

B Fachgutachten

B1 Hydrogeologie

B2 Abschätzung der Standsicherheit

B3 Geräuschimmissionsgutachten

B4 Staubimmissionsgutachten

**B5 Naturschutzfachliche Gutachten
Erweiterung OST1**

B6 Umweltverträglichkeitsbericht

B7 Kampfmittelvorerkundung

**B8 Stellungnahme zum
Wasserhaushalt**

**B9 Gutachterliche Stellungnahme
Klima**

**B10 Naturschutzfachliche Gutachten
Änderung RBPI 2010**

B11 Bodengutachten

B1 Hydrogeologie

B1.1 Hydrogeologisches Gutachten

B1.2 Fachbeitrag WRRL

B1.1 Hydrogeologisches Gutachten

Hydrogeologie
Grundwassermodelle
Boden- und Grundwasserschutz
Geothermie
Brunnenbau
Rohstoffgewinnung
Bodenkunde
Wirtschaftlichkeitsanalysen

Dipl.-Geol. Dr. Bernd Hanauer
Dipl.-Geol. Dr. Christoph Möbus
Dipl.-Umweltwiss. M.Sc.
Dr. Thomas Hanauer

Europastraße 11
35394 Gießen
Telefon: 06 41 / 9 44 22 0
Telefax: 06 41 / 9 44 22 11
E-Mail: hg@buero-hg.de
Internet: www.buero-hg.de

QM-System in Anlehnung an
DIN EN ISO 9001

Projekt:

Hydrogeologisches Gutachten Grundwassermodellierung zur geplanten Osterweiterung des Quarzsand- und -kiestagebaus Raunheim für den Rahmenbetriebsplan mit Umweltverträglichkeitsstudie

(Aktualisierung 08/2021)

Auftraggeber:

**Raunheimer Kies- und Sandgewinnung Blasberg GmbH & Co. KG
Darmstädter Straße 5
64625 Bensheim**

I. Inhaltsverzeichnis (Text)

	Seite
1. Veranlassung, Aufgabenstellung	1
2. Lage, Geologie, Hydrogeologie	3
2.1 Lage des Abbaus	3
2.2 Geologie	3
2.3 Hydrologie, Hydrogeologie	4
3. Geplante Maßnahmen	5
3.1 Gewinnungsplanung	5
3.2 Wiederverfüllung	6
4. Dokumentation des GwModells	8
4.1 Hydrogeologisches Modell, Modellvorstellung	10
4.1.1 Datengrundlage	10
4.1.2 Darstellung und Begründung des Bilanz- und Modellraumes (Modellgrenzen)	11
4.1.3 Darstellung und Begründung der äußeren und inneren geometrischen Konturen von geologischen Strukturen und hydraulischen Einflussgrößen	12
4.1.4 Darstellung und Begründung von hydrostratigrafischen Einheiten (HGE)	13
4.1.5 Darstellung und Begründung der Modelldimension	13
4.1.6 Darstellung und Begründung der Auswahl der Randbedingungsansätze auf den Modellgrenzen	13
4.1.7 Darstellung und Begründung der Festlegung des zeitlichen Regimes (stationär / instationär), der Anfangsbedingungen und zeitabhängigen Randbedingungen	14
4.1.8 Darstellung der Strömungs- bzw. Stoffdynamik	14
4.1.9 Darstellung der Wasser- bzw. Stoffbilanzen	14
4.2 Dokumentation des numerischen Modells	15
4.2.1 Benennung der eingesetzten Modellierungssoftware	15
4.2.2 Darstellung und Begründung der räumlich-zeitlichen Diskretisierung	15
4.2.3 Darstellung und Beschreibung der Überführung von der hydrogeologischen Modellvorstellung in das numerische Modell	16
4.2.4 Darstellung und Begründung der im Modell gewählten Randbedingungen	16
4.2.5 Beschreibung der Anfangsbedingungen für die Modellierung	16
4.2.6 Beschreibung / Darstellung der räumlichen Zuweisung von Modellparametern	17
4.2.7 Benennung der Kalibrierungsparameter und ihrer Wertebereiche	17
4.2.8 Allgemeine Beschreibung der Prognosesimulationen	17
4.2.9 Qualitative oder quantitative Aussagen zur Sicherheit der Ergebnisse	18
5. Anwendung des numerischen Grundwassermodells	20
5.1 Berechnungsansätze	20
5.2 Ausgangsszenario: IST-Zustand	21
5.3 Szenario 1: Mittelwasser-Bedingungen	21
5.4 Szenario 2: Niedrigwasser-Bedingungen	22
6. Zusammenfassende Bewertung	23

➤ **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 4-1:	Modellvorstellung und Konzept	10
Tabelle 4-2:	Pegelhöhen der relevanten Schleusen entlang des Mains	15
Tabelle 4-3:	Brunnenentnahmen der InfraserV GmbH & Co. Höchst KG	15
Tabelle 5-1:	Übersicht der berechneten Szenarien	20

➤ **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 2-1:	Ausschnitt aus der Grundwasserhöhengleichenkarte 10/2015 (vgl. Anlage 1.2, Quelle: HLNUG /9/)	4
Abbildung 4-1:	Hydrogeologisches Profil für den Bereich der Mönchhofbrunnen (schematisch, aus /3/)	12
Abbildung 5-1:	Hydraulische Verhältnisse im Umfeld eines Baggersees (aus /2/)	22

II. Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lagepläne zur Modellerstellung	
Anlage 1.1	Topografischer Übersichtslageplan mit Modellabgrenzung	M 1 : 25.000
Anlage 1.2	GwHöhengleichen im Oktober 2015 für mittlere GwStände (HLNUG)	M 1 : 25.000
Anlage 1.3	Diskretisierung des Modellgebietes mit hydraulischen Randbedingungen	M 1:25.000
Anlage 1.4	Detaillageplan der geplanten Osterweiterung der Raunheimer Kies- und Sandgewinnung	M 1:5.000
Anlage 1.5	Übersichtslageplan der Mächtigkeit der quartären Kiese und Sande	M 1: 25.000
Anlage 1.6	Übersichtslageplan der GwNeubildung aus Niederschlag	M 1:25.000
Anlage 1.7	Lageplan der Modell- und Geländeschnitte	M = 25.000
Anlage 1.8	Modellschnitt A – A'	
Anlage 1.9	Modellschnitt B – B'	
Anlage 1.10	Geländeschnitt C – C'	
Anlage 1.11	Geländeschnitt D – D'	
Anlage 2	Ergebnisse der stationären Modellkalibrierung	
Anlage 2.1	Vergleich berechneter und gemessener GwStände für den stationären Kalibrierungszustand	
Anlage 2.2	Berechnete Wasserbilanz (Budget Output) für den stationären Kalibrierungszustand	
Anlage 2.3	Berechnete Verteilung der horizontalen Durchlässigkeitsbeiwerte	M 1:25.000
Blatt 1	der quartären Sande und Kiese	
Blatt 2	der Tonzwischenschicht	
Anlage 2.4	Berechnete GwGleichen des Ausgangszustandes	M 1:25.000
Anlage 3	Ergebnisse der Szenarienberechnungen	
Anlage 3.1	Szenario 1: Differenzenplan der GwSpiegelhöhen im Vergleich zum Ausgangszustand (Mittelwasser)	M 1:25.000
Anlage 3.2	Szenario 2: Differenzenplan der GwSpiegelhöhen im Vergleich zum Ausgangszustand (Mittleres Niedrigwasser)	M 1:25.000

III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- /1/ Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1969):
Geologische Karte 1:25.000, Blatt 5916 Hochheim
- /2/ Bertleff et. al. (2001):
Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser – Ergebnisse isoto-
penhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekte 6 des For-
schungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen“ (KaBa).- LGRB, Freiburg
- /3/ BCE BjörnSEN Beratende Ingenieure, Koblenz (Oktober 2010):
Antrag zur Entnahme von Grundwasser durch die InfraserV GmbH & Co.
Höchst KG für die Brunnen des Pumpwerkes Mönchhof in der Gemarkung
Kelsterbach
- /4/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (PNr. 11042/1), Gießen (August
2011):
Mönchhof-Gelände / Konflikt mit den InfraserVbrunnen – Machbarkeitsstudie zur
Verlegung von Brunnen nach Nordosten in Richtung Klaraberg
- /5/ Hoselmann, C. & Lehné, R. (2013, Hrsg.: HLUG):
Neue Lithostratigraphie und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Ober-
rheingrabens; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie – Jahresbericht
2012
- /6/ EBOTEC Unternehmergeellschaft, Riedstadt (17.04.2013):
Geologisches Profil und Ausbausskizze der GWM 1 (oberstrom) und GWM 2
(Unterstrom)
- /7/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbrau-
cherschutz (17.02.2014):
Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenauf-
bruch in Tagebauen und im Rahmen sonstiger Abgrabungen
- /8/ TerraConsult GmbH (23.06.2015):
Sonderbetriebsplan „Verfüllung“ gemäß Genehmigungsbescheid vom
12.12.2012, hier: Grundwasser-Monitoringbericht Nr. 3
- /9/ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (02/2016):
Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein- und Mainebene, Grundwasser-
höhengleichen im Oktober 2015
- /10/ INGENIEURE reuter+ko Partnerschaftsgesellschaft (01.04.2016):
Raunheimer Sand- und Kiesgewinnung Blasberg GmbH & Co. KG, Quarzsand-
und –kiestagebau Raunheim, Entwicklungskonzept
- /11/ HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (September 2016):
Mönchhof-Gelände – Verlagerung von Brunnen. Ergänzende Untersuchungen
zu möglichen Brunnenstandorten
- /12/ Regierungspräsidium Darmstadt (24.10.2016):
Protokoll zum Scoping-Termin für die geplante Osterweiterung des Tagebaus
„Raunheim“ – Abstimmungsentwurf
- /13/ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie:
Geologische Profile und Ausbausskizzen der GwMessstellen 507133, 507152,
507168, 507169, 507169 neu, 507190

- /14/ HLNUG (2021):
Daten zur langjährigen mittleren Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die Referenzperiode 1971-2000; Blatt 433: Landkreis Groß-Gerau, Wiesbaden
- /15/ Hydrogeologische Modelle Bd. 2 – Ein Leitfaden mit Fallbeispielen.- Arbeitskreis „Hydrogeologische Modelle“ der Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV e.V., Hannover 2002
- /16/ Hydrogeolog. Modelle Bd. 3 – Bedeutung des hydrogeologischen a priori – Wissens“. Arbeitskreis „Hydrogeologische Modelle“ der Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV e.V., Hannover 2010
- /17/ Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten.- Arbeitsblatt W 107 2. Auflage, DVGW (Hrsg.) WVGW-Verlag Bonn 02/2016

IV. Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

Gw...	Grundwasser...
GWM	Grundwasser-Messstelle
ha	Hektar
MW	Mittelwasser
nNN	Meter über Normalnull
N, E, S, W	Himmelsrichtungen
ne'	nordöstlich
RB	Randbedingung
sw'	südwestlich
t	Tonne

1. Veranlassung, Aufgabenstellung

Die Raunheimer Sand- und Kiesgewinnung Blasberg GmbH & Co. KG betreibt den „Quarzsand- und Kiestagebau Raunheim“ in der Gemarkung Raunheim. Die Raunheimer Sand- und Kiesgewinnung Blasberg GmbH & Co. KG ist ein Tochterunternehmen der Dreher Firmengruppe mit Firmensitz in Bensheim.

Für den Betrieb der Nassauskiesung des Tagebaus in Raunheim liegen u.a. folgende, aktuelle bergrechtliche Zulassungen vor:

- Planfeststellungsbeschluss: Rahmenbetriebsplan vom 1. Juli 2010
AZ: IV/WI44-628-76D-13
- Änderungsbescheid zum Rahmenbetriebsplan vom 12. Februar 2014
(Änderung der Abbauphasen)
- Antrag auf Änderung des Wiederaufforstungskonzeptes vom 3. November 2014
(noch kein Bescheid ergangen)
- Hauptbetriebsplanzulassung vom 01. Februar 2017
(Laufzeit bis 30. September 2020)
- Sonderbetriebsplan Verfüllung vom 12. Dezember 2012
- Genehmigung nach § 4, Abs. 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz Genehmigung einer Anlage zur Aufbereitung, Lagerung von Kies und Sand (Fremdkiesmassen) vom 28. Mai 2013

Der Tagebaubetrieb hat eine Gesamtfläche von ca. 55 ha, davon sind ca. 36 ha genehmigte Abbaufäche, wovon aber auf lediglich ca. 11,2 ha aktiv Rohstoff gewonnen wird.

Aktuell findet die Rohstoffentnahme im Bereich des Aufschlusses SÜDOST auf einer Fläche von 9,3 ha statt. Das Restabbauvolumen betrug Anfang 2017 ca. 1.750.000 m³ bzw. 2.712.500 t. Das ursprünglich angenommene Abbauvolumen musste auf der Grundlage von Bohrergebnissen aus dem Frühjahr 2009 um ca. 500.000 m³ nach unten korrigiert werden. Die abgeteufte Bohrungen BK 7 und BK 6 am östlichen Rand des Aufschlusses (vgl. Anlage 1.4) zeigen in einer Tiefe von ca. 20 m mehrere Meter mächtige Schluff- bzw. Tonlagen (< 5m), aufgrund derer sich eine Gewinnung bis zur geplanten Endteufe von 60 mNN wirtschaftlich nicht darstellen lässt.

Ausgehend von einem jährlichen Rohstoffverbrauch durch Entnahme von ca. 430.000 t (Verkaufsmenge 280.000 t zzgl. nicht verwertbarem Anteil von 35%) ergibt sich daher, dass die genehmigte Abbaufäche SÜDOST voraussichtlich Ende des Jahres 2022 erschöpft sein wird. Ein Bedarf an den hier geförderten Rohstoffen (Quarzsand) ist auch danach weiterhin gegeben. Eine Abbauerweiterung ist für die Sicherung des Bestands sowie eine zukunftsfähige Weiterentwicklung des Gesamtbetriebes unerlässlich.

Der Betreiber plant daher mittelfristig die Erweiterung des Tagebaus in Richtung Osten, im direkten Anschluss an den vorhandenen Abbau, auf Flächen, die im Regionalplan als Vorbehaltsflächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen ausgewiesen sind.

Aus Sicht des Betreibers ist es raumplanerisch erforderlich, die Weichen für eine Inanspruchnahme der östlichen Erweiterungsflächen vor Ablauf des gültigen Regionalplans Südhessen zu stellen. Geht man von Planfeststellungszeiträumen von 4 – 5 Jahren aus, ist ein entsprechender Rahmenbetriebsplan im 3. Quartal 2017 beim zuständigen Dezernat Bergaufsicht in Wiesbaden zur Zulassung einzureichen.

Grundsätzlich soll eine Nutzung von Vorbehaltsflächen für die Rohstoffsicherung innerhalb des Geltungszeitraumes des Regionalplans nicht stattfinden. Geht man davon aus, dass ein neuer Regionalplan 2022 aufgestellt wird, würde die Nutzung der heute ausgewiesenen Vorbehaltsfläche, auch nach Ablauf des heute gültigen Regionalplans stattfinden. Da, wie oben bereits beschrieben, die Voraussetzungen für die östliche Erweiterung jetzt geschaffen werden müssen, sind die erforderlichen Planungsschritte mit der zuständigen Zulassungsbehörde zeitnah abzustimmen. In dieser Abstimmung enthalten ist auch die Klärung der Frage, ob vor der Erstellung der Planfeststellungsunterlagen die östliche Erweiterungsfläche, bei dem heutigen Status einer Vorbehaltsfläche, einer raumordnerischen Prüfung zu unterziehen ist.

Im Rahmen des Scoping-Termins am 20.10.2016 /12/ wurde vom Regierungspräsidium Darmstadt dargelegt, dass für das o. g. Vorhaben ein obligatorischer Rahmenbetriebsplan mit Umweltverträglichkeitsstudie aufzustellen ist. Weiterhin wurde im Rahmen des Scoping-Termins zum Punkt „Grundwasser“ festgelegt, dass bezüglich der gewerblichen Brunnen der Fa. Infraseriv (Mönchhof-Brunnen) eine "**einfache Grundwassermodellierung**" vorzunehmen ist, um festzustellen, ob sich das Einzugsgebiet der Brunnen auf die Erweiterungsfläche erstreckt.

Die HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH wurde vor diesem Hintergrund am 25.01.2017 mit der Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens inkl. Grundwassermodellierung für die geplante Erweiterung des Abbaus beauftragt. Dieses Gutachten wurde in 07/2017 dem Auftraggeber erstmals vorgelegt und mit der hiermit vorgelegten Aktualisierung 08/2021 an die aktuellen Dokumentationsanforderungen angepasst.

2. Lage, Geologie, Hydrogeologie

2.1 Lage des Abbaus

Die geplante Erweiterungsfläche liegt im Gebiet der Stadt Raunheim, Gemarkung Raunheim, Flur 14, Flurstück 2/2 (teilweise). Die Fläche liegt zwischen der Stadt Raunheim und der Bundesautobahn 67 nordöstlich des Waldsees. Sie ist Teil des Flörsheimer Stadtwaldes und wird forstlich genutzt.

Die geplante Erweiterungsfläche schließt direkt an bereits vorhandene und genehmigte Abbauflächen an. Verkehrsverbindungen bestehen somit und können auch für die Erweiterung genutzt werden. Wohnbebauung ist durch den Abbau nicht betroffen.

In der Gebietskarte der oberflächennahen mineralischen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) wird der Abbaubereich „als Schwerpunktgebiet mit wichtigen Rohstoffen“ für „Baukies, untergeordnet Bausand“ mit dem Symbol KS ausgewiesen. Diese Flächen umfassen Gebiete mit Vorkommen bzw. Lagerstätten von Baukies, kiesigem Sand und hochwertigem Bausand. Mit dem Symbol KS werden reine Quarzkiese und -sande bezeichnet.

2.2 Geologie

Das bestehende Gewinnungsgebiet und die Erweiterungsfläche sind geologisch dem nördlichen Rand des Oberrheingrabens und naturräumlich der Untermainebene zuzuordnen. Der Oberrheingraben stellt eine seit dem Jungtertiär tendenziell einsinkende geologische Grabenzone dar, die tektonisch in Gräben, Horste und Staffelschollen gegliedert ist. Im Quartär wurde in der Senkungszone eine mächtige Folge pleistozäner Lockersedimente abgelagert. Im Raum Raunheim (GK 25 Blatt 5916 Hochheim) sind diese quartären Ablagerungen aufgrund ihrer Lage am nördlichen Rand des Oberrheingrabens jedoch nur ca. 20 - 60 m mächtig /5/. Laut Geologischer Karte Blatt 5916 Hochheim /1/ stehen im Gewinnungsgebiet oberflächennah pleistozäne Terrassensedimente des Mains an, die größtenteils von jüngeren Flugsanden überlagert werden.

Nordwestlich des Mains schließt sich naturräumlich das Main-Taunusvorland an. Die hier verbreiteten Tertiär- und Quartärschichten zeigen infolge ihrer Konsistenz und ihrer überwiegend ungestörten Lagerung ein ausgeglichenes und weiches Relief.

2.3 Hydrologie, Hydrogeologie

Der Bereich des Gewinnungsgebietes wird hydrogeologisch stark vom Main geprägt. Der Main fließt nw' in ca. 1,2 km Entfernung nach \pm SW und mündet ca. 13,5 km wsw' des Gewinnungsgebietes in den Rhein. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Main sukzessive durch den Bau von Staustufen zur Großschifffahrtsstraße ausgebaut. Im Untersuchungsgebiet relevant sind die Staustufen Kostheim (Main-km 3,21), Eddersheim (Main-km 15,55) und Griesheim (Main-km 28,69).

Weitere fließende Oberflächengewässer existieren im Bereich des Gewinnungsgebietes nicht. An stehenden Oberflächengewässern sind überwiegend durch Sand-/Kiesgewinnung entstandene Seen und Teiche zu nennen, zum Einen der Baggersee des Gewinnungsbetriebes, zum Anderen Seen und Teiche z. B. im Bereich des Mönchhof-Dreiecks ne' des Gewinnungsbetriebes.

Der Main stellt einen regional bedeutenden Vorfluter dar. Gemäß der Grundwasserhöhengleichkarte für den Oktober 2015 fließt das Grundwasser im Untersuchungsgebiet nach WNW. Ganz überwiegend herrschen effluente Verhältnisse vor. Nur im Bereich der Staustufe Eddersheim bestehen aufgrund der Aufstauung des Mains kleinräumig influente Verhältnisse (Infiltration in den quartären GwLeiter ne' der Staustufe).

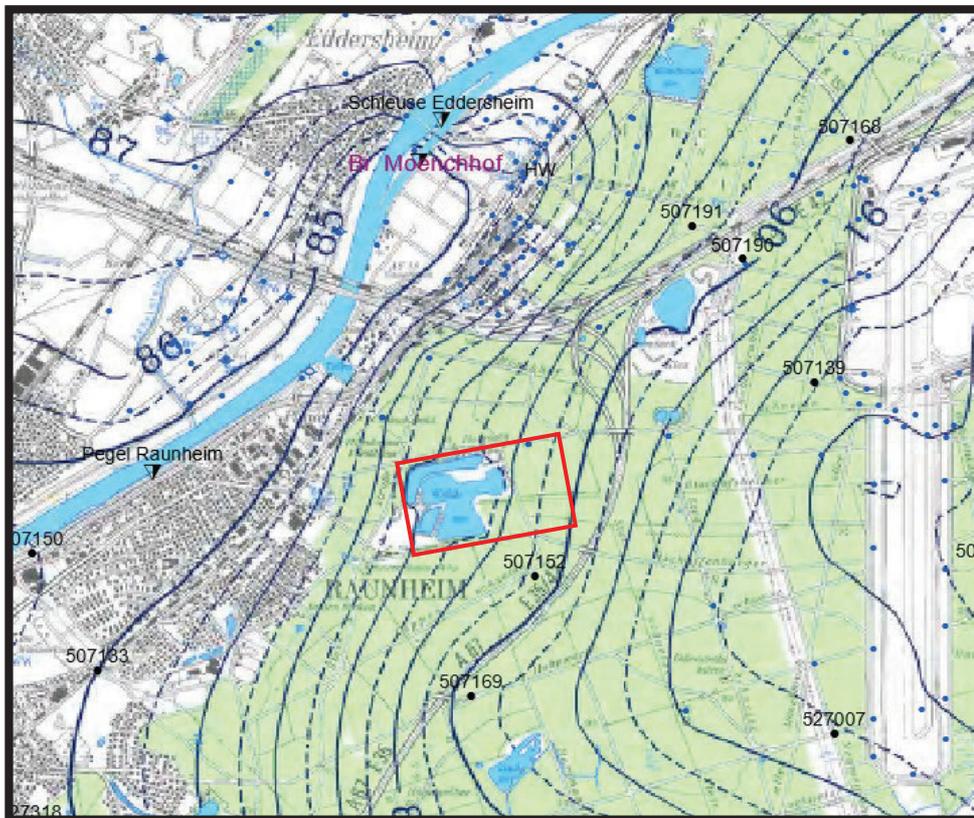


Abbildung 2-1: Ausschnitt aus der Grundwasserhöhengleichkarte 10/2015 (vgl. Anlage 1.2, Quelle: HLNUG /9/)

3. Geplante Maßnahmen

3.1 Gewinnungsplanung

Die geplante Erweiterungsfläche OST 1 schließt östlich an die genehmigten Abbau- und Betriebsflächen des Quarzsand-Werkes an. Die Fläche ist Teil des forstlich genutzten Flörsheimer Stadtwaldes und vorwiegend mit Rotbuche bestanden. An allen Seiten schließen Wirtschaftswege an. Die Zwiebelstückschneise begrenzt die Fläche im Osten, die Achtstaudenschneise im Westen, der Holzweg im Norden und die Tannackerschneise im Süden.

Die Nutzungen der Nachbarflächen sind grob zusammengefasst:

- östlich ein Kiefern-Buchenbestand sowie eine Aufforstungsfläche mit Kiefer, Buche und Eiche und ein Buchenbestand
- nördlich ein junger Kiefernforst mit dem ersten Entwicklungsversuch von Buchenunterstand
- westlich die vorhandenen Abbauflächen des Quarzsand-Tagebaus einschließlich der Betriebsflächen
- südlich ein mittlerer Buchen-Bestand mit einzelnen Eichen und Kiefern-Oberstand, der als Bannwald ausgewiesen ist.

Die Gesamtfläche der Erweiterung OST 1 hat eine Größe von ca. 12,43 ha. Die Sicherheitsabstände zu den umliegenden Wegeparzellen betragen 5 m. In diesen Bereichen bleibt der Waldbestand erhalten. Durch die Sicherheitsabstände zu den Nachbarflächen ergibt sich eine maximale abbaubare Fläche von 11,58 ha. Bei einer Abbautiefe von ca. 37,5 m (abzüglich Abraum von ca. 1 m) und einem Böschungsverhältnis von 1:3 errechnet sich ein maximales Abbauvolumen für die Erweiterungsfläche von 2,23 Millionen m³, das entspricht ca. 3,45 Millionen Tonnen, einschl. Durchstich zur Erweiterungsfläche. Nach Abzug von ca. 35 % nicht verwertbarem Material ergibt sich ein produktfähiger Vorrat von insgesamt 2,06 Millionen Tonnen. Der Abbau soll, wie gehabt, überwiegend als Unterwasserabbau (Nassauskiesung) mittels Schwimmbagger betrieben werden. Die oberen im Mittel 6 m bis zum Grundwasserspiegel werden im Trockenabbau gewonnen.

Es werden Quarzsande abgebaut. Die Aufbereitung der gewonnenen Rohstoffe erfolgt auf den bestehenden Betriebsflächen im westlichen Anschluss bzw. im Trockensandwerk im Süd-Westen der vorhandenen Abbauflächen. Das für die Aufbereitung erforderliche Wasser wird aus dem Tagebausee entnommen. Die Grundwasserentnahme liegt gemäß Erfahrungswerten aus dem derzeitigen Betrieb bei 400 m³/h. Das Spülwasser wird nach der Aufbereitung wieder in den Tagebausee zurückgeleitet. Als Verlust durch Haftwasser, Verdunstung, Spritzwasser etc. kann ein Wert von ca. 5 % angesetzt werden. Dies wären dann ca. 15 – 20 m³/h (Modellansatz: Ø 17,5 m³/h), die hydraulisch und modelltechnisch als Grundwasserentnahme zu werten sind.

Die vorhandenen Betriebsanlagen können auch für den erweiterten Abbau genutzt werden und müssen für die Erschließung des Erweiterungsbereichs nicht versetzt werden. Weitere, neue Betriebseinrichtungen sind nicht geplant.

Der Abbau auf der Erweiterungsfläche soll in 4, etwa gleichgroßen Abschnitten von Westen nach Osten bzw. anschließend nach Norden erfolgen. Im Anschluss an die vorhandene westliche Abbaufäche wird mit Abschnitt OST1 I ein Durchbruch über die Achtstaudenschneise zur Erweiterungsfläche hergestellt, um sowohl den Betriebsablauf, als auch die Flächennutzung möglichst optimal zu gestalten. Zuerst wird Abschnitt OST1 I gerodet. Gegen Ende des Abbaus im ersten Abschnitt wird in der davorliegenden Rodungsperiode die Rodung des Abschnittes OST1 II durchgeführt. Mit Erreichen des östlichen Rands der Erweiterungsflächen, werden nacheinander die Teilabschnitte III (Nordwest) und IV (Nordost) aufgefahren. Die Abschnitte teilen sich in vier jeweils ca. 3,1 ha große Abbaufächen. Die Abbaudauer beträgt ca. 2 Jahre je Abschnitt. Die Abbaudauer der gesamten Erweiterungsfläche wird mit ca. 7 ½ Jahren angegeben. Parallel dazu wird die Verfüllung auf ehemaligen Abbaufächen im Westen fortgeführt und anschließend im Zentrum des ehemaligen Abbaus begonnen.

3.2 Wiederverfüllung

Mit Datum vom 12.12.2012 erlangte die Raunheimer Kies- und Sandgewinnung die Zulassung des Sonderbetriebsplans Verfüllung (AZ: IV/WI 44-628-76d-15). Bei der Zulassung wurden die, zum Zeitpunkt der Entscheidung bereits bekannten, strengen Maßstäbe der Verfüllrichtlinie /7/ des Landes Hessen seitens der Zulassungsbehörde umgesetzt. Darüber hinaus wurden für bestimmte Parameter (u. a. Thallium und Quecksilber) sogar strengere Vorgaben gemacht.

Seit Erlangung der Zulassung wurden im Tagebau Raunheim bis zum 31.12.2016 682.000 t unbelasteter Boden ordnungsgemäß verwertet. Die Böden wurden im

- Verfüllbereich 1 – neuer Badestrand – und im
- Verfüllbereich 2 – nördliche/nordwestliche Rekultivierung- bzw. Aufforstungsfläche – verwertet.

In der bergrechtlichen Zulassung wurde behördlicherseits zur Auflage gemacht, u. a. neben einer Eigenüberwachung des Maßnahmenträgers auch eine Fremdüberwachung zu etablieren. Ein Organisationsplan zur Umsetzung der Auflagen / Nebenbestimmungen aus der Sonderbetriebsplanzulassung wurde mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt und wird seitdem umgesetzt. Die Fremdüberwachung umfasst u. a. folgende Aufgaben:

- Überwachung der betrieblichen Abläufe im Zusammenhang mit der Verfüllung
- Kontrollen an den Entstehungsorten der Böden zur Verwertung
- regelmäßige Überprüfung der Eigenkontrollbücher, Lieferscheine, Vorerkundung, Deklarationsanalysen sowie der verantwortlichen Erklärung der Abfallerzeuger
- regelmäßige Kontrolle der Ergebnisse der Eigenüberwachung
- Entnahme und Analyse von eigenen Proben im Verdachtsfall
- Erstellung eines Jahresberichtes über das Ergebnis der durchgeführten Kontrollen und der Einhaltung der Verfüllbedingungen

Mit der Fremdüberwachung wurde seitens der Raunheimer Kies- und Sandgewinnung das Gutachterbüro TerraConsult GmbH Beratende Ingenieure für Geo- und Umwelttechnik, Darmstadt, beauftragt. Auf der Grundlage der Auswertung der Daten bis zum Stand Anfang 2017 wurden für die Berichtsjahre 2014 und 2015 die Jahresberichte aufgestellt und der Genehmigungsbehörde zur Prüfung vorgelegt. Seitens der Behörde gab es bis 07/2017 hierzu keine Beanstandung, was den Erfolg der Verfüllmaßnahme für den o. g. Zeitraum dokumentiert.

Wie oben bereits erwähnt, wurden bis zum 31.12.2015 insgesamt 413.000 t Bodenmaterial verwertet. Perspektivisch wird davon ausgegangen, dass die verwertbare Bodenmenge bei 200.000 t pro Jahr liegen wird. Das entspricht in etwa einer Kubatur von 125.000 m³ (Umrechnungsfaktor 1,60 t/m³). Eine ausreichende Verfügbarkeit von unbelasteten Böden, die den Kriterien der Verfüllung des Tagebaus Raunheim entsprechen, dürfte auf der Grundlage der oben aufgeführten Zahlen aus den zurückliegenden Betriebsjahren nachgewiesen sein.

Für die geplante Wiedernutzbarmachung des Erweiterungsbereiches OST 1 heißt das, dass unter Berücksichtigung der Rückführung des nicht verwertbaren Anteils aus der Lagerstätte, die geplante Verfüllung mit Fremdmassen bis zur Geländeoberkante bei Zugrundelegung der Mengen aus den vergangenen Jahren insgesamt ca. 11 Jahre in Anspruch nehmen würde.

4. Dokumentation des GwModells

Moderne Grundwassermodellierungsprogramme bieten neben ausgereifter Numerik, GIS-Kopplung und Visualisierungstechniken auch Werkzeuge zur Parameteroptimierung, mit denen eine Anpassung der gerechneten an die gemessenen Systemwerte erreicht werden kann (GW-Stände, Konzentrationen, Temperaturen). Ob diese automatisch optimierten Parametersätze eindeutig sind und die Wirklichkeit richtig wiedergeben, ist allerdings nicht von vorneherein sichergestellt, da es viele Kombinationen von Parameterverteilungen und Randbedingungen geben kann, die zu ähnlichen Ergebnissen führen. Statistische Methoden helfen dabei oft nicht weiter, weil die zur Verfügung stehende Datendichte meist zu gering ist. Dem hydrogeologischen Modellansatz unter Verwendung aller zur Verfügung stehenden Informationen kommt damit eine herausragende Bedeutung zu.

Der Arbeitskreis "Hydrogeologische Modelle", in der FH-DGGV hat hierfür seit 1998 mehrere Arbeitshilfen entwickelt (u. a. /15/ und /16/). Seit 2014 wird ein Leitfaden zum Thema "Kalibration und Prognosefähigkeit von GW-Modellen" ausgearbeitet, weil:¹

"Grundwassermodelle finden eine stetig wachsende Anwendung zur Klärung wasserrechtlicher Fragestellungen, zur Dimensionierung und Prognose von Eingriffen ins Grundwasser sowie zur Bestimmung der Stoffausbreitung im Untergrund. Dabei bestehen von Seiten der Auftraggeber, Behörden und der Öffentlichkeit hohe Erwartungen an die Aussagefähigkeit solcher Modelle. Bei der Klärung juristischer Fragestellungen werden Entscheidungsgrundlagen erwartet, die sich meist auf einen klar ausgewiesenen Entscheidungswert beziehen und weniger auf Aussagen mit gewissen Bandbreiten. Diesen Erwartungen steht eine komplexe Natur gegenüber, für die selbst mit hohem Erkundungsaufwand i. d. R. keine flächendeckende Informationsdichte für eine quantitative Beschreibung zur Verfügung steht. Erkundungstiefe, Repräsentativität der Messwerte und die Quantifizierbarkeit der Volumenströme bestimmen in einem hohen Maße die Genauigkeit von Modellaussagen. Zusätzlich bestimmt auch die Qualität der hydrogeologischen Grunddaten und der diesbezüglich vertretbare Erkundungsaufwand die Modellqualität.

... Ziel des Arbeitskreises ist es, die Zusammenhänge zwischen Datenlage und Prognose-Potenzial darzustellen und in Form eines Leitfadens für Auftraggeber, Behörden und Öffentlichkeit transparent zu machen. Hierfür sollen objektive an die jeweilige hydrogeologische Situation und Datenlage angepasste Gütekriterien für Grundwassermodelle entwickelt werden. Dreh- und Angelpunkt für quantitative Aussagen ist neben der Angemessenheit des Hydrogeologischen Modells die Modellkalibration, die den eindeutigen Zusammenhang zwischen den beobachtbaren (GW-Stände, Konzentrationen, Temperaturen) und den nicht direkt beobachtbaren Größen (Volumen-, Masse und Energieströme) herstellen muss. Diesbezügliche Qualitätsmerkmale zur Bewertung von Modellaussagen können nicht einfach durch absolute oder relative Vorgaben für akzeptable Abweichungen festgelegt werden, sondern müssen sich an der gegebenen räumlichen und zeitlichen Datengrundlage orientieren. Mitberücksichtigt werden sollte dabei auch die

¹ <https://www.fn-dggv.de/arbeitskreise/aktive-arbeitskreise/kalpro-gw-modelle>

Angemessenheit von Erkundungsmaßnahmen für die Aussagefähigkeit eines Modells unter wirtschaftlichen Aspekten. Ein an der hydrogeologischen Realität und der Datenlage orientierter Bewertungsansatz sollte also zu einer angemesseneren Entscheidungsfindung beitragen und könnte darüber hinaus als Grundlage für eine realitätsnähere Wertung von Modellergebnissen in wasserrechtlichen Verfahren dienen. "

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch das 2016 durch den DVGW veröffentlichte Arbeitsblatt W 107 (/17/). Darin wird unterschieden nach

1. **Prozessen:** Strömungs- und Transportmodelle
2. **Maßstab:** Großraum-/Regionalmodelle, mittelmaßstäbliche und Detailmodelle
3. **Wiedergabetreue:** Prinzip-, Planungs- und Bewirtschaftungsmodelle.
4. **Räumlicher und zeitlicher Dimension.**

Im vorliegenden Fall wird ein mittelmaßstäbliches 3-D-Strömungsmodell angestrebt, das den Anforderungen eines Planungsmodells gerecht wird.

Die Modellierung von Transportprozessen wäre im Rahmen der aktuellen Aufgabenstellung nicht sinnvoll, weil bereits die notwendige Erhebung der Eingangsdaten den Rahmen der Verhältnismäßigkeit sprengen würden. Für die relevanten Fragestellungen wird eine Rekonstruktion von Stromfäden / Bahnlinien in der gesättigten Zone als ausreichend erachtet, zumal damit zumindest für ideale Tracer / nichtreaktive gelöste Substanzen Aussagen zu Fließwegen, -zeiten und Verdünnungsfaktoren möglich sind.

Das Niveau des Planungsmodells reicht dabei aus, weil es im vorliegenden Fall nicht darum geht, "*kontinuierlich GwBewirtschaftungsprozesse zu begleiten*", wie dies insbesondere im Umfeld von Trinkwasser-Gewinnungsanlagen häufig erforderlich ist.

Notwendig ist dagegen ein dreidimensionaler Ansatz mit der Berücksichtigung mehrerer Schichten, vorzugsweise um die starken Permeabilitätskontraste zwischen den gering durchlässigen Tonen im oberen Teil der gesättigten Zone und dem eigentlichen GwLeiter abbilden zu können. Dabei wird ein zeitlich stationärer Ansatz als ausreichend erachtet.

Wie in Kapitel 9.3 "Dokumentation" zu /17/ ausgeführt, ist "*das zentrale Element der Qualitätssicherung die Dokumentation. Sie muss im Verhältnis zur Aufgabenstellung angemessen sein und eine Prüfung des Modells ermöglichen. Umfang und Detailtiefe der Dokumentation ist abhängig von der verwendeten Modellkategorie.*"

Dabei wird unterschieden zwischen dem hydrogeologischen und dem darauf aufbauenden numerischen Modell. Im Folgenden werden anhand der Gliederung im DVGW-Arbeitsblatt W 107 die relevanten Informationen für das im vorliegenden Bericht dokumentierte GwModell vorgestellt.

4.1 Hydrogeologisches Modell, Modellvorstellung

Für die Ausarbeitung und Kalibrierung des numerischen GwModells für die geplante Osterweiterung der Kies- und Sandgewinnung Raunheim wurde, basierend auf den vorliegenden Unterlagen /10/ und den Ergebnissen aus /11/, das in Tabelle 4-1 zusammengefasste Konzept umgesetzt.

Tabelle 4-1: Modellvorstellung und Konzept

Modellaspekt	konzeptioneller Ansatz	Umsetzung, Untersuchungsziele
Modellgebiet	➤ Orientierung an natürlichen Randbedingungen (RB).	➤ Naturnahe Ausrichtung der GwStrömungsberechnung
Randbedingungen (RB)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fluid-Transfer-RB entlang des Vorfluters (Main) und des ne'-Zustroms ➤ Plausible Randstromlinien und GwScheiden als No-Flow-RB 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sicherstellung einer integren GwBilanz ➤ GwZufluss über GwNeubildung durch Niederschlag und durch die Versickerung von Oberflächenwasser entlang der Fließgewässer möglich; GwNeubildung wirksam in der obersten aktiven Modellschicht.
Senken/Quellen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GwNeubildung aus Niederschlag gemäß HLNUG Referenzperiode 1971 – 2000 ➤ Brunnenentnahmen (Mönchhof-Brunnen) ➤ Waschwasserverlust 17,5 m³/h ➤ Verlust und Gewinn durch Festmaterialentnahme und -auffüllung In Summe Entnahme von 259,2 m³/d 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GwZufluss am se'- Rand ➤ Gewässer als Fluid-Transfer-RB jeweils innerhalb der Schichten, in der sie aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten verlaufen; Gewässerniveaus gemäß den Werten der Wehre und Staustufen.
Vertikaler Modelaufbau	➤ Modellaufbau als 3-Schicht-Modell mit zusätzlichen Zwischenschichten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Schicht 1: quartäre Sande und Kiese ➤ Schicht 2: quartäre Sande, Kiese und Tonschicht ➤ Schicht 3: tertiäre Sande und Kiese, Modellbasis
Kalibrierungsziele	➤ Stationäre Kalibrierung für den 04.06.2016 (GWM und regionaler GwGleichenplan HLNUG für Mittelwasserbedingungen)	➤ Nachbildung der GwStrömungsverhältnisse und der GwDynamik im Modellgebiet
Modellanwendungen	➤ Berechnung der Auswirkung der Quarzsand und Kiesgrubenerweiterung auf die GwSituation	➤ Berechnung der Änderung der GwSituation bei relevanten Entnahmen

4.1.1 Datengrundlage

Im Einzelnen sind als Datenbasis zu nennen:

- (1) **Geologische Karte(n) Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigen den generellen geologischen Aufbau des Untergrunds im Modellgebiet mit den relevanten (hydro-)geologischen Einheiten / GwLeitern, die im Modell zu berücksichtigen sind.
- (2) **Bohrprofile und Ausbauezeichnungen ausgewählter Bohrungen /13/.** Damit konnten Mächtigkeit und Lithologie der pleistozänen Lockersedimente im Bereich der

Abbauabschnitte beschrieben werden, dem im vorliegenden Zusammenhang die maßgebliche Bedeutung zukommt.

- (3) **GwStandsmessungen** an GWM im Aussage- und dem Modellgebiet sind wesentlicher Teil der Kalibrierung.
- (4) **GwGleichenkarten Hessisches Ried (HLNUG)**
- (5) **Pegelhöhen des Mains**
- (6) **Förderraten von Brunnen im Modellgebiet /3/**
- (7) **Daten zur langjährig mittleren Grundwasserneubildung aus Niederschlag (HLNUG) /14/**
- (8) **Fachliteratur /2/, /5/**
- (9) **Vorgutachten /4/, /8/**

Hinsichtlich der **Datenqualität und -quantität** ist folgendes zu beachten:

- bei Durchsicht der vom Betreiber und vom HLNUG ermittelten GwDaten wurden mehrmals größere Differenzen der Wasserstände bei zeitgleichen Messungen derselben GwMessstelle 507152 von uns festgestellt. Die Abweichungen betragen bis zu 50 cm. Aufgrund der höheren Anzahl von HLNUG-GwMessstellen innerhalb des Modellgebietes und der deutlich höheren Messfrequenz des HLNUG wurden hinsichtlich der Modellkalibrierung die HLNUG-Daten als plausibler eingestuft.
- Außerdem wurden hydrogeologisch nicht plausible Werte der Messstellen GWM 1, GWM 2 und an dem Lattenpegel des Waldsees festgestellt. Dies hat zur Folge, dass die vom Betreiber gemessenen GWM größere Abweichungen der gemessenen und berechneten GwStände aufzeigen.

4.1.2 Darstellung und Begründung des Bilanz- und Modellraumes (Modellgrenzen)

Anhand der hydrologisch-(hydro)geologischen Gliederung des Naturraums werden folgende hydraulische Grenzen des Modells angenommen:

Das Projektgebiet liegt westlich des Frankfurter Flughafens in unmittelbarer Nähe zum Main (Anlage 1.1). Die Modellabgrenzung erfolgte weiträumig um die geplante Erweiterungsfläche des Quarzsand und Kiesabbaugebietes, sodass ein ausreichend großer Abstand zum Aussagegebiet gewahrt wurde. Der maßgebliche Vorfluter ist der Main, der w' entlang des Projektgebietes verläuft. Der s' und n' Modellrand wurde anhand der natürlich verlaufenden Trennstromlinien gewählt. Der e' Modellrand verläuft parallel der GwGleichen und wurde als Zustromrand umgesetzt.

Aufgrund der Nähe des Projektgebietes zu den bestehenden GwFörderanlagen (Mönchhof-Brunnen), wurde das Modellgebiet in n' Richtung erweitert, um mögliche Wechselwirkungen zu erfassen. Hierbei wurden die vorhandenen Daten aus /11/ mit einbezogen.

Insgesamt hat das GwModell eine Fläche von 30,03 km² mit 147.950 Zellelementen pro Schicht. Im Hinblick auf die Aufgabenstellung wurde die räumliche Auflösung der Modellzellen variiert. Im

Kernbereich der geplanten Abbaufäche und im Bereich der Förderbrunnen wurde eine sehr geringe Zellweite gewählt, um eine hohe Aussagegenauigkeit zu gewährleisten.

4.1.3 Darstellung und Begründung der äußeren und inneren geometrischen Konturen von geologischen Strukturen und hydraulischen Einflussgrößen

Das Untersuchungsgebiet wird primär durch die quartären Sedimente der im Pleistozän abgelagerten Kiese der Mainterrassen geprägt. Eine Übersicht der Mächtigkeit der quartären Kiese und Sande nach /4/ ist in Anlage 1.5 dargestellt. Unterlagert werden diese durch die tertiären Sande, Kiese und Tone. Die Verbreitung der Tonlagen innerhalb des Modellgebietes beschränken sich vor allem auf den ufernahen Bereich und können mit einer Mächtigkeit von ca. 2 m angenommen werden.

Die für die Aufgabenstellung relevante Einheit sind die mächtigen quartären und tertiären Kiese und Sande. Für die Modellbasis wurde eine Höhe von 35 – 25 m ü. NN angenommen. Die Oberkante des Quartärs wurde anhand der vorliegenden Bohrprofile und aus der geologischen Übersichtskarte /1/ konstruiert. Die Geländeoberfläche wurde mit Hilfe eines digitalen Geländemodells (DGM) mit einer Gitterweite von 10 m implementiert.

Die vertikale Diskretisierung des GwModells bezieht sich auf die Umsetzung der für die Aufgabenstellung relevanten lithologischen Einheiten. Um eine hohe Aussagegenauigkeit und eine adäquate Umsetzung der Filterstrecken der Förderbrunnen zu ermöglichen, wurden die Schichten des GwModells, unbeeinflusst der realen Grenzflächen, mehrfach geteilt.

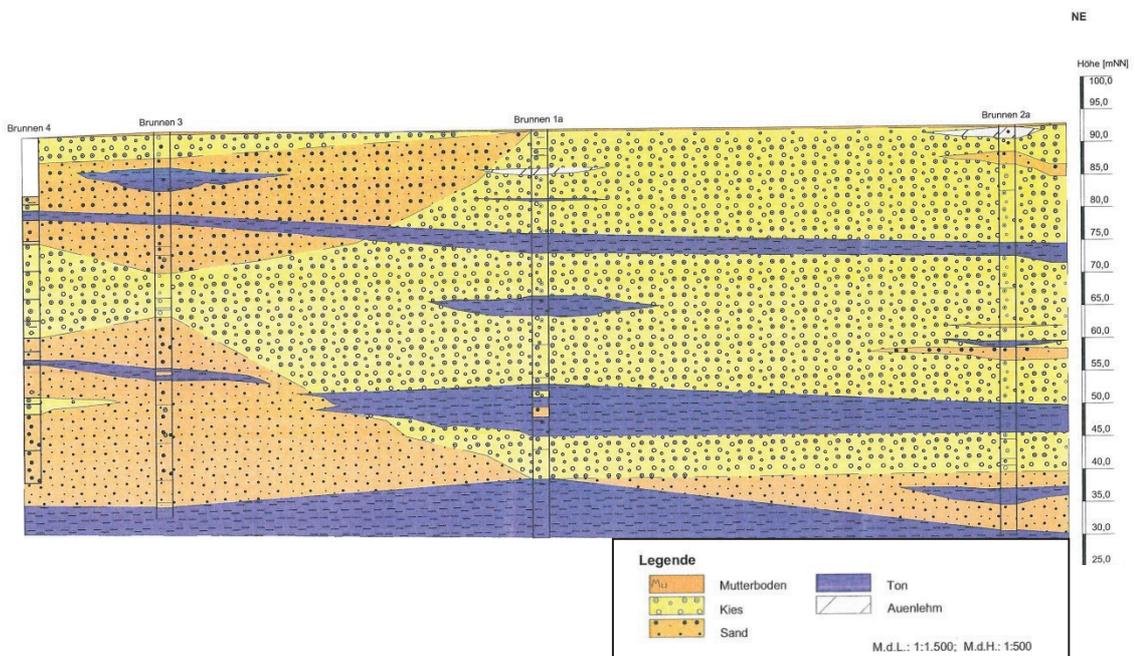


Abbildung 4-1: Hydrogeologisches Profil für den Bereich der Mönchhofbrunnen (schematisch, aus /3/)

Für die Berechnungen des GwModells wurde ein ungesättigter bzw. variabel gesättigter Ansatz basierend auf der Richards-Gleichung gewählt. Die Modellberechnungen wurden stationär durchgeführt.

4.1.4 Darstellung und Begründung von hydrostratigrafischen Einheiten (HGE)

Der Main stellt einen regional bedeutenden Vorfluter dar. Gemäß der Grundwasserhöhengleichkarte für den Oktober 2015 fließt das Grundwasser im Untersuchungsgebiet nach WNW. Ganz überwiegend herrschen effluente Verhältnisse vor. Nur im Bereich der Staustufe Eddersheim bestehen aufgrund der Aufstauung des Mains kleinräumig influente Verhältnisse (Infiltration in den quartären GwLeiter ne' der Staustufe .

Bei den relevanten HGE handelt es sich dabei von der Modellbasis bis zur Geländeoberfläche um folgende Einheiten:

- HGE 3: Tertiäre Kiese und Sande
- HGE 2: Tonlagen, Zwischenschichten und Tonlinsen
- HGE 1: Quartäre Kiese und Sande

4.1.5 Darstellung und Begründung der Modelldimension

Um die GwStrömung innerhalb des relevanten GwLeiters mit seiner wechselnden Transmissivität und den entsprechenden Förderanlagen abbilden zu können, ist eine dreidimensionale Abbildung des Modellraums erforderlich. Dazu bedarf es eines mehrschichtigen Aufbaus mit vertikaler Gliederung in die o. g. HGE. Insgesamt wurden 7 Modellschichten umgesetzt, um eine hohe vertikale Auflösung zu gewährleisten. Die horizontale Abgrenzung wurde anhand der natürlichen GwFließrichtung orientiert. Die notwendigen Abstände der Modellgrenzen zum Aussage-/Prognosegebiet sowie zu den umliegenden Einflussfaktoren wurden gewahrt.

4.1.6 Darstellung und Begründung der Auswahl der Randbedingungsansätze auf den Modellgrenzen

Die Randbedingungen des GwModells wurden anhand der hydrogeologischen Gegebenheiten gewählt. Der nördliche und südliche Modellrand wurde entsprechend der natürlich verlaufenden Trennstromlinie als No-Flow Randbedingung gewählt.

Der se' Modellrand wurde als Zustromrand mit einer definierten Höhe von 93,5 m ü. NN entlang der parallel verlaufenden GwGleichen definiert. Grundlage hierfür sind die regionalen GwGleichenpläne für mittlere GwStände nach /9/. Die modelltechnische Umsetzung erfolgte mittels Fluid-Transfer-RB.

Die GwDynamik im Modellgebiet wird maßgeblich vom Main beeinflusst. Entlang des relevanten Gewässerabschnitts wird der Main von den Staustufen Griesheim, Eddersheim und Kostheim reglementiert. Ausgehend von MW-Bedingungen wurden die entsprechenden Pegelhöhen zwischen den Schleusen interpoliert und mittels Fluid-Transfer-Bedingungen für jeden Knotenpunkt entlang des Mains im GwModell umgesetzt. Eine Übersicht der Pegelhöhen befindet sich in Tabelle 4-2.

4.1.7 Darstellung und Begründung der Festlegung des zeitlichen Regimes (stationär / instationär), der Anfangsbedingungen und zeitabhängigen Randbedingungen

Für die vorliegende Aufgabenstellung wurde ein stationärer Berechnungsansatz für die Kalibrierung gewählt. In diesem Sinne sind Ausgangszustand und Endzustand der GwEingriffe nachzubilden. Für die GwBerechnungen wurden MW- und NW-Bedingungen gewählt. Anfangsbedingung der numerischen Berechnungen ist GwHöhe = GOK.

Die GwNeubildung wird, ebenso wie die GwEntnahmen, als stationärer Einfluss umgesetzt.

4.1.8 Darstellung der Strömungs- bzw. Stoffdynamik

Für die aktuelle Aufgabenstellung von vorrangigem Interesse sind die Strömungsprozesse im obersten Teil der gesättigten Zone und die Darstellung der GwSituation im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche. Aus diesem Grund wurde eine entsprechend hohe Auflösung der Modelldiskretisierung in horizontaler und vertikaler Richtung umgesetzt.

Anhand der Rekonstruktion der GwStrömung unter Berücksichtigung der GwEntnahmen im Aussagebereich sind Schlussfolgerungen zur Aussagekraft von Messungen an relevanten Beobachtungspunkten im Umfeld der geplanten Erweiterungsfläche möglich, auch zu Fließzeiten und Bahnlinien.

Numerische Berechnungen zu Stofftransport- und Abbauprozessen sind im vorliegenden Zusammenhang nicht verhältnismäßig, zumal die dafür erforderliche Datenbasis umfangreiche Detailuntersuchungen erfordern würde.

4.1.9 Darstellung der Wasser- bzw. Stoffbilanzen

Die GwBilanz über den Gewässerflächen wurde im Hinblick auf das geforderte einfache GwModell mit Null angesetzt, die Niederschlagshöhe entspricht der Verdunstungsrate.

Tabelle 4-2: Pegelhöhen der relevanten Schleusen entlang des Mains

Schleusenbezeichnung	Pegelhöhe in m ü. NN bei Main MW
Unterwasser Schleuse Griesheim	88,15
Oberwasser Schleuse Eddersheim	87,68
Unterwasser Schleuse Eddersheim	84,44
Pegel Raunheim	84,32
Oberwasser Schleuse Kostheim	84,26

Der derzeitige Betrieb von Brunnen beschränkt sich innerhalb des Modellgebietes auf die von der Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG betriebenen Brunnen Ia, IIa und IV nördlich des Mönchhof-Dreiecks in unmittelbarer Nähe zum Main. Die im GwModell angesetzten Förderraten beziehen sich auf das Jahr 2016. Die jeweilige Umsetzung der Brunnenbauten im GwModell wurde entsprechend der vorliegenden Bohrprofile nach /4/ erstellt.

Tabelle 4-3: Brunnenentnahmen der Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG

Förderbrunnen	Förderrate [m³/a]
Br. Ia	2.026.000
Br. IIa	2.026.000
Br. IV	948.000

Die GwNeubildungsrate wurde in Anlehnung an die vom HLNUG zur Verfügung gestellten Grundwasserneubildungskarte implementiert. Eine Übersicht der im GwModell angesetzten GwNeubildung ist in Anlage 1.6 enthalten.

Für die Berechnungen des GwModell wurde ein ungesättigter bzw. variabel gesättigter Ansatz basierend auf der Richards-Gleichung gewählt. Die Modellberechnungen wurden stationär durchgeführt.

4.2 Dokumentation des numerischen Modells

4.2.1 Benennung der eingesetzten Modellierungssoftware

Für die Modellierung wurde das Programm FEFLOW Version 7.1 (Update 9 Dezember 2018) der DHI-Wasy GmbH, Berlin verwendet, das mit der Methode der finiten Elemente arbeitet.

4.2.2 Darstellung und Begründung der räumlich-zeitlichen Diskretisierung

Die Aufgabenstellung erfordert für das Aussagegebiet - mit dem Fokus auf den Bereich der geplanten Abbaufäche - eine horizontal und vertikal feinere Auflösung mit minimalen Zellgrößen von ca. 5 m x 5 m, während in den Randbereichen des Modells eine grobe Auflösung von einigen 10er

Metern ausreicht. Entlang der relevanten Vorfluter (erhöhtes GwPotentialgefälle) wurde ebenfalls eine deutlich geringere Zellgröße <5 m umgesetzt.

Vertikal wurde das numerische GwModell in insgesamt 7 Modellschichten aufgeteilt. Hierbei ermöglicht die hohe vertikale Diskretisierung die Sicherstellung der adäquaten Umsetzung der relevanten Schichtgrenzen.

4.2.3 Darstellung und Beschreibung der Überführung von der hydrogeologischen Modellvorstellung in das numerische Modell

Bezüglich der Aufgabenstellung ist eine feine Diskretisierung in horizontaler sowie in vertikaler Richtung im Aussagegebiet notwendig. Hierbei wird eine hohe Aussagegenauigkeit der 3D-GwStrömung erreicht.

Eine Darstellung der hydraulischen Randbedingungen, der Gitternetzdiskretisierung und der vertikalen Diskretisierung kann der Anlage 1.3 entnommen werden. Die Geländeoberfläche wurde auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (DGM10 und DGM5) erstellt.

4.2.4 Darstellung und Begründung der im Modell gewählten Randbedingungen

Eine Darstellung der gewählten Randbedingungen kann der Anlage 1.3 entnommen werden. Die Verwendung einer Fluid-Transfer-Randbedingung (3. Ordnung, Cauchy) für Vorfluter unterschiedlicher Ausprägung und Anbindung stellt das Mittel der Wahl dar. Dem hydrogeologischen Modellierungskonzept entsprechend Tabelle 4-1, sind folgende Punkte hervorzuheben:

- Sicherstellung einer integren GwBilanz.
- GwZufluss ist über GwNeubildung durch Niederschlag und durch die Versickerung von Oberflächenwasser entlang der Fließgewässer möglich; GwNeubildung ist in der obersten aktiven Modellschicht wirksam.
- GwEntnahme durch Förderbrunnen/Beregnungsbrunnen.
- Infiltration/Exfiltration durch unterschiedliche Rheinpegelstände und Grundwasserstände
- Gewässer als Fluid-Transfer-Randbedingung jeweils innerhalb der Schichten, in der sie aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten verlaufen.

4.2.5 Beschreibung der Anfangsbedingungen für die Modellierung

Die Berechnungen des numerischen GwModells wurden stationär durchgeführt. Für die stationäre Berechnung wurde die Anfangsbedingung des GwStandes (hydraulic head) gleich der GOK angenommen. Ausgehend von den Startbedingungen werden programmintern, basierend auf dem Gleichungsansatz SAMG – Algebraic Multigrid, innerhalb von 12

Berechnungsschritten die Strömungsgleichungen für jedes Zellelement und jeden Zeitschritt berechnet. Fällt der Wert unterhalb einer vorgegebenen Fehlertoleranz, gilt die Gleichung als gelöst.

4.2.6 Beschreibung / Darstellung der räumlichen Zuweisung von Modellparametern

Im Rahmen der Modellkalibrierung wurden unterschiedliche Durchlässigkeitsbeiwerte angesetzt. Diese bewegen sich in hydrogeologisch plausiblen Größenordnungen entsprechend ihrer hydrogeologischen Einheit. Die Darstellungen der Verteilung der angesetzten Durchlässigkeitsbeiwerte kann der Anlage 2.3 entnommen werden. Die Nutzporosität der Sande und Kiese wurde mit 25 bis 30 % eingegeben, während der Zwischenschicht / Tonlage eine Nutzporosität von 12 % zugewiesen wurde. Die GwNeubildung wurde auf Grundlage der Daten des HLNUG zur mittleren GwNeubildung für die Referenzperiode 1971 – 2000 angesetzt

4.2.7 Benennung der Kalibrierungsparameter und ihrer Wertebereiche

Die horizontale Durchlässigkeitsverteilung ist in Anlage 2.3 in Kartenform dokumentiert. Die Variation und Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte wurde anhand plausibler hydrogeologischer Größenordnungen vorgenommen. In Kombination mit den an /11/ angelehnten bzw. berücksichtigten k_r -Werten, konnte eine realitätsnahe Annahme der geohydraulischen Parameter vorgenommen werden.

Die horizontalen Durchlässigkeiten der quartären Kiese, Sand und Tone wurden im Modellgebiet zwischen $3 \cdot 10^{-2}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s angenommen. Insbesondere im n ' Teil des Modellgebietes wurden im Mittel höhere Durchlässigkeiten mit $9 \cdot 10^{-4}$ m/s angenommen. Im südlichen Modellbereich liegen die mittleren Durchlässigkeitsbeiwerte bei $9 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Die Tonschichten im w' Modellbereich wurden mit $9 \cdot 10^{-7}$ m/s angesetzt. Der Main und die umliegenden Seen sind als hochdurchlässige Zonen implementiert (0,25 m/s).

4.2.8 Allgemeine Beschreibung der Prognosesimulationen

Das ausgearbeitete numerische GwModell ist für die vorliegende Ausgabenstellung konzipiert. Die Prognoseberechnungen werden entsprechend der geplanten Erweiterung und dessen mögliche Auswirkung auf das GwRegime durchgeführt. Hierbei ist keine zeitliche Begrenzung, sondern vielmehr die Auswirkung eines zeitlich unbegrenzten Zustandes gefordert.

4.2.9 Qualitative oder quantitative Aussagen zur Sicherheit der Ergebnisse

Das Ergebnis der Modellanpassung ist in der Anlage 2 dokumentiert. Dabei wurden folgende Darstellungsformen gewählt:

- Vergleich der gemessenen und berechneten GwStände für den stationären Kalibrierungszustand (Anlage 2.1).
- Berechnete Wasserbilanz (Anlage 2.2).
- kf-Wert-Verteilung in Kartenform (Anlage 2.3).
- GwGleichenplan, stationärer Kalibrierungszustand (Anlage 2.4).

Bei dem vorliegenden GwModell kann von einer guten Anpassung der berechneten GwStände an die gemessenen GwStände gesprochen werden. Der mittlere Fehler liegt bei -0,06 m, die Standardabweichung bei 0,227 m. Der normalisierte RMS (Root-Mean-Square Error) beträgt 0,29 %. Eine Zusammenfassung der statistischen Ergebnisse ist in Anlage 2.1 dokumentiert. Zu dieser Fehlerbetrachtung wird folgende Erläuterung gegeben:

Bezeichnet man mit R_i die Abweichung von der berechneten zu gemessenen Piezometerhöhe der Messstelle GWM_i

$$R_i = H_i^{\text{Modell}} - H_i^{\text{Messung}} \quad i = 1, \dots, n$$

gibt es neben dem arithmetischen mittleren Modellfehler

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

noch den mittleren absoluten Modellfehler

$$|\bar{R}| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |R_i|$$

bzw. den mittleren quadrierten Modellfehler

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i^2}$$

Hierbei stellt RMS die englische Abkürzung – Root mean square, die Wurzel des mittleren quadrierten Fehlers dar.

Die numerische Wasserbilanz ist in der Anlage 2.2 dargestellt. Der rechnerische Fehler in der Wasserbilanz beträgt für das gesamte Modellgebiet ca. $8,3 \cdot 10^{-8}$ l/s, was zusammen mit den o. g. statistischen Werten ein sehr gutes Ergebnis darstellt.

Zusammenfassend kann von einer sehr guten Anpassung der berechneten GwStände an die gemessenen GwStände gesprochen werden. Die Abweichungen und der Modellfehler sind als gering einzuschätzen. Die großräumigen GwFließverhältnisse konnte anhand der zur Verfügung stehenden Daten für den Projektstandort im relevanten Bereich gut nachgebildet werden.

Die gemessenen GwStände für den Stichtag am 28.03.2016 konnten sehr gut nachgebildet werden. Die Anpassung der großräumigen GwFließverhältnisse für mittlere GwStände auf Basis der vom HLNUG erstellten GwGleichenkarte für den Oktober 2015 ist ebenfalls als gut einzustufen.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass bei Durchsicht der vom Betreiber und vom HLNUG ermittelten GwDaten mehrmals größere Differenzen der Wasserstände bei zeitgleichen Messungen der selben GwMessstelle 507152 aufgetreten sind. Die Abweichungen betragen bis zu 50 cm. Aufgrund der höheren Anzahl von HLNUG-GwMessstellen innerhalb des Modellgebietes und der deutlich höheren Messfrequenz des HLNUG wurden hinsichtlich der Modellkalibrierung die HLNUG-Daten als plausibler eingestuft.

Außerdem wurden hydrogeologisch nicht plausible Werte der Messstellen GWM 1, GWM 2 und an dem Lattenpegel des Waldsees festgestellt. Dies hat zur Folge, dass die vom Betreiber gemessenen GWM größere Abweichungen der gemessenen und berechneten GwStände aufzeigen.

Der Betreiber hat zugesichert, das Personal in Bezug auf die Messung der GW-Spiegelhöhen an den Messstellen erneut zu schulen, bzw. die eingesetzten Geräte auf Zuverlässigkeit zu überprüfen.

Unabhängig davon kann das vorliegende GwModell hinsichtlich der Fragestellung als prognosefähig eingestuft werden.

5. Anwendung des numerischen Grundwassermodells

5.1 Berechnungsansätze

Das numerische GwModell wurde hinsichtlich der Aufgabenstellung zur Berechnung der potentiellen Auswirkungen auf eine geplante Erweiterung in e' Richtung des Quarzsand- und Kiestagebaus erstellt. Hierbei wurden alle im Projektbereich relevanten Wirkungsfaktoren mit einbezogen.

Die Umsetzung der geplanten Erweiterungsfläche des Quarzsand- und Kiestagebaus wurde mittels hochdurchlässiger Bereiche in horizontaler und vertikaler Richtung umgesetzt. Eine Übersicht der berechneten Szenarien ist in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Übersicht der berechneten Szenarien

Szenario	Charakterisierung	Entnahmekonfiguration
Ausgangsszenario	Derzeitige Brunnen- und Entnahmekonfiguration IST-Zustand des Quarzsand- und kiestageabbaus	<ul style="list-style-type: none"> • Brunnen IV: 0,95 Mio. m³/a (≅ 108 m³/h) • Brunnen Ia: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Brunnen IIa: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Tagebausee: 17,5 m³/h
Szenario 1	Derzeitige Brunnen- und Entnahmekonfiguration Einbezug der geplanten Erweiterungsfläche des Quarzsand- und kiestageabbaus, <u>Mittelwasser-Bedingungen</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Brunnen IV: 0,95 Mio. m³/a (≅ 108 m³/h) • Brunnen Ia: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Brunnen IIa: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Tagebausee: 17,5 m³/h • Entnahme durch Volumenänderung Festmaterial: 259,2 m³/d
Szenario 2	Derzeitige Brunnen- und Entnahmekonfiguration Einbezug der geplanten Erweiterungsfläche des Quarzsand- und kiestageabbaus, <u>Niedrigwasser-Bedingungen</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Brunnen IV: 0,95 Mio. m³/a (≅ 108 m³/h) • Brunnen Ia: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Brunnen IIa: 2,03 Mio. m³/a (≅ 231 m³/h) • Tagebausee: 17,5 m³/h • Entnahme durch Volumenänderung Festmaterial: 259,2 m³/d

5.2 Ausgangsszenario: IST-Zustand

Das Ausgangsszenario beschreibt den IST-Zustand der GwSituation der derzeitigen Abbaufäche der Kies und Sandgewinnung und entspricht dem Kalibrierungszustand (Anlage 2.4). Die Brunnenentnahmen entsprechen den Fördermengen aus dem Jahre 2016 mit einer Gesamtentnahme von 5,0 Mio. m³/a, wobei die Brunnen Ia und IIa mit jeweils 2,03 Mio. m³/a und der Brunnen IV mit 0,95 Mio. m³/a betrieben werden. Die Berechnungen zeigen, dass das geförderte Grundwasser der drei Brunnen hauptsächlich aus Uferfiltrat des Mains besteht und die diesbezüglichen Einzugsgebiete e' der Brunnenstandorte liegen. Das bestehende Kies- und Sandabbaugebiet liegt außerhalb des Wirkungsbereiches der o. g. Brunnen. Die „Entnahme“ von im Mittel 17,5 m³/h im Tagebausee hat einen geringen Einfluss auf das GwRegime, der im GwStrömungsbild nicht in Erscheinung tritt.

Die Berechnungen wurden für Mittelwasser-Bedingungen durchgeführt, wobei als Stichtag der 28.03.2016 gewählt wurde. Entsprechend wurden die Pegeldata des Mains mit einbezogen (Messstelle Nr. 24900094 Eddersheim des WSA Aschaffenburg).

5.3 Szenario 1: Mittelwasser-Bedingungen

Mit dem Szenario 1 werden die Auswirkungen der geplanten Osterweiterung der Kies- und Sandgewinnung Raunheim auf die GwSituation bei Mittelwasser-Bedingungen untersucht. Hierbei erfolgte die modelltechnische Umsetzung der ausgewiesenen Erweiterungsfläche OST 1 nach /10/, mittels hochdurchlässiger Zonen.

Die Berechnungen zeigen, entsprechend der Erwartungen (vgl. Abbildung 5-1), dass die geplante Erweiterungsfläche zu einer Absenkung des GwSpiegels auf der e' Seite und einer GwAufhöhung auf der w' Seite des gesamten Abbaugbietes führt (Anlage 3.1). Die GwAbsenkungs- bzw. – Aufhöhungsbeträge durch die Einebnung des Seewasserspiegels sind dabei abhängig von dem im Ausgangsszenario berechneten GwGefälle.

Auf der e' Seite sind maximale Absenkungsbeträge von 0,62 m zu erwarten. Im Bereich des Waldsees wird hingegen eine GwAufhöhung von 0,60 m berechnet. Die „Entnahme“ von im Mittel 17,5 m³/h im Tagebausee hat einen so geringen Einfluss auf das GwRegime, dass dies im GwStrömungsbild nicht in Erscheinung tritt.

Die Berechnungen ergaben, dass die Mönchhof-Brunnen außerhalb des Einflussbereiches der geplanten Osterweiterung liegen. Dies zeigen die exemplarisch dargestellten Bahnlinien / Stromfäden, die den berechneten Fließweg aus den Restseen zum Main darstellen.

Ein Differenzenplan der GwSpiegelhöhen im Vergleich zum Ausgangszustand kann der Anlage 3.1 entnommen werden.

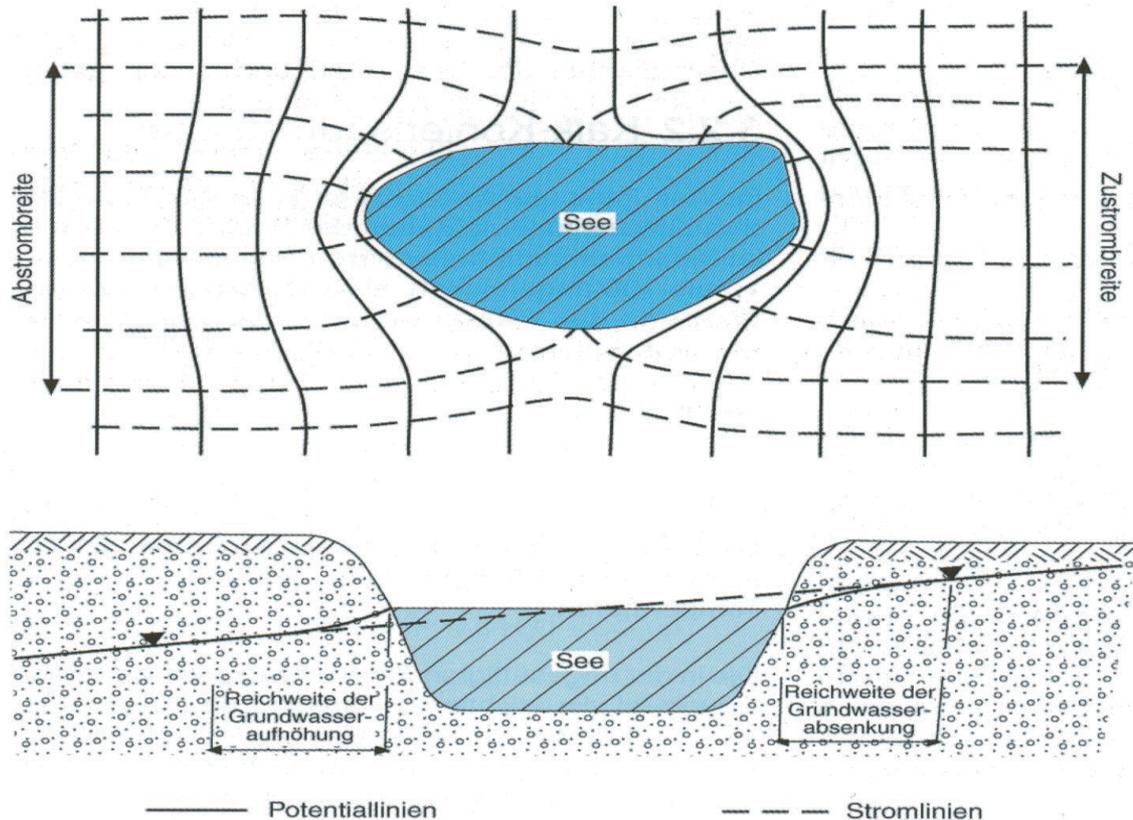


Abbildung 5-1: Hydraulische Verhältnisse im Umfeld eines Baggersees (aus /2/)

5.4 Szenario 2: Niedrigwasser-Bedingungen

In Szenario 2 werden analog zu Szenario 1 die Auswirkungen des Eingriffes durch eine erweiterte Abbaufäche untersucht. Die Berechnungen erfolgten jedoch unter der Annahme von niedrigen GwStänden und Niedrigwasser-Verhältnissen des Mains. Die Randbedingungen des GwModells wurden hierbei entsprechend der GwMessungen und Pegeldaten des Mains angepasst. Die Anpassung der Niedrigwasserstände bezieht sich hierbei auf den dominierenden Vorfluter Main.

Die Berechnungen ergaben analog zu Szenario 1 eine GwAbsenkung und –Aufhöhung durch die Einebnung des Seespiegels der Erweiterungsfläche. Die Absenkungs- und Aufhöhungsbeträge wurden mit max. 0,60 bzw. 0,50 m berechnet und sind damit im Vergleich zu Szenario 1 etwas geringer. Die „Entnahme“ von im Mittel 17,5 m³/h im Tageausee hat einen so geringen Einfluss auf das GwRegime, dass dies im GwStrömungsbild nicht in Erscheinung tritt.

Die Berechnungen ergaben, dass die Mönchhofbrunnen außerhalb des Einflussbereiches der geplanten Osterweiterung liegen.

Ein Differenzenplan der GwSpiegelhöhen im Vergleich zum Ausgangszustand kann der Anlage 3.2 entnommen werden.

6. Zusammenfassende Bewertung

Für die zukünftige Nassauskiesung der Sand- und Kiesgewinnung Blasberg GmbH & Co. KG an dem Projektstandort Raunheim wurde ein numerisches GwStrömungsmodell erstellt, mit dem alle relevanten Fragestellungen zur geplanten Erweiterung OST 1 der Ausbauflächen beantwortet werden können.

Das vorliegende GwModell ist stationär kalibriert und bildet sowohl großräumig, als auch kleinräumig, ausreichend genau die GwFließverhältnisse bzw. GwStände ab. Der Modellfehler ist als gering einzustufen. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte stehen im Einklang mit den für das Modellgebiet plausiblen hydrogeologischen Größen.

Das **Ausgangsszenario** beschreibt den IST-Zustand der GwSituation der derzeitigen Abbaufläche der Kies und Sandgewinnung und entspricht dem Kalibrierungszustand. Die Pumpraten der Mönchhof-Brunnen entsprechen den Fördermengen aus dem Jahre 2016 mit einer Gesamtentnahme von 5,0 Mio. m³/a, wobei die Brunnen Ia und IIa mit jeweils 2,02 Mio. m³/a und der Brunnen IV mit 0,95 Mio. m³/a betrieben werden. Die Berechnungen zeigen, dass das geförderte Grundwasser der drei Brunnen hauptsächlich aus Uferfiltrat des Mains besteht und die diesbezüglichen Einzugsgebiete e' der Brunnenstandorte liegen. Das bestehende Kies- und Sandabbaugebiet liegt außerhalb des Wirkungsbereiches der Mönchhof-Brunnen.

Mit dem **Szenario 1** werden die Auswirkungen der geplanten Osterweiterung der Kies- und Sandgewinnung Raunheim auf die GwSituation bei Mittelwasser-Bedingungen untersucht. Die Berechnungen zeigen, dass die geplante Erweiterungsfläche zu einer Absenkung des GwSpiegels auf e' Seite und einer GwAufhöhung auf der w' Seite des gesamten Abbaubereiches führt. Auf der e' Seite sind maximale Absenkungsbeträge von 0,62 m zu erwarten. Im Bereich des Waldsees wird hingegen eine GwAufhöhung von 0,6 m berechnet. Die Berechnungen ergeben, dass die Mönchhof-Brunnen außerhalb des Einflussbereiches der geplanten Osterweiterung liegen.

Mit dem **Szenario 2** werden die Auswirkungen der geplanten Osterweiterung der Kies- und Sandgewinnung Raunheim auf die GwSituation bei Niedrigwasser-Bedingungen untersucht. Die Berechnungen ergeben analog zu Szenario 1 eine GwAbsenkung und -Aufhöhung durch die Einebnung des Seespiegels der Erweiterungsfläche. Die Absenkungs- und Aufhöhungsbeträge wurden mit max. 0,60 berechnet und sind damit im Vergleich zu Szenario 1 minimal geringer. Die Berechnungen ergeben, dass auch bei diesem Szenario die Mönchhofbrunnen außerhalb des Einflussbereiches der geplanten Osterweiterung liegen.

Insgesamt ergeben die durchgeführten GwModellrechnungen, dass sich das Einzugsgebiet der Mönchhof-Brunnen nicht auf die Erweiterungsfläche erstreckt.

Büro HG GmbH

Gießen, den 03.09.2021

**Dr. Thomas Hanauer**

Dipl.-Geol. Dr. Christoph Möbus

**Dipl.-Geol. Joachim Weil**

Von der IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger

- für Schadstoffe in Böden und Gewässern
- für Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen
- nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie Sanierung (Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2 und 5)

gez.

Dipl.-Ing. Jan Bockholt