPA	< BG	0,34 µg/l
Diuron	< BG	< BG
Atrazin	< BG	< BG
Simazin	< BG	< BG
Dimefuron	< BG	< BG
Flumioxazin	< BG	< BG
PAK	< BG	< BG
PCB	< BG	< BG
KW-Index	< BG	< BG
AOX	0,06 mg/l	< BG
Sulfat	17 mg/l	14 mg/l
Aluminium	8,7 mg/l	13 mg/l
Eisen	9,1 mg/l	7,6 mg/l
Chrom	0,02 mg/l	0,01 mg/l
Nickel	0,02 mg/l	< BG
Kupfer	0,02 mg/l	< BG
Mangan	0,21 mg/l	0,32 mg/l
Zink	0,13 mg/l	0,04 mg/l
Arsen	0,1 mg/l	0,1 mg/l
Blei	0,02 mg/l	< BG
Cadmium	< BG	< BG
Quecksilber	< BG	< BG
pH	8,1	7,5
CSB	28 mg/l	20 mg/l
DOC	5 mg/l	5,2 mg/l

Während die Konzentrationen von Cadmium und Quecksilber am Versickerbecken Sportfeld unterhalb der Nachweisgrenze lagen, wurden dort für Arsen (0,1 mg/l), Blei (0,02 mg/l) und Nickel (0,02 mg/l) leicht erhöhte Konzentrationen gemessen. Die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung liegen für Arsen sowie Blei bei 0,01 mg/l und für Nickel bei 0,02 mg/l und werden somit für Arsen und Blei überschritten. Auch der Prüfwert der BBodSchV und der Geringfügigkeitsschwellenwert der GWS-VwV liegen für Arsen bei 0,01 mg/l, während der Prüfwert für Blei bei 0,007 und der Geringfügigkeitsschwellenwert bei 0,025 mg/l liegt.

Die Aluminiumgehalte der Wasserproben im Versickerbecken Sportfeld liegen zwischen 8,7 und 13 mg/l, während die Eisengehalte 7,6 - 9,1 mg/l betragen. Chrom wurde mit 0,01 bzw. 0,02 mg/l nachgewiesen.

Die Kupferkonzentrationen betrugen im Herbst 2008 nur 0,02 mg/l und lagen im Sommer 2009 sogar unterhalb der Nachweisgrenze. Somit wird für Kupfer in einer Probe der Geringfügigkeitsschwellenwert überschritten, während der Prüfwert unterschritten und der Grenzwert der TrinkwV eingehalten wird.

Die Mangankonzentrationen überschreiten im Versickerbecken Sportfeld mit 0,21-0,32 mg/l den Grenzwert der TrinkwV.

Die Zinkkonzentrationen betragen im Versickerbecken Sportfeld zwischen 0,04 und 0,13 mg/ liegen somit unterhalb des Prüfwertes der BBodSchV von 0,5 mg/l.

Der AOX wurde im Versickerbecken mit 0,06 mg/l im Herbst 2009 gemessen und lag im Sommer 2009 unterhalb der Nachweisgrenze. Die Werte sind damit unauffällig.

4 Konzeption der Entwässerung

4.1 Grundsätze

Da für die Entwässerung von Bahnanlagen in Wasserschutzgebieten kein eingeführtes Regelwerk existiert, wurden für die NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar die Grundsätze zur Entwässerung der Gleisanlagen mit den Wasserbehörden erarbeitet und abgestimmt. Entlang der geplanten Trasse der NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar waren besondere Umstände zu beachten, u.a. abschnittsweise hohe Durchlässigkeiten der anstehenden Böden, stoffliche Belastungen durch verschiedene Verkehrsträger in hoher Dichte und zahlreiche Grundwassergewinnungen von lokalen und regionalen Wasserversorgungsunternehmen.

Die in diesem Rahmen erarbeiteten Grundsätze werden auf die Neubaumaßnahmen zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und dem Abzweig Gutleuthof übertragen und sind im Folgenden aufgeführt:

- Außerhalb von Wasserschutzgebieten ist im Regelfall die breitflächige Versickerung über eine belebte Bodenzone das am besten geeignete Verfahren zur Versickerung des Entwässerungswassers.
- In Wasserschutzgebieten wird über eine möglichst weitgehende Reinigung des Entwässerungswassers hinaus die Gefährdung von Gewinnungsanlagen berücksichtigt. In der Zone II von Wasserschutzgebieten wird von den Gleisanlagen abfließendes Niederschlagswasser vollständig gefasst und ausgeleitet.
- In der Zone III bzw. IIIA von Wasserschutzgebieten erfolgt eine Differenzierung der Entwässerungsart auf Grund der Fließzeit (Transportzeit) im Grundwasser von der Eisenbahnstrecke zu Gewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung (und gleichgestellten Brunnen). Streckenabschnitte, auf denen die Transportzeit im Grundwasser zwischen Neubaustrecke und Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung (und gleichgestellten Brunnen) kürzer als 1 Jahr ist, werden als Brunnennahbereich angesehen. Dort wird das abfließende Niederschlagswasser wie in Zone I und II von WSG gefasst und generell außerhalb des Nahbereichs über Absetz- und Versickerbecken versickert. Nachgeordnet wird zur Abgrenzung des Brunnennahbereichs auch die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung und die Stockwerksgliederung im Grundwasserkörper herangezogen. Bei geringer Schutzwirkung wird die Fassungsstrecke angemessen verlängert.

4.2 Oberbau und Streckenbetrieb

Die vorhandenen Bahnanlagen zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion bis zum Abzweig Gutleuthof werden in Dammlage geführt. Der Damm erreicht eine Höhe von bis zu 7 m. Wegen der guten Sickerfähigkeit des anstehenden Untergrundes liegt der Schotteroberbau der vorhandenen Gleise meist direkt auf dem verdichteten Boden auf. Gegenwärtig sind mit Ausnahme von einzelnen Gleisabschnitten im Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion im gesamten Planungsab-

schnitt keine Gleisentwässerungsanlagen vorhanden. In den Dammbereichen entwässert der Bahnkörper derzeit über die begrünte Dammböschung.

Für den Ausbau wird der Damm nach Osten hin verbreitert. Dies geschieht durch Dammanschüttungen mit einem geeigneten Material. Die beiden neuen Gleise der Strecke 3657 werden im Ausbaubereich zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und dem Abzweig Gutleuthof mit einem Oberbau aus Grobschotter gebaut. Die Entwurfsgeschwindigkeit V_e der Strecke 3657 beträgt 100 km/h. Die Strecke 3624 wird auf der neu zu errichtenden Güterzugrampe in einem Gleisbett aus Grobschotter errichtet.

Für die Strecke 3657 sowie die anzupassenden Bestandsstrecken werden Tragschichten eingebaut, die abschnittsweise einen Bodenaustausch bis in ca. 30 cm Tiefe nötig machen.

Tabelle 4 fasst in einer Übersicht die Zugzahlen aus dem derzeitigen Streckenbetrieb auf der Ausbaustrecke sowie die für ~~2025~~2030 prognostizierten Zugzahlen zusammen. Sie zeigt eine Zunahme des Gesamtverkehrs um ~~34~~32%. In etwa gleichem Maße nehmen Nahverkehr und Fernverkehr um ~~36~~33% bzw. ~~39~~32% zu. Für den Güterverkehr ist ~~dahingegen eine Abnahme~~ eine Zunahme um ca. ~~15~~27% prognostiziert.

Tabelle 4 Streckenbetrieb im Ausbaubereich 2010 und ~~2025~~2030

	Zugzahlen 2010	Prognose ~~2025~~2030	Entwicklung
Nahverkehr	360	~~501~~477	+ ~~39~~33%
Fernverkehr	160	~~218~~211	+ ~~36~~32%
Güterverkehr	41	~~35~~52	~~-15~~ + 27%
Gesamtverkehr	561	~~754~~740	+ ~~34~~32%

Eine wesentliche Änderung der Verkehrsführung wird die zukünftige konsequente Trennung der Verkehrsströme (Fernverkehr, Nahverkehr und S-Bahn-Verkehr) im Ausbaubereich sein.

Der Güterverkehr wird bis zum Bahnhof Frankfurt-Niederrad wie bisher v.a. auf einem eigenen Gleis (Strecke 3624) und ~~untergeordnet~~ auch auf der Strecke 3520 abgewickelt (Tabelle 5). Nördlich des Bahnhofs Frankfurt-Niederrad verläuft der Güterverkehr sowohl im aktuellen als auch im zukünftigen Zustand auf den Strecken 3621-3623.

Tabelle 5 Verteilung des Güterverkehrs auf die Strecken 3520 und 3624 (bis Bf. Frankfurt-Niederrad) 2010 und ~~2025~~2030

	Zugzahlen 2010		Prognose ~~2025~~2030	
	Strecke 3520	Strecke 3624	Strecke 3520	Strecke 3624
Güterverkehr	15	26	~~11~~30	~~24~~22

Ergänzend wird noch die in West-Ost-Richtung zwischen den Bahnhöfen Frankfurt-Stadion und Frankfurt-Süd verlaufende Strecke 3650 betrachtet (Tabelle 6). Der Güterverkehr wird um ca. 50% ~~ein Drittel~~ zunehmen.

Tabelle 6 Streckenbetrieb auf der Strecken 3650 in 2010 und ~~2025~~2030

	Zugzahlen 2010	Prognose ~~2025~~2030	Entwicklung
Nahverkehr	6	–80	~~–100~~+ 1230%
Fernverkehr	89	–7	- ~~100~~ 92%
Güterverkehr	63	~~83~~98	+ ~~32~~56%
Gesamtverkehr	167	~~83~~185	~~–50~~+ 11%

Da alle Strecken im Ausbaubereich elektrifiziert sind, werden im Normalbetrieb Triebzüge, Triebwagen und Elektro-Lokomotiven die Strecken befahren. Der Einsatz von Diesel-Lokomotiven wird sich größtenteils auf Rangier- oder Baufahrzeuge beschränken.

Auf den Strecken mit Güterverkehr werden auch Gefahrguttransporte durchgeführt. Grundsätzlich sind die Informationen zu den Gefahrgütern bei der DB Netz bekannt. Mit den Trassenbestellungen ist anzugeben, ob in den Transporten Gefahrgüter enthalten sind. Die für diese Gefahrgüter relevanten Daten sind bei der Trassenbestellung durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen an das Eisenbahninfrastrukturunternehmen zu übergeben. Diese Angaben werden für die Abwicklung der konkreten Zugfahrten benötigt. Im Falle einer Havarie werden diese Informationen den Rettungskräften bei Bedarf schnellstens durch die Notfallleitstelle der DB Netz AG u. a. den Feuerwehren zur Verfügung gestellt. Diese Daten werden darüber hinaus nicht gespeichert und nicht statistisch erfasst.

4.3 Bemessungsgrundwasserstände

Als Bemessungsgrundwasserstand dienen bei Fragestellungen der dezentralen Regenwasserversickerung nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 zur Niederschlagsversickerung nicht der absolut höchste, sondern die mittleren höchsten Grundwasserstände. Auf den mittleren höchsten Grundwasserstand bezogen, sollte die Mächtigkeit des Sickerraums bei der dezentralen Versickerung mindestens 1 m bei oberirdischen Versickerungsanlagen (z.B. Flächen- und Muldenversickerung) bzw. 1,5 m bei unterirdischen Versickerungsanlagen (z.B. Versickerungsschächte) betragen.

In die geologischen Schnitte in Anlage 18.2.2a und 18.2.3a sind die Grundwasserstände vom Oktober 2005 und nördlich des Mains die Grundwasserstände aus den Herbst- und Wintermonaten 2010 eingetragen. Der Oktober 2005 bildet die Grundwasserhöchststände nördlich des Gleisdreiecks ab (Abbildung 3). Die aus den geotechnischen Gutachten übernommenen Grundwasserstände für 2010 befinden sich ebenfalls auf einem relativ hohen Niveau. Beide Zeitpunkte sind als Bemessungsgrundwasserstand geeignet und führen zu einer konservativen Abschätzung des Sickerraums bei Grundwasserhochständen. Es zeigt sich, dass entlang der Ausbaustrecke bei den genannten Grundwasserhochständen Flurabstände von mehr als 3 m, an der BK 62 von mehr als 2 m gegeben sind und damit die Voraussetzung für eine dezentrale Versickerung durchgängig gegeben ist. In Mainnähe werden die Gleisanlagen in Dammlage

geführt, so dass auch bei Mainhochwasserständen keine Einschränkung der Funktionsweise gegeben ist.

4.4 Wasserschutzgebiete, Einzugsgebiete der Wasserwerke und Fließzeiten zu den Brunnen

In Anlage 18.1.~~1~~2a sind die Wasserschutzgebiete (WSG) der Wasserwerke im Untersuchungsgebiet eingezeichnet. Die Ausbaustrecke beginnt im Bereich des WW Goldstein bei km ~~30,95~~ 31,24 in der gemeinsamen WSG-Zone IIIA der Stadtwaldwasserwerke. Im südöstlichen Abzweig der Ausbaustrecke durchfährt die Strecke 3624 von Osten kommend ab km 6,1 die WSG-Zone IIIA im Bereich des WW Oberforsthaus.

Die Abgrenzung der Einzugsgebiete der Wasserwerke und die Berechnung der Fließzeiten von der Ausbaustrecke zu den Brunnen der Stadtwaldwasserwerke wurde bei mittleren klimatischen Bedingungen ermittelt. Über Bahnlinien wurde der Nahbereich des Einzugsgebietes abgegrenzt, innerhalb dessen die Dauer (Fließzeit) zwischen einem Eintrag in das Grundwasser und einer signifikanten Erhöhung von Stoffkonzentrationen in den Brunnen weniger als ein Jahr beträgt.

Die im Modell angesetzten Grundwasserentnahmen der Stadtwaldwasserwerke wurden mit der Hessenwasser GmbH abgestimmt. Die Grundwasserbewirtschaftung der Stadtwaldwasserwerke wird durch den Bescheid vom 06.07.2005 geregelt. Darin wird die Gesamtentnahme aus den WW Hinkelstein, Oberforsthaus und Goldstein bei einer variablen Verteilung auf 14,675 m³/a begrenzt. Für das WW Schwanheim besteht noch ein altes Wasserrecht über 5,475 Mio. m³/a. Damit ergibt sich eine maximale Gesamtentnahme aus allen vier Stadtwaldwasserwerken von 20,15 Mio. m³/a. Zusätzlich werden in dem Bescheid für ausgewählte Grundwassermessstellen Richtwerte, Maßnahmen- und Eingriffswerte sowie untere und obere Korridorwerte angegeben. Die Steuerung von Entnahmen und Infiltration muss so erfolgen, dass die Vorgaben des Bescheids eingehalten werden können.

In Tabelle 7 sind die in der Modellrechnung angesetzten Entnahme- und Infiltrationsmengen der Stadtwaldwasserwerke aufgeführt. Alle übrigen Entnahmen im Modellgebiet wurden auf die Entnahmemengen des Jahres 2004 gesetzt.

Tabelle 7 Im Modell angesetzte Entnahme- und Infiltrationsmengen der Stadtwaldwasserwerke

	Entnahmen	**Infiltrationsmengen**
WW Hinkelstein	6,6 Mio. m³/a	3,5 Mio. m³/a
WW Schwanheim	5,0 Mio. m³/a	-
WW Goldstein	6,9 Mio. m³/a	4,1 Mio. m³/a
WW Oberforsthaus	1,4 Mio. m³/a	0,4 Mio. m³/a
Summe	**19,9 Mio. m³/a**	~~9~~ 8 **Mio. m³/a**

Anlage 18.4a zeigt die berechneten Stromlinien in einer Schlierendarstellung. Anhand der Stromlinien wurde das gemeinsame Einzugsgebiet der Wasserwerke Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus abgegrenzt. Es ist deutlich ersichtlich, dass unter den vorgegebenen Randbedingungen (Förderung der Stadtwaldwasserwerke mit Wasserrecht) die geplante Ausbaustrecke bis ca. km 33,25 innerhalb des Einzugsgebietes der genannten Stadtwaldwasserwerke liegent. D.h., dass sich das Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke im Trassenbereich geringfügig über die WSG-Zone III hinaus erstreckt.

Cyanfarben wurde in die Anlage 18.4 der Nahbereich der Brunnen eingezeichnet. In diesem Bereich beträgt die Fließzeit zwischen einem Eintrag in das Grundwasser und einer signifikanten Erhöhung der Stoffkonzentration in den Brunnen unter den oben genannten Rahmenbedingungen (wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen der Stadtwaldwasserwerke, sonstige Entnahmen auf dem Stand des Jahres 2004, mittlere klimatischen Bedingungen) weniger als 1 Jahr.

Der Handlungsrahmen für die Bewirtschaftung der Grundwasserressource durch die Stadtwaldwasserwerke wird durch die o.g. Regelungen im Wasserrechtsbescheid konkretisiert. Schwankungen der natürlichen Grundwasserneubildung und der bedarfsgesteuerte Versorgungsbetrieb drücken sich in Grundwasserstandsschwankungen aus und sind im Rahmen eines vorgezeichneten Bewirtschaftungsbandes bzw. Grundwasserstandskorridors unvermeidbar. Mit dem bescheidrechtlich vorgegebenen Grundwasserstandskorridor wird der Betrieb der Entnahme- und Infiltrationsanlagen reglementiert. Eine dauerhafte Entnahme nach Wasserrecht ist vermutlich durch die wasserrechtlichen Limitierungen in Form eines zulässigen Grundwasserstandskorridors nicht möglich.

4.5 Entwässerungskonzept

In **Anlage 18.5a** ist das auf den oben genannten Grundlagen aufbauende Entwässerungskonzept, das Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke sowie der Brunnennahbereich dargestellt.

Grundsätzlich wird im Nahbereich von Brunnen zur öffentlichen Wasserversorgung das von den Gleisanlagen abfließende Niederschlagswasser vollständig gefasst und ausgeleitet. Als Brunnennahbereich wird der Teil des Einzugsgebietes angesehen, innerhalb dessen die Fließzeit (Transportzeit) im Grundwasser von der Eisenbahnstrecke zu den Gewinnungsanlagen kürzer als 1 Jahr ist. Dort wird das abfließende Niederschlagswasser wie in der Zone II von WSG gefasst und generell außerhalb des Nahbereichs über Absetz- und Versickerbecken versickert. Dieser Bereich erstreckt sich vom Beginn des Vorhabens bei km ~~30,95~~ 31,24 bis etwa km 31,95.

Eine detaillierte Darstellung, welche Maßnahmen in diesem Streckenabschnitt dem Bestand bzw. den Neubaubereichen zugeordnet werden, findet sich in der Tabelle zu den Abdichtungsmaßnahmen im Erläuterungsbericht des Vorhabens (Anlage 1~~bc~~) unter Kap. 5.2.2~~auf den Seiten 20 ff~~.

Der anschließende Trassenabschnitt liegt im sogenannten Gleisdreieck. Die UWB lehnt eine Versickerung im Bereich des Gleisdreiecks wegen der dort vorhandenen Altablagerungen ab.

Der Abschnitt der geschlossenen Entwässerung mit einer Abdichtung des Gleiskörpers und einer Ableitung (inkl. Güterzuggleis, Strecke 3624) wird deshalb bis an die Grenze des Wasserschutzgebiets III der Stadtwaldwasserwerke bei km 32,73 geführt. Die Strecke 3624 wird bereits mit Beginn der Tiefbaumaßnahmen ab ca. km 6,11 der Strecke 3624 bis zum KrBw Gleisdreieck mit Kunststoffdichtungsbahnen abgedichtet.

Aus dem abgedichteten Bereich innerhalb des WSG erfolgt eine Ausleitung des Entwässerungswassers ~~vornehmlich~~ in das Versickerbecken südlich der Adolf-Miersch-Straße (Streckenabschnitte der Strecken 3657, 3624, 3520, südl. Teil der EÜ Adolf-Miersch-Straße) sowie ~~nachgeordnet~~ in das Versickerbecken nördlich der Golfstraße (Entwässerung Kreuzungsbauwerk Gleisdreck, Güterzugrampe und EÜ Golfstraße)~~ und das bestehende Versickerbecken am Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion (einzelne Weichenverbindung)~~. Alle neu errichteten Versickerbecken liegen außerhalb des Wasserschutzgebiets.

Ab km 32,73 erfolgt die Entwässerung in der Regel über dezentrale Versickerung, in Anlage 18.5a blassgrün dargestellt. In den Dammbereichen heißt dies, dass ein breitflächiger Abfluss über die begrünte Dammböschung erfolgt. Bei einer geländegleichen Lage der Gleise sollen Versickerungsschlitze und bahnbegleitende Versickerungsgräben angelegt werden. ~~Eine Ausnahme bildet der Streckenabschnitt zwischen der Adolf-Miersch-Straße und der Goldsteinstraße. Da hier wegen der gegebenen Baugrundverhältnisse eine dezentrale Versickerung nicht möglich ist, wird das Niederschlagswasser gefasst und über eine Sammelleitung zum Versickerbecken nördlich der Adolf-Miersch-Straße abgeleitet (s. Anlage 1, Erläuterungsbericht).~~

~~Zur Entwässerung von Bauwerken nördlich des Mains (EÜ Gutleuthof und EÜ Ladestraße, Stützwände und Streckenentwässerung) wird ein Versickerungsbecken bei km 34,82 nördlich der Ladestraße angeordnet.~~

In Kapitel 4.7 werden die Versickerbecken bzgl. ihrer Lage, Bauweise und der angeschlossenen Bauwerke und Streckenabschnitte nochmals ausführlicher beschrieben.

4.6 Dezentrale Versickerung

Die breitflächige Versickerung über die belebte Bodenzone ist hinsichtlich der Reinigungswirkung die wirksamste Behandlungsmaßnahme für abfließendes Niederschlagswasser aus Verkehrsflächen. Sie wird außerhalb von Wasserschutzgebieten, soweit es die örtlichen Verhältnisse zulassen, in Dammlage als Regellösung gewählt.

In geländegleicher Lage werden, soweit möglich, trassenbegleitende Sickermulden (bahnbegleitende Versickerungsgräben) eingesetzt. Durch die konstruktive Gestaltung ist sichergestellt, dass von den Gleisanlagen abfließendes Niederschlagswasser vollständig über die belebte Bodenzone versickert wird.

Bei beengten Verhältnissen werden abschnittsweise Versickerungsschlitze mit Vollsickerrohren vorgesehen. Die Tiefen der einzelnen Versickerungsschlitze sind so dimensioniert, dass unter Berücksichtigung der Gradienten und der Stauhöhen der einzelnen Versickerungsabschnitte bis 1,50 m unter Schienenoberkante kein Wasser anstehen kann. Nördlich des Wasserschutzgebiets bis zum Main wird die Strecke in Dammlage geführt. Der Abstand zwischen der Sohle der Versickerschlitze und dem Grundwasser beträgt bei mittleren Verhältnissen im Mittel 4-5 m, mindestens 3 m.

Im Abschnitt nördlich der EÜ Adolf–Miersch–Straße bis südlich der EÜ Goldsteinstraße ist wegen der vorhandenen Baugrundverhältnisse eine Versickerung im Dammbereich nicht möglich. Die Entwässerung erfolgt daher vornehmlich über Versickerungsschlitze. Kürzere Abschnitte der Bahn-Strecken 3624 und 3657 werden über eine Tiefenentwässerung an das Versickerbecken nördlich der Adolf-Miersch-Str. (km 33,3) angeschlossen.~~Über eine Sammelleitung wird das in diesem Abschnitt anfallende Regenwasser vom Dammbereich zu dem Versickerungsbecken nördlich der Adolf-Miersch-Str. (km 33,3) geführt (s. Kap. 4.7).~~

4.7 Sammeln und Ableitung in Versickerbecken

~~Am Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion befindet sich bereits ein Versickerbecken bei km 31,50 (Versickerbecken Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion). Dieses liegt in der WSG-Zone IIIA (s. Anlage 18.5).~~ Im Rahmen der Ausbaumaßnahmen werden ~~vier~~ drei weitere Versickerbecken angelegt, die in Anlage 18.5a eingezeichnet sind. Alle drei ~~vier~~ neu anzulegenden Versickerbecken befinden sich außerhalb des Wasserschutzgebietes.

Welche Streckenabschnitte und Bauwerke an die einzelnen Versickerbecken angeschlossen sind, zeigen die Tabellen in Anlage 1~~b~~c (Erläuterungsbericht) in Kap. 5.2.3~~ab S. 24 ff~~.

Versickerbecken Golfstraße

Das Versickerbecken Golfstraße ist westlich der Bahntrasse und nördlich der Golfstraße bei km 32,73 der Strecke 3520 gelegen. Es befindet sich außerhalb der WSG-Zone IIIA, jedoch innerhalb des Einzugsgebietes des WW Goldstein. In dieses Versickerbecken erfolgt u.a. die Entwässerung der Güterzugrampe und des Kreuzungsbauwerkes Gleisdreieck im Bereich des WSG, die Entwässerung der EÜ Golfstraße und die Streckenentwässerung des bahnrechten Gleises der Strecke 3520 im Abschnitt von km 32,525 – 32,73.

Dem Versickerbecken ist ein Absetzbecken mit gedichtete Sohle und Überlaufschwelle vorgeschaltet. Das Entwässerungswasser wird über eine Hebeanlage zunächst in das Absetzbecken geleitet. Im Havariefall wird die Pumpe vor dem Absetzbecken abgeschaltet (s. Anlage 1~~b~~c - Erläuterungsbericht).

Versickerbecken südlich Adolf-Miersch-Straße

Dieses Versickerbecken liegt östlich der Bahntrasse und direkt südlich der Adolf-Miersch-Straße bei ca. km 33,10 der Str. 3520. Es befindet sich außerhalb der WSG-Zone IIIA, jedoch an der Grenze des Einzugsgebietes des WW Goldstein bei Förderung nach Wasserrecht (s.

Anlage 18.4a bzw. Kapitel 4.4). Das Entwässerungswasser wird über eine Hebeanlage in das Absetzbecken geleitet. Im Havariefall wird die Pumpe vor dem Absetzbecken abgeschaltet (s. Anlage 1~~bc~~ - Erläuterungsbericht).

In das Versickerbecken südlich der Adolf-Miersch-Straße erfolgt u.a. die Entwässerung aus den abgedichteten Streckenabschnitten zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und der EÜ Golfstraße der Strecken 3683, 3520 und 3657, aus dem abgedichteten Streckenabschnitt der Strecke 3624 zwischen ca. km 6,1 der Strecke 3624 und dem KrBw Gleisdreieck sowie aus dem abgedichteten Streckenabschnitt der Strecke 3657 zwischen der EÜ Golfstraße und der Adolf-Miersch-Straße und dem südlichen Teilstück der EÜ Adolf-Miersch-Straße.

Versickerbecken nördlich Adolf-Miersch-Straße

Dieses Versickerbecken ist östlich der Bahntrasse und direkt nördlich der Adolf-Miersch-Straße bei km 33,30 der Strecke 3520 gelegen. Es befindet sich außerhalb des Einzugsgebietes des WW Goldstein und nimmt u.a. das Entwässerungswasser des bahnrechten Streckenabschnittes von ca. km 1,45 – km 1,89 der Strecke 3657 sowie des nördlichen Teilstücks der EÜ Adolf-Miersch-Straße auf. ~~des Streckenabschnittes zwischen der EÜ Goldsteinstraße und der EÜ Adolf-Miersch-Straße auf, in dem wegen der vorhandenen Baugrundverhältnisse eine Versickerung im Dammbereich nicht möglich ist.~~ Dem Versickerbecken ist ein Absetzbecken mit Überlaufschwelle vorgeschaltet. Im Havariefall wird eine Absperrklappe vor dem Absetzbecken geschlossen (s. Anlage 1~~bc~~ - Erläuterungsbericht).

~~Versickerbecken nördlich EÜ Ladestraße~~

~~Das Versickerbecken liegt nördlich des Mains bei km 34,82 der Strecke 3520 und damit außerhalb von Wasserschutzgebieten. An das Versickerbecken Ladestraße sind u.a. das Entwässerungswasser des KrBw Gutleuthof und der EÜ Ladestraße, der dort gelegenen Stützwände sowie die Streckenentwässerung von km 34,757 – km 34,663 angeschlossen. Auch dem Versickerbecken Ladestraße ist ein Absetzbecken mit Überlaufschwelle vorgeschaltet. Im Havariefall wird die Pumpe vor dem Absetzbecken abgeschaltet (s. Anlage 1 - Erläuterungsbericht).~~

Alle Versickerbecken werden mit 30 cm Oberboden angedeckt und begrünt. Der Grundwasserschutz wird gezielt durch den Einbau von qualifizierten Oberböden mit einer Mächtigkeit von 30 cm gestärkt. In DWA-M 153 sind Eigenschaften benannt, die den Stoffrückhalt und –abbau beim Durchgang durch die belebte Bodenzone bestmöglich fördern und zu nachfolgenden Vorgaben für die Auswahl der Materialien für den Oberboden zusammengefasst wurden:

- pH 6-8,
- Humusgehalt 1-3 %,
- Tongehalt < 10 %,
- Substrate wie Feinsand, schluffiger Sand und sandiger Schluff in einem k_f-Wertbereich von 10^{-6} - 10^{-4} m/s.

Allen neu anzulegenden Versickerbecken werden Absetzbecken mit einer wasserundurchlässigen Sohle vorgeschaltet.

Die Reinigungsleistung einer Sickermulde mit einem Oberboden nach DWA-M 153 kann mit 80% für AFS und mit 90 % für Schwermetalle, MKW und PAK angesetzt werden (NADLER u.a. 2009). Bei den Untersuchungen an der SFS Köln - Rhein/Main wurde im Eluat von Bodenproben aus den hydraulisch höher belasteten Versickerbecken keine Herbizidkonzentrationen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Sämtliche Prüfwerte für Schwermetalle der BBodSchV für den Grundwasserpfad wurden unterschritten.

4.8 Mainbrücke

Die Entwässerung der Mainbrücke ist unter Kap. 6.3 beschrieben.

4.9 Risiko einer Grundwasserverunreinigung

Der Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld wird sowohl von Personen- als auch Güterzügen im Mischverkehr genutzt. Die Züge des Personenverkehrs überwiegen.

Mit der Realisierung der 2. Ausbaustufe des Knotenumbaus stehen für den Fernverkehr, den Regionalverkehr und den S-Bahn-Verkehr eigene Strecken zur Verfügung, so dass eine konsequente Trennung der Verkehrsströme Fernverkehr, Nahverkehr und Güterverkehr im Knoten erreicht wird und angrenzende Abschnitte entlastet werden. Hierdurch wird der Eisenbahnbetrieb in Frankfurt und der gesamten Rhein-Main-Region flüssiger gestaltet und das Unfallrisiko wegen der vergleichmäßigten Betriebsabläufe gesenkt.

Im Normalbetrieb werden Triebzüge und Elektro-Lokomotiven die Strecken befahren, so dass sich der von Diesel-Lokomotiven befahrene Streckenanteil bis auf wenige Regional- und Güterzüge auf Rangier- oder Baufahrzeuge beschränkt. Im Ausbauabschnitt sind nur auf der S-Bahnstrecke Zughalte vorgesehen, d.h. es sind bremsintensivere Strecken vorhanden, die einen erhöhten Abrieb von Bremse, Schiene, Rad oder Fahrleitung bzw. einen erhöhten Einsatz von Schmiermitteln bedingen. Auf den Strecken mit Güterverkehr ist auch der Transport von Gefahrgut vorgesehen. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird durch die Trennung der Verkehre mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten minimiert.

Die neu gebauten Weichenverbindungen werden mit rollengelagerten Weichen ohne Schmiervorrichtung ausgestattet. Nach den bisherigen betrieblichen Erfahrungen ist keine Reinigung dieser Weichen erforderlich. Zur Vegetationskontrolle werden Herbizide eingesetzt.

Im Normalbetrieb wird sich das emittierte Stoffspektrum nach den vorliegenden Erfahrungen demnach im wesentlichen auf Herbizide als vorübergehende Einwirkung und Metallverbindungen als ständige Einwirkungen beschränken. Die organische Belastung in Form von Mineralölkohlenwasserstoffen ist aufgrund der relativ geringen Konzentrationen und des vergleichsweisen hohen Rückhalts in Böden hinsichtlich einer Verfrachtung in das Grundwasser als nicht kritisch zu sehen.

Eine wirksame Vegetationsbekämpfung erfordert den Einsatz von Blattherbiziden, die über die oberirdischen Teile der Pflanze wirken sowie von Bodenherbiziden, die über die Wurzel wirksam werden.

Die Pflanzenschutzmittel werden durch Spritzzüge ausgebracht, die mit langsamer Geschwindigkeit die zu behandelnde Strecke abfahren und die Mittel zielgerichtet und dem örtlichen Bewuchs entsprechend ausbringen. Bei der Anwendung werden die Anwendungszeitpunkte, die behandelten Gleisstrecken, die eingesetzten Präparate und Aufwandmengen dokumentiert. Regelmäßige Auflage ist die Unterlassung der Ausbringung bei Regen und Wind. Nach normaler Anwendung auf Gleisen kann die Glyphosat- und AMPA-Konzentration im Drainagewasser von Gleisanlagen zeitweilig 0,1µg/l überscheiten (EAWAG 2005). Dieser Austrag verbindet sich in der Regel mit Starkregen, der präferentiellen Transport auslöst. Es wird erwartet, dass Glyphosat präferentiell in den Unterbau oder –grund sowie Entwässerungsgräben verlagert werden kann. Austragssensitiv sind insbesondere die Randwegebereiche der Gleise (EAWAG 2005).

Die Ergebnisse der Probennahmen am „Versickerbecken Sportfeld" bestätigen diese Einschätzung. Lediglich aus dem Oberflächenabfluss des Gleiskörpers wurden in einzelnen Proben grenz-wertüberschreitende Stoffkonzentrationen an Wirkstoffen nach Herbizidapplikation gemessen. Zusätzlich waren in den untersuchten Wasserproben neben hohen Konzentrationen von Aluminium und Eisen Chrom und Kupfer auffällig. Als Referenz wurden die Prüfwerte der BbodSchV, die GFS-Werte der GWS-VwV sowie die Grenzwert der TrinkwV herangezogen.

Die durchgeführten Felduntersuchungen an der NBS Köln-Rhein/Main sowie am „Versickerbecken Sportfeld" zeigen, dass in allen Wasserproben PCB unterhalb der Nachweisgrenze lag. Die Analyseergebnisse der PAK in den Wasserproben überschreiten in keiner Analyse die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung. Anionische Tenside und leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) sind auf Grund der Streckenmerkmale ebenfalls nicht relevant.

Die PCB-Konzentration war in allen Sedimentproben unterhalb der Nachweisgrenze. Die Analyseergebnisse der PAK überschreiten in keiner Analyse die Vorsorgewerte der Bundesbodenschutzverordnung. Mit Ausnahme der Aluminium und Eisenkonzentration waren alle gemessenen Metalle unauffällig. Aluminiumverbindungen werden erst bei pH-Werten unter 5 derartig mobil, dass sie toxische Wirkungen auf Bodenorganismen entfalten können (SCHEFFER et al. 1992).

Um das Risiko einer Verunreinigung des Grundwassers infolge der Versickerung des auf den Bahnanlagen anfallenden Niederschlagsabflusses und des teilweise abzuleitenden Niederschlagswassers zu beurteilten, ist zum einen die Qualität des abfließenden Wassers und zum anderen die Filter- und Sorptionseigenschaften der Sickergräben, der Sickerschlitze, der Sickerbecken und des anstehenden Bodens sowie die Grundwasserflurabstände von Bedeutung, die letztlich den mobilen Anteil des Stoffpotentials festlegen, der zu einer Grundwassergefährdung führen kann.

Im Bahnbereich liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit der überwiegende Teil der Stoffe partikulär oder partikelgebunden vor. Partikel sind reaktiv, durch eine z.T. hohe Persistenz gekennzeich-

net und aufgrund der negativen Oberflächenladung teilweise sehr mobil. Partikel werden in porösen Medien mechanisch retardiert oder durch chemische Reaktionen akkumuliert. Ob ein nennenswerter Austrag schwermetallhaltiger Partikel oder eine Verlagerung sorbierter Stoffe stattfindet hängt neben abflusssteuernden Faktoren von der Partikelgröße ab.

Grundsätzlich kommen die Filtrations- und Sorptionseigenschaften des Untergrundes bei einer breitflächigen Versickerung über die belebte Bodenzone bestmöglich zur Wirkung. Als qualifizierter Oberboden werden Böden mit nach DWA 153 günstigen Eigenschaften zur Versickerung eingebaut (sandige Schluffe – Feinsande, pH 6-8, Humus 1-3%). Die durchgeführten Eluatuntersuchungen zeigen, das bereits bei den hydraulisch und stofflich hoch belasteten Versickerbecken an der NBS Köln-Rhein/Main sowie am „Versickerbecken Sportfeld" alle relevanten Stoffparametern unauffällig waren.

Der konstruktive Aufbau der neuen Gleisanlage sieht grundsätzlich eine Abdichtung des Gleiskörpers bis an die Grenzen des Wasserschutzgebietes vor. Nach den vorliegenden Untersuchungen zum Stoffrückhalt im „Versickerbecken Sportfeld" und den Versickerbecken an der SFS Köln-Rhein/Main waren sämtliche Parameter unauffällig (Eluatanalysen aus den Böden der Versickerbecken). Nach diesen Untersuchungen und weiteren Fachpublikationen wird davon ausgegangen, dass nach der Passage der belebten Bodenzone in den Versickerbecken keine schädliche Grundwasserveränderung zu besorgen ist, solange die Funktionsfähigkeit der Versickerbecken gegeben ist.

Im Rahmen dieses Vorhabens wird mit den vorgesehenen Abdichtungsmaßnahmen an den Gleisanlagen im Wasserschutzgebiet das abfließende Niederschlagswasser nahezu vollständig gefasst und abgeleitet. Lediglich da im Bereich des Bahnhof Stadion eine komplette Abdichtung aus betrieblichen Gründen nicht vollständig realisiert werden kann, ist in Ergänzung zum bisherigen Anwendungsverzicht vorgesehen, auf folgenden Abschnitten auf einen Einsatz von Pflanzenschutzmittel zu verzichten (s.a. Anlage ~~9.4~~ 9.2~~ab~~):

- Strecke 3520 von km ~~33,25~~31,25 bis km ~~32,0~~32,71,
- Strecke 3650 von km 31,~~3~~677 bis km 31,8,
- Strecke 3683 von km ~~5,64~~,835 bis km ~~6,96~~,24,
- Strecke 3657 von km ~~3,25~~2,4 bis km ~~3,9~~3,835~~,~~.
- ~~Strecke 4010 von km 74,6 bis km 74,8.~~

Im nördlichen Abschnitt mit dezentraler Entwässerung wird die Strecke weitgehend in Dammlage geführt, so dass die natürliche Grundwasserüberdeckung nicht gemindert wird. Die natürlich anstehenden Böden weisen ein meist ein geringes bis mittleres stoffliches Rückhaltepotential auf. Sie sind jedoch meist anthropogen überprägt.

Bauliche Maßnahmen in der Zone II sind nunmehr nicht mehr vorgesehen. Die im beantragten Vorhaben zu den Brunnen Goldstein nächstgelegene Änderung baulicher Anlagen ist das Verschwenken der Strecke 3520 auf dem Abschnitt von km 31,8 bis km 31,9. Die nach dem Umlegen dann abgedichteten Gleise rücken um rund 5 m näher an die WSG-Zone II heran. Der Abstand zur Zone II beträgt dann ca. 20 m. Das Heranrücken an die Brunnen Goldstein ist hin-

sichtlich des Grundwasserschutzes weniger relevant, da die Schutzwirkung am Bereich Bahnhof Stadion im Wesentlichen aus den Grundwasserflurabständen von ca. 10 m resultiert.

Im Hinblick auf eine potentielle Gefährdung der Brunnen der Stadtwaldwasserwerke ist darüber hinaus zu beachten, dass der Streckenabschnitt nördlich der Schutzgebietsgrenze bis etwa km 33,1 nur theoretisch bei einer dauerhaften maximalen Förderung nach Wasserrecht im Einzugsgebiet der westlichen Brunnen des WW Goldsteins bzw. der östlichen Brunnen des WW Schwanheim (s. Anl. 18.4). In diesem Fall betragen die mittleren Fließzeiten zu den Brunnen theoretisch viele Jahrzehnte. Bei einer realitätsnahen Betrachtung liegt der Streckenabschnitt nördlich des Wasserschutzgebiets nicht im Einzugsgebiet der Brunnen der Stadtwaldwasserwerke.

Der Planungsabschnitt liegt nicht in der Rückstromzone des WW Oberforsthaus.

5 Wechselwirkungen von Bauwerken mit dem Grundwasser

5.1 Allgemeines und Vorbemerkungen

Die Gleise aller betroffenen Strecken im Ausbauabschnitt verlaufen im bestehenden Zustand auf einem Damm, der bis zu 7 m Höhe erreicht. Sämtliche kreuzenden Straßen und Wege werden überführt. Die Strecke 3657 unterfährt etwa auf dem ursprünglichen Geländeniveau die Güterzugrampe (BW-Nr. 2.3). Durch die Erweiterung um zwei zusätzliche Gleise östlich der bestehenden Strecken wird eine Verbreiterung des Damms sowie sämtlicher Überführungsbauwerke erforderlich. Nach Osten hin schließt der Damm über weite Strecken mit einer senkrechten, tief gegründeten Stützwand ab. Die Schallschutzwände werden über Stahlrohre ebenfalls tief gegründet.

Als einziges Bauwerk taucht das Trogbauwerk der EÜ Golfstraße (BW-Nr. 2.2) in das Grundwasser ein. Alle anderen Bauwerke kommen nur mit ihren Gründungen im Grundwasser zum Liegen oder sind flach gegründet (z.B. EÜ Goldsteinstraße (BW-Nr. 2.5.1 – 2.5.3) ~~und EÜ Ladestraße (BW-Nr. 2.9)~~). Flache Gründungen reichen nicht bis in das Grundwasser.

Das Bauwerk Mainbrücke und seine grundwasserrelevanten Aspekte (hydraulischer Bauwerkseinfluss, bauzeitliche Grundwasserhaltung, Entwässerung) wird in Kapitel 6 gesondert behandelt.

Bei Arbeiten im Wasserschutzgebiet der Stadtwaldwasserwerke werden die Anforderungen zum vorsorgenden Gewässerschutz für Arbeiten in Wasserschutzgebieten der Hessenwasser berücksichtigt.

5.2 EÜ Golfstraße (BW-Nr. 2.2)

Die Eisenbahnüberführung Golfstraße (km 32,51) wird erweitert. Sie wird um zwei Gleise erweitert und zukünftig sieben Gleise auf einem gemeinsamen Bauwerk über die Golfstraße überführen. Das Rahmenbauwerk besteht aus Stahlbeton und ist flach gegründet.

Die Golfstraße wird gegenüber dem aktuellen Zustand um 3,3 m abgesenkt und in einem Trogbauwerk geführt. Das Bauwerk wird in einer wasserdichten Baugrube mit Unterwasserbetonsohle hergestellt. Der Verbau bleibt dauerhaft im Grundwasser.

Die Ausmaße des Trogbauwerkes betragen ca. 14,5 m * 120,5 m. Die Unterkante des Verbaus liegt bei ca. 88,56 müNN. Die Oberkante der Unterwasserbetonsohle liegt an ihrem tiefsten Punkt bei ca. 93,50 müNN. Der Bemessungsgrundwasserstand wird mit 97,40 müNN angesetzt.

Hydrologisch relevant für die Baumaßnahme sind die folgenden Punkte:

- Dauerhafte Aufstauwirkung des Trogbauwerks
- Bauzeitlich abzuleitende Lenz-, Leckage- und Tagwassermengen
- Einflussbereich der bauzeitlichen Grundwasserhaltung.

Dauerhafte Aufstauwirkung des Trogbauwerks

In die hydrogeologische Schematisierung des Untersuchungsgebiets wurden die Profile der umliegenden Kernbohrungen, die zur Erkundung der Baugrundverhältnisse niedergebracht wurden, sowie weitere Profile aus Grundwassermesstellen der Stadtwaldwasserwerke und Bohrungen der Geologischen Karte 5097 ausgewertet und die geologische Strukturierung des Grundwassermodells in diesem Bereich angepasst. Die verwendeten Bohrprofile sind im geologischen Schnitt in Anlage 18.2.3a. abgebildet. Von besonderer Relevanz ist in diesem Zusammenhang die Tonlinse, die auch in den direkt an der EÜ Golfstraße gelegenen Bohrkernen BK 1 und BK 2 erbohrt wurde (s. Kapitel 2.1) und mit einer Oberkante von ca. 84 – 81 müNN ca. 4,5 – 7,5 m unterhalb des Verbaus liegt.

Zur Berechnung der Aufstauwirkung wurde das Grundwassermodell sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Diskretisierung stark verfeinert. Anlage 18.6.1a zeigt das resultierende Finite-Element-Netz. In zwei Modellläufen (mit und ohne Trogbauwerk) wurde die dauerhafte Aufstauwirkung des Trogbauwerkes berechnet. Dabei wurde eine Eintauchtiefe der Spundwand bis zu 88,5 müNN angesetzt. Der berechnete Unterschied in den Potentialen lag in einer Größenordnung von weniger als 10 cm und ist damit nicht signifikant. **Anlage 18.6.2a** zeigt in einem schematischen Querschnitt die geologische Schichtung, die Lage des Trogbauwerkes und die mit bzw. ohne Trogbauwerk berechneten Potentiallinien.

Bauzeitlich abzuleitende Lenz-, Leckage- und Tagwassermengen

Die aus dem Neubau der EÜ Golfstraße insgesamt abzuleitende Wassermenge setzt sich aus dem Tagwasser, dem Lenzwasser und dem Leckagewasser zusammen.

Die Herstellung des Trogbauwerkes erfolgt innerhalb einer geschlossenen Baugrube. Es wird hierfür eine Bauzeit von ca. 60 Wochen veranschlagt. Die Umschließung der Baugrube erfolgt mittels Spundwandverbau. Nach dem Einbringen des Verbaus wird zunächst die Baugrube bis auf die erforderliche Tiefe ausgehoben. Nach Baugrubenaushub erfolgt die Herstellung einer Unterwasserbetonsohle, welche die Baugrube gegen aufsteigendes Grundwasser abdichtet.

Nach dem Abpumpen („Lenzen") des in der Baugrube anstehenden Wassers wird das Bauwerk in **„trockener Baugrube" erstellt.** Die Lenzwassermenge für das einmalige Leerpumpen der Baugrube ergibt sich aus dem unter dem Grundwasserspiegel (bauzeitlicher Grundwasserstand 96,0 müNN) liegenden Volumen der Baugrube und beträgt ca. ~~1.~~7000 m³.

Infolge von Undichtigkeiten des Baugrubenverbaus und der Baugrubensohle kann Grundwasser in geringem Umfang in die Baugrube nachströmen. Diese Menge wird mit max. 1,5 l/s pro 1000 m² benetzter Bauwerksfläche abgeschätzt. Es resultiert hieraus eine max. Förderung von 3,5 l/s bzw. 300 m³/d. Über die Bauzeit von 60 Wochen fallen damit ca. 126.000 m³ Leckagewasser an.

Im langjährigen Mittel beträgt die jährliche Niederschlagsmenge in Frankfurt ca. 650 mm. Die aus der Baugrube abzuleitende Tagwassermenge wird damit bei einer Bauzeit von 60 Wochen auf ca. ~~1350~~ 1.400 m³ angesetzt. Die Gesamtförderung über die Bauzeit beträgt damit ca.

135.000 m³ (ca. 7.000 m³ Lenz- und ca. 126.000 m³ Leckagewasser, **in Summe 133.000 m³**, sowie **zusätzlich** ca. 1.400 m³ Tagwasser).

Das anfallende Wasser bei der Baugrubenentwässerung wird über Tankwagen abgefahren und in den Main eingeleitet.

Aufgrund der gewählten Bauweise ist davon auszugehen, dass das Grundwasser vor dem Verbringen einer Aufbereitung zu unterziehen ist. So ist neben Verunreinigungen aus dem Baubetrieb (z.B. durch Treib- und Schmierstoffe) besonders beim Lenzen der Baugruben mit einem Lösen und Verfrachten von Schwebstoffen zu rechnen. Ferner ist aufgrund des Kontaktes des Grundwassers mit Betonteilen, besonders dem eingebrachten Unterwasserbeton, von einer Verschiebung des pH-Wertes in basische Bereiche auszugehen.

Vor dem Lenzen der Baugrube ist das Baugrubenwasser nach dem Parameterumfang der Tabelle 9 in Kap. 8 zu analysieren. Die Analyseergebnisse sind im Hinblick auf eine ggf. erforderliche Aufbereitung und den nachfolgenden Beprobungsintervallen mit den Behörden abzustimmen.

Nach Beendigung der Grundwasserhaltungen wird den zuständigen Wasserbehörden und Hessenwasser eine Dokumentation vorgelegen, die mindestens folgende Informationen enthält:

- Entnahmemenge,
- Entnahmedauer,
- detaillierte Aufstellung des Verbleibs der geförderten Wassermengen (Kanalisation, Abtransport und ggf. Infiltration),
- Ergebnisse des Grundwassermonitorings mit Auswertungen (Ganglinien, Grundwassergleichen- und Differenzenpläne),
- besondere Vorkommnisse.

Einflussbereich der bauzeitlichen Grundwasserhaltung

Die Auswirkung der bauzeitlichen Grundwasserhaltung wurde ebenfalls mit dem überarbeiteten und an die Aufgabenstellung angepassten „Grundwassermodell der Wasserwerke“ berechnet. In einem stationären Rechenlauf wurde eine Grundwasserentnahme von 110.000 m³/a modelliert. Dies entspricht der oben berechneten Leckagemenge, die in die abgedichtete Baugrube eindringt, bzw. der Wassermenge, die dauerhaft abgepumpt werden muss, um die Baugrube trocken zu halten. Als Ergebnis resultierte in einem Umkreis von 200-300 m um die Eisenbahnüberführung eine Absenkung der Grundwasserstände von 10 – 15 cm, die als nicht signifikant zu bezeichnen ist.

5.3 Bauwerksgründungen im Grundwasser

Die nachfolgend aufgeführten Überführungsbauwerke sind auf Bohrpfählen gegründet. Die Tiefe der Bohrpfähle ist für die einzelnen Bauwerke noch nicht bestimmt und erfolgt nach statischen und konstruktiven Erfordernissen.

Nach derzeitigem Planungsstand werden die Bohrpfähle mindestens 3 m tief in den tragfähigen Boden einbinden. Nach den Tragwerksplanungen werden die Bohrpfähle bei linienhaften Bauwerksgründungen in einen Achsabstand angeordnet, der mindestens dem dreifachen Durchmesser der Bohrpfähle entspricht. Damit geht keine relevante Barrierewirkung auf die Grundwasserströmung aus. Das beim Betonieren der Bohrpfähle verdrängte Grundwasser wird gefasst und abgefahren.

Bei keinem der nachfolgend aufgeführten Bauwerke ist eine bauzeitliche Grundwasserhaltung erforderlich.

Kreuzungsbauwerk (KrBw) Gleisdreieck (BW-Nr. 2.1.1-2.1.2)

Das KrBw Gleisdreieck wird bei km 6,3 der Strecke 3624 neu errichtet und überführt die eingleisige Strecke 3624 über die beiden neu zu errichtenden Gleise der Strecke 3657.

Das KrBw Gleisdreieck wird als einfeldrige Stabbogenbrücke ausgeführt. Die Widerlager werden auf überschnittenen Bohrpfählen tief gegründet, die in das Grundwasser hineinreichen. Am nördlichen Brückenkopf wird direkt an den Stabbogen ein Rahmenbauwerk errichtet, das einen Wartungsraum aufnehmen soll. Auch dieses Rahmenbauwerk wird mit einer umlaufenden überschnittenen Bohrpfahlwand tief gegründet. Da das KrBw Gleisdreieck in etwa in Fließrichtung ausgerichtet ist und darüberhinaus die absoluten Abmessungen der Bohrpfahlwände relativ gering sind - ca. 7 m quer zur Fließrichtung und 10 – 15 m in Fließrichtung - geht von diesem Bauwerk kein relevante Verengung des Fließquerschnittes und keine Aufstauwirkung aus.

Die mittleren Flurabstände betragen in diesem Streckenabschnitt ca. 5 – 7,5 m.

Eisenbahnüberführung (EÜ) Güterzugrampe (BW-Nr. 2.3)

Im nördlichen Anschluss an das Gleisdreieck verläuft die Strecke 3624 im derzeitigen Bestand bis zum Bahnhof Frankfurt-Niederrad eingleisig auf einem ca. 6,5 m hohen Damm. Im Rahmen der Ausbauarbeiten wird dieser Damm durch ein nach Norden hin abfallendes Rampenbauwerk ersetzt.

Die Güterzugrampe (ca. km 6,42 – km 6,98 der Strecke 3624) schließt direkt an das nördliche Widerlager des KrBw Gleisdreieck an. Sie besteht aus Bauwerken unterschiedlicher Konstruktionsarten (WIB-Überbauten, Stahltrogüberbau, Trogbauwerk aus Stahlbeton, Winkelstützwand aus Stahlbeton) und wird entsprechend in fünf Bereiche (I-V) untergliedert. Im ersten Abschnitt, der sich auf ca. 390 m Länge an das Gleisdreick anschließt (ca. km 6,42 – km 6,81 der Strecke 3624) sind WIB-Überbauten vorgesehen (Bereich I und III). Nur die Golfstraße (km 6,48 der Strecke 3624 bzw. km 32,51 der Strecke 3520) wird mit einem 28 m langen Stahltrog überführt (Bereich II).

Die Walzträger in Beton (WIB)-Überbauten stützen sich alle 20 m auf Pfeiler. Die Pfeiler ruhen auf quadratischen Fundamenten mit einer Fläche von ca. 6*6 m, die auf jeweils vier Stahlbetonbohrpfählen lagern. Nur der nördliche Pfeiler des Stahltrogüberbaus ruht auf nur einer Reihe aus drei Bohrpfählen. Auf Grund der im Vergleich zum Bohrdurchmesser wesentlich größeren Abstände der Bohrpfähle - der Abstand der Fundamente beträgt jeweils ca. 14 m - und der Aus-

richtung des Bauwerks in Fließrichtung geht von der Bauwerksgründung der Güterzugrampe keine relevante Barrierewirkung auf die Grundwasserströmung aus.

Die Bauwerke der Bereiche IV-V (ca. km 32,84 – km 33,05) sind flach gegründet.

Die mittleren Flurabstände liegen entlang der Güterzugrampe bei ca. 3 – 7,5 m und werden in Richtung Bahnhof Niederrad geringer.

Eisenbahnüberführung (EÜ) Adolf-Miersch-Straße (BW-Nr. 2.4)

Die EÜ Adolf-Miersch-Straße (km 33,20) überführt im bestehenden Zustand Gleise und Bahnsteige des Bahnhofs Frankfurt-Niederrad. Die EÜ wird nach Osten um ein neues eingleisiges Brückenbauwerk erweitert, das das zweite Gleis der NBS 3756 überführt. Die neue Brücke wird wie das bestehende Bauwerk zweifeldrig ausgeführt.

Die Widerlager und das Auflager der Mittelstütze liegen über dem Bemessungsgrundwasserstand. Sie werden mit Bohrpfählen tief gegründet, die in das Grundwasser hineinreichen. Die beiden Widerlager ruhen auf 2 Reihen mit jeweils 3 Bohrpfählen, das Auflager der Mittelstütze auf 2*2 Bohrpfählen. Aufgrund des im Vergleich zu den Bohrdurchmessern wesentlich größeren Abstands der Bohrpfähle geht von der Gründung der EÜ Adolf-Miersch-Straße keine Barrierewirkung auf das Grundwasser aus.

Eisenbahnüberführung (EÜ) Gutleutstraße (BW-Nr. 2.7)

Die EÜ Gutleutstraße (km 34,40) wird um zwei Gleise erweitert. Dafür wird östlich neben der bestehenden Eisenbahnüberführung bau- und systemgleich eine neue einfeldrige Stahlbrücke auf Betonwiderlagern errichtet.

Während das bestehende Brückenbauwerk flach gegründet ist, werden die Widerlager der neuen Brücke tief auf jeweils zwei Doppelreihen von je 5 Bohrpfählen, d.h. 4*5 Bohrpfählen, gegründet. Die Unterkante des Fundamentes liegt über dem höchsten Grundwasserstand (HGW) von 91,62 m. Nur die Bohrpfähle reichen in das Grundwasser hinein. Wegen des im Vergleich zu den Bohrdurchmessern deutlich größeren Abstands der Bohrpfähle untereinander und der daher unwesentlichen Verengung des Fließquerschnittes geht von der Gründung der EÜ Gutleutstraße keine Barrierewirkung auf das Grundwasser aus.

Die mittleren Flurabstände an der liegen EÜ Gutleutstraße bei ca. 3-4 m.

~~Kreuzungsbauwerk (KrBw) Gutleuthof (BW-Nr. 2.8)~~

~~Das KrBw Gutleuthof (km 34,62) quert die Gleise der Abstellanlage. Die Gleise weiten sich noch unter dem Kreuzungsbauwerk nach Osten hin trichterförmig auf. Zu beiden Seiten der bestehenden und der neuen Brücke schließt sich ein Bahndamm von ca. 6 m Höhe an.~~

~~Östlich der bestehenden Stahl-Trogbrücken wird für die beiden Gleise der Strecke 3657 eine Stabbogenbrücke neu errichtet. Die neue Brücke wird als einfeldriges Bauwerk ohne Mittelstützen errichtet. Die Fundamente des nördlichen und des südlichen Widerlagers sind auf jeweils drei Reihen von fünf Bohrpfählen tief gegründet. Die Unterkante des Fundamentes liegt in etwa auf Höhe des höchsten Grundwasserstand (HGW) von 91,98 m, die Bohrpfähle reichen in das~~

~~Grundwasser hinein. Wegen des im Vergleich zu den Bohrdurchmessern deutlich größeren Abstands der Bohrpfähle untereinander und der daher unwesentlichen Verengung des Fließquerschnittes ergibt sich aus der Gründung der EÜ Gutleutstraße keine Aufstauwirkung.~~

~~Die mittleren Flurabstände liegen am KrBw Gutleuthof bei ca. 3 – 4 m.~~

5.4 Stützbauwerke

Wegen der beengten Platzverhältnisse wird der Bahndamm in weiten Streckenabschnitten nach Osten hin mit einer Stützwand gesichert. Die Übertragung der Bauwerkslasten in den Boden erfolgt über Bohrpfähle, die in drei Reihen längs der Stützwände gesetzt werden. Die drei Bohrpfahlreihen liegen in Abständen von ca. 2,5 m und 3 m zueinander.

Die Tiefe der Bohrpfähle ist noch nicht bestimmt und richtet sich nach statischen und konstruktiven Erfordernissen. Wie oben erwähnt, sollen die Bohrpfähle mindestens 3 m tief in den tragfähigen Boden einbinden. Der Achsabstand entspricht mindestens dem dreifachen Durchmesser der Bohrpfähle, womit der wirksame Fließquerschnitt nur unwesentlich verengt wird. Von den Bohrpfählen geht damit keine relevante Barrierewirkung auf die Grundwasserströmung aus.

Die einzelnen tief gegründeten Stützwände (Stw) werden nachfolgend aufgelistet:

- Stw Goldsteinstraße (BW-Nr. 3.10): ca. zwischen km 33,5 und km 33,6,
- Stw Stellwerk FA (BW-Nr. 3.11): zwischen der EÜ Gutleutstraße und dem KrBw Gutleuthof,
- ~~Stw Aufenthaltsraum (BW-Nr. 3.12): zwischen KrBw Gutleuthof und EÜ Ladestraße,~~
- ~~Stw Ladestraße (BW-Nr. 3.13): zwischen der EÜ Ladestraße und der Einfädelung in die Bestandsböschung bei ca. km 35,20.~~

Die neuen Schallschutzwände entlang der Ausbaustrecke werden über Stahlrohre tief gegründet. Die Einbindetiefe der Stahlrohre ist nicht abschließend ermittelt. Da die Flurabstände entlang der betreffenden Streckenabschnitte durchgängig über 3 m und in weiten Streckenabschnitten deutlich über 3 m liegen, ergibt sich durch die Gründungsrohre keine Beeinflussung des Grundwassers.

Neue Schallschutzwände sind auf folgenden Streckenabschnitten vorgesehen:

- Strecke 3624: bahnrechts von km 6,42 – 6,72 (Kilometrierung der Strecke 3624),
- Strecke 3657: bahnlinks von km 1,01 – 2,44 (Kilometrierung der Strecke 3657).

5.5 Kumulative Barrierewirkung

Mittels Grundwassermodellrechnungen ist die kumulative Barrierewirkung der bis in das Grundwasser hineinreichenden Teile von Bauwerken für das Vorhaben Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe zu ermitteln. Ergänzend werden die hydrogeologischen Verhältnisse in einem geologischen Schnitt dargestellt. Eine Übersicht zu den in das Grundwasser ragenden

Bauwerksteilen sowie Schnittspur und die Bohransatzpunkte der im geologischen Schnitt dargestellten Bohrungen zeigt **Anlage 18.7.1a**.

5.5.1 Bauwerksteile im Grundwasser

Nachfolgend werden die in das Grundwasser reichenden Teile der Bauwerke von Süd nach Nord beschrieben. Im geologischen Schnitt sind diese schematisiert entlang der Schnittspur dargestellt, da sie in dessen Maßstab oftmals wegen der aufgelösten Bauweise (Bohrpfähle) nicht in ihren tatsächlichen Abmessungen sinnvoll dargestellt werden können. Die Einzelheiten können den einzelnen Bauwerksplänen in **Anlage 18.7.2a** entnommen werden.

Die Widerlager des Kreuzungsbauwerks Gleisdreieck werden mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand gegründet, deren vier Seiten unregelmäßig angeordnet sind. Es ergeben sich Seitenlängen von ca. 8 m x 9 m x 5 m x 9 m und ca. 8 m x 9 m x 12 m x 20 m für die beiden überschnittenen Bohrpfahlwände der Widerlager. Die Pfahlfüße liegen nach den geotechnischen Berechnungen in einer Tiefe von ca. 89,5 müNN. Die Spannweite der Brücke beträgt ca. 50 m.

Das Trogbauwerk der Eisenbahnunterführung Golfstraße hat eine Länge von ca. 120 m und eine Breite von ca. 13,5 m. Die Bauwerksunterkante inkl. Unterwasserbetonsohle reicht bis in das Grundwasser, die Unterkanten der dauerhaft im Untergrund verbleibenden Spundwände reichen im Tiefsten bis zu einer Höhe von ca. 88,6 müNN.

Im Bereich der Güterzugrampe werden die Bohrpfähle in einem quadratischen Raster mit Achsenabständen von ca. 4,5 m angeordnet. Jede Bohrpfahlgruppe besteht somit aus 4 Bohrpfählen, der Abstand der einzelnen Gruppen untereinander beträgt ca. 14 m. Der Durchmesser der Bohrpfahlwände beträgt ca. 1,4 m. Die Gründungsordinaten der Bohrpfähle liegen nach den geotechnischen Berechnungen in einer Tiefe ca. von 87,8 müNN bis 90,2 müNN. Insgesamt erstrecken sich die Tiefgründungen der Güterzugrampe über eine Strecke von rund 360 m. Im Bereich des Stahltrogüberbaus besteht die Tiefgründung aus einer ca. 6 m langen überschnittenen Bohrpfahlwand.

Die zwei Widerlager und die Innenstütze der Brücke in der Adolf-Miersch-Straße werden auf Bohrpfählen gegründet. Die beiden Bohrpfahlgruppen für die Wiederlager bestehen jeweils aus 9 Bohrpfählen mit einem Durchmesser von ca. 0,9 m und einem Achsenabstand von ca. 2,7 m. Die 4 Bohrpfähle der Innenstütze haben einen Durchmesser von ca. 1,2 m und einen Achsenabstand von rund 3,6 m. Die Gründungsordinate liegt nach den geotechnischen Berechnungen in einer Tiefe von ca. 80,9 müNN.

Die Tiefgründung des rund 70 m langen Stützbauwerks Goldsteinstraße besteht aus insgesamt 72 Bohrpfählen mit einem Achsenabstand von 3,0 m in Längsrichtung und ca. 1,4 bzw. 2,6 m in Querrichtung. Der Durchmesser der Bohrpfähle beträgt rund 0,9 m. Die Gründungsordinate liegt nach den geotechnischen Berechnungen in einer Tiefe von ca. 88,8 müNN.

5.5.2 Grundwassermodellrechnungen

Im Bereich der in den Untergrund reichenden Bauwerksteilewurde das FE-Netz deutlich verfeinert, die Knotenabstände liegen hier zwischen ca. 0,5 m und bis zu ca. 100 m. Sämtliche in den Grundwasserleiter hineinragenden Bauteile wurden in ihrer Lage und mit den tatsächlichen Abmessungen in der Struktur des FE-Netzes des in Anhang I dokumentierten Grundwassermodells eingepflegt. Die Höhenlage der Unterkanten der ins Grundwasser hineinragenden Bauteile wird aufgrund entsprechender Anpassungen in der vertikalen Diskretisierung des Modells exakt abgebildet.

Anlage 18.7.3b zeigt die berechneten Grundwasserstände im Bezugszustand bei mittleren klimatischen Verhältnissen. Als Randbedingung wurden vergleichsweise hohe Grundwasserstände angesetzt, wie sie sich bei Einstellung sämtlicher Förderungen (und Infiltrationen) der umliegenden Wasserwerke ergeben. Zum Vergleich ist in Anlage 18.7.3b ein konstruierter Grundwassergleichenplan aus dem Jahr 1884 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das berechnete Wasserstandsniveau und somit auch die Strömungsrichtung und das Gefälle, sowohl lokal als auch weiträumig betrachtet, gut mit den konstruierten Gleichen übereinstimmen.

Zur Ermittlung des Einflussbereiches werden in zwei Simulationsläufen zum einen die Grundwasserstände unter Berücksichtigung der Tiefgründungen und zum anderen die unbeeinflussten Grundwasserstände (Anlage 18.7.4a) berechnet und die sich daraus ergebende Grundwasserstandsdifferenz bestimmt. Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen von weniger als 0,25 m gelten dabei im Rahmen der natürlichen Schwankungen verschiedener Einflussgrößen sowie der Modellungenauigkeiten als nicht signifikant und nicht nachweisbar bzw. eindeutig zuordenbar.

Die detaillierten Modellrechnungen zeigen, dass nach Umsetzung der Baumaßnahmen keine signifikanten Grundwasserstandsänderungen zu erwarten sind (**Anlage 18.7.4a**). Im Nahbereich der Eisenbahnunterführung Golfstraße ist eine Aufhöhung (im Anstrom) und eine Absenkung (im Abstrom) von rechnerisch jeweils ca. 0,10 m zu erwarten. Im Bereich der Widerlager des Kreuzungsbauwerkes Gleisdreieck wird eine Aufhöhung von ca. 0,03 bis 0,05 m berechnet, im Bereich der Bohrpfähle der Güterzugrampe beträgt die Absenkung zwischen 0,01 m und 0,10 m am Trog Golfstraße.

Die Ursache für die geringe Barrierewirkung der geplanten Tiefgründungen liegt u.a. in den vergleichsweise hohen Durchlässigkeiten der quartären Sedimente im Untersuchungsraum, so dass bei den relativ geringen Abmessungen die Tiefgründungen ohne erhebliche Verluste umströmt werden können. Bei den Bohrpfahlgründungen ist zusätzlich der im Vergleich zum Durchmesser wesentlich größeren Achsenabständen der Bohrpfähle zu berücksichtigen. Die bisherigen Ergebnisse zur Barrierewirkung der in das Grundwasser reichenden Bauwerksteilen werden durch die detaillierten Grundwassermodellrechnungen damit bestätigt.

6 Mainbrücke

Die geplante Mainbrücke lehnt sich in ihrem Entwurf an die vorhandene Stabbogenbrücke der S-Bahnstrecke an.

Der Main hat an dem für die neue Mainbrücke vorgesehenen Standort eine Breite von ca. 160,00 m. Durch die stromabwärts vorhandene Staustufe Griesheim stellt sich in der Regel ein hydrostatischer Stau von 92,0 m ein. Der Abflüsse betragen am Pegel Frankfurt bei einem HQ100 ca. 2.530 m³/s, bei MQ ca. 192 m³/s und bei MNQ ca.62 m³/s Der zugehörige Wasserstand bei einem HQ100 an der Staustufe Griesheims liegt bei ca. 94,0 müNN.

Am Nordufer des Mains befindet sich eine Stahlspundwand der Hafenanlage einer Speditionsfirma. Am Südufer ist ein flach einfallendes natürliches Ufer vorhanden. Die Vorlandbrücke wird als zweifeldrige Stahl-Trogbrücke und die Strombrücke als einfeldrige Stahl-Stabbogenbrücke errichtet. Sämtliche Widerlager und Pfeiler des Bauwerkes werden auf einer kombinierten Pfahl-Plattengründung errichtet.

6.1 Hydraulischer Bauwerkseinfluss

Der hydraulische Einfluss des geplanten Brückenbauwerks auf das Abflussverhalten des Mains wurde mittels 2D-Wasserspiegellagenberechnungen für einen 100-jährlichen Hochwasserabflusses ermittelt.

Die Berechnungen für den End-Zustand zeigen, dass von der neuen Brücke nur eine sehr geringe Beeinflussung der Hochwasserabflussverhältnisse des Mains ausgeht. ~~Sie beschränkt sich im Wesentlichen auf das unmittelbare und nähere Umfeld der beiden Pfeiler und ist bezogen auf die Strömungsgrößen Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen auch betragsmäßig gering (z.B. Veränderung der Wasserspiegellagen im Bereich des im Flussbett gelegenen Pfeilers um ±5 cm). Der mittlere und der rechte Teil des Abflusses werden von den beiden Pfeilern praktisch nicht beeinflusst.~~ Es treten lediglich lokale Änderungen in den Wasserspiegellagen ausschließlich im Bereich der Brückenpfeiler auf. Dabei beträgt direkt am Pfeiler die max. Aufhöhung 5 cm im Zustrom. Die max. Absenkung beträgt ebenfalls ca. 5 cm. Bereits unterhalb der vorhandenen Brücke sind die Wasserspiegellagenänderungen durch den geplanten Brückenneubau auch rechnerisch unterhalb jeglicher Signifikanzschwelle. Der Strompfeiler ~~verdrängt bei einem bei einem HQ_{100} 1.062 m³~~ und der Uferpfeiler führen zu einem auf die Bauwerksvolumina zurückzuführenden Retentionsraumverlust bei einem HQ_{100} von insgesamt knapp 400~~120~~ m³. Die Pfeiler haben keinerlei Auswirkungen auf die Wasserspiegel im Mainvorland und der Retentionsraum wird durch den Brückenbau praktisch nicht verändert. Das nördliche und südliche Widerlager liegen außerhalb des Abflussprofils auch eines HQ_{100}.

Im Bauzustand bestehen etwas stärkere Auswirkungen auf die Hochwasserabflussverhältnisse, die sich im Wesentlichen aber auch auf das Pfeilerumfeld beschränken. Der Strompfeiler verdrängt dann bei einem HQ_{100} 2.160 m³ und der Uferpfeiler 161 m³. Zudem sind sie noch immer

so gering, dass von ihnen keine Verschärfung der Hochwassergefährdung für die Anlieger ausgeht.

Die mit den Berechnungen festzustellenden Auswirkungen des Brückenneubaus auf die Hochwasserabflussverhältnisse, insbesondere auf die Schubspannungen, bewegen sich in einer Größenordnung, die keine zusätzlichen Kolkschutzmaßnahmen an den Pfeilern der bestehenden Brücken erfordert. Unter Berücksichtigung der für den Ist-Zustand berechneten Schubspannungen in Verbindung mit den durch den Brückenneubau bewirkten Veränderungen kann der an den Pfeilern der bestehenden Brücken vorhandene Kolkschutz unter Anpassung an die Pfeilergeometrie auch an den Pfeilern der geplanten Brücke zur Ausführung gelangen.

Die Einzelheiten zur Ermittlung des geplanten Brückenbauwerks auf den Hochwasserabfluss sind Anhang II zu entnehmen.

6.2 Bauzeitliche Wasserhaltung

Für die Gründung des Mainpfeilers werden zunächst Ortbetonpfähle innerhalb der mit einer Umspundung hergestellten Baugrube eingebracht. Die Bohrebene liegt oberhalb des Mainwasserspiegels. Die Baugrubensohle wird nachfolgend mit Unterwasserbetonsohle abgedichtet und die Baugrube gelenzt. Nach dem Lenzen werden die Pfahlkopfbalken/-platten zusammen mit den Pfeilerfundamenten betoniert. Neben dem Lenzwasser kann infolge von Undichtigkeiten des Baugrubenverbaus und der Baugrubensohle Wasser in geringem Umfang in die Baugrube nachströmen. Diese Menge wird mit max. 10 l/s pro 1000 m² benetzter Bauwerksfläche abgeschätzt. Die Umspundung ist ca. 25 m lang und ca. 9 m breit. Die Spundwandschlösser werden gedichtet. Bei Mittelwasser steht der Main ca. 5 m an der Umspundung an. Es resultiert hieraus eine Förderung von rund 3 l/s bzw. ca. 300 m³/d. Über die Bauzeit von 25 Wochen fallen damit ca. 53.000 m³ Leckagewasser an.

Das Lenz- und Leckagewasser werden neutralisiert und in den Main geleitet.

Der Zutritt von Grundwasser über die Baugrubensohle in die Baugrube ist vernachlässigbar gering.

Für die Gründung des Mittelpfeilers der Vorlandbrücke ist keine Grundwasserhaltung mit Ausnahme von Hochwasserereignissen erforderlich. Die Wasserstände steigen während eines Hochwassers maximal rund 2,5 m über die Baugrubensohle an (s. Abb. 1 auf S. 10). Die Umspundung ist ca. 20 m lang und ca. 7 m breit. Infolge von Undichtigkeiten des Baugrubenverbaus und der Baugrubensohle Wasser kann in geringem Umfang in die Baugrube nachströmen. Diese Menge wird mit max. 10 l/s pro 1000 m² benetzter Bauwerksfläche (275 m²) abgeschätzt, da neben dem Grundwasser auch Mainwasser am Verbau direkt ansteht. Die Dauer eines Hochwassers wird überschlägig mit 4 Wochen abgeschätzt. Die abzuleitende Menge beträgt im betrachteten Fall knapp 7.000 m³.

In die Baugrube des südlichen Widerlagers der Vorlandbrücke kann Grundwasser nur bei großen Hochwässern eindringen. Die abzupumpende Grundwassermenge bleibt auch in einem derartigen Fall sehr gering (<< 1.000 m³).

Vor Beginn der Ableitung erfolgt eine chemische Analyse des Lenzwassers. Der Parameterumfang entspricht Tabelle 9 ohne Herbizide. Als maximal zulässige Einleitekonzentration wird eine Verfünffachung der Geringfügigkeitsschwellenwerten nach GWS-VwV vorgeschlagen. In den ersten 4 Wochen wird das abgeleitete Wasser wöchentlich untersucht. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen wird in Abstimmung mit den zuständigen Behörden ein monatliches Beprobungsintervall angestrebt. Die abgeleiteten Mengen werden kontinuierlich erfasst (z.B. Wasseruhr).

6.3 Entwässerung

Das auf der Brücke anfallende Niederschlagswasser wird direkt über Einläufe und Sammelleitungen unterhalb der Überbauten zum Strompfeiler geleitet und von dort dem Main stromabwärts zugeführt. Ein Rückstauraum ist nicht erforderlich.

Für die Berechnung der abflusswirksamen Niederschläge auf den Bahnanlagen werden die mittleren Jahresniederschlagsmengen der Station Frankfurt/Flughafen herangezogen. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt für den Zeitraum 1971-2000 683 mm, die potentielle Verdunstung nach Haude 679 mm. Der Hauptanteil des Niederschlags, 24 % der Jahresniederschlagssumme, fällt in Tagesniederschlagsmengen zwischen 6 und 10 mm. Der Anteil der Tagesniederschläge zwischen 1 und 3 mm beträgt 12% der Jahresniederschlagssumme, der Anteil der Tagesniederschläge unter 1 mm 3%.

Für die Gleistragplatte, den einfassenden Beton sowie die Randwege werden Benetzungsverluste von 1 mm angesetzt. Der mittlere Abflussbeiwert wird in Anlehnung an Literaturangaben mit 0,85 berücksichtigt. D. h. dass nach Abzug der Benetzungsverluste 85 % des Niederschlags zum Abfluss kommen.

An der Station Frankfurt/Flughafen sind bei einem mittleren Jahresniederschlag von 683 mm im Zeitraum 1971-2000 23 mm Niederschlagsereignissen mit einer Niederschlagsmenge von weniger als 1 mm zuzuordnen sind.

Damit ergibt sich ein abflusswirksamer Niederschlag von:

0,85 * (683 - 23) mm = 561 mm.

Bei einer Breite der Brücke von ca. 10,5 m und einer Gesamtlänge von ca. 215 m entsteht ein mittleres jährliches Abflussvolumen von knapp 1.300 m³, das in den Main abgeleitet wird.

Das abzuleitende Niederschlagswasser ist gering belastet. Ein Fäkalieneintrag aus Zügen ist durch geschlossene Abortsysteme ausgeschlossen. Der Einsatz von Herbiziden ist auf Gewässerkreuzungen untersagt. Somit kann eine Beeinträchtigung der Gewässerqualität, der Fischfauna und des Grundwassers ausgeschlossen werden.

7 Wasserrechtliche Antragsgegenstände

Für Bau und Betrieb des beantragten Vorhabens sichern die wasserwirtschaftlichen Regelwerke und gesetzlichen Vorgaben insbesondere nach WHG und HWG den allgemeinen Grundwasserschutz. Für die Benutzung der Gewässer zu bestimmten Zwecken sind wasserrechtliche Erlaubnisse zu beantragen.

Im Umfeld von Gewinnungsanlagen zur Trinkwasserversorgung verbleiben auch im Rahmen des Allgemeinen Gewässerschutzes noch gewisse Gefährdungsrisiken (z. B. infolge von Unfällen). Zum Zwecke der besonderen Vorsorge oder der ausreichenden Minderung werden Wasserschutzgebiete (WSG) festgesetzt, in denen – über den Allgemeinen Gewässerschutz hinaus gehende – Beschränkungen, Verbote und Duldungspflichten gelten.

7.1 Erlaubnisse zur Benutzung von Gewässern

Erlaubnis zur breitflächigen Versickerung von Regenwasser

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für die ungesammelte und breitflächige Entwässerung über die Dammböschungen sowie für die Versickerung über Sickerschlitze und trassenbegleitenden Sickermulden (Bahngräben) die Erlaubnis zur Versickerung nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG zu erteilen. Näheres ist dem Kap. 5.2 des Erläuterungsberichts (Anlage 1~~bc~~ der Antragsunterlagen auf Planfeststellung) zu entnehmen.

Erlaubnis zur Versickerung von Niederschlagswasser über Versickerbecken

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für die Versickerung von Niederschlagswasser die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG über die Becken

- nördlich der Golfstraße (km 32,7)
- südlich der Adolf-Miersch-Straße (km 33,1)
- nördlich der Adolf-Miersch-Straße (km 33,3)
- ~~nördlich EÜ Ladestraße (km 34,8)~~

zu erteilen.

Erlaubnis zur Einleitung von Niederschlagswasser in Fließgewässer

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für die Einleitung des Niederschlagswassers aus der Entwässerung der Mainbrücke in den Main die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10, mit § 19 und mit § 57 WHG zu erlauben. Näheres ist dem Kap. 4.7 zu entnehmen.

Erlaubnis zum Einbringen von Stoffen in das Grundwasser

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für das Einbringen von Großbohrpfählen zur Gründung folgender Bauwerke die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG zu erlauben (Einzelheiten s. Kap. 5.3 und 5.4):

Brückenbauten

- BW 2.1 KrBw Gleisdreieck,
- BW 2.3 EÜ Güterzugrampe,
- BW 2.4 EÜ Adolf-Miersch-Straße,
- BW 2.6 EÜ Mainbrücke,
- BW 2.7 EÜ Gutleutstraße.
- ~~BW 2.8 KrBw Gutleuthof.~~

Stützbauwerke

- BW 3.10 Stw Goldsteinstraße,
- BW 3.11 Stw Stellwerk „Fa“,
- ~~BW 3.12 Stw Aufenthaltsraum,~~
- ~~BW 3.13 Stw Ladestraße.~~

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für das dauerhafte Einbringen von Verbauwände und Unterwasserbeton in das Grundwasser die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG für das Bauwerk

- BW 2.2 EÜ Golfstraße

zu erlauben (Einzelheiten s. Kap. 6.4).

Erlaubnis für das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch dauerhaftes Einbinden von Bauwerken in das Grundwasser

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG durch die Errichtung des Bauwerks inkl. Verbauwände

- BW 2.2 EÜ Golfstraße

zu erlauben (Einzelheiten s. Kap. 6.2).

Temporär befristete (bauzeitliche) Grundwasserhaltung

Erlaubnis für die bauzeitliche Entnahme von Grundwasser EÜ Golfstraße

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für die temporär befristete Entnahme von Grundwasser die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG zur Errichtung des Bauwerks

- BW 2.2 EÜ Golfstraße

zu erlauben.

Zur Herstellung des Trogbauwerks wird eine Bauzeit von ca. 60 Wochen veranschlagt. In dieser Zeit fallen insgesamt max. ca. 7.000 m³ Lenz- und max. ca. 126.000 m³ Leckagewasser an. Die max. gesamte Grundwasserentnahme beträgt damit ca. 133.000 m³. Die aus der Baugrube zusätzlich abzuleitende Tagwassermenge (Niederschlag) wird mit 1.400 m³ abgeschätzt.

Die Grundwasserhaltung ist umfassend in Kap. 5.2 erläutert.

Erlaubnis für die bauzeitliche Entnahme von Grundwasser EÜ Mainbrücke

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, für die temporär befristete Entnahme von Grundwasser die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG zur Errichtung der Gründung des Bauwerks

- BW 2.6 EÜ Mainbrücke

zu erteilen.

Während Hochwasserereignisse im Main kann eine bauzeitliche Absenkung des Grundwassers zur Errichtung der Gründung des südlichen Widerlagers und des Mittelpfeilers der Vorlandbrücke erforderlich werden. Die abzuleitende Menge im Hochwasserfall wird mit bis zu 7.000 m³ abgeschätzt.

Die Grundwasserhaltung ist umfassend in Kap. 6.2 erläutert.

Erlaubnis für die Einleitung von bauzeitlich gefördertem Baugrubenwasser in den Main

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG, die Erlaubnis nach § 8 WHG in Verbindung mit § 10 und § 19 WHG die Erlaubnis zur Einleitung von bauzeitlich gefördertem Wasser bei der Herstellung der Mainbrückenpfeiler und der EÜ Golfstraße in den

- Main

zu erteilen.

7.2 Ausnahmen von Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG die Ausnahme nach § 12 der Verordnung zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Trinkwassergewinnungsanlagen Pumpwerk Hinkelstein, Pumpwerk Schwanheim, Pumpwerk Goldstein, Pumpwerk Oberforsthaus und Pumpwerk Staustufe Griesheim von nachfolgenden Bestimmungen der Verordnung zuzulassen:

- § 5 (5): Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

  Für Bau und Betrieb der Bahnanlage ist der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen notwendig.

- § 5 (10): Bodeneingriffe mit wesentlicher Minderung der Grundwasserüberdeckung,

  Für die Errichtung des Trogbauwerks der EÜ Golfstraße sind Erdaufschlüsse und sonstige Bodeneingriffe erforderlich, die zu einer wesentlichen Minderung der Grundwasserüberdeckung führen. Durch die Konstruktion und die entwässerungstechnische Ausstattung ist sichergestellt, dass es durch im Betrieb zu keiner Grundwasserverunreinigung kommt. Das Bauwerk wird in grundwasserschonender Bauweise mit dichter Baugrube hergestellt. Ein Austritt von Stoffen aus der Baugrube ist deshalb nicht möglich.

7.3 Genehmigung baulicher Anlagen im Überschwemmungsgebiet des Mains

Es wird beantragt, im Zuge der Planfeststellung nach § 18 AEG die Errichtung der Mainbrücke nach § 78 (3) WHG zu genehmigen.

8 Monitoring und Beweissicherung

Beim Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld – 2. Ausbaustufe dient das Monitoring zur Überwachung folgender potenzieller Auswirkungen des Bauvorhabens:

- Überwachung der Auswirkungen des Umbauvorhabens auf die Grundwasserqualität innerhalb des Wasserschutzgebietes,
- Überwachung der Aufstau- und Absenkwirkung des Bauwerks EÜ Golfstraße.

Die Überwachung der Grundwasserstände beschränkt sich auf den Nahbereich der EÜ Golfstraße. Die anderen Bauwerke sind flach gegründet oder ragen nur mit ihren Gründungen in das Grundwasser hinein. Aufgrund der konstruktiven Gestaltung der Bohrpfahlgründung ist bei diesen Bauwerken eine Aufstauwirkung ausgeschlossen (s. Kapitel 5).

Das Überwachungsmessnetz ist in **Anlage 18.~~7~~8b** dargestellt. Neben den Monitoringmessstellen des Vorhabens Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 2. Ausbaustufe sind hier zur vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung auch die Monitoringmessstellen der Vorhaben S-Bahn Gateway Gardens und Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 3. Ausbaustufe enthalten. Da das Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 3. Ausbaustufe noch in Planung ist, sind die Standorte dieser Messstellen noch konzeptionell und Änderungen hierzu sind innerhalb der weiteren Planung des Verfahrens Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 3. Ausbaustufe möglich. Details zur Festlegung der Messstellenlagen für das Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 2. Ausbaustufe sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen. Alle zur Überwachung der Vorhaben S-Bahn Gateway Gardens und Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 2. Ausbaustufe vorgeschlagenen Grundwassermessstellen sind vorhanden. Es werden die Einzelheiten des bauzeitlichen Monitorings spätestens 3 Monate vor Baubeginn und die Einzelheiten des betrieblichen Monitorings spätestens 3 Monate vor Betriebsbeginn mit den Behörden und Hessenwasser abgestimmt. Es wird die Überwachung von Baustelleneinrichtungsflächen einbezogen. Das Messnetz wird in der Örtlichkeit mit Betroffenen und Behörden abgestimmt und falls erforderlich ergänzt. Sofern Monitoringmessstellen, z.B. baubedingt, entfallen, wird gleichwertiger Ersatz geschaffen. Die sachgerechte Einrichtung des Messnetzes wird gutachterlich bestätigt.

8.1 Überwachung der Aufstau- und Absenkwirkung der EÜ Golfstraße

In Grundwassermodellrechnungen wurde die potentielle Aufstau- bzw. Absenkwirkung der EÜ Golfstraße mit 10 - 15 cm berechnet. Zur Überwachung dienen die Messstelle HW-36-G00740 der Hessenwasser, die in unmittelbarer Bauwerksnähe im Abstrom liegt sowie die zur Grundwassermessstelle ausgebaute Kernbohrung BK 1 im unmittelbaren Zustrom südlich der EÜ Golfstraße. Die Kernbohrung BK 1 wurde im Rahmen der geotechnischen Erkundungen niedergebracht und wird zur eindeutigen Zuordnung im Folgenden als GWM 1 (Golfstraße) bezeichnet.

Der Grundwasserstand in der Messstelle HW-36-G00740 wird durch die Hessenwasser monatlich überwacht. Mit Baubeginn sollen die Grundwasserstände in ~~bei~~den Messstellen HW-36-G00740, HW-35-G05190, HW-35-G01250 und GWM 1 (Golfstraße) weiterhin monatlich überwacht und die Messergebnisse protokolliert und den zuständigen Behörden übermittelt werden. Diese kontinuierliche Überwachung der Grundwasserqualität soll bis zwei Jahre nach Abschluss der Baumaßnahmen erfolgen.

Die abgeführte Menge an Tag-, Lenz- und Leckagewasser wird kontinuierlich erfasst und protokolliert.

8.2 Überwachung potenzieller vorhabenbedingter Auswirkungen auf die Grundwasserqualität

Die Überwachung potenzieller vorhabenbedingter Auswirkungen auf die Grundwasserqualität erfolgt im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen der Stadtwaldwasserwerke. Sie erstreckt sich auf alle Bauwerke, die im WSG in den Grundwasserkörper hineinreichen sowie den Streckenabschnitt im Nahbereich der Gewinnungsanlagen des WW Goldstein. Das Monitoring dieses Streckenabschnitts dient auch zur Validierung der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung.

Da im Untersuchungsgebiet Belastungen im Grundwasser festgestellt wurden, u.a. CKW und Herbizide ~~Pestizide~~, muss der Zustrom zu den Umbaumaßnahmen überwacht werden.

Folgende Bauwerke bzw. Streckenabschnitte werden bzgl. eventueller Auswirkungen auf die Grundwasserqualität im Wasserschutzgebiet bauzeitlich überwacht:

- Die Ausbaustrecke im Nahbereich der Brunnen Goldstein (km 30,95 - km 32,00),
- das Kreuzungsbauwerk Gleisdreieck (BW-Nr. 2.1.1-2.1.2),
- die EÜ Golfstraße (BW-Nr. 2.2),
- die EÜ Güterzugrampe (BW-Nr. 2.3).

Die Errichtung der EÜ Golfstraße erfolgt in wasserdichter Baugrube. Bei den Bauwerken Gleisdreieck und Güterzugrampe reichen die Großbohrpfähle in das Grundwasser hinein. Im wesentlichen in der Frischbetonphase ist eine qualitative Beeinträchtigung des umströmenden Grundwassers durch ein Lösen von Betonbestandteilen möglich.

Sowohl aus dem Grundwassergleichenplan vom Oktober 2004 (Anlage 18.3.1a) als auch aus dem mit dem Grundwassermodell berechneten Strömungsbild für die wasserrechtlich genehmigte Entnahmemenge (Anlage 18.4a) wird deutlich, dass eine Stoffverlagerung von der Güterzugstrecke 3624 in die Brunnen des WW Oberforsthaus nur erfolgen kann, wenn der Eintrag in das Grundwasser auf dem äußersten südlichen Streckenabschnitt stattfindet. Dieser Abschnitt wird abgedichtet und das Entwässerungswasser dem Versickerbecken südlich der Adolf-Miersch-Straße zugeführt. Auf eine qualitative Überwachung des Grundwassers in diesem kurzen Streckenabschnitt (< 100m) wird verzichtet.

Den oben aufgeführten Bauwerken bzw. Streckenabschnitten wird zur Überwachung jeweils eine Messstelle im Zu- und Abstrom zugeordnet. Diese Messstellen sind in Tabelle 8 aufgelistet und finden sich auch farbig hinterlegt in Anlage 18.~~7~~8b.

Die bereits zur Überwachung der Grundwasserstände an der EÜ Golfstraße definierten Messstellen HW-36-G00740, HW-35-G05190, HW-35-G01250 und GWM 1 (Golfstraße) können auch zur Überwachung der Grundwasserqualität an der EÜ Golfstraße dienen.

Die Güterzugrampe schließt direkt an das nördliche Widerlager des Kreuzungsbauwerks Gleisdreieck an. Daher können beide Bauwerke abstromig durch die Messstelle GWM 1 (Golfstraße) überwacht werden. Im Zustrom wird den beiden Bauwerken die innerhalb des Gleisdreiecks gelegene Messstelle HW-36-G05190 zugeordnet. Durch diese Messstelle kann auch eine eventuell durch die Altlastenverdachtsfläche im Gleisdreieck herrührende stoffliche Belastung bestimmt werden.

Die Analyse des abgeleiteten Niederschlagswassers aus dem Abschnitt der geschlossenen Entwässerung dient zur Validierung der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung. Als Probenahmestelle ist der Zulauf zur Sickerbeckenanlage Adolf-Miersch-Straße vorgesehen.

Tabelle 8 Messstellen für das bauzeitliche Monitoring im WSG

Bauwerk/Streckenabschnitt	**Zustrommesstelle**	**Abstrommessstelle**
Ausbaustrecke ca. km 31,70	HW-36-G03080	HW-36-G03090
Ausbaustrecke ca. km 31,45	HW-36-G05080	HW-36-G04430
KrBw. Gleisdreieck / EÜ Güterzugrampe	HW-36-G05190	GWM-Golfstraße 1
EÜ Golfstraße	GWM 1 (Golfstraße) HW-35-G05190 HW-35-G01250	HW-36-G00740

Die zu beprobenden Parameter sind in Tabelle 9 aufgelistet. Der Analyseumfang wurde aus der Grundwasserverordnung (GrwV 2010), der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV 201~~1~~6) sowie den mit den Behörden abgestimmten Parametern zur Untersuchung der Sickerwasserqualität des Entwässerungswassers und dem Anhörungsverfahren zum PFA 1 der NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar abgeleitet. Er umfasst neben den Vor-Ort-Parametern u.a. die Hauptanionen und –kationen, Schwermetalle und sonstige Metalle, die organischen Summenparameter BTEX, LHKW, PAK und KW sowie eine abgestimmte Liste von im Bahnbetrieb eingesetzten Herbiziden. Die von der Bahn aktuell eingesetzten Wirkstoffe sind in Kapitel 3.2 aufgelistet. Bei Veränderungen in den eingesetzten Mitteln ist der Analyseumfang durch die jeweils neu hinzugekommenen Wirkstoffe zu ergänzen. Betonzusatzmittel werden im Rahmen der Ausführungsplanung der Behörde benannt, ggf. wird diesbezüglich der Analyseumfang angepasst.

Tabelle 9 Parameterumfang zur Überwachung der Grundwasserqualität

Parameter	
Vor-Ort-Parameter	**Sonstige Metalle**
Temperatur	Aluminium
Elektr. Leitfähigkeit	Eisen
pH-Wert	Mangan
O_2	**Organische Parameter**
Redoxpotential	BTEX
Hauptanionen und –kationen	Summe LHKW + Vinylchlorid
Natrium	Summe PAK
Kalium	Kohlenwasserstoffe
Calcium	**Herbizide**
Magnesium	AMPA
Chlorid	Atrazin
Hydrogencarbonat	Bromacil
Sulfat	Diuron
Nitrat	Flumioxazin
Schwermetalle	Glyphosat
Arsen	Flazasulfuron
Blei	**Sonstige Parameter**
Cadmium	Abfiltrierbare Stoffe
Chrom	Bor
Kobalt	CSB
Kupfer	Cyanide, leicht freisetzbar
Molybdän	Cyanide, gesamt
Nickel	Fluorid
Quecksilber	Selen
Thallium	
Zink	

Vor Beginn des bauzeitlichen Grundwassermonitorings erfolgt eine Basisaufnahme, bei der sämtliche Grundwassermessstellen des Überwachungsmessnetzes auf die Parameter der Tabelle 9 beprobt werden. Die Basisaufnahme wird bis spätestens 3 Monate vor Baubeginn abgeschlossen, ein Bericht zu den Untersuchungsergebnissen wird der Behörde spätestens 2 Monate vor Baubeginn zugesandt.

Während der Bauphase bis 2 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten werden vierteljährlich in allen genannten Grundwassermessstellen Grundwasserproben genommen und nach den Parametern der Tabelle 9 untersucht. Es werden in kritischen Bauphasen einzelner Baumaßnahmen differenzierte, auf das jeweilige Überwachungsziel abgestimmte Untersuchungsintervalle festgelegt. Bei jeder Probennahme werden die Vor-Ort-Parameter Temperatur, pH, Leitfähig-

keit, Sauerstoffgehalt und das Redoxpotential sowie der Grundwasserstand zum Probennahmezeitpunkt gemessen und protokolliert. Es werden nur analytische Untersuchungsverfahren eingesetzt, bei denen die Bestimmungsgrenzen der untersuchten Parameter unter den einzuhaltenden Qualitätsnormen liegen bzw. mit genormten Verfahren erfassbar sind.

Die Überwachungsergebnisse der Bauphase inkl. der 2-jährigen Übergangsphase nach Bauende werden in Jahresberichten dokumentiert und den Behörden übermittelt. Grenzwertüberschreitungen werden der Behörde sofort mitgeteilt.

Das Grundwassermonitoring zum Streckenabschnitt zur Validierung der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung und die Beprobung des Zuflusses zur Sickerbeckenanlage Adolf-Miersch-Straße sind über einen Zeitraum von 5 Jahren ab Betriebsbeginn vorgesehen.

Das betriebliche vorhabenübergreifende Monitoring, das auch der Validierung der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung dient, umfasst die Messstellen (jeweils Zu- und Abstrom) HW-36-G05080 und HW-36-G04430, HW-36-G03080 und HW-36-G03090 aus dem Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 2. Ausbaustufe, die Messstellen (Zu- und Abstrom) HW-36-G039070 und GWM_L2_10 aus dem Vorhaben Gateway Gardens und die Messstellen (jeweils Zu- und Abstrom) GWM 3.BS 1 und HW-36-G05040, GWM 3.BS 3 und HW-36-G04320 aus dem Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 3. Ausbaustufe (Anlage 18.8b). Die Messstellen aus dem Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld - 3. Ausbaustufe sind noch konzeptionell und unterliegen eventuellen Änderungen im weiteren Planungsverlaufs des Vorhabens 3. Ausbaustufe. Die Parameter des Grundwassermonitorings für Gateway Gardens entsprechen weitgehend den in Tabelle 9 gelisteten Parametern, für den Bahnbetrieb relevante Parameter sind vollständig berücksichtigt. Zur vorhabenübergreifenden Betrachtung sind die jährlichen Analyseparameter des Vorhabens Gateway Gardens um die in Tabelle 9 gelisteten Herbizide zu ergänzen. Das Grundwassermonitoring der Streckenabschnitte zur Validierung der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung und die Beprobung des Zuflusses zur Sickerbeckenanlage Adolf-Miersch-Straße sind über einen Zeitraum von 5 Jahren nach Betriebsaufnahme aller Vorhaben vorgesehen.

8.3 Überwachung der bauzeitlichen Einleitung in den Main

Das Monitoring zur Ableitung des Baugrubenwassers des Mainpfeilers ist in Kap. 6.2 dargestellt.

9 Vorhabenübergreifende RisikobBetrachtung S-Bahnanbindung Gateway Gardens — Umbau Knoten Stadion 3. BS / Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar und Umbau Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe

9.1 Anlass

Der RP Darmstadt (Obere Wasserbehörde) und das Eisenbahn-Bundesamt (Sachbereich 1) fordern, dass durch das Vorhaben Umbau Knoten Sportfeld 2. BS stellvertretend für die Infrastrukturvorhaben des Vorhabenträgers NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar, Umbau Knoten Sportfeld 2. BS und Umbau Knoten Stadion 3. BS eine vorhabenübergreifende (kumulative) Risikobetrachtung durchgeführt wird. Gleiches ergibt sich aus dem Planfeststellungsbeschluss vom 31.01.2014 für das Vorhaben „S-Bahn Anbindung Gateway Gardens".

Es folgt eine kurze Beschreibung der vorgenannten weiteren Vorhaben und eine Darstellung der Fallgestaltungen, aus denen sich Risiken für den Belang der Trinkwasserversorgung ergeben können. Die DB Netz hat erforderliche verkehrliche und technische Daten und Planungen für das Gutachten bereitgestellt.

9.2 Beschreibung der anderen Bauvorhaben

9.2.1 ~~9.1~~ S-Bahnanbindung Gateway Gardens (Strecke 3683)

Zur Verbesserung der Anbindung durch den öffentlichen Personennahverkehr ist eine Anbindung des Projektgebiets Gateway Gardens an das Streckennetz der DB Netz AG ~~Deutsche Bahn AG~~ geplant. Die nachfolgende Beschreibung des Vorhabens „S-Bahnanbindung Gateway Gardens" beruht auf dem Erläuterungsbericht zur Planfeststellung vom 19.12.2011 (INGE SCHÜßLER PLAN / GRONTMIJ / BGS). Die nachfolgenden Ausführungen stimmen mit dem Stand der Planungen aus dem Frühjahr 2017 überein. Die Strecke ging im Dezember 2019 in Betrieb.

Die Planung zur Erschließung des Gebiets sieht vor, eine S-Bahn-Trasse in Tunnellage durch das Gebiet Gateway Gardens zu führen und im Streckenverlauf eine S-Bahn-Station zu errichten. Dazu ist die vorhandene Gleistrasse der S-Bahn zwischen den Bahnhöfen Frankfurt(M)-Stadion und Frankfurt(M) Flughafen Regionalbahnhof nahezu auf der gesamten Streckenlänge entsprechend zu verlegen. Die Strecke wird planmäßig ausschließlich für den Personennahverkehr genutzt.

Westlich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion wird zunächst eine möglichst stark an der vorhandenen Gleislage der Strecke 3683 orientierte Trassierung angestrebt, bevor die Gleise der parallel verlaufenden Strecke 3520 (Frankfurt – Mainz / Wiesbaden) in Richtung Kelsterbach / Mainz mittels eines Überführungsbauwerks überquert werden. Bis Bau-km 0,17 der S-Bahn-Strecke (s. Anlage 18.1.3a) bleibt die vorhandene Entwässerung unverändert, da lediglich die

Gleislage geringfügig angepasst wird. Nachfolgend ist die Strecke zur Querung der Strecke 3520 gegenüber dem Bestand anzuheben und mittels Stützwänden bzw. einer Fangedammkonstruktion abzustützen. Das im Gleisbereich anfallende Niederschlagswasser wird auf einer auf dem zur Mitte geneigten Planum angeordneten Kunststoffdichtungsbahn der Tiefenentwässerung mit Teilsickerrohr zugeführt und mittels zweier Querschläge einer ca. 285 m langen Sickermulde, die außerhalb der Schutzzone II südlich der Strecke 3520 angeordnet ist, zugeführt und über die belebte Bodenzone versickert.

Südlich der Überquerung der Gleise der Strecke 3520 ist die Entwässerung im überhöhten Bereich technisch vergleichbar ausgeführt. Das im Dammbereich gesammelte Niederschlagswasser wird über Teilsickerleitungen der Tiefenentwässerungen in eine 250 m lange zwischen den Gleisen liegende Sickermulde (Bau-km 1,00 bis 1,25 der S-Bahn-Strecke) geleitet und dort über die belebte Bodenzone versickert.

Im Bereich des geländegleich verlaufenden Verbindungsgleises von der Strecke 3683 zur Strecke 3520 wird über eine auf dem Planum angeordnete Kunststoffdichtungsbahn das Niederschlagswasser den trassenbegleitenden Sickermulden zugeführt und über die belebte Bodenzone versickert.

Ab ca. Bau-km 1,10 der S-Bahn-Strecke verläuft die Gleistrasse im Einschnitt, der sich zum Tunnelportal bei Bau-km 1,96 der S-Bahn-Strecke hin vertieft. Über den auf dem Planum angeordneten Kunststoffdichtungsbahnen fließt das Niederschlagswasser den trassenbegleitenden Mulden zu und wird über die belebte Bodenzone versickert. Die minimalen Grundwasserflurabstände entlang der oberirdischen Strecke am Tunnelportal betragen zu den Bemessungsgrundwasserständen der Versickerung etwa 2 m und zu den derzeitigen Verhältnissen etwa 6 m.

Mit Beginn der Stützwandkonstruktion für den bahnlinks geplanten Rettungsplatz (Bau-km 1,88 der S-Bahn-Strecke) wechselt die Neigung des Planums, so dass die Niederschläge in Gleismitte gesammelt werden und in den Tunnel abfließen.

Ab der östlichen Anrampung zum Erschließungsgebiet Gateway Gardens verläuft die Strecke vollständig im Tunnel. Westlich von Gateway Gardens wird eine annähernde Parallellage der Strecke zur Bundesstraße B 43 erreicht. Die Strecke unterfährt dabei in Tieflage eine Fußgängerunterführung im östlichen Bereich des Kreisverkehrsplatzes „Unterschweinstiege" sowie einen Straßentunnel, durch den der auf der B 43 von Osten her kommende Verkehr zum Terminal 2 geführt wird. Der neu zu errichtende Bahntunnel schließt innerhalb des vorhandenen Flughafentunnels an die bestehende Strecke an.

Der Tunnel kommt auf seiner gesamten Strecke im Grundwasserschwankungsbereich zum Liegen. Lediglich im Bereich der östlichen Tunnelstrecke bindet der vorgesehene Verbau über eine Länge von ca. 250 m bis in die geringer durchlässigen pliozänen Sedimente ein. Auf dem weit überwiegenden Teil der Tunnelstrecke wird der fließwirksame Querschnitt der quartären Substrate nur teilweise versperrt. Die Barrierewirkung des Tunnels ist deshalb gering. Der Grundwasseraufstau im südlichen Grundwasserzustrom und im nördlichen -abstrom beträgt in unmit-

telbarer Nähe des östlichen Tunnelabschnitts nach den Ergebnissen von Grundwassermodellrechnungen jeweils max. ca. 0,25 m. Bereits in einer Entfernung von weniger als 300 m zum Tunnel beträgt die Grundwasserstandsänderung in Folge der Barrierewirkung weniger als 0,1 m.

Das gesamte in der Tunnelstrecke anfallende Wasser wird mittels Hebeanlagen dauerhaft aus dem Tunnelbauwerk gepumpt und in die vorhandene öffentliche Kanalisation abgeleitet.

Zur Herstellung des unterirdischen Streckenabschnitts werden ab Bau-km 1,96 der S-Bahn-Strecke wasserdichte Baugrubenumschließungen eingerichtet. Die Gesamtmenge des zu fördernden Grundwassers (Lenz- und Leckagewasser) wird auf ca. 650.000 m³ geschätzt. ~~Wenn möglich soll das entnommene Grundwasser über die bauzeitlichen Versickerbecken 1-3 vollständig reinfiltriert werden. Das im Baufeld Ost zuströmende Grundwasser wird über Versickerbecken 1 bei Bau-km 2,00 und das im Bereich des Baufeldes Gateway Gardens entnommene Grundwasser wird über Becken 2 bei Bau-km 2,55 vollständig versickert. Nach den Voruntersuchungen ist das Grundwasser aus qualitativer Sicht aus diesen beiden Baufeldern nach einer Aufbereitung zur Versickerung geeignet. Wegen der bekannten Grundwasserbelastungen im Flughafenbereich kann u.U. im westlichen Bereich das zu reinfiltrierende Grundwasser nicht bis zur erforderlichen Qualität gereinigt werden. In einem ungünstigen Fall wird daher im westlichen Abschnitt (Baufeld West) die Grundwassermenge von bis zu ca. 200.000 m³ nicht reinfiltriert sondern in die Kanalisation abgeleitet~~. Das bauseitig gelenzte Wasser wird vollständig in die Kanalisation abgeleitet und der Kläranlage Frankfurt-Niederrad zugeführt.

Um Konflikte mit der Bewirtschaftung der Stadtwaldwasserwerke zu vermeiden, wurde vereinbart, die durch das geplante Vorhaben hervorgerufene bauzeitliche Absenkung des Grundwasserspiegels an den nächstgelegenen Referenzmessstellen der Stadtwaldwasserwerke auf 0,25 m zu begrenzen. Gegebenenfalls kann eine Stützinfiltration mit aufbereitetem Mainwasser erfolgen.

Es ist bis zum östlichen Tunnelportal keine Grundwasserhaltung erforderlich.

Das auf dem bisherigen oberirdischen Streckenabschnitt anfallende Niederschlagswasser durchsickert den Schotteroberbau in den anstehenden Untergrund.

Der aktuell zwischen dem Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion und dem Regionalbahnhof Flughafen betriebene Streckenabschnitt der Strecke 3683 wird in diesem Teilabschnitt vollständig zurückgebaut.

Sämtliche technische Einrichtungen, Gleisanlagen und Massivbauwerke werden entfernt. Erdbauwerke der alten Strecke werden eingeebnet und Wegeverbindungen in einem hochwertigen Naherholungsgebiet wieder zusammengeführt. Durch den Rückbau und die Renaturierung des bestehenden Streckenabschnitts kann ein vollständiger Ausgleich der im Gegenzug auf der Ostseite der Bundesautobahn A5 in Anspruch genommenen Strecken im Stadtforst hergestellt werden.

9.2.2 ~~9.2~~ Umbau Knoten Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar

Die bestehende Eisenbahnstrecke der „Riedbahn" (Strecken-Nr. 4010) führt von Frankfurt(M)-Stadion im Norden über Zeppelinheim, Walldorf, Mörfelden, Biblis u. a. durch das Hessische Ried bis nach Mannheim im Süden. Die Strecke besteht aus zwei Gleisen. Im Rahmen der ersten Ausbaustufe, zweiter Bauabschnitt, des Umbaus Knoten Sportfeld ~~wird~~ wurde auf einer Strecke von ca. 1,4 km Länge ein zusätzliches Gleis für Personen- und Güterzüge parallel zur Riedbahn auf der östlichen~~r~~ Seite gebaut.

Heute ist die Riedbahn eine der zentralen Verkehrsachsen des Schienenverkehrs und eine der meist befahrenen Strecken im süddeutschen Raum. Zwischen Zeppelinheim und Stadion binden die Gleise der Strecke 2690 (Schnellfahrstrecke Köln-Frankfurt) aus/in Richtung Flughafen Fernbahnhof in die Riedbahn ein. Auf der Riedbahn verkehren Züge des Personenfern-, Personennah- (einschließlich S-Bahn) und des Güterverkehrs.

Das Vorhaben Umbau Knoten Stadion 3. Baustufe stellt die geänderte Fortsetzung des Vorhabens NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar auf dem Abschnitt zwischen Bahnhof Zeppelinheim und Bahnhof Frankfurt-Stadion dar. Dieses Vorhaben befindet sich zur Zeit in der Vorplanung. Es umfasst im Wesentlichen einen viergleisigen Ausbau der Riedbahn (Strecke 4010) mit jeweils einem zusätzlichen Gleis auf der linken und rechten Seite der Strecke zwischen Zeppelinheim und dem Bahnhof Frankfurt-Stadion sowie den zweigleisigen Ausbau der Strecke 3628 im Westkopf des Bahnhofs Frankfurt-Stadion. Der Ausbau der Strecken 3628 und der Bau der Gleise der Riedbahn erfolgen zeitgleich mit den im Bahnhof Frankfurt-Stadion erforderlichen Maßnahmen des Vorhabens Umbau Knoten Sportfeld 2. BS.

Auf dem Abschnitt zwischen dem Abzweig zum Flughafen Fernbahnhof und dem Bahnhof Stadion werden die Gleisverbindungen so gestaltet, dass der Betrieb entsprechend den betrieblichen Anforderungen relationsabhängig flexibel durchgeführt werden kann. Die erforderlichen Bauwerke werden nicht in das Grundwasser reichen. Das Entwässerungskonzept sieht vor, in der WSG-Zone II und IIIA das abfließende Niederschlagswasser vollständig zu fassen, auszuleiten und außerhalb der Zone IIIA über Absetz- und Versickerbecken zu versickern. Insgesamt ist der Umfang der geplanten Baumaßnahmen gegenüber dem Vorhaben NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar v.a. durch den Entfall von Kreuzungsbauwerken reduziert.

Der ehemalige PFA 1 des Vorhabens Neubaustrecke Rhein-Main/Rhein-Neckar (NBS RM/RN) beginnt nunmehr erst im Bahnhof Zeppelinheim. In Parallellage werden jeweils ein Gleis östlich und westlich zur vorhandenen Strecke 4010 ergänzt. Der PFA 1 liegt nur im Einzugsgebiet des Wasserwerks Hinkelstein, wenn die Grundwassersanierungen im Bereich des Flughafens abgeschlossen sind. Entwässerungswasser von der Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar fließt dann auf sehr langen Fließwegen mit Fließdauern von vielen Jahrzehnten den Brunnen Hinkelstein zu. Da die Sanierungsmaßnahmen am Flughafen jedoch nur temporär sind, wird das Vorhaben Neubaustrecke Rhein-Main/Rhein-Neckar in seinem neuen Zuschnitt in der vorliegenden Untersuchung mit betrachtet.

Parallel zur bestehenden Bahnstrecke 4010 zwischen Frankfurt(M)-Stadion und Zeppelinheim werden in westlicher Lage zwei neue Gleise für den Nah- und Regionalverkehr gebaut. Die bereits bestehenden Gleise der heutigen Riedbahn werden zukünftig vorrangig durch den Fernverkehr genutzt, der im weiteren Streckenverlauf über die südlich anschließende Neubaustrecke verkehren wird.

Die o. g. neuen Gleise binden am nördlichen Ende des Streckenabschnitts an die im Rahmen der 1. Ausbaustufe des Umbaus des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld erstellten Gleise für den Regional- und Nahverkehr an. Die Höhenlage der neuen Gleise richtet sich in diesem Streckenabschnitt so weit wie möglich nach der Höhenlage der bestehenden Gleise. Da die Gleise westlich der vorhandenen Strecke angeordnet werden, ist eine höhenfreie Querung der beiden Strecken 2690 und 3656 von bzw. zum Bahnhof Frankfurt(M)-Flughafen (Fernbahnhof) erforderlich.

Zur Führung von Güterzügen, die den Bahnhof Frankfurt(M)-Stadion aus Richtung Osten über die Strecke 3650 erreichen und in Richtung Mannheim über die Strecke 4010 verkehren sollen, wird außerdem eine eingleisige, höhenfreie Verbindung zwischen den westlich gelegenen Gleisen für den Regional- und Nahverkehr und dem südlichen Bahnhofsteil des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion im Vorhaben Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld, 1. Ausbaustufe, errichtet. Diese eingleisige Verbindungsstrecke (Strecke 3658) fädelt nördlich des geplanten Mittelbahnsteigs der S-Bahn-Station Zeppelinheim in Mittellage aus den Gleisen für den Regional- und Nahverkehr aus, unterquert südlich der BAB A3 das östliche Regional- und Nahverkehrsgleis und die beiden Fernverkehrsgleise und mündet in das bereits im Rahmen des Umbaus des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld erstellte Gleis 501 ein. Nördlich der Autobahn A 3 wird parallel zum Streckengleis der Strecke 3658 außerdem ein Überhol- bzw. Begegnungsgleis mit einer Nutzlänge von 750 m errichtet.

Aufgrund der großen Grundwasserflurabstände sind die Eintauchtiefen der Bauwerke gering und im Bereich der o.g. Kreuzungsstellen und des Trogbauwerks des Güterzugleises entsteht keine signifikante Barrierewirkung für die Grundwasserströmung.

Die neuen Gleise der Ausbaustrecke, die zukünftig durch den Personennah- und Güterzugverkehr genutzt werden, erhalten einen Schotteroberbau.

Die neuen Gleisanlagen liegen auf dem Gebiet der Stadt Frankfurt innerhalb der Trinkwasserschutzzonen II und IIIA der Stadtwaldwasserwerke. In der in südwestlicher Richtung des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion anschließenden Wasserschutzzone II wird unterhalb des Schotteroberbaus das Erdplanum mit einer Folie abgedichtet. Anfallendes Wasser wird mittels Teilsickerleitungen gefasst und über dichte Gräben bzw. dichte Fall- und Sammelleitungen zu einem Absetz- und Versickerbecken außerhalb der Schutzzone II südlich der B43 geführt werden.

In der Wasserschutzzone III A wird unterhalb des Schotteroberbaus das Erdplanum mit einer Folie abgedichtet. Der Anschluss der Dichtungsfolie erfolgt an die parallel verlaufenden Bahnseitengräben, die als Versickerungsmulden mit belebter Bodenzone ausgeführt werden und über die das abfließende Wasser versickert wird.

~~Die Dichtungsfolie auf dem Planum der innen liegenden Gleise in Bereichen mit mehr als zwei unmittelbar parallel verlaufenden Gleisen erhält einen Anschluss an eine zwischen den Gleisen angeordnete Sickerrigole. Die Sohle der Rigole wird mit einer mineralischen Abdichtung versehen. Auf der Abdichtung wird das Wasser über eine Teilsickerleitung gefasst und über dichte Gleisquerungen im Abstand von ca. 50 m in die seitlichen Bahngräben zur dezentralen Versickerung entlang der Strecke eingeleitet.~~

~~Die Versickerung der in Trögen gefassten und gehobenen Wässer erfolgt in einem weiteren Absetz- und Versickerbecken außerhalb der Schutzzone II südlich der A3.~~

9.2.3 Regionaltangente West (RTW)

Die Regionaltangente West (RTW) ist eine neue tangentiale Schienenverbindung im Rhein-Main-Gebiet zur Verbesserung des öffentlichen Schienenpersonenverkehrs und zur Entlastung des Hauptbahnhofs Frankfurt am Main. Geplant ist die Realisierung zweier Linien, die sich im Kernbereich überlagern. Diese beiden Linien sollen von Bad Homburg v. d. H. und von Frankfurt-Praunheim/Gewerbegebiet jeweils über Eschborn, Frankfurt-Höchst, den Flughafen-Regionalbahnhof und Neu-Isenburg Bahnhof zum einen ins Stadtzentrum Neu-Isenburgs und zum anderen zum Bahnhof Dreieich-Buchschlag verlaufen. Es ist vorgesehen, dass die beiden Linien jeweils halbstündlich verkehren und sich im Kernabschnitt zwischen Eschborn und Neu-Isenburg Bahnhof zu einem Viertelstundentakt ergänzen. Vorhabenträger ist die RTW GmbH.

Im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke führt die RTW vom Abzweig Kelsterbach über die vorhandene Eisenbahnstrecke 3683 Frankfurt-Kleyerstraße – Kelsterbach bis nach Frankfurt-Stadion über die Bestandsanlagen. Im Bereich des Bf Frankfurt-Stadion fädelt die RTW aus der S-Bahn aus, um an einem eigenen Bahnsteig zu halten. Östlich des Bf Stadion quert die RTW auf einer eingleisigen Brücke die übrigen Strecken, um südlich der bestehenden Gleise nach Neu-Isenburg/Dreieich geführt zu werden. Im Abzweig Forsthaus zweigt die eingleisige Strecke 3651 aus der Strecke 3650 in Richtung Neu-Isenburg ab. Dieses Gleis wird durch die RTW-Verkehre Richtung Neu-Isenburg genutzt werden können. Das zweite Gleis für die RTW wird in dem Bereich neu errichtet. Unter abschnittsweiser Nutzung eines der parallel laufenden S-Bahn-Gleise wird die RTW zweigleisig nach Neu-Isenburg geführt.

Ab der Ausfädelung der RTW westlich vom Bahnhof Stadion bis zum Abzweig Forsthaus (Brunnennahbereich der Wasserwerke Goldstein und Oberforsthaus) sieht das Entwässerungskonzept grundsätzlich vor, das abfließende Niederschlagswasser vollständig zu fassen, auszuleiten und außerhalb des Brunnennahbereichs über Absetz- und Versickerbecken zu versickern. Auf Grund der großen Grundwasserflurabstände werden die erforderlichen Bauwerke nicht in das Grundwasser reichen, lediglich die Bohrpfähle der Tiefgründung des Kreuzungsbauwerks sowie die Verbauträger des Trägerbohlverbaus der Baugrubenumschließungen EÜ Benzengrundweg und der Personenunterführungen Ost und West im Bahnhof Stadion reichen lokal bis in das Grundwasser. Es ist für den Grundwasserschutz vorgesehen, auf den Neubaustrecken der RTW auf den Einsatz von Herbiziden ~~grundsätzlich~~ in Wasserschutzgebieten zu verzichten.

9.3 Quantitative Beeinflussung des Grundwassers

Kumulierende Wirkungen aus den einzelnen Vorhaben sind in Folge der Barrierewirkungen von Bauwerken, die in das Grundwasser reichen, und in Folge von bauzeitlichen Grundwasserentnahmen zu betrachten.

Die veränderte Flächennutzung führt bei allen drei Vorhaben zu einer geringen Veränderung in der Grundwasserneubildung, die jedoch keinen relevanten Einfluss auf das Grundwasserdargebot hat.

Eine Barrierewirkung auf die Grundwasserströmung entsteht beim Vorhaben S-Bahnanbindung Gateway Gardens im westlichen Abschnitt durch die Tunnelstrecke, die teilweise im Grundwasser liegt. Bereits in eine Entfernung von weniger als 300 m zum Tunnel beträgt die Grundwasserstandsänderung in Folge der Barrierewirkung weniger als 0,1 m.

Beim Vorhaben Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe zeigt die EÜ Golfstraße den deutlichsten Einfluss auf die Grundwasserströmung. Er ist mit einer Änderung des Grundwasserstands von max. 0,15 m in unmittelbarer Bauwerknähe gering und nur von lokaler Relevanz.

In den Vorhaben Umbau Knoten Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar PFA 1 und RTW sind ~~auf dem relevanten Streckenabschnitt im Schutzgebiet der Stadtwaldwasserwerke~~ keine Bauwerke vorgesehen, die eine signifikante Grundwasserstandsänderung sowohl dauerhaft als auch bauzeitlich zur Folge haben.

Eine dauerhafte kumulierende Wirkung auf die Grundwasserstände und –strömung ist aus den drei Vorhaben der DB Netze nicht gegeben.

Der mit Abstand größte bauzeitliche Eingriff in das Grundwasser erfolgt bei der offenen Bauweise der ca. 2 km langen Tunnelstrecke ca. ab Bau-km 1,96 der S-Bahnanbindung Gateway Gardens. Auf zwei Teilstrecken ca. zwischen Bau-km 2,1 - 2,7 und ca. zwischen Bau-km 3,3 - 3,7 liegt die Baugrube teilweise im Grundwasser. In Folge der Restdurchlässigkeit des wasserdichten Verbaus und des Lenzens der Baugrube werden Grundwasserentnahmen erforderlich. Durch die abschnittsweise Herstellung werden die Grundwasserentnahmen theoretisch als Ergebnis von Grundwassermodellrechnungen auf max. 1.730 m³/d begrenzt. Zur Vermeidung eines Konfliktes mit den Korridorwerten an den nächst gelegenen Referenzmessstellen G03920, G03930 und G03950 der Stadtwaldwasserwerke bzw. zur Begrenzung der Absenkung an den o.g. Messstellen auf < 0,25 m ist bei einer Wasserhaltung mit einer Grundwasserentnahme von mehr als 1.800 m³/d eine Stützung der Grundwasserstände durch Infiltration zumindest in Höhe der diese Menge überschreitenden Grundwasserentnahme vorgesehen.

Die bauzeitliche Grundwasserentnahme zur Herstellung der EÜ Golfstraße beträgt insgesamt rund 135.000 m³. Als Folge resultiert in einem Umkreis von 200 - 300 m um die Eisenbahnüberführung eine Absenkung der Grundwasserstände von 10 – 15 cm, die als nicht signifikant zu bezeichnen ist.

Eine kumulierende Wirkung aus der Überlagerung der bauzeitlichen Einflüsse auf die Grundwasserströmung und auf den quantitativen Grundwasserhaushalt aus den 3 Vorhaben ist nicht gegeben.

9.4 Qualitative Beeinflussung des Grundwassers

9.4.1 Methodische Grundlagen

Die vorhabenübergreifende Risikobetrachtung und Risikobewertung basiert auf dem DVGW Merkblatt W 1001-B2 (M): Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb.

Das Risikomanagement nach DVGW W 1001-B2 (M) gliedert sich in die folgenden Teilaspekte bzw. Arbeitsschritte:

- Beschreibung des Versorgungssystems,
- Gefährdungsanalyse,
- Risikoabschätzung,
- Risikobeherrschung.

Untersuchungsgebiet ist das Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke (**Anlage 18.9.1a**). Bei der Gefährdungsanalyse und der Risikoabschätzung werden die in Kapitel 9.2 beschriebenen, innerhalb des Einzugsgebietes liegenden Baumaßnahmen der DB sowie die RTW berücksichtigt. Die RTW wird dabei gesondert von den DB-Vorhaben betrachtet. Als Gefährdung der Grundwasserqualität werden die durch die genannten Bauvorhaben bedingten Stoffeinträge in das Grundwasser betrachtet.

Abbildung 7 zeigt die berechneten Bahnlinien zu den Brunnen der Stadtwaldwasserwerke für eine Fließzeit von 100 Jahren. Die hierbei zugrunde gelegten Entnahme- und Infiltrationsmengen finden sich in Tabelle 21. Der Sanierungsbetrieb am Frankfurter Flughafen wurde nicht berücksichtigt. Für das am weitesten von den Trinkwasserbrunnen entfernte Vorhaben ICE-NBS resultieren unter diesen Voraussetzungen mittlere Fließzeiten von mehr als 100 Jahren. Aus den Transportberechnungen (s. Kap. 9.4.4) können Hinweise entnommen werden, dass auch geringere Fließzeiten von 30 bis 40 Jahren möglich sind.

Die Risikoabschätzung erfolgt auf Grundlage der quantitativen Methode auf der Basis numerisch berechneter Einheitsdurchbruchskurven gemäß DVGW Merkblatt W 1001-B2 (M), Anhang D. Hierzu wird der Stofftransport mit einem Grundwassermodell (s. Anhang I) in Transportberechnungen für die verschiedenen Stoffeintragssituationen durchgeführt (aktuelle Situation (Ist-Zustand), Planzustand, Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung) und bewertet.

Bei der gegebenen Fragestellung sind zur quantitativen Risikoabschätzung großräumige Grundwassermodellrechnungen notwendig, da andernfalls die räumliche Lagebeziehung der

EISENBAHN-BUNDESAMT
AUSSENSTELLE FRANKFURT

EISENBAHN-BUNDESAMT
AUSSENSTELLE FRANKFURT/MAIN EISENBAHNBRÜCKEN

Unterlage 18c Teil II

Nur zur Information

Emittenten (d.h. der Zugstrecken) und der lokalen Belastungsschwerpunkte nicht berücksichtigt werden kann.

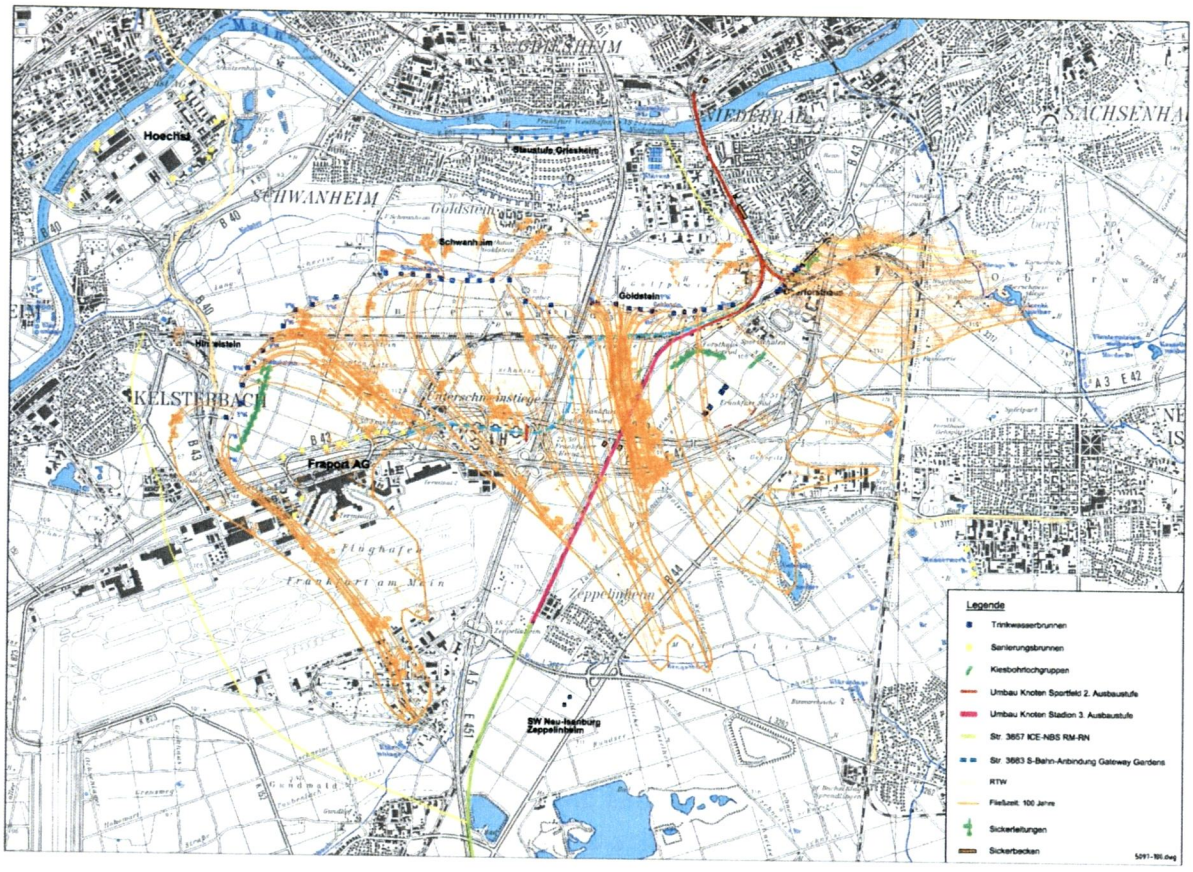

Abbildung 7 Bahnlinien im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke mit 100 Jahren Fließzeit zu den Brunnen

Die Risikobewertung beruht sowohl auf der durch die verschiedenen Bauvorhaben bedingten veränderten Stoffeintragssituation in das Grundwasser als auch auf den mit dem Grundwassermodell an den Trinkwasserbrunnen der Stadtwaldwasserwerke berechneten Durchbruchskurven. Die dort berechneten Stoffkonzentrationen bilden die Bewertungsgrundlage dafür, ob durch die geplanten Vorhaben ein höheres Risiko für die Trinkwassergewinnung der Stadtwaldwasserwerke in Folge der geplanten Vorhaben entsteht. Hierzu werden die berechneten Stoffkonzentrationen im Ist- und im Planzustand miteinander verglichen. Dabei werden keine absoluten Stoffkonzentrationen betrachtet und mit Qualitätsnormen wie z.B. den GFS-Werten in Bezug gesetzt, sondern die Bewertung erfolgt auf der Grundlage normierter Eingangskonzentrationen C_0 und deren relativer Änderung.

„Normierte Eingangskonzentrationen" bedeutet hierbei, dass den Stoffgruppen im Istzustand in Abhängigkeit von den wesentlichen Einflussgrößen (z.B. Zugbetrieb, Anzahl der Gleise, Anzahl der Weichen) eine fiktive Konzentration C_0 zugewiesen wird, die sich im Planzustand bzw. im Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung proportional zur Änderung der Einfluss-

größen verändert. Nähere Ausführungen zur Normierung und zur Ableitung der wesentlichen Einflussgrößen finden sich in Kapitel 9.4.4. Zur Ergänzung werden in Kapitel 9.4.4 auch Messwerte bahnbedingter Stoffemissionen auf Grundlage einer Studie der EAWAG (ETH Zürich) für Emissionen der Schweizer Bundesbahnen von 2005 aufgeführt. Nach Angaben der DB sind die Bahntechnik der DB und der SBB (Schweizer Bundesbahnen) vergleichbar.

Zur Risikobeherrschung wurden im Rahmen der beschriebenen Vorhaben verschiedene Maßnahmen konzipiert, die dem Trinkwasserschutz dienen und das Risiko eines unerwünschten Stoffeintrags minimieren sollen. Beispiele hierfür sind insbesondere der Verzicht auf den Einsatz von Herbiziden, das Sammeln und die Ausleitung des Entwässerungswassers aus bestimmten Streckenabschnitten und der Einsatz von schmierungsfreien Weichen.

Die Validierung der Maßnahmen erfolgt wiederum sowohl über die Veränderung der Stoffeintragssituation als auch über Transportberechnungen. Anhand der im Planzustand bei Anwendung von Schutzmaßnahmen berechneten Stoffkonzentrationen an den Trinkwasserbrunnen wird die Wirksamkeit der Maßnahmen bewertet.

9.4.2 ~~9.4.1 Ausgangssituation~~ Beschreibung des Versorgungssystems

Im Interesse der öffentlichen Wasserversorgung wurde zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Wasserwerke Hinkelstein, Schwanheim, Goldstein, Oberforsthaus und Staustufe Griesheim 1997 ein Wasserschutzgebiet festgesetzt. Die Stadtwaldwasserwerke haben u.a. auf Grund ihrer Leistungsfähigkeit eine herausragende Bedeutung bei der Sicherstellung der Wasserversorgung im Versorgungsbereich Frankfurt (große Schutzwürdigkeit). Die Schutzzone II im Bereich der WWe Goldstein und Oberforsthaus schließt auch die im Oberstrom angeordneten Infiltrationsanlagen ein (s. Anlage 18.1.1a). Auf Grund der Standortmerkmale (geringe Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung, hohe Durchlässigkeit der anstehenden Substrate, besondere Verkehrsbelastung des Gebiets durch die besondere Nähe zu einem der weltweit größten Flughäfen, viele stark frequentierte Straßen und Bahnstrecken) ist von einem überdurchschnittlichen Gefährdungspotential für die Trinkwasserversorgungsanlagen mit einer großen Schutzbedürftigkeit auszugehen.

Die Grundwasserqualität ist in größeren Teilen des Einzugsgebietes anthropogen beeinflusst. ~~Das WW Hinkelstein kann auf Grund mehrerer~~ Grundwasserschäden auf dem Flughafengelände wirken sich auf die Grundwasserbewirtschaftung im Bereich des WW Hinkelstein aus. Das Wasserwerk ~~aus Qualitätsgründen nur~~ kann aber uneingeschränkt zur Trinkw~~W~~asserversorgung genutzt werden. Im Oberstrom der WWe Goldstein und Oberforsthaus ist das Grundwasser u.a. in geringen Konzentrationen mit Herbiziden und CKWs sowie sprengstofftypischen Verbindungen (z.B. TNT) belastet.

~~9.4.2 Gefährdung aus Streckenbetrieb und –unterhaltung, Instandhaltung und Baudurchführung~~

~~Im Normalbetrieb werden Triebzüge und Elektro-Lokomotiven die Strecken befahren, so dass sich der von Diesel-Lokomotiven befahrene Streckenanteil bis auf wenige Regional- und Güter-~~

züge auf Rangier- oder Baufahrzeuge beschränkt. Auf den Strecken mit Güterverkehr sind Gefahrguttransporte vorgesehen. Zur Vegetationskontrolle kommen Herbiziden zum Einsatz.

Durch den Umbau des Knotens Frankfurt(M) Sportfeld 2.BS werden die Verkehrsströme Fernverkehr, Nahverkehr und Güterverkehr getrennt und angrenzende Abschnitte entlastet. Durch die Entflechtung dieser Verkehrsströme werden die betrieblichen Abläufe deutlich verbessert und u.a. die Zahl der Bremsvorgänge entsprechend reduziert. Die höheren Stoffemissionen aus dem Anstieg der Zugzahlen im Personenverkehr werden durch rückgängige Stoffemissionen aus den verbesserten Betriebsabläufen mehr als kompensiert. Zusätzlich wird die Unfallwahrscheinlichkeit minimiert.

Kohlenwasserstoffverbindungen sind nur von untergeordneter und lokaler Bedeutung (diffuse Betriebsverluste bei der Mechanismusschmierung von z.B. Motoren, Puffern und Lagern v.a. bei stehenden Zügen, Schmierfette und –öle an mechanischen Teilen von Weichen). Bei den drei aufgeführten Vorhaben kommen nur Weichen ohne Schmiervorrichtung zum Einsatz.

Das emittierte Stoffspektrum wird sich nach den vorliegenden Erfahrungen im Wesentlichen auf Metallverbindungen als ständige Einwirkungen aus dem Streckenbetrieb (Fahrleitungs-, Rad- und Schienenabrieb sowie Bremsabrieb) und auf Herbizide als vorübergehende Einwirkung bei der Streckenunterhaltung beschränken. Für diesbezügliche Details wird auf die umfangreichen Darstellungen in Kap. 3 verwiesen. Schwermetallhaltiger Abrieb entsteht an den Bremsen, zwischen Fahrdraht und Stromabnehmer sowie zwischen Rad und Schiene. Lokal erhöhte Schwermetallemissionen treten daher im Bereich der Bahnhöfe und im Überhol- bzw. Begegnungsgleis der Güterzugstrecke bei der NBS Rhein/Main / Rhein/Neckar auf. Auf Grund der Umrüstung Bremsen von Graugussbremsen auf Komposit-Sohlebremsen (K-Sohle) und Scheibenbremsen und der verbesserten Betriebsabläufe werden insgesamt die Stoffemissionen sinken.

Die bei der Vorhabenträgerin DB AG zur chemischen Vegetationskontrolle in Gleisanlagen eingesetzten Herbizide müssen eine Zulassung durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) nach § 15 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) für Gleisanlagen haben.

Die Zulassung eines Herbizids auf Antrag des Herstellers wird erteilt, wenn u. a.

- es hinreichend wirksam ist,
- es keine schädlichen Auswirkungen auf Mensch, Tier, Grundwasser hat sowie
- es keine unvertretbaren Auswirkungen auf zu schützende Pflanzen bzw. Pflanzenerzeugnisse hat,
- es keine sonstigen unvertretbaren Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt sowie auf den Hormonhaushalt von Mensch und Tier hat,
- eine zuverlässige Bestimmung von Rückständen möglich ist.

Ein potentieller Austrag von Herbiziden aus den Gleisanlagen wird nach Untersuchungen in der Schweiz im Auftrag des BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft der Schweiz) v.a. in Verbindung mit Starkregen gesehen. Dabei können Herbizide präferentiell in den Unter-

bau oder –grund verlagert werden. Wenn Pflanzenschutzmittel durch eine mikrobiell aktive Bodenschicht versickert werden, erfolgen durch Sorption und mikrobiellen Abbau in wesentlichem Maße ein Stoffrückhalt und eine Stoffminderung.

In den hier zu betrachtenden Vorhaben wird auf allen Neubaustrecken in den Zonen II und IIIA des Wasserschutzgebiets eine präferentielle Verlagerung in der ungesättigten Bodenzone ohne Passage der belebten Bodenzone durch die konstruktive Gestaltung des Entwässerung unterbunden. Eine Dichtungsbahn unter dem Oberbau stellt sicher, dass in der Zone IIIA der Abfluss vom Gleiskörper den trassenbegleitenden Mulden zugeleitet wird. Das Entwässerungswasser in der Zone II wird gesammelt und ausgeleitet.

Im Bereich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion werden Dichtungsbahnen in Weichenbereichen bautechnisch und baubetrieblich nicht in voller Länge eingebaut werden. Deshalb wird zukünftig in diesem Bereich auch in der WSG-Zone IIIA auf einen Einsatz von Herbiziden verzichtet, die hinsichtlich des Grundwasserschutzes als besonders kritisch angesehen werden.

Die Mobilität von Schwermetallen und Metallen wird hauptsächlich durch den Wasser und Boden-pH-Wert sowie den Gehalt an organischem Material sowie Eisen- und Manganoxiden kontrolliert. Bei pH-Werten > 6,5 ist keine nennenswerte Löslichkeit von Metallen vorhanden. Durch Vorgaben des pH-Wertes für den Oberboden der trassenbegleitenden Sickermulden und der Versickerbecken wird sichergestellt, dass ein Absinken des pH-Wertes in kritische Bereiche mit einer relevanten Verlagerung der für den Eisenbahnbetrieb relevanten Schwermetalle nicht zu befürchten ist.

Die organische Belastung in Form von Mineralölkohlenwasserstoffen ist aufgrund der relativ geringen Konzentrationen und des vergleichsweisen hohen Rückhalts in Böden hinsichtlich einer Verfrachtung in das Grundwasser nicht kritisch.

Die durchgeführten Eluatuntersuchungen zeigen, dass bereits bei den hydraulisch und stofflich hoch belasteten Versickerbecken an der NBS Köln-Rhein/Main sowie am „Versickerbecken Sportfeld“ alle relevanten Stoffparametern unauffällig waren.

Beim Vorhaben S-Bahnanbindung Gateway Gardens wird durch die vorgesehenen Maßnahmen ein in den 1970er Jahren errichteter, oberirdisch geführter Streckenabschnitt aufgegeben, der mit der Versickerung durch den Oberbau ohne Passage der belebten Bodenzone den heute definierten Qualitäten und Anforderungen hinsichtlich Grundwasserschutz in einem Wasserschutzgebiet nicht mehr genügt. Damit wird der Grundwasserschutz in dem vom Umbau des Vorhabens S-Bahnanbindung Gateway Gardens betroffenen Abschnitt entlang des Wasserwerks Goldstein verbessert.

Im Ausbauabschnitt des Vorhabens NBS Rhein-Main / Rhein-Neckar wird der im Vergleich mit Personenzugverkehr mit höheren Stoffemissionen verbundene Güterzugverkehr auf die neu zu bauenden Gleise verlagert, bei deren Entwässerung in der Zone IIIA das abfließende Niederschlagswassers ebenfalls die belebte Bodenzone bei der Versickerung passiert.

Nach Realisierung der 2. Ausbaustufe des Vorhabens Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld wird die betriebliche Belastung auf den vorhandenen Strecken in etwa gleich bleiben. Der Schienenpersonenfernverkehr wird dann über die neu errichteten Gleise abgewickelt. Soweit möglich werden die im Bereich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion durch Neubau veränderten Weichen an die vorhandene Entwässerung angeschlossen. Eine deutliche Verbesserung des Grundwasserschutzes ergibt sich aus dem Neubau der Eisenbahnüberführung Güterzugrampe auf der Strecke 3624 im unmittelbaren Abstrom des WW Oberforsthaus. Gegenüber dem heutigen Zustand ohne Abdichtung unter dem Oberbau wird zukünftig das aus dem Gleisbereich abfließende Niederschlagswasser über die Passage der belebten Bodenzone versickert.

Die Neubauabschnitte der freien Strecke werden nach einem höheren Schutzstandard errichtet. In der Schutzzone II wird das Entwässerungswasser grundsätzlich ausgeleitet, in der Schutzzone III A wird das abfließende Niederschlagswasser vollständig in Versickerungsanlagen über die Passage einer belebten Bodenzone behandelt. Querschwellen in den trassenbegleitenden Mulden begrenzen bei außergewöhnlichen Einwirkungen, z.B. aus Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen, die laterale Stoffausbreitung. Eine schädliche Grundwasserveränderung ist aus den Wirkungen des zukünftigen Betriebs der umgebauten Streckenbetriebs nicht gegeben.

Die Gefährdung des Grundwassers wird aus Betrieb und Unterhalt der Strecken gegenüber dem derzeitigen Zustand erheblich reduziert. Es entstehen lokal keine neuen Schwerpunkte einer potentiellen Grundwasserbelastung.

In der Bauphase werden die Auflagen der Schutzgebietsverordnung und die Anforderungen zum vorsorgenden Gewässerschutz für Arbeiten in Wasserschutzgebieten der Hessenwasser eingehalten. Darüber hinaus ist das Risiko einer Grundwasserverunreinigung gering, da die vorgesehenen Baumaßnahmen im Nahbereich der Stadtwaldwasserwerke nur geringfügig in das anstehende Gelände eingreifen und die großen Grundwasserflurabstände auch in der Bauphase weitgehend gewahrt bleiben.

Die EÜ Golfstraße mit ihrem Trogbauwerk liegt nur im Rückstrombereich des WW Goldstein, wenn die Entnahmemengen dieses Wasserwerks deutlich über der durchschnittlichen Förderung liegen. Das Gefährdungspotential ist damit vernächlässigbar gering.

9.4.3 Gefährdungsanalyse

Für die Gefährdungsanalyse wurden die Stoffemissionen von den Gleiskörpern im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke im Bestand und im Ausbauzustand systematisch erfasst. Die betrachteten Zugstrecken werden streckenabhängig sowohl für den Personennah- als auch für den Personenfernverkehr und den Güterverkehr genutzt. Die S-Bahn-Strecke 3683 sowie die RTW-Neubaustrecken dienen ausschließlich dem Personennahverkehr. Auf allen anderen Strecken können auch Güterzüge verkehren. Auf den Strecken mit Güterverkehr sind Gefahrguttransporte vorgesehen.

Zur Vegetationskontrolle werden im Untersuchungsgebiet Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Nach den Nebenbestimmungen Nr. III der Ausnahmegenehmigung nach § 12 (2) PflSchG des

EBA Frankfurt/Saarbrücken vom 27.03.2015 wurden 2016 und 2017 innerhalb der gesamten WSG-Zone II der Stadtwaldwasserwerke keine Herbizide eingesetzt. Ebenso ist auf allen RTW-Neubaustrecken der Einsatz von Herbiziden nicht vorgesehen. Der im Rahmen des Vorhabens Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe zusätzlich vorgesehene Verzicht auf Herbizideinsatz innerhalb des Wasserschutzgebietes der Stadtwaldwasserwerke ist in Kap. 4.9 dargestellt. Die weiteren im Genehmigungsverfahren zugesicherten Strecken mit einem Verzicht auf Herbizideinsatz blieben unberücksichtigt und die Streckenlängen mit Herbizideinsatz werden in der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung etwas überschätzt.

Im aktuellen Zustand erfolgt die Entwässerung der Bahnstrecken im Untersuchungsgebiet durch dezentrale Versickerung. Generell ist der Oberbau der betrachteten Strecken nicht abgedichtet, so dass es zu einer direkten Versickerung von Niederschlagswasser durch den Gleiskörper ohne Passage der belebten Bodenzone kommen kann. Das Korngemisch KG 1 (schwach wasserdurchlässige Korngemische) für Trag- und Schutzschichten wird im Kontext der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung als nicht dicht angesehen.

Aus dem regulären Eisenbahnbetrieb ist v.a. mit Stoffemissionen der folgenden Substanzgruppen, die mit ihren Emissionswegen und Stoffeigenschaften bereits in Kapitel 3 ausführlich beschrieben wurden, zu rechnen:

- Schwermetalle,
- Kohlenwasserstoffe,
- Herbizide.

Bei den Kohlenwasserstoffen werden die PAK, die v.a. aus Holzschwellen freigesetzt werden, nicht berücksichtigt.

Außergewöhnliche Einwirkungen (Havariefall) werden unter Kapitel 9.4.6 behandelt.

Bauzeitliche Einflüsse werden durch einen auf die Bauzeit und Baufläche begrenzten temporär erhöhten Kohlenwasserstoffeintrag berücksichtigt. Die Baustellen sind räumlich getrennt und liegen größtenteils in unterschiedlichen Brunneneinzugsgebieten. Darüber hinaus ist auch die Abfolge der Baumaßnahmen im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke zeitlich versetzt (Tabelle 10), wobei die späteren Bauvorhaben der DB in größerer Entfernung zu den Brunnen liegen.

Tabelle 10 Zeitfenster der Baumaßnahmen im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke

Bauvorhaben	**Bauphase**
Gateway Gardens	Ende 2016 – Ende 2021
Knoten Sportfeld 2. Baustufe	2021 – ~~2024~~2028
Knoten Sportfeld 3. Baustufe	2023 – 2027
NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar	2023 – ~~2027~~2028
RTW	~~2020 - 2022~~2021 - 2023

9.4.4 Risikoabschätzung

9.4.4.1 Grundlagen

Die Risikoabschätzung unterteilt sich nach dem DVGW Merkblatt W 1001-B2 (M) in die Schritte Risikoanalyse und Risikobewertung. Sie erfolgt quantitativ auf der Basis mit einem Grundwassermodell berechneter Einheitsdurchbruchskurven in den Wasserwerksbrunnen.

Für die Risikoanalyse wird das Ausmaß des Stoffeintrags am Eintragsort bestimmt. Den Ort des Stoffeintrags stellt zunächst der Gleiskörper dar, an dem die Stoffe, z.B. durch Abrieb, Tropfverluste, Weichenschmierung etc., emittiert werden. Bei einer Abdichtung des Gleiskörpers und der Ausleitung des Entwässerungswassers ist die Einleitstelle als Ort des Stoffeintrags zu sehen.

Bei einer Modellierung des Stoffeintrags vom Gleiskörper über die Bodenzone in das Grundwasser müssen die Transportprozesse in der ungesättigten Zone modelliert und die Prozesse berücksichtigt werden, die in der Bodenzone zu einem Stoffrückhalt und –abbau führen können. Dies sind z.B.:

- Verflüchtigung (Kohlenwasserstoffe),
- Sorption in der Bodenzone (Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe),
- Abbau in der Bodenzone (Herbizide und Kohlenwasserstoffe).

Da dies methodisch sehr aufwändig ist und eine Risikobewertung für das Grundwasser erfolgt, wird für die quantitative Risikoabschätzung ein vereinfachter, konservativer Ansatz gewählt, der ohne Berücksichtigung der Prozesse in der Bodenzone den Stoffeintrag an der Grundwasseroberfläche ansetzt. Ein veränderter Stoffeintrag in die Bodenzone, z.B. durch einen erhöhten Zugbetrieb oder eine höhere Herbizidapplikation, setzt sich in diesem Ansatz als gleichermaßen erhöhter Stoffeintrag ins Grundwasser fort.

Als Leitparameter für den Stoffeintrag aus dem regulären Eisenbahnbetrieb werden die Substanzgruppen Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe und Herbizide angesetzt.

Für alle Leitparameter wird ein konstanter Stoffeintrag in das Grundwasser angenommen. Dies entspricht bei den Schwermetallen und den Kohlenwasserstoffen auch dem tatsächlichen Emissionsmuster. Bei den Herbiziden erfolgt nur periodisch eine Stoffemission. In der Regel werden die zu behandelnden Strecken zweimal in der Vegetationsperiode mit Spritzzügen befahren. Wegen der großen Flurabstände und der dadurch bedingten langen Fließzeiten in der ungesättigten Zone ist jedoch mit einer Verschmierung der Schadstofffront zu rechnen, so dass auch für diese Stoffgruppe die Annahme eines konstanten Eintrags in das Grundwasser berechtigt ist. Die Modellierung des Stofftransports im Grundwasser erfolgt konservativ, d.h. ohne Berücksichtigung von Sorptions- und Abbauvorgängen.

Für die drei gewählten Leitparameter kann die Intensität des Stoffeintrages über ihren typischen Austragsmechanismus mit verschiedenen Indikatoren verknüpft werden (Tabelle 11):

- Die Emission von Schwermetallen ist vornehmlich durch den Abrieb von Rad, Schiene, Bremse und Oberleitung bedingt. Als Indikator für die Emissionsmengen dient daher die Anzahl der Züge.
- Die Emission von Kohlenwasserstoffen stammt vornehmlich aus der Mechanismusschmierung der Züge sowie der Weichenschmierung. Indikatoren für die Emissionsmengen sind daher die Zugzahlen sowie die Anzahl der geschmierten Weichen.
- Pflanzenschutzmittel werden gezielt mit Spritzzügen ausgebracht. Der Indikator für die Ausbringungsmengen ist daher die Anzahl der zu behandelnden Gleise bzw. die Länge der zu behandelnden Gleisstrecke.

Tabelle 11 Leitsubstanzen, typische Austragsmechanismen und Indikatoren als Maß für die Emissionsmenge

Leitsubstanz	Austragsmechanismus	Indikator
Schwermetalle	Abrieb von Rad, Bremse und Schienen	Zugzahlen
Kohlenwasserstoffe	Schmierung von Mechanismus und Weichen	Zugzahlen Anzahl Weichen
Pflanzenschutzmittel	Gezielte Ausbringung	Anzahl und Länge der zu behandelnden Gleise

9.4.4.2 Eintragssituation

Die Eintragssituation im Ist-Zustand wird in **Anlage 18.9.2~~bc~~ – Anlage 18.9.6~~ac~~** dargestellt. Anlage 18.9.2~~bc~~ zeigt zunächst die aktuellen Zugzahlen (Züge/Tag) auf den betrachteten Strecken im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke. Die tatsächlichen Zugzahlen wurden für alle betrachteten Szenarien (Ist-Zustand, Planzustand, Planzustand mit Maßnahmen) für eine leichtere Nachvollziehbarkeit in vier Klassen von insgesamt 0 – 1200 Züge/d zusammengefasst. Deutlich ist in Anlage 18.9.2~~bc~~ der Belastungsschwerpunkt Bahnhof Stadion mit den meisten Zugbewegungen pro Tag zu erkennen. Hier verkehren im aktuellen Zustand ca. 650 Züge, im Planzustand (Zugzahlen 2030) ca. 900 Züge und im Planzustand unter Berücksichtigung der RTW über 1000 Züge täglich. Den Berechnungen der Eintragsmengen wurden die tatsächlichen Zugzahlen zu Grunde gelegt.

Schwermetalle

Da die Schwermetallemission v.a. durch Abrieb bedingt ist, korreliert sie stark mit den Zugbewegungen. In einem pauschalen Ansatz wurde das Verteilungsmuster der täglichen Zugbewegungen direkt auf das Verteilungsmuster der Schwermetallemission im Ist-Zustand übertragen (Anlage 18.9.3~~ac~~). Auf eine weitergehende Unterteilung, z.B. in Güter-, Personenfern- und Personennahverkehr, wurde mangels geeigneter verfügbarer Daten verzichtet.

Die Emissionsmengen für die verschiedenen Schwermetalle unterscheiden sich stark und sind in Tabelle 12 auf Grundlage der Studie „Gewässerschutz an Bahnanlagen, Emittierte Stoffe im Normalbetrieb der SBB sowie Grundlagen zu deren Umweltverhalten" (EAWAG 2005) aufgeführt. Auf diese Studie verweist auch das DB Umweltzentrum bei diesbezüglichen Fragestellungen, z.B. zu bahnbedingten Stoffemissionen im Bereich der DB Netz. Nach Angaben der DB sind die Bahntechnik der DB und der SBB (Schweizer Bundesbahnen) vergleichbar.

~~Tabelle 12 führt zum Vergleich neben den bahnbedingten Emissionen auch die in EAWAG 2005 zitierten Schwermetalleinträge auf die Gleisfläche an, die aus atmosphärischer Deposition in einem urbanen Umfeld stammen (beide Werte in Gramm pro Gleis-km und Jahr).~~

Zu beachten ist, dass die Schwermetalle aus dem Bahnbetrieb größtenteils partikulär freigesetzt werden, sich im Gleisschotter anreichern und nur ein gewisser Anteil der gesamten Emissionsmenge in Lösung geht und damit mobilisiert werden kann.

Tabelle 12 Schwermetallemissionen aus Bahnanlagen nach EAWAG 2005

Stoff	**Emission pro Gleis-km [g/km·a]**	**~~Atmosphärischer Eintrag pro Gleis-km [g/km·a]]~~**
Blei	0,50	~~33 - 15300~~
Cadmium	0,30	~~0,9 – 65~~
Chrom	960 - 1160	~~1,3 - 17,7~~
Kupfer	6480	~~15,3 - 315~~
Nickel	50	~~4,4 – 24~~
Zink	2750	~~44 – 1380~~

Herbizide

Die Herbizidausbringung ist unabhängig vom Streckenbetrieb. Sie ist im Wesentlichen von der Länge und der Anzahl der zu behandelnden Gleise abhängig. Anlage 18.9.4a zeigt eine Luftbildauswertung des Untersuchungsgebietes, in der aus dem Luftbild die Anzahl parallel laufender Gleise ermittelt wurde. In einem vereinfachten und konservativen Ansatz wurde auf jedem zu behandelnden Gleisabschnitt eine gleichmäßige Herbizidausbringung simuliert. Dies bedeutet, dass bei parallel laufenden Gleisen mit Herbizidapplikation die Emissionsmenge direkt proportional zur Anzahl der Gleise ist.

Nach Angaben der DB wurden 2008 bundesweit ca. 78 Tonnen Wirkstoff auf einer Fläche von 1040 km² ausgebracht. Dies entspricht bei einer üblichen Applikationsbreite von 5,5 m, die sich aus der Trassenbreite (Schienen, Schotter und Schotterflanken, Randweg) und der Konstruktion der Spritzzüge ergibt (WYGODA ET AL 2006), einer jährlichen Ausbringungsmenge von 410 g Wirkstoff pro Gleis-km und Gleis. Die eawag gibt für 2003 eine jährliche Ausbringungsmenge von 540 g Glyphosat pro Gleis-km im Normalbetrieb an (EAWAG 2005).

Wie aus Anlage 18.9.5~~ac~~ gut zu erkennen ist, liegen im Ist-Zustand die Belastungsschwerpunkte beim Herbizideintrag wegen der großen Anzahl parallel laufender Gleise auf der Main-

Neckar-Bahn (Str. 3601 und 3688) und am Bahnhof Stadion (außerhalb der WSG-Zone II). Die Simulation des Herbizideintrags im Ist-Zustand entspricht der Applikationspraxis 2015 und 2016. In diesen Jahren wurden gemäß den Nebenbestimmungen Nr. III der Ausnahmegenehmigung nach § 12 (2) PflSchG des EBA Frankfurt/Saarbrücken vom 27.03.2015 innerhalb der gesamten WSG-Zone II der Stadtwaldwasserwerke keine Herbizide eingesetzt.

Kohlenwasserstoffe

Anlage 18.9.6ac zeigt schließlich das Eintragsmuster für die Kohlenwasserstoffe. Hier werden zwei Effekte überlagert:

- eine räumlich verteilte Kohlenwasserstoffemission aus dem Zugbetrieb (Mechanismusschmierung und Tropfverluste), die mit den Zugzahlen korreliert sowie
- ein lokaler, vom Zugbetrieb unabhängiger Stoffeintrag aus geschmierten Weichen.

Tabelle 13 stellt die jährlichen Emissionsmengen nach EAWAG 2005 aus der Weichenschmierung und dem Zugbetrieb (Mechanismusschmierung) nebeneinander. Die eawag-Daten beruhen auf einer mittleren Zugdichte von ca. 130 Zügen/Gleis-km. Bei einer Durchfahrt von 100 Zügen ergibt sich damit überschlägig eine KW-Emission von ca. 30 kg pro Gleis-km, bei einer Durchfahrt von 500 Zügen entsprechend 150 kg. In einem Weichenfeld mit 10 Weichen würde unabhängig vom Zugbetrieb eine Kohlenwasserstoffemission von ca. 70 kg resultieren.

Tabelle 13 Kohlenwasserstoffemissionen aus Bahnanlagen nach EAWAG 2005

Stoff	Emission pro Weiche [kg/a]	Emission pro Gleis-km [kg/km·a]
Kohlenwasserstoffe	7*	37**

*KW-Verluste durch Verflüchtigung wurden bei diesem Wert bereits berücksichtigt
**aus Mechanismusschmierung

Abbildung 8 zeigt die durch die Weichenschmierung bedingten zusätzlichen Eintragsschwerpunkte für Kohlenwasserstoffe im Untersuchungsgebiet aus den großen Weichenfeldern an den Bahnhöfen oder Streckenabschnitten mit vielen Weichen. Die Anzahl der Weichen wurden für die geplanten Vorhaben anhand der Systempläne der DB Netz ermittelt. Am Knoten Sportfeld liegen derzeit ca. 40 Weichen. Unter der konservativen Annahme, dass es sich dabei ausschließlich um geschmierte Weichen handelt, würden durch die Weichenschmierung rechnerisch 280 kg Kohlenwasserstoffe pro Jahr emittiert werden.

Auch wenn über EAWAG (2005) eine umfassende Datengrundlage für die bahnbedingten Stoffemissionen vorliegt, wurden bei der Transportmodellierung keine absoluten, sondern normierte Stoffkonzentrationen betrachtet. Hierfür waren die folgenden Gründe maßgebend:

- Es ist sehr schwierig, aus den Emissionsmengen am Gleis Eintragsmengen in das Grundwasser abzuleiten. Hierfür müsste zunächst der in Lösung gehende Anteil der z.T. partikulä-

ren Emissionen bestimmt werden. Darüber hinaus müssten auch atmosphärische Prozesse wie Verflüchtigung oder Drift und schließlich der Transport in der ungesättigten Zone berücksichtigt werden.

- Bei einer Betrachtung und Bewertung absoluter Stoffkonzentrationen an den Trinkwasserbrunnen müsste auch der Einfluss anderer Emittenten im Untersuchungsgebiet quantifiziert werden, wie z.B. der Straßenverkehr, anthropogene Bodenauffüllungen oder atmosphärische Deposition. ~~Tabelle 12 zeigt, dass beispielsweise für Blei und Chrom in einem urbanen Umfeld der durch atmosphärische Deposition bedingte Stoffeintrag auf den Gleiskörper die Stoffemissionen aus dem Bahnbetrieb deutlich überwiegt.~~

Die Bewertung des vorhabenübergreifenden Risikos für die Trinkwasserversorgung durch die Stadtwaldwasserwerke erfolgt entsprechend nicht auf der Grundlage absoluter, an den Trinkwasserbrunnen der Stadtwaldwasserwerke berechneter Stoffkonzentrationen, sondern aus der berechneten Entwicklung der normierten Stoffkonzentrationen (Zunahme, Stagnation oder Minderung der berechneten Konzentrationen). Diese leitet sich aus der Entwicklung der oben genannten Indikatoren ab.

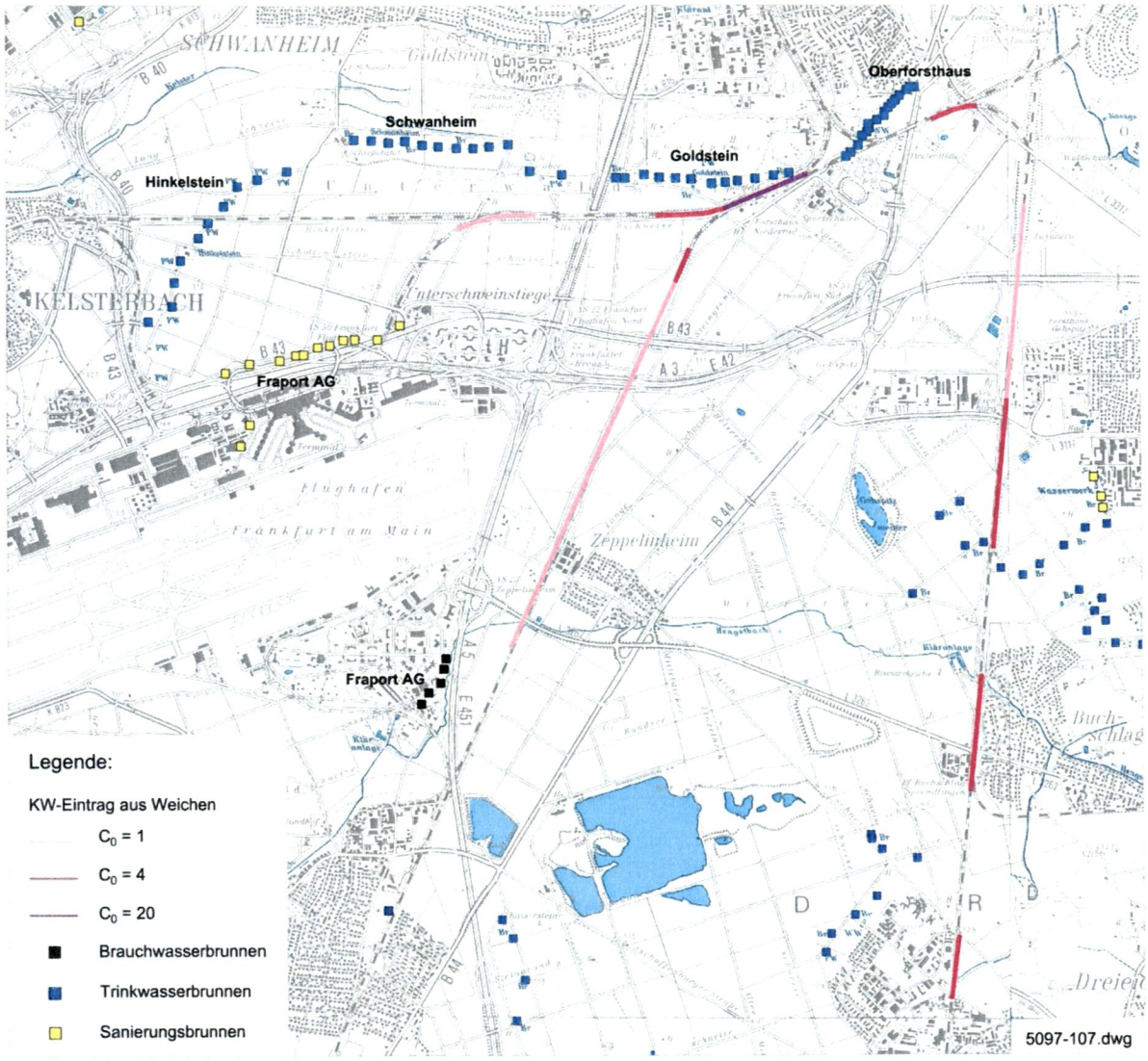

Abbildung 8 Belastungsschwerpunkte des Kohlenwasserstoffeintrags aus Weichenfeldern im Istzustand

9.4.4.3 Strömungs- und Transportmodellierung Ist-Zustand

Die Strömungs- und Transportmodellierung erfolgte mit dem in Anhang I beschriebenen Grundwassermodell. Die hydrogeologische Schematisierung des Modells wurde übernommen und die numerische Diskretisierung im Untersuchungsgebiet entsprechend den Anforderungen von Transportmodellierungen angepasst.

Zur Bestimmung einer im Ist-Zustand vorhandenen Ausgangskonzentration C_0 wurde für jede Schadstoffgruppe (Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe, Herbizide) jeweils 1 Rechenlauf durchgeführt.

Die Eintragsmuster und -zahlen für die unterschiedlichen Schadstoffgruppen wurden wie folgt erstellt:

- Der Eintrag der Herbizide wurde mit der Anzahl der nebeneinander liegenden und zu behandelnden Gleise korreliert. Aufgrund des bestehenden Anwendungsverbots in WSG Zone II wurden diese Bereiche mit keinem Stoffeintrag belegt.
- Der Eintrag der Schwermetalle wurde mit den Zugzahlen korreliert.
- Der Eintrag der Kohlenwasserstoffe wurde aus den Zugzahlen und in Streckenabschnitten mit Weichen mit einem zusätzlichen Eintragsfaktor für den Stoffaustrag aus der Weichenschmierung abgeleitet. Diese Streckenabschnitte sind in Abbildung 8 dargestellt.

Die Normierung der Eintragswerte für die verschiedenen Stoffgruppen erfolgte anhand der oben genannten Faktoren und ist in Tabelle 14 zusammengefasst. Die größte Spannbreite der Eintragswerte von 0 – ~~50~~48 ergibt sich bei den Kohlenwasserstoffen, da hier zusätzlich zu den Zugzahlen lokal der Stoffeintrag aus den Weichenfeldern berücksichtigt wird. Die normierten Eintragswerte der betrachteten Stoffgruppen sind in Anlage 18.9.3~~ac~~, Anlage 18.9.5~~ac~~ und Anlage 18.9.6~~ac~~ dargestellt.

Tabelle 14 Normierte Eintragswerte der Schadstoffgruppen zur Bestimmung einer Belastungskonzentration

Schadstoff	Indikator	Normierung	Theoretische Spannbreite der Eintragswerte
Herbizide	Gleislänge	1 Gleis = 1	0 – 8
Schwermetalle	Zugzahlen	40 Züge = 1	0 – ~~30~~ 27
Kohlenwasserstoffe	Zugzahlen und Weichen	40 Züge = 1 (Grundbelastung) + Zusatzbelastung aus Weichen: 0 - 20	0 - ~~50~~ 48

Wie in Kapitel 9.4.4 ausführlich dargelegt, wird darauf verzichtet, diese Eintragswerte in das Grundwasser mit konkreten Frachten oder Konzentrationen zu koppeln. Richtwerte für die Größenordnung bahnbedingter Emissionen sind ebenfalls in Kapitel 9.4.4 nach EAWAG (2005) angegeben.

Die Schadstofffrachten wurden anhand der Auswertungen der jeweiligen Indikatoren wie in den Anlagen 18.9.3~~ac~~, 18.9.5~~ac~~ und 18.9.6~~ac~~ dargestellt entlang der Bahnstrecken im Modell implementiert. Um einen stationären Ist-Zustand der Schadstoff-Konzentrationen in den Brunnen der WWe Goldstein, Schwanheim und Hinkelstein zu erlangen, wurden die Rechenläufe des Ist-Zustandes über einen Zeitraum von 200 ~~– 250~~ Jahren durchgeführt.

Abbildung 9 - Abbildung 11 zeigen die berechneten Durchbruchskurven ausgewählter Brunnen der WWe Goldstein, Schwanheim und Hinkelstein für die Leitsubstanzen zur Ermittlung des Ausgangszustandes (Ist-Zustand). Hier wurde unter den oben beschriebenen Eintragsbedingungen (Tabelle 14 bzw. Anlage 18.9.3~~ac~~, Anlagen 18.9.5~~ac~~, Anlage 18.9.6~~ac~~) ein stationärer Stoffeintrag entlang der Bahnstrecken in das Grundwasser simuliert. Nach ca. 200 Jahren ist für die genannten Stoffgruppen an den Brunnen der Stadtwaldwasserwerke ein weitgehend stationärer Zustand, d.h. stationäre Stoffkonzentrationen, erreicht. Diese dienen bei der weiteren Berechnung des Planzustandes als Ausgangskonzentration.

Die auf der y-Achse aufgetragenen Belastungswerte entsprechen hierbei den berechneten Stoffkonzentrationen, die sich für die einzelnen Schadstoffgruppen aus den normierten Eintragswerten ergeben. Sie sind entsprechend einheitslos. Da der Berechnungsansatz rein konservativ und damit ohne Berücksichtigung von Verflüchtigung, Abbau- oder Sorptionsprozessen ist, ist die Verdünnung durch den Grundwasserzustrom und die Grundwasserneubildung der die Stoffkonzentrationen bestimmende Faktor.

Am Wasserwerk Goldstein werden beispielsweise bei einem maximalen Herbizideintragswert von „8" Herbizidbelastungswerte ≤ 0,02 berechnet. Dies entspricht ungefähr einer 400-fachen Verdünnung. Aufgrund der nahen Lage der Brunnen Goldstein zu den relativ hohen Eintragskonzentrationen des Bahnhofs Sportfeld werden hier für alle drei Schadstoffgruppen die höchsten Endkonzentrationen erreicht.

Die Durchbruchskurven wurden an repräsentativen Brunnen bzw. Brunnengruppen der Stadtwaldwasserwerke ausgewertet. Die dargestellte Durchbruchskurve ist beim WW Goldstein einem Brunnen der dem Knotenpunkt Bahnhof Sportfeld nahe liegenden mittleren Ostgalerie entnommen, die die höchsten berechneten Konzentrationen erreicht. Alle Brunnen des WW Schwanheim zeigen ähnliche Konzentrationsniveaus in den errechneten Endkonzentrationen. Die Durchbruchskurve ist einem Brunnen aus der Mitte der Brunnengalerie entnommen, um einen repräsentativen Mittelwert der errechneten Konzentrationen darzustellen. Die Brunnen des WW Hinkelstein zeigen aufgrund ihrer Lage insgesamt die niedrigsten Konzentrationen sowie die längste Reaktionszeit für alle drei Schadstoffgruppen. Die dargestellte Durchbruchskurve für das WW Hinkelstein ist dem nördlichsten Brunnen der Südgalerie entnommen.

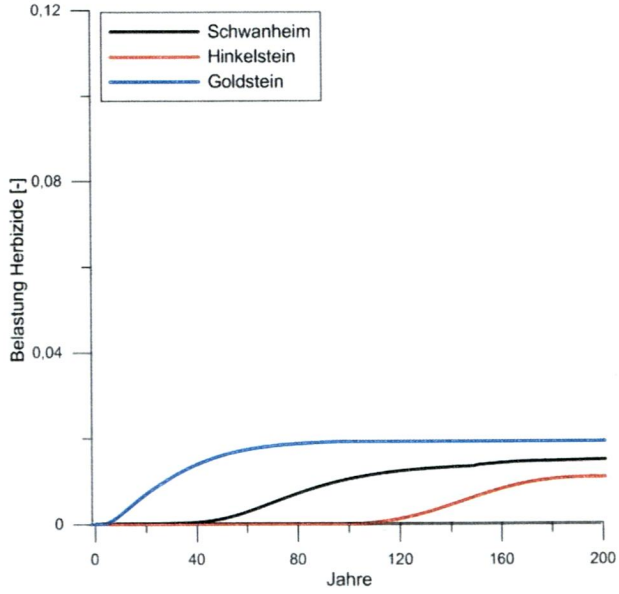

Abbildung 9 Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)

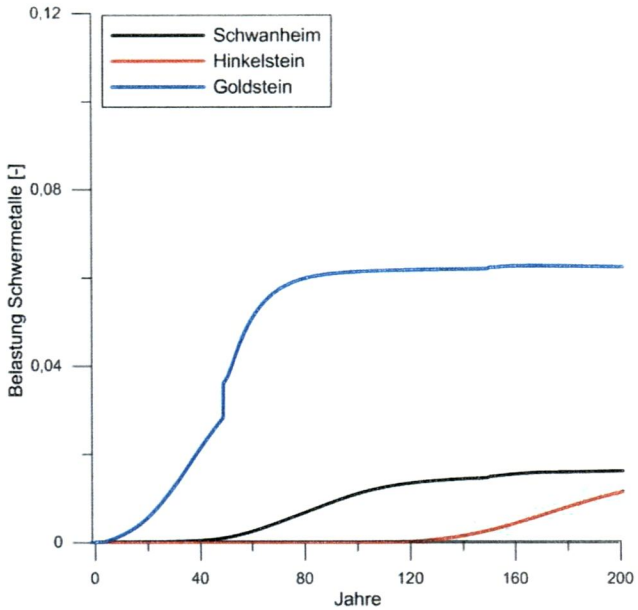

Abbildung 10 Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 16)

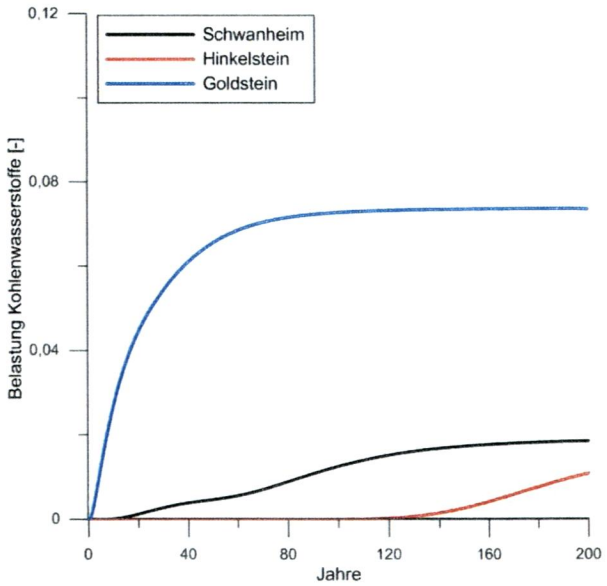

Abbildung 11 Durchbruchskurven des Modellaufs mit normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim zur Bestimmung der Ist-Belastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 36)

Aufgrund der nahen Lage der Brunnen des WW Goldstein zum Bahnhof Stadion, an dem ~~sich~~ die Weichenzahl und die Zugzahlen die höchsten Werte annehmen, sind die berechneten Be-

lastungswerte hier sowohl für Schwermetalle als auch für Kohlenwasserstoffe im Gegensatz zu den Werten an den Brunnen Schwanheim und Hinkelstein stark erhöht.

9.4.4.4 Eintragssituation Plan-Zustand

Anlage 18.9.7~~b~~c – Anlage 18.9.13~~b~~c stellen die Eintragssituation im Plan-Zustand dar. Anlage 18.9.7~~b~~c zeigt zunächst die Zugzahlen im Planzustand ohne Berücksichtigung der RTW. Auf fast allen Strecken resultiert im Prognosezustand ~~2025~~2030 ein gegenüber der aktuellen Situation erhöhter Zugbetrieb. Deutlich ist dies entlang der ICE-Neubaustrecke (Str. 3657) und der Rhein-Neckar-Bahn (Str. 3601 und 3688) zu erkennen. Bei Berücksichtigung der Züge der RTW, die im Untersuchungsgebiet bis zum Bahnhof Neu-Isenburg von 04.00 – 0.00 Uhr im 15-Minuten-Takt fahren werden, erhöhen sich die Zugzahlen entlang der RTW-Trasse um zusätzlich 160 Züge täglich (Anlage 18.9.8~~b~~c). In diesem Szenario werden am Bahnhof Stadion täglich über 1000 Züge fahren. Der erhöhte Zugbetrieb resultiert direkt in einem proportional höheren Schwermetalleintrag (Anlage 18.9.9~~b~~c und Anlage 18.9.10~~b~~c). Der Herbizideintrag ist dagegen von der Anzahl der neu zu behandelnden Gleise abhängig (Anlage 18.9.11~~a~~c).

Für den Umbau Knoten Stadion, 3. BS werden mit Ausnahme eines kurzen Streckenabschnittes in Höhe der Strecke 3628 zwei neue Gleise errichtet. Im Simulationslauf „Planzustand" wird zunächst davon ausgegangen, dass außerhalb der WSG-Zone II auch diese Gleise mit Herbiziden behandelt werden. Entsprechend erhöht sich in Anlage 18.9.11~~a~~c entlang der ICE-Neubaustrecke der Herbizideintragswert gegenüber dem Ist-Zustand. Der Betrieb der RTW muss bei der Herbizideintragssituation nicht berücksichtigt werden, da auf allen Neubaustrecken der RTW auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet werden wird.

Bei den Kohlenwasserstoffen ist die Eintragssituation wie im Ist-Zustand durch den Zugbetrieb einerseits und den lokalen Eintrag aus den Weichenfeldern andererseits bedingt. Auf allen Strecken wird der Eintrag von Kohlenwasserstoffen an die höheren Zugzahlen angepasst, einmal ohne Berücksichtigung der RTW (Anlage 18.9.12~~b~~c) und einmal mit Berücksichtigung der RTW (Anlage 18.9.13~~b~~c). Die Gesamtzahl der Weichen ändert sich am Knoten Sportfeld nicht signifikant.

Tabelle 15 fasst zusammen, wie aus der Eintragskonzentration C_0 im Ist-Zustand die Eintragskonzentration C_0' im Planzustand abgeleitet wird.

Tabelle 15 Ableitung der Eintragskonzentrationen im Planzustand anhand der Veränderung der Indikatoren

Leitsubstanz	Quantifizierung der Veränderung Ist-/Planzustand	Eintragskonzentration im Planzustand
Schwermetalle	Veränderung der Zugzahlen	$C_0' = C_0 \cdot (Zugzahlen_{neu} / Zugzahlen_{alt})$
Kohlenwasserstoffe	Veränderung der Zugzahlen und der Anzahl geschmierter Weichen	$C_0' = C_0 \cdot (Zugzahlen_{neu} / Zugzahlen_{alt})$ Berücksichtigung der Weichen: $C_0' = C_0 \cdot (Weichenzahl_{neu} / Weichenzahl_{alt})$
Pflanzenschutzmittel	Veränderung der behandelten Gleiskilometer	$C_0' = C_0 \cdot (Gleislänge_{neu} / Gleislänge_{alt})$

Die Risikobewertung erfolgt ausgehend von der aktuellen Belastungssituation anhand der Entwicklung der berechneten Stoffkonzentrationen im Planzustand. Das Entscheidungskriterium ist dabei, ob die an den Trinkwasserbrunnen berechneten relativen Konzentrationen im Planzustand steigen, sinken oder stagnieren und damit aus dem veränderten Bahnbetrieb ein höheres, geringeres oder gleichbleibendes Risiko für die Trinkwasserversorgung durch die Stadtwaldwasserwerke entsteht.

9.4.4.5 Strömungs- und Transportmodellierung Planzustand

Die Transportmodellierung des Planzustands wurde mit den aus dem Ist-Zustand bestimmten stationären Endkonzentrationen als Anfangskonzentration initialisiert. Die normierten Eintragsbelastungen wurden entsprechend der geplanten Änderungen der Indikatoren Gleislänge bzw. -zahl, Zugzahl und Weichenzahl angepasst (Anlage 18.9.9~~bc~~ - Anlage 18.9.13~~bc~~).

Für die Schadstoffgruppen der Schwermetalle und der Kohlenwasserstoffe wurden jeweils zwei Modelläufe des Planzustands durchgeführt, einer ohne und einer mit Berücksichtigung der geplanten RTW. Da für die Streckenführung der RTW kein Herbizideinsatz geplant ist, wurde diese bei der Simulation des Herbizideintrags nicht berücksichtigt.

Die Änderungen des Modells für den Planzustand beinhalteten insbesondere:

- Ersetzen der Zuführung vom Bahnhof Stadion zum Frankfurter Flughafen (Strecke 3683) durch die geplante Streckenführung Gateway Gardens
- Geänderte Zugzahlen auf den bestehenden und verbleibenden Strecken aufgrund geänderter Streckenplanung
- Zusätzliche Gleiszahlen und Zugzahlen aus der geplanten ICE-Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar (Strecke 3657)

Zur Bestimmung der Belastungswerte der Kohlenwasserstoffe wurde zu Beginn des Simulationszeitraums auch die zu erwartende Belastung aus den verschiedenen Bauphasen integriert. Die Bauphasen wurden mit einem zusätzlichen Kohlenwasserstoffeintrag von 30 kg berücksichtigt. Dies entspricht einer Belastung von 100 zusätzlichen Zügen über den Zeitraum der geplan-

ten Maßnahmen. Die Baumaßnahmen wurden entsprechend der in Tabelle 10 angegebenen Bauzeiträume in der Modellrechnung berücksichtigt.

Aufgrund der zeitlich und räumlich versetzten, relativ kurzen Einwirkung des erhöhten Kohlenwasserstoffeintrags und der relativ niedrigen zusätzlichen Eintragswerte im Gegensatz zu den aus dem Zugverkehr bestehenden Eintrag resultiert aus der Bauphase keine wesentliche Erhöhung der Belastungswerte an den betrachteten Brunnen (Abbildung 14).

In Bezug auf den Herbizideintrag zeigten der Einfluss der geänderten und erweiterten Streckenführungen im Planzustand wenig Auswirkungen auf die Belastungswerte in den ausgewerteten Brunnen (Abbildung 12). An den Brunnen des Wasserwerks Schwanheim gingen die Belastungswerte mit den simulierten Eintragswerten aufgrund der veränderten Lage der Flughafenzuführung (S-Bahn Gateway Gardens) signifikant zurück.

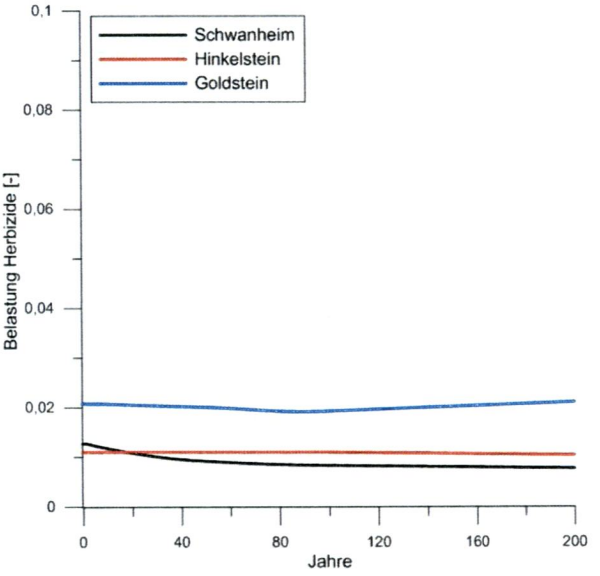

Abbildung 12 Belastungswerte aus normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)

Für den simulierten Eintrag der Schwermetalle und der Kohlenwasserstoffe ergab sich im Planzustand eine Erhöhung der Belastungswerte aufgrund der Erhöhung der Zugzahlen, insbesondere aufgrund der Zugzahlen auf der Strecke Zeppelinheim – Bf Stadion – Bf Niederrad, Abbildung 13 - Abbildung 14). Durch den Neubau der Bahnstrecke Gateway Gardens im Planzustand und deren gegenüber der Bestandsstrecke nach Osten verschobenen Lage zeigen die Randbrunnen des WW Schwanheim unterschiedliche Konzentrationsverläufe. ~~Insgesamt gehen auch hier die Konzentrationen im Planzustand zurück.~~ Je nach Lage des betrachteten Brunnen kommt es zunächst zu leicht sinkenden Stoffeinträgen, die nach 100 Jahren wieder leicht ansteigen. Dies ist auf die höheren Zugzahlen auf den Strecken der NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar bzw. Umbau Knoten Stadion, 3. Baustufe zurückzuführen.

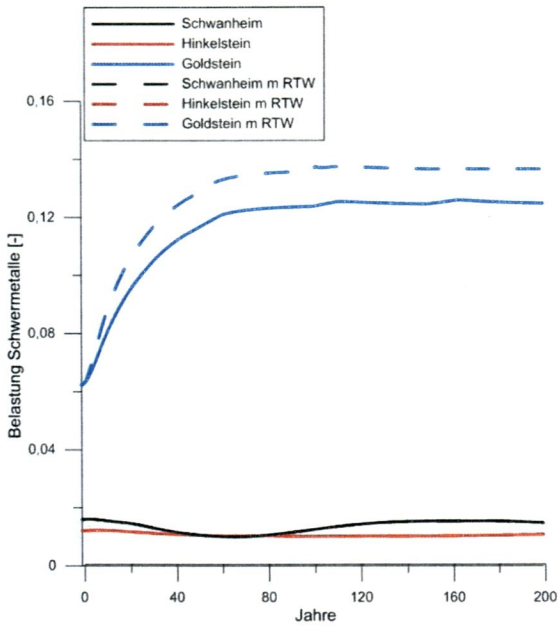

Abbildung 13 Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 27)

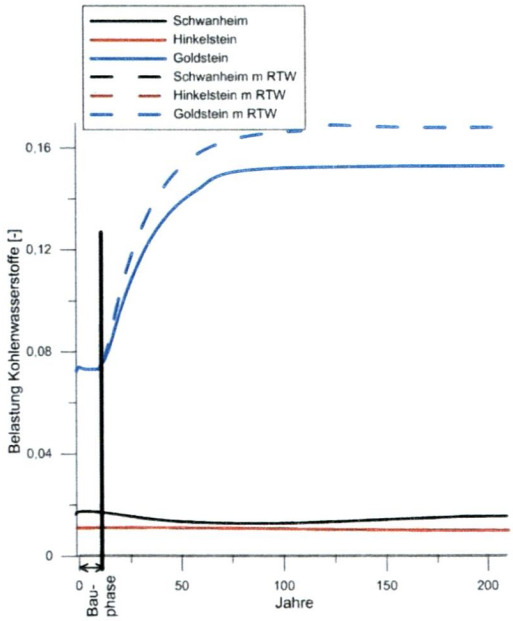

Abbildung 14 Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und der Bauphase (Spanne der Eintragswerte: 0 - 48)

9.4.5 Risikobeherrschung

9.4.5.1 Eintragssituation Plan-Zustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung

Zum Schutz des Grundwassers vor einem unerwünschten Stoffeintrag werden im Rahmen der beschriebenen DB-Vorhaben verschiedene Maßnahmen getroffen.

- Die Neubauabschnitte der freien Strecke werden nach einem höheren Schutzstandard errichtet. In der Schutzzone II wird das Entwässerungswasser gesammelt und ausgeleitet. Eine Dichtungsbahn unter dem Oberbau stellt sicher, dass auch in der Zone IIIA der Abfluss vom Gleiskörper gesammelt und den trassenbegleitenden Mulden zur Versickerung über die belebte Bodenzone (S-Bahn Gateway Gardens) zugeführt oder ebenfalls ausgeleitet wird (Umbau Knoten Sportfeld, 2. BS und Umbau Knoten Stadion, 3. BS).
  Im Bereich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion werden Dichtungsbahnen in Weichenbereichen bautechnisch und baubetrieblich nicht in voller Länge eingebaut werden können. Die entwässerungstechnischen Maßnahmen wurden unter Berücksichtigung der Abschnitte ohne Dichtungsbahn (siehe auch Anlage 1c Erläuterungsbericht Kap. 5.2.2.) in der vorhabenübergreifenden Risikobetrachtung zur Beschreibung der Eintragssituation umgesetzt. Nach den aktuellen behördlichen Vorgaben (z.B. Ausnahmegenehmigung nach § 12 (2) PflSchG des EBA Frankfurt/Saarbrücken vom 27.03.2015) ist bereits im gesamten WSG II der Stadtwaldwasserwerke der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verboten. Zukünftig wird auf den nicht abgedichteten Gleisen darüberhinaus bis km 32,0 der Str. 3520 auf den Herbizideinsatz verzichtet werden (s. Übersichtsplan zum Herbizideinsatz, Planfeststellungsunterlagen). Wegen der räumlichen Nähe zu den östlichen Brunnen Goldstein sind diese Gleisabschnitte hinsichtlich des Grundwasserschutzes als besonders kritisch anzusehen.
- Soweit möglich werden die im Bereich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion durch Umbau veränderten Weichen an die vorhandene Entwässerung angeschlossen.
- Eine deutliche Verbesserung des Grundwasserschutzes ergibt sich aus dem Neubau der Eisenbahnüberführung Güterzugrampe auf der Strecke 3624 (Anlage 18.1.1a). Gegenüber dem heutigen Zustand ohne Abdichtung unter dem Oberbau wird zukünftig das aus dem Gleisbereich abfließende Niederschlagswasser über die Passage der belebten Bodenzone versickert.
- Die neu zu bauenden Gleise im Bahnhof Stadion werden abgedichtet und das Entwässerungswasser nach Norden in das Sickerbecken ~~Golfstraße~~ Adolf-Miersch-Straße ausgeleitet. Das Sickerbecken ~~Golfstraße~~ Adolf-Miersch-Straße befindet sich außerhalb des Einzugsgebietes der Stadtwaldwasserwerke.
- Die Gleise des Vorhabens Umbau Knoten Stadion, 3. BS werden auch in der gesamten WSG-Zone IIIA abgedichtet und das Entwässerungswasser in südlich der A 3 und südlich der WSG-Zone IIIA liegende Sickerbecken ausgeleitet.
- Bei der neuen S-Bahnanbindung Gateway Gardens wird durch die vorgesehenen Maßnahmen ein in den 1970er Jahren errichteter, oberirdisch geführter Streckenabschnitt aufgegeben, der mit der Versickerung durch den Oberbau ohne Passage der belebten Bodenzone den heute definierten Qualitäten und Anforderungen hinsichtlich Grundwasserschutz in ei-

nem Wasserschutzgebiet nicht mehr genügt. Wie oben ausgeführt, wird das Entwässerungswasser über eine Dichtungsbahn in die trassenbegleitenden Mulden geführt und dort über die belebte Bodenzone versickert. Damit wird der Grundwasserschutz in dem vom Umbau des Vorhabens S-Bahnanbindung Gateway Gardens betroffenen Abschnitt entlang des Wasserwerks Goldstein und des Wasserwerks Schwanheim deutlich verbessert.

- In den betrachteten DB-Vorhaben wird auf allen Neubaustrecken in den Zonen II und IIIA des Wasserschutzgebiets eine präferentielle Verlagerung in der ungesättigten Bodenzone ohne Passage der belebten Bodenzone durch die konstruktive Gestaltung der Entwässerung unterbunden. Diese Maßnahmen zum Grundwasserschutz blieben in den Modellrechnungen unberücksichtigt.
- Es werden in den geplanten Vorhaben nur schmierungsfreie Weichen eingebaut.

Diese Schutzmaßnahmen werden bei der Ermittlung der Stoffeintragssituation im Planzustand mit Maßnahmen dahingehend berücksichtigt, dass die Eintragskonzentrationen der Leitparameter in abgedichteten Streckenabschnitten (alle Parameter), bei Verzicht auf Herbizideinsatz oder bei trockenlaufenden Weichen (anteiliger Kohlenwasserstoffeintrag aus der Weichenschmierung) auf Null gesetzt werden (C_0' =0). Tabelle 16 fasst die Maßnahmen nochmals zusammen.

Tabelle 16 Schutzmaßnahmen mit Einfluss auf die Eintragskonzentrationen der Leitparameter

Leitsubstanz	Quantifizierung der Veränderung Ist-/Planzustand	Berücksichtigung der Schutzmaßnahmen
Schwermetalle	Veränderung der Zugzahlen	Berücksichtigung abgedichtete Streckenabschnitte
Kohlenwasserstoffe	Veränderung der Zugzahlen und der Anzahl geschmierter Weichen	Berücksichtigung abgedichtete Streckenabschnitte und Einsatz schmierungsfreier Weichen
Pflanzenschutzmittel	Veränderung der behandelten Gleiskilometer	Berücksichtigung abgedichtete Streckenabschnitte und Abschnitte mit Herbizid-Anwendungsverbot/-verzicht

Die Ableitung des Entwässerungswassers aus den abgedichteten Streckenabschnitten und die Einleitung in Sickerbecken werden durch einen lokalen Eintrag in die den jeweiligen Streckenabschnitten zugeordneten Sickerbecken berücksichtigt. Als einzige Sickerbecken im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke verbleiben die südlich der A3 beidseits der Trasse geplanten Sickerbecken (s. Anlage 18.9.1a).

Die anfallenden zu versickernden Wassermengen ergeben sich aus der Fläche der abgedichteten Streckenabschnitte im Planungsabschnitt „Umbau Knoten Stadion, 3. Baustufe“ mit einer Länge von 4 km und einer Breite von 7 m (2 Gleise mit jeweils 3,5 m) sowie einem angenommenen mittleren jährlichen abflusswirksamen Niederschlag von 400 mm/a (s. Kap. 3.1).

$$\text{Sickerwassermenge} = 4000\ \text{m} * 7\ \text{m} * 0{,}4\ \text{m/a} = 11.200\ \text{m}^3/\text{a}$$

Die Stoffkonzentrationen entsprechen der Eintragssituation auf den abgedichteten Streckenabschnitten. Die Lage und Länge der ~~abgedichteten~~ Streckenabschnitte mit weitgehender Ausleitung und mit dezentraler Entwässerung ist der **Anlage 18.9.14a** zu entnehmen, die das vorgesehene Entwässerungskonzept der betrachteten DB-Vorhaben sowie der RTW zeigt.

Durch die Schutzmaßnahmen ergeben sich die in **Anlage 18.9.15~~b~~c - Anlage 18.9.19~~b~~c** dargestellten veränderten Eintragskonzentrationen im Planzustand mit Maßnahmen.

Bei den Schwermetallen (Anlage 18.9.15~~b~~c und Anlage 18.9.16~~b~~c) zeigen sich wegen der Gleisabdichtungen im Bahnhof Stadion geringere Eintragswerte in die Bodenzone als im Istzustand (Anlage 18.9.3~~a~~c). Die Zunahme des Zugbetriebs im Planzustand um ca. 200 - 250 Züge täglich ohne Berücksichtigung der RTW und um ca. 400 Züge täglich bei Berücksichtigung der RTW wird dadurch kompensiert, dass die Strecken des Vorhabens Umbau Knoten Sportfeld 2. Baustufe und die RTW-Neubautrasse über die WSG-Zone II hinaus innerhalb des gesamten Nahbereiches der Brunnen Oberforsthaus und Goldstein soweit bautechnisch und baubetrieblich möglich abgedichtet werden. Die auf diesen Gleisen verkehrenden Züge verursachen daher mit Ausnahme in einzelnen Weichenbereichen im Nahbereich der Brunnen keinen Stoffeintrag in das Grundwasser. Die Ableitung des auf den DB-Strecken anfallenden Entwässerungswas-

sers erfolgt in das nördlich, außerhalb des Einzugsgebietes der Stadtwaldwasserwerke gelegene Sickerbecken ~~Golfstraße~~ Adolf-Miersch-Straße. Die Versickerung des gedichteten Streckenabschnitts der RTW östlich des Bahnhof Stadion wird außerhalb der Brunneneinzugsgebiete erfolgen.

Anlage 18.9.17~~bc~~ zeigt die Eintragssituation für Herbizide. Diese bleibt außerhalb der betrachteten Vorhaben unverändert, verbessert sich aber im Bereich des Bahnhofs Stadion gegenüber dem Istzustand (Anlage 18.9.5~~ac~~). Ebenso erfolgt auf den RTW-Neubaustrecken kein Herbizideinsatz. Beim Vorhaben Umbau Knoten Stadion, 3. Ausbaustufe, wird von einem Anwendungsverzicht in der WSG-Zone II ausgegangen.

Auch bei den Kohlenwasserstoffen (Anlage 18.9.18~~bc~~ und Anlage 18.9.19~~bc~~) ergeben sich am Bahnhof Stadion wegen der Gleisabdichtungen (s.o.) im Planzustand mit Maßnahmen geringere Emissionswerte als im Istzustand (Anlage 18.9.6~~ac~~). Darüber hinaus werden im Bahnhof Stadion derzeit vorhandene geschmierte Weichen durch trockenlaufende Weichen ersetzt werden.

Auf den übrigen Streckenabschnitten, bei denen kein Ersatz von Weichen stattfindet, bleibt der Kohlenwasserstoffeintrag bei unveränderten Zugzahlen gleich bzw. erhöht sich bei steigenden Zugzahlen. Innerhalb der WSG Zone IIIA führen die steigenden Zugzahlen des Streckenabschnittes Zeppelinheim – Bf Stadion nicht zu einem erhöhten Kohlenwasserstoffeintrag entlang der Strecke, da die Gleise der Strecke 3657 neu abgedichtet werden und das Entwässerungswasser ausgeleitet wird. Das Entwässerungswasser dieser Gleise wird in Sickerbecken südlich der A3 ausgeleitet, die sich in der WSG IIIB befinden. Der Stoffeintrag in diese Becken, entspricht der Stoffmenge, die auf den abgedichteten Streckenabschnitten des Vorhabens Umbau Knoten Stadion, 3. BS, vom Beginn der WSG IIIA bis zum östlichen Ende der WSG II am Bahnhof Stadion emittiert wird.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den vorliegenden Betrachtungen um eine Erhöhung der Emissionswerte handelt. Bzgl. des Stoffeintrags in das Grundwasser ist mit deutlich verminderten Konzentrationen zu rechnen, da die Behandlung in der ungesättigten Bodenzone in den Modellrechnungen zum Planzustand mit Maßnahmen generell unberücksichtigt bleibt. Beispielsweise wird nach NADLER und MEISSNER (2009) und SOMMER (2007) bei einer Passage der belebten Bodenzone eine Frachtminderung bei Schwermetallen und Mineralölkohlenwasserstoffen von ca. 77 – 87 % erreicht.

Beispielsweise wird im Bereich der Strecke Gateway Gardens der gesamte S-Bahn-Verkehr sowie die RTW mit ca. 400 Zügen täglich über neue Strecken geleitet werden, die über eine geregelte Ableitung des Entwässerungswassers mit Versickerung über die belebte Bodenzone verfügen. Diese Züge werden wegen der Filter- und Reinigungswirkung der Bodenzone in einem gegenüber dem Istzustand deutlich geringeren Maße zu einem Stoffeintrag in das Grundwasser beitragen.

9.4.5.2 Strömungs- und Transportmodellierung Planzustand mit Maßnahmen - Validierung der Maßnahmen

Die Transportmodellierung des Planzustands unter Berücksichtigung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung wurde mit den aus dem Ist-Zustand bestimmten stationären Endkonzentrationen als Anfangskonzentration initialisiert. Die normierten Eintragsbelastungen wurden entsprechend der geplanten Änderungen der Indikatoren Gleislänge bzw. -zahl, Zugzahl und Weichenzahl sowie der geplanten Maßnahmen zur Risikobeherrschung angepasst (Anlage 18.9.15~~bc~~ - Anlage 18.9.19~~bc~~).

Für die Schadstoffgruppen der Schwermetalle und der Kohlenwasserstoffe wurden jeweils zwei Modellläufe des Planzustands durchgeführt, einer ohne und einer mit Berücksichtigung der RTW. Da für die Streckenführung der RTW kein Herbizideinsatz geplant ist, wurde diese bei der Simulation des Herbizideintrags nicht berücksichtigt.

Bei der Simulation des zu erwartenden Stoffeintrags im Planzustand unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen wurden die geplanten Sickerbecken zur Ableitung des anfallenden Gleiswassers im Modell anhand von Infiltrationsknoten implementiert. Die aus der Gleisfläche erwartete Wassermenge wurde mit der den Simulationen ohne Maßnahmen entsprechenden Schadstoffkonzentration in den Infiltrationsknoten eingebracht. Entsprechend erfolgt an den abgedichteten Streckenabschnitten kein Stoffeintrag.

Grundsätzlich sind bei den nachfolgend erläuterten Ergebnissen die sehr langen Fließzeiten insbesondere zum WW Hinkelstein zu berücksichtigen. Die vorgesehenen Maßnahmen zum Grundwasserschutz haben im Simulationszeitraum in den berechneten Stoffkonzentrationen der Brunnen Hinkelstein noch nicht vollumfänglich ihren Niederschlag gefunden.

Abbildung 15 zeigt die berechneten Belastungswerte für die Herbizide im Planzustand mit Maßnahmen. Die Modellrechnungen zeigen über den Simulationszeitraum von 200 Jahren hinweg für alle betrachteten Brunnen eine ~~nahezu konstante (Brunnen Goldstein) bzw.~~ gegenüber dem Istzustand leicht sinkende stofflichen Belastung ~~(Brunnen Hinkelstein und Schwanheim)~~ des Grundwassers. Der eingeschränkte Herbizideinsatz am Bahnhof Stadion bzw. die Ableitung des anfallenden Sickerwassers der Trassen und des Trassenabschnitts des ICE werden in den Modellrechnungen durch den Einfluss des konservativen Herbizidtransports aus dem ferneren Brunneneinzugsgebiet teilweise überdeckt. In der Realität werden die Herbizide abgebaut. Tatsächlich wird sich der weitergehende Verzicht auf einen Herbizideinsatz im Vorhaben Umbau Knoten Sportfeld, 2. BS daher in einem stärkeren Rückgang potentieller Herbizidbelastungen in den Brunnen Goldstein bemerkbar machen.

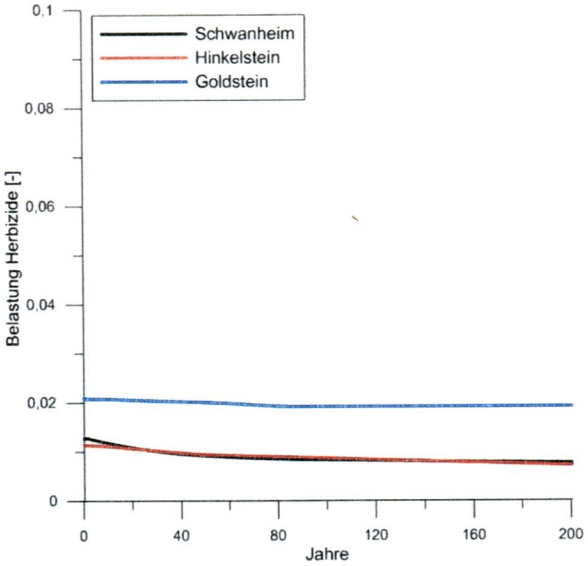

Abbildung 15 Belastungswerte aus normiertem Herbizideintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - 8)

Bei der Simulation der Schwermetalle zeigte sich durch die eingesetzten Maßnahmen zur Risikobeherrschung eine etwas niedrigere Belastung gegenüber dem Planzustand ohne Maßnahmen ~~Ausgangszustand~~ an den ausgewerteten Brunnen (Abbildung 16). Insbesondere an den Brunnen des WW Goldstein wurde eine deutlich niedrigere Belastung als im Planzustand ohne Maßnahmen ermittelt. ~~erkennbarer Rückgang zum berechneten Ist-Zustand ermittelt.~~ Die Veränderungen bei Berücksichtigung der RTW zeigen aber auch ~~an~~, dass trotz der eingesetzten Maßnahmen an den Brunnen Goldstein steigende Belastungen gegenüber dem Ist-Zustand auftreten können. ~~dass steigende Zugzahlen die Wirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung des Grundwasserschutzes auf Streckenabschnitten ohne Sammeln und Ausleiten im Brunnennahbereich wieder weitreichend aufzehren.~~ An den Brunnen der~~s~~ WWe Schwanheim und Hinkelstein sind die Maßnahmen zur Risikobeherrschung nicht so stark einflussnehmend. Wie im Planzustand ohne Maßnahmen gehen am WW Schwanheim die Konzentrationen zunächst zurück. Je nach Lage des betrachteten Brunnen kommt es nach ca. 100 Jahren gleichbleibender Eintragssituation wieder zu einem leichten Anstieg der Belastung im Brunnen. Die Belastung bleibt im gesamten Betrachtungszeitraum von 200 Jahren unterhalb der Eingangsbelastung des errechneten Ist-Zustands.

Auch bei der Simulation der Kohlenwasserstoffe zeigte sich durch die eingesetzten Maßnahmen zur Risikobeherrschung für die Brunnen Goldstein ~~bei den Rechenläufen ohne RTW~~ im Vergleich zu den Rechenläufen des Planzustandes ohne Berücksichtigung der Maßnahmen (Abbildung 14) eine deutliche Belastungsreduzierung an den ausgewerteten Brunnen (Abbildung 17)~~, v.a. im Vergleich zu den Rechenläufen des Planzustandes ohne Berücksichtigung der Maßnahmen (Abbildung 14)~~. Trotz der eingesetzten Maßnahmen steigt auch hier bei

Berücksichtigung der RTW die Belastung an den Brunnen Goldstein gegenüber der Belastung des Ist-Zustandes.

~~Bei den Modellrechnungen mit der RTW und damit mit den höchsten Zugzahlen ergeben sich für die Schwermetalle und die Kohlenwasserstoffe gegenüber den Ausgangswerten, d.h. dem Istzustand, stagnierende oder leicht sinkende Stoffkonzentrationen an den Trinkwasserbrunnen der Stadtwaldwasserwerke (Abbildung 16 und Abbildung 17). Wegen der höheren Zugzahlen gegenüber dem Ausgangszustand (Istzustand) zeigt sich der Effekt der geplanten Schutzmaßnahmen weniger ausgeprägt.~~

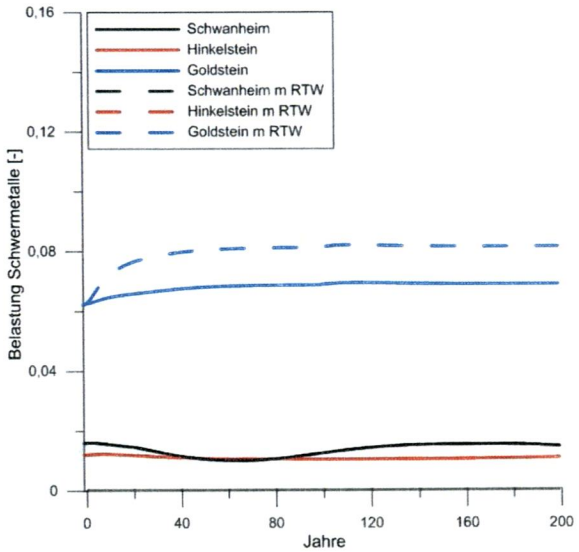

Abbildung 16 Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~15~~ 16)

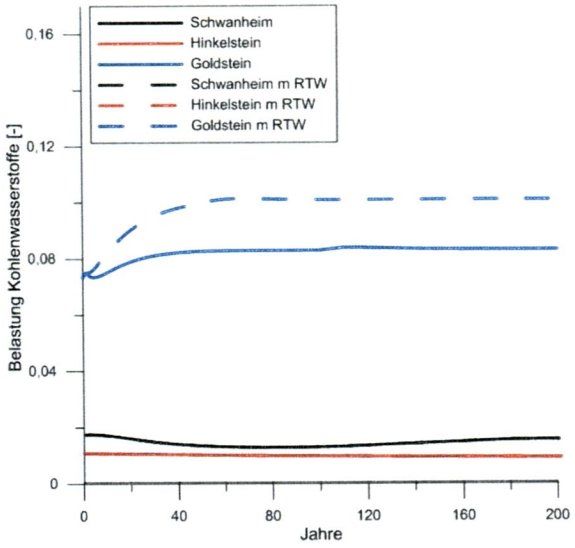

Abbildung 17 Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~30~~ 28)

Grundsätzlich blieb bei allen betrachteten Simulationsläufen die Reinigungsleistung bei der Passage geeigneter Bodensubstrate in der ungesättigten Bodenzone unberücksichtigt, da der Stoffeintrag an der Bodenoberfläche dem Stoffeintrag an der Grundwasseroberfläche gleichgesetzt wurde (s. Kapitel 9.4.4.1). Speziell an der Strecke Gateway Gardens wird sich die Entwässerungssituation aber dahingehend deutlich verändern, dass das Entwässerungswasser nicht mehr direkt durch den Gleiskörper versickern kann, sondern in bahnbegleitende Mulden abgeleitet und dort über eine Bodendecke versickert werden wird. Berücksichtigt man bei der Modellierung die Behandlung des abfließenden Niederschlagswassers durch geeignete Bodensubstrate in Mulden und Becken, so ergibt sich auch bei Berücksichtigung der RTW und der damit verbundenen erhöhten Zugzahlen in der Regel eine ~~signifikante~~ Verminderung der Belastung der Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe, zumindest aber keine Verschlechterung gegenüber dem Ist-Zustand (Abbildung 18 und Abbildung 19). Dabei ist eine in den Transportberechnungen berücksichtigte Schadstoffreduktion um 50% bei der Passage der belebten Bodenzone aus geeigneten Substraten als konservative Abschätzung zu sehen. Nach Angaben aus Fachliteraturangaben (u.a. NADLER und MEISSNER 2009, SOMMER 2007) wird bei Schwermetallen und Mineralölkohlenwasserstoffen bei einer Passage der belebten Bodenzone geeigneter Substrate eine Frachtminderung > 75 % erreicht (s. Kapitel 9.4.5.1).

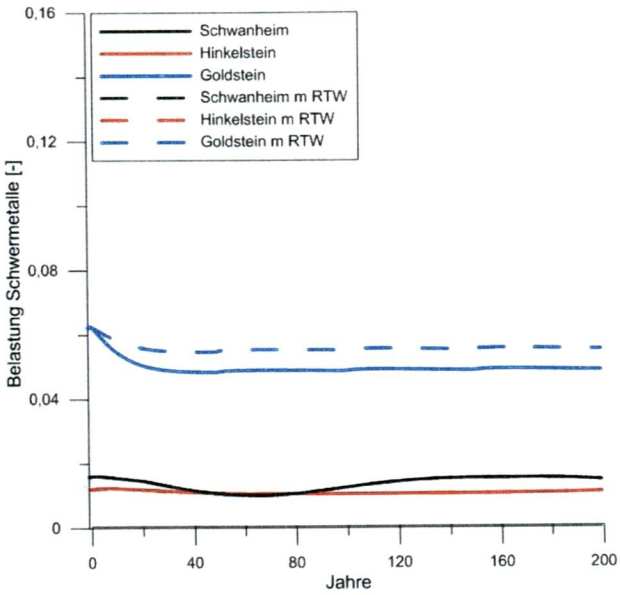

Abbildung 18 Belastungswerte aus normiertem Schwermetalleintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und einer Reinigungswirkung bei der Bodenpassage (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~15~~ 16)

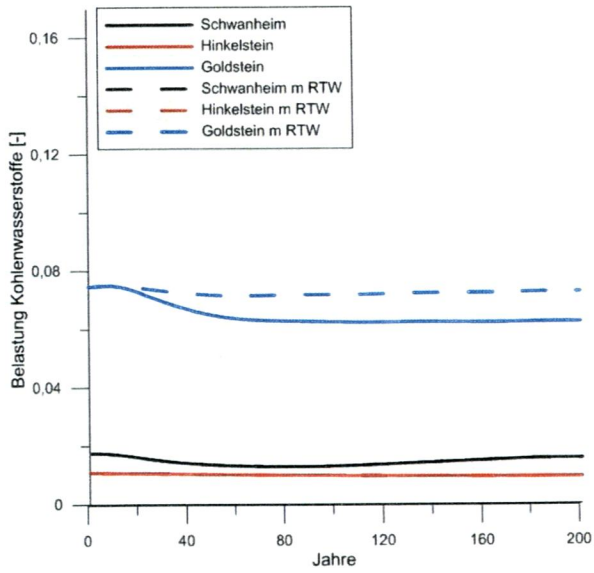

Abbildung 19 Belastungswerte aus normiertem Kohlenwasserstoffeintrag an Brunnen der WWe Goldstein, Hinkelstein und Schwanheim entsprechend dem Planzustand mit Maßnahmen zur Risikobeherrschung unter Berücksichtigung der im Ist-Zustand bestimmten Eingangsbelastung und einer Reinigungswirkung bei der Bodenpassage (Spanne der Eintragswerte: 0 - ~~30~~ 28)

Eine Voraussetzung für die Wirksamkeit der beschriebenen Schutzmaßnahmen ist deren fachgerechte technische Umsetzung und dauerhafte Funktionstüchtigkeit.

Auch technologische Verbesserungen werden zukünftig zu einem weiteren Rückgang der Stoffemissionen führen. So werden die Schwermetallemissionen bei der bereits heute laufenden Umstellung der Bremssysteme spürbar zurückgehen.

9.4.6 ~~9.4.3~~ Havariefall ~~und Ersatzwasserbeschaffung~~

Im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke können im Havariefall erhebliche Stoffmengen freigesetzt werden, versickern und das Grundwasser gefährden.~~können im Havariefall setzt eine Gefährdung des Grundwassers im Havariefall voraus, dass erhebliche Stoffmengen freigesetzt werden und versickern.~~ Die wesentliche Schutzwirkung gegenüber Stoffeinträgen aus dem Trassenbereich beruht auf den großen Grundwasserflurabständen von bis zu 15 m und mehr im Bereich der Wasserwerke Goldstein und Oberforsthaus. Bei geringen Mengen ist die Gefahr eines zeitnahen Stoffeintrags in das Grundwasser~~einer raschen Tiefenverlagerung~~ nicht gegeben, da der versickernde Anteil in der mächtigen ungesättigten Bodenzone zurückgehalten wird. Eine Gefährdung des Grundwassers kann in derartigen Fällen der außergewöhnlichen Belastung durch Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen (z.B. Bodenaustausch) minimiert~~ausgeschlossen~~ werden.

Lediglich für den Ausnahmefall einer Havarie kann eine Grundwasserverunreinigung auch im Abschnitt mit geschlossener Entwässerung nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Voraussetzungen für einen Unfall im Havarieausmaß unter den Standortbedingungen im Stadtwald sind neben einer Beschädigung der Dichtungen in den Entwässerungseinrichtungen oder eines Abkommens der Waggons über die Gleisanlagen hinaus die Freisetzung einer erheblichen Menge wassergefährdender Stoffe in Kombination mit einem erheblichen Einsatz von Lösch- und Kühlmittel.

Güterverkehr wird auf den Strecken der Vorhaben ~~NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar und dem~~ Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe und Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar betrieben. Auf der S-Bahnanbindung Gateway Gardens und der RTW wird nur Personenverkehr abgewickelt. Eine Unfallsituation, die eine relevante Gefährdung des Grundwassers mit unmittelbaren Konsequenzen für die Trinkwasserversorgung zur Folge hat, ist bei Personenverkehr unter den Standortverhältnissen nicht gegeben.

Die Rechercheauswertungen zu Havarien erstreckten sich daher auf Eisenbahnunfälle in Deutschland, die sich auf offener Strecke ereigneten und bei denen größere Mengen wassergefährdender Stoffe freigesetzt wurden. Die Recherche erfolgte über die via Internet zugängliche Datenbank GUNDI und eine Anfrage beim Statistischen Bundesamt. Die Datenbank GUNDI wurde von der Redaktion des Fachmagazins „Gefährliche Ladung“ geführt und umfasst die Daten von mehr als 2000 Gefahrgutunfällen. Dabei wurden Berichte aus deutschen Tageszeitungen (ca. 600 Lokal- und Regionalzeitungen) ausgewertet und durch Recherchen der Redaktion von „„Gefährliche Ladung““ bei den betreffenden Behörden, Polizei und Feuerwehr ergänzt. Die

Datenbank GUNDI umfasst über den Zeitraum von 1991 bis 2007 mehr als 2000 Gefahrgutunfälle. Seit Mitte 2007 wird die Datenbank nicht mehr weitergeführt. Für den Zeitraum 2006 bis 2009 wurden Daten zu Unfällen bei der Beförderung wassergefährdenden Stoffen mit Eisenbahnen beim Statistischen Bundesamt abgefragt.

Von 1991 bis 2009 sind deutschlandweit insgesamt 8 Bahnbetriebsunfälle mit Gefahrgütern registriert, die sich auf freier Strecke ereigneten und bei denen hinreichend große Stoffmengen freigesetzt wurden, die potentiell zu einer Gefährdung des Grundwassers hätten führen können. Die erforderlichen Stoffmengen für eine potentielle Grundwassergefährdung sind nach den Standortbedingungen der Stadtwaldwasserwerke nur bei Bahnbetriebsunfällen mit Gefahrgütern gegeben. Bei diesen Unfällen ist in den meisten Fällen Treibstoff ausgetreten. Es kam häufig zum Brand oder Explosion eines oder mehrerer Kesselwagen.

Zusätzlich wurden Dokumentationen von Großbränden zur Plausibilitätsprüfung hinsichtlich der Gefährdung des Grundwassers und der Deckung des Löschwasserbedarfs herangezogen. Wegen technischer Fragen der Brandbekämpfung wurde zur Entwicklung des Havarieszenarios zur Abschätzung der Grundwassergefährdung eine Feuerwehr (insbesondere zur Brandbekämpfung an Autobahnen und Eisenbahnstrecken) angefragt.

Auf der Grundlage dieser Recherchen wurde folgendes Havarieszenario im Sinne einer worst-case-Betrachtung zur Grundwassergefährdung entwickelt: Bei einer Entgleisung eines Kesselwagenzuges mit wassergefährdenden Stoffen (z.B. Benzin) geraten Waggons in Brand und Treibstoff tritt aus. Als Folge der Entgleisung werden die bahnbegleitenden Entwässerungseinrichtungen (abgedichteter Streckenabschnitt) auf einer Länge von 150 m zerstört. Bei einer Branddauer von 5 h versickert ein Gemisch von 2.500 m³ aus Treibstoff und Löschmittel im Untergrund.

In Absprache mit der Hessenwasser wurden diese realitätsnahen Eckdaten nochmals mit einem Sicherheitszuschlag von 50 % beaufschlagt. Damit ergibt sich ein Eintrag von 3.750 m³ Treibstoff-/Löschwassergemisch auf einer Eintragsstrecke von 225 m.

Nach den Abstimmungsgesprächen mit der Hessenwasser ist für den Havariefall im Bereich einer Gewinnungsanlage ein Ersatzwasserbeschaffungskonzept zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung zu erarbeiten, wenn zwischen Havarie und dem erstmaligen Zutritt von Stoffen aus der Havarie in die Trinkwasserbrunnen weniger als ein Jahr liegt. Die Reaktionszeit ist dann u. U. zu kurz, um zielgerichtet Abwehrmaßnahmen ergreifen zu können. Die Rohwassermengen der betroffenen Brunnen können dann nicht mehr zur Wasserversorgung genutzt werden und sind kurzfristig zu substituieren.

Im Bereich der im Stadtwald gelegenen Wasserwerke der Hessenwasser sind nach den Grundwassermodellrechnungen zu den Entwässerungskonzepten die Fließzeiten zur Ostgalerie des WW Goldstein auf einer Länge von knapp 1 km der Ausbaustrecke kürzer als 1 Jahr. Die Fließdauern zur Westgalerie des WW Goldstein und zu den westlich angrenzenden Wasserwerken Schwanheim und Hinkelstein sind länger.

~~Die Eisenbahnüberführung Güterzugrampe auf der Strecke 3624 zum überwiegenden Teil im Einzugsgebiet der Brunnen des WW Goldstein.~~ ~~B~~ereits ~~b~~ei mittleren Entnahmemengen ~~tritt im Nahbereich des WW Oberforsthaus keine Rückstromzone zu den Brunnen auf~~ liegt die Eisenbahnüberführung Güterzugrampe des Vorhabens Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufen auf der Strecke 3624 nur auf einem kurzen Streckenabschnitt im Einzugsgebiet des WW Oberforsthaus und Stoffeinträge aus dem Bereich der Güterzugrampe werden weiter in Richtung Main verlagert (~~s. Anl. 18.3.1 und~~ Anl. 18.4a). Im Vergleich zu den Einschränkungen im Falle einer Havarie im Bereich des WW Goldstein sind die Einschränkungen im Havariefall für das WW Oberforsthaus deutlich geringer.

Aus den o.g. Gründen wurde der Schwerpunkt der Betrachtungen auf das WW Goldstein gelegt. Die Brunnen und Infiltrationsorgane des WW Goldstein wurden gemäß den Vorgaben der Hessenwasser im Sinne eines worst-case-Szenarios belegt. D. h. die näher an den Vorhaben ~~NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar und~~ Umbau Knoten Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe und Umbau Knoten Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar gelegenen Brunnen der Ostgalerie wurden mit höheren Fördermengen beaufschlagt als die Brunnen der Westgalerie. Die genauen Förder- und Infiltrationsmengen des WW Goldstein sind in Tabelle 1017 angegeben. Für die übrigen Entnahmen und Infiltrationsmengen im Modellgebiet wurden die Mengen von 2004 eingesetzt.

Tabelle ~~10~~17 Entnahme- und Infiltrationsmengen des WW Goldstein

WW Goldstein Br. 1 West – Br. 6 West	**3.650.000**
Br. 1 W	511.000
Br. 2 W	511.000
Br. 3 W	657.000
Br. 4 W	657.000
Br. 5 W (alt22)	657.000
Br. 6 W (alt23)	657.000
WW Goldstein Br. 1 Ost – Br. 6 Ost	**4.380.000**
Br. 1 O	730.000
Br. 2 O	730.000
Br. 3 O	730.000
Br. 4 O	730.000
Br. 5 O	730.000
Br. 6 O	730.000
WW Goldstein KB A.2.1 und A.2.2	**1.095.000**
KB A.2.1	730.000
KB A.2.2	365.000
WW Goldstein Sickerleitung	**1.095.000**
WW Goldstein KB A.1.1 und A.1.2	**876.000**
KB A.1.2	438.000
KB A.1.1	438.000

In einem ersten Simulationslauf wurde zunächst der gesamte nördliche Streckenabschnitt des Vorhabens Umbau Knoten Stadion 3. BS / NBS Rhein/Main Rhein/Neckar und im Bereich des Bahnhofs Frankfurt(M)-Stadion (Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe) auf ca. 1,5 km Länge mit einem Stoffeintrag belegt. Damit können die Brunnen eingegrenzt werden, für die die Transportzeiten von der Trasse zum Brunnen weniger als ein Jahr betragen. Das Ergebnis dieses Rechenlaufes ist in Abbildung 20 dargestellt.

Abbildung 20 zeigt die Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit. Dargestellt sind die relativen Konzentrationen in Bezug zur Eintragskonzentration C_0 an der Geländeoberkante. Deutlich ist zu erkennen, dass bei einem Havariefall alle Brunnen der Ostgalerie innerhalb eines Jahres erreicht werden könnten. Mit Ausnahme des Brunnens 1 West liegen dahingegen alle Brunnen der Westgalerie zu weit von der Trasse entfernt. Der Brunnen 1 West liegt direkt an der Front der Stofffahne. Hier treten nach Ablauf eines Jahres relative Konzentrationen im Promillebereich auf.

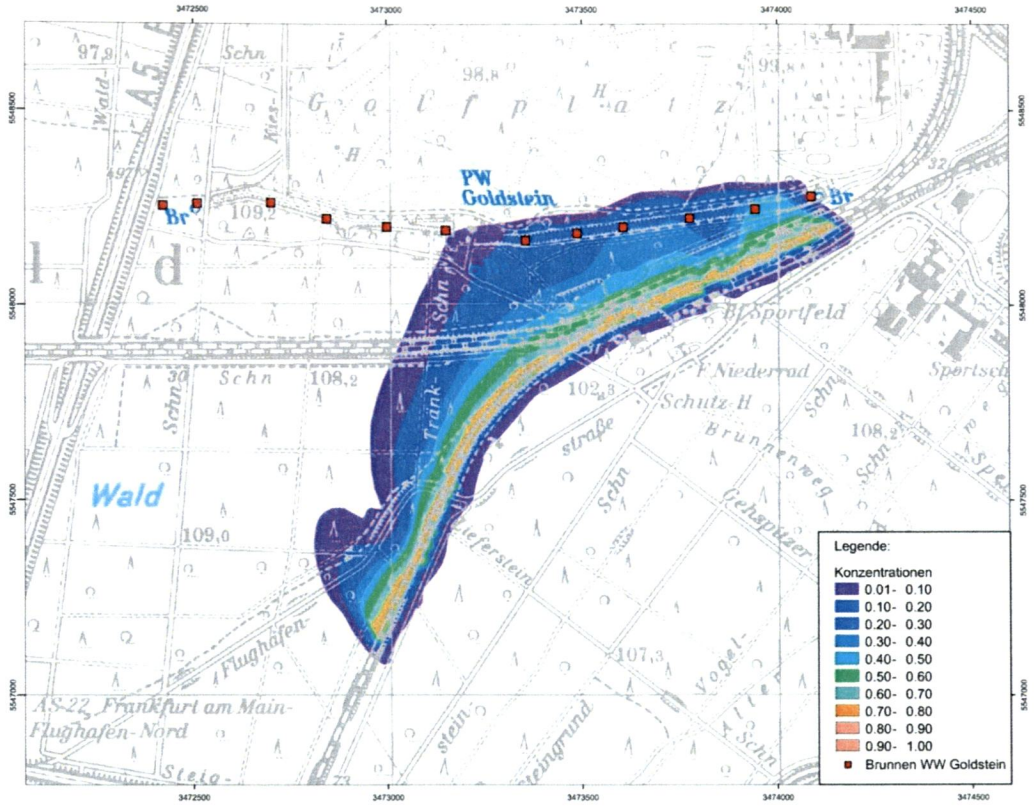

Abbildung 20 Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer ca. 1,5 km langen Eintragsstrecke

Anschließend wurden Havariefälle mit einer Eintragslänge von 225 m auf unterschiedlichen Streckenabschnitten berechnet. Der Unfallort wird einmal auf den westlichen, einmal auf den östlichen Trassenabschnitt im Nahbereich der Ostgalerie des WW Goldstein gelegt.

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Simulation des Havariefalles in einem westlichen Trassenabschnitt. Drei Brunnen, die Brunnen 2 Ost, 3 Ost und 4 Ost würden in diesem Fall von der Schadstofffahne innerhalb eines Jahres erreicht werden. Bei unverändertem Förderregime wäre nach ca. 80 Tagen mit dem Eintreffen der Schadstofffront zu rechnen.

Abbildung 22 zeigt demgegenüber die Ergebnisse der Berechnung für einen östlichen Trassenabschnitt. Hier würden nur jeweils zwei Brunnen von der Schadstofffahne erreicht, jedoch innerhalb deutlich kürzerer Zeit und mit höheren relativen Konzentrationen. Bereits nach 20 Tagen wäre am Brunnen 5 Ost mit einem deutlichen Anstieg der Schadstoffe zu rechnen.

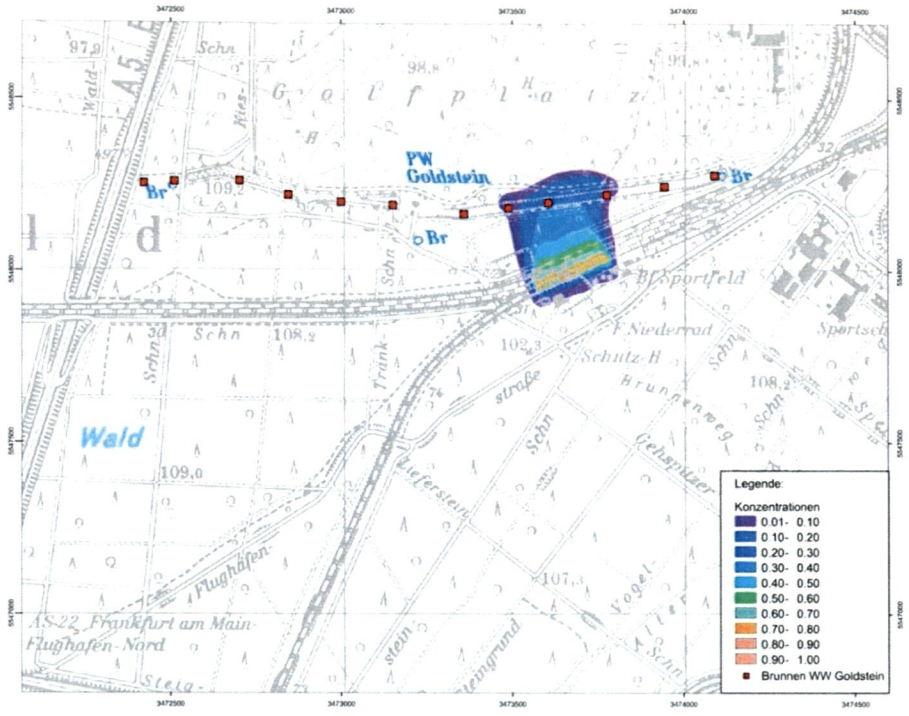

Abbildung 21 Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer 225 m langen Eintragsstrecke im westlichen Trassenabschnitt

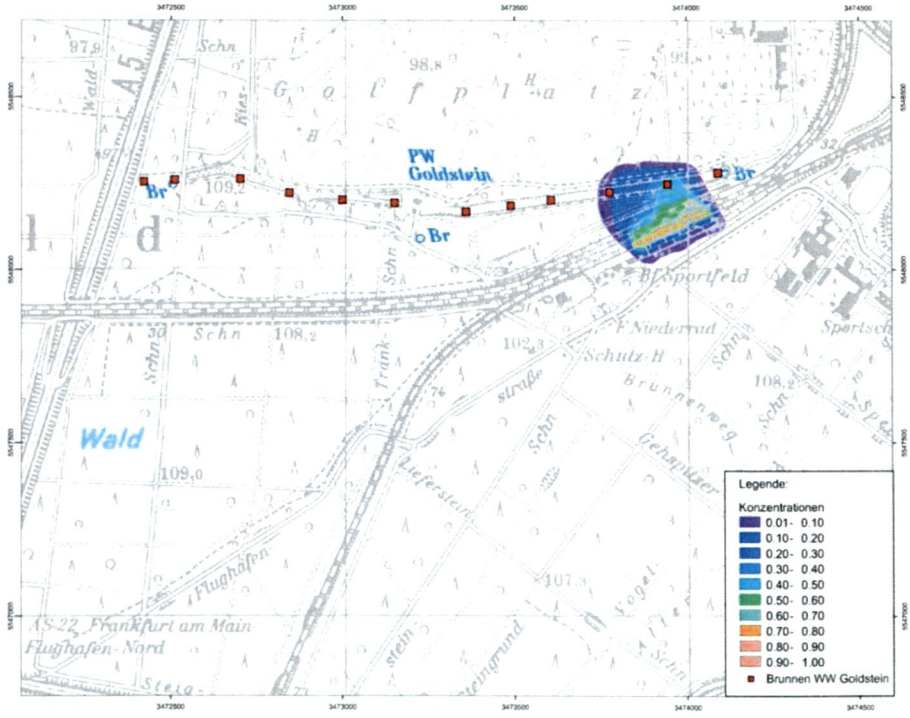

Abbildung 22 Konzentrationsverteilung nach 1 Jahr Transportzeit bei einer 225 m langen Eintragsstrecke im östlichen Trassenabschnitt

An der Ostgalerie des WW Goldstein würden bei einer Eintragsstrecke von 225 m zwei bis drei Brunnen von der Schadstofffahne erreicht werden. Läge der Unfallort eher im nordwestlichen Trassenabschnitt wären drei Brunnen betroffen. Es verbliebe jedoch eine Reaktionszeit von ca. 80 Tagen, bis, bei unverändertem Förderregime, die bei einer Havarie in das Grundwasser eingetragenen Stoffe die Brunnen erreichen würden.

Läge der Unfallort im nordöstlichen Trassenabschnitt und damit vollständig im Bereich des Vorhabens Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe, ist zu erwarten, dass nur zwei Brunnen betroffen sein werden. Die Transport- und damit Reaktionszeit wäre jedoch mit ca. 20 Tagen deutlich kürzer.

Ein Abschalten der betroffenen Brunnen und der östlichen Infiltrationsanlagen verringert die hydraulischen Gradienten zu den Brunnen und erhöht damit die verbleibende Reaktionszeit. Die Brunnen sind voraussichtlich spätestens nach wenigen Wochen als Abschöpfbrunnen wieder in Betrieb zu nehmen, da ansonsten die Stofffahne in die weiter in Betrieb befindlichen angrenzenden Brunnen verschleppt wird. In Abhängigkeit von den eingetragenen Stoffen fällt eine Nutzung als Rohwasser zur Trinkwasserversorgung ~~voraussichtlich~~ aus ~~und das aus den betroffenen Brunnen geförderte Grundwasser ist anderweitig zu verbringen~~.

Die dadurch bedingten Ausfallmengen können von Hessenwasser ohne den Bau neuer Entnahmebrunnen und Infiltrationsanlagen im Stadtwald Frankfurt weder durch Mehrförderung noch durch Bezug aus anderen Fördergebieten kompensiert werden (s. Kap. 10.1).

D~~ieses~~as grundsätzliche Risiko einer Havarie ist bereits heute unabhängig vom Ausbau der Bahnanlagen am Knoten Sportfeld gegeben.

Im Rahmen des Umbaus Knoten Sportfeld 2. Ausbaustufe wurde aus Vorsorgegründen und zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Rhein-Main-Gebiet Maßnahmen zur Ersatzwasserbeschaffung erarbeitet. Diese Maßnahmen dienen der Risikominimierung (s. Kap. 10).

~~9.4.4 Versorgungssicherheit mit Trinkwasser~~

~~Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Verdichtungsraum Rhein-Main mit den Großstädten Frankfurt a. M., Darmstadt, Hanau, Offenbach und Wiesbaden entstand im Rhein-Main-Raum in den letzten 4 Jahrzehnten ein nahezu flächendeckendes, weit verzweigtes Trinkwasserversorgungs-Verbundsystem zwischen den süd- und mittelhessischen Wasserversorgungsunternehmen (Leitungsverbund Rhein-Main). Den Kernbereich des Leitungsverbundes Rhein-Main bildet das Hessenwasser-Verbundnetz, in dem wiederum zentral die Stadtwaldwasserwerke liegen.~~

~~Innerhalb der einzelnen Gewinnungsbereiche der Hessenwasser findet grundsätzlich eine über den Leitungsverbund Rhein-Main übergreifende Steuerung der Trinkwassermengen statt. Der Leitungsverbund bildet die technische Grundlage für den Mengenausgleich zwischen den Gebieten mit hohem Wasserbedarf in den dicht besiedelten Räumen und den Dargebotsgebieten und damit für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit.~~

Der Trinkwasserbedarf der Hessenwasser von rund 100 Mio. m³/a in Normaljahren (davon ca. 62 Mio. m³/a im Versorgungsbereich Frankfurt und Umland) wird zu rund 60 % durch Eigengewinnung und zu rund 40 % durch Lieferbeziehungen gedeckt. Hierbei setzen entsprechend der Ausführungen der Hessenwasser (2010a) die Lieferverträge den Rahmen für die Möglichkeiten des unternehmensübergreifenden Ressourcenmanagements.

Derzeit bestehen Lieferbeziehungen im Wesentlichen mit:

- Oberhessische Versorgungsbetriebe AG (OVAG),

- Wasserverband Kinzig,

- Wasserbeschaffungsverband Riedgruppe Ost.

In diesem Kontext entsteht ein Defizit zwischen Trinkwasserbedarf und Trinkwasserbereitstellung entsprechend dem regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser in Trockenjahren. Bei niedrigen Grundwasserständen ist die gewinnbare Grundwassermenge in einigen Wasserwerken durch wasserrechtliche Nebenbestimmungen (überwiegend durch Vorgabe von einzuhaltenden Niedriggrundwasserständen) geringer als bei mittleren Grundwasserständen. Bei einem zeitgleichen Eintreten bezüglich der Fragestellung ungünstiger Randbedingungen mit niedrigen Grundwasserständen, Trinkwasserspitzenbedarf, wasserrechtlich reduzierten Eigengewinnungsmengen, dem Wegfall von Gewinnungskapazitäten und reduzierten Liefermengen entsteht ein Defizit von 1,8 Mio. m³/a, während bei normalen Verhältnissen eine Reserve von 15 % vorhanden ist (Hessenwasser 2010a).

Nach Angaben der Hessenwasser sind auf Grund der Entwicklung der zugelieferten Wassermengen der OVAG in den vergangenen Jahren die gesicherten Zulieferungsmengen nach unten zu korrigieren. Nach aktueller Einschätzung ist als Folge der Fördermengenrestriktionen in den Gewinnungsgebieten der OVAG die gesicherte Zuliefermenge in Trockenperioden zukünftig um knapp 3 Mio. m³/a abzumindern. Ein Ausfall von Wassergewinnungsanlagen im Frankfurter Stadtwald kann daher nicht mehr ohne weiteres ausgeglichen werden.

Als naheliegende technische Lösung für eine deutliche Reduzierung des Gefährdungspotenzials im Bereich der Stadtwaldwasserwerke bietet sich die Verlegung von Brunnen im Osten des Wasserwerkes Goldstein an. Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise ist nach Einschätzung des Antragstellers, der Hessenwasser und der Wasserbehörden geeignet, die Betroffenheit der öffentlichen Wasserversorgung zu überwinden.

Die Prüfung der Realisierbarkeit einer Brunnenverlegung erfolgt in Zusammenarbeit mit der Hessenwasser anhand verschiedener Prüfgegenstände (u.a. wasserrechtliche und schutzgebietsbezogene Absicherung, WSG-Neuabgrenzung, Grundwasserqualität und -quantität, Vorbelastung des neuen Brunnen-Standortes, vorhandene Belastungen/Wassergefährdungssituation). Die Ergebnisse dieser Prüfung werden mit der Oberen Wasserbehörde abgestimmt. Die Eigentümer der betroffenen Flächen im Stadtwald, die Abteilung Stadtforst des Grünflächenamtes der Stadt Frankfurt, werden frühzeitig eingebunden.

~~Für den Fall, dass eine Brunnenverlegung im Frankfurter Stadtwald technisch nicht machbar oder wasserrechtlich nicht umsetzbar ist, wird eine mit den Wasserbehörden abgestimmte Ersatzwasservorhaltung aus anderen Systemen erarbeitet. Durch dieses Ersatzwasserbeschaffungskonzept wird sichergestellt, dass Ausfallmengen wegen einer Havarie an anderer Stelle des Leitungsverbundes der Hessenwasser zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit jederzeit bereitgestellt werden können. Grundlage für das Ersatzwasserbeschaffungskonzept ist die unter Kap. 9.4.3 dargestellte Betroffenheitsanalyse mit den darin hinterlegten maximalen Mengenausfällen für die Trinkwasserversorgung.~~

10 Ersatzwasserbeschaffung

10.1 Rahmenbedingungen der Wasserversorgung und Standortsuche

10.1.1 Rahmenbedingungen der Wasserversorgung - Notwendigkeit der Grundwasserentnahme sowie Förder- und Bezugsalternativen

Das Trinkwasser für die Stadt Frankfurt und Umland (Versorgungsbereich Frankfurt) wird durch Hessenwasser bereitgestellt. Der mit den zuständigen Aufsichtsbehörden (obere/oberste Wasserbehörde) abgestimmte Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser zeigt, dass die im Rahmen der wasserrechtlich genehmigten Grundwasserentnahme nutzbare Wassermenge in Trockenjahren vollständig zur Bedarfsdeckung benötigt wird und nutzbare Reserven im Verbund nicht vorhanden sind. Die Wassermengen im Stadtwald Frankfurt sind daher in vollem Umfang unverzichtbar und für die Sicherstellung der Wasserversorgung im Kernbereich des Ballungsraums vorausgesetzt. Dies umso mehr vor dem Hintergrund des erwarteten starken Bevölkerungszuwachses und dem damit einhergehendem Wassermehrbedarf.

Die Bereitstellung von Ersatzwasser als Folge der geplanten DB-Vorhaben muss wegen der örtlichen Verhältnisse grundsätzlich über einen Zeitraum von mehreren Jahren gesichert sein.

Für die Versorgung der Stadt Frankfurt mit Trinkwasser sind die

- Lieferungen der Oberhessischen Versorgungsbetriebe AG (OVAG) aus ihren Gewinnungen im Vogelsberg
- Lieferungen des Wasserverbands Kinzig sowie dem Bereich Kinzig/Spessart und die
- Lieferungen aus dem Hessischen Ried

genauso essentiell wie die Förderung im Frankfurter Stadtwald.

Beim Bezug aus dem Vogelsberg mussten auf Grund des Vorrangs ökologischer Aspekte, die insbesondere bei reduzierter Grundwasserneubildung greifen und in den wasserrechtlichen Genehmigungsbescheiden über entsprechende Auflagen verankert sind, in den vergangenen Jahren die vereinbarten Liefermengen reduziert werden. Mit der bestehenden Verbindungsleitung zwischen dem Zweckverband Mittelhessische Wasserwerke (ZMW) und dem Leitungsnetz der OVAG kann die Zulieferung aus dem Vogelsberg wieder auf das Niveau der im Wasserbedarfsnachweis anvisierten Regellieferungen stabilisiert werden. Mengenerhöhungen sind nicht vorgesehen. Auch mit der Leitungsverbindung zum ZMW sind innerhalb des durch die wasserrechtlichen Bescheide vorgegebenen Bewirtschaftungsrahmens auch zukünftig Situationen insbesondere in Trockenperioden bekannt, in denen Mengenreduzierungen aus ökologischen Gründen erforderlich werden. Ein gesicherter Ausgleich von Fehlmengen bei den Stadtwaldwasserwerken durch gesteigerte Zulieferungen der OVAG ist ausgeschlossen.

Das Hessische Ried liefert im Mittel rund 45 % und in Trockenperioden rund 50 % des jährlichen Wasserbedarfs des Versorgungsbereichs Frankfurt. Auf Grund dieser hohen Abhängigkeit von den Gewinnungsanlagen im Hessischen Ried ist die Versorgungssicherheit ohne diese

Mengen nicht zu gewährleisten. Die Mengenverfügbarkeit ist dabei in hohem Maße abhängig von der Grundwasserstabilisierung durch Grundwasseranreicherung über den Wasserverband Hessisches Ried. Zudem kann der Wasserbedarf nur gedeckt werden, wenn die beantragten Wasserrechte für die Wasserwerke im Hessischen Ried vollumfänglich genehmigt werden. Dies ist im Wasserbedarfsnachweis bereits vorausgesetzt.

Problematisch im Hinblick auf die Versorgungssicherheit ist bei den Zulieferungen der Ausfall von zentralen Anlagen wie den Haupttransportleitungen. Dies gilt insbesondere für den Bezug aus dem Hessischen Ried. Nach den Ergebnissen der Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region (Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main, WRM, Okt. 2013) wird eine Unterbrechung der Riedleitung bereits bei Normalbetrieb und kurzer Ausfallzeit als ein nicht mehr beherrschbares Ausfallszenario eingestuft.

Besondere Bedeutung insbesondere für die Abdeckung von Bedarfsspitzen im Versorgungsbereich Frankfurt haben deshalb die Wasserwerke im Versorgungsgebiet selbst. Dazu stehen die Wasserwerke Praunheim II und die Stadtwaldwasserwerke zur Verfügung. Dabei wird das Wasserwerk Praunheim II in Hochverbrauchsphasen bereits ausgelastet. Durch die intensive Flächennutzung und konkurrierenden Nutzungsansprüchen ist die Möglichkeit einer Neuerschließung von für die öffentliche Trinkwasserversorgung geeigneten und hinreichend schützbaren Grundwasservorkommen auf dem Gebiet der Stadt Frankfurt nicht mehr gegeben. Daher kommt den leistungsfähigen Wasserwerken im Frankfurter Stadtwald in Verbindung mit den dort betriebenen Infiltrationsanlagen eine herausragende Bedeutung bei der Sicherstellung der Wasserversorgung zu. Das nutzbare Dargebot, sowohl in Trockenjahren als auch zur Deckung von Bedarfsspitzen und für Stör- und Ausfallsituationen, ist in der bestehenden Leistungsfähigkeit der Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald inklusive der den Wasserwerken zugeordneten Infiltrationsanlagen, die mit aufbereitetem Oberflächenwasser aus dem Mainwasseraufbereitungsanlage zur Sicherung der Grundwasserstandsauflagen und zur Wahrung der Grundwasserqualität dienen, zwingend zu erhalten.

10.1.2 Standortsuche

Die Stadtwaldwasserwerke bilden das Rückgrat der ortsnahen Gewinnung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung für den Raum Frankfurt. Die Stadtwaldwasserwerke bestehen aus den Wasserwerken Hinkelstein, Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus (Anlage 18.10.1a). Das WW Oberforsthaus befindet sich seit 2006 im Stand-By-Betrieb. Das Wasser zur Infiltration im Oberstrom der Wasserwerke Hinkelstein, Goldstein und Oberforsthaus wird über die Mainwasseraufbereitung zur Verfügung gestellt.

Die Bewirtschaftung der Grundwasserressource im Frankfurter Stadtwald wird durch vorhandene Grundwasserbelastungen im Bereich des Frankfurter Flughafens erschwert, so dass dem Wasserwerk Goldstein eine hervorgehobene Funktion bei der Sicherstellung der Wasserversorgung zukommt und die Voraussetzungen für eine vollständige Gewinnung des nutzbaren Grundwasserdargebots erfüllt sein müssen.

Die Bewirtschaftung des Grundwasserleiters nördlich des Flughafengeländes ist durch Sanierungs- und Sicherungsgrundwasserentnahmen und zugehörige Grundwasserreinfiltrationen geprägt, die aus Grundwasserverunreinigungen auf dem Flughafengelände herrühren. Daher ist das Grundwasser im Einzugsgebiet der Brunnen des Wasserwerks Hinkelstein nicht belastungsfrei. In abgeschwächter Form trifft dies auch auf das WW Schwanheim zu.

Ein Alternativstandort im Zustrombereich der östlichen Brunnen des WW Schwanheim würde dort zusätzlich das nutzbare Grundwasserdargebot schmälern.

Auf Grundlage der oben beschriebenen Einschränkungen bietet sich für neue Brunnenstandorte nur ein Areal um das WW Goldstein an. Auf Grund der geohydraulischen Verhältnisse und der Anordnung der vorhandenen Brunnen- und Infiltrationsanlagen sind die vorhandenen Brunnenstandorte am WW Goldstein aus Sicht der Grundwasserbewirtschaftung als günstig anzusehen. Dabei ist maßgeblich, dass, entsprechend dem Bewirtschaftungskonzept der Hessenwasser, die maximal erforderliche Menge aus dem Frankfurter Stadtwald unter Beachtung der wasserrechtlichen Grundwasserstandsvorgaben eine ungleichmäßige Beaufschlagung der Förderbrunnen erfordert. Dies wiederum bedingt, dass die östlichen Brunnen des WW Goldstein den Förderschwerpunkt bilden. Um im zu betrachtenden Havariefall ausreichende Grundwasserfließzeiten sicherstellen zu können, ist eine Förderverlagerung auf die Alternativstandorte im Havariefall erforderlich. An den Alternativstandorten ist deshalb eine Förderleistung von ~~495~~500 m³/h bereitzustellen.

Bei der Suche nach neuen Brunnenstandorten (BGS Umwelt 2014), deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst wiedergegeben werden, kamen aus den o.g. Gründen der Grundwasserbewirtschaftung nur Alternativstandorte östlich der BAB 5 in Frage. Es konnten folgende drei potentielle Standorte für neue Brunnen identifiziert werden (**Anlage 18.10.1a**):

- Vogelschneise (südlich der vorhandenen Brunnen- und Infiltrationsanlagen, Standort 1),
- Otto-Fleck-Schneise (südöstlich der vorhandenen Brunnen- und Infiltrationsanlagen, Standort 2),
- Golfstraße (nördlich der Golfanlage, Standort 3).

Bei der weiterführenden Betrachtung der potentiellen Alternativstandorte wurden folgende zusätzliche Kriterien einbezogen:

- Hydrogeologische Standorteignung zur Gewinnbarkeit der erforderlichen Mengen,
- technische Machbarkeit und praktische Umsetzung,
- Konflikte mit naturfachlichen Schutzgebieten,
- Verbindung möglicher Entnahmebrunnen mit dem vorhandenen Wasserwerk Goldstein,
- derzeit bekannte vorhandene Grundwasserbeschaffenheit,
- Fließzeit zwischen den vorhandenen Infiltrationsanlagen und den neuen Brunnen,
- Einflüsse und Gefährdungen durch Nutzungen im Einzugsgebiet und Ausweisung der Schutzzone II (Schützbarkeit der Grundwasserressource).

Alle drei untersuchten Standorte liegen im Bannwald.

Nach Prüfung war der Standort 3 auszuschließen, da er in wesentlichen wasserwirtschaftlichen Kriterien eindeutig am schlechtesten bewertet wurde. Insbesondere ist die Grundwasserressource unter den dortigen Verhältnissen nicht ausreichend schützbar.

Standort 1 ist im Vergleich zu Standort 2 geohydraulisch wesentlich günstiger und die erforderliche Leistung von insgesamt 495 m³/h kann nach den Ergebnissen von Grundwassermodellrechnungen mit ~~35~~ Brunnen oberhalb des lokalen Trennhorizontes und 2 Brunnen unterhalb des lokalen Trennhorizontes ~~mit jeweils 100 m³/h Förderleistung~~ realisiert werden. Die Grundwassermodellrechnungen zeigen, dass auch am Standort 2 die erforderliche Entnahme von 495~~500~~ m³/h gewonnen werden kann. Es ist vermutlich hierzu jedoch eine höhere Brunnenanzahl erforderlich. Die berechneten erheblichen Absenkungen deuten ferner an, dass die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten an diesem Standort eng begrenzt sind. Auch in der Grundwasserbewirtschaftung kann am Standort 1 im Vergleich zu Standort 2 flexibler agiert werden.

Hinsichtlich der Grundwasserqualität sind für Standort 1 über die bekannten stofflichen Belastungen (u. a. erhöhte Konzentrationen für Chlorid, Calcium, Natrium, Sulfat und Nitrat) keine weiteren auffälligen Schadstoffbelastungen bekannt. Ein erhebliches Gefährdungspotential besitzt der Autobahnknoten BAB 3 / B 43 / B 44. Auch ein Teilstrom aus der Sickerbeckenanlage zur Regenwasserversickerung aus der Trennkanalisation von Neu-Isenburg fließt den Brunnen am Standort 1 zu. Die Schützbarkeit des Grundwassers ist gegeben. Auf der Grundlage der berechneten 50-Tage-Linie (s. Kap. 10.7) kann eine Schutzzone II abgegrenzt werden, die den Anforderungen an den Grundwasserschutz nach der vorhandenen Schutzgebietsverordnung und den technischen Regeln (DVGW Arbeitsblatt W 101) gerecht wird.

Im Bereich des Standortes 2 wurden Belastungen durch Herbizide inkl. Metaboliten und sprengstofftypische Verbindungen und deren Metabolite ermittelt. Im Vergleich zu Standort 1 befinden sich in etwas größerer Entfernung die BAB 3 und die Rhein-Neckarbahn. Ein erhebliches Gefährdungspotential besitzt die Sickerbeckenanlage zur Regenwasserversickerung aus der Trennkanalisation von Neu-Isenburg. Die Schützbarkeit des Grundwassers ist gegeben. Auf der Grundlage der berechneten 50-Tage-Linie kann eine Schutzzone II abgegrenzt werden.

Insgesamt waren die wasserwirtschaftlichen Voraussetzungen für einen Brunnenbau sowohl an Standort 1 als auch an Standort 2 erkennbar gegeben. In zentralen Kriterien hat der Standort 1 an der Vogelschneise jedoch deutliche Vorteile gegenüber einem Brunnenstandort an der Otto-Fleck-Schneise (Standort 2). Auch hinsichtlich naturfachlicher Belange (kürzere Leitungstrasse, geringere Brunnenanzahl) ist der Standort 1 zu bevorzugen. Der Standort an der Vogelschneise wurde deshalb nachfolgend mit Testbohrungen und Pumpversuchen vertieft erkundet. In einem Kurzzeitpumpversuch wurde die erforderliche Brunnenleistung von insgesamt 495 m³/h~~jeweils 100 m³/h~~ erreicht (BGS Umwelt 2016). Der nachfolgende Langzeitpumpversuch zielte insbesondere auf die Rohwasserbeschaffenheit und deren Stabilität (s. Kap. 10.9) sowie auf die quantitativen Auswirkungen einer längerfristigen Grundwasserentnahme ab.

10.2 Allgemeine Beschreibung der Gewinnungsanlage Entnahmebrunnen Vogelschneise mit Infiltration

Im Zustrom der Entnahmebrunnen des Wasserwerks Goldstein werden künstliche Grundwasseranreicherungsanlagen (Infiltrationsanlagen) betrieben. Die Infiltrationsanlagen dienen zur Minimierung der hydraulischen Auswirkungen der Grundwasserentnahme. Sie verhindern damit Grundwasserspiegellagen unterhalb der behördlich vorgegebenen Grundwasserstände (Tiefstände) und sichern die ökologischen Standortverhältnisse durch eine dauerhafte Vergleichmäßigung des Grundwasserniveaus. Das Infiltrationsmengenkonzept beruht darauf, dass - in Zuordnung zu den Entnahmebrunnen - Infiltration und Entnahme aufeinander und die wechselnden Rahmenbedingungen hin (Witterung, Bedarfsschwankungen etc.) so gesteuert werden, dass die behördlichen Auflagen aus dem Wasserrechtsbescheid jederzeit eingehalten werden (s. Kap. 10.6). Darüber hinaus bewirken die Infiltrationsanlagen eine Sicherstellung der Grundwasserqualität vor anthropogenen Verunreinigungen durch hydraulische Abdrängung und Verdünnung mit Hilfe von aufbereitetem Oberflächenwasser und führen so zu einer quantitativen und qualitativen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung.

An den Brunnen Vogelschneise wird diese Vorgehensweise bei der Grundwasserbewirtschaftung übernommen. Die neuen Brunnen liegen näher an der Bundesstraße B43 und dem Gehspitzweiher als die bestehenden Brunnen des WW Goldstein, wodurch bezüglich der Bewirtschaftung qualitative und quantitative Einwirkungen zu kompensieren sind. Im Zustrom werden daher an der Tiroler Schneise neue Infiltrationsanlagen angeordnet, die über eine neue Verbindungsleitung im Bereich der Flughafenstraße an das vorhandene Leitungsnetz zur Infiltration angebunden wird. Die Entnahmebrunnen an der Vogelschneise werden über eine neue Rohwasserleitung an das Wasserwerk Goldstein angebunden (**Anlage 18.10.2b**). Die Außerbetriebnahme vorhandener Brunnen ist nicht vorgesehen.

10.2.1 Variantenuntersuchung Infiltrationsanlage

Die den Entnahmebrunnen Vogelschneise zugeordneten Infiltrationsorgane an der Tiroler Schneise müssen durch ihre Lage und Bauform v.a. nachfolgende Anforderungen erfüllen:

- erforderliche Infiltrationsleistung von 300 m³/h in direkter Zuordnung zu den Entnahmebrunnen Vogelschneise,
- ausreichende Verweildauer des infiltrierten Wassers im Untergrund,
- Schutz des Infiltrationswassers vor äußeren Einflüssen,
- direkte hydraulische Anbindung an den tieferen Untergrund (ausreichende Sickerleistung, keine Veränderung des Bodenwasserhaushaltes).

Um eine für die Aufbereitung zu Trinkwassers des mit den Entnahmebrunnen Vogelschneise entnommenen Rohwassers hinreichende Qualität sicherzustellen, ist u.a. eine Mindestverweildauer des infiltrierten Wassers erforderlich. Unter den Rahmenbedingungen der Stadtwaldwasserwerke mit der Infiltration von weitreichend aufbereitetem Mainwasser ist hier der Tempera-

turausgleich durch die Untergrundpassage maßgeblich. Nach den betrieblichen Erfahrungen im Frankfurter Stadtwald ist hierfür eine Verweildauer von 100 Tagen ausreichend.

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen der Grundwässer herrschen in Tiefen von 15 m unter GOK oxidierte Verhältnisse vor, so dass es im Organ nicht zu Ausfällungen durch das sauerstoffhaltige Infiltrationswasser kommen kann.

Zur Minimierung der biologischen Kolmation und damit zum Erhalt der Sickerlistung und der Wasserqualität sind zur Sicherung der Rohwasserqualität die Infiltrationsorgane vor äußeren Einflüssen (luftgetragene Schadstoffe, Nährstoffeintrag etc.) zu schützen. Durch fehlende Sonneneinstrahlung wird auch einer Algenbildung begegnet.

Nach den Ergebnissen der Untergrunderkundungen der Infiltrationsstandorte wurden in relevanten Tiefen zwischen 6 und 25 m in verschiedenen Mächtigkeiten und Tiefenlagen lokal Schichten geringerer Porendurchlässigkeit durchteuft. Die mittleren Grundwasserflurabstände an den Infiltrationsstandorten liegen bei ca. 10 m (s. Anlage 18.3.2a). Der Bodenwasserhaushalt der umliegenden Waldbestände ist entsprechend nicht grundwasserbeeinflusst. Bei der geplanten Bewirtschaftung des Grundwassers ist sicherzustellen, dass auch zukünftig der Wasserhaushalt des durchwurzelten Bodens nicht durch den Betrieb der Infiltrationsanlagen verändert wird (s. Kap. 10.7.2).

Als mögliche Bauformen kommen daher nur Infiltrationsbrunnen oder Sickerschlitze in Frage. Sickerleitungen als alternative Bauform sind nach den Erfahrungen von Hessenwasser im Frankfurter Stadtwald nicht geeignet, da die Lebensdauer zu gering und der Regenerierungsaufwand bei sehr mäßigem Erfolg sehr hoch ist. Weiterhin ist für den Bau und den Schutz vor Verwurzelungen auch für Sickerleitungen eine Räumung und dauerhafte Freihaltung eines ca. 5 m breiten Streifens erforderlich. Die vorhandene und noch betriebene Sickerleitung weist eine Länge von rund 700 m auf. Sie wurde 1958/59 errichtet und Anfang der 1990er Jahre vollständig erneuert. In den Bewirtschaftungsplanungen von Hessenwasser wird eine Leistung von 150-200 m³/h angenommen. Durch die erforderliche Länge für eine Sickerleistung von 300 m³/h ist die Längenerstreckung derart groß, dass eine direkte Zuordnung zu den Entnahmebrunnen (Länge der Brunnengalerie ca. 450 m) nicht möglich ist, da erhebliche Anteile des infiltrierten Wassers die Entnahmebrunnen umströmen würde. Darüber hinaus ergibt sich ein Flächenbedarf, der ein Vielfaches des Flächenbedarfs von Infiltrationsbrunnen oder Sickerschlitzen beträgt.

Zur Abschätzung der theoretischen Leistungsfähigkeit von Infiltrationsbrunnen und Sickerschlitzgräben wurde diese exemplarisch anhand stationärer numerischer Grundwassermodellrechnungen unter den gegebenen hydrogeologischen Bedingungen ermittelt.

Zugrunde gelegt wurde hierzu entsprechend dem Untergrundaufbau an den Infiltrationsstandorten ein von zwei 1 m bzw. 2 m mächtigen Trennschichten durchzogener Grundwasserleiter mit einer Gesamtmächtigkeit von 27 m (quartärer Grundwasserleiter) und einem Grundwasserflurabstand von 11 m. Die für die Modellrechnungen angesetzten hydraulischen Durchlässigkeiten betragen $k_f = 4 \cdot 10^{-4}$ m/s (Grundwasserleiter) und $k_f = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s (vertikale Durchlässigkeit

der Trennschichten). Die aus Kornsummenkurven ermittelten kf-Werte der quartären Sande an der Erkundungsbohrungen B1 und B2 reichen von $6 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $5 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die sich im Liegenden anschließenden pliozänen Schichten sind um Größenordnungen undurchlässiger. Der Infiltrationsbrunnen wurde mit einer Teufe von 27 m und mit einem Bohrdurchmesser von d = 1.000 mm angenommen. Der Sickerschlitzgraben wurde mit einer Länge von L = 90 m, einer Tiefe von T = 14 m und einer Breite von B = 1 m modelliert.

Die zulässige kritische Filtergeschwindigkeit am Übergang des Infiltrationsbrunnens bzw. des Sickerschlitzes zum Anstehenden wurde im Entwurf der Infiltrationsorgane mit $v_{f,max}$ = 1 m/h gewählt. Dieser Wert sollte nicht wesentlich überschritten werden, um einer vorzeitigen Brunnenalterung aus hydraulischen Gründen entgegen zu wirken (TRESKATIS 2017). Hierdurch werden auch die Nährstofffrachten, die zu einer allmählichen Minderung der Versickerungsleistung des Infiltrationsbrunnens bzw. des Sickerschlitzes infolge einer Ausbildung eines biologischen Films führen, begrenzt.

Die sich modelltechnisch unter diesen Bedingungen ergebende rechnerische Leistungsfähigkeit des Infiltrationsbrunnens beträgt etwa 45 m³/h.

Abbildung 23 zeigt die sich einstellende Potentialverteilung im Nahbereich des Brunnens in einem Vertikalschnitt. Abbildung 24 zeigt exemplarisch die resultierenden Filtergeschwindigkeiten < 1 m/h im horizontalen Schnitt.

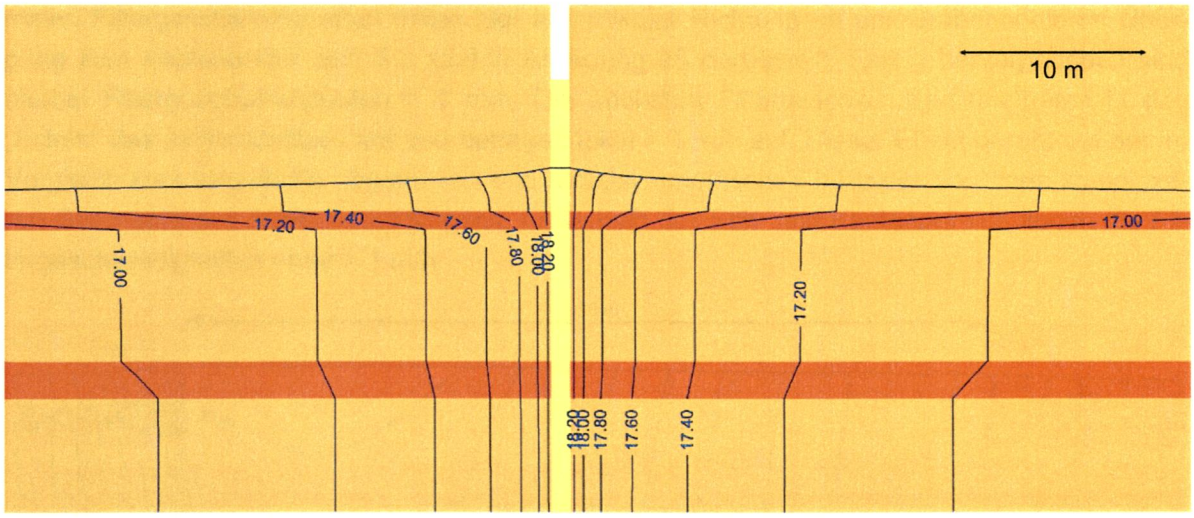

Abbildung 23 Infiltrationsbrunnen, Potentialverteilung

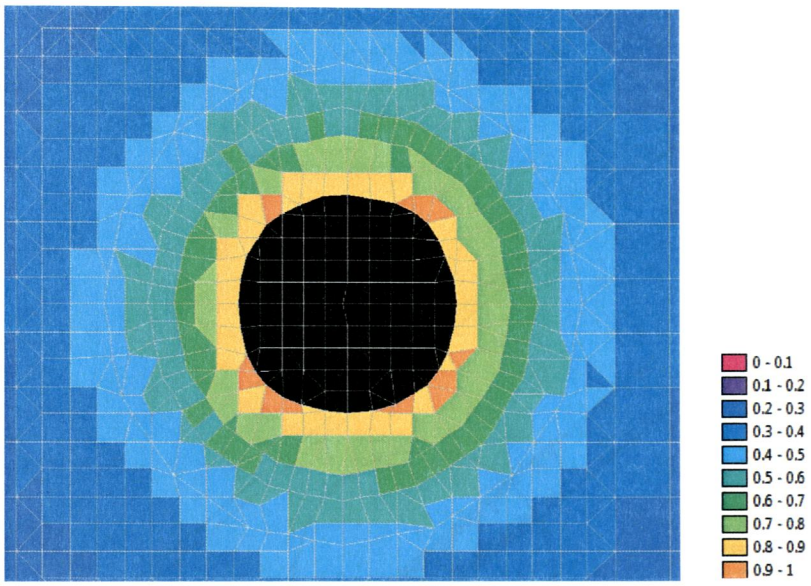

Abbildung 24 Infiltrationsbrunnen (d = 1000 mm, schwarzer Bereich), Filtergeschwindigkeiten [m/h]

Für den Sickerschlitzgraben beträgt die sich ergebende rechnerische Leistungsfähigkeit etwa 175 m³/h und damit knapp das 4-fache des Infiltrationsbrunnens.

Abbildung 25 zeigt die Potentialverteilung in einem Längsschnitt durch den Graben. Die maximalen Filtergeschwindigkeiten treten hier in vertikaler Richtung an der Grabensohle im Übergang zum Anstehenden auf. Sie sind in Abbildung 26 dargestellt. Farbig hervorgehoben sind hierbei Filtergeschwindigkeiten > 1 m/h. Die höchsten Filtergeschwindigkeiten treten in den „Ecken" des Sickerschlitzes auf und betragen lokal > 1 m/h auf. Dieser Effekt beruht auf der im Vergleich zum vollständig abgeteuften und radialsymmetrischen Infiltrationsbrunnen komplexeren Geometrie des Sickerschlitzgrabens. Außerhalb der Eck- und Kantenbereich liegen die Filtergeschwindigkeiten unter > 1 m/h.

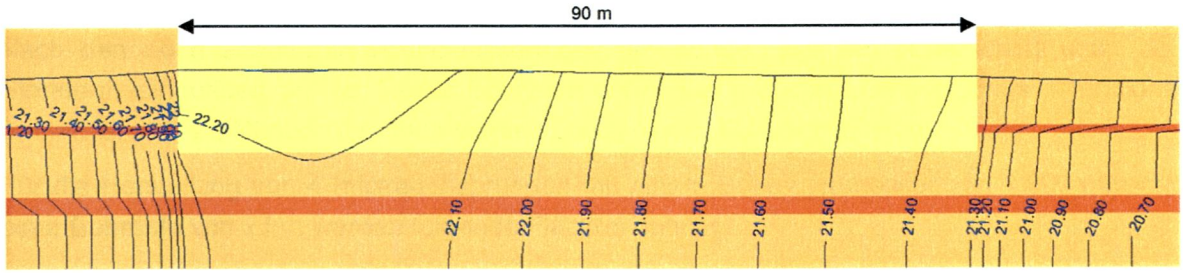

Abbildung 25 Sickerschlitzgraben, Potentialverteilung

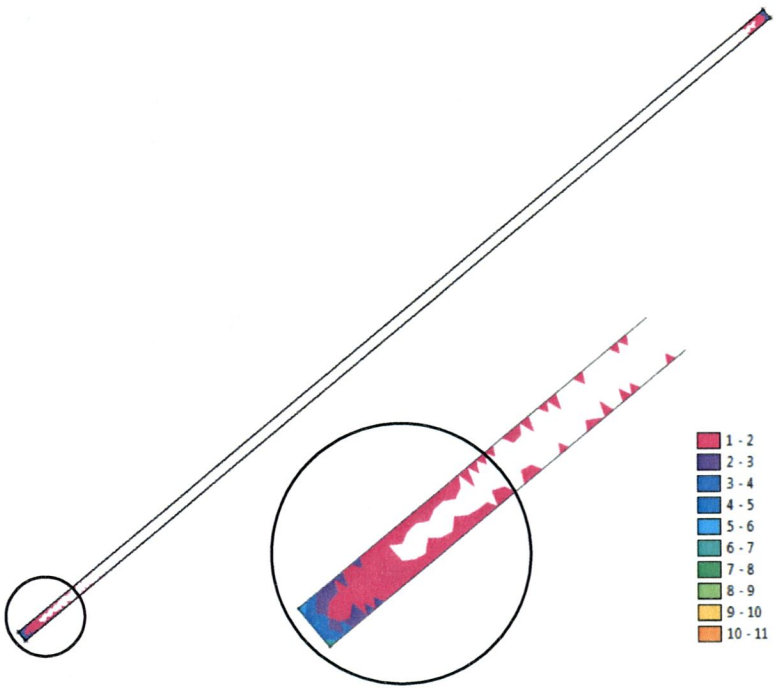

Abbildung 26 Sickerschlitzgraben (L = 90 m), Filtergeschwindigkeiten [m/h]

Die bisherigen betrieblichen Erfahrungen der seit 1999 betriebenen, Infiltrationsbrunnen ähnlichen Kiesbohrlöcher als Infiltrationsorgane im Zustrom der Brunnen des WW Goldstein zeigen in unterschiedlichen Ausführungsvarianten ein sehr ungünstiges Alterungsverhalten. Dagegen belegen die betrieblichen Erfahrungen mit Sickerschlitzen im Hessischen Ried seit 1990 ein wesentlich günstigeres Alterungsverhalten. Systematische Untersuchungen zum Alterungsverhalten an einem Sickerschlitz im Gernsheimer Wald hatten u.a. zum Ergebnis, dass nach einer Betriebszeit von rund 20 Jahren die hydraulische Leistungsfähigkeit nahezu derer bei Betriebsbeginn entspricht.

Nach den oben erläuterten Grundwassermodellrechnungen hat ein Sickerschlitz unter den Standortbedingungen an der Tiroler Schneise nahezu die 4fache Leistung eines Infiltrationsbrunnens, d.h. 4 Infiltrationsbrunnen werden durch einen Sickerschlitz ersetzt.

Für die Herstellung von 4 Infiltrationsbrunnen mit einem Bohrdurchmesser von 1.000 mm und einer Bohrtiefe von 27 m werden folgende Flächen benötigt:

- Baugruben für Brunnenabschlussbauwerke mit Böschung flacher 1:1 (ca. 10,5 m x 10,5 m),
- Arbeitsstreifen in den Baugruben für Personal (1 m),
- Arbeitsstreifen außerhalb der Baugruben für Personal (1 m),
- Arbeitsflächen innerhalb und außerhalb der Baugrubenbereiche für Baumaschinen wie Bohrgeräte (ca. 10 m x 5 m), Bagger (ca. 5 m x 3 m) und Lkw (ca. 2,5 m x 8 m),
- Lagerflächen im Arbeitsbereich der Bohrgeräte für Bohrrohre (ca. 12 m x 5 m) und Brunnenausbaumaterial.

Abbildung 27 zeigt die dauerhaft benötigten Flächen von ca. 1.200 m² an einem Infiltrationsstandort sowohl für den Betrieb als auch für Wartungs- und Reparaturarbeiten. Die dauerhaft in Anspruch genommenen Flächen reichen aus, auch den größeren bauzeitlichen Flächenbedarf bei entsprechender Baustellenlogistik abzudecken.

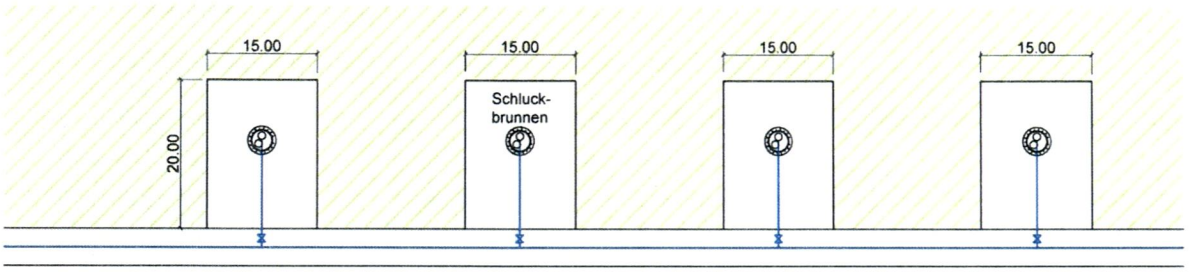

Abbildung 27 Flächeninanspruchnahme Infiltrationsbrunnen

Für die Herstellung eines 90 m langen, 1 m breiten und 14 m tiefen Sickerschlitzes einschließlich des zugehörigen Mess- und Regelschachtes werden nachfolgende Flächen benötigt:

- Baugrube für das Sickerschlitzabschlussbauwerk aus Betonelementen mit Betonfuß und Edelstahlabdeckung mit Böschung flacher 1:1 (ca. 97 m x 6,5 m),
- Baugrube für den Betonfertigteilschacht des Mess- und Regelbauwerks (ca. 8 m x 8 m),
- Arbeitsstreifen in den Baugruben für Personal (1 m),
- Arbeitsstreifen außerhalb der Baugruben für Personal (1 m),
- Arbeitsflächen innerhalb und außerhalb der Baugrubenbereiche für Baumaschinen wie Bohrgeräte (ca. 10 m x 5 m), Bagger (ca. 5 m x 3 m) und Lkw (ca. 2,5 m x 8 m),
- Lagerflächen im Arbeitsbereich der Bohrgeräte für Bohrrohre (ca. 12 m x 5 m) und Ausbaumaterial.

Abbildung 28 zeigt die dauerhaft benötigte Fläche von ca. 1.140 m² Fläche an einem Infiltrationsstandort sowohl für den Betrieb als auch für Wartungs- und Reparaturarbeiten. Die dauerhaft in Anspruch genommenen Flächen reichen aus, auch den größeren bauzeitlichen Flächenbedarf bei entsprechender Baustellenlogistik abzudecken.

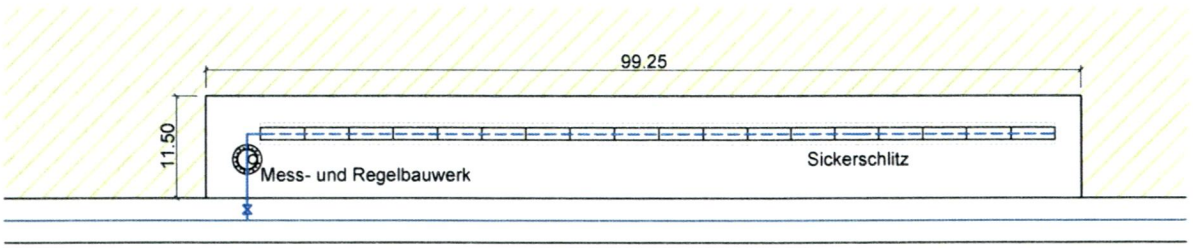

Abbildung 28 Flächeninanspruchnahme Sickerschlitz

Bei vergleichbarer hydraulischer Leistung hat ein Sickerschlitz gegenüber einer Infiltrationsanlage mit 4 Brunnen einen etwas geringeren Flächenbedarf. Zudem ist mit einzubeziehen, dass bei Sickerschlitzgräben eine längere Lebensdauer als bei Infiltrationsbrunnen zu erwarten ist,

was ebenfalls dem Minimierungsgebot von Flächeninanspruchnahme im Bannwald entgegenkommt. Bei Infiltrationsbrunnen ist erheblich früher ein Ersatzneubaubedarf zu erwarten, der einen erneuten Bannwaldeingriff bedeuten würde. Daher wurde als Ergebnis des Variantenvergleichs der Sickerschlitz als Bauform für die Infiltration gewählt.

10.2.2 Geplante Wassergewinnungsanlage

Die geplante Gewinnungsanlage besteht aus folgenden Elementen:

- 5 Entnahmebrunnen an der Vogelschneise mit einer Förderleistung von insgesamt 495~~500~~ m³/h,
- Rohwasserleitung in der Liefersteinschneise und der Tränkeschneise zur Anbindung der Entnahmebrunnen an das WW Goldstein,
- 3 Sickerschlitze an der Tiroler Schneise mit einer Sickerleistung von jeweils 100 m³/h,
- Infiltrationsleitung in der Gehespitzerschneise zur Anbindung der Sickerschlitze an das Brauchwassernetz im Bereich der Flughafenstraße.

10.2.2.1 Entnahmebrunnen

Die Brunnengalerie mit ihren 5 Brunnen erstreckt sich in nordöstlich-südwestliche Richtung über insgesamt rund 450 m entlang der Vogelschneise (s. Anlage 18.10.2b). Die Bohransatzpunkte liegen etwa bei folgenden R/H-Werten:

Entnahmebrunnen 1:	3473776	5546954
Entnahmebrunnen 2:	3473842	5547029
Entnahmebrunnen 3:	3473908	5547131
Entnahmebrunnen 4:	3473974	5547219
Entnahmebrunnen 5:	3474037	5547297

Die gesamte Brunnengalerie Vogelschneise liegt auf dem Flurstück 00009/000 der Gemarkung 0516, Flur 624. Eigentümerin des betreffenden Flurstücks ist die Stadt Frankfurt am Main.

Die geplante Tiefe orientiert sich an dem in der hydrogeologischen Erkundung an allen untersuchten Brunnenstandorten aufgeschlossen lokalen Trennschicht (Oberkante der Trennschicht in einer Tiefe ca. 60-65 m unter GOK). Im Langzeitpumpversuch zur hydrogeologischen Erkundung des Brunnengalerie an der Vogelschneise lagen in den oberhalb der lokalen Trennschicht verfilterten flachen Versuchsbrunnen Belastungen mit anthropogenen Spurenstoffen vor. Die flachen Versuchsbrunnen weisen jedoch vergleichsweise hohe Ergiebigkeiten auf (BGS UMWELT 2017).

Die tiefen Versuchsbrunnen, die unterhalb der Trennschicht verfiltert sind, sind demgegenüber wesentlich besser vor anthropogenen Belastungen geschützt und frei von organischen Spurenstoffen. Die Brunnenleistung liegt im Vergleich zu den flachen Versuchsbrunnen jedoch deutlich niedriger (BGS UMWELT 2017).

Varianten mit mehr als zwei tiefen Brunnen zur weiteren Minimierung der anthropogenen Einflüsse kommen aufgrund der geringeren Ergiebigkeit im tieferen Stockwerk nicht in Frage.

Es ist deshalb geplant 3 flache Entnahmebrunnen mit einer Förderleistung von ca. 125 m³/h an den Standorten 1-3 und 2 tiefe Entnahmebrunnen mit einer Förderleistung von ca. 60 m³/h an den Standorten 4 und 5 einzurichten.

Anlage 18.10.3.1b zeigt den geplanten Brunnenausbau der flachen Entnahmebrunnen, der bei ~~allen~~ 53 Brunnen in gleicher Weise erfolgt. Nachfolgend sind die Kenndaten der Brunnen aufgelistet:

- Bohrenddurchmesser 1000 mm
- Bohrtiefe ca. 60 - 65 m
- Ausbaudurchmesser 600 mm
- Länge Vollwandrohr ca. 39 m
- Länge Filterrohr ca. 26 m

Die geplante Endteufe orientiert sich an dem in der hydrogeologischen Erkundung an allen untersuchten Brunnenstandorten aufgeschlossen lokalen Trennhorizonts (Tiefe ca. 60-65 m unter GOK). Der angegebene Bohrdurchmesser bezieht sich auf die Endteufe. Eventuell notwendige Teleskopierung wird durch einen entsprechenden Anfangsdurchmesser ausgeglichen. Die Brunnen werden trocken gebohrt.

Anlage 18.10.3.2b zeigt den geplanten Brunnenausbau der tiefen Entnahmebrunnen, der bei allen beiden Brunnen in gleicher Weise erfolgt. Nachfolgend sind die Kenndaten der tiefen Entnahmebrunnen aufgelistet:

- Bohrenddurchmesser 1.000 mm
- Bohrtiefe ca. 112 m (bis zu 120 m)
- Ausbaudurchmesser 600 mm
- Länge Vollwandrohr ca. 101 m
- Länge Filterrohr ca. 9 m

Die geplante Anordnung der Filterstrecken orientiert sich an dem in der hydrogeologischen Erkundung an allen untersuchten Brunnenstandorten aufgeschlossen lokalen Trennhorizonts und der erkundeten Basis des Grundwasserleiters. Das Sperrrohr (Schutzverrohrung) wird im lokalen Trennhorizont eingebunden, so dass eine Umleitung des Grundwassers sowohl in der Bauphase als auch nach Fertigstellung ausgeschlossen ist. Der angegebene Bohrdurchmesser bezieht sich auf die Endteufe. Eventuell notwendige Teleskopierung wird durch einen entsprechenden Anfangsdurchmesser ausgeglichen. Die Brunnen werden mittels Spülbohrung hergestellt.

Die östlichen Brunnen des WW Goldstein weisen eine für die Grundwasserbewirtschaftung dauerhaft verfügbare Brunnenleistung von 80 m³/h als Jahresmittelwert auf. Pumpversuche an den vorgesehenen Brunnenstandorten mit Versuchsbrunnen, die mit dem geplanten Brunnenausbau der Entnahmebrunnen Vogelschneise identisch sind, führten zu einer Absenkung des Brunnenwasserspiegels in den flachen Brunnen von ca. 3 m bei einer Förderrate von 125 m³/h

und in den tiefen Brunnen von 12-15 m bei einer Förderrate von ebenfalls 125 m³/h (BGS UMWELT 2017).

Diese hinsichtlich der Brunnenleistung günstigen Ergebnisse aus der hydrogeologischen Erkundung flossen in die Planung dahingehend ein, dass die dauerhaft verfügbare Brunnenleistung als Planungsgröße für die Grundwasserbewirtschaftung (s. Kap. 10.6) für die Brunnen Vogelschneise ~~auf 100 m³/h erhöht wurde~~ die oben genannten Entnahmeraten gewählt wurden. Somit sind für die angestrebte Gesamtförderleistung 5 Brunnen ausreichend.

Das Brunnengrundstück umfasst eine Fläche von ca. 20,0 m mal 20,0 m um den Brunnen herum. Als Schutz vor unbefugten Zutritten, Vandalismus und der Gleichen ist es vorgesehen das Brunnenhaus einzuzäunen. Die eingezäunte Fläche entspricht den Vorgaben des DVGW Arbeitsblatts W 101 zur Bemessung der Zone I eines Wasserschutzgebietes und der zugehörigen Schutz- und Überwachungsmaßnahmen. Die innerhalb des Zaunes verfügbare Fläche ermöglicht es, jederzeit ggf. erforderliche Arbeiten an dem Brunnen durchführen zu können. Da die Brunnen regelmäßig angefahren und überwacht werden müssen, wird die Zufahrt vom angrenzenden Weg zum Brunnenhaus befestigt (Schotterrasen) ausgeführt. Die geplante Ausbildung des Brunnengrundstücks ist für die Brunnen 1, 2, 4 und 5 in **Anlage 18.10.4b** dargestellt. Auf dem Grundstück des Brunnens 3 ist zusätzlich eine Trafo- und Schaltstation zur Übernahme von Mittelspannung für die Stromversorgung der gesamten Anlage Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise angeordnet (**Anlage 18.10.5b**).

Das Brunnenhaus bildet den oberirdischen Abschluss der Entnahmebrunnen. Die Brunnenhäuser sind baugleich und werden über Gelände errichtet (**Anlage 18.10.6a**). Das Brunnenhaus beinhaltet eine oberirdisch eingeschossig angeordnete Räumlichkeit für den Brunnenkopf, die abgehende Brunnenleitung sowie Platzreserven für die Steuerungstechnik und den Stromanschluss. Eine Seite des Brunnenhauses wird zum Verziehen der abgehenden Brunnenleitung mit einer Erdandeckung angeböscht. Für Montagearbeiten ist im Dach des Gebäudes eine Öffnung mit Abdeckhaube und Lüftungshut über dem Brunnen angeordnet. Das geplante Brunnenabschlussbauwerk ist 5,4 m lang und 3,3 m breit (Außenmaße). Das Brunnenhaus wurde in einfacher Bauweise mit Flachdach gestaltet. Das Brunnenhaus wird aus typengeprüften Betonfertigteilen errichtet. Die Gründung erfolgt nach statischen Erfordernissen und Vorgaben des Fertigteilherstellers.

Das Brunnenhaus dient dem Schutz des Brunnens vor unbefugten Zugriffen und ist daher mit einer Einbruchmeldeanlage versehen.

10.2.2.2 Rohwasserleitung

Die Rohwasserleitung (Brunnenanschlussleitung) wird nach den Planungen des Büros H. P. GAUFF (2016) mit einem Durchmesser DN 500 von den Brunnen Vogelschneise in der Liefersteinschneise nach Nordwesten Richtung EÜ Flughafenstraße verlegt. In diesem Bereich werden die Flughafenstraße und die Bahnanlagen unterquert. Sie folgt anschließend der Tränkschneise bis in das WW Goldstein. Die Leitungslänge beträgt rund 2,0 km. Die Leitungstrasse liegt vollständig auf der Gemarkung der Stadt Frankfurt.

Als Rohrleitungsmaterial kommt duktiles Gusseisen zum Einsatz, das zum Schutz vor Korrosion innen und außen mit einer ZM-Beschichtung versehen ist. Das DVGW-Regelwerk kommt zur Anwendung.

10.2.2.3 Sickerschlitze

Die 3 Sickerschlitze mit einer Länge von je 90 m erstrecken sich wechselseitig entlang der Tiroler Schneise über eine Länge von insgesamt knapp 400 m (s. Anlage 18.10.2b). Die Anfangs- und Endpunkte liegen etwa bei folgenden R/H-Werten:

Sickerschlitz 1	Anfangspunkt:	34743935	55470148
	Endpunkt:	34743386	5546940
Sickerschlitz 2	Anfangspunkt:	347428092	55468990
	Endpunkt:	34742047	554685243
Sickerschlitz 3	Anfangspunkt:	347417381	55468<u>3</u>628
	Endpunkt:	3474086	554681407

Alle Sickerschlitze liegen auf dem Flurstück 00015/000 der Gemarkung 0516, Flur 624. Eigentümerin des betreffenden Flurstücks ist die Stadt Frankfurt am Main.

Die Herstellung von Sickerschlitzen mit einer Tiefe von 14 m und einer Breite von 1 m ist mit einem Baugrubenverbau technisch nicht möglich. Ein Trägerbohlwandverbau erfordert z.B. beim Einbau der Bohlen Personaleinsatz in der Baugrube, was bei einer Baugrubentiefe von 14 m und einer Baugrubenbreite von 1 m aus Arbeitsschutzgründen nicht zulässig ist. Bei einem Spundwandverbau wird z.B. der anstehende Boden beim Einrammen der Spundbohlen verdichtet und somit die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verringert. Zudem ist bei einer Baugrubenbreite von 1 m keine Rückverankerung der Spundbohlen möglich und eine Baugrubenaussteifung nur mit Personaleinsatz in der Baugrube herstellbar, was wiederum aus Arbeitsschutzgründen nicht zulässig ist.

Daher werden die Sickerschlitze (**Anlage 18.10.7b**) mittels überschnittener, verrohrter Trockenbohrungen hergestellt. Um näherungsweise einen rechteckigen Sickerschlitz von 90 m Länge und 1 m Breite herzustellen, werden ca. 110 überschnittene, verrohrte Trockenbohrungen mit einem Bohrdurchmesser von 1.000 mm und einem Bohrabstand von 0,8 m niedergebracht und mit Filterkies verfüllt. Durch die Überschneidung der Bohrungen wird sichergestellt, dass in Längsrichtung ein ausreichender und durchgehender Filterkieskörper hergestellt wird. Die nicht durch die Bohrungen erfassten und somit auch nicht mit Filterkies verfüllten Zwickelbereiche zwischen den Bohrungen sind hydraulisch vernachlässigbar.

Der obere Abschluss der Sickerschlitze, die Sickerschlitzabschlussbauwerke, besteht aus 18 rechteckigen Betonelementen mit Betonfuß (Länge 5 m, Breite ohne Fuß 1,4 m, Breite mit Fuß 2,5 m), deren Unterkante 1,5 m unter und deren Oberkante 0,5 m über Gelände liegen (**Anlage 18.10.8b**). ~~Der so entstandene Sickerschlitz wird bis zur umgebenden GOK mit Filterkies verfüllt. Auf dem Filterkies wird ein Teilsickerrohr DN 300 verlegt, über das der Filterkies gleichmäßig mit Infiltrationswasser beaufschlagt wird.~~ Der so entstandene Sickerschlitz wird

zum Teil mit Filterkies verfüllt und im oberen Bereich des Filterkieses wird ein Teilsickerrohr DN 200 verlegt, über das der Filterkies gleichmäßig mit Infiltrationswasser beaufschlagt wird.

Zum Schutz der Infiltrationseinrichtungen werden die Sickerschlitze mit versteiften und sicher begehbaren, arretier- und verschließbaren Abdeckungen aus Edelstahl oder Aluminium von jeweils max. 40-50 kg Gewicht verschlossen und mit einer Einbruchmeldung versehen. Eine Einzäunung ist nicht vorgesehen.

Die Steuerung der Sickerschlitze erfolgt durch die unmittelbar an den Sickerschlitzen angeordneten Mess- und Regelbauwerke (s. Anlage 18.10.7b). Bei den Mess- und Regelbauwerken handelt es sich um runde Betonfertigteilschächte (lichte Höhe 2,2 m, Innendurchmesser 2 m), deren Betondecke mit Einstiegsöffnung (Edelstahlabdeckung) 0,5 m über Gelände liegt und die seitlich mit Erde angeschüttet werden (s. Anlage 18.10.8b). Durch die mittige Anordnung des Mess- und Regelbauwerks als Gelenkpunkt des Sickerschlitzes wird eine verbesserte Anpassung des Bauwerks an die örtlichen Verhältnisse erreicht. In den Mess- und Regelbauwerken sind im Wesentlichen jeweils eine Durchflussmesseinrichtung (MID) und eine Durchflussregeleinrichtung (Ringkolbenventil) eingebaut, um die Infiltrationsmengen messen und regeln zu können.

Durch die Herstellung der Sickerschlitze bis in eine Tiefe von ca. 14 m reicht die Grabensohle des Sickerschlitzes bis in den Bereich der Grundwasseroberfläche. Durch diese Tiefe werden alle oberflächennahen geringer durchlässigen Schichten in allen Erkundungsbohrungen an den Infiltrationsstandorten durchörtert und eine gute hydraulische Anbindung des Sickerschlitzes an den Untergrund gesichert (**Anlage 18.10.9a**). Durch die vorhandene direkte Anbindung des Sickerschlitzes an den tieferen Untergrund bis in den Bereich der Grundwasseroberfläche wird eine Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes in den angrenzenden Waldflächen vermieden.

10.2.2.4 Infiltrationsleitung

Die Infiltrationsleitung wird mit einem Durchmesser DN ~~350~~ 400 von der vorhandenen Infiltrationsleitung DN 600 der Hessenwasser GmbH & Co. KG in der Flughafenstraße zu den Infiltrationsstandorten in der Tiroler Schneise verlegt. Sie folgt hierbei der Vierherrenstein- und der Gehespitzerschneise. In der Tiroler Schneise reduziert sich der Leitungsdurchmesser nach Abzweig der Infiltrationsorgane auf DN 300 bzw. DN 200. Die Leitungslänge beträgt insgesamt rund 1,6 km. Ab der Kreuzung mit der Vogelschneise (Brunnenstandorte) werden zusätzlich zu der Infiltrationsleitung noch die erforderlichen Strom- und Steuerkabel mitverlegt. Die Leitungstrasse liegt vollständig auf der Gemarkung der Stadt Frankfurt. Die Leitungstrasse ist in Anlage 18.10.2b dargestellt.

Als Rohrleitungsmaterial kommt duktiles Gusseisen zum Einsatz, das zum Schutz vor Korrosion innen und außen mit einer ZM-Beschichtung versehen ist. Das DVGW-Regelwerk kommt zur Anwendung.

10.3 Vorgaben der Raumordnung und Landesplanung

Der Regionalplan Südhessen 2010 bzw. Regionale Flächennutzungsplan (RegFNP) für das Gebiet des Ballungsraumes Frankfurt/Rhein-Main enthält im Bereich der Entnahmebrunnen mit Infiltration Vogelschneise folgende Ausweisungen:

Wald, Bestand

Diese im RegFNP dargestellten Flächen sollen dauerhaft bewaldet bleiben. Der Erholungs- und Schutzfunktion des Waldes kommt insbesondere im Ballungsraum Rhein-Main eine hohe Bedeutung vor. Die Walderhaltung hat hier Vorrang vor konkurrierenden Nutzungen. Grundwasserentnahmen sind grundsätzlich möglich. Potentielle Konflikte zwischen dem Ziel der Walderhaltung und der Trinkwassergewinnung sind in den Genehmigungsverfahren standortabhängig zu untersuchen und ggf. zu lösen.

Regionaler Grünzug

Hierin sollen große unbesiedelte Freiräume als Träger wichtiger Funktionen von Boden, Wasser, Luft, Klima, Wald und Landschaft langfristig von Besiedlung freigehalten werden. Dazu zählen neben Wohnungsbau und gewerblichen Nutzungen auch Sport- und Freizeiteinrichtungen mit einem hohen Anteil baulicher Anlagen, Verkehrsanlagen sowie andere Infrastrukturmaßnahmen. Abweichungen sind nur aus Gründen des öffentlichen Wohls und unter der Voraussetzung zulässig, dass im gleichen Naturraum gleichwertige Kompensationsflächen dem „Vorranggebiet Regionaler Grünzug" zugeordnet werden.

10.4 Klimatische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet ist dem Klimaraum Südwest-Deutschland zuzurechnen. Dieser ist u.a. durch ein warmes Klima in der Rheinebene gekennzeichnet. Zur Beschreibung der klimatischen Entwicklung wird auf die Daten der DWD-Station Frankfurt-Flughafen zurückgegriffen, die für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind.

Die Wetterstatistik des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeigt an der Klimastation Frankfurt-Flughafen eine mittlere Jahresniederschlagssumme von 658 mm.

Deutlich zum Ausdruck kommen in Abbildung 29 die Abfolge von Trockenjahren in den 1970er Jahren, Anfang der 1990er Jahre sowie 2003 bis 2005. Umgekehrt fallen die Nassjahre um 1980 sowie 1999 – 2002 auf. Das langjährige Mittel der potentiellen Verdunstung ist mit der mittleren Jahresniederschlagssumme vergleichbar. Die mittlere potentielle Jahresverdunstung nach Haude beträgt 662 mm an der Klimastation Frankfurt-Flughafen.

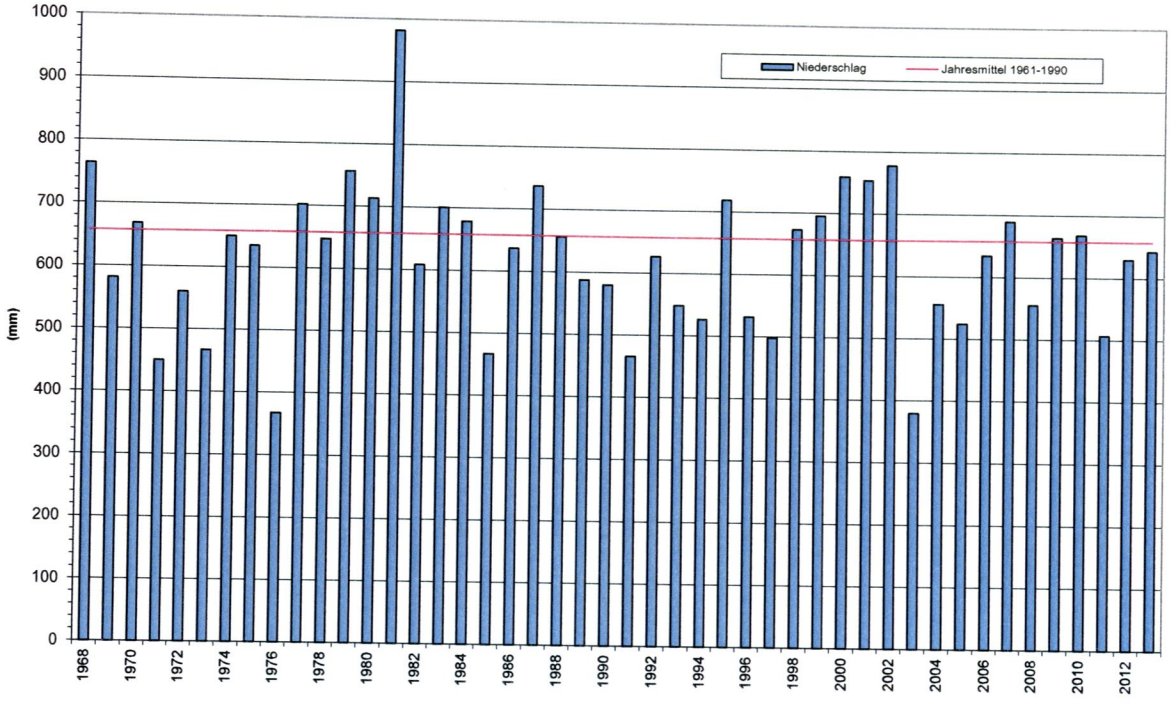

Abbildung 29 Jahresniederschlagssummen - DWD-Station Frankfurt-Flughafen

Als erste Annäherung an das Wasserhaushaltsgeschehen der ungesättigten Bodenzone und somit an die flächenhafte Grundwasserneubildung kann auch die klimatische Wasserbilanz (KWB, Abbildung 30) zugrunde gelegt werden:

KWB = Niederschlag – potentielle Verdunstung

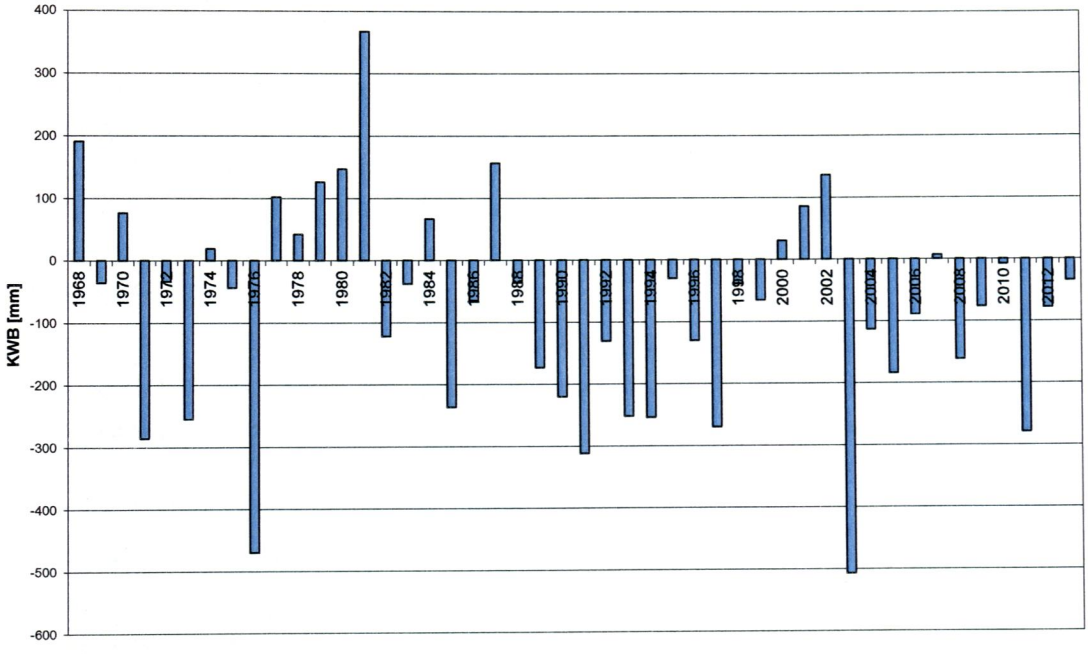

Abbildung 30 Klimatische Wasserbilanz der Station Frankfurt Flughafen (1968-2013)

10.5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Großräumig betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet im nördlichen Teil des Oberrheingrabens, der sich ab dem Tertiär durch Senkungen herausbildete. Tektonische Vertikalbewegungen führten an den Grabenrändern zu einem Schollenmosaik mit unterschiedlich starken Absenkungen.

Das weitere Untersuchungsgebiet wird im Osten durch die Isenburger Senke begrenzt, in der die Gesteine des Sprendlinger Horsts (Rotliegendes) abtauchen und von pliozänen und bis zu ca. 10 m mächtigen pleistozänen Sedimenten überlagert werden. Nördlich tritt etwa auf Höhe des Luderbachs das Tertiär mit dem sog. Sachsenhäuser Berg wieder zu Tage. An dessen westlicher und südlicher Abdachung steht eine tertiäre Basaltdecke an, die relativ steil einfällt.

Im Untersuchungsgebiet wird die Basis des Grundwasserleiters im Rheingraben aus miozänen Tonen und Basalten gebildet. Die Höhenlage der Aquiferbasis im Untersuchungsgebiet ist in Anhang III, Anlage 3 eingezeichnet. Sie steigt in nordwestliche Richtung an. Im Bereich der geplanten Gewinnung Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise liegt sie bei ca. -10 müNN bis ca. -2 MüNN.

Die pliozänen Sedimente beginnen an ihrer Basis verbreitet mit einer sandigen Kieslage (Arvernensis-Schotter), die in verschiedenen Bohrungen wenige Meter oberhalb der Basaltdecke, die die Aquiferbasis bildet, aufgeschlossen wurde. Darüber folgen in unterschiedlicher Mächtigkeit in Wechsellagerung Sande und bindige Sedimentschichten (Schluffe und Tone). Der Anteil der sandigen Substrate an der pliozänen Gesamtmächtigkeit liegt mit deutlichen Schwankungen bei

ca. 50 %. Im Vergleich zu den pleistozänen Sanden ist die hydraulische Durchlässigkeit der pliozänen Sande signifikant geringer.

Die geringdurchlässigen Schichten können meist nicht über größere Distanzen korreliert werden. Eine Ausnahme bildet ein Tonhorizont, der an den Standorten mit den hinreichend tiefen Erkundungsbohrungen (Brunnen Vogelschneise, Messstelle B43) aufgeschlossen wurde und an diesen Messpunkten zu einer Druckdifferenz von ca. 0,5 - 1,0 m in den Stockwerken führt (BGS UMWELT 2015, BGS UMWELT 2016). Unter Berücksichtigung von einigen weiteren tiefen Bohrungen wird von der in Anhang III, Anlage 2.3 dargestellten Ausdehnung des Tonhorizonts ausgegangen.

Die pleistozänen Sedimente bestehen überwiegend aus Kiesen und Sanden. Lokal sind in unregelmäßiger Form Horizonte gering durchlässiger Substrate - im Wesentlichen Schluffe - zwischengeschaltet, die jedoch nicht über größere Distanzen korreliert werden können. Lediglich südlich der Stadtwaldwasserwerke sind im Grundwasserleiter im Übergang Pleistozän-Pliozän Ton- und Schluffschichten vorhanden, die eine flächenhafte hydraulische Trennwirkung haben.

Die oberflächennahen Schichten im Untersuchungsgebiet bestehen aus Lockergesteinen altpleistozäner Mainablagerungen. Die Mächtigkeit dieser Schicht variiert deutlich. Sie liegt im Untersuchungsgebiet bei ca. 10 – 20 m. Nördlich der Stadtwaldwasserwerke in Mainnähe beträgt sie nur ca. 5 - 10 m, im Bereich des Flughafens Frankfurt sowie im südlichen Teil des Wasserwerkes Hinkelstein ca. 40 m.

Der Porengrundwasserleiter endet einige 100 m östlich des WW Oberforsthaus an der Verwerfung zum Sachsenhäuser Berg (Frankfurter Horst).

Die Grundwasserströmung ist im Untersuchungsgebiet großräumig nach Nordwesten auf den Main als Vorfluter hin gerichtet (s. Anlage 18.3.1a). Die hohen Entnahme- und Infiltrationsmengen der Stadtwaldwasserwerke sowie die Wechselwirkung des Grundwassers mit dem staugeregelten Main überprägen jedoch das generelle Strömungsbild. Im Oktober 2004 (mittlere Verhältnisse) lagen die Grundwasserstände im Erkundungsgebiet bei ca. 97 – 98 müNN (zur langjährigen Entwicklung der Grundwasserstände siehe Kap. 2.2).

Die Wasserwerke Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus sind entlang einer Geländestufe zwischen zwei Mainterrassen auf der unteren Terrasse angeordnet. Daher steigen die Grundwasserflurabstände südlich dieser Wasserwerke deutlich an. Im Erkundungsgebiet betragen die mittleren Flurabstände oftmals 10 m und mehr. Anlage 18.3.2a zeigt die bei mittleren Grundwasserständen resultierenden Flurabstände im Untersuchungsgebiet.

10.6 Grundwasserbewirtschaftung

Die Rahmenbedingungen zur Grundwasserbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet werden i.w. mit dem Wasserrechtsbescheid des RP Darmstadt vom 06.07.2005 vorgegeben. Mit diesem Wasserrechtsbescheid wurde der Hessenwasser für die WW Hinkelstein, Goldstein und

Oberforsthaus, zusätzlich zum alten Recht für das WW Schwanheim über 5,475 Mio. m³/a, die Förderung folgender Grundwassermengen genehmigt:

- Bewilligung über 5,525 Mio. m³/a
- Gehobene Erlaubnis über 4,0 Mio. m³/a
- Erlaubnis über 5,15 Mio. m³/a

Die Gesamtfördermenge von bis zu 20,15 Mio. m³/a darf laut Wasserrechtsbescheid variabel auf die einzelnen Wasserwerke verteilt werden. Des Weiteren beinhaltet der Wasserrechtsbescheid eine gehobene Erlaubnis zur Entnahme von Mainwasser über bis zu 8,0 Mio. m³/a zur Grundwasseranreicherung und bis zu 1,1 Mio. m³/a für Brauchwasserzwecke. Für die Infiltration von aufbereitetem Mainwasser wurde eine gehobene Erlaubnis über bis zu 9,1 Mio. m³/a erteilt.

Die wasserrechtliche Auflage zur Grundwasserbewirtschaftung gibt vor, mittels eines von der Hessenwasser zu erarbeitenden Bewirtschaftungskonzeptes, die Entnahmen, Infiltrationen sowie den Wasserbezug so zu steuern, dass

- die öffentliche Wasserversorgung für Frankfurt und das Umland sichergestellt wird
- die vorgegebenen Grundwasserstandskorridore möglichst eingehalten werden und
- im langjährigen Mittel eine ausgeglichene Grundwasserbilanz vorliegt.

Die wasserwirtschaftlichen Nebenbestimmungen geben für die Grundwasserbewirtschaftung sog. primäre und sekundäre Steuerungsmechanismen vor. Zu den primären Steuerungsmechanismen zählen die Entnahme- und Infiltrationsmengen sowie ein Bewirtschaftungskorridor mit Richt-, Maßnahmen- und Eingriffswerten an insgesamt 21 Grundwassermessstellen im Umfeld der Stadtwaldwasserwerke (s. Tabelle 18 und Anlage 18.10.1a). Zusätzlich wurden an der Messstelle P51, an der sich die Fördereinflüsse mehrerer Grundwasserentnehmer überlagern, gesonderte Auflagen zur Steuerung der Grundwasserstände festgesetzt (s.u.). Als sekundäre Steuerungsmechanismen sind Umverteilungsmöglichkeiten der Förderung innerhalb des Leitungsverbundes der Unternehmerin sowie eine Belieferung durch andere Wasserversorgungsunternehmen vorgesehen.

Unter Einsatz des laut Wasserrechtsbescheid zu erarbeitenden Steuerungskonzeptes, welches von der Hessenwasser im Jahr 2009 vorgelegt wurde, sind in Abhängigkeit von den Grundwasserständen an den Tabelle 18 aufgeführten Messstellen folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Spätestens bei Erreichen der Richtwerte (Tabelle 18) sind die Grundwasserstände eigenverantwortlich an den betroffenen Messstellen so zu beeinflussen, dass einer weiteren Absenkung entgegengewirkt wird. Die Messstellen G00780, F10 und G04000 sind ab dem Erreichen des Richtwertes in eine 14-tägige Beobachtung zu nehmen.
- Spätestens bei Erreichen der Maßnahmenwerte (Tabelle 18) müssen die Grundwasserstände an den betroffenen Messstellen ausnahmslos durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen so beeinflusst werden, dass einer weiteren Absenkung entgegengewirkt wird. Das RPU Frankfurt ist entsprechend zu informieren.
- Spätestens bei Erreichen der Eingriffswerte (Tabelle 18) an einer der entsprechenden Messstellen ist das RPU Frankfurt unverzüglich mit Maßnahmenvorschlägen zu informieren

und es müssen die vom RPU Frankfurt angeordneten Maßnahmen umgesetzt werden. Dabei kann das RPU Frankfurt auch auf Maßnahmen zur Ersatzwasserbeschaffung unter Verwendung der sekundären Steuerungsmechanismen verweisen.

Tabelle 18 Grundwassermessstellen und Referenzgrundwasserstände für den Bereich der Stadtwaldwasserwerke

Referenz-GWM-Nr.	Unterer Korridorwert [müNN]	Oberer Korridorwert [müNN]	Richtwert [müNN]	Maßnahmewert [müNN]	Eingriffswert [müNN]
WW Hinkelstein					
G03920	91,37	93,87	-	-	-
G00250	92,46	94,86	-	-	-
G04180	89,86	92,56	-	-	-
G00920	89,27	91,07	89,90	-	-
G04570	-	-	88,76	-	-
G00780	-	-	90,00	-	89,20
G00910	89,54	91,64	90,40	89,84	-
G04000	-	-	90,38	-	89,38
F10	-	-	89,97	-	89,27
WW Schwanheim					
G02480	89,15	91,45	90,38	89,50	-
G03760	88,05	90,65	-	-	-
G04360	89,86	92,94	-	-	-
G03950	93,72	96,57	-	-	-
G03930	92,78	95,54	-	-	-
G00610	-	-	=> 90,1	-	-
G00610	-	-	<= 91,5	-	-
WW Goldstein					
G04060	91,77	94,74	-	92,02	-
G03790	92,17	94,65	-	-	-
G03820	95,52	98,24	-	-	-
WW Oberforsthaus					
G01250	93,61	95,79	-	-	-
G03810	96,34	98,84	-	-	-

Derzeit sind drei Festsetzungen zu einzelnen Messstellen im Bereich des WW Hinkelstein wegen der Auswirkungen der Grundwassersanierungen teilweise ausgesetzt.

Unmittelbar westlich der Brunnen des WW Neu-Isenburg bzw. ca. 3 km südlich der WW Goldstein und Oberforsthaus befindet sich das Naturschutzgebiet Gehspitzweiher. Eine Beeinträchtigung der Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen im Naturschutzgebiet Gehspitzweiher infolge einer zu starken Grundwasserabsenkung durch die Entnahmen der umliegenden Was-

serwerke ist zu vermeiden. Laut Wasserrechtsbescheid beeinflussen die Entnahmen der Stadtwaldwasserwerke sowie der WW Langen, Dreieich und Neu-Isenburg die Wasserstände im Bereich des Naturschutzgebietes. Zur Überwachung des Wasserstandes im Gehspitzweiher- wurde ein hydrogeologisches Monitoring eingeführt, das auf den monatlichen Messungen der Stadtwerke Neu-Isenburg am Pegel 51 basiert. Am Pegel 51 wurde ein Orientierungswert bei 97,0 müNN und ein Vorsorgewert bei 96,5 müNN festgelegt. Sinkt der Wasserspiegel dauerhaft unter den Vorsorgewert, sind als Kompensation Maßnahmen zur Erhaltung der wassergebundenen Lebensräume erforderlich. Diese werden von der zuständigen Oberen Naturschutzbehörde festgelegt.

Im Rahmen des von Hessenwasser erarbeiteten Bewirtschaftungskonzeptes 2009 wurden unter Berücksichtigung der o.g. Kriterien und auf Basis von Erfahrungswerten Entnahme- und Infiltrationsmengen der einzelnen Stadtwaldwasserwerke ermittelt. Die Grundwasserbewirtschaftung für die Stadtwaldwasserwerke wurde nachfolgend fortgeschrieben und stärker auf die Funktion als Spitzenlastwasserwerke zur Bedarfsdeckung in Trockenperioden hin ausgerichtet (BGS UMWELT 2015). In der modellgestützten Fortschreibung des Bewirtschaftungskonzeptes ist nunmehr vorgesehen, dass die Entnahmen bei mittleren klimatischen Verhältnissen bedarfsgekoppelt geringer erfolgen als in Trockenperioden (Tabelle 19).

Tabelle 19 Verteilung der Fördermengen im Jahresverlauf

	Fördermengen [m³]		
	mittlere Jahre	Trockenjahre	Nassjahre
Januar	793.969	889.575	859.904
Februar	717.134	818.667	776.687
März	793.969	906.381	859.904
April	817.454	947.376	878.353
Mai	870.069	1.057.257	927.475
Juni	940.195	1.147.354	1.013.275
01. – 15. Juli	498.450	1.125.000	533.447
16. – 31. Juli	498.450	720.000	533.447
August	996.901	1.196.677	1.066.895
September	866.550	1.066.400	924.541
Oktober	895.435	1.101.947	939.278
November	817.454	1.044.959	870.572
Dezember	793.969	990.411	835.782
Summe	**10.300.000**	**13.012.000**	**11.019.560**

Im Havariefall sind die verbleibenden Reaktionszeiten im Bereich der Ostgalerie zu kurz, um die zum Schutz der Brunnen vereinbarten erforderlichen Fließzeiten zur Einleitung der nötigen Abwehrmaßnahmen von über einem Jahr einzuhalten. In bis zu vier östlichen Brunnen des WW Goldstein ist die Rohwasserförderung dann einzustellen, wobei wegen des geringen Abstandes

zu den Bahnanlagen die östlichsten Brunnen am stärksten betroffen sind. Die Mengen müssen auf die Brunnen und Infiltrationsanlagen Vogelschneise verlagert werden. Die Auswirkungen der Verlagerung auf die Grundwasserstände und Grundwasserstandsvorgaben und damit die gewinnbare Menge wurden mit dem Grundwassermodell berechnet.

Die in den Modellrechnungen angesetzten Förderraten der Ober- und Unterlieger entsprechen bei mittleren klimatischen Verhältnissen dem Mittelwert der Jahre 2000 - 2015 (Tabelle 20, „Mittlere Jahre"). Für die Brauchwasserentnahmen der Fraport AG (ehem. US-Airbase) wurden die Mengen aus dem Jahr 2013 angesetzt. Die Förderraten der Brunnen Infraserv Höchst/Schwanheim orientieren sich mit 0,85 Mio. m³/a an den mittleren Förderraten der Jahre 2000 - 2014. Die Stilllegung der Brunnen Zeppelinheim wurde ebenfalls in den Modellrechnungen berücksichtigt. In der Trockenperiode wurde im Zeitraum 1974 – 1975 eine gegenüber mittleren klimatischen Verhältnissen um 10% erhöhte Förderung der umliegenden WW angesetzt (Tabelle 20, „Erhöhte Förderung Trockenjahr"). Für das Jahr 1976 wurden für die Ober- und Unterlieger die maximal erlaubten Fördermengen entsprechend der jeweiligen Wasserrechte in den Modellrechnungen berücksichtigt (Tabelle 20, „Wasserrecht Trockenjahr").

Tabelle 20 Den Modellrechnungen zu Grunde liegende Förderraten der umliegenden Entnehmer

Wasserwerk	Förderrate [m³/a] Mittlere Jahre	Förderrate [m³/a] Erhöhte Förderung Trockenjahr (1974 – 1975)	Förderrate [m³/a] Wasserrecht Trockenjahr (1976)
Neu-Isenburg	1,76 Mio.	1,93 Mio.	2,60 Mio.
Dreieich	1,75 Mio.	1,91 Mio.	2,04 Mio.
Langen	0,98 Mio.	1,10 Mio.	1,50 Mio.
Walldorf	0,91 Mio.	1,00 Mio.	1,10 Mio.
Mönchhof/Ticona	4,06 Mio.	4,50 Mio.	5,75 Mio.
Fraport, ehem. US-Airbase	0,10 Mio.	0,30 Mio.	0,50 Mio.

Die Entwicklung der Grundwasserstände wurde in instationären Modellrechnungen über einen Zeitraum von 20 Jahren unter den Witterungsbedingungen bzw. Grundwasserneubildungsraten des Zeitraums 1970 bis 1990 untersucht. Der Witterungsverlauf der Jahre 1972-76 ist für die Grundwasserbewirtschaftung in Zeiträumen verringerter Grundwasserneubildung nach wie vor als maßgeblich anzusehen (Trockenperiode). Der Anfang der 1980er Jahre ist mit einer Abfolge von Jahren mit überdurchschnittlichen Niederschlägen als Nassperiode einzustufen. Im gewählten Simulationszeitraum von 1970 bis 1990 kann daher die Grundwasserbewirtschaftung unter den maßgebenden Witterungsbedingungen in den Grundwassermodellrechnungen untersucht werden. Die iterativ ermittelten Infiltrationsmengen sind hierbei eine Reaktion auf die an den veränderlichen Trinkwasserbedarf angepassten Grundwasserentnahmen gemäß Bewirtschaftungskonzept und auf die witterungsbedingte Entwicklung der Grundwasserstände (gesteuerte Grundwasserbewirtschaftung, Tabelle 21).

Tabelle 21 Förder- und Infiltrationsmengen im Simulationszeitraum unter den Witterungsbedingungen von 1970 bis 1990

Zeitpunkt	Förderrate	Infiltrationsmenge
ab 01.01.1970	Mittlere Förderraten: Hinkelstein: 3,80 Mio. m³/a Schwanheim: 3,50 Mio. m³/a Goldstein: 3,00 Mio. m³/a **Summe: 10,30 Mio. m³/a**	Mittlere Infiltrationsmengen: Hinkelstein: 0,04 Mio. m³/a Goldstein: 2,63 Mio. m³/a **Summe: 2,67 Mio. m³/a**
ab 01.01.1972		Erhöhte Infiltrationsmengen Trockenperiode: Hinkelstein: 2,00 Mio. m³/a Goldstein: 4,04 Mio. m³/a **Summe: 6,04 Mio. m³/a**
ab 01.01.1974	Erhöhte Förderraten Trockenperiode inkl. Spitzenbedarfsabdeckung: Hinkelstein: 4,81 Mio. m³/a Schwanheim: 4,09 Mio. m³/a Goldstein: 4,11 Mio. m³/a **Summe: 13,01 Mio. m³/a**	
ab 01.01.1977	Mittlere Förderraten: Hinkelstein: 3,80 Mio. m³/a Schwanheim: 3,50 Mio. m³/a Goldstein: 3,00 Mio. m³/a **Summe: 10,30 Mio. m³/a**	
ab 01.01.1979		Mittlere Infiltrationsmengen: Hinkelstein: 0,04 Mio. m³/a Goldstein: 2,63 Mio. m³/a **Summe: 2,67 Mio. m³/a**
ab 01.01.1981	Förderraten Nassperiode: Hinkelstein: 4,05 Mio. m³/a Schwanheim: 3,76 Mio. m³/a Goldstein: 3,21 Mio. m³/a **Summe: 11,02 Mio. m³/a**	Abschalten sämtlicher Infiltrationsanlagen
ab 01.01.1986	Mittlere Förderraten: Hinkelstein: 3,80 Mio. m³/a Schwanheim: 3,50 Mio. m³/a Goldstein: 3,00 Mio. m³/a **Summe: 10,30 Mio. m³/a**	
01.01.1988 bis 31.12.1989	Förderraten Nassperiode: Hinkelstein: 4,05 Mio. m³/a Schwanheim: 3,76 Mio. m³/a Goldstein: 3,21 Mio. m³/a **Summe: 11,02 Mio. m³/a**	

Der Betrieb der Sanierungsbrunnen im Bereich Hinkelstein hat auf die Bewirtschaftung der Brunnen Goldstein keinen direkten Einfluss. In den Grundwassermodellrechnungen wird von einem Betrieb der Sanierungsbrunnen im Bereich des WW Hinkelstein entsprechend dem derzeitigen Zustand ausgegangen (=‚Ausgangsszenario').

Die Entnahme- und Infiltrationsmengen an den Wasserwerksstandorten Schwanheim und Hinkelstein bleiben hier unverändert, da die Förderverlagerung in Folge einer Havarie ausschließlich das Wasserwerk Goldstein betrifft. In eine Optimierung der Grundwasserbewirtschaftung sind die weiteren Gewinnungen Schwanheim und Hinkelstein mit einzubeziehen.

Die Auswirkungen auf den Förder- und Infiltrationsbetrieb des WW Goldstein durch den Einsatz der 5 neuen ~~flachen~~ Brunnen am Standort Vogelschneise sowie der drei neuen Infiltrationsorgane am Standort Tiroler Schneise im Havariefall werden im Folgenden näher erläutert.

Mit Ausnahme der Nassjahre ab 1981 wird die Kapazität der drei neuen Infiltrationsorgane Tiroler Schneise (2,63 Mio. m³/a) zu jeder Zeit vollständig benötigt. Zur Einhaltung der Grundwasserstandsauflagen werden im Zeitraum 1972 - 1978 zusätzliche 1,4 Mio. m³/a über die bestehenden Infiltrationsanlagen Goldstein infiltriert. Während der Nassjahre 1981 - 1985 sowie der darauffolgenden Jahre wird die Infiltration an allen Standorten der Stadtwaldwasserwerke vollständig eingestellt, um den Vorgaben zu den oberen Korridorwerten Rechnung zu tragen.

Die Förderseite betreffend, wird während mittlerer Jahre der Wasserbedarf ganzjährig fast ausschließlich aus den Brunnen Vogelschneise gedeckt (2,8 Mio. m³/a). Die Brunnen der bestehenden West- und Ostgalerie werden mit einer geringen Fördermenge lediglich betriebsbereit gehalten bzw. sind zwecks optimierter Grundwasserbewirtschaftung i.d.R. außer Betrieb. Zum Erreichen der Bewirtschaftungsziele kann es nach den Erfahrungen aus den Modellrechnungen hilfreich sein, auch in mittleren Jahren eine Teilmenge aus der Westgalerie zu fördern. Auch der erhöhte Wasserbedarf entsprechend der Witterung der Trockenjahre 1974 - 1976 wird zum überwiegenden Teil aus den Brunnen Vogelschneise gedeckt (2,32 Mio. m³/a). Zur Einhaltung des Orientierungswertes an der Messstelle P51 der Stadtwerke Neu-Isenburg ist in diesem Zeitraum jedoch zusätzlich eine Nutzung der vorhandenen Brunnen (1,78 Mio. m³/a) mit einem Förderschwerpunkt auf den westlichen Brunnen erforderlich. In **Anlage 18.10.10b** sind die berechneten Ganglinien an den Auflagemessstellen im Umfeld des WW Goldstein im Zeitraum 1970 - 1989 unter Berücksichtigung der genannten Infiltrationsmengen von Mainwasser dargestellt. Während der Nassjahre 1981 - 1985 sowie 1988 - 1989 wird der Wasserbedarf zu rd. 20% aus den Brunnen Vogelschneise gedeckt (0,6 Mio. m³/a). Der größere Anteil (2,6 Mio. m³/a) wurde in diesen Jahren den vier westlichen Brunnen der bestehenden Brunnengalerie West zugewiesen, um den Grundwasseranstieg nördlich vom WW Goldstein zu begrenzen.

10.7 Abgrenzung des Untersuchungsraums

10.7.1 Einzugsgebiet und 50-Tage-Linie

Die **Anlagen 18.10.11.1a** und **18.10.11.2b** zeigen die auf Grundlage von Kap. 10.6 berechneten Strömungsbilder und Einzugsgebiete der Stadtwaldwasserwerke bzw. der Brunnen Vogelschneise im Ist-Zustand sowie mit Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise. Bei der beschriebenen Bewirtschaftungssituation mit Förderung am geplanten Standort an der Vogelschneise treten im südöstlichen Zustrom gegenüber den aktuellen Verhältnissen (Ist-Zustand) großräumig kaum Veränderungen auf. Sie beschränken sich im Wesentlichen auf den Brunnennahbereich mit den Wechselwirkungen zur Infiltration. Lediglich der Rückstrombereich nördlich der östlichen Brunnen Goldstein wird durch die veränderte Bewirtschaftung deutlicher beeinflusst. Unbeeinflusst von einer Förderverlagerung von den Brunnen Goldstein zu den Brunnen Vogelschneise dehnt sich im Vergleich zum Ist-Zustand der südöstliche Zustrom nach Abschluss der Sanierungen (**Anlage 18.10.11.3b**) weiter nach Westen aus. Die Ausdehnung des Einzugsgebietes in nördliche und nordöstliche Richtung bleibt nahezu unverändert. Anlage **18.10.11.4b** zeigt das Einzugsgebiet der Brunnen Vogelschneise unterhalb der lokalen Trennschicht. Die **Anlagen 18.10.11.5b** und **18.10.11.6b** zeigen die berechneten Grundwassergleichen bei einem Betrieb der Brunnen Vogelschneise mit Sanierungen und nach Abschluss der Sanierungen.

Die **Anlage 18.10.12b** zeigt u.a. die berechnete 50-Tage-Linie der geplanten Brunnen an der Vogelschneise. Die angesetzten Förderraten entsprechen der Leistungsfähigkeit von 1~~00~~25 m³/h (~~876.000~~ 1.0950.000 m³/a) ~~pro~~ eines flachen Brunnens und 60 m³/h (525.600 m³/a) eines tiefen Brunnens. Unter diesen Bedingungen sind die kürzesten Fließzeiten zwischen den Infiltrationsanlagen an der Tiroler Schneise und den Brunnen Vogelschneise mit mindestens 100 Tagen am Brunnen 2 zu beobachten. An den Brunnen 1 und 3 ~~und 4~~ beträgt die Fließzeit jeweils mindestens 150 Tage. ~~Die längsten Mindestfließzeiten weisen aufgrund des vermehrt seitlichen Anstroms mit mindestens 200 Tagen die Brunnen 1 und 5 auf.~~ Bereiche, von denen in Brunnennähe ein erhöhtes Gefährdungspotential ausgeht (B 43) liegen deutlich außerhalb dieses Bereichs mit den o.g. Mindestfließzeiten.

Im Langzeitpumpversuch wurde eine flächenhaft vorhandene hydraulische Trennfunktion der lokalen Trennschicht nachgewiesen. Die in der modellgestützten Auswertung des Langzeitpumpversuchs ermittelte Durchlässigkeit des lokalen Trennhorizonts beträgt 3 10^{-9} m/s. Dieser ~~Wert~~ Sachverhalt ist durch die im Langzeitpumpversuch beobachteten Druckdifferenzen zwischen den beiden Stockwerken hinreichend abgesichert (BGS UMWELT 2017). Der Zustrom in das untere Stockwerk erfolgt daher zu einem weit überwiegenden Anteil von den Rändern des lokalen Trennhorizontes.

Die ausgewiesene Zone II des Wasserschutzgebietes schließt im Einzugsgebiet des WW Goldstein die Infiltrationsanlagen ein. Dieser Schutzzweck soll bei einer Anpassung der Zone II beibehalten werden. Die zukünftige Zone II reicht daher in südöstliche Richtung über den Standort der Sickerschlitze an der Tiroler Schneise hinaus bis an die Oberkante der Böschung entlang

der B 43. Im Westen nimmt sie die bisherige Zonengrenze auf und folgt um rund 125 m nach Südwesten versetzt der Liefersteinschneise. Im Nordosten folgt die Grenze der Zone II vorhandenen Waldwegen (Anlage 18.10.12b). Innerhalb dieser Grenzen werden die Anforderungen zum Schutz des Grundwassers nach DVGW Arbeitsblatt W 101 erfüllt und die Schützbarkeit des Grundwasservorkommens ist gegeben.

Auf die Schutzmaßnahmen für die Infiltrationsanlagen wird unter Kap. 10.2.1 und 10.2.2 eingegangen. Durch die Lage zwischen BAB 3 bzw. B 43 und den Entnahmebrunnen wird der Fließweg von den Verkehrsanlagen zu den Brunnen Vogelschneise gegenüber einer Variante ohne Infiltrationsanlagen erheblich verlängert. Die Infiltration des in der Praxis in den chemischen Parametern auf Trinkwasserqualität aufbereiteten Brauchwassers verbessert signifikant die Rohwasserqualität der Brunnen Vogelschneise und mindert daher auch den Einfluss der stofflichen Beeinflussung durch die o.g. Verkehrsanlagen. Eine unmittelbare Gefahrdung des Grundwassers durch den Straßenbetrieb ist auch durch die großen Flurabstände (> 9 m) nicht gegeben.

Die Brunnen Goldstein fördern derzeit zu weit überwiegendem Anteil Grundwasser aus der Infiltration. Auch bei der weitgehenden Förderverlagerung im Falle einer Havarie gilt dies unverändert und im Mittel fließ~~ent~~ dann das ~~nahezu 90 % des~~ mit den flachen Brunnen Vogelschneise gefördert~~en~~ Grundwasser~~s~~ vollständig aus den neuen Infiltrationsorganen an der Tiroler Schneise zu. Das Einzugsgebiet der Brunnen Vogelschneise oberhalb der Infiltration ist deshalb vergleichsweise klein. ~~Es liegt bis in eine Entfernung von 1,5 km von den Brunnen in der ausgewiesenen Zone IIIA. Um den Vorgaben des DVGW Arbeitsblatts W 101 für eine Abgrenzung der Zone IIIA/IIIB 2 km oberhalb der Gewinnung nachzukommen, wird die Zone IIIA in den Waldflächen um eine Schneise nach Osten ausgedehnt~~ (Anlage 18.10.12b).

~~Eine in der Örtlichkeit praktikable Abgrenzung des Südrandes des Einzugsgebiets ist im Bereich des Gewerbegebiets Gehespitz nicht gegeben. Eine Erweiterung nach Süden ist daher nicht vorgesehen. Es ist hierbei zu beachten, dass zum einen dieser Teil des Einzugsgebiets in der Rückstromzone der Brunnen an der Vogelschneise mit entsprechend langen Fließzeiten von deutlich über einem Jahrzehnt liegt. Zum anderen liegt dem in Anlage 18.10.12 dargestellten Einzugsgebiet der Fall der Ersatzwasserbeschaffung zu Grunde, wenn durch maximale Förderverlagerung bei mittleren Verhältnisse das Rohwasser des Wasserwerks Goldstein vollständig aus den Brunnen Vogelschneise gewonnen wird. Der Anteil des im Oberstrom über die Infiltration Tiroler Schneise eingebrachten Infiltrationswassers beträgt über 90 % an dem mit den Brunnen Vogelschneise geförderten Rohwasser.~~

Die mit den Stadtwaldwasserwerken geförderte Grundwassermenge bleibt unverändert. Deren Gesamteinzugsgebiet wird durch eine Förderverlagerung zu den Brunnen Vogelschneise nicht erkennbar verändert (s. Anlagen 18.10.11.1a und 18.10.11.2b). Das Erfordernis für eine Anpassung der Zone IIIB durch den Betrieb der Brunnen Vogelschneise ist nicht gegeben.

10.7.2 Einflussbereich

Der Betrieb der Brunnen Vogelschneise wird im Rahmen des unveränderten Förderkonzeptes für die Stadtwaldwasserwerke im Rahmen des regionalen Wasserbedarfsnachweises der Hessenwasser stattfinden. Es werden deshalb ausschließlich Fördermengen von den Brunnen Goldstein zu den Brunnen Vogelschneise mit Infiltrationsausgleich verlagert. Der Infiltrationsbetrieb ist unverändert auf die Einhaltung der Grundwasserstandsvorgaben aus dem wasserrechtlichen Bescheid ausgerichtet, der wesentliche Grundlage bei der Aufstellung des Bewirtschaftungskonzeptes ist. Damit bleibt auch das auf die Grundwasserstände abzielende Bewirtschaftungskonzept grundsätzlich unverändert. In **Anlage 18.10.13b** sind die berechneten maximalen Grundwasserstandsänderungen dargestellt, wie sie sich im Vergleich zum Ist-Zustand bei der umfassenden Förderverlagerung im Havariefall zu den Brunnen an der Vogelschneise bei mittleren klimatischen Verhältnissen ergeben. Im Umfeld der Brunnen 3 - 6 Ost des WW Goldstein führt diese zu einer Aufhöhung der Grundwasserstände von bis zu ca. 1,5 m, punktuell bis 2,5 m. Im Bereich der drei neuen Infiltrationsorgane an der Tiroler Schneise führt der als Reaktion auf Witterung und Grundwasserförderung (Wasserbedarf) gesteuerte Infiltrationsbetrieb zu einer lokalen Grundwasserstandsaufhöhung von bis zu 1,5 m. Die Grundwasserabsenkung im Bereich der Förderbrunnen Vogelschneise beträgt bei hohen Grundwasserflurabständen von mehr als 10 m (**Anlage 18.10.14b**) punktuell bis zu 1,5 m, ~~punktuell bis zu maximal 2,5 m~~.

Die~~r~~ durch den Wasserrechtsbescheid vorgegebenen Grundwasserstandskorridorwerte an den Auflagegrundwassermessstellen werden auch zukünftig unverändert eingehalten (s. Anlage 18.10.10b). Die in unmittelbarer Nähe zu den neuen Förderbrunnen gelegene GWM G03820 eignet sich aufgrund dieser Nähe und der damit einhergehenden stärkeren Beeinflussung durch den instationären Pumpbetrieb nicht mehr als für die Grundwasserstandentwicklung des Umfelds insgesamt repräsentative Grundwassermessstelle (vgl. Abschnitt 10.11).

Die Anlage 18.10.14b zeigt die berechneten Flurabstände bei mittleren Grundwasserständen und Betrieb der Brunnen Vogelschneise. Gegenüber dem Ist-Zustand (Anlage 18.3.2a) zeigt sich im Bereich der neuen Förderbrunnen eine geringe Zunahme des Flurabstandes bei Flurabständen von über 10 m im Ist-Zustand, während im Umfeld der östlichen Brunnen Goldstein eine Abnahme des Flurabstandes zu beobachten ist, was wegen der geringeren Grundwasserflurabstände nördlich vom WW Goldstein sich grundsätzlich positiv auf die ökologische Standortsituation auswirken kann.

Auch im Nahbereich der Infiltration (Sickerschlitze) liegen die Grundwasserflurabstände bei Betrieb über 5 m. Daher sind dort keine neuen Wechselwirkungen mit der Vegetation zu erwarten.

10.8 Wasserwirtschaftliche Auswirkungen

10.8.1 Wechselwirkungen mit anderen Grundwasserentnahmen

Die Grundwasserentnahme durch die Stadtwaldwasserwerke als solche steht in Wechselwirkung mit umliegenden Grundwasserentnahmen, hier insbesondere mit den Grundwasserentnahmen der Stadtwerke Neu-Isenburg, Dreieich und Langen.

Mit der im Abschnitt 10.6 beschriebenen gesteuerten Grundwasserbewirtschaftung wird auch mit den neuen Brunnen und Infiltrationsorganen in der Vogelschneise seitens Hessenwasser der durch den Wasserrechtsbescheid vom 06.07.2005 vorgegebene Grundwasserstandskorridor auch zukünftig unverändert eingehalten. Es finden lediglich örtliche Mengenverlagerungen innerhalb des Einzugsgebiets statt. Regelungen zur Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen sind im Wasserrechtsbescheid vom Juli 2005 bereits enthalten und haben seitdem ihre Wirksamkeit gezeigt. Das langjährige Grundwasserstandsmonitoring an der Messstelle P51 am Gehspitzweiher belegt, dass seitdem der festgesetzte Orientierungswert und Vorsorgewert mit der bekannten Förderung der Oberlieger deutlich überschritten werden.

Die Trennstromlinie zwischen den Einzugsgebieten der Brunnen der Stadtwerke Neu-Isenburg und den Stadtwaldwasserwerken ist auch bei einer weitestgehenden Entnahmeverlagerung im Havariefall auf die Brunnen Vogelschneise auch aufgrund der ergänzenden Infiltrationsorgane lagestabil (s. Anlagen 18.10.1a und 18.10.2b). Neue Wechselwirkungen mit anderen Grundwasserentnahmen treten somit nicht auf.

10.8.2 Setzungs- und vernässungsgefährdete Gebiete

Innerhalb des maximal möglichen Einflussbereichs der im Haveriefall temporär maximalen Förderverlagerung liegen keine potentiell setzungs- oder vernässungsgefährdeten Gebiete. Die großräumigen Grundwasserstände bleiben ~~durch die~~ auch bei einer Entnahmeverlagerung unverändert. Südlich der Brunnengalerie Goldstein sind die Flurabstände mit ≥ 10 m sehr groß, so dass die maximal mögliche Förderverlagerung hier keinerlei Auswirkung auf Natur oder Bebauung zeigt. Nördlich der Brunnen Goldstein sind die Flurabstände geringer und betragen in der Bürostadt Niederrad ≤ 5 m. Am südlichen Rand der Bürostadt beträgt der durch die temporär maximal mögliche Förderverlagerung bedingte Anstieg der Grundwasserstände bei mittleren Verhältnissen ca. 0,5 -1 m (Anlage 18.10.13b). Südlich der Straßenbahntrasse werden weniger als 0,4 m berechnet. Die Modellrechnungen zeigen, dass an der dort gelegenen Auflagemessstelle G03790 auch bei temporär maximaler Förderverlagerung auf die Brunnen Vogelschneise der vorgegebene obere Korridorwert von 94,65 m auch in Nassperioden wie 1983 in der Praxis eingehalten wird (Anlage 18.10.10b).

Für den Bereich der den östlichen Brunnen Goldstein am nächsten gelegenen Bebauung (Bildungswerk Bau Hessen Thüringen) liegen die in den Modellrechnungen ermittelten Grundwasserhochstände (GWM G00740 96,9 müNN, GWM G04440 95,7 müNN, GWM G03790 94,6 müNN, s. Anlage 18.10.10b) auf dem Niveau der bisher beobachteten Grundwasserhochstände (Abbildung 31). Die Lage der Messstellen zeigt Anlage 18.3.1a.

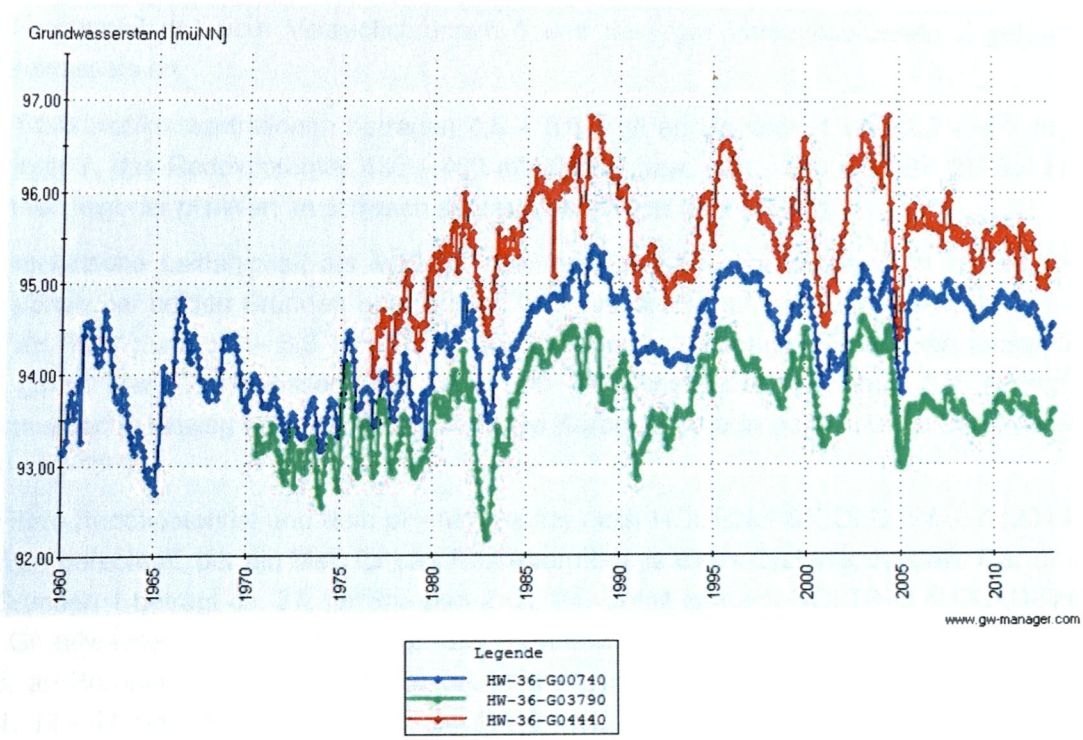

Abbildung 31 Beobachtete Grundwasserstände an den Messstellen G00740, G04440 und G03790

Die minimalen Grundwasserflurabstände bei Grundwasserhochstand in diesem Bereich liegen bei über 3,5 m. Eine Vergrößerung der Vernässungsgefährdung durch die temporär maximal mögliche Verlagerung der Förderung zu den Brunnen Vogelschneise ist nicht gegeben.

Bei den hydrogeologischen Erkundungen an den Brunnen- und Infiltrationsstandorten wurden keine Bodenschichten mit hohem Organikanteil im Bereich derzeitiger oder zukünftiger Schwankungen des Grundwasserspiegels angetroffen.

10.9 Grundwasserbeschaffenheit

Von den Versuchsbrunnen 1 und 2 liegen aus dem Langzeitpumpversuch vom November 2016 bis Juni 2017 (BGS UMWELT 2016~~d~~7) jeweils fünf Vollanalysen vor, die eine vergleichbare Grundwasserqualität zeigen. **Anlage 18.10.15.1a** enthält die Analysen des Versuchsbrunnens 1, **Anlage 18.10.15.2a** die Analysen des Versuchsbrunnens 2 aus dem genannten Zeitraum.

Die Analysenergebnisse geben über den Verlauf des Pumpversuchs hinweg keine auffälligen Befunde im Sinne einer Verschlechterung der Grundwasserqualität. Es zeigt sich jedoch ein Trend zu höheren Ionengehalten, insbesondere zu höheren Gehalten an Na^+ und Cl^-, der sich auch im kontinuierlichen Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit von 344 auf 422 µS/cm im Versuchsbrunnen 1 und von 210 auf 380 µS/cm im Versuchsbrunnen 2 ausdrückt. Dieser Trend ist im Versuchsbrunnen 2, der im Ausgangszustand niedrigere Ionengehalte aufweist als Ver-

suchsbrunnen 1, stärker ausgeprägt. Allgemein gleicht sich im Verlauf des Pumpversuchs die Beschaffenheit des vom Versuchsbrunnen 1 und des vom Versuchsbrunnen 2 geförderten Grundwassers an.

Die Sauerstoffkonzentrationen betragen 4,5 – 5,6 mg/l an Brunnen 1 und 2,7 – 4,3 mg/l an Brunnen 2, das Redoxpotential 430 - 460 mV (Br. 1) bzw. 310 - 390 mV (Br. 2). Bei beiden Brunnen liegt der pH-Wert im schwach sauren Bereich (pH 5,67 - 5,98).

Die elektrische Leitfähigkeit als Maß für den Ionengehalt eines Wassers ist mit ca. 210 – 420 µS/cm bei beiden Brunnen eher gering. Das Wasser ist mit einer Gesamthärte von 6,2 - 6,7 °dH (Br. 1) und 3,9 – 6,0 °dH (Br. 2) als weich zu bezeichnen. Während die Gesamthärte des geförderten Grundwassers, vor allem am Versuchsbrunnen 2, über den Verlauf des Pumpversuchs hinweg leicht ansteigt, bleibt die Karbonathärte in beiden Brunnen unverändert (1,0 – 1,2 °dH).

Aus dem Redoxpotential und dem pH-Wert wurde nach HÖLTING & COLDEWAEY (2013) der rH-Wert berechnet, der ein Maß für das Redoxvermögens eines Systems darstellt. Der rH-Wert für Brunnen 1 beträgt ca. 27, für Brunnen 2 ca. 24. Damit ist nach HÖLTING & COLDEWAEY das Grundwasser an Brunnen 1 bzgl. des Redoxvermögens als vorwiegend schwach oxidierend, an Brunnen 2 als indifferent zu bezeichnen. In beiden Brunnen ist Nitrat nachweisbar (Br.1: 12 - 14 mg/l, Br. 2: 4 - 8 mg/l). An Brunnen 2 treten mit 0,22 – 0,25 mg/l Eisengehalte knapp oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 0,2 mg/l auf. Der Eisengehalt an Brunnen1 ist < 0,05 mg/l.

Beide Brunnen sind frei von Nitrit oder Ammonium und auch bzgl. der sonstigen anorganischen Wasserinhaltsstoffe unauffällig. Hinsichtlich des Indikators Koloniezahl (koloniebildende Einheiten bei 22 bzw. 36°C, TrinkwV 2001, Anlage 3) sind ebenfalls keine Befunde zu verzeichnen.

Zur Beschaffenheitsbewertung des Grundwassers in einem Trinkwassereinzugsgebiet hinsichtlich organischer Spurenstoffe können neben den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werte) der GWS-VwV hilfsweise auch Trinkwasserqualitätsnormen (Grenzwerte nach TrinkwV 2001 bzw. Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) und Maßnahmenwerte nach UBA) herangezogen werden.

Tabelle 22 fasst die Messwerte der in den Probennahmen des Langzeitpumpversuchs am Versuchsbrunnen 1 und 2 nachgewiesenen anthropogenen Wasserinhaltsstoffe zusammen. Überschreitungen der zugrunde gelegten Qualitätsnorm (GFS-Werte der GWS-VwV, die für die genannten Substanzen auch den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) entsprechen sowie GOW nach UBA für Parameter, die nicht in der TrinkwV oder der GWS-VwV enthalten sind) sind kursiv dargestellt. Für alle weiteren Substanzen werden sowohl die GFS-Werte der GWS-VwV als auch die Grenzwerte der TrinkwV eingehalten. Der Parameter Eisen (s.o.) wird explizit an dieser Stelle aufgrund seiner geogenen Herkunft nicht wiederholt aufgeführt.

Im Versuchsbrunnen 1 wurde für die Parameter Atrazin, dessen Abbauprodukte Desethylatrazin und Desisopropylatrazin, für Propazin sowie für die Summenparameter „Pflanzenschutzmittel

und Biozidprodukte (PSMBP)“ und „Summe Tri- und Tetrachlorethen“ die jeweilig zugrunde gelegte Qualitätsnorm überschritten.

Zudem wurden die Pflanzenschutzmittel Simazin, Terbuthylazin und Bromacil, das Atrazin-Abbauprodukt Desethylterbuthylazin und der zulassungsrechtlich nicht relevante Metabolit eines Pflanzenschutzmittels N,N-Dimethylsulfamid (DMS) unterhalb des GFS-Wertes von 0,1 µg/l nachgewiesen. Bei allen nachgewiesenen Pflanzenschutzmitteln (mit Ausnahme von Simazin in Versuchsbrunnen 2) und deren jeweiligen Abbauprodukten waren die Analysenergebnisse am Versuchsbrunnen 1 über den Verlauf des Pumpversuchs hinweg entweder konstant oder zeigten einen abnehmenden Trend mit Konzentrationen > Qualitätsnorm (QN) (∑PSMBP = 1,15 µg/l am 14.12.16 und ∑PSMBP = 0,56 µg/l am 29.05.17).

Befunde unterhalb der Qualitätsnorm wurden für die Parameter Naphthalin und PFT sowie den als Flammenschutzmittel und Weichmacher genutzten Phosphorsäureester Tris(2-chlorethyl)-phosphat (Abkürzung TCEP) detektiert. Des Weiteren ließ sich der Parameter NMOR (Nitrosomorpholin) in Höhe einer Konzentration von 0,01 µg/l nachweisen. Er liegt damit innerhalb der Qualitätsnorm.

Nachweisbar waren darüber hinaus ~~die nicht mit Qualitätsnormen belegten Süßstoffe und Stimulanzien Acesulfam und Coffein~~ der Süßstoff Acesulfam und das Stimulanz Coffein. Beide Parameter sind nicht mit einer Qualitätsnorm hinterlegt, weisen aber auf einen anthropogenen Einfluss hin.

Im Versuchsbrunnen 2 wurde für den Parameter Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin sowie für Propazin und „Summe PSMBP“ die jeweilig zugrunde gelegte Qualitätsnorm überschritten.

Zudem gibt es Befunde für Desisopropylatrazin, Simazin und den zulassungsrechtlich nicht relevanten Metaboliten DMS sowie für Naphthalin, die Summe Tri- und Tetrachlorethen, die Parameter/-gruppen Perfluorierte Tenside (PFT), Nitrosomorpholin (NMOR) und Coffein.

Tabelle 22 Maximale Analysenergebnisse anthropogener Wasserinhaltsstoffe an den Versuchsbrunnen 1 und 2 bei den Probennahmen vom Dezember 2016 – Mai 2017

Parameter	Brunnen 1	Brunnen 2	Qualitätsnorm
∑Naphthalin und Methyl-naphthaline	0,015 µg/l	0,012 µg/l	1 µg/l
∑LHKW	13 µg/l	2,1 µg/l	20 µg/l
∑Tri- und Tetrachlorethen	*12 µg/l*	2,1 µg/l	10 µg/l
∑PSMBP[1)]	*1,15 µg/l*	*0,64 µg/l*	0,5 µg/l
Atrazin	*0,47 µg/l*	*0,26 µg/l*	0,1 µg/l
Desethylatrazin	*0,27 µg/l*	*0,17 µg/l*	0,1 µg/l
Desethylterbuthylazin	0,02 µg/l	< 0,02 µg/l	0,1 µg/l
Desisopropylatrazin	*0,13 µg/l*	0,08 µg/l	0,1 µg/l
Propazin	*0,14 µg/l*	*0,11 µg/l*	0,1 µg/l
Simazin	0,06 µg/l	0,05 µg/l	0,1 µg/l
Terbuthylazin	0,04 µg/l	< 0,02 µg/l	0,1 µg/l
Bromacil	0,02 µg/l	< 0,02 µg/l	0,1 µg/l
DMS	0,1 µg/l	0,05 µg/l	1 µg/l [2)]
∑PFT	0,006 µg/l	0,006 µg/l	0,1 – 3 µg/l [3)]
Nitrosomorpholin	0,01 µg/l	0,002 µg/l	0,01 µg/l [4)]
TCEP	0,06 µg/l	< 0,03 µg/l	0,5 µg/l [5)]
Coffein	0,03 µg/l	0,04 µg/l	-
Acesulfam	0,16 µg/l	< 0,03 µg/l	-

[1)] Pflanzenschutzmittel- und Biozidprodukte

[2)] GOW für Trinkwasser nach UBA für DMS als „nicht relevanter" Metabolit von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser

[3)] GOW nach UBA-Empfehlung vom August 2017 für Einzelstoffe der PFTs im Trinkwasser, abhängig vom Einzelstoff

[4)] gemäß Empfehlung des Umweltbundesamtes

[5)] für die Summe der Einzelstoffe

Im Langzeitpumpversuch wurde das untere Grundwasserstockwerk durch die tief ausgebauten Versuchsbrunnen 3 und 4 erschlossen. Analyseergebnisse aus dem Langzeitpumpversuch zeigen die Anlagen **18.10.15.3b** und **18.10.15.4b**. Das Grundwasser des unteren Grundwasserstockwerks ist nur gering mineralisiert. Die elektr. Leitfähigkeit beträgt an Brunnen 3 und 4 ca. 100 µS/cm. Die Cl^--Gehalte schwanken um 4 mg/l, die Na^+-Gehalte um 3-4 mg/l. Die Gesamthärte liegt bei 2 °dH. Damit ist das Wasser nach der Einteilung von Klut & Olszewski sehr weich

(HÖLTING & COLDEWEY 2013). Der Hydrogencarbonatgehalt beträgt an den Brunnen 3 und 4 29 - 41 mg/l.

Die Sauerstoffgehalte der aus dem unteren Grundwasserstockwerk gewonnenen Wasserproben sind mit ≤ 0,2 mg/l generell gering. Das Wasser aus dem unteren Grundwasserstockwerk ist entsprechend nitratfrei. Bei den Probennahmen im unteren Grundwasserstockwerk wurde oft der Geruch nach H_2S dokumentiert. Der gemessene pH-Wert liegt mit 6,1 – 6,3 an den Brunnen 3 und 4 im schwach sauren Bereich. Das Redoxpotential, bezogen auf die Normal-Wasserstoffelektrode, beträgt 150 – 280 mV. Die aus dem Redoxpotential und dem pH-Wert berechneten rH-Werte betragen für die aus dem unteren Grundwasserstockwerk gewonnenen Proben 18 – 22. Dies kennzeichnet das untere Grundwasserstockwerk bzgl. der reduzierenden bzw. oxidierenden Eigenschaften als indifferentes System (HÖLTING & COLDEWEY 2013).

Stickstoff liegt im unteren Grundwasserstockwerk in Form von Ammonium vor. In Brunnen 3 und 4 betragen die Konzentrationen bis 0,04 mg/l (Grenzwert der TrinkwV: 0,5 mg/l). Die Eisengehalte liegen ~~um 0,5 mg/l und damit geringfügig über dem Grenzwert der TrinkwV von 0,2 mg/l~~ zwischen 0,38 und 0,7 mg/l und damit sowohl über dem Grenzwert der TrinkwV von 0,2 mg/l als auch über dem Aufbereitungsziel von 0,02 mg/l des DVGW-Arbeitsblatts W 223-1.

Die Grundwasserproben aus dem unteren Grundwasserstockwerk waren generell frei von organischen Spurenstoffen und anthropogenen Substanzen wie LHKW, BTEX, PFT, PSMBP oder Pharmaka.

Die im WW Goldstein vorhandene Aufbereitung mit den Stufen Belüftung - Sandfiltration - Aktivkohlefiltration ist grundsätzlich geeignet, das mit den Brunnen Vogelschneise geförderte Rohwasser zu Trinkwasser aufzubereiten. Sie umfasst eine Intensivbelüftung, eine Sandfiltration und eine Reinigungsstufe mit Aktivkohle.

Eine Einstellung des Zielwerts für den pH-Wert und die Calcitlösekapazität erfolgt mittels der physikalischen Belüftung sowie einer Dosierung von Natronlauge. Die Entfernung des enthaltenen, geogenen Eisens erfolgt über die Belüftung und die Sandfiltration. Die in den Untersuchungen ermittelten PSMBP und deren Metabolite lassen sich grundsätzlich über die vorhandene Aktivkohle entfernen. Gegebenenfalls sind bei Änderung der Rohwasserbeschaffenheit hinsichtlich Eisen und PSMBP betriebliche Anpassungen erforderlich (z. B. kürzere Spülintervalle der Sandfilter oder vermehrter Aktivkohlewechsel.)

Für den nicht relevanten Metaboliten DMS ist dieses Verfahren dagegen nicht wirksam. Ebenso unwirksam ist die vorhandene Aufbereitung hinsichtlich einer Entfernung von NMOR (Nitrosomorpholin). Für den Parameter NMOR ist im Trinkwasser ein Höchstwert von 0,01 µg/l einzuhalten. Die Aufbereitung im WW Goldstein zeigt bei der Eliminierung dieses Stoffes keine Wirkung, sodass eine Minimierung nur über Verdünnung mit unbelastetem Wasser möglich ist. Daher sind die vorliegenden Belastungen an NMOR als kritisch zu betrachten.

Allgemein sollen die „Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Wasser für den menschlichen Gebrauch verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können [...] so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der

Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist (TrinkwV 2001, §6(3))".

Die im unmittelbaren Einzugsgebiet der Versuchsbrunnen gelegenen flachen Grundwassermessstellen, die im Rahmen des Langzeitpumpversuchs beprobt wurden, zeigen in ihrer Beschaffenheit keine Einschränkungen oder Auffälligkeiten, die auf eine Verschlechterung der Qualität des aus den Versuchsbrunnen geförderten Grundwassers schließen lassen. Allerdings werden auch an Messstellen im Einzugsgebiet vereinzelt die Qualitätsnormen nach Tabelle 22 in den Parametern Nitrosomorpholin, Atrazin, Desethylatrazin, Propazin, Simazin und Summe PSMBP geringfügig überschritten (BGS UMWELT 2017).

Im weiteren Einzugsgebiet der Versuchsbrunnen sind bzgl. eines potenziellen Stoffeintrags in das Grundwasser das Gewerbegebiet Gehespitz, der Autobahnknoten BAB 3 / B 43 / B 44 und das Stadtgebiet Neu-Isenburg zu berücksichtigen. Bei umwelttechnischen Untersuchungen in Folge früherer Nutzungen im Gewerbegebiet Gehespitz wurden nach Angaben des RP Darmstadt, Dez. Bodenschutz, Verunreinigungen des Bodens mit PAK, MKW, Sulfat (im Eluat) und einzelnen Schwermetallen gefunden. In Grundwassermessstellen zur Abstromüberwachung zeigten sich dabei lediglich erhöhte Sulfatwerte (bis 400 mg/l), so dass hieraus kein Gefährdungspotential für den neuen Brunnenstandort gesehen wird. Wie bereits in Kapitel 10.1.2 ausgeführt, besitzt dahingegen der Autobahnknoten BAB 3 / B 43 / B 44 ein erhebliches Gefährdungspotential für den Brunnenstandort Vogelschneise. Auch ein Teilstrom aus der Sickerbeckenanlage zur Regenwasserversickerung aus der Trennkanalisation von Neu-Isenburg fließt den Brunnen Vogelschneise zu. Das Stadtgebiet von Neu-Isenburg mit seinen bekannten CKW-Grundwasserschäden im südlichen Gewerbegebiet liegt dahingegen auch bei Betrieb der Brunnen Vogelschneise nicht im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke (BGS UMWELT 2014 und 2017).

10.10 Grundwasserdargebot

10.10.1 Natürliches Grundwasserdargebot und Einschränkungen des Grundwasserdargebots

Das ursprüngliche, natürliche Grundwasserdargebot kann insbesondere für die Stadtwaldwasserwerke realitätsnah nicht ermittelt werden, da das Einzugsgebiet durch verschiedene wasserwirtschaftliche Maßnahmen anthropogen stark überprägt ist (z.B. Mainstaustufen, Regenwasserversickerung Neu-Isenburg, Wechselwirkurgen mit angrenzenden Grundwasserentnahmen, Grundwasserschadensfälle). Bei der Grundwassergewinnung sind zudem naturschutzfachlich begründete Einschränkungen zu beachten.

In der Wasserbilanz des Einzugsgebietes bei mittlerer Förderung und Infiltration gemäß Tabelle 221 und nach Abschluss der Sanierungen (s. Anlage 18.10.11.3b) stehen unter Einhaltung der wasserrechtlichen Auflagen den Abflüssen durch die Entnahmen der Stadtwaldwasserwerke in Höhe von insgesamt 10,3 Mio. m³/a und den nordwestlichen Abstrom in Richtung des Mains (ca. 0,3 Mio. m³/a) positive Bilanzmengen in gleicher Höhe gegenüber. Sie ergeben sich zum

überwiegenden Teil aus der mittleren flächenhaften Grundwasserneubildung aus den Jahren 1960-2013 im Einzugsgebiet (ca. 5,5 Mio. m³/a) und den Infiltrationen der Stadtwaldwasserwerke von im Mittel (2,7 Mio. m³/a). Von zahlenmäßig geringerer Bedeutung sind der Zustrom aus südöstlicher Richtung mit ca. 1,0 Mio. m³/a und dem Hengstbach (ca. 1,2 Mio. m³/a). Aus der Trennkanalisation Neu-Isenburg und der kurzen Strecke des Grundwasserzustroms aus der Neu-Isenburger Pforte erfährt das Einzugsgebiet noch einen anteiligen Zustrom von rd. 0,2 Mio. m³/a. Der überwiegende Anteil der Gesamtversickerungsmenge aus der Trennkanalisation Neu-Isenburg fließt außerhalb des Einzugsgebietes nach Norden dem Main zu. Während der Dauer der Grundwassersanierungen um das WW Hinkelstein wird das dargestellte Einzugsgebiet durch Sanierungsentnahmen und Wiederversickerungen im Westen lediglich kleinräumig weiter untergliedert, bleibt im Prinzip jedoch gleich.

10.10.2 Nutzbares Grundwasserdargebot

Die Festsetzungen der Grundwasserstandsauflagen an ausgewählten Messstellen im wasserrechtlichen Bescheid vom 06.07.2005 definieren das langfristig und dauerhaft nutzbare Grundwasserdargebot. Sie sichern Mindestgrundwasserstände im Hinblick auf eine Verträglichkeit mit grundwasserstandsbeeinflussten Landökosystemen (insbesondere naturfachlich wertgebende Flächen und Wälder) und beschreiben in Nassperioden den Grundwasseranstieg und den angestrebten Schutz vor Vernässungen v.a. in Siedlungsgebieten. Die Einhaltung der Auflagen wird im signifikanten Einflussbereich der genehmigten Anlagen durch die gesteuerte Grundwasserbewirtschaftung mittels hochgradig variabler Infiltration sichergestellt. Die wasserrechtlich maximal zulässige Entnahmemenge von 20,15 Mio. m³/a kann nur kurzfristig, aber ebenfalls unter Einhaltung der Grundwasserstandsauflagen aus dem Grundwasserspeicher, gefördert werden.

Das nähere Umfeld der Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise ist dagegen durch die oben beschriebene gesteuerte Grundwasserbewirtschaftung hinsichtlich der geplanten Grundwasserentnahme und -infiltration wegen der großen Grundwasserflurabstände gänzlich konfliktfrei. Eine Förderverlagerung zu den Brunnen Vogelschneise führt gegenüber dem Sachstand, der Grundlage für die Erteilung des wasserrechtlichen Bescheids vom 06.07.2005, zu keinen weiteren Beeinträchtigungen, die eine weitergehende Beschränkungen des nutzbaren Grundwasserdargebots bewirken könnten.

10.10.3 Bewertung der beantragten Grundwasserentnahme

Die Entnahmebrunnen mit Infiltration Vogelschneise ersetzen die erforderlichen Brunnenleistungen zur Trinkwasserversorgung, wenn im Haveriefall die östlichen Brunnen des Wasserwerks Goldstein zur Trinkwasserversorgung nicht genutzt werden können. Mit der Errichtung der Entnahmebrunnen mit Infiltration Vogelschneise ist keine Fördererhöhung verbunden. Es werden lediglich die nach dem Bewirtschaftungskonzept vorgesehenen Fördermengen zur anteiligen Bedarfsdeckung verlagert.

Mit der Errichtung der Infiltration an der Tiroler Schneise als der Teil der geplanten Anlagen wird die im Bereich des Wasserwerks Goldstein bereitstehende Infiltrationskapazität um 300 m³/h (2,6 Mio. m³/a) deutlich gesteigert. Die Reaktionsmöglichkeiten auf Grundwasserstandsänderungen z.B. durch Witterungseinflüsse werden hierdurch signifikant verbessert. Insbesondere wird durch die neue Infiltration Tiroler Schneise sichergestellt, dass die Förderverlagerung zur den Brunnen Vogelschneise sich nicht nachteilig auf eine Änderung der Grundwasserstände im Bereich des Gehspitzweihers auswirkt. Auch kann damit die Grundwasserqualität gesichert werden. Insbesondere in Trockenperioden können diese Ziele mit dem beantragten Vorhaben zukünftig noch zuverlässiger erreicht werden. Die entsprechende Infiltrationsstrategie wurde in den durchgeführten Grundwassermodellrechnungen entwickelt. Demnach ist eine Infiltration von insgesamt bis zu 6,0 Mio. m³/a in Trockenperioden ausreichend, um die im wasserrechtlichen Bescheid vom 06.07.2005 festgesetzten Vorgaben zur Grundwasserbewirtschaftung gemäß der im Abschnitt 10.6 beschriebenen Bewirtschaftung vollständig einzuhalten (s. Kap. 10.6). Die berechneten Infiltrationsmengen sind durch den bestehenden wasserrechtlichen Bescheid abgedeckt.

10.11 Überwachungs- und Kontrollprogramm und wasserrechtliche Antragsgegenstände

Im Wasserrechtsbescheid für die Stadtwaldwasserwerke vom 06.07.2005 wurde ein umfangreiches Überwachungs- und Kontrollprogramm zum qualitativen und quantitativen Monitoring für Grundwasser, Rohwasser und Infiltrationswasser inkl. Berichtswesen festgesetzt. Zur gesteuerten Grundwasserbewirtschaftung mit Berücksichtigung der Steuerungsmechanismen zur Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen durch die Grundwasserentnahmen wurde ein Bewirtschaftungskonzept aufgestellt und fortgeschrieben. Das laufende Monitoring beinhaltet weiterhin Vitalitätsuntersuchungen ausgewählter Waldbestände.

Die Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise ergänzen lediglich die vorhandenen Anlagen zur Grundwasseranreicherung und –entnahme. Die im Kap. 10.6 näher ausgeführte gesteuerte Grundwasserbewirtschaftung vermeidet neue Beeinträchtigungen durch die geplante Grundwassernutzung. Darüber hinaus sind im näheren Umfeld der Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise wegen der großen Grundwasserflurabstände nachteilige Veränderungen in der ökologischen Standortsituation auszuschließen. Die Wechselwirkungen angrenzender Gewinnungen und deren Einzugsgebiete bleiben unverändert. Eine inhaltliche Erweiterung der im wasserrechtlichen Bescheid vom 06.07.2005 festgesetzten Überwachungs- und Kontrollprogramme ist daher nicht erforderlich. Mit der Aufnahme in die Liste der bescheidsrelevanten Anlagensystemdaten des Wasserrechtsbescheids vom 06.07.2005 (s.u.) werden die Entnahmebrunnen mit Infiltration Vogelschneise vollumfänglich in das laufende Überwachungs- und Kontrollprogramm gemäß Wasserrechtsbescheid mit aufgenommen.

Die Festsetzungen der Grundwasserstandsziele im Wasserrechtsbescheid vom 06.07.2005 erfolgten über Vorgaben zu Grundwasserständen an ausgewählten Messstellen, die die Tabelle zur Nebenbestimmung D.I.2.6 zeigt. An der Messstelle G03820 sind in dieser Tabelle keine

Richt-, Maßnahme- und Eingriffswerte festgesetzt. Richt-, Maßnahme- und Eingriffswerte sind nur an denjenigen Messstellen festgesetzt, die sich auf Grundwasserstände unter hinsichtlich der Grundwasserbewirtschaftung sensiblen Flächen beziehen.

Die Messstelle G03820 liegt bislang in einer Entfernung von rund 1,3 km zu den Brunnen Goldstein und erfüllt daher das Kriterium der Repräsentativität.

Die Messstelle G03820 liegt jedoch zukünftig in nur noch sehr geringer Entfernung zum Brunnen 1 an der Vogelschneise und wird unmittelbar durch den kurzzeitig variablen Brunnenbetrieb beeinflusst und ist daher nicht mehr zur repräsentativen Beurteilung des umliegenden Grundwasserstandsniveaus geeignet.

Daher ist es erforderlich, GWM G03820 mit oberen und unteren Korridorwert in der Tabelle zur Nebenbestimmung D.I.2.6 des Wasserrechtsbescheids vom 06.07.2005 mit Inbetriebnahme der Brunnen und Infiltrationsanlage Vogelschneise aus dem Wasserrechtsbescheid ersatzlos außer Kraft zu setzen.

Im Bereich der Entnahmebrunnen und Infiltration Vogelschneise und unter den südlich angrenzenden Flächen sind die Grundwasserflurabstände mit Ausnahme des Gehspitzweihers durchgängig über 10 m, so dass die Vorgabe eines Bewirtschaftungskorridors als Voraussetzung zur Vermeidung von Beeinträchtigungen in diesem Bereich nicht gesondert erforderlich ist. Zudem wird die Bewirtschaftungsaufgabe von den umgebenden Grundwassermessstellen mit Auflagen weiter hinreichend wahrgenommen. Die Überwachungsaufgabe wird weiterhin über flächendeckende Grundwassergleichenpläne im Monitoring lückenlos sichergestellt. Im weiteren Umfeld sind die Messstellen G03950 und G03810 mit oberen und unteren Korridorwerten belegt. Verträgliche Grundwasserstände am Gehspitzweiher werden durch die Regelungen für die Auflagemessstelle P51 gesondert gesichert.

Für Bau und Betrieb der Entnahmebrunnen und Infiltration sind deshalb nur marginale Anpassungen im Wasserrechtsbescheid für die Stadtwaldwasserwerke der Hessenwasser GmbH & Co.KG vom 06.07.2005 vorzunehmen. In der Anlage Auflistung der bescheidsrelevanten Anlagensystemdaten sind unter dem Wasserwerk Goldstein Gewinnungsanlagen die Brunnen Vogelschneise 1 bis 5 und unter Versickerungsanlagen die Sickerschlitze Tiroler Schneise 1 bis 3 aufzunehmen. Weiterhin sind im Bescheid die Grundwasserstandsauflagen an der GWM G03820 zu streichen.

Alle weiteren Festsetzungen im wasserrechtlichen Bescheid können unverändert bestehen bleiben.

Für die Errichtung der Brunnenanlage Vogelschneise und der Infiltrationsanlagen Tiroler Schneise mit der zugehörigen Rohwasser- und Infiltrationsleitung sind Ausnahmegenehmigungen von der Wasserschutzgebietsverordnung der Stadtwaldwasserwerke und der Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet „Grüngürtel und Grünzüge in der Stadt Frankfurt am Main“ erforderlich.

Brandt·Gerdes·Sitzmann
Umweltplanung GmbH

Darmstadt, den 25.05.2020 ~~29.10.2019~~ ~~26.10.2017~~ ~~18.01.2013~~

Dr.-Ing. M. Kämpf

Dipl.-Ing. E. Graf

Dipl.-Geoökol. A. Spinola

Dr. H. Pfletschinger-Pfaff

Literatur

ABKE, W.; KORPIEN, H.; POST, B. 1993: Belastung des Grundwassers im Abstrom von Gleisanlagen durch Herbizide, Vom Wasser, 81, 257-273, VCH, Weinheim, 1993

AKKAN, Z.; FLAIG, H.; BALLSCHMITER, K. 2003: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel in der Umwelt, Emissionen, Immissionen und ihre human- und ökotoxikologische Bewertung, Schadstoff und Umwelt Band 15, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2003

ARGE Wasser – Umwelt – Geotechnik 2005: Ausbau-/Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg, Stellungnahme zur Wassergüte des Niederschlagswassers von der Festen Fahrbahn, Westheim/Stuttgart/Ettlingen

BAST 2008: Betriebliche/Technische Aufgabenstellung der NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar, Stand 29.07.2008

BELOW, M.; FISCHER, R.; HETZEL, G.; AHLERS, C.; POMMERING, J. 2008: Ergebnisse der Untersuchungen zum Abflussverhalten von Niederschlägen in Gleisanlagen, EIK Eisenbahn Ingenieurkalender 2008, S. 301 – 317, Frankfurt

BGS WASSER 2003: Sicherstellung der Vorflut im Hessischen Ried

BGS UMWELT 2003: Kennzeichnende Grundwasserstände im Bereich der geplanten ICE-Neubaustrecke im Hessischen Ried (DB NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar) – Dokumentation und Bewertung, Projekt-Nr. 4116/02, Darmstadt, März 2003

BGS UMWELT 2009: DB Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar PA 2 und PA 3 Nord – Bemessungsgrundwasserstände für dezentrale Niederschlagsversickerung, Pr. 4155, Darmstadt, April 2009

BGS UMWELT 2009: ICE Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar, Gutachten zur Entwässerungswasserqualität, Pr. 4758, Darmstadt, Oktober 2009

BGS UMWELT 2010: BMBF-FuE-Vorhaben Auswirkungen des Klimawandels auf den Grundwasserhaushalt und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement, Pr. 4554, Abschlussbericht, Darmstadt, August 2010

BGS UMWELT 2014: Verlegung der Brunnen Goldstein - Standortfindung.

BGS UMWELT 2015: Grundwassermodellrechnungen zu den wasserrechtlichen Fragestellungen zum Wasserwerk Oberforsthaus im Frankfurter Stadtwald.

BGS UMWELT 2016a: Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe, hydrogeologische Erkundung Phase 1 (Kernbohrungen) - Dokumentation.

BGS UMWELT 2016b: Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe, hydrogeologische Erkundung Phase 2 (Kurzpumpversuch) - Dokumentation.

BGS UMWELT 2016c: Antragsunterlagen Wasserrechtsverfahren Brunnen der Stadtwerke Neu-Isenburg – Basisdaten.

BGS UMWELT 2017: Umbau Knoten Sportfeld, 2. Ausbaustufe - Verlegung der östlichen Brunnen des WW Goldstein, Dokumentation Langzeitpumpversuch.

BUWAL 2002: Entwässerungsverhalten und Schadstoffaustrag von Gleiskörpern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Umwelt-Materialien Nr. 149 Umweltgefährdende Stoffe, Bern

BREGY, P. 2004: Emissionen von Verbundstoff-Bremsklotzsohlen. Praktikumsbericht, SBB AG, Bern, S. 42

BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBodSchV) ~~vom 24.2.2012~~ (1999, letzte Änderung 2015)

CDM 2004: NBS Rhein/Main - Rhein/Neckar, Planungsabschnitt 3 – Hessen Süd, Hydrogeologisches Gutachten, Projekt-Nr. 10Q020148, Mühltal, August 2004

DEC 2005: Flumioxazin, Registration of Payload Herbicide; Sureguard Herbicide; and Broadstar Herbicide & Approval of Aerial Application for Valor Herbicie 3/05, New York State Department of Environmental Conservation, Division of Solid & Hazardous Materials, Bureau of Pesticides Management, Pesticide Product Registration Section, März 2005

DVWK Schriften 74 1985: Datensammlung zur Abschätzung des Gefährdungspotentials von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen für Gewässer, Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Heft 74, Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin

DWA-A 138 2005: DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Hennef, April 2005

EAWAG 2005: Gewässerschutz an Bahnanlagen, Emittierte Stoffe im Normalbetrieb der SBB sowie Grundlagen zu deren Umweltverhalten, Wasserforschungsinstitut ETH Zürich

FRESENIUS 2003: Langzeitstudie: Auswirkungen des Herbizideinsatzes im Gleisbereich der DB AG unter besonderer Berücksichtigung des Grundwasserschutzes (1993-1998), Institut Fresenius, Taunusstein, September 2003

GERDES, H., BERTHOLD, G., EULER, C., ERGH, M., HERGESELL, M., KÄMPF, M., MIKAT, H., ROTH, U. 2009: Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement. Schlussbericht

HESSENWASSER 2010a: ICE-NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar Planfeststellungsabschnitt 1 – Ersatzwasserbeschaffungskonzept für den Fall eine Havarie im Bereich des Wasserwerks Goldstein

HESSENWASSER 2010b: Schreiben der Hessenwasser vom 23.04.2010 zum Ersatzwasserbeschaffungskonzept Wasserwerk Goldstein

HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1980: Geologische Karte von Hessen 1:25.000, Blatt Nr. 5917 Kelsterbach, Wiesbaden 1980

HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1990: Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1:50.000, Wiesbaden 1990

HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2006: Hessischer Gewässergütebericht Fortschreibung Daten 2005, http://www3.hlug.de/medien/wasser/gewaesserguete/

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND BUNDESANGELEGENHEITEN 1994: Verwaltungsvorschrift zu § 77 des Hessischen Wassergesetzes für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenverunreinigungen im Hinblick auf den Gewässerschutz (Gw-VwV), 1994

H. P. GAUFF Ingenieure GmbH & Co. KG -JBG- 2016: Umbau Knoten Ffm – Sportfeld, 2. Ausbaustufe Erläuterungsbericht Brunnenanschlussleitung

HÖLTING, B., COLDEWEY, W.G. 2013: Hydrogeologie, Springer Spektrum, Heidelberg

INGE SCHÜßLER-PLAN/GRONTMIJ/BGS 2011: Planfeststellungsverfahren nach § 18 AEG S-Bahn-Anbindung Gateway Gardens Erläuterungsbericht zur Planfeststellung.

KÖLLE, W. 2003: Wasseranalysen – richtig beurteilt, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001

LAGA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen (LAGA M20) vom 6.11.2003

NADLER, A., MEISSNER E. 2009: Platzsparende Alternativen zur breitflächigen Versickerung, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2009 (56), Nr. 8

QUICK 2005: Geotechnisches Gesamtgutachten zum Bauvorhaben Deutsche Bahn AG, NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar, Prof. Dipl.-Ing. H. Quick Ingenieure und Geologen GmbH, Darmstadt

SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL P. 1992: Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

SOMMER, H. 2007: Behandlung von Straßenabflüssen - Anlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen - Neuentwicklungen und Untersuchungen -, Dissertation Universität Hannover.

SPANG 2008: Geotechnisches Gutachten (GGA) NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar Planungsabschnitt PA 1 Hessen Nord, Planfeststellungsabschnitt PFA 1.1 Strecke 4010 Frankfurt Stadion – Bf. Zeppelinheim – km 74,1 bis km 70,5; Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, Witten

SPANG 2008b: Umwelttechnisches Gutachten (UGA) NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar Planungsabschnitt PA 1 Hessen Nord, Planfeststellungsabschnitt PFA 1.1 Strecke 4010 Frankfurt Stadion – Bf. Zeppelinheim – km 74,1 bis km 70,5; Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, Witten

TRESKATIS C. 2017: Bohrbrunnen: Planung, Aubau, Betrieb, Deutscher Industrieverlag, München.

TRINKWASSERVERORDNUNG (TrinkwV) ~~vom 11.5.2011~~ in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. Januar 2018 (BGBl. I S. 99) geändert worden ist.

VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DES GRUNDWASSERS (GrwV) 2010v. 09.11.~~2010,~~ Bundesgesetzblatt 2010, Teil I nr. 56 v. 15.11.2010, S 1513 ff.; Änderung der GrwV am 04.05.2017, Bundesgesetzblatt 2017, Teil I nr. 24 v. 09.05.2017, S 1044 ff.

VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR ERFASSUNG, BEWERTUNG UND SANIERUNG VON GRUNDWASSERVERUNREINIGUNGEN (GWS-VwV) vom ~~16.2.2011~~ 28.09.2016, Staatsanzeiger für das Land Hessen, 17.10.2016, S. 1072 ff.

WASSERVERSORGUNG RHEIN-MAIN 2013: Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region.

WASSERVERSORGUNG RHEIN-MAIN 2016: Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region, Fortschreibung – Juli 2016.

WYGODA. H.-J., RAUTMANN, D., GANZELMEIER, H., ZWERGER, P., GEBAUER, S. 2006: Ergebnisse aus Abdriftmessungen mit einem Spritzzug, Nachrichtenblatt des Deut. Pflanzenschutzdienstes 58 (12), S. 323-326.

EISENBAHN-BUNDESAMT
AUSSENSTELLE