

**BAB A 66, Frankfurt/ M. – Hanau
Teilabschnitt Tunnel Riederwald**

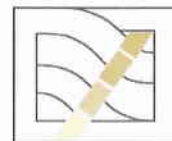
**Antrag auf temporäre Grundwasserentnahme zur
Trockenhaltung von Baugruben
gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 06.02.2007, Ziffer IV
– wasserrechtliche Beteiligung –**

- Allgemeiner Teil -

Auftraggeber: **Hessen Mobil**
Straßen- und Verkehrsmanagement
-Dezernat BA 22-
Planung und Bau Riederwaldtunnel
Westerbachstr. 73-79
60489 Frankfurt



Auftragnehmer: **DAS BAUGRUND INSTITUT**
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427
34128 Kassel
Tel.: 0561/ 96 99 40
kassel@dasbaugrundinstitut.de



Bearbeiter: Dipl.-Geol. E. Rose
Dipl.-Geol. J. Rose
Dipl.-Geol. T. Deichmann
Dipl.-Ing. O. Sens

Projekt Nr.: 011/12-5 G14 Rev07

Datum: 10.07.2017

Nachrichtlich Planfestgestellte
Unterlage Nr. 18

zum
Planfeststellungsbeschluss

vom 18.12.2019
Gz. VII-1 – 61-k-04 # 2.054g
Wiesbaden, den 19.12.2019

**Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie, Verkehr
und Wohnen**
Im Auftrág



Vincenzi
Vincenzi, Baudirektor



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	Allgemeiner Teil.....	4
1.1	Kurzfassung.....	4
1.2	Grundlagen.....	5
1.2.1	Bauvorhaben.....	5
1.2.2	Aufgabenstellung.....	7
1.3	Baugrundverhältnisse.....	9
1.3.1	Geologischer Rahmen.....	9
1.3.2	Baugrundsichtung.....	11
1.3.3	Hydrogeologie.....	14
1.4	Bemessungswasserstände.....	16
1.5	Grundwassermodell.....	18
1.6	Flächenfilter.....	21
1.6.1	Grundlagen.....	21
1.6.2	Funktionsfähigkeit des Flächenfilters bei höheren Wasserständen.....	25
1.6.3	Angaben zur Ausbildung des Flächenfilters.....	33
1.7	Berechnung der hydrogeologischen Bauphasen, gegenseitige hydrogeologische Beeinflussung der Baugruben und Auswirkungsbetrachtung.....	38
1.7.1	Voraussetzungen.....	38
1.7.2	Darstellung der berechneten hydrogeologischen Bauphasen.....	45
1.7.3	Gegenseitige Beeinflussung der zeitgleich geöffneten Baugruben.....	62
1.7.4	Hydrogeologischer Endzustand.....	64
1.8	Auswirkungen der Wasserhaltungsmaßnahmen der Einzelbaumaßnahmen (Sammler).....	66
1.9	Setzungsgefährdung.....	67
1.10	Qualität des Grundwassers.....	74
1.10.1	Bekannte Grundwasserverunreinigungen.....	74
1.10.2	Umweltchemische Untersuchungen.....	75
1.10.3	Bauchemische Eigenschaften.....	76
1.11	Berechnung der Strömungslinien.....	78
1.12	Grundwassermonitoring.....	80
1.12.1	Ergebnisse des Grundwassermonitoring vor Beginn der Baumaßnahme.....	82
1.12.2	Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme.....	86
1.13	Abfall- und Bodenmanagement.....	87
1.14	Verbleib des geförderten Grundwassers.....	87
1.15	Maßnahmen bei Havarie.....	89



ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage A Pläne und Tabellen

- Anlage A.1 Übersichtsplan mit Grundwassergleichen und Oberflächengewässern (1:5.000)
- Anlage A.2 Geol. Längsschnitte (Arcadis), Lageplan, Querschnitte (ergänzt durch HM)
- Anlage A.3 Gesamtterminplan Grundwasser (Hessen Mobil, 06.07.2017)
- Anlage A.4 Grafik Bemessungswasserstände (30.09.2013)
- Anlage A.5 Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen - Bauphasenberechnungen November 2016 (BGI, 10.07.2017)
- Anlage A.6 Lageplan Messbereich Beweissicherung (Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH, 16.07.2014)
- Anlage A.7.1 Berechnung der Setzungsgefährdung
- Anlage A.7.2 Darstellung der Ergebnisse der Setzungsberechnungen
- Anlage A.7.3 Lageplan mit Absenkbeträgen und Reichweiten
- Anlage A.7.4 Darstellung der Ergebnisse Setzungsberechnungen der Einzelbaumaßnahmen
- Anlage A.7.5: Lageplan denkmalgeschützte Häuser
- Anlage A.7.6: Prüfbericht Nr. IK 1444/02 (Prof. Dr.-Ing. Vogler)
- Anlage A.8 Bewertung der chemischen GW-Analysen nach Einleitrichtwerten (SEF)

Anlage B Berichte

- Anlage B.1 Geotechnisches Gesamtgutachten Tunnel und Trogbauwerke, (Vorabzug) (ELE, 02.09.2015)
- Anlage B.2 Strömungsmodell Riederwaldtunnel, Dokumentation Modellanpassung Schadstoff-fahren (BGI, 30.10.2014)
- Anlage B.3 Ableitung von Bemessungswasserständen (BGI, 30.09.2013)
- Anlage B.4 Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen zur Dimensionierung des Flächenfilters (BGI, 24.04.2013)
- Anlage B.5 Angaben zur Ausbildung des Flächenfilters (BGI, 18.06.2013)
- Anlage B.6 Stellungnahme zur Bewertung der Setzungsgefährdung, (BGI, 11.12.2014)
- Anlage B.7 Stichtagsmessungen Arcadis, Februar 2014 – September 2016
- Anlage B.8 Stellungnahme zur Anbindung der „Teiche am Erlenbruch“ an den Grundwasserleiter (BGI, 25.02.2016)



1 Allgemeiner Teil

1.1 Kurzfassung

Durch den Bau des Riederwaldtunnels und der erforderlichen Verlegung der bestehenden Sammler werden temporäre und dauerhafte Eingriffe in das Grundwasser erforderlich. Ziel dieses Berichtes ist die Herstellung des wasserrechtlichen Einvernehmens gemäß Wasserhaushaltsgesetz durch den Nachweis, dass die Baumaßnahme zu keinen negativen Beeinflussungen der natürlichen Grundwasserfließverhältnisse führt.

Zur Darstellung der durch die Bautätigkeit resultierenden Auswirkungen wurde zunächst ein Grundwassermodell für die Ausgangssituation erstellt. Nach Anerkennung des Modells durch die Fachbehörde wurden die Grundwasserveränderungen (Differenzenpläne), Entnahmemengen sowie Schadstoffverläufe (Strömungsbahnen) für jede hydrogeologische Bauphase sowie den Endzustand berechnet.

Aus den Berechnungen resultiert **während der Bauzeit** als **maximale Absenkung** am Spundwandverbau ein Betrag von **1,20 m** (hydrogeologische Bauphase 4), in 90 m Entfernung noch ca. 0,5 m. Als **maximaler Aufstau** wurde nördlich der „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ ein Wert von **0,25 m** (hydrogeologische Bauphase 2) ermittelt.

Für den **Endzustand** ist (bei einem 1-m mächtigen Flächenfilter mit einer Durchlässigkeit von 1×10^{-3} m/s) eine maximale Grundwasserveränderung **von 0,20 m Absenkung** südöstlich des VGF-Geländes zu erwarten. Der berechnete **maximale Aufstau** beträgt **0,05 m**. Die für die Bauwasserhaltung kalkulierte **Gesamtentnahmemenge** beträgt (inkl. Sammlerbau) **ca. 522.200 m³**.

Die Möglichkeiten einer Versickerung des geförderten Grundwassers wurden untersucht und als nicht umsetzbar angesehen. Stattdessen ist die Einleitung des ggf. aufbereiteten Wassers in den Kanalbestand geplant.

Baubegleitend wird das großräumige Grundwassermonitoring mit hydraulischen und umweltchemischen Untersuchungen fortgesetzt. Für die Sammler und Tunnelbaugruben wird jeweils mit Beginn der Wasserhaltung ein kleinräumiges Grundwassermonitoring durchgeführt.

Eine Verschleppung der Schadstoffbahnen ist nach den Berechnungsergebnissen aufgrund der geringen Abweichung der Strömungsbahnen innerhalb des relevanten Bauzeitraumes von 10 Jahren nicht zu erwarten.



1.2 Grundlagen

1.2.1 Bauvorhaben

Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Standort Frankfurt, plant im Auftrag der Bundesrepublik Deutschland den Neubau eines Verlängerungsabschnitts der Bundesautobahn BAB A 66 Frankfurt am Main – Hanau im Bereich der östlichen Stadtteile der Stadt Frankfurt am Main (vgl. Anlage A.1).

Als Netzergänzung soll hier die Lücke zwischen dem provisorischen Autobahnende am Hessen-Center (AS Frankfurt Bergen-Enkheim) und der BAB A661 Ostumgehung Frankfurt geschlossen werden. Für die Ostumgehung Frankfurt soll der Straßenkörper des unter provisorischem Verkehr (4+0) stehenden Streckenabschnittes in beide Fahrrichtungen in den Endzustand versetzt werden.

Die für den Lückenschluss vorgesehene Trasse von ca. 2.800 m Länge verläuft durch bebautes innerstädtisches Gebiet, daher ist ein ca. 1.100 m langes Tunnelbauwerk geplant (s. Abbildung 1).

Von Westen nach Osten lässt sich die gesamte Maßnahme in die folgenden Bereiche einteilen:

AD Erlenbruch

Kreuzungsbauwerk mit Verkehrsführungen in drei Ebenen. Das Kreuzungsbauwerk befindet sich bereits in der Bauausführung (Baugrube E1).

Tunnel Riederwald

Länge der Nordröhre ca. 1.025 m, Länge der Südröhre ca. 1.095 m, zu errichten in offener Bauweise. Die Gründungssohle des Rahmenbauwerkes liegt am Westportal ca. 8,5 m, in Tunnelmitte ca. 10,7 m und am Ostportal ca. 7,3 m unter Geländeoberfläche.

Trogbauwerke

Trog West: ca. 400 m lang,

Trog Ost: ca. 360 m lang.

AS Borsigallee

Länge ca. 750 m, ersetzt die heutige AS Frankfurt Bergen-Enkheim (ist nicht Gegenstand des vorliegenden Antrages).

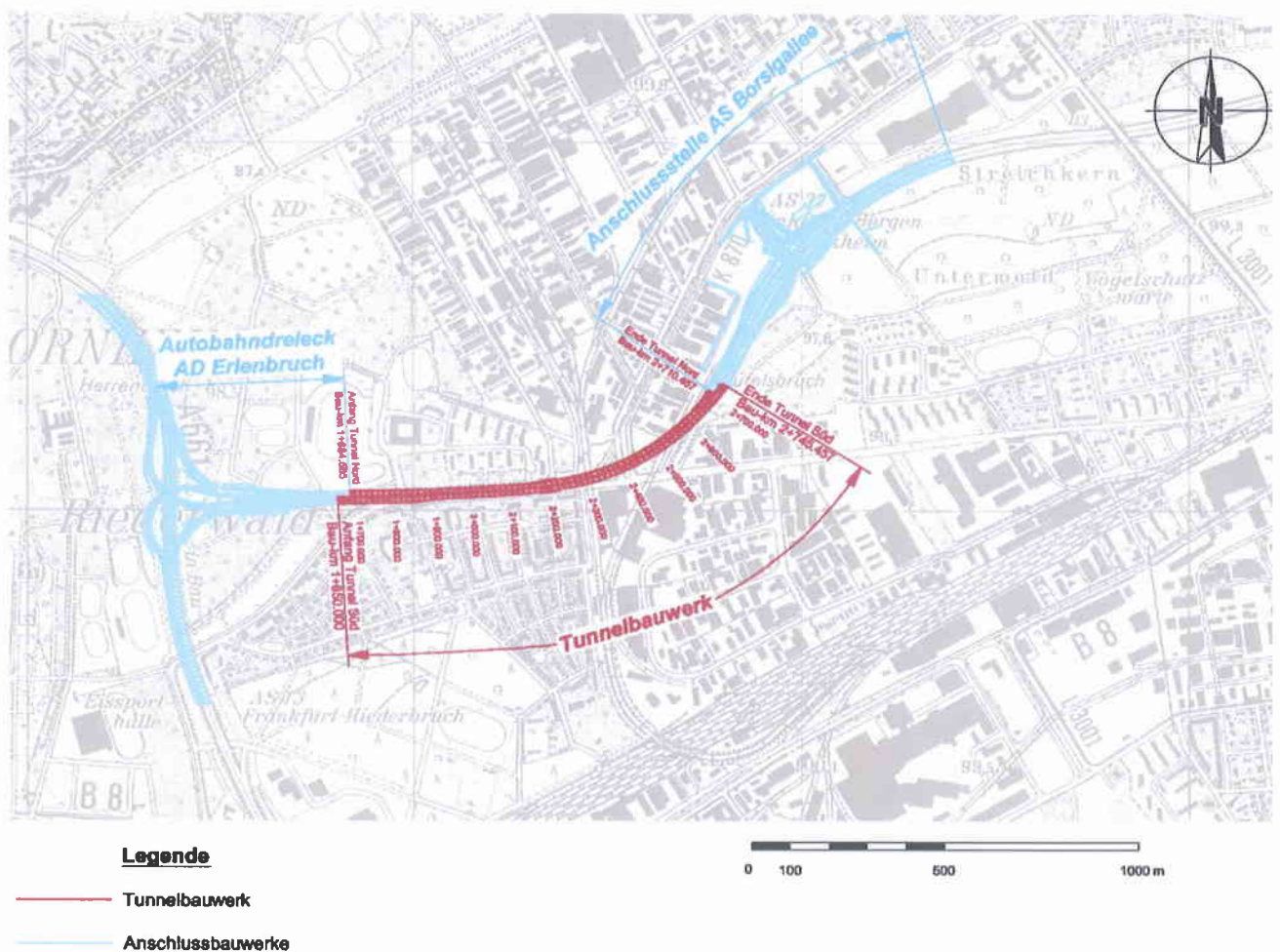


Abbildung 1: Übersichtsplan Tunnelbauwerk

Die Baumaßnahmen bedingen außerdem die Verlegung von Seckbach-, Süd- und Nordsammler innerhalb des städtischen Mischwasserkansystems sowie den Bau der Leitungsbrücken („Gleisdreieck“, „Lahmeyerstraße“ und „Borsigallee“), der „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ (Verbau zwischen Tunnel und Nordsammler) sowie der + „Bohrpfahlwand Nothaltebucht“ (BG T4) und den Bau des Betriebsgebäudes.

Vom westlichen Kreuzungsbauwerk AD Erlenbruch bis zur östlich gelegenen AS Borsigallee steigt das Gelände von ca. +97 m NN auf ca. +101 m NN an. Die Topografie ist eben und der oberflächennahe Bereich ist überwiegend anthropogen beeinflusst. Die BAB A 661 verläuft von Norden nach Süden in Dammlage ca. 5-6 m über dem Gelände.

Die Trogbauwerke sind landschaftlich und städtebaulich so eingebunden, dass der natürliche Geländehorizont möglichst erhalten bleibt. Die Bauwerke verlaufen aus verkehrstechnischen, hydrologischen und wirtschaftlichen Gründen möglichst oberflächennah.



1.2.2 Aufgabenstellung

Der Bau und Betrieb des oben genannten Tunnelbauwerks stellt gemäß WHG § 9 (1) Nr. 5 („Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser“) und § 9 (2) Nr. 1 („das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder geeignet sind“) einen erlaubnispflichtigen Tatbestand dar. Mit Punkt IV. „Wasserrechtliche Entscheidungen“, Nr. 1, des Planfeststellungsbeschlusses vom 06.02.2007, Az.: V2-A-61_k-04#(2.054) [1], wurde bereits die widerrufliche wasserrechtliche Erlaubnis erteilt, „den Tunnel in dem Grundwasser einschließlich der abschnittweisen Grundwasserdükerung und der Anlage eines Flächenfilters herzustellen.“ Konkrete Unterlagen zur Ausführungsplanung sind Bauabschnittsweise mindestens drei Monate vor Beginn der Grundwasserhaltungen der unteren Wasserbehörde vorzulegen.

Das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel wurde mit der Erstellung des Antrages auf temporäre Grundwasserentnahme zur Trockenhaltung von Baugruben im Rahmen der Baumaßnahme Riederwaldtunnel in Frankfurt am Main gem. § 8 WHG, Stadt Frankfurt am Main, Umweltamt - Merkblatt Grundwasserhaltung -Stand 05/2015 zur Herstellung des wasserrechtlichen Einvernehmens und Aufhebung des Vorbehaltes gem. [1] beauftragt.

In dem hier vorliegenden übergeordneten, allgemeinen Teil des Erläuterungsberichts zum Genehmigungsantrag wird die komplette Baumaßnahme beschrieben. Es wird dargestellt, durch welche Maßnahmen die Änderung der natürlichen Fließverhältnisse oder negative Beeinflussungen durch die erforderlichen Grundwasserhaltungsmaßnahmen während der Bauphase verhindert bzw. auf ein vertretbares Maß minimiert werden. Darüber hinaus soll der Nachweis erbracht werden, dass auch das fertiggestellte Tunnelbauwerk keinen nachteiligen Einfluss auf die natürlichen Grundwasserverhältnisse darstellt.

Zu diesem Zweck wurde ein großräumiges Grundwassermodell erstellt, auf dessen Basis zahlreiche Berechnungen z. B. zur notwendigen Durchlässigkeit des Flächenfilters, zu den Grundwasserständen während der verschiedenen Bauphasen, die zu erwartenden Grundwasserentnahmemengen aus den Tunnelbaugruben, der prognostizierte Verlauf bekannter Schadstofffahnen usw. durchgeführt wurden. Diese Modellberechnungen werden unter dem jeweiligen Kapitel näher beschrieben und erläutert.

Gemäß „Protokoll zur Besprechung vom 08.09.2014 zum weiteren Vorgehen Wasserrechtsanträge“ [U90] wurde für die weitere Erarbeitung der wasserrechtlichen Genehmigungen eine Gliederung zwischen einem allgemeinen und einem spezifischen Teil vorgenommen und die Inhalte des allgemeinen Teils wie folgt festgelegt:



- Berechnung der hydrogeologischen Bauphasen auf Grundlage des mit den Wasserbehörden abgestimmten Grundwassermodells nach Anpassung an die Schadstofffahnen
- Darstellung der berechneten Strömungsbahnen zu den Schadstoffen im Grundwasser für die einzelnen hydrogeologischen Bauphasen
- Erläuterung der gegenseitigen Beeinflussungen der einzelnen Baumaßnahmen
- Beschreibung des Flächenfilters und seiner Eigenschaften
- Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse sowie der Boden- und Baugrundverhältnisse
- Auswirkungsbetrachtung der Grundwasserhaltung auf Gebäude, Bauwerke, Einrichtungen oder sonstiger Gegenstände mit Setzungs- und Hebungsrechnungen und ggf. Grundbruchsicherungen (Pkt. 3.3 des Merkblattes des RP)
- Prüfung von Versickerungsmöglichkeiten (Teilmengen, Gesamtmenge) im Umfeld der Maßnahme
- Darstellung der Bemessungswasserstände
- Darstellung der großräumigen Grundwasserverunreinigungen
- Darstellung der großräumigen Überwachungsmaßnahmen (Grundwassermonitoring)
- Darstellung bekannter Bodenverunreinigungen, Hinweise aus dem Altlastenkataster
- Durchführung einer allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalles gem. § 3c UVPG bezogen auf die hydrogeologischen Bauphasen
- Darstellung des Gesamtbauplanes.

In den einzelmaßnahmenbezogenen spezifischen Teilen der Wasserrechtsanträge (je Sammler, je Leitungsbrücke und je Tunnelbaugrube ein separater Antrag) erfolgt die Beschreibung des geplanten Bauablaufs der Einzelbaumaßnahme des jeweils konkreten Bauabschnitts, die Ermittlung von Grundwasserentnahmemengen und Reichweite der Absenkung, die konzeptionelle Beschreibung des kleinräumigen Grundwassermonitorings sowie die Zusammenstellung der in Anspruch genommenen Flächen gemäß Merkblatt zur Grundwasserhaltung. Diese Zusammenstellung ist nicht Teil dieses Berichts.

Zur Beantragung der Erlaubnis zur Grundwasserentnahme für jede Teilmaßnahme (z. B. Sammler oder Tunnelbaugrube) sind die spezifischen Teile jeweils gemeinsam mit dem hier vorliegenden Allgemeinen Teil zu prüfen.

Mit Stand vom 02.04.2015 wurde der „Wasserrechtsantrag – Allgemeiner Teil“ mit allen Anlagen erstmals bei der oberen Wasserbehörde (Regierungspräsidium Darmstadt Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt) eingereicht. Die Ergebnisse der Vollständigkeitsprüfung des RP Darmstadt liegen mit Vermerk vom 18.06.2015 (Az.: IV/F 41.1-79e16/04-SEF-) vor und wurden bereits in der Überarbeitung (011/12-5 G14 Rev04 vom 20.04.2016) berücksichtigt.



Seit Abgabe der letzten Fassung des Wasserrechtsantrages (Allgemeiner Teil) im April 2015 haben sich planerische Änderungen im Bauablauf sowie teilweise Änderungen der Planung bzgl. des Baugrubenverbaus ergeben. Die Sammler und Leitungsbrücken sollen nun zuerst realisiert werden, wodurch sich hydrogeologisch günstigere Verhältnisse durch eine geringere Anzahl von zeitgleich wirksamen Grundwassersperrern ergeben. Dies hatte eine Anpassung von Gesamtterminplan und die Änderung von vorher 6 auf nun 7 hydrogeologische Bauphasen mit den entsprechenden Neuberechnungen zur Folge. Darüber hinaus ist die Grundwassersituation mit fertiggestelltem Tunnelbauwerk und funktionsfähigem Flächenfilter im Endzustand dargestellt.

Nach Prüfung des Antrages (Allgemeiner Teil, 011/12-5 G14 Rev04 vom 20.04.2016) und erneuter Anpassung des Bauablaufs (Gesamtterminplan Stand: 14.09.2016) und der Ausführungsplanung (Ausführung des Baugrubenverbaus im Bereich der Baugrube T4) erfolgte im November 2016 die erneute Berechnung der hydrogeologischen Bauphasen 2 bis 7 sowie des Endzustands (hydrogeologische Bauphase 8). Die Ergebnisse der Neuberechnungen sind in der hier vorliegenden Überarbeitung des Wasserrechtsantrages (Allgemeiner Teil) berücksichtigt. Die Verzögerungen des Baubeginns haben zu einer erneuten Anpassung des Gesamtterminplans Grundwasser geführt (Stand nunmehr: 06.07.2017), die jedoch keinerlei Auswirkung auf die hydrogeologischen Bauphasen hat und keine Neuberechnung erforderte.

Erneute Veränderungen im Bauablauf der Gesamtbaumaßnahme Riederwaldtunnel, bzw. neue Erkenntnisse zu geohydraulischen Gegebenheiten werden der UWBB mitgeteilt und es wird falls erforderlich eine neue Modellierung zur Entscheidung vorgelegt.

1.3 Baugrundverhältnisse

1.3.1 Geologischer Rahmen

Das Projektgebiet befindet sich östlich von Frankfurt-Bornheim im Mainzer Becken am Nordostrand der großtektonischen Grabenstruktur des Rheintalgrabens in der nahezu ebenen Niederung des Erlenbruches [U38]. Die tertiären Böden und das tief unter Gelände anstehende Grundgebirge sind tektonisch beansprucht.

Unterhalb der künstlichen Auffüllungen trifft man gemäß [U38] auf quartäre Deckschichten, deren Dicke in Abhängigkeit der geomorphologischen Struktur zwischen 2,0 m und 10,0 m variieren kann, überwiegend jedoch ca. 5,0 m beträgt. Die quartären Deckschichten setzen sich im Projektgebiet überwiegend aus holozänen Schluffen und Sanden und den unterhalb angeordneten pleistozänen sandig-kiesigen Schotterterrassen zusammen.

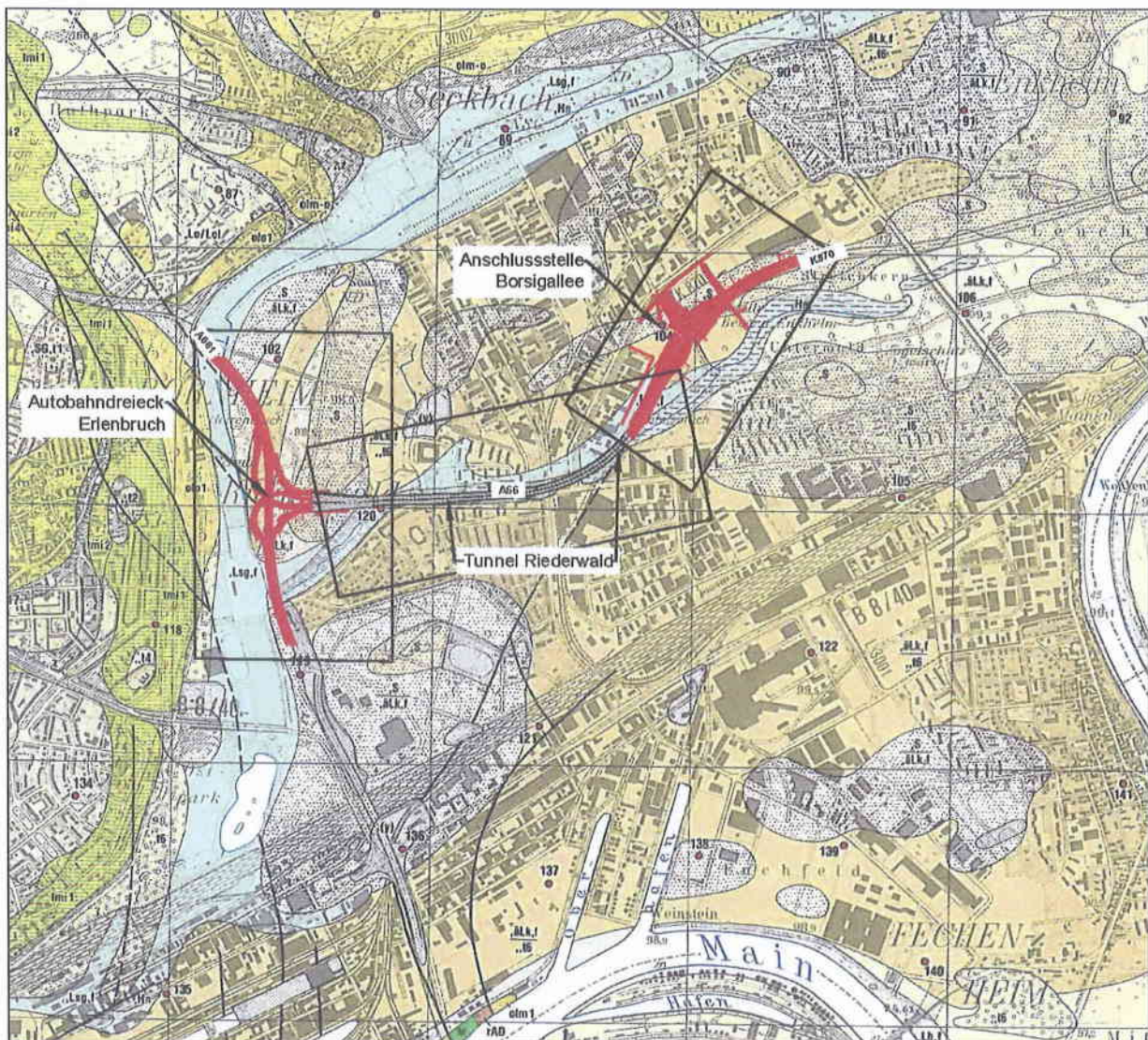
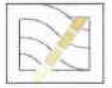
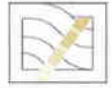


Abbildung 2: Geol. Karte [U38] mit Baumaßnahme

Unterhalb des Quartärs stehen im Projektgebiet bis zu 90 m mächtige tertiäre Ablagerungen in Form von Rupelton an. Der Rupelton ist durchgängig ausgebildet und setzt sich zumeist aus einer monotonen Abfolge von plastischen Tonen zusammen, in die nur wenige dünne Sandlagen/Kalksteinlagen eingeschaltet sind.

Der generelle Schichtaufbau wird von Arcadis in [U29 und U78] wie folgt beschrieben:

Das Untersuchungsgebiet liegt im Frankfurter Osten im Stadtteil Riederwald. Die geplante Tunneltrasse befindet sich im Bereich eines ehemaligen Altlaufes des Mains. Der Main änderte vielfach seine Lage mit einem stark mäandrierenden Flusslauf; auch der Riedgraben nördlich des Untersuchungsgebietes von Bergen-Enkheim bis Riederwald ist ein ehemaliger Mainarm.



Demnach stehen unter den anthropogenen Auffüllungen oberflächlich die Ablagerungen des ehemaligen Mainlaufs in Form von holozänen und pleistozänen Auelehm- und Hochflutlehmlagerungen an. Bei den neuzeitlichen Füllungen der Altläufe haben sich auch torfige Ablagerungen ausgebildet (Abbildung 2, hellblaue Bereiche). Dabei deuten schon die Flurbezeichnung „Teufelsbruch“ und der Straßename „Am Erlenbruch“ auf ein Gebiet mit torfigen Ablagerungen im Untergrund hin.

Unter den lehmigen Deckschichten sind überwiegend pleistozäne Terrassensande und -kiese des Mains unterschiedlicher Ablagerungsperioden in wechselnder Zusammensetzung von kiesigen Sanden bis z. T. steinigen Kiesen vorhanden.

Unterlagert werden die quartären Deckschichten von marinen Ablagerungen des Tertiärs in Form von Rupelton, Cyrenenmergel und Schleichsand. Die tertiären Tone weisen im Frankfurter Raum eine Mächtigkeit von über 100 m auf und bestehen aus einer Schluff- und Mergelfolge mit z. T. hohem Feinkorngehalt bzw. Feinsandlagen. Des Weiteren können in die tertiären Tone Kalkstein- und Mergelsteinlagen sowie Braunkohlelagen eingeschaltet sein.

Das Liegende bilden Schluffstein-/Tonstein-/Sandstein-Wechselagerungen des Rotliegenden, die im großräumigen Untersuchungsgebiet vereinzelt im Untergrund horstartig aufragen.

1.3.2 Baugrundsichtung

Die Baugrundsichtung wird von Arcadis in [U29 und U78] wie folgt beschrieben:

„Folgende Schichten wurden auf Basis der Ergebnisse der Baugrunderkundung und Auswertung der Altuntersuchungen erkundet. Nachfolgend sind die für den Tunnelabschnitt maßgebenden Bodenschichten und deren mittlere Mächtigkeit zusammengestellt.“

Auffüllung: (Schicht 1)	anthropogene Aufschüttungen und aufgefüllter Oberboden Mächtigkeit: 0,4 – 5,7 m
Auelehm/ Hochflutlehm: (Schicht 2.1)	holozäne und pleistozäne Ablagerungen des Mains Mächtigkeit: 0,15 – 3,1 m
Torf/ org. Schluff: (Schicht 2.2)	holozäne organische Ablagerungen Mächtigkeit: 0,25 – 3,05 m
Terrassensande und -kiese: (Schicht 2.3)	pleistozäne Ablagerungen des Mains Mächtigkeit 0,2 – 6,0 m



Schleichsande: tertiärer Sand und Schluff
(Schicht 3.1b) Mächtigkeit 0,35 – 6,0 m

Cyrenenmergel: tertiärer Ton und Mergel
(Schicht 3.1a) Mächtigkeit 0,3 – 5,0 m

Rupelton: tertiärer Ton
(Schicht 3.2) Mächtigkeit 0,5 – >10,0 m

Kalkstein- und Mergel-
steineinlagerungen: Kalkstein/ Mergelsteinbank in Cyrenenmergel und Rupelton
(Schicht 3.3) eingeschaltet
Mächtigkeit 0,1 – 0,4 m

Schluffstein-/ Tonstein-
wechselfolge mit Sand-
steineinlagerungen:
(Schicht 4) Mächtigkeit: >16,8 bis ca. > 45 m unter GOK“

Der geologische Aufbau ist in den geologischen Schnitten aus [U29, bzw. U78] in zwei geotechnischen Längsschnitten und drei geotechnischen Querschnitten dargestellt und dem Bericht als Anlage A.2 beigelegt.

Die Ausweisung von Homogenbereichen mit Zuweisung der charakteristischen Bodenkennwerte [U120] erfolgte durch ELE Beratende Ingenieure GmbH (ELE) anhand einer Grundlagenprüfung und Sichtung ([U47] und [U81]) sämtlicher vorliegender Gutachten und Berichte.

**Tabelle 1: Charakteristische Bodenkennwerte gem. ELE (Anlage B.1)**

Hauptbodenart	Schicht- nummer	Feucht- wichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungs- winkel	Kohäsion	undr. Kohäsion	Durchlässig- keit	Steifemodul für die Erstbelastung
		[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m/s]	[MN/m²]
		γ	γ'	φ	c	c_u	k_f	E_s
Auffüllung	1	18-20	8-10	25-30	0	-	1×10^{-10} - 4×10^{-4}	5-20
Auelehm	2.1	18-20	8-10	22,5-27,5	5-0	25	1×10^{-7} - 5×10^{-8}	5-10
Torf	2.2	11-15	1-5	12-15	5-0	-	5×10^{-10} - 5×10^{-6}	1-5
Lösslehm	2.4	18-19	9-10	25,0-27,5	5-0	-	5×10^{-8} - 1×10^{-6}	5-10
Terrassensande / -kiese	2.3	18 - 20	10-12	30-35	0	-	5×10^{-11} - 1×10^{-5}	30-50
Schleichsand	3.1b	19-21	9-11	22,5-30	5-0	-	1×10^{-8} - 5×10^{-5}	30-60
Cyrenenmergel	3.1a	19-20	9-10	17,5-22,5	15-10	100-150	1×10^{-10} - 1×10^{-7}	0-5 m u OK Tertiär = 18 5-10 m u OK Tertiär = 37 10-20 m u OK Tertiär = 66
Rupelton	3.2	19-20	9-10	17,5-22,5	15-10	100-150	1×10^{-10} - 1×10^{-7}	0-5 m u OK Tertiär = 18 5-10 m u OK Tertiär = 37 10-20 m u OK Tertiär = 66

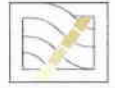
Die beschriebenen Hauptbodenarten wurden daraufhin in die Bodengruppen nach DIN 18196 und die Bodenklassen nach DIN 18300, DIN 18301 bzw. DIN 18319 bzw. die Frostepfindlichkeit nach ZTV E-StB 09 eingestuft (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2: Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeit**

Bodenschicht	Bodengruppe	Bodenklasse			Frostempfindlichkeit
	DIN 18196	DIN 18300	DIN 18301	DIN 18319	ZTV E-StB 09
Oberboden	OH, OU	1	BO1, BN 1-2	nicht maßgebend	F2, F3
Auffüllung	A [GE, GW, GU, GU*, SU*, TL, TM]	1 - 5	BN1, BN2, BB2, BB3, BS1	LNE1 - LNE3, LN1 - LN 3, LNW1 - LNW3, S1 - S4, LBM1 - LBM3,	F1 - F3
Auelehm	UL, UM, TL, TM, (OU)	3 - 4	BB2	LBM1, LBM2, LBO1	F3
Torf	HN, HZ, (OU, OT)	2, 3, (4)	BO1, BO2	LO	F3
Lösslehm	UL, UM, TL, TM	3 - 4	BB2	LBM1, LBM2, LBO1	F3
Terrassensande / -kiese	GW, GU, SW, SU, (GU*, SU*, GE, SE)	3, 4	BN1, BN2, BS1 - BS4	LNW1 - LNW3, LN1 - LN3, LNE1 - LNE3, S1 - S4	F1 (F2)
Schlechtsand	SE, SU, SU*(TL, TM, OH)	2, 3, 4	BN1, BN2, (BB2)	LNE2, LNE3, LBM2	F1, F2, F3
Cyrenenmergel	TM, TA, (TL),	4, 5	BB2, BB3, (BB4), (FV1, FD1, FD2)	LBM1, LBM2, FZ1, FZ2, P1, P2	F2, F3
Rupelton	TM, TA (TL, SU*, ST*),	4, 5, (6)	BB2, BB3, (BB4), (FV1, FD1, FD2)	LBM1, LBM2, FZ1, FZ2, P1, P2	F2, F3
Kalkstein/Mergelstein Wechselagerungen	-	6, 7	FV1, FV2, FD1 - FD3	FZ1, FZ2	Nicht maßgebend
Schluff-/Tonstein, Sandstein-Wechselfolge	-	6, 7	FV1, FV2, FD1 - FD3	FZ1, FZ2	Nicht maßgebend

1.3.3 Hydrogeologie

Der nächstgelegene offene Vorfluter im Untersuchungsgebiet ist der ca. 100 m südwestlich des westlichen Tunnelportals gelegene Graben an der Straße „Am Erlenbruch“, der die drei Seen verbindet. Nördlich des Riederwaldstadions verläuft auf ca. 400 m Länge in Nord-Süd-Richtung der „Namenlose Graben“. Bei ca. Bau-km 3+500 beginnt der Graben im Teufelsbruch und verläuft unmittelbar südlich des Tunnelbauwerkes bis zur Wächtersbacher Straße (ca. Bau-km 2+500). Von Enkheim führt der Riedgraben westlich der BAB A 661 über das Seckbacher Ried am FSV-Stadion vorbei zum Ostparkweiher. Den großräumigen Hauptvorfluter stellt der ca. 2 km südlich und östlich



des Einzugsgebietes mäanderartig verlaufende Main dar (vgl. Übersichtslageplan, Anlage A.1).

Die nördliche Begrenzung des hydrologischen Untersuchungsgebietes bildet die ca. 3 km nördlich des Tunnels verlaufende Grundwasserscheide zwischen Main und Nidda.

Für den quartären Grundwasserleiter ist von einer etwa von Norden in südliche Richtung bzw. südlich bis südwestliche Richtung (vgl. [U29] und [U35]) verlaufende Grundwasserfließrichtung auszugehen.

Die relativ gut wasserdurchlässigen quartären Terrassenkiese und -sande bilden im Untersuchungsgebiet den oberen Hauptgrundwasserleiter. Das Grundwasser steht hier teilweise (z. B. im Teufelsbruch) ca. 0,2 m, im Bereich des Tunnels bis 2 m unter der Geländeoberkante bei ca. 96,00 bis 97,00 m NN an (siehe Grafik Bemessungswasserstände, Anlage A.4 sowie Grundwassergleichenplan, Anlage B.2). Eine Ausnahme bildet das Grundwasserhoch im Bereich des ehemaligen VGF-Geländes, zu erkennen an den dicht aneinander liegenden Grundwassergleichen (vgl. auch Abbildung 3). Durch besondere hydrogeologische Verhältnisse liegen die Grundwasserstände hier bei bis zu 97,40 m NN.

Durch die gering wasserdurchlässigen lehmigen Deckschichten ist das Grundwasser bereichsweise gespannt und es kann regional schwebendes Schichtwasser auftreten. Die gering bis sehr gering wasserdurchlässigen tertiären Tone bilden den Grundwasserstauer im Liegenden.

In den Kalkstein- und Mergelsteineinlagerungen und evtl. sandigen Schichten innerhalb der tertiären Formationen zirkuliert Grundwasser und bildet ein 2. Grundwasserstockwerk. Dieses steht zumindest großräumig mit dem quartären Grundwasserleiter in hydraulischer Verbindung und weist einen entsprechenden Wasserdruckspiegel analog der Wasserführung in den quartären Sanden und Kiesen auf.

Nach [U29] ist aufgrund der Entfernung der geplanten Baumaßnahme zum Main kein Grundwasserrückstau infolge Main-Hochwasser bis in die Baubereiche zu erwarten. Die Mainwasserstände bei Mittelwasserabfluss (95,3 m NN Main-km 39 bzw. 95,46 m NN bei Main-km 47) liegen tiefer als die Grundwasserstände im Projektgebiet (96-97 m NN).

Die Mainwasserstände bei einem mittleren (10-jährlichen) Hochwasser liegen für den Pegel am Frankfurter Osthafen (Main-km 37,60) bei 94,44 m NN (Quelle: Hochwasserrisikomanagementplan für den Main in Hessen, Stand: Mai 2015).

Das Projektgebiet liegt außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten.



1.4 Bemessungswasserstände

Zur Ermittlung der Bemessungswasserstände für die Baumaßnahme (gem. DIN 18195-1: „höchster, nach Möglichkeit aus langjähriger Beobachtung ermittelte Grundwasserstand / Hochwasserstand“) wurden im Projektgebiet die Grundwasserstandsdaten von 60 Grundwassermessstellen erfasst und ausgewertet (siehe Anlagen A.4 und B.3).

- Minimale Wasserstandswerte (quartärer Grundwasserleiter): 94,47 – 97,26 m NN
- Maximale Wasserstände (quartärer Grundwasserleiter): 96,04 – 98,46 m NN
- berechnete Mittelwerte je Messstelle: 95,66 – 97,54 m NN

Die Ableitung der nachbauzeitigen Bemessungswasserstände, unterhalb derer alle Bauteile waserdicht und auftriebssicher hergestellt werden müssen, folgte über einen pauschalen Sicherheitszuschlag von 1,5 m auf die berechneten Wasserstandsmittelwerte. Folgende Bemessungswasserstände wurden ermittelt:

AD Erlenbruch, Tunnel Riederwald und AS Borsigallee

Wasserstandsmittelwerte: 95,66 – 97,54 m NN
Sicherheitszuschlag: 1,5 m
Bemessungswasserstände: 97,16 – 99,04 m NN.

In der weiteren Planung sollten folgende **nachbauzeitige Bemessungswasserstände** für die Auftriebssicherheit und den **Endzustand** zugrunde gelegt werden:

AD Erlenbruch

Baugrube E1:
Bemessungswasserstand: 98,80 m NN

Ca. Bau-km 1 + 245 bis Trog West:
Bemessungswasserstand: 99,00 m NN

Tunnel Riederwald

ca. Bau-km 1 + 620 bis 2 + 745
Bemessungswasserstand: 98,00 m NN

AS Borsigallee inkl. Trog Ost

ca. Bau-km 2 + 745 bis 3 + 250
Bemessungswasserstand: 98,50 m NN.

Seckbachsammler

Bemessungswasserstand: 98,80 m NN

Nordsammler:AD Erlenbruch (westlicher Abschnitt Nordsammler bis Schacht 6)

Bemessungswasserstand: 99,00 m NN

Tunnel Riederwald und AS Borsigallee (östlicher Abschnitt Nordsammler)

Bemessungswasserstand: 98,00 m NN

Südsammler

Bemessungswasserstand: OK Gelände

Für die o. g. Bemessungswasserstände kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass bei zukünftigen extremen Witterungslagen die Bemessungswasserstände bereichsweise überschritten werden. Durch geeignete technische Maßnahmen ist auch für diesen Fall die Auftriebssicherheit zu gewährleisten.

Als **bauzeitiger Bemessungswasserstand** für Verbaumaßnahmen und Bauzustände wurden nach Abstimmung mit Hessen Mobil die folgenden Werte festgelegt:

AD Erlenbruch und Trog West

Bemessungswasserstand: 97,90 m NN (bauzeitig)

Tunnel Riederwald, Trog Ost und AS Borsigallee

Bemessungswasserstand: 97,20 m NN (bauzeitig)

Seckbachsammler:Los 1

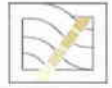
Bemessungswasserstand: 97,00 m NN (bauzeitig)

Los 2 und Los 3 (Bereich AD Erlenbruch und nördlicher Anschluss)

Bemessungswasserstand: 97,90 mNN (bauzeitig)

Nordsammler:AD Erlenbruch (westlicher Abschnitt Nordsammler bis Schacht 6)

Bemessungswasserstand: 97,90 m NN (bauzeitig)

Tunnel Riederwald und AS Borsigallee (östlicher Abschnitt Nordsammler)

Bemessungswasserstand: 97,20 m NN (bauzeitig)

Südsammler:

Bemessungswasserstand: 97,20 m NN (bauzeitig)

1.5 Grundwassermodell

Das etwa Ost-West orientierte Tunnelbauwerk bindet 8,5 m bis 11,7 m (Trogbauwerk West) in das Grundwasser ein und verläuft senkrecht bis spitzwinklig zur Grundwasserfließrichtung von Norden nach Süden. Der Tunnel schneidet auf einer 1,7 km langen Strecke bis unter die Sohle des oberen Grundwasserstockwerkes ein. Um den natürlichen Abfluss des oberflächennahen Grundwassers in südlicher Richtung zu gewährleisten, ist gemäß Planfeststellungsbeschluss [1] eine Grundwasserdükerung mittels Flächenfilter vorgesehen.

Um die Auswirkungen der Baumaßnahme und des fertiggestellten Tunnelbauwerks darstellen und bewerten zu können, wurde zunächst die natürliche Grundwassersituation im geplanten Tunnelbereich erfasst und durch Arcadis eine stationäres Basis-Grundwassermodell erstellt [U22].

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) hat das Modell geprüft und im Bericht vom 01.06.2011 dazu Stellung genommen. Im Bericht wurde empfohlen, das Grundwassermodell zu überarbeiten, woraufhin das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel in 2012 von Hessen Mobil beauftragt wurde, das von ARCADIS erstellte Basis-Grundwassermodell zu prüfen und zu modifizieren.

Mit Bericht vom 30.10.2014 (Anlage B.2) liegt nun das ergänzte, modifizierte und anhand bekannter Schadensverläufe vorliegender Altlastenstandorte (s. Kap. 1.10.1) kalibrierte Grundwassermodell (G12rev01, Dokumentation Modellanpassung Schadstofffahnen, Strömungsmodell Riederwaldtunnel) für den Bereich Riederwaldtunnel vor. Auf dieser Grundlage wurden die hydrogeologischen Bauphasen sowie die Prognose der Schadstoffverläufe/Erstellung von Strömungsbahnen berechnet.



Für die stationären Strömungsberechnungen ist analog das 3-dimensionale Finite-Elemente-Programm FEFLOW der Wasy GmbH benutzt worden.

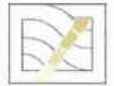
Folgende Anpassungen wurden gegenüber dem Grundwassermodell von Arcadis vorgenommen:

- Anpassungen der Randbedingungen
- Aufbau eines Fünf-Schicht Modells (mit 11 Einzellayern)
- Einarbeitung weiterer durch Pumpversuche gewonnenen hydraulischen Kenndaten
- Änderungen der hydraulischen Kennwerte im nordöstlichen Bereich.

Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt den Schichtaufbau des Modells mit den jeweils zugrunde gelegten Durchlässigkeitsbeiwerten.

Tabelle 3: Schichtaufbau Grundwassermodell (gem. Anlage B.2)

Bezeichnung	Lithologie	Hydrogeologie / k_f -Werte	Schicht im Modell BGI	Bez. der Haupt- bodenarten (gem. Arcadis und ELE)
Deckschichten / Auffüllungen	Schluff, Sand, Kies, Schotter	einheitlich k_f 1×10^{-4} m/s	Schicht 1	Schicht 1
Quartäre Hochflutlehme	Schluff	GW-Geringleiter einheitlich k_f 1×10^{-6} m/s	Schicht 2	Schicht 2.1
Quartäre Terrassen	Sand, Kies	GW-Leiter lokal angepasste k_f -Werte k_f $1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-3}$ m/s	Schicht 3	Schicht 2.3
Tertiär	Schleichsand	GW-Geringleiter k_f $3,2 \times 10^{-6}$ m/s	Schicht 4	Schicht 3.1b
Tertiär	Rupelton, Cyrenenmergel	GW-Nichtleiter k_f 5×10^{-9} m/s	Schicht 5	Schicht 3.2 Schicht 3.1a



Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den aktuellen Grundwassergleichenplan nach Kalibrierung und Modellanpassung an die bekannten Schadstofffahnen.

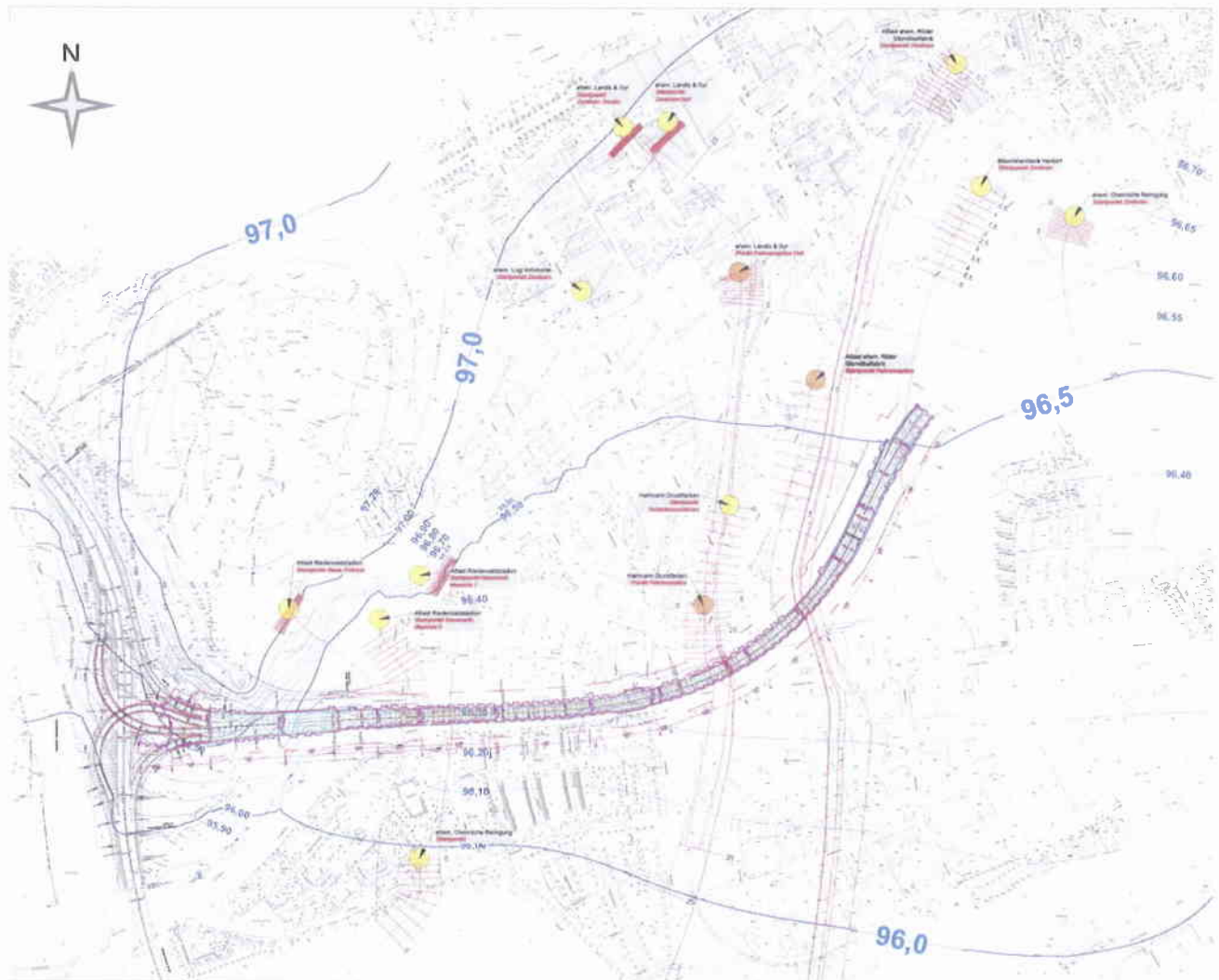


Abbildung 3: Aktuelles GW-Modell (Stand 30.10.2014) nach Anpassung an die Schadstofffahnen



1.6 Flächenfilter

1.6.1 Grundlagen

Das geplante Tunnelbauwerk schneidet bis unter die Sohle des oberen Grundwasserstockwerkes ein und verhindert dadurch auf einer Länge von ca. 1,7 km den natürlichen Abfluss des oberflächennahen Grundwassers in südlicher Richtung. Um der absperrenden Wirkung des Tunnelbauwerkes entgegen zu wirken, ist ein Flächenfilter vorgesehen, der das Grundwasser flächenartig fasst und unter dem Bauwerk infolge des natürlichen Gefälles weiterleitet.

Auf der Basis des kalibrierten Grundwassermodells sind verschiedene Modellberechnungen durchgeführt worden, um die Auswirkung des geplanten Flächenfilters auf die Grundwasserhydraulik im endgültigen Zustand aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Grundwassermodellberechnungen zum Flächenfilter wurden in [U40] dargestellt und sind diesem Bericht als Anlage B.4 beigelegt. Hierbei wurde die minimal erforderliche Durchlässigkeit des Flächenfilters überprüft, bei der die Grundwasserfließverhältnisse möglichst dem ungestörten Ausgangszustand entsprechen. Danach wurde festgelegt, dass die Mächtigkeit des Flächenfilters insgesamt mindestens 1,0 m betragen, die Durchlässigkeit des Flächenfilters mindestens 1×10^{-3} m/s betragen muss.

Um eine Kolmation des Flächenfilters durch Feinkorneintrag aus den seitlich anstehenden Bodenschichten zu verhindern, ist an den Tunnelwandungen die Herstellung von filterstabilen Zwischenfiltern mit entsprechenden Durchlässigkeiten vorgesehen. Diese Zwischenfilter (0,5 m stark) binden den Flächenfilter (ebenfalls 0,5 m) an den seitlich anstehenden Bodenaufbau an, sodass eine GesamtfILTERstärke von mindestens 1 m durchgehend gewährleistet ist. Da der Zwischenfilter je nach Bodenart, an die er anbindet, bereichsweise eine Durchlässigkeit geringer 1×10^{-3} m/s aufweist (gemäß [U67] bevorzugtes Filterkorn z. B. Zwischenfilter 3 für Schleichsand, Auffüllungen und Auelehm: $8,9 \times 10^{-5}$ m/s), muss hier die Durchlässigkeit des Flächenfilters bei einer Stärke von nur 0,5 m entsprechend auf 2×10^{-3} m/s erhöht werden, damit die erforderliche Gesamtdurchlässigkeit von 1×10^{-3} m/s sicher erfüllt ist. Diese Anforderungen werden bei den gewählten Grenzkurven des Körnungsbands für den Flächenfilter gewährleistet.

Unterhalb der Sohlplatte des Tunnelbauwerkes wird dieser Filter als homogener Flächenfilter in einer Stärke von 1 m erstellt.



Die Differenzierung zwischen Flächenfilter und Zwischenfilter an den Tunnelwandungen wurde in der Modellierung nicht berücksichtigt, da die erforderliche Systemdurchlässigkeit von $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ über eine Mindestmächtigkeit von 1 m auch bei der oben beschriebenen Kombination aus Zwischenfilter und Flächenfilter sicher erreicht und nicht unterschritten wird.

Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die anhand der Modellberechnung ermittelten Grundwassergleichen für eine angesetzte Durchlässigkeit des Flächenfilters von $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ in einer Mächtigkeit von 1,0 m umlaufend um das gesamte Bauwerk (Planungsstand 03/2013).

Für die Bereiche, in denen der geplante Nordsammler (Planungsstand 12/2013) in die tertiären Tone einbindet und das Grundwasser absperrn würde, ist der Einbau eines 1 m starken Flächenfilters analog zum Tunnelbauwerk erforderlich, um eine Umströmung sicher zu gewährleisten. Dies ist in den Modellberechnungen berücksichtigt.

Seckbachsammler und Südsammler gründen überwiegend in den gut durchlässigen Terrassensanden und -kiesen, sodass der Einbau eines Flächenfilters hier nicht erforderlich ist.

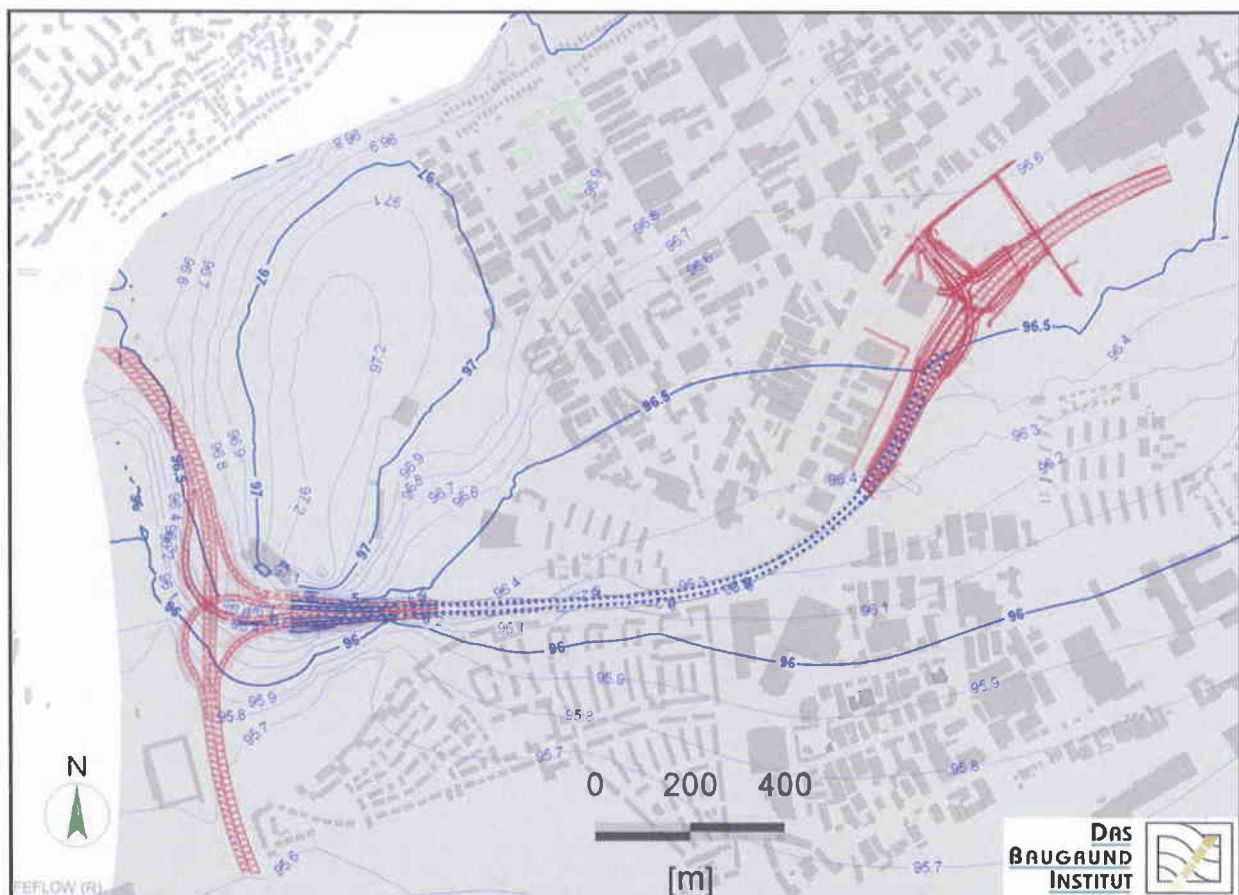


Abbildung 4: Berechnete Grundwassergleichen Flächenfilter ($k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$) gem. [U40]



Die mittels eines homogenen Flächenfilters mit dem Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-3} m/s berechnete Grundwassersituation (Abbildung 5) zeigt nahezu keinen GW-Aufstau auf der nördlichen Seite des Tunnels. Im Bereich des Grundwasserhochs werden nur noch ca. 0,1 m Aufstau errechnet. Südlich des Tunnels wurde eine GW-Absenkung von bis zu 0,3 m (Planungsstand 03/2013) errechnet.

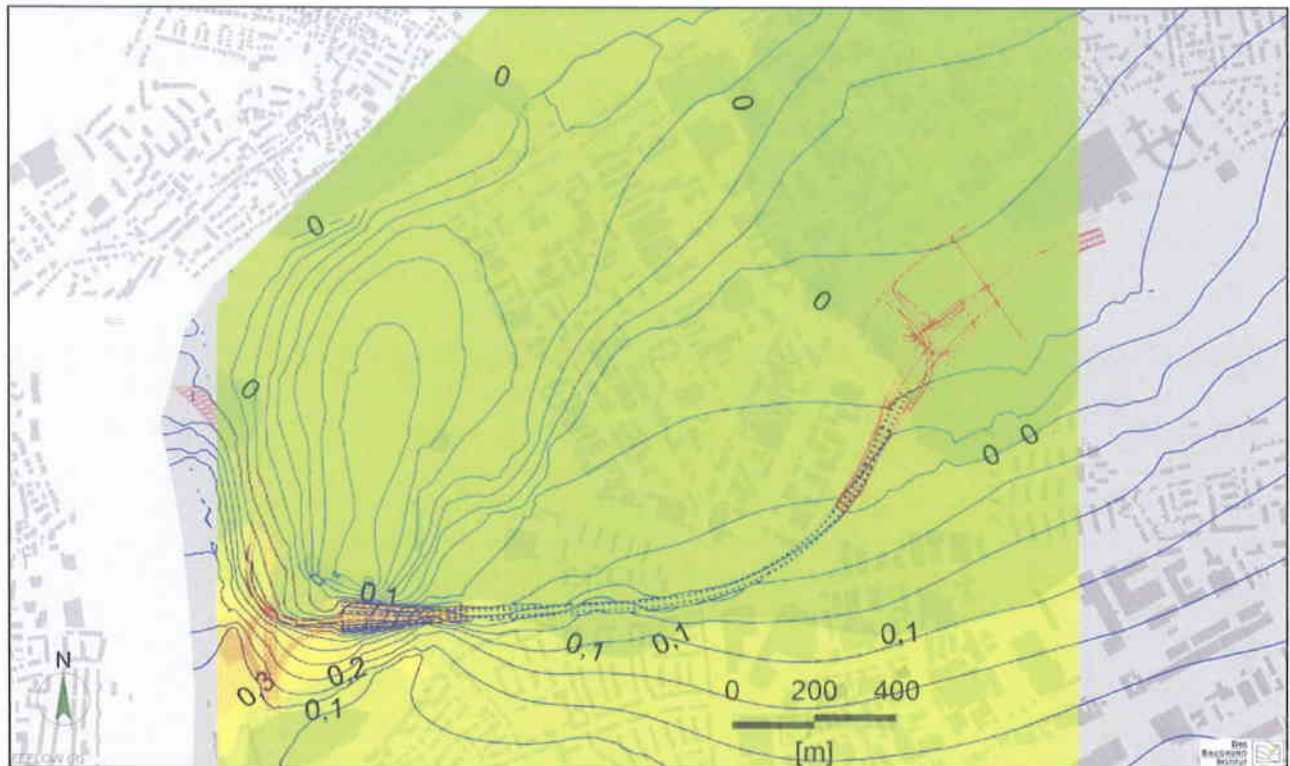


Abbildung 5: GW-Gleichen Berechnung / Differenzkarte mit 1×10^{-3} m/s (Schicht 3) gem. [U40]

Um mögliche Längsumläufigkeiten entlang der durch den Flächenfilter neu geschaffenen Wasserwegsamkeiten an der Tunnelbasis zu unterbinden, ist gemäß Planfeststellungsbeschluss [1] der Einbau von Querschotten vorgesehen.

Um gezielt die Auswirkungen dieser vorgesehenen Querschotte auf die Strömungsverhältnisse im Bereich des Tunnelbauwerks darzustellen, wurde in einer weiteren Modellierung der Endzustand des Tunnelbauwerks mit und ohne Querschotte gegenübergestellt. Abbildung 6 zeigt die Grundwassergleichen im modellierten Endzustand mit Querschotten; die Differenzen bezogen auf die Grundwassersituation ohne Querschotte sind farblich hervorgehoben.

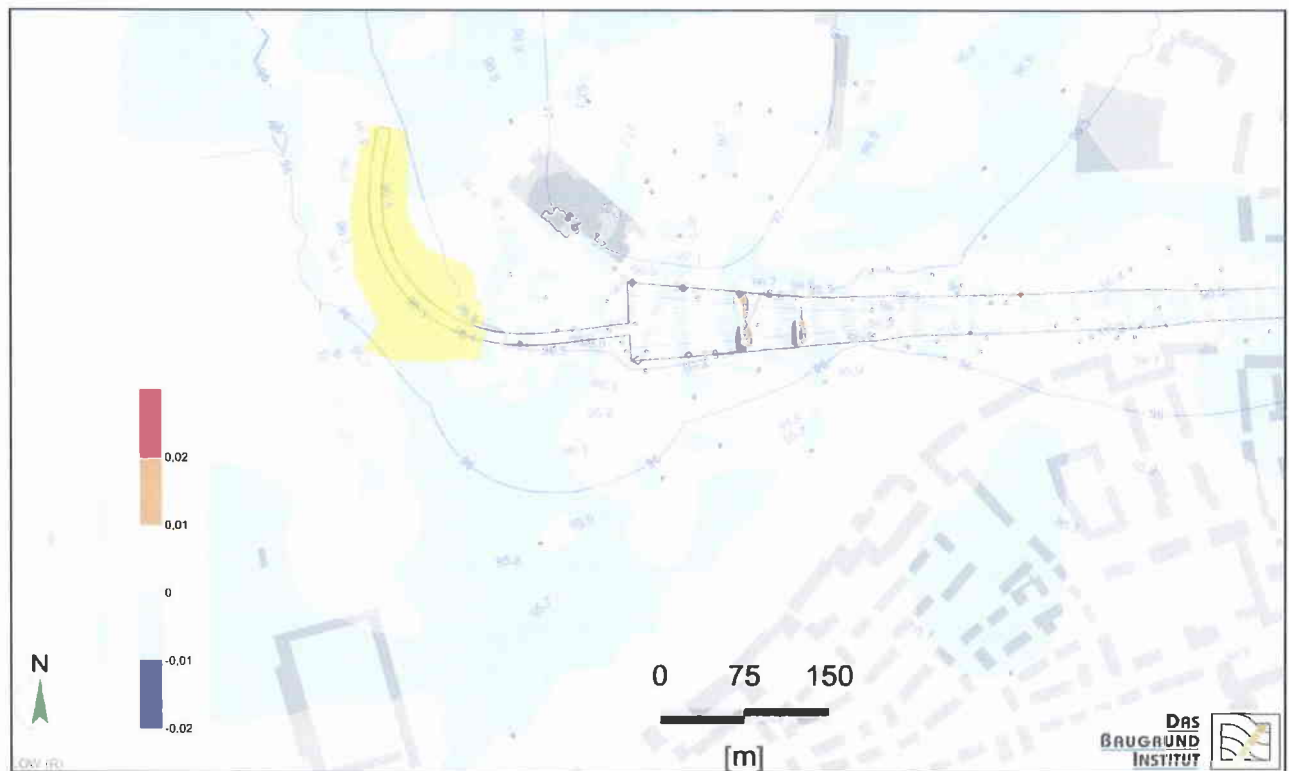


Abbildung 6: Differenzen der GW-Gleichen mit und ohne Querschotte (Schicht 3) gem. [U40]

Lediglich im Bereich der Tunnelmitte kommt es zu einem geringen Aufstau entlang der Querschotte von maximal 1 cm und Absenkungen von 2 cm. Die Modellberechnung belegt, dass die Querschotte aufgrund der gesamten Strömungssituation im Bereich des Tunnelbauwerks nur sehr geringe Auswirkungen auf die vorliegenden Strömungsverhältnisse haben und die Längsläufigkeit im Flächenfilter verhindert wird.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ab einem Durchlässigkeitsbeiwert des Flächenfilters von 1×10^{-3} m/s bei einer Mächtigkeit von 1 m die geohydraulischen Auswirkungen des geplanten Tunnelbauwerks als gering einzustufen sind.



1.6.2 Funktionsfähigkeit des Flächenfilters bei höheren Wasserständen

Zur Überprüfung der hydrogeologischen Aussagen sind auf Basis des bestehenden stationären Grundwassermodells bei den Stationen km 1+575, km 2+250 und km 2+750 drei 2-dimensionale Modellschnitte erstellt worden (zur Lage siehe Abbildung 7). Mittels dieser Schnitte sind instationäre Modellberechnungen mit höheren Wasserständen durchgeführt worden.

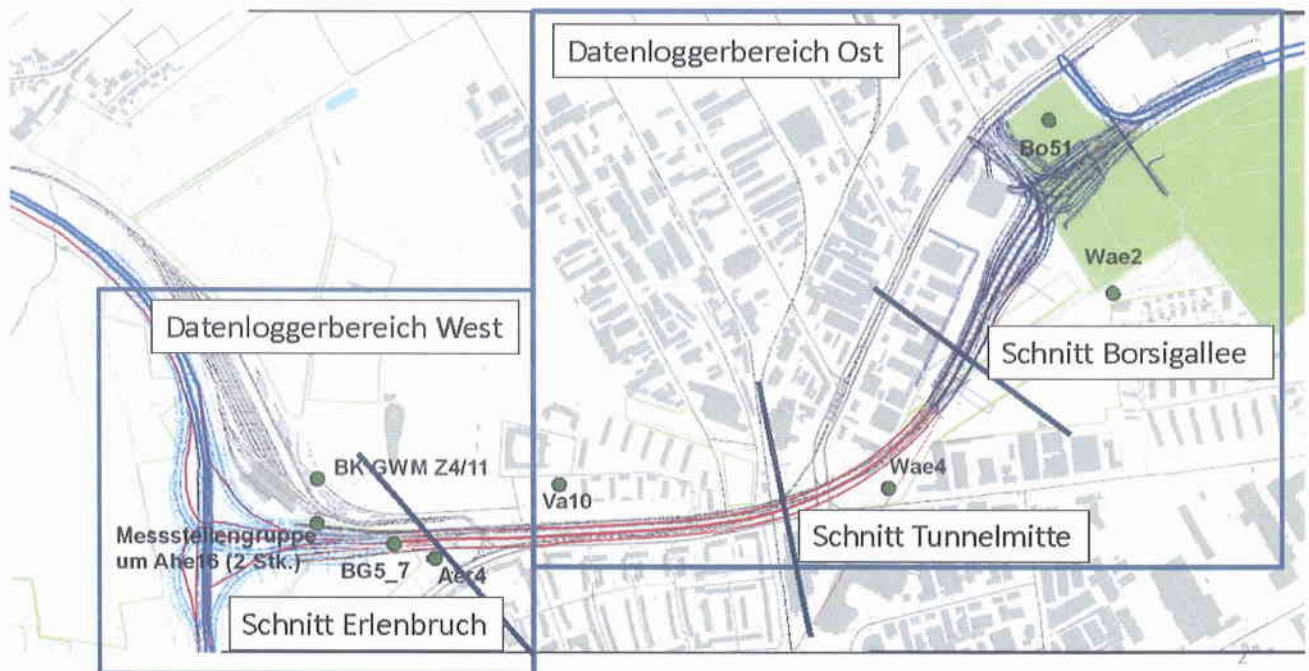
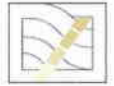


Abbildung 7: Lage der Querschnitte

Weiterhin zeigt die oben aufgeführte Abbildung 7 die Lage der Datenlogger, deren Ergebnisse als Vorgaben für die jährlichen Schwankungsbreiten der Grundwasserstände für die Berechnungen herangezogen wurden.

Anhand der 2-dimensionalen, instationären Modellschnitte sind folgende Aussagen geprüft worden:

- Vergleich Wasserstände Kalibrierung mit dem Endzustand
- Welche Absenk- / Aufstaubeträge sind durch den Bau des Riederwaldtunnels zu verzeichnen
- Welche Auswirkungen zeigt der jahreszeitliche Grundwassergang im Hinblick auf die Wasserstände im Tunnelbereich
- Welche Auswirkungen zeigt der Tunnelbau im Hinblick auf die Wasserstände der Teiche am Erlenbruch



Die Auswertung der Datenlogger erfolgte anhand der seit Mitte 2012 erfassten Grundwasserstandsdaten in verschiedenen Grundwassermessstellen. Die Auswertung der Messstellen aus dem mittleren Tunnelbereich und dem Ostbereich zeigt die nachfolgende Abbildung 8.

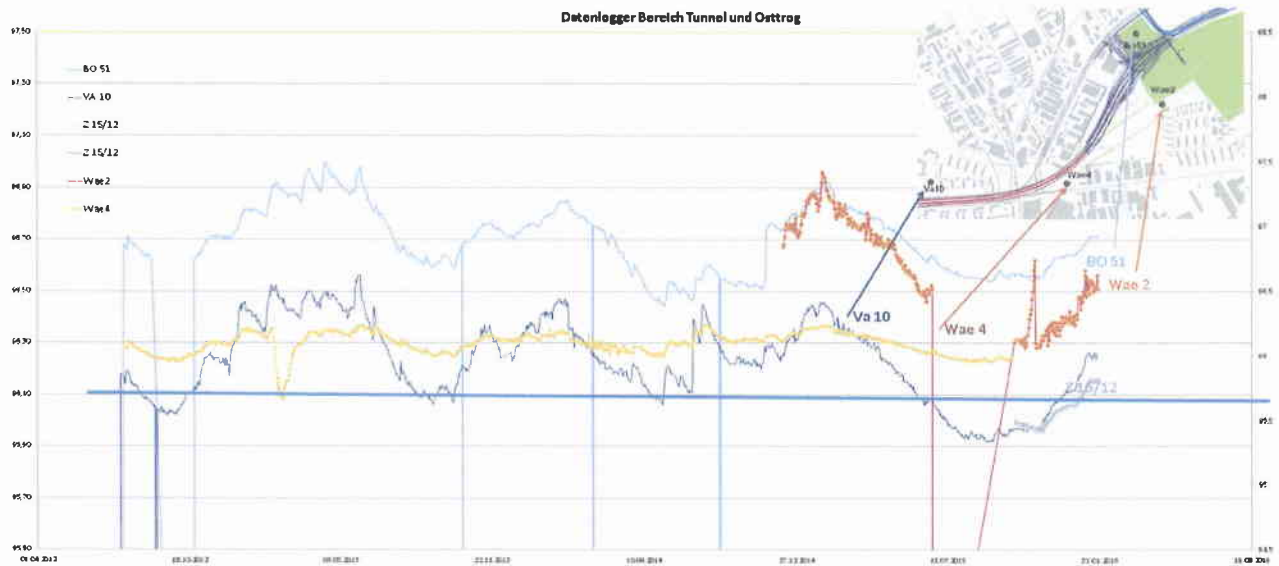


Abbildung 8: Auswertung Datenlogger Bereich Tunnelmitte und Ost

Im Bereich der Pestalozzi-Schule an der Messstelle Va10 werden Wasserspiegelschwankungen von ca. 0,6 m im jahreszeitlichen Gang festgestellt. Weiter nach Osten nimmt die Amplitude der Wasserspiegelschwankungen auf ca. 0,2 m ab (Wae4), um noch weiter im Nordosten (Bo51, Wae2) wieder auf ca. 0,5 m anzusteigen.

Die Auswertung der Messstellen im Bereich des Grundwasserhochs Erlenbruch zeigt die nachfolgende Abbildung 9.

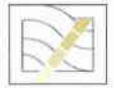


Abbildung 9: Auswertung Datenlogger Bereich Grundwasserhoch Erlenbruch

Im Bereich des VGF Gebäudes befindet sich eine Messstellengruppe (GWM-Z 04/11, GWM-Z 03/12 und GWM-Z 12/12), deren Wasserstände automatisch erfasst werden. Der Grundwasserspiegelgang zeigt hier mit einer Amplitude von ca. 1,2 m doppelt so hohe Schwankungen wie im mittleren und östlichen Bereich. Die Schwankungsbreite der im Nahbereich der Teiche am Erlenbruch liegenden Messstelle AEr 4-n fällt mit 0,6 m deutlich geringer aus (siehe Anlage B.8).



Schnitt Borsigallee (km 2+750)

Der Schnitt in Abbildung 10 zeigt den generellen Aufbau in diesem Modellbereich. Oberflächennah sind Auffüllungen (hellgrün) mit k_f -Werten von 1×10^{-4} m/s angenommen worden. Die darunter folgende, grün dargestellte Schicht stellt die Hanglehme dar (k_f 1×10^{-6} m/s). Der eigentliche Aquifer, die quartären Terrassensande und -kiese (k_f 1×10^{-6} – $2,5 \times 10^{-3}$ m/s) sind in orange eingetragen., Sie werden von den in hellgrüner Farbe dargestellten GW-Geringleitern, den Schleichsanden (k_f $3,2 \times 10^{-6}$ m/s) unterlagert. Das Liegende repräsentieren die blau visualisierten GW-Nichtleiter, die Cyrenenmergel (k_f 5×10^{-9} m/s). Der Tunnelbereich ist in violetter Farbe dargestellt, der vertikale und horizontale Flächenfilter (k_f 1×10^{-3} m/s) umgibt das Tunnelbauwerk in oranger Farbe. Die blaue nahezu horizontale Linie kennzeichnet den Grundwasserspiegel.

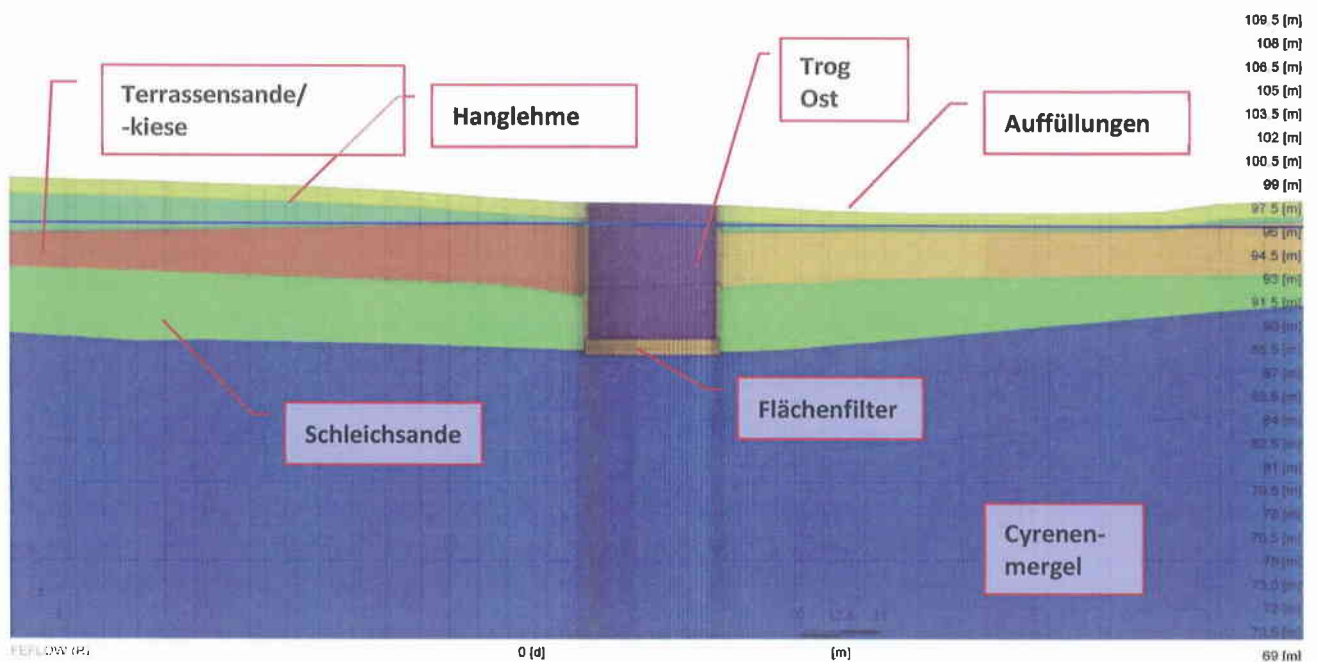


Abbildung 10: Modellaufbau (10-fach überhöht) Schnitt Borsigallee (Station km 2+750)

Die Berechnungen im Schnitt zeigen im Vergleich Ausgangssituation / Endzustand (mit Tunnelbauwerk, bzw. Trogbauwerk) nur geringfügige Unterschiede im Millimeter- und wenige Zentimeterbereich. Eine relevante Beeinflussung der Wasserstände durch den Trog Ost kann nicht festgestellt werden. Es kommt aufgrund des eingebauten Flächenfilters in der Grundwassersimulation zu keinem relevanten Aufstau oder Absink.



Schnitt Tunnelmitte (km 2+250)

Der Schnitt (Nord links, Süd rechts) zeigt mit gleicher Farbgebung den generellen Aufbau in diesem Modellbereich. Hinzugekommen ist der Nordsammler nördlich des Tunnels und der Südsammler südlich des Tunnels, der in diesem Abschnitt als Verpressstrecke ausgebildet ist.

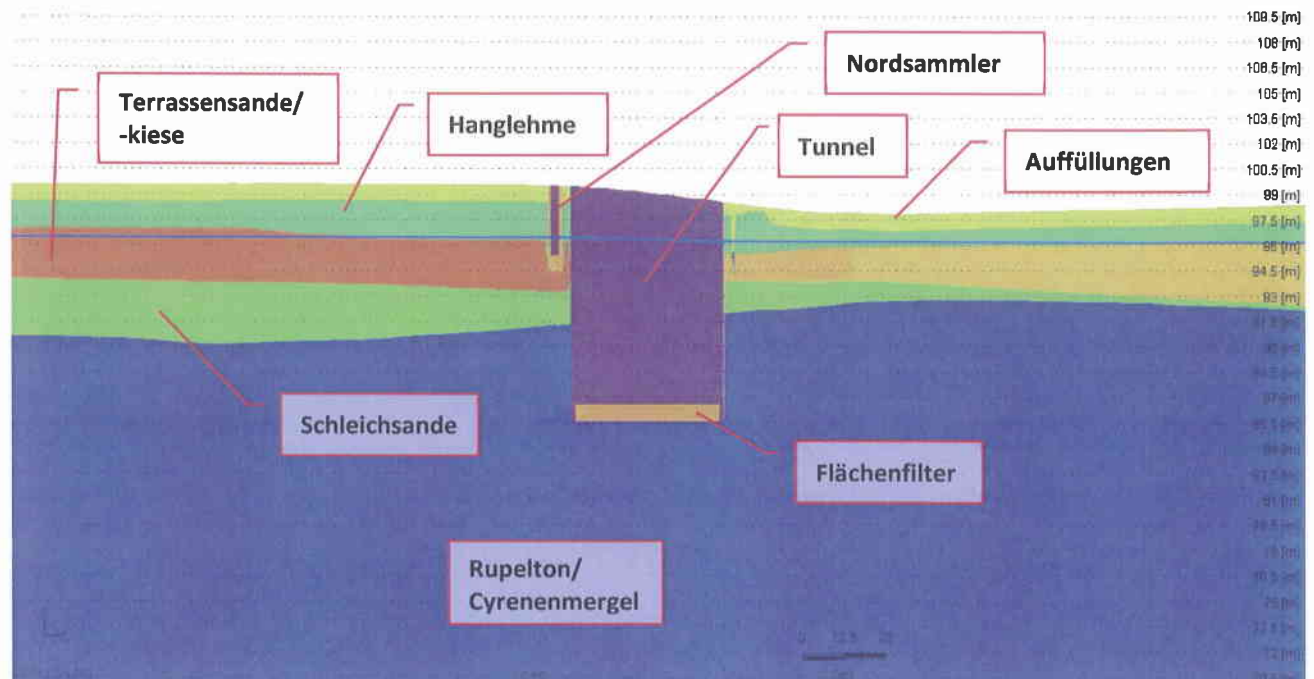


Abbildung 11: Modellaufbau (10-fach überhöht) Schnitt Tunnelmitte (km 2+250)

Die Berechnungen im Schnitt zeigen im Vergleich Grundwasserstand Ausgangssituation / Endzustand nur geringfügige Unterschiede von wenigen Zentimetern. Eine relevante Beeinflussung der Wasserstände durch den Tunnel kann hier ebenfalls nicht festgestellt werden.



Schnitt Erlenbruch (km 1+575)

Der Schnitt zeigt mit gleicher Farbgebung den generellen Aufbau im Bereich Erlenbruch. Der Nordsammler ist auch in diesem Bereich vorhanden, der Südsammler ist hier nicht ausgebildet. Der violette Bereich innerhalb des Flächenfilters an der Tunnelbasis ist ein schräg angeschnittener Querriegel (vgl. Abbildung 13).

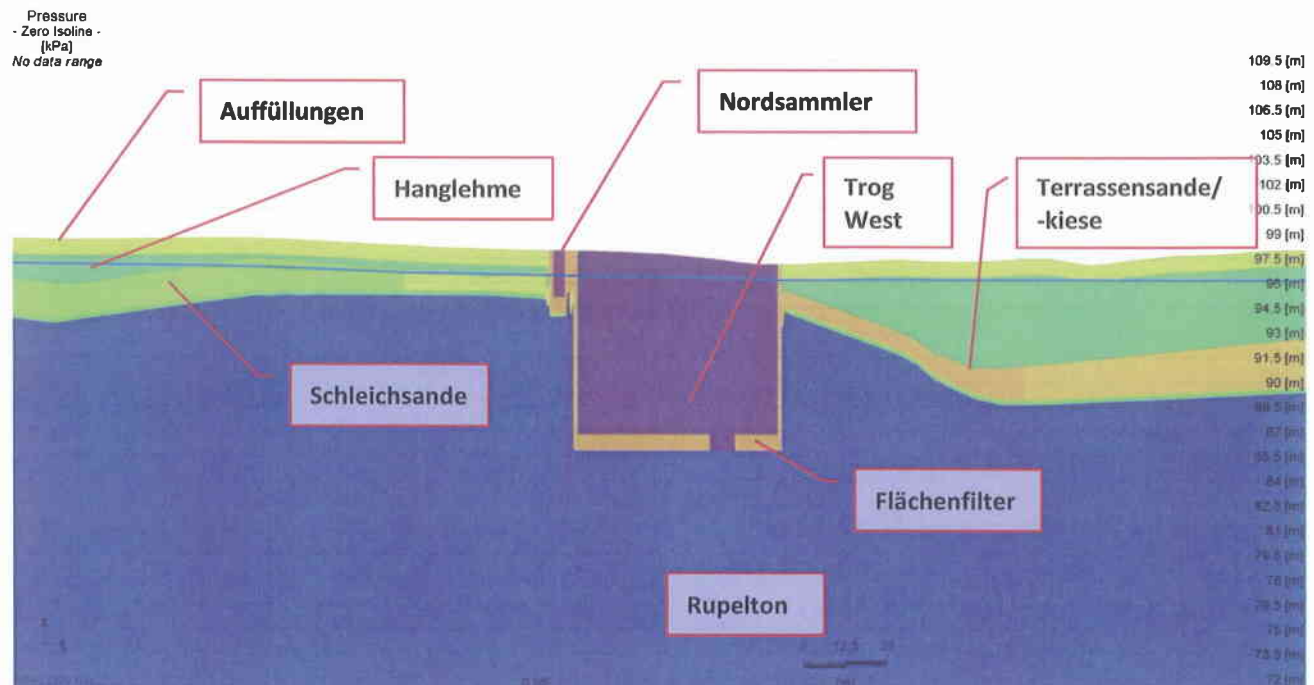


Abbildung 12: Modellaufbau (10-fach überhöht) Schnitt Erlenbruch (km 1+575)

Die Berechnungen im Schnitt zeigen ebenfalls im Vergleich Grundwasserstand Ausgangssituation / Endzustand Unterschiede von max. 0,25 m. Eine Beeinflussung der Wasserstände durch den Trog West kann hier festgehalten werden. Es kommt aufgrund des eingebauten Flächenfilters in der Grundwassersimulation zu einem Absink in diesem Areal.

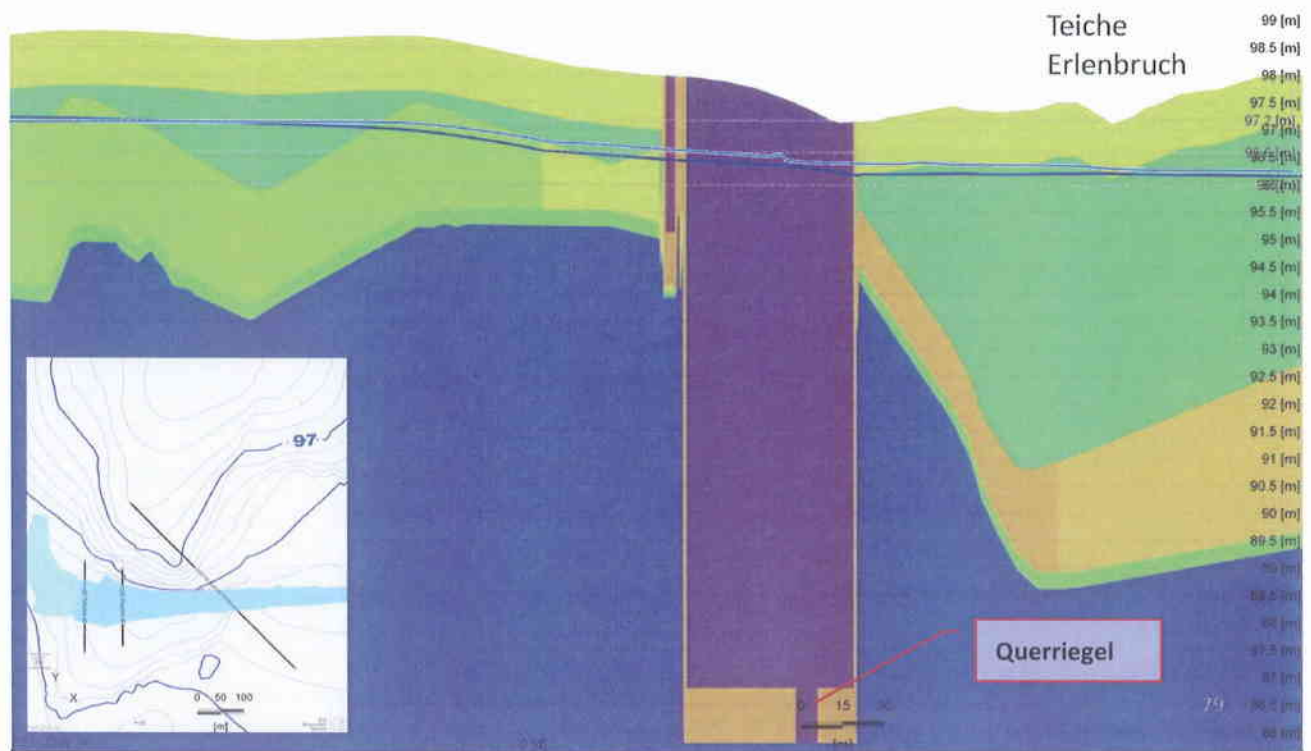


Abbildung 13: Modellaufbau (20-fach überhöht) Schnitt Erlenbruch (km 1+575)

Der 20-fach überhöhte oben aufgeführte Schnitt zeigt die Wasserstände nach Einbau des Trog West (dunkelblau) und im Ausgangszustand (hellblau). Die unterschiedlichen Wasserstände erklären sich durch den hohen Gradienten und die geringen Durchlässigkeiten in diesem Areal. Durch den Einbau des gut durchlässigen horizontalen Flächenfilters werden die Grundwässer trotz der eingebauten Querriegel räumlich stärker verteilt und es kommt in diesem Bereich zu einem Absenk. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt die Differenz zwischen Ausgangs- und Endzustand.

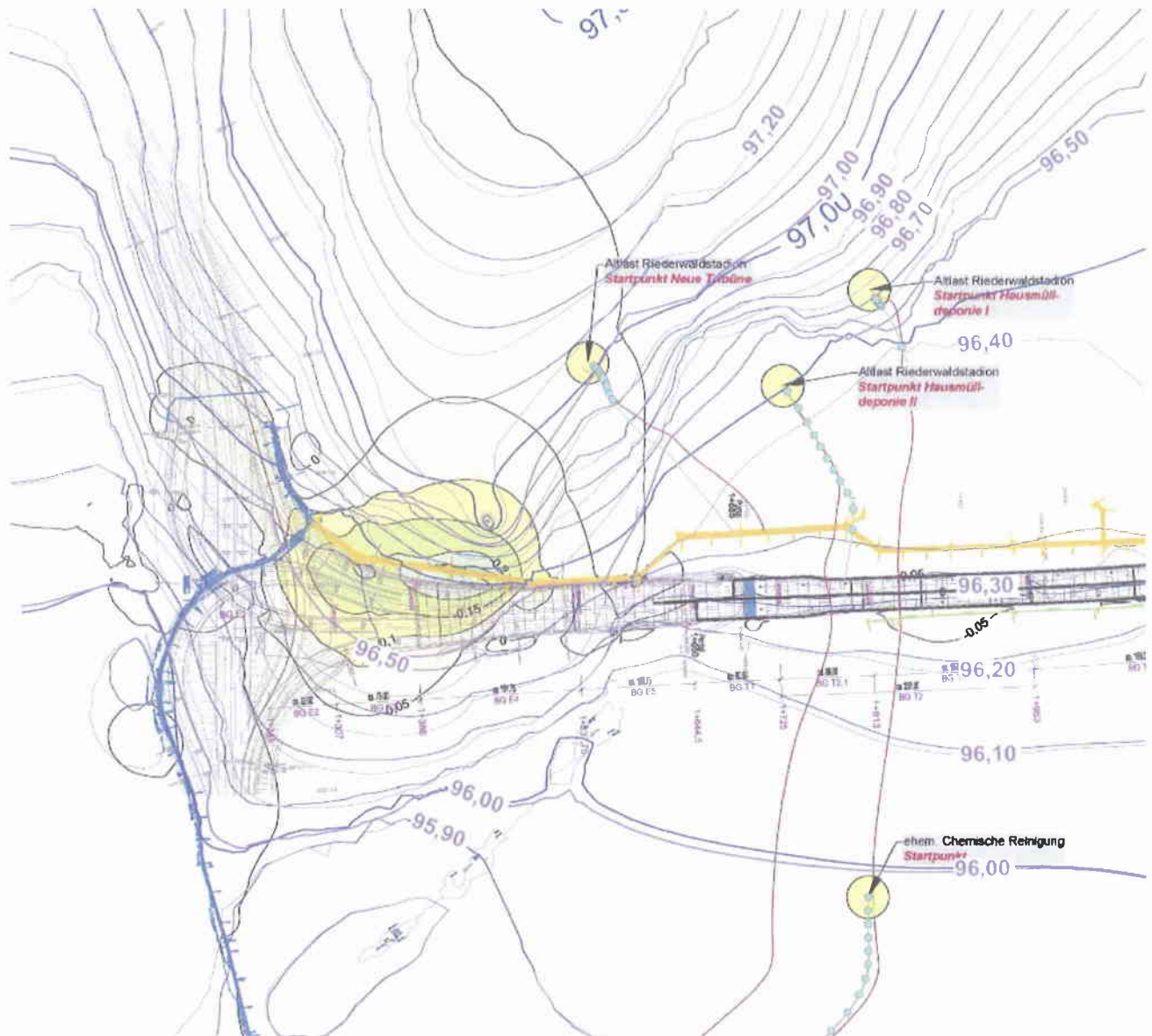
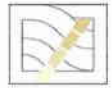


Abbildung 14: Hydrogeologischer Endzustand, GW-Gleichen, Differenzenplan, Strömungslinien

Die hieraus resultierenden GW-Absenkungen von wenigen Zentimetern werden als gering eingestuft. Eine eventuell beeinflusste Bebauung existiert außer dem VGF Gebäude nicht. Da das VGF Gebäude in den Rupeltonen gegründet ist, ist eine Beeinträchtigung durch absinkende Wasserspiegel nicht zu erwarten.

Wie die Grafik zeigt, sind die im Süden liegenden Teiche am Erlenbruch ebenfalls durch den Absenk nicht betroffen.



1.6.3 Angaben zur Ausbildung des Flächenfilters

Nach den durchgeführten Grundwassermodellberechnungen muss der GesamtfILTER eine Mindeststärke von 1,0 m bei einer minimalen Durchlässigkeit von 1×10^{-3} m/s aufweisen. An den Tunnelwandungen muss der Flächenfilter über Zwischenfilter filterstabil an den seitlich anstehenden Böden angebunden werden.

Für die Ausbildung und Einbau des Flächenfilters im Teilabschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Erlenbruch und AS Borsigallee werden in [U53, entspricht Anlage B.5, U66, U67 und U68], folgende Angaben gemacht:

Die Grenzkurven für das Körnungsband des Flächenfilters weisen rechnerische Durchlässigkeiten von $k_f = 8,0 \times 10^{-3}$ m/s für die untere Grenzkurve und $k_f = 5,0 \times 10^{-2}$ m/s für die obere Grenzkurve auf. Damit ist die Vorgabe einer Durchlässigkeit von $k_f > 1,0 \times 10^{-3}$ m/s aus [U40] rechnerisch erfüllt. Es besteht damit eine Sicherheitsreserve von etwa einer Zehnerpotenz.

Die gewählten bzw. noch festzulegenden Körnungen und rechnerischen Durchlässigkeiten der Körnungen erfüllen zunächst die Vorgaben aus dem hydraulischen Modell. Es handelt sich hierbei allerdings um rechnerische, d. h. theoretisch ermittelte Durchlässigkeiten. Erfahrungsgemäß haben die Kornform und der Verdichtungsgrad einen erheblichen Einfluss auf die Wasserdurchlässigkeit der entsprechenden Materialien.

Es muss vor Beginn der Einbauarbeiten für alle Materialien eine Eignungsprüfung ausgeführt werden. Hierbei ist die Kornverteilung vor und nach Verdichtung und nach Wasserlagerung/Durchströmung zu ermitteln. Maßgebend ist, dass die Korngrößenverteilung der Materialien nach erfolgtem Einbau, Verdichtung und nach Wasserlagerung/Durchströmung innerhalb der vorgegebenen Körnungsbänder liegt.

Die Wasserdurchlässigkeit ist labortechnisch bei vorgegebener Verdichtung zu bestimmen.

Die Ausgangsmaterialien der Filter müssen im Grundwasserstrom dauerhaft stabil sein. In den Korngemischen dürfen sich keine Anteile veränderlich fester oder löslicher Gesteine befinden.

Der Einbau von zwei Filtermaterialien von jeweils 0,5 m Breite in dem beengten Arbeitsraum von insgesamt 1,0 m Breite ist bautechnisch anspruchsvoll. Es müssen beide Filtermaterialien gleichzeitig und lagenweise eingebaut werden. Hierzu ist ein Trennelement (z. B. fliegende Schalung) mittig zu stellen und die Materialien beidseitig ca. 0,3 – 0,5 m hoch einzufüllen. Danach wird das Trennelement gezogen und das Material verdichtet. Die Dicke der Einbaulagen ergibt sich aus den eingesetzten Verdichtungsgeräten sowie dem geforderten Verdichtungsgrad und ist in einem Probebau zu Beginn der Bauarbeiten zu ermitteln.



Im Zuge des Einbaus muss durch qualitätssichernde Maßnahmen sichergestellt werden, dass die bereits eingebauten Filterschichten nicht durch den Baubetrieb verschmutzt/zugesetzt werden. Hierzu müssen z. B. auf dem Sohlfilter temporäre Sperren eingebaut werden, welche erst bei Verfüllung der Arbeitsräume mit Zwischen- und Flächenfilter zurückgebaut werden. Der von ARCADIS vorgeschlagene Geokunststofffilter an der seitlichen Tunnelwand, als zusätzliche Durchlässigkeitsreserve, sollte beibehalten werden (vgl. Anlage B.5, dort Anlage 1.2).

Querschotte

Zur Verhinderung einer Längsläufigkeit im Flächenfilter entlang des Tunnels sind gemäß Planfeststellungsbeschluss Querschotte vorgesehen.

Der in [U44] als Querschott vorgeschlagene Lehmschlag wird hier mit einer Durchlässigkeit von $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s angegeben. Zum Einsatz soll Bodenmaterial der Bodengruppen TA/TM kommen. Gem. [U68] können die Querriegel im Sohlbereich jedoch auch durch eine Tieferführung des Betons (in Form von Betonbalken) realisiert werden.

Um eine Längsläufigkeit für die seitlichen Filterbereiche zu verhindern, empfiehlt ELE [U66] aus bautechnischen Gesichtspunkten den Einbau geeigneter Betonscheiben, die im Bereich der Spundwandprofile gegen eine Baufolie betoniert werden.

Darüber hinaus muss für die Querschotte berücksichtigt werden, dass die Spundwände auf 80% der Verbaulänge in Austauschbohrungen eingestellt werden und dass das Verfüllmaterial der Austauschbohrungen wasserdurchlässig ist. Das heißt, der hinter der Spundwand verbleibende Austauschboden führt zu einer hydraulischen Querverbindung unter Umgehung des vor der Spundwand eingebauten Querschotts.

Im Bereich der Querschotte ist das Verfüllmaterial für die Austauschbohrungen für das Einbringen der Spundwand aus gering durchlässigen Materialien mit einer Durchlässigkeit von ca. $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s herzustellen (z. B. Sand-Bentonit-Mischung), bzw. muss der dichtende Anschluss gem. ELE [U66] durch geeignete Injektionsmaßnahmen hergestellt werden.

Für die Ausbildung der Querschotte sind für die weitere Ausführung folgende Angaben zu befolgen:

Die Querschotte aus bindigem Boden sollten mit einer Breite von ca. 5 m ausgebildet werden, bei einer Ausbildung in Beton mit ca. 1 m Breite, bzw. in Absprache mit dem Planer. Der Abstand der Querschotte ist gemäß aktueller Planung auf 75 m angesetzt.

Im Sohlbereich der Baugrube sollten die Querschotte durch den natürlich anstehenden Rupelton gebildet werden, d. h. in diesen Bereichen ist der Aushub nur bis UK Tunnel zu führen. Alternativ dazu können, wie in [U66/U67] vorgeschlagen, die Querschotte durch Tieferführung des Betons ausgebildet werden.



Die Querschotte aus z. B. Rupelton sollten eine Durchlässigkeit von ca. $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s aufweisen. Der Verdichtungsgrad sollte $D_{pr} \geq 100$ %, der Luftporengehalt $n_a < 12$ % betragen.

Im Bereich der Arbeitsräume müssen die Querschotte gleichlaufend mit dem Filter eingebaut werden. Als Material kann der ausgehobene Rupelton Verwendung finden. Alternativ kann auch der Einbau geeigneter Betonscheiben vorgenommen werden.

Das Aushubmaterial muss bauzeitig entsprechend gelagert und vor dem Einbau aufbereitet werden (Einstellung des Wassergehaltes, Zerkleinerung auf einbaufähige Aggregatgröße).

Vor den Einbauarbeiten sind Eignungsuntersuchungen und ein Probekbau mit ausreichendem zeitlichen Vorlauf auszuführen.

Weitere Hinweise:

Für die Zwischenfilter sind in [U44] nur einzelne Körnungslinien angegeben. Das Material für die Zwischenfilter muss allerdings, ebenso wie das Material für den Flächenfilter, in einem Lieferwerk gemischt werden. Hierbei sind die möglichen Toleranzen bei der Herstellung zu beachten. In [U53] (siehe dort Anlage 2.2 bis 2.4) wurde dafür ein Körnungsband je Zwischenfilter angegeben. Das Material der Zwischenfilter muss nach dem Einbau und der Verdichtung innerhalb dieser Körnungsbänder liegen.

Entsprechend dem derzeitigen Planungsstand soll die Spundwand in weiten Bereichen in Austauschbohrungen (zum Teil in Auflockerungsbohrungen) eingestellt werden. Das Austauschmaterial verbleibt hinter der Spundwand im Boden und wirkt bereits als eine Art Zwischenfilter sowie in Längsrichtung als durchgehende hydraulische Verbindung (siehe Anmerkungen zum Querschott).

Die Körnung des Austauschmaterials muss so gewählt werden, dass kein Absperren der hydraulisch wirksamen Schichten erfolgt. Hydraulisch wirksam sind vor allem die Terrassensande und -kiese der Schicht 2.3. Demzufolge ist als Austauschmaterial das Zwischenfiltermaterial für diese Schicht zu wählen. In Bereichen mit feineren Körnungen des anstehenden Bodens muss eine mögliche, spätere Kolmation dieses Austauschmaterials in Kauf genommen werden.

In Anlage B.5 ist schematisch die Anordnung der Zwischenfilter, des Flächenfilters und der Körnung dargestellt (siehe Anlage B.5, dort Anlage 1.1 und 1.2).

Mit dem bisherigen Kenntnisstand aus den vorliegenden Erkundungen ist die räumliche Anordnung der Zwischenfilter nicht exakt möglich. Daher sollte eine baubegleitende Aufnahme der ausgehobenen Bodenschichten mit räumlicher Zuordnung (Erstreckung und Tiefenlage) erfolgen, um später die Zwischenfiltermaterialien den entsprechenden Bereichen zuordnen zu können.



Es sind baubegleitend ergänzende Korngrößenanalysen der Aushubmassen auszuführen, um die Datenlage zu verbessern und die bisherigen Bemessungen der Filter zu überprüfen bzw. anzupassen.

Im Zuge der Bauausführung ist zu gewährleisten, dass in Folge von Spundwandundichtigkeiten (Spundwandsprengungen) keine Feinanteile in die Baugrube eingetragen werden und diese in den Flächenfilter gelangen können.

Vor dem Ziehen der Spundwände muss ein vorheriger Ausgleich des Wasserspiegels in der Baugrube mit dem umgebenden Grundwasserspiegel erfolgen. Andernfalls werden aufgrund des sehr großen hydraulischen Gradienten Feinanteile in den Filter eingetragen. Der Filter ist dann nicht mehr funktionsfähig. Daher sollte vor dem Ziehen der Spundwände der Filter entsprechend langsam geflutet werden.

Bei der Bauausführung ist besonders darauf zu achten, dass das Eindringen zementhaltiger Schlämme in den Flächenfilter grundsätzlich vermieden wird. Dies gilt auch für eingespülte Feinanteile im Rahmen der allgemeinen Bauarbeiten. Nach der Herstellung des Flächenfilters ist dieser sorgfältig gegen den Eindrang von jedweden Feinanteil zu sichern. Bei Verschmutzungen muss dieser entsprechend rückgebaut und ersetzt werden.

Zwischen Flächenfilter und Baugrubensohle ist ein Geotextil (GRK 5) einzulegen. Der Filter ist oberflächlich mit einer Folie gegen das Einfließen von Betonschlämme zu sichern.

Das Flächenfiltersystem ist zur Geländeoberfläche durch bindige Böden oder alternativ im Bereich von Verkehrsflächen, wie in [U66/ U67] vorgeschlagen, durch den Einbau Korngemisch KG1 nach TL 918062 der DB Netz AG abzudichten, um unkontrollierten Fremdwasserzufluss zu verhindern.

Die Ausführung der Austauschbohrungen und die erbohrten Bodenschichten sollten durch einen fachkundigen Geologen dokumentiert werden.

Ebenso sollte der Baugrubenaushub unter fachgutachterlicher Begleitung eines Geologen erfolgen. Hierbei ist der Schichtaufbau innerhalb der Baugrube zu dokumentieren. Anhand der gewonnenen Daten wird die Anbindung des Flächenfilters an die grundwasserführenden Schichten festgelegt.

Qualitätssicherung:

Gem. [U53] belegen die Berechnungen zur Auswirkung des geplanten Flächenfilters, dass die eingebauten Liefermaterialien für den Flächenfilter eine hydraulische Durchlässigkeit von mindestens 1×10^{-3} m/s (k_F -Wert) besitzen müssen, um strömungstechnische Auswirkungen der Baumaßnahme zu minimieren.



Vor Baubeginn sind daher Eignungsprüfungen der geplanten Liefermaterialien für Zwischenfilter, Flächenfilter und Querschotte (Tonriegel, Beton) durchzuführen.

In dem vorliegenden Bericht wurden für die Zwischenfilter und den Flächenfilter Körnungsbänder entwickelt, die die Bemessungskriterien erfüllen. Die ermittelten Durchlässigkeiten sind „Rechenwerte“, die aus den Körnungslinien rechnerisch abgeleitet wurden.

Diese Annahmen müssen durch vorgeschaltete Eignungsprüfungen bestätigt werden. Hierzu sollten aus einem geeigneten Kieswerk im Umfeld der Baustelle Kiesproben labortechnisch untersucht werden. Weiterhin ist zu prüfen, welche Lieferkörnungen möglich sind und ob diese die Kriterien der Körnungsbänder für die Zwischenfilter und den Flächenfilter erfüllen. Gegebenenfalls muss hier eine Anpassung der Körnungsbänder erfolgen.

Baubegleitend sind Qualitätskontrollen der einzubauenden und eingebauten Liefermaterialien, z. B. Materialart, Korngrößenverteilung, Verdichtung, Durchlässigkeit etc. durchzuführen.

Für die Baumaßnahme ist ein detaillierter Qualitätssicherungsplan aufzustellen, in dem verbindlich die Verantwortlichkeiten und der Umfang der Eignungsprüfungen und Qualitätsprüfungen festgelegt sind.



1.7 Berechnung der hydrogeologischen Bauphasen, gegenseitige hydrogeologische Beeinflussung der Baugruben und Auswirkungsbetrachtung

1.7.1 Voraussetzungen

Der Bau des Riederwaldtunnels erfordert die Aufteilung in einzelne Bauabschnitte. Während des mehrjährigen Baus befinden sich die verschiedenen Bauabschnitte entweder im ursprünglichen Zustand, im Bau oder sind fertiggestellt.

Jeder dieser Zustände weist unterschiedliche hydraulische Eigenschaften auf. Die hieraus resultierenden Strömungsverhältnisse wurden auf Basis der Neukalibrierung des GW-Modells nochmals modelliert und die Auswirkungen auf die hydrogeologische Gesamtsituation dokumentiert. Zur Lage der Baugruben, bzw. Einzelmaßnahmen siehe Abbildung 15:



Abbildung 15: Lage der Baugruben

Folgende Baugruben, bzw. Einzelbaumaßnahmen sind vorgesehen (Gesamtterminplan Grundwasser Stand: 06.07.2017).

AD Erlenbruch

- Baugrube E1 einschl. Kreuzungsbauwerk
- Baugrube E2
- Baugrube E3
- Baugrube E4
- Baugrube E5



Bohrpfahlwände

- „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ (zwischen Nordsammler West und Baugrube E4/E5)
- „Bohrpfahlwand Nothaltebucht“ (BG T4), westl. Leitungsbrücke-Lahmeyerstraße

Sammler

- Seckbachsammler Los 1
- Seckbachsammler Los 2 (Bau gemeinsam mit Kreuzungsbauwerk, innerhalb der BG E1)
- Seckbachsammler Los 3
- Nordsammler Ost
- Nordsammler West
- Südsammler Vortrieb und Lahmeyerstraße
- Stauraumkanal Wächtersbacher Straße
- Südsammler Anschluss Bestand (West)

Leitungen

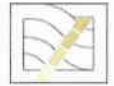
- Leitungsbrücke Gleisdreieck (Block TR-05)
- Leitungsbrücke Lahmeyerstraße (Block TR-62)
- Leitungsbrücke Borsigallee (Block TR-81)

Tunnel

- Baugruben T1
- Baugrube T2.1
- Baugrube T2.2
- Baugrube T3
- Baugrube T4
- Baugrube T5
- Baugrube T6.1
- Baugrube T6.2
- Baugrube T7
- Betriebsgebäude Tunnel
- Innenausbau, Fahrbahn, elektr. Ausstattung

AS Borsigallee

- Baugrube B1
- Baugrube B2
- Baugrube B3



Die einzelnen Baugruben verteilen sich in jeder der hydrogeologischen Bauphasen über nahezu die gesamte Tunnellänge. In den nachfolgenden Abbildungen 16a bis 16c ist der Gesamtterminplan Grundwasser mit allen Bauphasen, den einzelnen Baugruben und der jeweils geplanten Dauer der Bauphase aufgeführt.

A66 Tunnel Riederswald
Gesamtterminplan Grundwasser
 Stand 05.07.2017

Die Zeitzeilen des Gesamtterminplans Grundwasser umfassen nur Arbeiten, während derer ein Eingriff ins Grundwasser erfolgt.
 Vorlaufende und nachlaufende Arbeiten ohne Eingriff ins Grundwasser (Einrichten Bauflüsse, Kampfmittelerkundung, Auflockerungsbohrungen ...) sind nicht dargestellt.

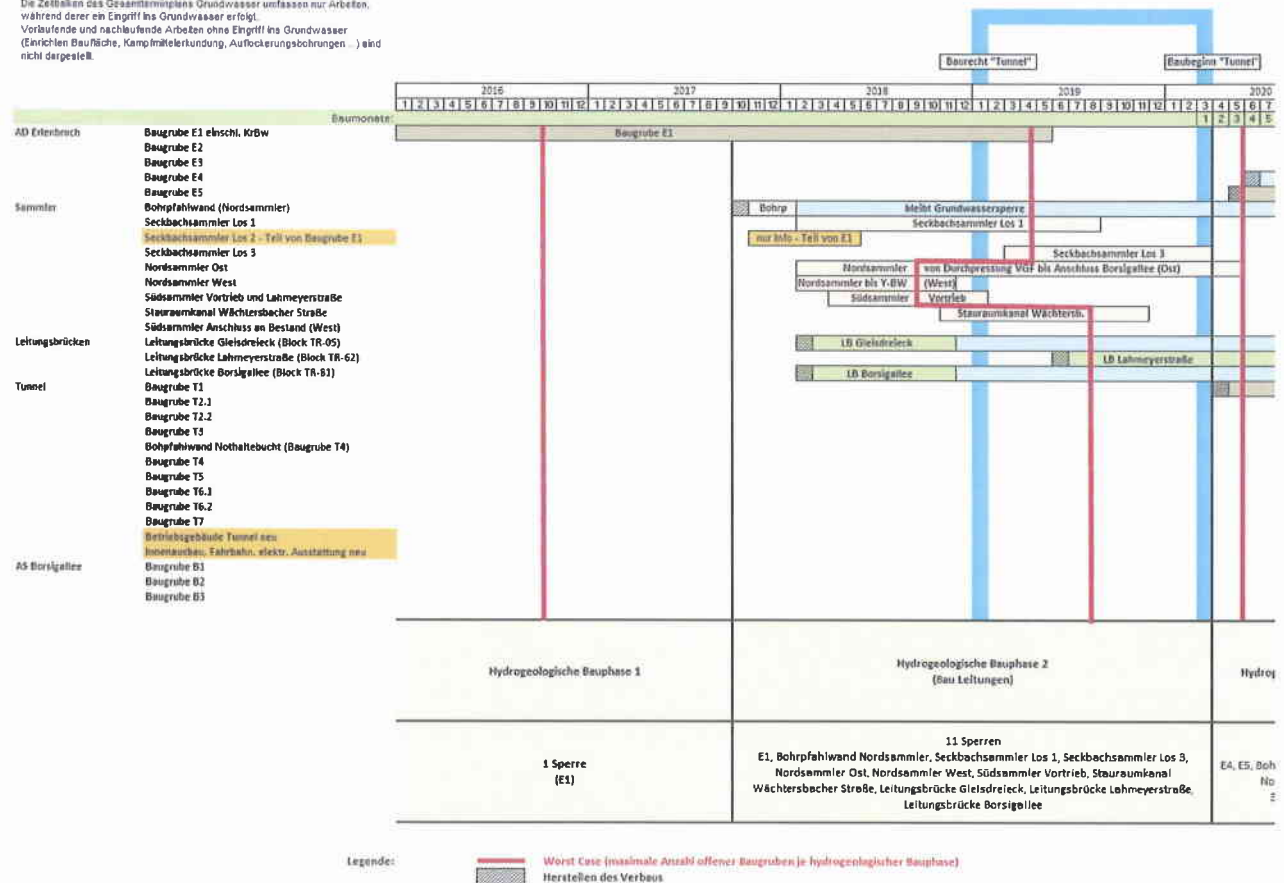
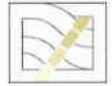


Abbildung 16a: Gesamtterminplan Grundwasser Bauphasen 1 bis 2 (Hessen Mobil, Stand: 06.07.2017, Anlage A.3).



A66 Tunnel Riederwald

Gesamtterminplan Grundwasser

Stand 08 07 2017

Die Zeitbalken des Gesamtforminplans Grundwasser umfassen nur Arbeiten, während derer ein Eingriff ins Grundwasser erfolgt.
Vorlaufende und nachlaufende Arbeiten ohne Eingriff ins Grundwasser (Einrichten Baufäche, Kampfmittelerkundung, Auflockerungsbohrungen...) sind nicht dargestellt.

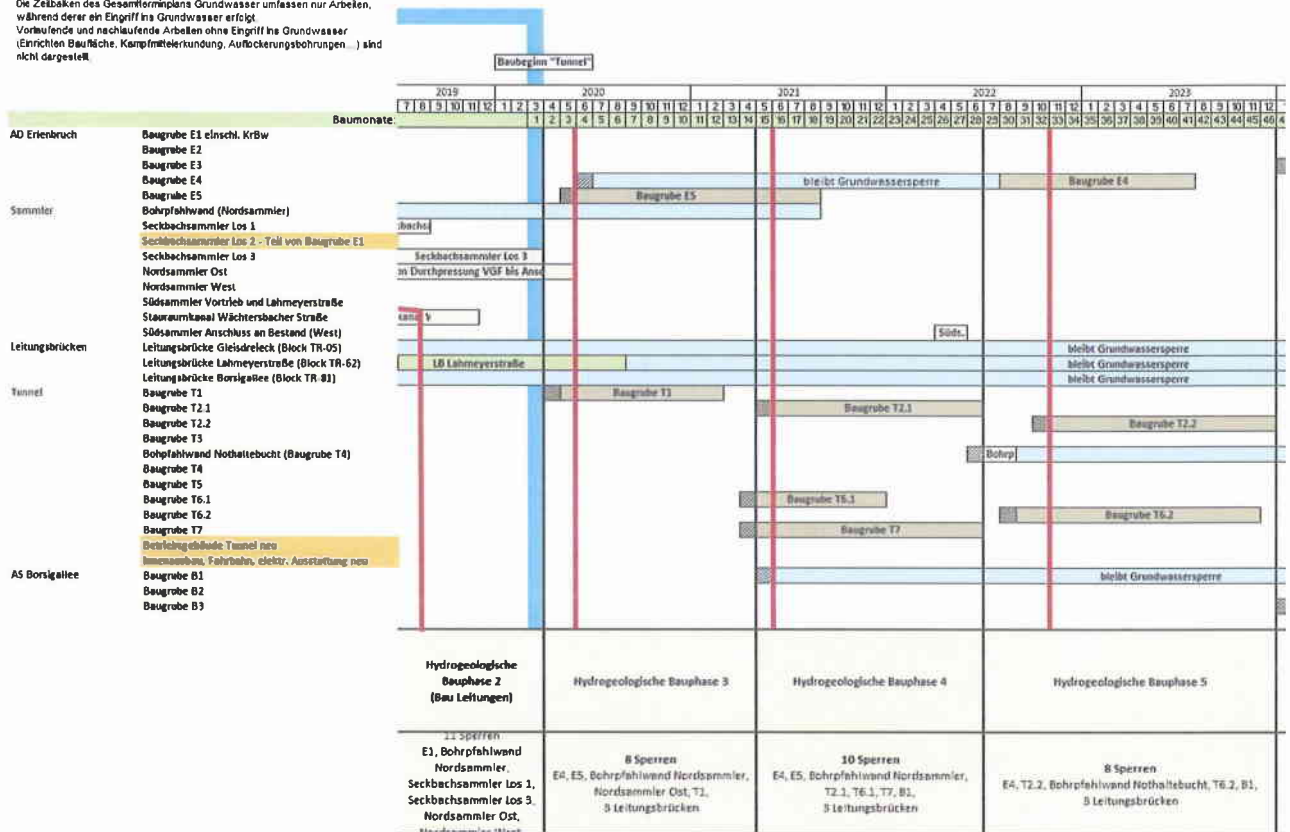
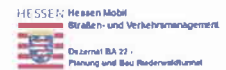


Abbildung 16b: Gesamtterminplan Grundwasser Bauphasen 3 bis 5 (Hessen Mobil, Stand: 06.07.2017, Anlage A.3).



A66 Tunnel Riederwald
Gesamtterminplan Grundwasser
 Stand: 06.07.2017



Die Zeitbalken des Gesamtterminplans Grundwasser umfassen nur Arbeiten, während derer ein Eingriff ins Grundwasser erfolgt. Vorlaufende und nachlaufende Arbeiten ohne Eingriff ins Grundwasser (Errichten Baufäche, Kampfmittelentladung, Aufklärungsbohrungen ...) sind nicht dargestellt.

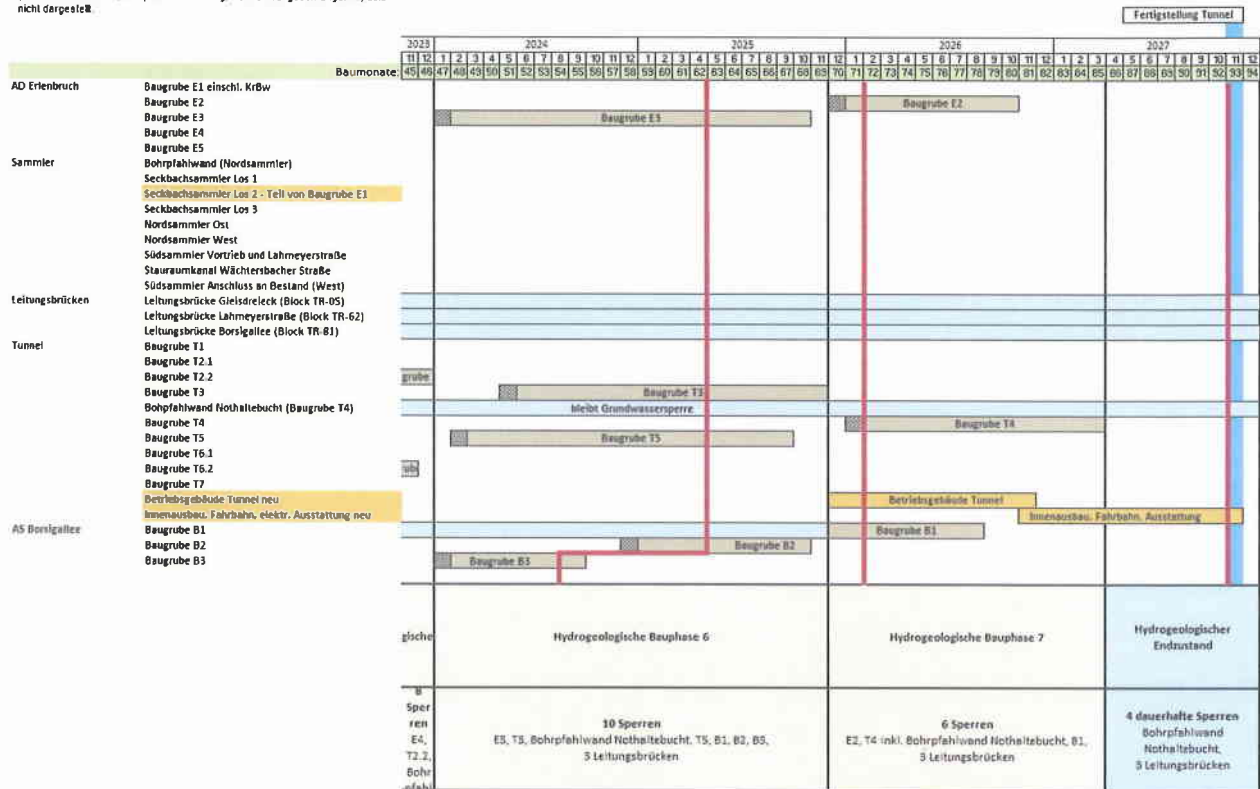


Abbildung 16c: Gesamtterminplan Grundwasser Bauphasen 6 bis 7 sowie Endzustand (Hessen Mobil, Stand: 06.07.2017, Anlage A.3)

Aus den ursprünglich vorgesehenen 6 hydrogeologischen Bauphasen sind nach Umstrukturierung der Bauablaufplanung nun 7 hydrogeologische Bauphasen hervorgegangen. Die rote senkrechte Linie markiert pro Bauphase den Zeitpunkt mit der größten Anzahl geöffneter Baugruben und somit den meisten wirksamen Grundwassersperrern („worst case“). Dieser Zustand wurde in den jeweiligen Berechnungen der entsprechenden hydrogeologischen Bauphase zugrunde gelegt. Die grauen Balken (Abb. 16a bis 16c) bedeuten, dass sich die entsprechenden Baugruben im Bau befinden. Hier findet (mit Ausnahme der beiden Bohrpfahlwände) über die gesamte Zeitdauer eine Grundwasserentnahme statt. Die blauen Balken zeigen aktive Grundwassersperrern, bzgl. der Grundwasserentnahme muss differenziert werden:

- Baugruben E4 und B1: Der Aushub erfolgt direkt nach Herstellen des Verbaus (dargestellt durch die schraffierten Balkenflächen). Die Grundwasserentnahme findet über die gesamte Zeitdauer (blaue und graue Balkenflächen) statt.
- Bohrpfahlwände und Leitungsbrücken: keine Grundwasserentnahme während der blauen Balkenflächen.



Änderungen im Bauablauf der Gesamtbaumaßnahme Riederwaldtunnel werden der UWBB mitgeteilt und es wird eine neue Modellierung zur Entscheidung vorgelegt.

Folgende Bauzustände werden im Rahmen der hydrogeologischen Bauphasen unterschieden:

- **Keine Bautätigkeit**

In diesen Bereichen liegt der ursprüngliche geologische, hydrogeologische Zustand vor.

- **Baugrube geöffnet**

Der Bauabschnitt befindet sich im Bau, die Baugrube ist mit einer hydraulisch wirksamen Bohrpfahlwand oder einer Spundwand umgeben. Der Wasserstand wird ca. 0,5 m unter Baugrubensohle abgesenkt, die Entspannungsbohrungen sind vorhanden und hydraulisch wirksam.

- **Baugrube geschlossen, Bauwerk von Filter umgeben**

Dies stellt den endgültigen Zustand des Bauwerks dar. Der Flächenfilter ist komplett aufgebaut und hydraulisch voll funktionstüchtig.

Generell sollen durch die Modellierung der einzelnen Bauphasen die hydraulischen Beeinflussungen berechnet werden, die sich durch die teilweise mehrere Jahre offenen Baugruben und die Wasserhaltungsmaßnahmen ergeben.



Aufbau des Modells:

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 17) zeigt den prinzipiellen Aufbau des Grundwassermodells im Querschnitt. Die Schichtmächtigkeiten und die Durchlässigkeiten der oberflächennahen Schichten variieren natürlich je nach Lage des Schnittes. Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die jeweilige Durchlässigkeit des dargestellten Materials: die orangefarbenen Bereiche stellen die gut durchlässigen Bereiche des Flächenfilters (auf eine Differenzierung zwischen Flächenfilter und Zwischenfilter wurde hier verzichtet) mit einer Systemdurchlässigkeit von 1×10^{-3} m/s dar. Die vioioletten Bereiche stehen für den undurchlässigen Nordsammler, die „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ und den Tunnel selbst. In der Grafik stellt die dunkelblaue Schicht den Rupelton dar.

Die Baugruben sind modelltechnisch von einer Spundwand mit einer Durchlässigkeit $1,5 \times 10^{-10}$ m/s umbaut worden. Die Spundwände sind umgeben von nichtbindigem Füllmaterial in den notwendigen Austauschbohrungen. Das Füllmaterial wurde mit einer Durchlässigkeit von 2×10^{-4} m/s angesetzt.

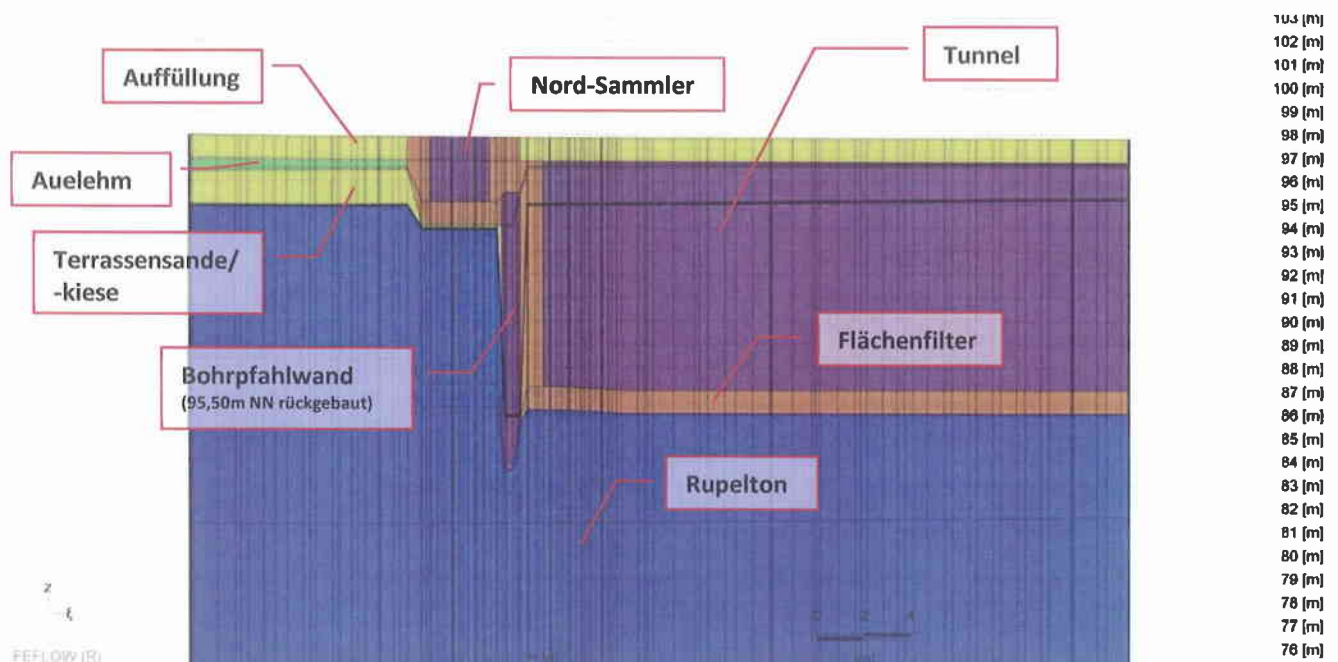
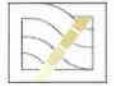


Abbildung 17: Querschnitt System Nordsammler, Tunnelbauwerk, Bohrspfahlwand 95,5 mNN bis GOK durchlässig (ab hydrogeol. Bauphase 5)

Die „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ ist an der geplanten Stelle in den hydrogeologischen Bauphasen 2 - 4 von GOK (ca. 98 m NN) bis zur Endtiefe als undurchlässig angesetzt worden. Ab der hydrogeologischen Bauphase 5 ist der oberflächennahe Bereich (95,5 – 98,0 m NN) rückgebaut und durch gut durchlässiges Material (1×10^{-3} m/s) ausgetauscht worden. Die exakte Lage der Abbruchkante der Bohrspfahlwand ist abhängig von der OK Rupelton und sollte anhand der baubegleitenden Schichtenaufnahme durch einen fachkundigen Geologen festgelegt werden. Ein Um- bzw. Überströmen der Bohrspfahlwand wird hierdurch hydraulisch gewährleistet.



1.7.2 Darstellung der berechneten hydrogeologischen Bauphasen

Ergebnisse der Berechnungen:

Die Ergebnisse der Modelberechnung der hydrogeologischen Bauphasen (2 – 7 sowie Endzustand) sind diesem Bericht als Anlage A.5 beigelegt.

Die nachfolgend aufgeführten 7 hydrogeologischen Bauphasen wurden mittels des oben beschriebenen GW-Modells auf Grundlage des in Abbildung 16 a bis 16c dargestellten Bauablaufs berechnet. Den daraus resultierenden GW-Gleichenplänen und Schadstoffbahnen wurde die Ausgangssituation gegenüber gestellt und ein Differenzenplan berechnet und grafisch dargestellt.

Alle aufgeführten Bauphasen zeigen die jeweils aktiven Baugruben bzw. Baumaßnahmen. Die anderen Rampen- und Tunnelbereiche befinden sich je nach Baufortschritt in der Ausgangssituation (vor Baubeginn) oder weisen schon den fertigen Tunnelaufbau aus:

- **Hydrogeologische Bauphase 1 (geplante Dauer: 35 Monate):**

Während der hydrogeologischen Bauphase 1 ist lediglich die Baugrube E1 geöffnet, d. h. die Baugrube ist komplett umspundet, ausgehoben und entwässert (geplante Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen gem. Gesamtterminplan: 32 Monate). Das Kreuzungsbauwerk befindet sich im Bau. Eine Neuberechnung dieser, bereits genehmigten Bauphase ist nicht erfolgt.

Die maximale Auswirkung zeigt sich auf dem berechneten Differenzenplan (siehe Abbildung 18, Berechnung Stand: 15.01.2015, Bericht 011/12-4 G13Rev02, [U95]) in der abstromigen, westlichen Seite der Baugrube E1 in Form einer Grundwasserabsenkung, welche im Nahbereich der Spundwand bis zu 0,4 m (gelbe bis grüne Farbflächen) erreicht und sich mit zunehmender Entfernung zur Baugrube hyperbelartig an den unbeeinflussten Grundwasserspiegel angleicht.

Die im Rahmen der Detailberechnung Entwässerung Baugrube E1 [U51] ermittelte Entnahmemenge beträgt für die

Baugrube E1: 62,6 m³/d

Entnahmemenge ca.: 60.100 m³

Diese Menge beinhaltet kein Niederschlagswasser, auch das Lenzwasser ist in dieser Kalkulation nicht enthalten.

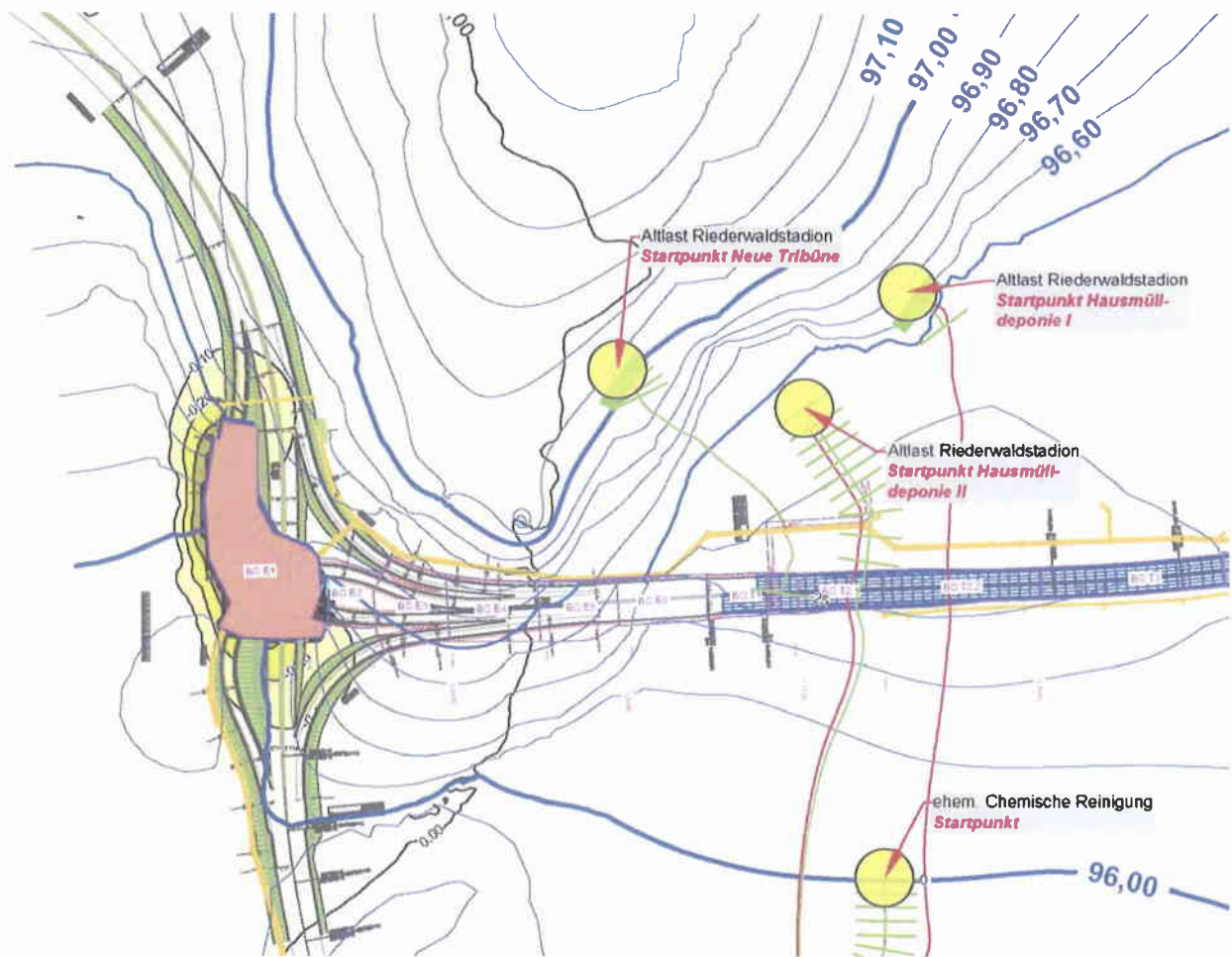


Abbildung 18: Hydrogeologische Bauphase 1, Detailausschnitt AD Erlenbruch, GW-Gleichen (blaue Linien), Strömungslinien nach Modellanpassung (rote Linien) und Strömungslinien Bauphase 1 (grüne Linien) gem. [U95]

Die Wasserhaltung in der Baugrube E1 hat am 17.06.2014 begonnen. Das von Hydrodata baubegleitend durchgeführte „kleinräumige Grundwassermonitoring“ bestätigt, dass keine Auswirkungen der Baumaßnahme auf die vorhandene Grundwassersituation erkennbar sind. Die der Baugrube E1 im Abstrom am nächsten gelegenen Messstellen (AmR_1, NGW 3-n, BG1_3 und AHe15-n) weisen ab Beginn der Wasserhaltung gegenüber den entfernter gelegenen und weitestgehend unbeeinflussten Messstellen keine niedrigeren Grundwasserstände auf (vergleiche Abbildung 19), die Ganglinien verlaufen nahezu parallel.

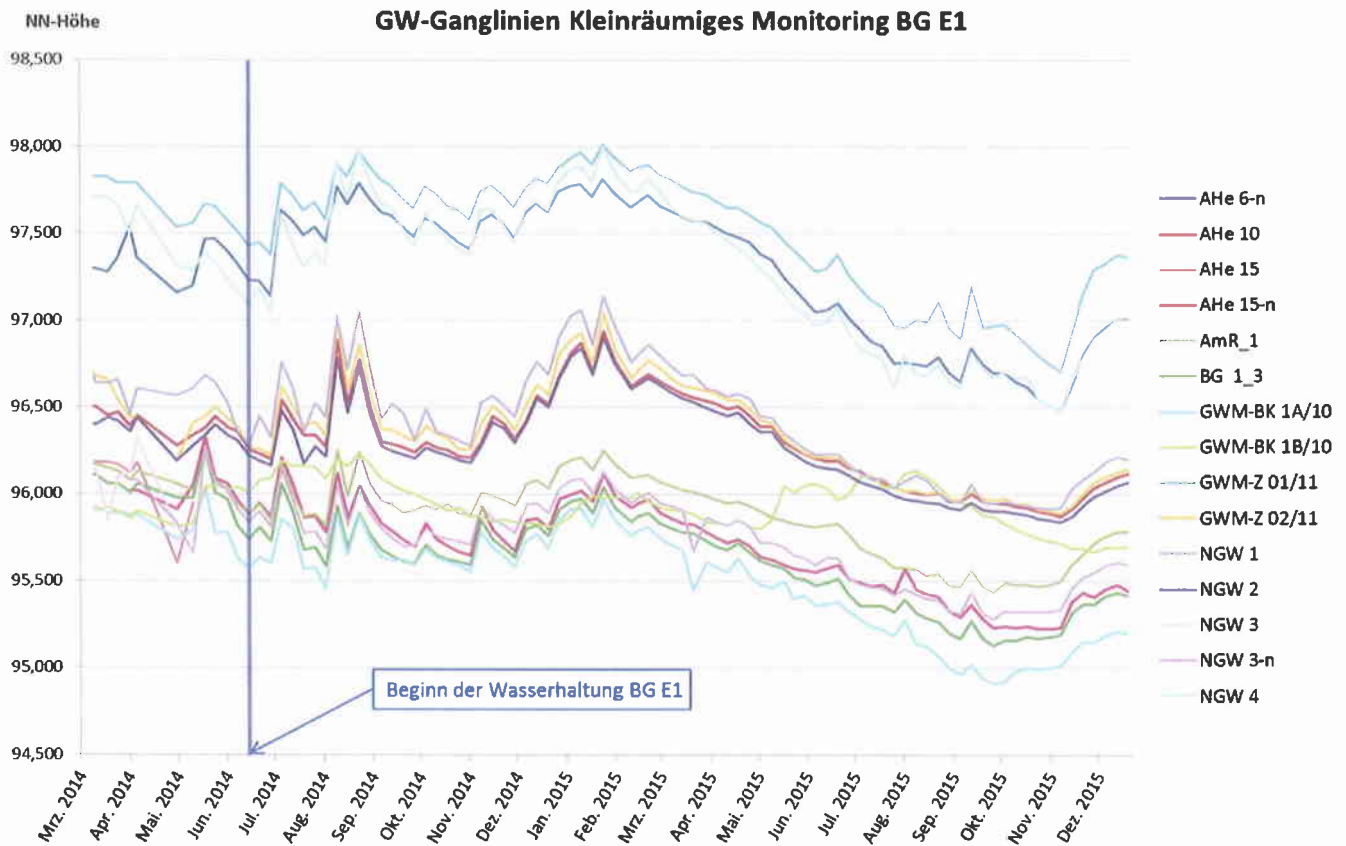
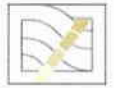


Abbildung 19: Grundwasserganglinien aus dem kleinräumigen Grundwassermontoring für Baugrube E1 (Quelle: Hydrodata, Kurzberichte zur Wasserhaltung Baugrube E1)

Die im Rahmen der Wasserhaltung während Trockenperioden erhobenen Entnahmemengen (gem. Hydrodata durchschnittlich 50 m³/d) stimmen mit den über die Detailberechnung ermittelten Mengen sehr gut überein. Eine Anpassung des Grundwassermodells und Neuberechnung der hydrogeologischen Bauphase 1 waren in Abstimmung mit dem RP DA nicht erforderlich (vgl. Protokoll von 02.09.2015 aus Besprechung mit RP DA).



- **Hydrogeologische Bauphase 2 (geplante Dauer 30 Monate):**

Folgende Baugruben sind geöffnet und in der Berechnung berücksichtigt: E1, „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ (BPFW) fertiggestellt (als Grundwassersperre wirksam von Maximaltiefe bis GOK), Seckbachsammler Los 1 (SBS L1), Seckbachsammler Los 3 (SBS L3), Nordsammler Ost bis Anschluss Borsigallee (NS1), Nordsammler West bis Y-Bauwerk (NS2), Südsammler Vortrieb (SüS), Stauraumkanal Wächtersbacher Straße, Leitungsbrücke Gleisdreieck (LBG), Leitungsbrücke Lahmeyerstraße (LBL), Leitungsbrücke Borsigallee (LBB).

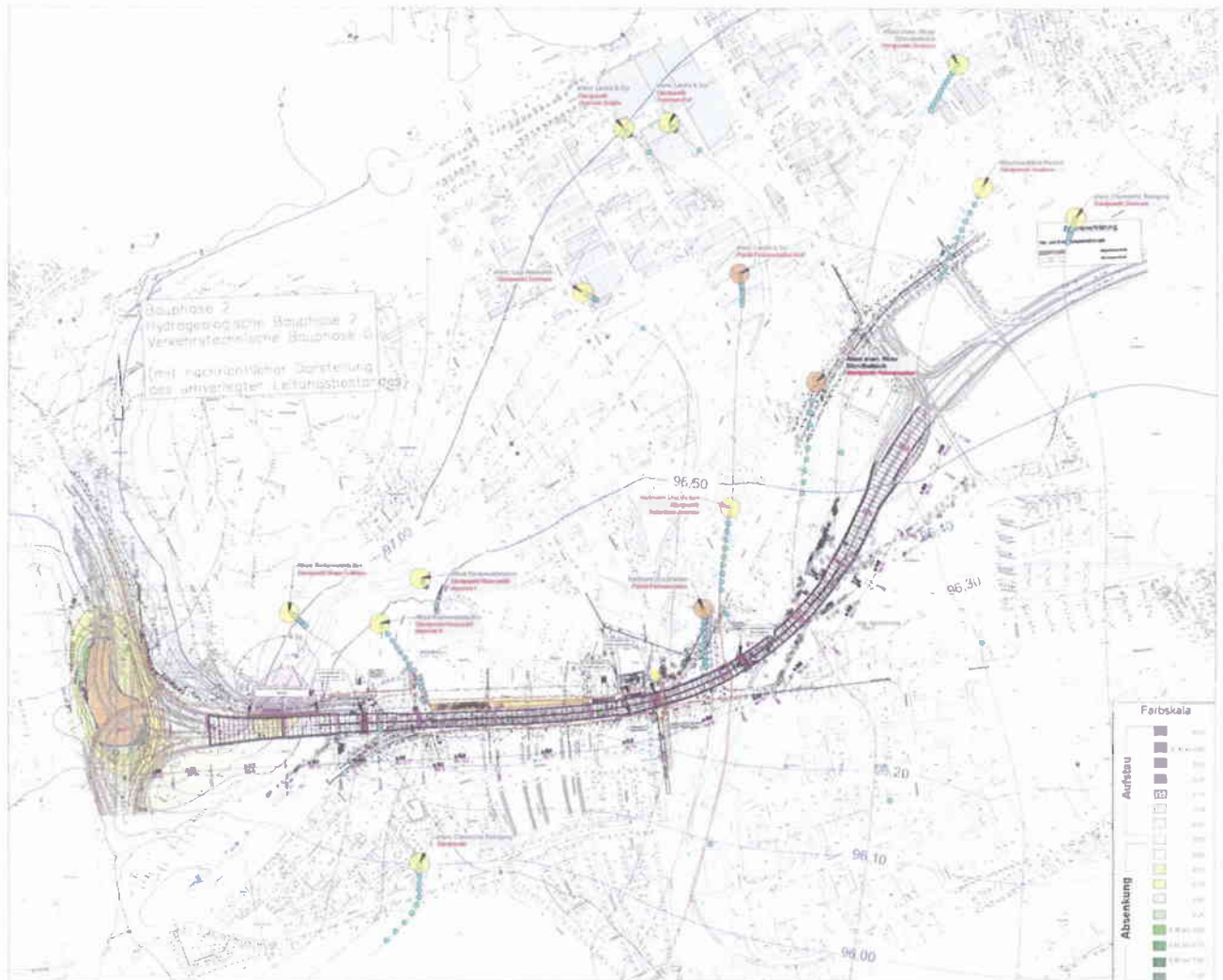


Abbildung 20: Hydrogeologische Bauphase 2, Gesamtdarstellung, GW-Gleichen (blaue Linien), Absenkungs- und Aufstaubereiche (Farbflächen) sowie Strömungslinien (rote Linien: Ausgangssituation, grüne Linien: berechneter Verlauf mit 0,5-Jahres-Zeitscheiben) gemäß Neuberechnung (Anlage A.5)



Der berechnete Differenzenplan zeigt im Bereich der Baugrube E1 weiterhin nur eine geringe Absenkung mit Maximalbeträgen von 0,3 m im direkten Spundwandnahbereich. Der Absenkbereich bis maximal 0,1 m erreicht im Anstrom eine Reichweite von ca. 70 m, im Abstrom nur ca. 25 m.

Nördlich der bis zur GOK geschlossenen „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ (zwischen Nordsammler und Tunnelbauwerk) kommt es während dieser Bauphase zu einem Aufstau. Die Gesamtreichweite des Aufstaus liegt bei ca. 150 m, der Grundwasseranstieg unmittelbar nördlich der Bohrpfahlwand beträgt bis zu 0,25 m. Aufgrund eines ausreichend großen Grundwasserflurabstandes (in der Grundwassermessstelle BG6_6, ca. 35 m nördlich der Bohrpfahlwand, steht das Grundwasser mindestens 1,35 m unterhalb der Geländeoberkante an), ist hier nicht mit Überflutungen infolge des Aufstaus zu rechnen. Im südlichen Abstrom verursacht die Bohrpfahlwand bis zu einem Abstand von ca. 45 m eine geringfügige Grundwasserabsenkung von maximal 0,15 m.

Die drei Leitungsquerungen (Gleisdreieck, Lahmeyerstr. und Borsigallee) werden in Deckelbauweise ausgeführt. Zunächst werden Bohrpfähle im Bereich der späteren Wände des Tunnels in das Erdreich eingebracht. Die Baugrube wird vollständig mit einem Spundwandverbau umschlossen. Anschließend erfolgt der Erdaushub zur Errichtung des Deckels. Nach Herstellung der Leitungsbrücken verbleiben die Bohrpfähle auch nachbauzeitlich auf einer Länge von ca. 8 – 12 m (je nach Breite der Leitungsquerung) als dauerhafte Sperre im Untergrund.

Der Bau der Leitungsbrücken ist in Bezug auf die Grundwasserbeeinflussung als minimal zu beschreiben, da das Grundwasser nur in einem sehr kleinräumigen Bereich abgesperrt wird, der seitlich umströmt werden kann. Die Veränderung gegenüber der Ausgangssituation beträgt max. 0,1 m.

Die Teilbaugruben zur Verlegung der Sammler (Länge bis zu 50 m, Dauer der Wasserhaltung jeweils ca. 10 Tage) haben aufgrund ihrer geringen Einbindetiefe (Kanalsole an tiefster Stelle z. B. Seckbachsammler bei 94,80 m NN) einen begrenzten Einfluss auf die GW-Verhältnisse, sodass sie bei den Berechnungen kaum in Erscheinung treten und auf den GW-Differenzenplänen nicht als Absenkbereiche auszumachen sind (Aufstau, bzw. Absenk < 5 cm).



Dichtigkeit des Baugrubenverbaus für Anschlüsse an Bestandskanäle

Im Bereich von Anschlüssen an die Bestandskanäle werden Durchdringungen des Spundwandverbaus erforderlich. Die Abdichtung des Verbaus bei Durchdringungen erfolgt durch Injektionsschleier gem. folgendem Ablaufschema:

- Einbringen des Spundwandverbaus bis 1-1,5 m in den wasserundurchlässigen Rupelton.
- Injektionsschleier um den Bestandskanal bis auf Höhe Rupelton mit seitlicher Überlappung der Spundwand von Geländeoberkante bzw. einer vom Unternehmen zu schaffenden Arbeitsebene.
- Herstellung des Absenkbrunnens zur Absenkung des Grundwassers auf Niveau ca. 0,50 m unter Baugrubensohle.
- Bodenaushub zur Herstellung der Baugrube.
- Während der Aushubarbeiten Betrieb der Absenkbrunnen.
- Herstellung der wasserdurchlässigen Injektion unter/ neben dem Bestandskanal aus der Baugrube heraus.
- Einstellung Pumpbetrieb Absenkbrunnen; Nachinjektion bei Leckagen
- Einrichtung einer offenen Wasserhaltung für die Fassung und Ableitung des Rest- und Tagwasser innerhalb der Baugrube.

Dichtigkeit des Baugrubenverbaus bei Mikrotunnelbau

Bei dem geplanten Mikrotunnelbau werden in den Start- und Zielgruben die erforderlichen Durchdringungen (Einfahrt-/ Ausfahrtöffnungen) durch Dichtungen abgedichtet (s. a. DWA-A 125).

Die über das Grundwassermodell für die hydrogeologische Bauphase 2 berechnete Entnahmemenge (gem. Anlage A.5) beträgt:

Baugrube E1 ca.:	64 m ³ /d
während Bauphase 2 ca.:	38.000 m ³
Nordsammler ca.:	29.500 m ³
Südsammler ca.:	45.000 m ³
Seckbachsammler ca.:	27.500 m ³

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 2 berechnete

Entnahmemenge ca.:	140.000 m³
---------------------------	------------------------------



Die berechnete Menge enthält kein Niederschlagswasser. Wie sich die Entnahmemengen für die Herstellung der Sammler zusammensetzen, ist detailliert in den jeweils spezifischen Antragsteilen beschrieben.

Die im Zuge der Herstellung der Sammler und der Leitungsbrücken anfallenden Grundwasserentnahmemengen und –absenkungen werden in den spezifischen Teilen der Wasserrechtsanträge im Rahmen der Wasservorbemessung ermittelt und beschrieben (siehe auch Kap. 1.8).

Da während der hydrogeologischen Bauphase 2 im östlichen Projektgebiet die Baumaßnahmen auf die Herstellung der Leitungsbrücken beschränkt sind, ist das Grundwasser hier nahezu unbeeinflusst.

Die Abbildung 20 zeigt für den Bereich AD Erlenbruch die Differenzen der Strömungsbahnen zwischen der Berechnung Ausgangssituation und der Berechnung hydrogeologische Bauphase 2. Die in der Abbildung dargestellten Strömungsbahnen zeigen im Bereich AD Erlenbruch am Ende der 30 Monate dauernden Bauphase durch die Tunnelbaumaßnahmen nur geringe Abweichungen in den Strömungsbahnen. Für die Altlasten am Riederwaldstadion (Neue Tribüne und Hausmülldeponie II) ergeben sich beispielsweise maximale Ablenkungen von ca. 2 m in Richtung Osten.

Im Bereich Borsigallee ergibt sich laut Berechnung keine messbare Ablenkung der Strömungslinien gegenüber der Ausgangssituation.

Die Grundwasserbeeinflussung infolge der Einzelbaumaßnahmen des Sammlerbaus (Herstellung der Start- und Zielgruben für das Microtunneling-Verfahren, Anschlüsse an den Kanalbestand sowie bergmännischer Vortrieb) sind auf dem Lageplan in Anlage A.7.3 dargestellt.



- **Hydrogeologische Bauphase 3 (geplante Dauer: 13 Monate):**

Folgende Baugruben sind geöffnet, die Bauwerke befinden sich jeweils im Bau: E4, E5, „BPFW Nordsammler“ (als nördlicher Baugrubenverbau von E4 und E5) und T1, Nordsammler Ost bis Anschluss Borsigallee (NS1), T1, drei Leitungsbrücken als dauerhafte GW-Sperren durch die im Untergrund verbleibenden Verbaulemente.



Abbildung 21: Hydrogeologische Bauphase 3, Gesamtdarstellung, GW-Gleichen, Differenzplan, Strömungslinien



Der berechnete Differenzenplan zeigt im Bereich des ca. 340 m langen gemeinsamen Baubereiches aus E4, E5 und T1 aufgrund der großen Ausdehnung der Baugrube und der auf der gesamten Länge notwendigen GW-Absenkung bis unterhalb der Baugrubensohle am Tunnelportal max. Absenkungen von ca. 1 m im südwestlichen, abstromigen Bereich (E4).

Diese Absenkung tritt auch im Zustrom der Baugrube E4 mit einer entsprechend großen Gesamtreichweite auf und ist durch die über die Austauschbohrungen verursachte große hydraulisch wirksame Spundwandfläche bedingt. Die maximalen Absenkbeträge werden jedoch nur im Nahbereich der Spundwand bis zu einem Abstand von 25 m erreicht. In 100 m Abstand zur Spundwand beträgt die berechnete Absenkung nur noch maximal 0,35 m.

Die durch die fertiggestellten Leitungsbrücken im Untergrund verbleibenden Grundwassersperrern werden seitlich umströmt und treten im Differenzenplan nicht in Erscheinung. Sie haben somit keinen Einfluss auf die natürlichen Grundwasserverhältnisse.

Die für die Tunnelbaugruben über das Grundwassermodell berechnete Entnahmemenge beträgt für die hydrogeologische Bauphase 3:

BG E4:	21 m ³ /d
BG E5:	21 m ³ /d
BG T1:	21 m ³ /d

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 3 berechnete

Entnahmemenge ca.: 19.500 m³

Diese Mengen enthalten kein Niederschlagswasser und kein Lenzwasser.

Im Bereich AD Erlenbruch ergeben sich geringe Ablenkungen der Strömungsbahnen in Richtung der drei Baugruben. Für die bekannte Altlast am Riederwaldstadion (Hausmülldeponie II) liegt die maximale Ablenkung bei ca. 8 m in Richtung Westen.

Die in der Abbildung 21 dargestellten Strömungsbahnen zeigen im östlichen Projektgebiet, wo keine Wasserhaltungsmaßnahmen stattfinden, nur sehr geringe Ablenkungen der Strömungslinien gegenüber der Ausgangssituation ebenfalls in Richtung Westen. Für die Fahnnenspitze „Hartmann Druckfarben“ wurde im Laufe der hydrogeologischen Bauphase 3 z. B. eine Ablenkung um ca. 2,5 m berechnet.



- **Hydrogeologische Bauphase 4 (geplante Dauer: 14 Monate):**

Geöffnete Baugruben, Bauwerke im Bau: E4 und E5 mit BPFW Nordsammler, T2.1, T6.1, T7 und B1 (als Verkehrsrampe) sowie drei Leitungsbrücken als dauerhafte GW-Sperren durch die im Untergrund verbleibenden Elemente.

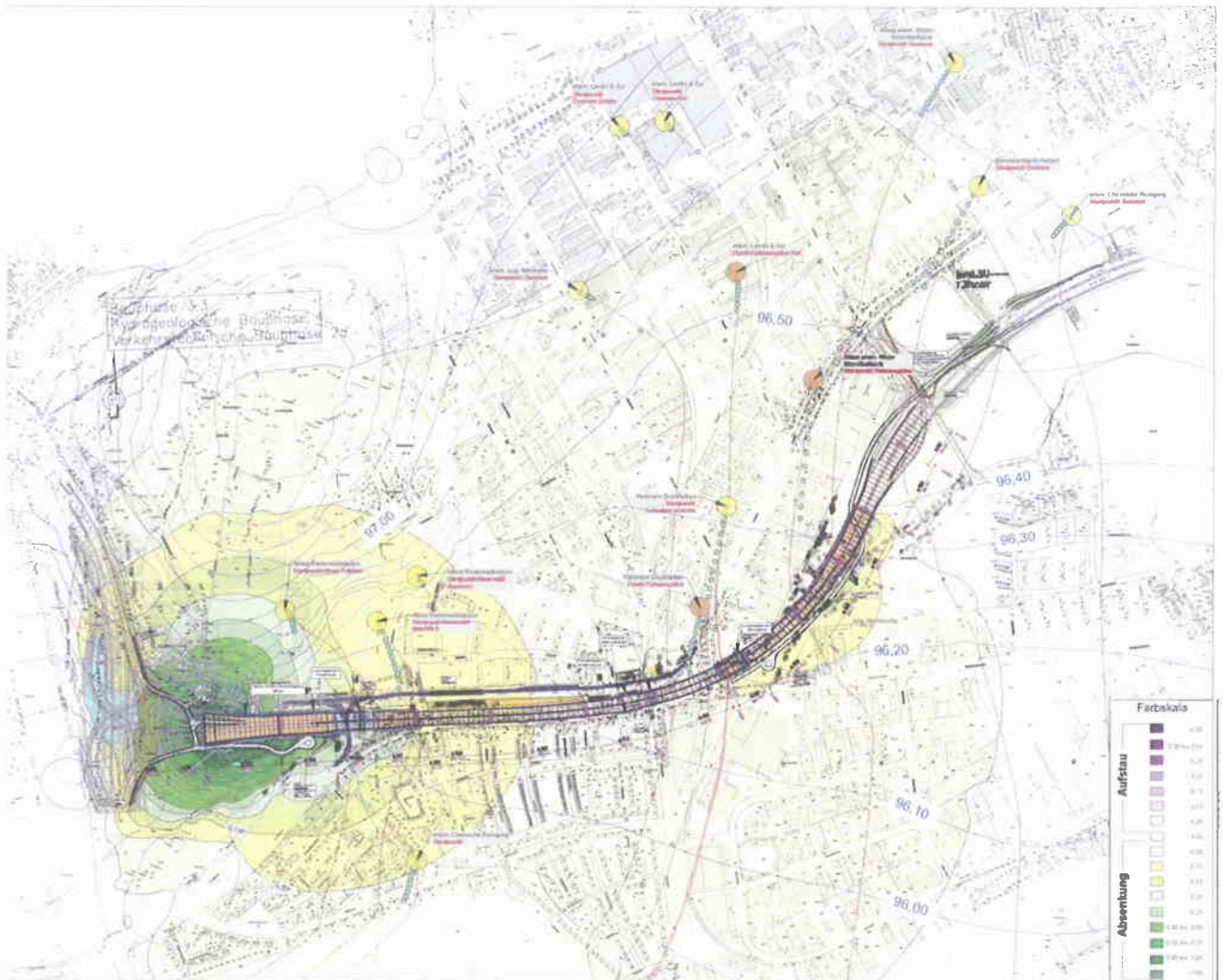


Abbildung 22: Hydrogeologische Bauphase 4, Gesamtdarstellung GW-Gleichen, Differenzplan und Strömungslinien.

Im westlichen Projektgebiet zeigt die im Bereich des Grundwasserhochs gelegene Baugrube E4 im Differenzplan eine Grundwasserabsenkung mit Beträgen von max. 1 m im Nahbereich der südlichen und der westlichen Spundwand (Abstrom). Diese deutliche Auswirkung ist vermutlich durch die steilen Gradienten und die geringeren Durchlässigkeiten in diesem Bereich bedingt. Hinzu kommen die sehr große hydraulisch wirksame Spundwandfläche sowie die tief liegende Baugru-



bensohle. Im Anstrom der Baugrube E4 beträgt die Absenkung max. 0,9 m und flacht in ca. 100 m Entfernung auf ca. 0,4 m ab.

Im abstromigen Bereich der T2.1 liegt eine Absenkung mit Maximalbeträgen von 0,25 m vor, im Anstrom wurde nur eine gefingförmige Grundwasserabsenkung von max. 0,1 m berechnet. Die östlichen Baugruben T6.1, T7 und B1 zeigen insgesamt nur geringe Einflüsse auf die Grundwasserstände mit max. Absenkungen von bis zu 0,15 m. Großräumig kann das Grundwasser im gesamten Projektgebiet durch die Wasserhaltungsmaßnahmen bis max. 0,1 m abgesenkt werden.

Die durch die fertiggestellten Leitungsbrücken verbleibenden Grundwassersperrungen treten im Differenzenplan nicht in Erscheinung.

Zu einem Aufstau kommt es in dieser Bauphase nicht.

Die für die Tunnelbaugruben über das Grundwassermodell berechneten Entnahmemengen betragen für die hydrogeologische Bauphase 4:

BG E4:	35,9 m ³ /d
BG E5:	24,7 m ³ /d
BG T2.1:	5,5 m ³ /d
BG T6.1:	2,0 m ³ /d
BG T7:	25,8 m ³ /d
BG B1:	34 m ³ /d

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 4 berechnete

Entnahmemenge ca.: 44.800 m³

Diese Mengen enthalten kein Niederschlagswasser und kein Lenzwasser.

Die Ablenkung der Strömungsbahnen (grüne Linien) gegenüber der Ausgangssituation (rote Linien) ausgehend von den Altlasten (z. B. Altlast Riederwaldstadion, Hausmülldeponie II, Neue Tribüne und Chem. Reinigung) ist im Nahbereich der Baugrube BG E4 und BG E5 in Form einer Ablenkung nach Westen vorhanden. Die Beeinflussung durch die 14 Monate dauernde hydrogeologische Bauphase 4 liegt bei maximal 8,5 m (Chem. Reinigung).

Im östlichen Projektgebiet ist die Ablenkung der Strömungslinien geringer und liegt nach 14 Monaten z. B. für die Fahnen spitze „Maschinenfabrik Herbert“ bei ca. 3,5 m und für „Hartmann Druckfarben“ bei ca. 4,0 m.



- **Hydrogeologische Bauphase 5 (geplante Dauer 18 Monate):**

Geöffnete Baugruben, Bauwerke im Bau: E4, T2.2, T6.2, B1 (als Verkehrsrampe) sowie drei Leitungsbrücken als dauerhafte GW-Sperren durch die im Untergrund verbleibenden Elemente.

- „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ abgebrochen bis 95,50 mNN im Bereich BG E5

- „Bohrpfahlwände Nothaltebucht“ (BG T4) werden hergestellt und verbleiben als dauerhafte Grundwassersperre im Untergrund.



Abbildung 23: Hydrogeologische Bauphase 5, Gesamtansicht, GW-Gleichen, Differenzenplan, Strömungslinien

Nach wie vor zeigt der sich aus den Berechnungen ergebende Differenzenplan (Abbildung 23 und Anlage A.5) im Nahbereich der BG E4 eine Grundwasserabsenkung mit Beträgen von max. 1,1 m



im Abstrom, unmittelbar am Spundwandverbau, in ca. 100 m Entfernung zur Spundwand beträgt die Absenkung noch etwa 0,5 m.

Die zeitgleich etwas weiter östlich geöffnete BG T2.2 stellt sich im Differenzenplan als Absenkbereich mit einem Betrag von abstromig bis zu 0,3 m dar. Die BG T6.2 und B1 verursachen durch die Wasserhaltungsmaßnahmen maximale Absenkungen von 0,1 m im Abstrom. Wie in den Bauphasen zuvor ist damit der GW-Einfluss der weiter östlich gelegenen Maßnahmen deutlich geringer. Großräumig führen die Baumaßnahmen zu einer möglichen Grundwasserabsenkung von bis zu 0,1 m bis in eine Entfernung von ca. 450 m zum Tunnel.

Die durch die fertiggestellten Leitungsbrücken und die Bohrpfähle im Bereich der Nothaltebuchten (nördliche Bohrpfahlwand ca. 35 m und südliche Bohrpfahlwand ca. 55 m lang) im Untergrund verbleibenden Grundwassersperrern treten im Differenzenplan nicht in Erscheinung.

Zu einem Aufstau kommt es während dieser Bauphase nicht.

Die für die Tunnelbaugruben über das Grundwassermodell berechneten Entnahmemengen betragen für die hydrogeologische Bauphase 5:

BG E4:	43,4 m ³ /d
BG T2.2:	30,9 m ³ /d
BG T6.2:	9,4 m ³ /d
BG B1:	26,2 m ³ /d

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 5 berechnete

Entnahmemenge ca.: 48.500 m³

Diese Mengen enthalten kein Niederschlagswasser und kein Lenzwasser.

Die berechneten Strömungsbahnen (grüne Linien) für die Altlast am Riederwaldstadion (Startpunkt Hausmülldeponie II) zeigt bedingt durch die Baugrube BG E4 eine Ablenkung von bis zu 16 m nach Westen. Die anderen Strömungsbahnen im westlichen Bereich zeigen aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten sehr geringe Ablenkungen.

Die berechneten Strömungsbahnen (grüne Linien) zeigen bedingt durch die Baugruben BG T6.2 und BG B1 unterschiedliche Ablenkungen von max. bis zu 17 m nach Westen (Fahnen spitze „Hartmann Druckfarben“).



- **Hydrogeologische Bauphase 6 (geplante Dauer 23 Monate):**

Geöffnete Baugruben: E3, T3, T5, B1 (als Verkehrsrampe), B2 und B3 sowie drei Leitungsbrücken und die „Bohrpfahlwand Nothaltebucht“ als dauerhafte GW-Sperren durch die im Untergrund verbleibenden Elemente.

- „Bohrpfahlwand (Nordsammler)“ abgebrochen bis 95,50 mNN im Bereich E5 und E4 (entspricht Endzustand)

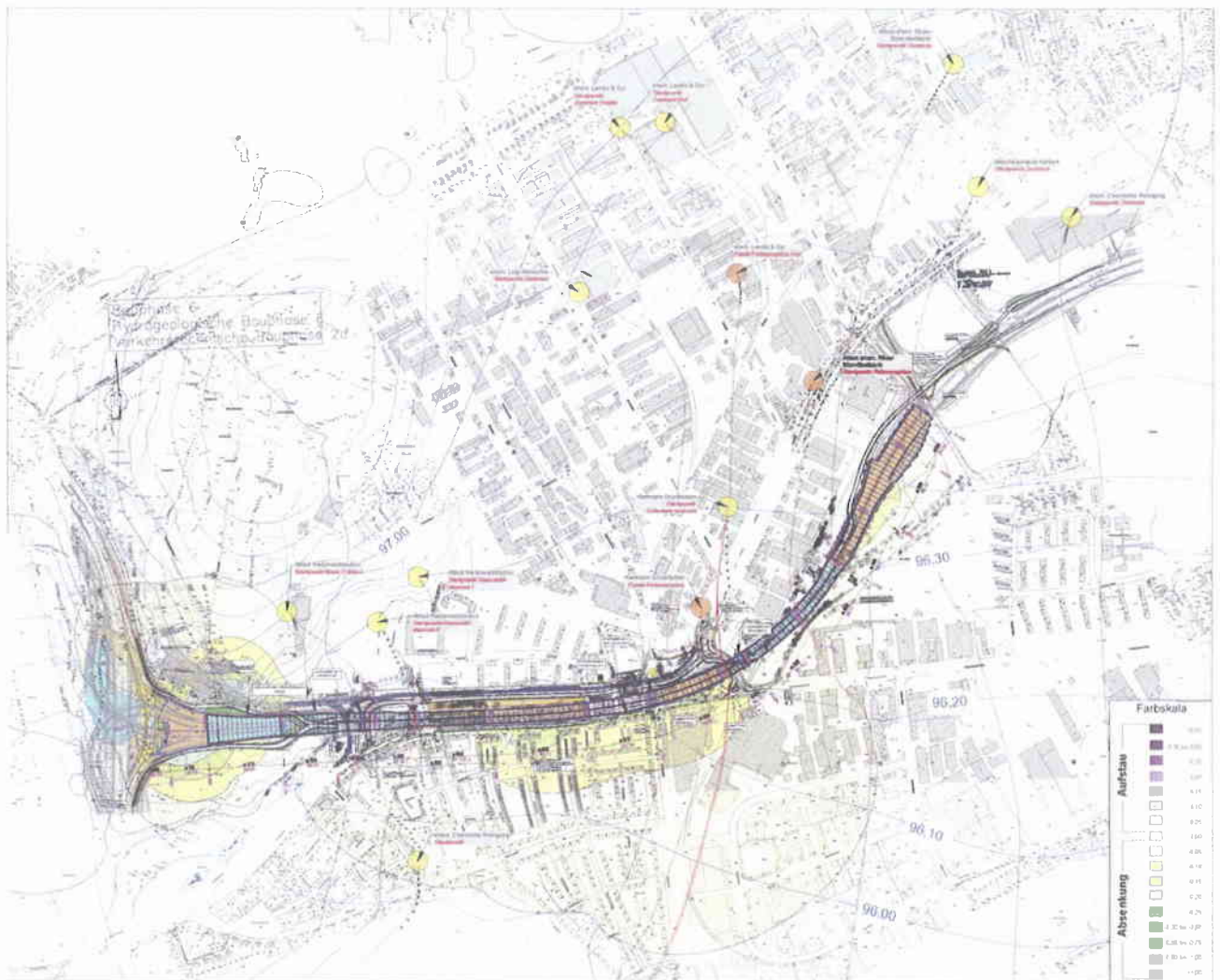
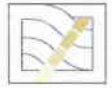


Abbildung 24: Hydrogeologische Bauphase 6, Gesamtansicht, GW-Gleichen, Differenzenplan, Strömungslinien.

Der berechnete Differenzenplan zeigt im Bereich der Baugrube E3 eine Absenkung mit Maximalbeträgen von 0,3 m im abstromigen Nahbereich unmittelbar westlich der Spundwand. Im Zustrom



ist der Absenktrichter nach Osten verschoben und liegt nördlich der bereits geschlossenen Baugrube E4. Der Bereich, in dem die Grundwasserabsenkung 0,1 m übersteigt, hat eine Reichweite von ca. 150 m sowohl in nördlicher als auch in südwestlicher Erstreckung. An der Baugrube T3 wurde im Anstrom ein Aufstau von 0,05 m mit einer Reichweite von ca. 50 m errechnet, im Abstrom der BG liegt die ermittelte Grundwasserabsenkung bei 0,20 m. Die geöffnete Baugrube T5 zeigt im Anstrom einen geringfügigen Aufstau von bis zu 0,05 m, der eine Reichweite von ca. 10 m hat. Im Abstrom beträgt die maximale Absenkung ca. 0,15 m bei einer Reichweite von ca. 100 m.

Die Baugruben B1 bis B3 im östlichen Projektgebiet zeigen eine Grundwasserabsenkung von lediglich 0,1 m außerhalb der Baugrube.

Die durch die fertiggestellten Leitungsbrücken im Untergrund verbleibenden Grundwassersperrungen treten im Differenzenplan nicht in Erscheinung, da sie umströmt werden. Dies gilt auch für die Bohrpfähle im Bereich der Nothaltebuchten.

Die für die Tunnelbaugruben über das Grundwassermodell berechneten Entnahmemengen betragen für die hydrogeologische Bauphase 6:

BG E3:	6,4 m ³ /d
BG T3:	5,2 m ³ /d
BG T5:	16,2 m ³ /d
BG B1:	23,4 m ³ /d
BG B2:	10,6 m ³ /d
BG B3	5,7 m ³ /d

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 6 berechnete

Entnahmemenge ca.: 37.000 m³

Diese Mengen enthalten kein Niederschlagswasser und kein Lenzwasser.

Die Bauphase 6 zeigt ausgehend von den Altlasten am Riederwaldstadion (Startpunkt Hausmülldeponie II) eine Ablenkung der Strömungslinien um maximal 6 m nach Westen.

Die Strömungslinien zeigen im Osten teilweise einen identischen Verlauf wie bei der berechneten Strömungssituation nach der Modellanpassung Schadstofffahnen (z. B. Landis & Gyr). Für die Schadstofffahne „Hartmann Druckfarben“ (Zentrum und Fahnenspitze) beträgt die berechnete Ablenkung zwischen 8 und 18 m in Richtung Osten.



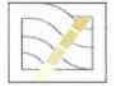
- **Hydrogeologische Bauphase 7 (geplante Dauer: 16 Monate):**

Geöffnete Baugruben: E2, T4 mit Bohrpfählen im Bereich der Nothaltebuchten, die auch nachbauzeitlich als GW-Sperren bestehen bleiben. Ebenfalls im Bau befindet sich das flach gegründete Betriebsgebäude für den Tunnel (etwa bei Bau-km 2+250, vgl. Querschnitte, Anlage A.2, Schnitt 6-6), B1 sowie drei Leitungsbrücken und „Bohrpfahlwand Nothaltebucht“ als dauerhaft GW-Sperren durch die im Untergrund verbleibenden Elemente.

Der nördliche und südliche Baugrubenverbau im Bereich der Nothaltebuchten (BG T4) soll ebenfalls durch zwei überschnittene Bohrpfahlwände (nördliche BPFW ca. 35 m und südliche BPFW ca. 55 m lang) erfolgen (Bau bereits während der hydrogeologischen Bauphase 5). Ein Aufbohren der Bohrpfähle ist nicht vorgesehen, sodass für diesen Bereich aufgrund des sehr engen Arbeitsraumes auf den Einbau des vertikalen Flächenfilters verzichtet werden kann. Der horizontale Flächenfilter wird in diesem Abschnitt nicht durchströmt und ist hydraulisch nicht wirksam. Der Flächenfilter hat in diesem Abschnitt die Funktion einer Bettungsschicht für das Tunnelbauwerk.



Abbildung 25: Hydrogeologische Bauphase 7, Gesamtansicht, GW-Gleichen, Differenzenplan, Strömungslinien.



Der berechnete Differenzenplan zeigt im Bereich der Baugrube E2 eine Absenkung mit Maximalbeträgen von 0,75 m im Nahbereich unmittelbar an der Spundwand. Der Bereich, in dem die Grundwasserabsenkung 0,1 m übersteigt hat in Richtung Norden eine Reichweite von ca. 300 m, nach Süden ca. 200 m und ist leicht nach Osten verlagert. Die Baugrube T4 zeigt maximale Absenkbeträge von 0,2 m im Abstrom, die Reichweite der Absenkung von > 0,1 m beträgt hier etwa 160 m. Die Baugrube von B1 im östlichen Projektgebiet zeigt in einem sehr kleinräumigen Bereich von ca. 100 m Länge eine geringe Absenkung von bis zu 0,1 m.

Die durch die fertiggestellten Leitungsbrücken im Untergrund verbleibenden Grundwassersperren treten im Differenzenplan während der Bauphase 7 nicht in Erscheinung, da sie umströmt werden.

Auch das Betriebsgebäude für den Tunnel mit Löschwasserbecken verursacht keine Grundwasserbeeinflussung, da es flach gegründet ist und maximal 0,3 m in das Grundwasser einbindet.

Die für die Tunnelbaugruben über das Grundwassermodell berechneten Entnahmemengen betragen für die hydrogeologische Bauphase 7:

BG E2:	28,3 m ³ /d
BG T4:	31,6 m ³ /d
BG B1:	35,5 m ³ /d

Unter Berücksichtigung der gemäß „Gesamtterminplan Grundwasser“ ermittelten jeweiligen Dauer der Wasserhaltungsmaßnahmen je Baugrube, beträgt die für die gesamte hydrogeologische Bauphase 7 berechnete

Entnahmemenge ca.: 31.500 m³

Diese Mengen enthalten kein Niederschlagswasser und kein Lenzwasser.

Die Bauphase 7 zeigt im Westen maximale Ablenkungen der Schadstofffahnen um ca. 4,5 m nach Westen (Altlast Riederwaldstadion Startpunkt Hausmülldeponie II).

Die für die Bautätigkeit berechneten Strömungslinien im Bereich der Borsigallee zeigen wieder geringere Abweichungen von maximal 6 m nach Westen (Fahnnenspitze Hartmann Druckfarben).



1.7.3 Gegenseitige Beeinflussung der zeitgleich geöffneten Baugruben

Anhand der berechneten Differenzenpläne (Kap. 1.7.2 und Anlage A.5) lässt sich die gegenseitige Beeinflussung der zeitgleich geöffneten Baugruben für das Tunnelbauwerk einschließlich der Tröge Ost und West, bzw. der hier parallel durchgeführten Wasserhaltungsmaßnahmen betrachten:

- **Hydrogeologische Bauphase 1:**

Es ist nur eine Baugrube (E1) geöffnet, folglich findet keine gegenseitige Beeinflussung statt.

- **Hydrogeologische Bauphase 2:**

Eine gegenseitige Beeinflussung, bzw. eine Überlagerung der Absenkbereiche von Baugrube E1 und den weiter östlich ausgeführten Baumaßnahmen („Bohrpfahlwand Nordsammler“ und Leitungsbrücken sowie Sammler) findet aufgrund der großen räumlichen Distanz und der jeweils nur kurzzeitig geöffneten Teilbaugruben der Sammler kaum statt. Im Vergleich zur hydrogeologischen Bauphase 1 verlagert sich der Absenktrichter um Baugrube E1 leicht nach Osten, hier kommt es zu maximalen Absenkungen von 0,4 m, die max. Reichweite der Absenkung bis 0,1 m beträgt ca. 70 m.

- **Hydrogeologische Bauphase 3:**

Die Absenkungstrichter der drei auf einer Länge von 340 m gemeinsam geöffneten, westlichen Baugruben (E4, E5, T1) überlagern sich und bilden einen gemeinsamen Absenkbereich, wodurch es im südwestlichen Abstrom zu max. Absenkbeträgen von bis zu 1,2 m kommt. Der Radius, in dem die Absenkung noch 0,1 m erreicht, hat eine Reichweite von ca. 450 m.

- **Hydrogeologische Bauphase 4:**

Die Absenkbereiche der während der hydrogeologischen Bauphase 4 geöffneten Baugruben E4/E5 und T2.1 überlagern sich und zeigen im Überschneidungsbereich eine großräumige Absenkung mit Beträgen von ca. 0,15 bis 0,3 m, die einen Radius von ca. 160 m erreicht.

Mit den etwa 800 m weiter östlich zeitgleich stattfindenden Grundwasserhaltungen der Baugruben T6.1, T7 und B1 kann das Grundwasser im gesamten Projektgebiet bis maximal 0,1 m abgesenkt werden.

- **Hydrogeologische Bauphase 5:**

Lediglich die Absenkbereiche der Baugruben E4 und T2.2 überschneiden sich und zeigen Absenkbeträge von 0,2 m bis zu einer Entfernung von 150 m im Abstrom. Die max. Reichweite der Absenkung bis 0,1 m beträgt Richtung Süden ca. 370 m und in Ost-West-Erstreckung ca. 1.000 m.



Die anderen Baugruben T6.2 und B1 befinden sich weiter im Osten. Hier sind die Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse deutlich geringer, eine gegenseitige Beeinflussung der Maßnahmen liegt hier nicht vor.

- **Hydrogeologische Bauphase 6:**

Die während dieser Bauphase geöffneten Baugruben (E3, T3, T5, B1, B2 und B3) stehen aufgrund ihrer räumlichen Distanz in keiner hydraulischen Verbindung, eine Überlagerung der einzelnen Absenkbereiche ist nicht zu erkennen.

- **Hydrogeologische Bauphase 7:**

Die während dieser Bauphase geöffneten Baugruben (E2, T4 und B1) stehen aufgrund ihrer räumlichen Distanz in keiner hydraulischen Verbindung, lediglich der abstromige Absenkbereich der BG T4 verlagert sich leicht nach West in Richtung der BG E2.

Ermittlung des Lenzwassers

Für das Lenzen der Baugruben wurde unter Ansatz der angegebenen Baugrubenvolumen (insgesamt ca. 700.000 m³) die anfallende Wassermenge mit **126.000 m³** abgeschätzt (vgl. 011/12-4 St1 v. 15.10.2013). Zuzüglich der Grundwasserentnahmemenge während der Bauzeit des Tunnelbauwerks einschließlich der Tröge Ost und West sowie der Sammler (hydrogeologische Bauphasen 1 bis 7) von ca. 396.200 m³ ergibt sich eine **Gesamtgrundwasserfördermenge von 522.200 m³**.

Anfallendes Niederschlagswasser ist in der o. g. Fördermenge nicht berücksichtigt.

Grundwasserabsenkung außerhalb der Baugruben entsprechend der hydrogeologischen Bauphasen 1 – 7:

Entsprechend der oben beschriebenen hydrogeologischen Bauphasen treten infolge der regulären und kontinuierlichen Grundwasserabsenkung (offene Wasserhaltung in den Baugruben für das Tunnelbauwerk einschließlich der Tröge Ost und West) keine großräumigen Absenkbeträge von > 0,2 m auf. Lediglich in den jeweils am stärksten betroffenen Bereichen unmittelbar an der Spundwand können lokal auch Absenkbeträge von über 1 m (bei Baugrube E4 in der hydrogeologischen Bauphase 4 und 5) erreicht werden. Von der Spundwand aus steigt der Wasserspiegel mit zunehmender Entfernung hyperbelartig auf das natürliche Niveau wieder an. Die Grundwasserabsenkbeträge basieren überwiegend auf dem unterbrochenen Grundwassernachfluss (Strömungsrichtung in südlicher Richtung) und treten somit eher auf der Südseite (im Abstrom) des jeweiligen Bauwerks auf.

Die „Teiche am Erlenbruch“ (siehe Anlage A.1) sind lediglich in den hydrogeologischen Bauphasen 3 -5 von einer Grundwasserabsenkung von bis zu 0,3 m betroffen. Dieser Betrag liegt im Bereich der saisonalen Grundwasserspiegelschwankungen, sodass hier keine nachteiligen Auswirkungen durch die Wasserhaltungsmaßnahmen zu erwarten sind (vgl. auch Anlage B.8).



1.7.4 Hydrogeologischer Endzustand

Dies stellt den endgültigen Zustand des Bauwerks dar: alle Baugruben sind vollständig geschlossen, die temporären Baugrubenverbauelemente sind zurückgebaut (Spundwände gezogen, Bohrpfehlwände soweit geplant abgebrochen).

Hydraulisch wirksame Bauwerke: Trogbauwerke, Tunnel, Leitungsbrücken sowie die Bohrpfehlwände „Nothaltebuchten“.

Der 1-m-mächtige Flächenfilter ist mit einer Durchlässigkeit von 1×10^{-3} m/s komplett aufgebaut und hydraulisch voll funktionstüchtig.

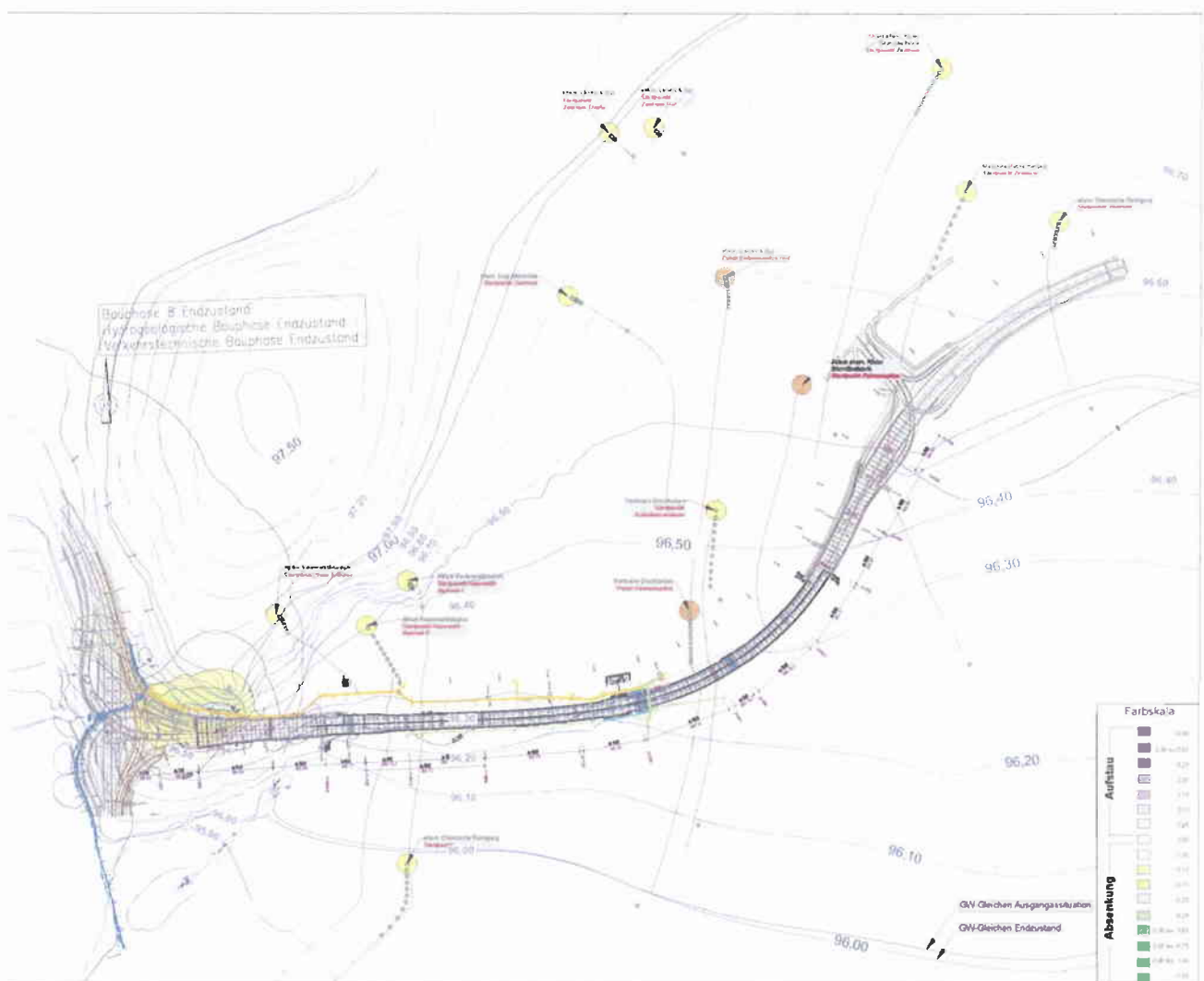


Abbildung 26: Hydrogeologischer Endzustand, Gesamtansicht, GW-Gleichen, Differenzenplan, Strömungslinien.

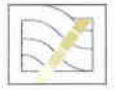


Die mittels Grundwassermodell berechnete maximale Veränderung des Grundwasserstandes zwischen Ausgangs- und Endzustand (mit dem fertiggestellten Tunnel) beschränken sich auf den Bereich des Grundwasserhochs Erlenbruch, südlich des VGF-Geländes, mit einer Absenkung von max. 0,20 m. Die aktuellen Berechnungen zeigen damit annähernd gleiche Resultate wie die ersten Berechnungen zur Dimensionierung des Flächenfilters aus 2013 (vgl. Kap. 1.6.1, Abb. 5). Im gesamten restlichen Trog- und Tunnelbereich liegen die berechneten Differenzen zwischen Ursprungszustand und Endzustand in einem zu vernachlässigbar geringen Bereich zwischen -0,05 und +0,05 m. Der berechnete Aufstau beträgt auch im Bereich der im Untergrund verbleibenden Verbauelemente (an den Leitungsbrücken Borsigallee und Lahmeyerstraße inkl. Nothaltebuchten) nur 0,05 m.

Trotz der Absenkungsbeträge im Bereich des Grundwasserhochs Erlenbruch, sind relevante Ablenkungen der Strömungsbahnen nicht vorhanden.

Die von der ehemaligen Sitzmöbelfabrik Röder, von Landis & Gyr sowie von der Chemischen Reinigung ausgehenden Strömungslinien vom Ursprungs- und Endzustand zeigen nach 25 Jahren Strömungsdauer eine Abweichung von ca. 25 m. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit von gelösten Schadstoffen durch die Retardierung (Rückhaltung) noch deutlich geringer ausfällt, sind damit auch mögliche Abweichungen der Schadstoffbahnen deutlich geringer. Bei einer Retardierung um den Faktor zwei, kann somit für einen Zeitraum von angenommen 25 Jahren eine max. Abweichung von ca. 13,5 m angenommen werden. Diese Annahmen gehen von unbeeinflussten Strömungsverhältnissen und keinen Abbauprozessen der Schadstoffe aus.

Alle weiteren Strömungslinien zeigen nahezu einen identischen Verlauf zwischen Ursprungszustand und Endzustand.



1.8 Auswirkungen der Wasserhaltungsmaßnahmen der Einzelbaumaßnahmen (Sammler)

Absenktrichter

Durch die Grundwasserhaltung entsteht um das jeweilige Absenkenzentrum ein Absenktrichter. Dieser ist nahe der Entnahmestelle (im Regelfall ein Brunnen) relativ steil und nähert sich zum Trichterrand an den von der Baumaßnahme unbeeinflussten Ausgangswasserspiegel an. Der absolute Absenkungsbetrag verläuft innerhalb des Trichters nicht linear, sondern hyperbelartig, so dass die Grundwasserabsenkung zu den Rändern hin nur noch wenige cm beträgt. Die Auswirkungen liegen in diesen Bereichen in der Regel unter der natürlichen saisonalen Schwankungsbreite, die in der Größenordnung zwischen 0,5 m und 1 m betragen kann (vgl. hierzu Anlage A.7.3 und Anlage A.7.4: der innere (blaue) Kreis stellt jeweils die Reichweite der GW-Absenkung von >0,5 m dar).

Zum Teil liegen die Bereiche mit Grundwasserhaltung im Bereich der vorliegenden Baumaßnahme in so geringer Entfernung zur Bebauung, dass die Absenkung die saisonalen Schwankungen hier übertreffen kann. Generell lassen sich Beeinträchtigungen an Gebäuden und Bauwerken durch die Grundwasserabsenkung nicht ausschließen, insbesondere bei setzungsempfindlichen bindigen Böden und Torfen im Gründungsbereich. Eine gesonderte Betrachtung dieses Risikos findet in Kap. 1.9 (Setzungsgefährdung) statt.

Absenkungen an den Anschlüssen der Sammler an die Bestandskanäle/ Baugruben Microtunneling

Für die Anschlüsse des Nordsammlers, des Südsammlers sowie des Seckbachsammlers an die vorhandenen Bestandskanäle sind kurzzeitige Grundwasserabsenkungen erforderlich (ca. 10 Tage). Diese finden ohne durchgängigen Verbau statt und müssen eine Trockenhaltung der Baugrube bis unterhalb der Rohrsohlen gewährleisten. Dementsprechend findet die Grundwasserhaltung in größerer Tiefe innerhalb der Kiessande mit guten Durchlässigkeiten statt.

In Vorbereitung der spezifischen Antragsteile der jeweiligen wasserrechtlichen Anträge wurden Vorbemessungen der bauzeitigen Wasserhaltung auf Grundlage des derzeitigen Planungsstandes ausgeführt. Unter Ansatz der vom Planer angesetzten Dauer der Wasserhaltung von 10 Tagen liegen die Gesamtwassermengen der temporären Grundwasserhaltungsmaßnahmen für den Nordsammler, für den Südsammler und für den Seckbachsammler in der Größenordnung von ca. jeweils 28.000 m³ - 45.000 m³ (ohne Zuschläge für hohe Grundwasserstände). Aus den o. g. planerischen Randbedingungen sowie der durch Pumpversuche ermittelten Durchlässigkeiten (vgl. hierzu Wasserrechtsanträge – Spezifische Teile Sammler), ergeben sich nach SICHARDT Reichweiten dieser kurzzeitig wirksamen Grundwasserabsenkung in der Größenordnung von 100 - 200 m. Eine kumulative standortbezogene UVP-Vorprüfung zu den Sammler-bezogenen Grundwasserhaltungsmaßnahmen wurde im Rahmen des Planrechtsverfahrens „Leitungen“ durchgeführt und wird in den jeweils spezifischen Teilen behandelt.



Der durch die Grundwasserhaltungsmaßnahmen im Rahmen der Herstellung der Anschlüsse beim Bau der Sammler beeinflusste Bebauungsbereich ist somit größer und beinhaltet mehr Gebäude bzw. Bauwerke als der mit der Festlegung der zu betrachtenden Gebäude (gem. Anlage A.6) ursprünglich vorgegebene Korridor. Darüber hinaus sind, insbesondere am Südsammler, an den bereits vorgegebenen Gebäuden durch die Anschlüsse kurzzeitig deutlich höhere Absenkungsbeträge (bis zu ca. 2,0 m) zu erwarten, als nach der Bemessung der hydrogeologischen Bauphasen zunächst angesetzt wurde. Daher wurden in Absprache mit dem Prüfenieur und Hessen Mobil acht weitere Setzungsberechnungen an ausgewählten Gebäuden vorgenommen (vgl. hierzu Kap. 1.9, Tabelle 4b).

Beweissicherung / Kontrolle an Bauwerken

Die Erfassung und Beweissicherung der Bauwerke im Bereich der Absenktrichter zur Herstellung der Sammleranschlüsse muss vor Inbetriebnahme der Absenkbrunnen in Abstimmung mit den Eigentümern fachtechnisch erfolgen und fotografisch dokumentiert werden. Über die Dauer der Wasserhaltungsmaßnahme sind die Gebäude / Bauwerke in erforderlichen Abständen zu kontrollieren und dokumentieren. Dieses Überwachungskonzept ist nach Beendigung der jeweiligen Einzelbaumaßnahme nach erfolgtem Wiederanstieg des Grundwassers abzuschließen.

1.9 Setzungsgefährdung

Gem. Merkblatt „Grundwasser-Haltung – Stand 01/2014“ ist eine Auswirkungsbetrachtung der Grundwasserhaltung u. a. auf Gebäude, Bauwerke und Einrichtungen in der Nachbarschaft und somit eine Berechnung der Auswirkungen (z. B. Setzungsberechnung) durchzuführen.

Die Auswahl der betroffenen Gebäude erfolgte anhand der Unterlage „Lageplan Messbereich Beweissicherung“ der Ingenieursozietät Dr.-Ing. Katzenbach GmbH (Mail Hessen Mobil vom 18.07.2014, Anlage A.6) und bezieht sich auf alle Gebäude, die sich innerhalb des Korridors mit einem Abstand von 50 m zur Tunnelachse befinden.

In Abstimmung mit dem Prüfenieur wurden Setzungsbetrachtungen für einzelne Gebäude vorgenommen, die im Einflussbereich der Grundwasserspiegelabsenkung einzelner Baumaßnahmen zum Anschluss des Südsammlers, des Nordsammlers und des Seckbachsammlers liegen (vgl. Anlage B.6). Hierzu zählt auch der ca. 20 m Teilabschnitt des Südsammlers (S8 bis S9), der gem. der aktuellen Entwurfsplanung in bergmännischem Vortrieb verlegt werden soll. Für die VGF-Gleisanlage ist ebenfalls eine Setzungsbetrachtung für einen unter hydrogeologischen Gesichtspunkten ungünstigen Bereich beispielhaft durchgeführt worden.



Nach Aussage des Hochbauamtes liegen die Tribünen des FSV-Stadions als Pfahlgründungen vor, sodass hier keine negativen Auswirkungen zu erwarten sind und eine Setzungsberechnung nicht erforderlich ist. Auch die Talbrücke Erlenbruch ist auf Pfählen gegründet und im Folgenden nicht weiter betrachtet worden.

Die Setzungsberechnungen wurden mit dem Programm GGU-CONSOLIDATE durchgeführt und sind dem Bericht als Anlage 7.1.1 beigelegt. Den Berechnungen liegen folgende, durch den Prüfenieur bestätigte, Ansätze zugrunde:

1. Grundwasser:

Der Grundwasserspiegel im Ausgangszustand wird entsprechend dem aktuellen Grundwassermodell (Anlage B.2) für den jeweils betrachteten Bereich der einzelnen Gebäude angesetzt. Das Grundwassermodell basiert auf den Stichtagsmessungen vom Oktober 2012 unter Berücksichtigung der Stichtagsmessungen von Arcadis aus Juni und Juli 2014. Durch die Neuberechnungen haben sich an einzelnen Gebäuden geringe Verschiebungen von max. 0,1 m in den Grundwasserabsenkbereichen ergeben. Erneute Setzungsberechnungen waren gemäß Abstimmung mit dem Prüfenieur (Prof. Dr. – Ing. Vogler, Mail v. 10.02.2016) hier nicht erforderlich.

Die sich aufgrund der Einzelbaumaßnahmen ergebenden Grundwasserabsenkungsbeträge werden für die betrachteten Gebäude aus den Berechnungen zur Wasservorbemessung innerhalb der jeweils spezifischen Antragsteilen der Sammler abgeleitet (vgl. Kap. 1.8).

2. Baugrundsichten:

Aus den vorliegenden Aufschlüssen wurden jeweils die dem betrachteten Gebäude nächstgelegenen ausgewählt und ein Baugrundmodell als Grundlage der Berechnungen erstellt. Zu den tatsächlichen Verhältnissen unterhalb der Gebäude liegen keine geologischen Daten vor.

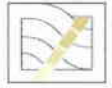
Als setzungsrelevant werden die kompressiblen Baugrundsichten betrachtet. Die Kennwertansätze entsprechen den Festlegungen durch ELE im Rahmen der Grundlagenprüfung ([U47], Bericht vom 05.04.2013 bzw. [U81] vom 14.07.2014).

Schicht 2.1: Auelehm

Steifemodul	$E_s = 5 - 10 \text{ MN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeit	$k_f = 5 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

Schicht 2.2: Torf

Steifemodul	$E_s = 1 - 5 \text{ MN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeit	$k_f = 5 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$


Schicht 3.1a / 2.2 Cyrenenmergel / Rupelton (jeweils bis 5,0 m u OK Tertiär)

 Steifemodul $E_s = 18 \text{ MN/m}^2$

 Wasserdurchlässigkeit $k_f = 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
Berechnungen:

Zur Abschätzung der Setzungen wurden Konsolidierungsberechnungen durchgeführt. Dabei wurden die setzungsrelevanten kompressiblen Baugrundsichten betrachtet, die unterhalb der Gründungssohle und unterhalb des Ausgangsgrundwasserspiegels liegen. Als Belastung wurde das erhöhte Bodengewicht ohne Auftrieb infolge einer Absenkung des Grundwasserspiegels angesetzt. Für die Berechnungen wurde die Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten mit dem jeweiligen Mittelwert angenommen. Die Berechnungen für die Baugrundprofile erfolgten jeweils unter Ansatz der Mittelwerte für den Steifemodul und für die Schichten 2.1/2.2 mit den unteren Werten für den Steifemodul (Angaben ELE).

Die Baugrundsichten 2.3 (Terrassensande und –kiese) und 3.1b (Schleichsande) sind aufgrund ihrer relativ großen Verformungssteifigkeit ($E_s \geq 30 \text{ MN/m}^2$) als nicht setzungsrelevant einzuschätzen. Die Schichten 3.1a (Cyrenenmergel) und 3.2 (Rupelton) wurden ggf. bis zu einer Tiefe von 5,0 m unter OK Tertiär als setzungsrelevant betrachtet, wenn sie in einer für die Gebäudegründung relevanten Tiefe liegen (Gründung unmittelbar auf den Tonen oder mit nur geringmächtiger quartärer Überdeckung).

Für das VGF Betriebsgebäude mit Gründung auf den Rupeltonen (z. T. mit geringmächtiger quartärer Überdeckung aus Sanden/Kiesen) erfolgt eine Berechnung für den minimalen Absenkungsbetrag im Norden und dem maximalen Absenkungsbetrag im südlichen Bereich des Gebäudes.

Bewertung:

Anhand der Ergebnisse der Setzungsberechnungen erfolgt die Einteilung der Gebäude in die folgenden Kategorien:

Setzungsbetrag:	< 0,5 cm,	Setzung:	gering
Setzungsbetrag:	0,5 – 1,0 cm,	Setzung:	mittel
Setzungsbetrag:	> 1,0 cm,	Setzung:	hoch



Folgende Setzungsbeträge wurden anhand der Berechnungen ermittelt:

**Tabelle 4a: Übersicht der betrachteten Gebäude mit berechneten Setzungen und Bewertung;
GW-Absenkung gemäß hydrogeologischer Bauphasen 1-6**

Nr.	Adresse	Berechnete Setzung [cm]	Bewertung
1	Am Erlenbruch Nr. 82-88	0,1 - 1,2	gering – hoch
2	Am Erlenbruch Nr. 90-94	0,2 - 0,5	gering - mittel
3	Am Erlenbruch Nr. 98-100	~0 - 0,2	gering
4	Am Erlenbruch Nr. 102-106	~0 - 0,1	gering
5	Am Erlenbruch Nr. 108-112	~0 - 0,1	gering
6	Am Erlenbruch Nr. 114-118	~0	gering
7	Am Erlenbruch Nr. 124-128	~0-0,1	gering
8	Am Erlenbruch Nr. 130-134	~0	gering
9	Mergenthaler Straße Nr. 131	~0	gering
10	Am Erlenbruch Nr. 136	~0 - 0,6	gering - mittel
11	Schäfflestraße 1-4	0,1 - 0,5	gering - mittel
12	Flinschstraße 1 und 3	~0	gering
13	Borsigallee 6	~0	gering
14	Borsigallee 8	~0	gering
15	Borsigallee 10	~0	gering
16	Borsigallee 12	~0	gering
17	Borsigallee 14	~0	gering
18	Borsigallee 16	~0	gering
19	Borsigallee 18	~0	gering
20	Borsigallee 22	~0	gering
21	Vatterstraße 30 und 32	~0	gering
22	Vatterstraße 36 und 38	~0	gering
23	Vatterstraße 42 und 44	~0	gering
24	Vatterstraße 48	~0	gering
25	Vatterstraße 50	~0	gering
26	Am Helfersee VGF Betriebsgebäude	~0 – 0,2	gering
27	Wächtersbacher Straße 88-90	~0	gering



Tabelle 4b: Übersicht der betrachteten Gebäude u. Bauwerke im Bereich der erforderlichen Grundwasserhaltungsmaßnahmen im Rahmen der Verlegung der Sammler (Nord-, Süd- und Seckbachsammler) mit berechneten Setzungen und Bewertung

Nr.	Adresse	Maßnahme	Berechnete Setzung [cm]	Bewertung
28	Am Erlenbruch Nr. 98-100	BG Schöffle- u. Görrestr., Süds.	0,1 - 0,5	gering - mittel
29	Am Erlenbruch Nr. 136	BW 18, Nords.	~0 - 1,5	gering - hoch
30	Borsigallee Nr. 3	BW 18, Nords.	~0	gering
31	Pestalozzischule	BW 8, Nords.	~0	gering
32	Am Erlenbruch Nr. 2-4 u. Theodor-Haubachweg Nr. 2-4	BW 1, Seckbachs.	0,3 - 1,3	gering - hoch
33	VGF-Gleise Bereich BK72/09	BW 2, Seckbachs.	1,3 - 3,8	hoch
34	Am Erlenbruch Nr. 130-134	Lahmeyerstr. und bergm. Stollen, Süds.	~0 - 0,1	gering

Für das FSV-Stadion und die Talbrücke Erlenbruch ist nach den vorliegenden Informationen von einer Bauwerksgründung über Bohrpfähle auszugehen, über die die Bauwerkslasten in den tragfähigen Schichten im Untergrund abgetragen werden. Dementsprechend sind wesentliche Auswirkungen einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf diese Bauwerke, insbesondere für die Bauwerksgründung relevante Setzungen, nicht zu erwarten.

Bei geringen Setzungen ($< 0,5$ cm) sind Bauwerksschäden im Allgemeinen nicht zu erwarten. Sichtbare Rissbildungen sind aber auch bei geringen Setzungen nicht vollständig auszuschließen.

Bei Setzungen in der Größenordnung von 0,5 cm bis 1 cm muss damit gerechnet werden, dass sichtbare Rissbildungen an Gebäuden auftreten können. Konstruktive Schäden insbesondere des Tragwerks sind im Allgemeinen nicht zu erwarten. Das betrifft die Gebäude Am Erlenbruch 90 – 94, Am Erlenbruch 98 – 100 und Schöfflestr. 1 – 4.

Bei hohen Setzungsbeträgen (> 1 cm) muss für Bestandsgebäude, abhängig von der Bauwerkskonstruktion, evtl. bereits vorhandener Schäden und möglicher Setzungsdifferenzen damit gerechnet werden, dass Schäden auftreten können. Dies betrifft die Gebäude Am Erlenbruch 136 (Poco Einrichtungsmarkt), Am Erlenbruch 2 -4 und Theodor-Haubachweg 2 -4 sowie die VGF-Gleise im Bereich der BK 72/09.

Neben der Größe der maximal zu erwartenden Setzungsbeträge ist die Auswirkung auf Bauwerke vor allem von den Setzungsdifferenzen abhängig. Große Setzungsbeträge sind insb. in Bereichen zu erwarten, in denen Torf im Untergrund in größeren Mächtigkeiten ansteht.



Die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf sonstige Verkehrsflächen (Spielflächen FSV-Stadion, Parkplätze, o. ä.) sind als gering einzuschätzen. Diese Bereiche sind in das baubegleitende Beweissicherungsverfahren mit aufzunehmen.

Bei vorhandenen Torfschichten unterhalb von Bauwerken, insb. wenn nur ein Teil des Gebäudes auf Torf gegründet ist, muss auch mit entsprechend großen Setzungsdifferenzen gerechnet werden. In diesen Bereichen sollten im Zuge des Sammlerbaus vor Baubeginn die Erkenntnisse zum Baugrundmodell an den betroffenen Gebäuden durch ergänzende Sondierungen verdichtet werden.

Neben den berechneten Setzungen infolge Lasterhöhung können bei bindigen und organischen Böden auch lastunabhängige Verformungen durch Eingriffe in den Wasserhaushalt auftreten. So reagieren insb. tertiäre Tone mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften bei Änderungen des Wassergehalts z. T. in starkem Maße mit einer Volumenänderung durch Schrumpfen bzw. Quellen. Es ist aber bei den hier betrachteten Maßnahmen nicht davon auszugehen, dass den Tonen in erheblichem Maße Wasser entzogen oder zugeführt wird.

Bei wassergesättigten Torfen kann eine Absenkung des Grundwasserspiegels zu einem Trockenfallen und einer Veränderung der Randbedingungen für die Umsetzungsprozesse der organischen Stoffe führen. Durch den hieraus resultierenden Sauerstoffkontakt unterliegt das Material einer stetigen Mineralisation. Der Torf wird abgebaut und CO_2 freigesetzt. Durch Wiedervernässung infolge Grundwasseranstiegs, wird dieser Vorgang wieder unterbrochen.

Die Oxidationsraten für freiliegenden Torf liegen nach Literaturangaben in der Größenordnung von ca. 1,0 cm pro Jahr (Feuchtgrünland) und ca. 3,0 cm pro Jahr (Ackerflächen). Unter Ansatz dieser Jahresoxidationsraten ergeben sich für ein ca. 14-tägiges Trockenfallen infolge Grundwasserabsenkung mögliche Oxidationsraten in der Größenordnung von ca. 0,4 – 1,1 mm.

Diese Abbauraten treten allerdings nur bei entsprechender Sauerstoffzufuhr auf. Bei Torfschichten im tieferen Untergrund ist demgegenüber von einer deutlich reduzierten Sauerstoffzufuhr auszugehen und damit von deutlich geringeren Oxidationsraten.

Die sich aus länger anhaltenden Bauphasen ergebenden Absenkungsbeträge sind gering und liegen zum überwiegenden Teil oberhalb der Torfschichten. Bauzustände mit lokalen Wasserhaltungsmaßnahmen, die zu größeren Absenkungsbeträgen führen, treten nur über relativ kurze Zeiträume (2-3 Wochen) auf.

Setzungen infolge von Oxidationsprozessen im Torf sind daher gegenüber den lastabhängigen Setzungen als vernachlässigbar zu bewerten.



Empfehlungen für die Bauausführung:

An benachbarten Gebäuden zu den geplanten Baumaßnahmen sind Beweissicherungsmaßnahmen durchzuführen, um eventuell bauzeitig auftretende Schäden eindeutig feststellen zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der angrenzenden Bebauung zu einem Teil eine besondere denkmalpflegerische Bedeutung zukommt (Anlage A.7.5). Das Denkmalschutzamt ist von der SEF über die geplanten Baumaßnahmen und mögliche Auswirkungen informiert und in den Prozess mit eingebunden. Ein Beweissicherungsverfahren und ein Sicherungskonzept für die dem Denkmalschutz unterliegenden Gebäude und den Baumbestand ist baubegleitend durchzuführen.

Bei den Gebäuden, bei denen mittlere Setzungen (0,5 – 1 cm) zu erwarten sind, ist die Einrichtung von Messpunkten zu empfehlen, über die die Setzungen im Rahmen der Beweissicherung kontrolliert werden können. Bei Gebäuden, bei denen hohe Setzungsbeträge (> 1 cm) zu erwarten sind, sollte das Konzept für eine bauzeitige Überwachung der Setzungen und der hieraus evtl. resultierenden Schäden in Abstimmung mit einem Sachverständigen für Hochbau und Tragwerksplanung festgelegt werden.

Für die VGF-Gleisanlage ist bauzeitig eine messtechnische Überwachung in Abstimmung mit der VGF zu empfehlen.

Der Prüfbericht zu den erfolgten Setzungsberechnungen (Prof. Dr. – Ing. Vogler, Dr. – Ing. Katzenbach GmbH) ist diesem Bericht als Anlage A.7.6 beigelegt. Eine Überarbeitung der Setzungsberechnungen mit angepassten Grundwasserabsenkbeträgen nach Neuberechnung der hydrogeologischen Bauphasen (2 – 7) war in Abstimmung mit dem Prüfenieur nicht erforderlich (Mail v. 10.02.2016).

Lastunabhängige Verformungen durch Eingriffe in den Wasserhaushalt (Quellen oder Schrumpfen von Tonen, Oxidation von Torfen) sind, wie vorstehend beschrieben, im Rahmen der geplanten Baumaßnahme nicht bzw. in unter bautechnischen Gesichtspunkten nur vernachlässigbar geringer Größenordnung zu erwarten. Bei den vorstehenden Empfehlungen zur Beweissicherung und messtechnischen Überwachung von Bauwerkssetzungen werden in der Summe aber auch diese Vorgänge, soweit sie zu messbaren Verformungen führen, erfasst.



1.10 Qualität des Grundwassers

1.10.1 Bekannte Grundwasserverunreinigungen

Der Trassenverlauf befindet sich im Bereich bekannter Grundwasserverunreinigungen. Gemäß [U35] wird die geogene chemische Beschaffenheit des quartären Aquifers vor allem nordöstlich der geplanten Autobahntrasse durch das dort liegende Industriegebiet bzw. durch dort eingetragene Schadstoffe teils deutlich beeinträchtigt.

Im nordöstlich der geplanten Tunneltrasse gelegenen Industriegebiet zwischen Vilbeler Landstraße im Nordosten und Flinschstraße im Südwesten ist es aufgrund von Schadensfällen in der Vergangenheit zur großflächigen Verunreinigung des Grundwassers insbesondere mit zumeist leichtflüchtigen und mobilen organischen Kontaminanten gekommen. Mit der Hauptfließrichtung des Grundwassers in südliche / südsüdwestliche Richtung würden sich vor allem die leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) und leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (BTEX) verlagern. Die Verunreinigungen des Grundwassers durch Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bleiben dagegen auf den Nahbereich der jeweiligen Schadensquelle begrenzt.

Darüber hinaus sind Einbußen der Grundwasserqualität im Bereich des Riederwaldstadions bekannt. Anthropogene Auffüllungen und Altablagerungen haben zu einer Belastung des Grundwassers durch PAK und anorganische Schadstoffe (Sulfat, Chlorid, Bor) geführt.

Südlich der geplanten Trasse liegt im Bereich der Rümelinstraße 41 ein durch den Betrieb einer chemischen Reinigung verursachter Schadensfall durch LHKW vor.

Folgende Schadenszentren sind bekannt und in den einzelnen hydrogeologischen Bauphasen abgebildet, für die gem. Schreiben vom 11.11.2013 des Regierungspräsidiums Darmstadt, Obere Wasserbehörde (IV/F 41.5 / Spr – 89i14.03 – F – Riederwaldtunnel) vom Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel, eine Berechnung der bauzeitlichen Strömungslinien auf Grundlage des Grundwassermodells (Stand 30.10.2014) durchgeführt wurde (siehe Kap. 1.5, Abbildung 3 und Kap. 1.11).

Altlast Riederwaldstadion

Schadstoffe: PAK, BTEX, MKW, hausmülltypische Anionen, (Sulfat, Chlorid, Bor,)

Ehemalige chemische Reinigung Rümelinstraße

Schadstoffe: LCKW

Hartmann Druckfarben

Schadstoffe: LCKW, BTEX



Ehemalige Lurgi Aktivkohle
Schadstoffe: PAK

Ehem. Landis & Gyr
Schadstoffe: LCKW, MKW

Altlast ehemalige Röder Sitzmöbelfabrik
Schadstoffe: Chrome, LCKW

Maschinenfabrik Herbert
Schadstoff: LCKW

Altlast Hessen Center, chemische Reinigung I
Schadstoff: LCKW

1.10.2 Umweltchemische Untersuchungen

Zur Erfassung der Grundwasserqualität im gesamten Untersuchungsgebiet wurden durch das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel zwei Messreihen (November 2011, Oktober/November 2012), sogenannte Nullbeprobungen, durchgeführt (vergleiche [U35], dort Kap. 4.4).

Bei der ersten Qualitätsmessreihe im November 2011 wurden insgesamt 70 Grundwassermessstellen beprobt und 45 Grundwasserproben auf umweltrelevante Parameter chemisch untersucht (1te Nullbeprobung 2011). Im Jahr 2012 erfolgte eine zweite Messreihe, bei der aus 52 Pegeln Grundwasserproben entnommen und diese chemisch untersucht wurden (2te Nullbeprobung 2012). Dabei wurden 16 Pegel aus der ersten Messreihe berücksichtigt. Bei den übrigen 36 Pegeln handelte es sich um zusätzlich in das Analysenprogramm aufgenommene Altpegel und in der Zwischenzeit errichtete Neupegel. Bei der Auswahl der Pegel und der Festlegung des Analysenprogramms zur zweiten Messreihe wurden die Ergebnisse aus der ersten Messreihe berücksichtigt. Durch neue Messstellen konnten Lücken im Beobachtungsnetz im Hinblick auf die Schadensbereiche geschlossen werden.



Gemäß [U35]:

... konzentrieren sich die signifikanten Überschreitungen der LAWA-Maßnahmenwerte (entsprechen den Geringfügigkeitsschwellenwerten der GWS-VwV) im Rahmen der ersten und zweiten Nullbeprobung i. W. auf die leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe, die insbesondere auf Tetrachlorethen-Einträge aus den bereits bekannten Schadensfällen der Altindustrien im nordöstlichen Betrachtungsraum zurückzuführen sind (s. Kap.1.10.1). Dies betrifft untergeordnet auch die Stoffgruppe der aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX-Aromaten). Daneben wurden vereinzelt mehr oder minder erhöhte Konzentrationen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) detektiert. Sie beschränken sich nicht allein auf den nordöstlichen Betrachtungsraum, sondern wurden auch im Bereich des FSV-Stadions nachgewiesen. Die erhöhten Gehalte der anorganischen Inhaltsstoffe Bor, Sulfat, Chlorid sowie der Schwermetalle, vorrangig Kupfer, Nickel und Zink, stammen i. W. aus Messstellen, die den GW-Abstrom der „Altablagerungen Riederwaldstadion“ im Südwesten erfassen. Die Mehrzahl der im Bereich AD Erlenbruch untersuchten Messstellen blieb in beiden Messreihen ohne signifikante Qualitätseinbußen.

Die Ergebnisse der ersten und zweiten Nullbeprobung sind in Anlage A.8 enthalten.

1.10.3 Bauchemische Eigenschaften

Im Rahmen der Erstellung des Konzeptes für das großräumige Grundwassermonitoring wurden bereits im Februar/März 2012 und im Oktober 2012 an ausgewählten Grundwassermessstellen im Bereich der Bauwerke Grundwasserproben entnommen und auf ihre bauchemischen Eigenschaften hin untersucht. Die Ergebnisse sind in einem gesonderten Bericht dargestellt (siehe [U52]).

AD Erlenbruch, Seckbachsammler und Westabschnitt Nordsammler

Betonangreifende Stoffe

In den im Februar/März beprobten Grundwassermessstellen wurde an zwei Grundwassermessstellen im Bereich Trog West ein leicht erhöhter Gehalt an CO₂ (15-20 mg/l) festgestellt. Die übrigen überprüften 9 Grundwassermessstellen zeigten keine bauchemischen Auffälligkeiten. Keine der neu eingerichteten Grundwassermessstellen ergab einen erhöhten Gehalt an CO₂. Dieser Bereich wurde in die **Expositionsklasse XA1** eingestuft.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe wurde wie folgt eingestuft:

Mulden- und Lochkorrosion:	sehr gering bis gering
Flächenkorrosion:	sehr gering bis gering



Trogbauwerk Tunnel Riederwald, Nord- und Südsammler

Betonangreifende Stoffe

In einer Grundwassermessstelle im Bereich des Tunnels (südlich Baugrube T3) wurde durch die erste Beprobung im Februar/März 2012 ein stark erhöhter Gehalt an Sulfat (750 mg/l) festgestellt, der durch die zweite Beprobung im November 2012 mit 620 mg/l bestätigt wurde. Eine weitere, ca. 60 m entfernte Grundwassermessstelle (ebenfalls südlich Baugrube T3) zeigte im November 2012 mit 700 mg/l ebenfalls einen stark erhöhten Sulfatgehalt (XA2 >600 µg/l), so dass für diesen Bereich die **Expositionsklasse XA2** festgelegt wurde.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe wurde wie folgt eingestuft:

Mulden- und Lochkorrosion:	sehr gering bis gering
Flächenkorrosion:	sehr gering bis gering

AS Borsigallee

Im Bereich der AS Borsigallee weist die zweite Beprobung einen leicht erhöhten Sulfatgehalt von 260 mg/l auf. Hiernach wurde dieser Bereich in die **Expositionsklasse XA1** eingestuft.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe wurde in [U52] wie folgt eingestuft:

Mulden- und Lochkorrosion:	sehr gering bis gering
Flächenkorrosion:	sehr gering bis gering

Im Oktober 2013 wurden durch HYDRODATA GmbH zur geotechnischen Qualitätskontrolle an weiteren Grundwassermessstellen Wasserproben entnommen und analysiert [U89]. Die Ergebnisse sind nachfolgend mit abschließender Festlegung dargestellt.

Tunnel Riederwald

Betonangreifende Stoffe

Das untersuchte Grundwasser im Bauabschnitt Tunnel Riederwald wird aktuell aufgrund erhöhter Sulfatgehalte in den Grundwasserproben der Brunnen im südlichen Teilbereich des Trogbauwerkes in die **Expositionsklasse XA1** eingestuft.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe wird aktuell wie folgt eingestuft:

Mulden- und Lochkorrosion:	sehr gering bis gering
Flächenkorrosion:	sehr gering



Hieraus ergibt sich für den Teilabschnitt Tunnel Riederwald (hauptsächlich südlicher Abstrombereich), dass das Grundwasser infolge des gering erhöhten Sulfatgehaltes in die **Expositionsklasse XA1** einzustufen ist. Jedoch zeigen die Untersuchungen des Baugrund Institut Dipl.-Ing. Knierim GmbH [U52] für einige weitere Brunnen in diesem Abschnitt aufgrund eines erhöhten Sulfatgehaltes eine Einstufung in die Expositionsklasse **XA2**. Somit wäre vorsorglich insgesamt für das Trogbauwerk und den Tunnel Riederwald dieser Einstufung in die Einstufungsklasse **XA2** zu folgen.

Die Untersuchungsergebnisse lassen sich somit wie folgt zusammenfassen (siehe auch [U120]):

AD Erlenbruch	XA 1 infolge CO ₂
Ostbereich AS Borsigallee	XA 1 infolge Sulfat und Ammonium
Trogbauwerk und Tunnel Riederwald	XA 2 infolge Sulfat

Im Hinblick auf evtl. örtlich erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser ist zu empfehlen, für die Planung des Trogbauwerks und des Tunnels Riederwald die Expositionsklasse XA2 zugrunde zu legen.

1.11 Berechnung der Strömungslinien

Mit Schreiben vom 11.11.2013 des Regierungspräsidiums Darmstadt, Obere Wasserbehörde (IV/F 41.5 / Spr – 89i14.03 – F – Riederwaldtunnel) wurden dem Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel, bekannte Schadenszentren genannt, für die eine Berechnung der Strömungslinien im Zuge der Wasserhaltungsmaßnahmen in der Baugrube E1 durchgeführt wurde [U71]. Die Zahlen in Klammern beziehen sich jeweils auf die in [U71] (siehe dort Abb. 3) dargestellten Strömungslinien.

Altlast Riederwaldstadion

Schadstoffe: PAK, BTEX, MKW, haussmülltypische Anionen, (Bor, Sulfat)

Startpunkt neue Tribüne (12)

(nur BTEX, MKW)

RW 3480695 HW 5555259

Startpunkt Hausmülldeponie I (6)

RW 3480982 HW 5555338

Startpunkt Hausmülldeponie II (15)

RW 3480876 HW 5555216

Ehemalige chemische Reinigung Rümelinstraße

Schadstoffe: LCKW

Startpunkt (11)

RW 3480955 HW 5554748

**Hartmann Druckfarben**

Schadstoffe: LCKW, BTEX

Startpunkt Schadenszentrum (8)

RW 3481573 HW 5555487

Punkt Fahnen spitze (ca.) (7)

RW 3481523 HW 5555269

Ehemalige Lurgi Aktivkohle

Schadstoffe: PAK

Startpunkt Zentrum (14)

RW 3481304 HW 5555931

Ehem. Landis & Gyr

Schadstoffe: LCKW, MKW

Startpunkt Zentrum Straße (13)

RW 3481365 HW 5556205

Startpunkt Zentrum Hof (16)

RW 3481445 HW 5556212

Startpunkt Fahnen spitze Hof (ca.) (1)

RW 3481596 HW 5555931

Altlast ehemalige Röder Sitzmöbelfabrik

Schadstoffe: Chrome, LCKW

Startpunkt Zentrum (2)

RW 3482055 HW 5556333

Punkt Fahnen spitze (ca.) (5)

RW 3481735 HW 5555723

Passive Sanierungsanlage

(linienförmig) in der Fahne von (9)

RW 3481951 HW 5556071

Passive Sanierungsanlage bis (10)

RW 3481903 HW 5556138

Maschinenfabrik Herbert

Schadstoff: LCKW

Startpunkt Zentrum (ca.) (3)

RW 3482076 HW 5556112

Altlast Hessen Center, chemische Reinigung I

Schadstoff: LCKW

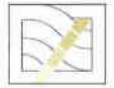
Startpunkt Zentrum (4)

RW 3482264 HW 5556052

Anhand des bekannten Verlaufs der Schadstofffahnen der Grundwasserschäden

- **Hartmann Druckfarben**
- **Ehem. Landis & Gyr**
- **Altlast ehemalige Röder Sitzmöbelfabrik**

wurde zunächst das Grundwassermodell nachkalibriert (siehe Anlage B.2).



Für die o. g. Grundwasserverunreinigungen wurden daraufhin mit dem aktualisierten Modell die Verläufe der einzelnen Schadstoffbahnen über einen Zeitraum von 25 Jahren ohne Grundwasserhaltungsmaßnahmen abgebildet. Die Darstellung zeigt, dass die Verläufe der einzelnen Schadstoffbahnen plausibel sind (annähernd senkrecht zu den Grundwassergleichen und ansatzweise parallel zu den benachbarten Strömungslinien).

Zusätzlich wurde überprüft, ob die Eingriffe in den Grundwasserhaushalt durch die Baumaßnahmen in den jeweiligen hydrogeologischen Bauphasen relevante Auswirkungen auf den Verlauf der verschiedenen Schadstoffbahnen ausüben. Hierzu wurden Modellberechnungen ausgeführt, in denen die Verläufe in ungestörtem Zustand (Ausgangssituation) mit den jeweiligen hydrogeologischen Bauphasen verschnitten wurden (Anlage A.5). Aufgrund der großen Datenmengen des Modells wurde für jede hydrogeologische Bauphase eine separate Berechnung durchgeführt. Die jeweiligen Betrachtungszeiträume der einzelnen Bauphasen sind dementsprechend in der Modellberechnung deutlich länger, als später tatsächlich andauernd. Die Resultate der Betrachtungen sind damit tendenziell leicht überzeichnet. Die Ergebnisse im Detail sind auf den Plänen der Berechnung der hydrogeologischen Bauphasen dargestellt und liegen diesem Bericht als Anlage A.5 bei.

Generell ist die Abweichung der für die einzelnen hydrogeologischen Bauphasen berechneten Strömungsbahnen (grüne Linien) von den Verläufen für die Ausgangssituation, die ohne Bautätigkeit zu erwarten wären (rote Linien), sehr gering. Auf den o. g. Plänen sind die jeweiligen Linien innerhalb des relevanten Bauzeitraumes von 10 Jahren nahezu deckungsgleich. Im Ergebnis der Berechnungen sind die Auswirkungen der Wasserhaltungsmaßnahmen infolge der Baumaßnahmen auf die Strömungsbahnen daher als sehr gering bis nicht nachweisbar einzuschätzen. Eine Verschleppung der Schadstoffbahnen ist somit nicht zu erwarten.

1.12 Grundwassermonitoring

Für die Gesamtbaumaßnahme "Riederwaldtunnel BAB A 66/A 661 Frankfurt am Main - Hanau" wurde durch das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel, ein großräumiges Grundwassermonitoring konzipiert [U35]. Dieses sieht vor, den jeweiligen hydraulischen und hydrochemischen Status des Grundwassers vor, während und nach der Bauzeit im Gesamtplanungsbereich zu erfassen. Im Zuge dieses Monitorings sind außerdem gesondert hydraulische und hydrochemische Überwachungen bezogen auf die jeweils geöffneten Baugruben (kleinräumiges Monitoring) auszuführen. Dieses Monitoring wird durch den Einsatz von Datenloggern zur permanenten Aufzeichnung der GW-Stände unterstützt.

Die grundsätzliche Zielsetzung des Grundwassermonitorings besteht darin, flächendeckend und in turnusmäßigen Abständen grundwasserleiterbezogene Daten über Standrohr-Spiegelhöhen des Grundwassers, seine Fließrichtung(en) und Beschaffenheit zu sammeln, aufzubereiten, zu dokumentieren und auszuwerten. Außerdem sollen Veränderungen der Grundwasserverhältnisse (Flur-



abstand, Hydrodynamik, Hydrochemismus etc.) ermittelt und dokumentiert werden.

Mit der umweltchemischen Überwachung soll die Beeinflussung der Baumaßnahme auf die vorhandene Grundwassersituation, vor allem auf die bestehenden Grundwasserschäden verifiziert, und damit der Nachweis erbracht werden, dass von den Bauarbeiten keine bzw. keine nachteilige Beeinflussung ausgeht. Dementsprechend wurden durch die Auswahl der Messstellen einerseits die Verunreinigungen bekannter Schadenszentren und deren Fahnen im Zustrom des Projektgebietes, andererseits aber auch die Bereiche erfasst, in denen bislang keine auffälligen Schadstofffahnen ermittelt wurden.

Der Parameterumfang der chemischen Grundwasseruntersuchungen orientiert sich soweit möglich an der mit den bisherigen Analysen ermittelten Grundwasserqualität des gesamten Untersuchungsgebietes, vor allem aber im Nahbereich des geplanten Trassenverlaufs. Der Untersuchungsumfang entspricht dem Konzept zum Grundwassermonitoring [U35] für die altlastenspezifischen Untersuchungen während der Baumaßnahme und wurde nach Abstimmung mit den Fachbehörden ergänzt.

Das großräumige Grundwassermonitoring ist bereits angelaufen und wird derzeit anhand der folgenden Maßnahmen umgesetzt:

- **Hydraulische Überwachung vor Beginn der Baumaßnahme** mit monatlichen Stichtagsmessungen an 130 ausgewählten Messstellen (Arcadis, Februar bis Juni 2014).
- **Hydrochemische Überwachung vor Beginn der Baumaßnahme** (jährliche bzw. halbjährliche Beprobung, Hydrodata, Oktober 2013 und Arcadis, März 2014 [U80]).
- **Hydraulische Überwachung während der Baumaßnahme**, beginnend mit Baugrube E1 (Arcadis, monatliche Stichtagsmessungen Juli 2014 bis Dezember 2016)
- **Hydrochemische Überwachung während der Baumaßnahme** (halbjährlich), bisher erfolgt: Arcadis, September 2014, März und September 2015, März und September 2016 [U103, U121, U122]

Das kleinräumige Grundwasser-Monitoring bezogen auf die Einzelmaßnahme (Baugrube E1) wird durch wöchentliche Stichtagsmessungen an ausgewählten Pegeln im Umfeld der Baugrube (13 Stück) durchgeführt. Vor Beginn der Wasserhaltung wurden zur Beweissicherung die Pegel im Umfeld und 10 weitere im Baufeld auf umweltchemische Parameter untersucht (LCKW, BTEX, PAK, AOX, MKW, Parameter der Anlage 1.1 Teil 1 incl. Chrom VI der GWS-VwV). Bei Auffälligkeiten (Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte) in den Umfeldpegeln werden einzelne Parameter vierteljährlich im Grundwasser untersucht.



Des Weiteren wird das in den Mischwasserkanal (Seckbachsammler) der Stadt Frankfurt eingeleitet Restwasser wöchentlich ebenfalls auf die o.g. Parameter und auf zusätzliche Parameter gemäß Merkblatt "Einleitrichtwerte für Grundwasser" der Stadt Frankfurt von 2016 untersucht. In der Zwischenzeit haben Anpassungen zum Untersuchungsumfang stattgefunden.

1.12.1 Ergebnisse des Grundwassermonitoring vor Beginn der Baumaßnahme

Arcadis Deutschland GmbH wurde beauftragt, das großräumige Grundwassermonitoring für die Baumaßnahme Riederwaldtunnel durchzuführen. Die Wasserhaltung am AD Erlenbruch (Baugrube E1) hat am 17.06.2014 begonnen. Der Bericht zum Grundwassermonitoring vor Baubeginn, in dessen Rahmen vier monatliche Kampagnen zur Grundwasserstandsmessung (Stichtagsmessung) an bis zu 130 Grundwassermessstellen am 03. - 04.02.2014, 03. - 04.03.2014, 07.04.2014 und 05.05.2014 sowie eine Grundwasserbeprobung am 10.03. - 14.03.2014 (Nachbeprobung im Rahmen des kleinräumigen Monitorings für die Baugrube E1 am 31.03.2014) an 54 Grundwassermessstellen durchgeführt wurden, liegt vor (siehe [U80]). Der Untersuchungsumfang entspricht dem Konzept zum Grundwassermonitoring [U35] für die altlastenspezifischen Untersuchungen vor Baubeginn.

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse sind dem Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring von Arcadis ([U80]) entnommen. Darin berücksichtigt sind die Voruntersuchungen durch das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH, Kassel [U35 und U52], und HYDRODATA GmbH [U88].

Laut Arcadis ([U103] sowie [U80])

... stimmen die Ergebnisse der Stichtagsmessung des Grundwasserstandes, der Grundwasserbeprobung sowie der Kurzpumpversuche mit den bisherigen Erkundungsergebnissen [U35] überein. Als wesentliche Grundwasserverunreinigung werden die Überschreitungen des Schwellenwertes der GWS-VwV für LCKW im Bereich Borsigallee bestätigt. Die vorliegenden Ergebnisse des Grundwassermonitorings geben die Grundwasserverhältnisse vor Baubeginn wieder.

[Anmerkung des Verfassers: Die Analyseergebnisse der Grundwasserbeprobung im Rahmen des großräumigen Monitorings wurden mit den Schwellenwerten der GWS-VwV verglichen. Der komplette Monitoringbericht vor Baubeginn (Arcadis, 4. Kampagne, inkl. Anlagen) ist diesem Bericht unter [U80] angefügt.]



Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW):

Die Gehalte an LCKW (als LCKW-Summe) lagen zum Zeitpunkt der Beprobung im März 2014 zwischen Werten kleiner Bestimmungsgrenze und 537,0 µg/l (Bo95). Überschreitungen der Schwellenwerte für LCKW-Summe bzw. Summe Tetra-/Trichlorethen traten bei den folgenden Messstellen auf: Bo20, Bo22, Bo51, Bo8, Bo95, Bo100, Bo11-n, Fr64, NGW 11-1, NGW 13, NGW 14, NGW 16. Überschreitungen für Vinylchlorid traten bei den Messstellen BK-GWM 13, Bo22, Bo95, NGW 10 auf.

Die Messwerte vom März 2014 stimmen relativ gut mit den Ergebnissen der vorhergehenden Beprobungen überein. Auffällig ist die erstmalige Schwellenwertüberschreitung für LCKW-Summe an der Bo100 (307 µg/l, bis 10/2013 <15,7 µg/l). Zudem zeigten die Messstellen Bo8, Bo51 und Bo95 in der Vergangenheit deutlich schwankende Konzentrationen für LCKW-Summe (z.B. Bo51: Nov. 2011: 799,9 µg/l; Okt./Nov. 2012: 11,7 µg/l, Oktober 2013: 264 µg/l).

Der Parameter 1,2-Dichlorpropan wurde an den Messstellen GW 9 und NGW 9 gemessen. Die Konzentration lag jeweils unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Die Hauptbelastungen mit LCKW liegen in den Bereichen der Messstellen Bo51 und Bo95 (Borsigallee/ Ecke Kruppstraße) sowie Fr64 (Mitte Friesstraße). Für den Bereich der Messstelle Bo100 wird anhand der künftigen Beprobung überprüft, ob die aktuell hohen Messwerte bestätigt werden.

Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX):

Gehalte an BTEX (als BTEX-Summe) oberhalb der Bestimmungsgrenze wurden zum Zeitpunkt der Beprobung im März 2014 nur an den Messstellen Bo22 (Borsigallee/Ecke Kruppstraße, 3,6 µg/l) und GWM BK 1B/10 (nördlich FSV-Stadion, 2,0 µg/l) gemessen. Die Werte lagen jeweils unterhalb des Schwellenwertes für Summe-BTEX. Der Schwellenwert für Benzol wurde an der Messstelle Bo22 (3,6 µg/l) überschritten.

Die Messwerte vom März 2014 stimmen relativ gut mit den bisherigen Ergebnissen überein. Die höchsten BTEX-Belastungen wurden in der Vergangenheit in der Gw15 gemessen (2011: 61,1 µg/l BTEX-Summe). Diese Messstelle ist nicht im Monitoringprogramm enthalten. In der benachbarten Messstelle Gw24 wurden für BTEX-Summe Werte kleiner der Bestimmungsgrenze ermittelt.

Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW):

Die Gehalte an MKW lagen zum Zeitpunkt der Beprobung im März 2014 unterhalb der Bestimmungsgrenze und unterhalb des Schwellenwertes der GWS-VwV.

Die Messwerte vom März 2014 stimmen mit den bisherigen Ergebnissen überein. Geringfügig höhere MKW-Konzentrationen wurden im Rahmen des Grundwassermonitorings bisher nur an der Fl6 (2011: 0,13 mg/l), NGW 3 (2012: 0,21 mg/l) und NGW 8-n (2012: 0,12 mg/l) gemessen.



Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):

Die gemessenen Konzentrationen an PAK-Summe lagen zum Zeitpunkt der Beprobung im März 2014 zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und 10,9 µg/l (Va3). Der Schwellenwert der GWS-VwV wurde an den drei Messstellen BG6_7, GWM-BK1B/10 und Va3 überschritten.

Für Anthracen lagen die Konzentrationen im März 2014 zwischen Werten kleiner der Bestimmungsgrenze und 0,028 µg/l (GWM BK1B/10). Der Schwellenwert der VwV wurde an den Messstellen Bo27, GWM-BK1B/10 und Va3 überschritten. Für Fluoranthen wurden Werte zwischen kleiner Bestimmungsgrenze und 0,12 µg/l (GWM-BK1B/10) ermittelt. Der Schwellenwert der GWS-VwV wurde an den Messstellen BG6_7 und GWM-BK1B/10 überschritten. Für alle übrigen PAK Einzelparameter lagen die Konzentrationen unterhalb des Schwellenwertes der GWS-VwV.

Die Messwerte vom März 2014 stimmen überwiegend mit den bisherigen Ergebnissen überein. Die Messstellen Bo27 (Borsigallee/Ecke Friesstraße) zeigt rückläufige PAK-Gehalte (Okt./Nov. 2012: 25,28 µg/l; Okt. 2013: 0,577 µg/l; Mrz. 2014: 0,037 µg/l).

Phenolindex:

Der Parameter Phenolindex wurde nur an der Messstelle NGW 11-2 gemessen. Die Konzentration liegt unterhalb des Schwellenwertes der GWS-VwV.

Schwermetalle:

Die Konzentrationen der Schwermetalle lagen im März 2014 überwiegend unterhalb der Schwellenwerte der GWS-VwV. Überschreitungen wurden nur für Arsen und an den folgenden drei Messstellen beobachtet: GWM-BK1B/10 (33,7 µg/l) (nördlich FSV Station), NGW 11-2 (94,2 µg/l) (Borsigallee/ Ecke Gleise, ausgebaut im Tertiär) und NGW 7 (16,5 µg/l) (Teiche Erlenbruch). Die Messwerte für Arsen aus dem März 2014 stimmen überwiegend mit den bisherigen Messwerten überein. An der Messstelle GWM BK1B/10 (Okt./Nov. 2012: 9,6 µg/l; Mrz. 2014: 33,7 µg/l) und NGW 7 (Okt./Nov. 2012: 4,0 µg/l; Mrz. 2014: 16,5 µg/l) wurden steigende Arsen-Werte beobachtet.

Ein geogener Ursprung des Arsens ist auf Grund der Geologie des Untergrundes (kein Kristallin, Rotliegendes oder Buntsandstein) eher unwahrscheinlich. Die gemessenen Konzentrationen beruhen vermutlich auf Einträge aus Altablagerungen/Altlasten. Die gefundenen erhöhten Arsen-Konzentrationen im Tertiär (NGW 11-2) sind vermutlich auf Verunreinigungen im darüber liegenden Quartär zurückzuführen. Die Proben aus den im Umfeld der NGW 11-2 liegenden Quartär-Messstellen wurden im Rahmen des Monitoringprogramms jedoch bisher nicht auf Schwermetalle untersucht.

Bor:

Die Gehalte für Bor lagen im März 2014 zwischen Werten kleiner Bestimmungsgrenze und 2080,0 µg/l (NGW11-2, ausgebaut im Tertiär). Überschreitungen der Schwellenwerte der GWS-VwV wurden an den Messstellen GWM BK1B/10, GWM-BK2/10, Ka1, NGW 11-2 festgestellt.

Erhöhte Bor-Konzentrationen sind ein Indikator anthropogener Einflüsse (Bor ist Inhaltsstoff vieler Waschmittel). Eintragspfade sind insbesondere Abwasserkanäle und Siedlungsmülldeponien. Die gefundenen hohen Bor-Konzentrationen im Tertiär (NGW 11-2) sind vermutlich durch Verunreinigungen im darüber liegenden Quartär verursacht. Die Proben aus den im Umfeld der NGW 11-2 liegenden Quartär-Messstellen wurden im Rahmen des Monitoringprogramms jedoch bisher nicht auf Bor untersucht.

Sulfat, Chlorid:

Für die Parameter Sulfat und Chlorid sind keine Schwellenwerte in der GWS-VwV aufgeführt. Im März 2014 wurden an folgenden Messstellen Werte größer 250 mg/l für mindestens einen der beiden Parameter gemessen: AEr7, BG6_7, GWM-Z 06/11, GWM-Z 07/12, Ka1, Va3.

Cyanide:

Die Konzentrationen für Cyanide (gesamt) lagen im März 2014 zwischen Werten kleiner Bestimmungsgrenze und 0,019 µg/l (Va3, Kinderzentrum Vatterstraße). Überschreitungen der Schwellenwerte wurden an folgenden Messstellen festgestellt: AHe10, AHe6n, GWM-Z 02/11 und Va3.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Schadstoffsituation annähernd mit der letzten Beprobung (Oktober 2013) übereinstimmt. Zur Überprüfung der Bor- und Schwermetall-Belastung an der NGW 11-2 sollten bei der nächsten Beprobung auch die Quartär-Messstellen NGW 11-1, Bo27 sowie Bo50 auf Bor und Schwermetalle untersucht werden.



1.12.2 Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme

Das großräumige Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme wird wie in [U35] empfohlen durchgeführt, die großräumigen, halbjährlichen Grundwasserbeprobungen erfolgten im September 2014, März 2015 und September 2015 sowie März und September 2016. Die Berichte von Arcadis zum großräumigen Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme [U103, U121, U122, U135, U137 und U140] liegen vor, die Ergebnisse der Grundwasserbeprobungen sind diesem Bericht als tabellarische Zusammenstellung (bis inkl. U122] in Anlage A.8 beigelegt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Schadstoffsituation grundsätzlich mit den vorherigen Beprobungen übereinstimmt. Die vorgefundenen Grundwasserbelastungen oberhalb der jeweiligen Geringfügigkeitsschwellenwerte liegen zumeist im Bereich bekannter Altlastenschadensfälle, im Wesentlichen für LCKW im Umfeld der Borsigallee. An der GWM Bo27 treten teilweise erhöhte PAK-Konzentrationen auf. Diese wurden bereits vor Beginn der Baumaßnahme in 2012 nachgewiesen. Da hier bekannte Vorbelastungen vorliegen und im betreffenden Bereich derzeit keine Baumaßnahmen durchgeführt werden, ist eine negative Beeinflussung durch die Baumaßnahme ausgeschlossen.

Die Schwankungen der Analysenwerte an den jeweiligen Messstellen liegen zumeist im Rahmen der üblichen bzw. natürlichen Abweichungen. Es treten jedoch im Monitoringzeitraum (März 2014 bis September 2016) auch Konzentrationsschwankungen bzw. Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte auf, deren Ursache weder im Zusammenhang mit den bekannten Altschadensfällen liegt, noch auf die Beeinflussung durch die Baumaßnahme AD Erlenbruch (E1) zurückzuführen ist (vgl. auch [U140]).

Eine Beeinflussung der Schadstoffsituation im Grundwasser aufgrund der Baumaßnahme (Baugrube E1) ist derzeit nicht erkennlich.

Stichtagsmessungen

Insgesamt bestätigen die Stichtagsmessungen seit März 2014 die bisherigen Annahmen zur Grundwasserständen und Grundwasserfließrichtung. Die Ergebnisse der Stichtagsmessungen werden hier nicht im Detail aufgeführt, sind diesem Bericht jedoch als Anlage B.7 beigelegt.

Bedingt durch teilweise starke Niederschlagsereignisse kommt es an einigen Messstellen kurzzeitig zu einem starken Anstieg der Grundwasserstände. Beispielsweise verursachte ein Niederschlagsereignis Mitte Juni 2016 an der Messstelle Bo51 einen Anstieg der Grundwasserstände um ca. 0,9 m. Im Bereich des VGF-Geländes liegen die Grundwasserstandsschwankungen im Monitoringzeitraum bei bis zu ca. 0,7 m (GWM-Z12/12, verfiltert im Schichtwasser), in den übrigen Quaritär-Messstellen bei unter 0,6 m (Va10). An der Tertiär-Messstelle (BG5_7) liegen die Grundwasserstandsschwankungen bei ca. 0,2 m.



1.13 Abfall- und Bodenmanagement

Für den Riederwaldtunnel und die Anschlussbauwerke wurde von Hessen Mobil (früher Hessisches Amt für Baustoff- und Bodenprüfung/HABB) mit Datum vom 07.06.2011 ein generelles Konzept zum Boden- und Abfallmanagement aufgestellt. Dieses Konzept wurde vom RP DA genehmigt.

Für die Sammler und Tunnelbaugruben wurden auf Grundlage dieses generellen Konzeptes detaillierte Abfall- und Bodenmanagementkonzepte erstellt und dem RP DA zur Entscheidung vorgelegt.

1.14 Verbleib des geförderten Grundwassers

Für das derzeit durch die Bautätigkeit in Baugrube E1 (Kreuzungsbauwerk) anfallende Bauwasser liegt eine Ausnahmegenehmigung der Stadtentwässerung Frankfurt am Main für die Einleitung der Baugrubenwässer in den vorhandenen Mischwasserkanal vor. Diesbezüglich sind die Anschlüsse an den bestehenden Kanal mit vorgeschaltetem 3-Kammer-Absetzbecken entsprechend den Anforderungen der Stadtentwässerung ausgestattet. Dieses Verfahren der Einleitung in das Mischwasserkanalsystem ist auch für den zweiten Bauabschnitt, der Herstellung der Sammler und der Leitungsbrücken während der hydrogeologischen Bauphase 2 geplant. Die jeweiligen Einleitstellen werden in den maßnahmenbezogenen spezifischen Teilen der Wasserrechtsanträge, bzw. der wasserrechtlichen Beteiligungen benannt.

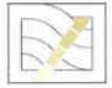
Gem. Merkblatt zur Grundwasserhaltung (05/2015 und 01/2014) ist grundsätzlich eine Rückführung des geförderten Grundwassers in den Grundwasserleiter anzustreben (§28 Abs. 5 HWG).

Mögliche Szenarien zur Grundwasserrückführung wären:

Versickerung

Voraussetzungen für eine oberflächennahe Versickerung sind unbelastete und durchlässige Böden (k_f ca. 1×10^{-3} bis 5×10^{-6} m/s) sowie ein ausreichend großer Abstand zum anstehenden Grundwasser (i. d. R. > 1 m). Geeignete Flächen konnten aufgrund der überwiegend versiegelten Flächen bzw. den verbreitet aufgefüllten Böden auf den zur Verfügung stehenden Flächen nicht recherchiert werden.

Eine Versickerung über Rigolen ist in Folge der vorhandenen bindig-geprägten Deckschichten (Aue- und Hochflutlehm) und der hydrogeologischen Situation im Umfeld mit hohen Grundwasserständen im Bereich Geländeoberkante (im Winter teilweise überflutet) ebenfalls nicht durchführbar. Die Ergebnisse der Stichtagsmessungen von Arcadis (bis einschließlich September 2016) sind diesem Bericht als Anlage B.7 beigelegt. Als Messstellen, in denen das Grundwasser bereits oberflächennah ansteht, sind die NGW 7 (ca. 0,18 m u GOK) im Bereich der Teiche am Erlenbruch



sowie die GWM-Z 10/12 (0,59 m u GOK), Wae 2 (0,59 m u GOK) und Wae 3n (0,63 m u GOK) im Bereich des Teufelsbruchs zu nennen. Mit verstärktem Überfluten durch die Baumaßnahme ist hier nicht zu rechnen, da für diese Bereiche zu keinem Zeitpunkt (weder bauzeitlich noch im Endzustand) ein Grundwasseraufstau ermittelt wurde.

Auch eine Teilversickerung z. B. in nicht mehr im Betrieb befindliche Brunnen als Schluckbrunnen ist nicht durchführbar, da teilweise gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Grundsätzlich würde eine Versickerung zu einem unkontrollierbaren Grundwasseranstieg und Schäden in Folge von Vernässung von Kellern benachbarter Gebäude führen. Aus hydrogeologischer Sicht sollte daher keine Versickerung durchgeführt werden.

Einleitung/Teileinleitung in Oberflächengewässer:

Eine Einleitung der Baugrubenwässer in den nahe gelegenen Riedgraben kommt nach Angabe der UWBB nicht in Betracht, da ein langjähriges Monitoring zur Wasserbilanz des Ostparkweiher (südwestlich des FSV Stadions) läuft, welches durch die Einleitung verfälscht würde (siehe [U55]). Zudem ist der Riedgraben insbesondere in regenreichen Perioden nicht in der Lage zusätzliche Wassermengen aufzunehmen.

Bautechnisch denkbar wäre für die Baugrubenwässer der Bauwerke 1 und 2 des Seckbachsammlers eine Einleitung in die östlich des FSV-Stadions gelegenen Teiche „Am Erlenbruch“. Diese sind jedoch als gesetzlich geschütztes Biotop (gem. §30 BNatSchG) in Natureg 2013 ([Natureg-Viewer](#)) eingetragen.

Seit August 2014 sind in den Teichen am Erlenbruch drei Lattenpegel installiert, die im Zuge der Stichtagsmessungen mitbetrachtet werden. Die bisher erfolgten Pegelmessungen an den Seen (August 2014 – Dezember 2015) zeigen einen nahezu konstanten Wasserspiegel mit annähernd gleichem Grundwasserstand wie die umliegenden Messstellen (NGW 7 und GWM-Z 03/11) und belegen, dass die Teiche von der Grundwasserentnahme in Baugrube E1 bisher nicht betroffen sind (siehe Anlage B.8). Ein Bedarf eines Ausgleichs des Wasserspiegels besteht somit nicht. Die Einleitung der Baugrubenwässer würde einen massiven Eingriff in das ökologische Gleichgewicht der Teiche bedeuten.

Die Einleitung des Baugrubenwassers in Oberflächengewässer kann aus ökologischer und hydrogeologischer Sicht nicht empfohlen werden.



Einleitung in den Kanalbestand:

Da die Überschreitungen der Einleitrichtwerte einzelner Parameter diffus auftreten und sich in den Folgemessungen meist nicht bestätigen, ist für die Baugrubenwässer, die als Mischwässer vorliegen, keine generelle Frachtüberschreitung der Einleitrichtwerte zu erwarten, sodass die Einleitung in den Kanalbestand der Stadt Frankfurt über eine zuvor hergestellte bauzeitliche oberirdische („fliegende“) Sammelleitung möglich ist.

Vor dem Einleiten ist die Aufbereitung (über Abscheider, Aktivkohlanlage oder Neutralisation) des geförderten, verunreinigten Wassers vorgesehen. Die geplante Sammelleitung verläuft bis zur Lahmeyerstraße und wird dort in den Regenwasserkanal eingeleitet.

1.15 Maßnahmen bei Havarie

Eine Gefährdung des Grundwassers durch die Baumaßnahme ist aufgrund der Entfernung der Deckschichten, der tiefen Baugruben und der daraus resultierenden erheblichen Bodeneingriffe nicht vollständig auszuschließen. Als potenzielle Gefährdungen infolge der Baumaßnahme sind grundsätzlich alle Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen gem. § 62 Absatz 3 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) anzuzeigen. Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gem. Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe (VwVs), z. B. Kraftstoffen, Ölen, Schmiermitteln, ist in der „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung, AwSV)“ geregelt. Beim Transport ist das Gefahrgutrecht zu beachten.

Eine Liste aller verwendeten wassergefährdenden Stoffe ist auf der Baustelle auszulegen. Darüber hinaus hat der Bauherr einen SiGeKo (Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator) zu bestellen, der die Tätigkeiten mit wassergefährdenden Stoffen überwacht.

Baufahrzeuge und Maschinen sind in der arbeitsfreien Zeit sowie bei Betankungsvorgängen sicher auf flüssigkeitsundurchlässigen Flächen abzustellen, Ölbindemittel sind in ausreichender Menge vorzuhalten.

Im Fall einer Havarie mit wassergefährdenden Stoffen wird *unverzüglich* ein Bodenaustausch vorgenommen.

Als direkte Sicherungsmaßnahme im Fall einer Havarie muss der Boden auf eine undurchlässige Schicht (z. B. Asphalt, Ladefläche eines LKW, Mulde etc.) umgelagert werden, um eine Versickerung zu verhindern. Im Anschluss ist der Boden in Container umzuladen, zu beproben und entsprechend zu verwerten / entsorgen.

Das eingesetzte Personal ist mit den Baustellenverhältnissen und besonderen Anforderungen vertraut zu machen.



Zusätzlich sind Betriebsbücher zu führen und regelmäßig auf Vollständigkeit und Aktualität hin zu prüfen. Die Betriebsbücher sollten enthalten:

- Alarmierungsplan (von der bauausführenden Firma mit der zuständigen Wasserbehörde abgestimmt)
- Eintragungen über die Wartungs- und Überwachungstätigkeiten einschließlich der angewandten Verfahren
- Verhaltensregeln bei Unfällen und im Schadensfall
- Betriebsanweisungen mit Wartungsintervallen
- Funktionsbeschreibung der Anlage
- Bestandspläne der Entwässerungsleitungen, der Abscheideanlagen, der Abdichtungen sowie ggf. der Anlagen zu Überwachung, z. B. Grundwassermessstellen
- Einzugsgebiete der einzelnen Anlagen und Ausläufe
- Bestimmungen der wasserrechtlichen Gestattungen

Maßnahmen zum Nachweis der vollständigen Entfernung des ausgetretenen wassergefährdenden Stoffes werden im Anschluss an den sofortigen Bodenaustausch mit der zuständigen Wasserbehörde abgestimmt.

Kassel, den 10.07.2017

Dipl.-Geol. Deichmann

Dipl.-Geol. Rose



Quellen und Unterlagen zur Antragserstellung:

Gesetze / Vorschriften / Richtlinien

- Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 320 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- Gesamtfassung der Verwaltungsvorschrift zu § 77 des Hessischen Wassergesetzes für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenverunreinigungen im Hinblick auf den Gewässerschutz (GW-VwV) vom 19.05.1994 (StAnz. 26/1994, S. 1590) mit Änderung vom 30.08.1994 (StAnz. 40/1994, S. 2839), Stand 02.02.2000
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinien / Kapitel 1.2 Grundwasser (30.04.2003)
- Verordnung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (VO_WRRL) vom 17.05.2005
- Satzung über die Entwässerung der Stadt Frankfurt am Main vom 29. Oktober 1982 in der Fassung vom 25. September 2014 und Durchführungsbestimmungen vom 04. Juli 2014.
- Stadt Frankfurt am Main, Umweltamt - Untere Wasserbehörde (2015): Merkblatt Grundwasserhaltung -Stand 05/2015
- Regierungspräsidium Darmstadt Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt, Dez. 41.1 (Grundwasser, Bodenschutz Ost), Merkblatt: Grundwasserhaltung – Stand 01/2014
- Stadt Frankfurt am Main – Umweltamt, Merkblatt „Einleitrichtwerte für Grundwasser“ in Frankfurt am Main vom 19.06.2013
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke – FGSV Nr. 526, Köln, 1994

Relevante Auszüge des Planfeststellungsbeschlusses

[1] Planfeststellungsbeschluss vom 06.02.2007 / Wasserrechtliche Entscheidungen

**Unterlagenverzeichnis:**

- [U22] Arcadis Deutschland GmbH (2010): A66 Frankfurt Main – Hanau, Tunnel Riederwald, Anschluss Borsigallee, Anschluss Dreieck Erlenbruch; Erstellung Grundwassermodell Riederwaldtunnel, Abschlussbericht Hydrogeologische Datenrecherche; Darmstadt, 22.11.2010.
- [U29] Arcadis Deutschland GmbH (2011): A66 Frankfurt am Main – Hanau, Tunnel Riederwald, Frankfurt a. M. – Bau-Km 1+650,00 bis Bau-Km 2+745,46, Geotechnischer Bericht – Tunnelbauwerk, Entwurf; Darmstadt, 30.06.2011, Bericht vom 22.09.2011.
- [U35] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald - Erweitertes Grundwasser-Monitoring; 217/11-G06-Rev03, 10.07.2013
- [U38] Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1993), geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt 5818 Frankfurt a. M. Ost
- [U39] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Modelldokumentation / Kalibrierung Strömungsmodell Riederwald-tunnel;011/12-1 G2, 05.04.2013
- [U40] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen zur Dimensionsierung des Flächenfilters; 011/12-4 G3, 24.04.2013
- [U44] Neubau der BAB A66, TA Tunnel Riederwald, ergänzende geotechnische Beratung zur Tunnelplanung, Stellungnahme zum Thema: „Flächenfilter mit Filterkornabstimmung und Querschottausbildung mittels Lehmschlag“, Arcadis Deutschland GmbH, Bericht vom 20.04.2012
- [U47] Beratende Ingenieure Erdbaulaboratorium Essen: Grundlagenprüfung Allgemeine Baugrundbeschreibung und Zusammenfassung der geotechnischen Kennwerte sowie Bodenklassen und –gruppen, Bericht B02_61603/02 vom 05.04.2013.
- [U51] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Dokumentation der Grundwassermodellberechnung Detailberechnung Entwässerung Baugrube 1, 011/12-3 G6_Rev01, 26.06.2013.
- [U52] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Bauchemische Eigenschaften des Grundwassers, 217/11 G03_Rev01, 12.06.2013.
- [U53] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Angaben zur Ausbildung des Flächenfilters, 011/12-3 G5, 18.06.2013.



- [U54] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Ableitung von Bemessungswasserständen, 011/12-3 G8 Rev03, 30.09.2013.
- [U55] Ergebnisprotokoll der Besprechung vom 22.08.2012 zum Projekt Tunnel Riederwald (BAB 66/ BAB 661) Wasserhaltung Baugruben, Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement.
- [U65] Beratende Ingenieure Erdbaulaboratorium Essen: AD Erlenbruch/Tunnel Riederwald Neubau Seckbachsammeler hier: Baugrubenverbau im Böschungsbereich der BAB A 661, 22.02.2013.
- [U66] Beratende Ingenieure Erdbaulaboratorium Essen: Neubau der BAB A66 Teilabschnitt Riederwald, Ausbildung des Flächenfilters; Überprüfung der Ausführbarkeit, Schreiben A11_61603/Es/af vom 19.09.2013
- [U67] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): Stellungnahme zur Ausbildung des Flächenfilters, aufgestellt am 13.11.2013
- [U68] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): BV Neubau der BAB A 66, Frankfurt am Main-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald, Angaben zur Ausbildung des Flächenfilters Kreuzungsbauwerk AD Erlenbruch, 011/12-3-G10 Rev01, 05.12.2013
- [U71] DAS BAUGRUNDINSTITUT GmbH (2013): Dokumentation der Grundwassermodellberechnung, Detailberechnung Entwässerung Baugrube E1, Berechnung Strömungslinien, 011/12-3-G09 Rev01, 18.11.2013
- [U78] Arcadis Deutschland GmbH (2013): Neubau der BAB A66, TA Tunnel Riederwald; Ergänzende geotechnische Beratung zur Tunnelplanung, Stellungnahme: (Leistungsabruf Frage Nr. 14) Nacherkundung abdichtender Untergrund Bau-km 2+300 -2+745, Anpassung Längsprofil/Querprofile auf aktuelle Tunnelplanung, Darmstadt, 01.05.2013
- [U80] Arcadis Deutschland GmbH (2014): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring, Grundwassermonitoring vor Baubeginn: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring und zu den Ergebnissen der Kurzpumpversuche, Berichtszeitraum Februar bis Mai 2014, Darmstadt, 25.07.2014
- [U81] Beratende Ingenieure Erdbaulaboratorium Essen: Tunnel Riederwald, Gesamtmaßnahme, Grundlagenprüfung, Benennung von Homogenbereichen zwischen den Stationen 1+306.500 und 3+050.000, Essen, 14.07.2014
- [U88] HYDRODATA GmbH: Vorgezogenes Grundwassermonitoring (Fortführung) vor Baubeginn für die Baumaßnahme BAB A 66, Frankfurt am Main – Hanau, Abschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Frankfurt-Erlenbruch und AS Frankfurt-Borsigallee, Seckbachsammeler sowie Nord- und Südsammeler, – Ergebnisbericht – Oberursel, den 28.11.2013.



- [U89] HYDRODATA GmbH: Vorgezogenes Grundwassermonitoring (Fortführung) vor Baubeginn für die Baumaßnahme BAB A 66, Frankfurt am Main – Hanau Abschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Frankfurt-Erlenbruch und AS Frankfurt-Borsigallee, Seckbachsammeler sowie Nord- und Südsammeler, Bauchemische Untersuchungen des Grundwassers – Ergebnisbericht –
- [U90] Ergebnisprotokoll der Besprechung vom 08.09.2014 zum Projekt Tunnel Riederwald (BAB 66/ BAB 661) Besprechung zu Wasserrechtsanträgen Sammler, Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement.
- [U95] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2015): BV Neubau der BAB A 66, Frankfurt am Main-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Erlenbruch und AS Borsigallee, Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen der Hydrogeologischen Bauphasen 1 - 6, 011/12-4 G13, Kassel, 13.01.2015
- [U103] Arcadis Deutschland GmbH (2014): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring, August und September, Darmstadt, 05.12.2014
- [U120] Beratende Ingenieure Erdbaulaboratorium Essen (2015): Tunnel Riederwald, Tunnel und Trogbauwerke, Geotechnisches Gesamtgutachten Tunnel und Trogbauwerke, Station 1-245 bis Station 3+103, Essen, 02.09.2015 (Vorabzug)
- [U121] Arcadis Deutschland GmbH (2015): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring, Februar und März 2015, Darmstadt, den 27.04.2015
- [U122] Arcadis Deutschland GmbH (2015): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring, August und September 2015, Darmstadt, den 19.12.2015
- [U123] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2016): Riederwaldtunnel BAB A 66/ A 661, Anbindung der „Teiche am Erlenbruch“ an den Grundwasserleiter, 011/12-5 St16, Kassel, 25.02.2016
- [U124] Prof. Dr.-Ing. Matthias Vogler, Ingenieursozietät Prof. Dr.-Ing. Katzenbach GmbH: BAB A66/A661 Frankfurt/M, Hanau; Neubau Abschnitt Tunnel Riederwald AD Erlenbruch, Geotechnische Prüfung des Antrages auf temporäre Grundwasserentnahme zur Trockenhaltung von Baugruben, Prüfbericht Nr. IK1444/02 vom 26.02.2016
- [U125] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2016): BV Neubau der BAB A 66, Frankfurt am Main-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Erlenbruch und AS Borsigallee, Neuberechnung der Hydrogeologischen Bauphasen 2 - 7, 011/12-4 G18, Kassel, 07.03.2016



- [U134] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2017): BV Neubau der BAB A 66, Frankfurt am Main-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Erlenbruch und AS Borsigallee, Neuberechnung der Hydrogeologischen Bauphasen 2 – 7, November 2016, 011/12-4 G19, Kassel, 25.01.2017
- [U135] Arcadis Deutschland GmbH (2015): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring, August und September 2015, Darmstadt, den 19.12.2015
- [U135] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring Oktober und November 2015, 29.01.2016
- [U136] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring Dezember 2015 und Januar 2016, 15.02.2016
- [U137] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring Februar und März 2016, 27.07.2016
- [U138] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring: Bericht zur Anpassung der Messstellenauswahl für die monatlichen großräumigen Stichtagmessungen, 29.08.2016
- [U139] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring April, Mai und Juni 2016, 31.08.2016
- [U140] Arcadis Deutschland GmbH (2016): A 66, Tunnel Riederwald, Grundwassermonitoring während der Baumaßnahme: Bericht zum großräumigen Grundwassermonitoring Juli, August und September 2016, 30.11.2016