



**ISP Industrie-Sankwerke
Pfalz GmbH & Co. KG**

ERWEITERUNG DER NASSAUSKIESUNG HEILIGENSAND

Grundwasserhydraulisches Fachgutachten



BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Niederlassung Speyer
Diakonissenstraße 29 · 67346 Speyer
Telefon 06232 699160-0 · Telefax 06232 699160-20

August 2019
lj/201737543

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht	Seite
1 Veranlassung und Auftrag	1
2 Grundlagen	1
2.1 Geplante Maßnahme	1
2.2 Abgrenzung Untersuchungsgebiet und Flächennutzung	1
2.3 Geologie/Hydrogeologie	2
2.4 Hydrologie	2
2.4.1 Fließgewässer	2
2.4.2 Stillgewässer	4
2.4.3 Niederschlag	4
2.5 Grundwassernutzung	5
2.5.1 Landwirtschaft	5
2.5.2 Sonstige Entnahmen innerhalb des Untersuchungsgebietes	5
2.6 Grundwasserstände	6
2.6.1 Grundwassermessstellen	6
2.6.2 Zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im OGWL	6
2.6.3 Grundwasserströmung im OGWL	7
3 Allgemeine Wechselwirkungen durch Anlegung eines Baggersees	7
4 Grundwasserströmungsberechnungen	9
4.1 Modellsystem	9
4.2 Modellanpassung	9
4.2.1 Stationäre Modellanpassung: Vergleichszeitraum 2008	9
4.2.2 Instationäre Modellanpassung: Hochwasser 1999	11
4.3 Modellgestützte Berechnungen	12
4.3.1 Stationäre Rechenfälle	12
4.3.2 Instationäre Rechenfälle	13
4.4 Ergebnisse	16
5 Zusammenfassung	17

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Langzeitentwicklung der Rheinwasserstände	10
Abbildung 2: Langzeitentwicklung der Grundwasserstände	11
Abbildung 3: Vergleich gemessener und berechneter Grundwassertiefstände an ausgewählten Grundwasser-Messstellen	15

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Hauptzahlen der Rheinwasserstände	3
Tabelle 2: Jahresniederschlagssummen (Kalenderjahre) Frankenthal [mm]	5

Anlagen

1	Übersichtslageplan
2	Oberflächengewässer
2.1	Entwicklung der Rheinwasserstände, Zeitraum 1950/1980 (Pegel Worms)
2.2	Entwicklung der Rheinwasserstände, Zeitraum 1980/2015 (Pegel Worms)
3	Grundwasserstände
3.1	Zusammenstellung maßgebender Kenndaten der Grundwassermessstellen im OGWL
3.2	Entwicklung der Grundwasserstände an den Messstellen 1367, 1398 und 1HP23
4	Modellaufbau
4.1	Diskretisierung des Modellnetzes
4.2	Verteilung der Grundwasserneubildung
5	Modellanpassung
5.1	Vergleich berechnete und gemessene Grundwasserstände der stationären Kalibrierung (Eichzustand 2008)
5.2	Vergleich berechnete und gemessene Grundwasserstände der instationären Kalibrierung 1999
5.3	Verteilung der hydraulische Leitfähigkeit im OGWL (Kalibrierungsergebnis)
6	Berechnete Grundwasserstände
6.1	Grundwassergleichen mittlere hydrologische Verhältnisse (stationäre Berechnung)
6.2	Grundwassergleichen 3-jährige Trockenperiode (instationäre Berechnung)
6.3	Grundwassergleichen 2-jährige Nassperiode (instationäre Berechnung)
6.4	Grundwasserstandsdifferenzen mittlere hydrologische Verhältnisse
6.5	Grundwasserstandsdifferenzen 3-jährige Trockenperiode
6.6	Grundwasserstandsdifferenzen 2-jährige Nassperiode

Verwendete Unterlagen

- [1] Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz:
Verordnung über das Naturschutzgebiet "Hinterer Roxheimer Altrhein" vom 28.12.1965
Amtsblatt der Bezirksregierung der Pfalz, Nr. 2, 1966
- [2] Ingenieurbüro Dr.-Ing. G. Björnsen:
Grundwasserhydraulische Untersuchungen zur Uferfiltratgewinnung im Raum nördlich der Petersau
Koblenz, November 1978
(Auftraggeber: Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der nördl. Vorderpfalz)
- [3] Ingenieurbüro Dr.-Ing. G. Björnsen:
Uferfiltratgewinnung im Raum nördlich der Petersau, Pumpversuch aus den Versuchsbrunnen I, III und V
Koblenz, März 1981
(Auftraggeber: Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der nördl. Vorderpfalz)
- [4] Gesellschaft für Kläranlagen und Wasserversorgung Mannheim mbH:
Sanierung der Gewässer bei Bobenheim-Roxheim - baureifer Entwurf
Mannheim, August 1981
(Auftraggeber: Kreisverwaltung Ludwigshafen am Rhein)
- [5] Dr.-Ing. G. Björnsen, Beratende Ingenieurgesellschaft mbH:
Untersuchung der Grundwasserverhältnisse im Bereich Ludwigshafen-Nord/Frankenthal
- Mathematisches Grundwassermodell
Koblenz, Dezember 1983
(Auftraggeber: BASF AG, Stadtwerke Frankenthal und Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der nördl. Vorderpfalz)
- [6] Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz:
Rechtsverordnung über das Naturschutzgebiet "Vorderer Roxheimer Altrhein - Krumbeeräcker" vom 19.02.1988
Staatsanzeiger für Rheinland Pfalz, Nr. 10, 1988
- [7] Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz:
Rechtsverordnung über das Landschaftsschutzgebiet "Pfälzische Rheinauen" vom 17.11.1989
Staatsanzeiger für Rheinland-Pfalz, Nr. 47, 1989
- [8] Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz:
Rechtsverordnung über das Naturschutzgebiet "Sporen" vom 16.12.1996
Staatsanzeiger für Rheinland-Pfalz, Nr. 3, 1997
- [9] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH:
Hydrologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Rhein-Neckar-Raum
- Mathematisches Grundwassermodell
Koblenz, März 1999
(Auftraggeber: Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen)

- [10] Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg
Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten
Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland-Pfalz:
Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum
Fortschreibung 1983-1998
Stuttgart-Wiesbaden-Mainz, 1999
- [11] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH (TGU):
Grundwasserströmungsmodell Frankenthal-Nord - Fortschreibung
Koblenz, März 2002
(Auftraggeber: Stadtwerke Frankenthal GmbH)
- [12] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH (TGU):
Wasserbereitstellung im Bereich nördlich der Autobahn A6
Koblenz, Oktober 2000
(Auftraggeber: Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz)
- [13] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH (TGU):
Fortschreibung des Grundwasserströmungsmodells für die Werksbereiche Ludwigshafen/Mannheim
Koblenz, Mai 2001
(Auftraggeber: BASF AG)
- [14] hydrag:
Hochwasserrückhaltung Worms-Mittlerer Busch
Grundwasserhydraulische Bemessung von Anpassungsmaßnahmen
Karlsruhe, Oktober 2003
(Auftraggeber: SGD-Süd, Neubaugruppe Hochwasserschutz Oberrhein)
- [15] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Mengen- und Nährstoffbilanz Vorderer Roxheimer Altrhein
Koblenz, Dezember 2006
(Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz)
- [16] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Nordspange, Einfluss des bisherigen Betriebs auf die Grundwasserverhältnisse im Stadtgebiet Frankenthal
Speyer, Juni 2015
(Auftraggeber: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd)
- [17] Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
Hochwasserschutz am rheinland-pfälzischen Oberrhein. Deichrückverlegung Worms-Mittlerer Busch
Neustadt a. d. Weinstraße, Juni 2007
- [18] Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
Hochwasserschutz am rheinland-pfälzischen Oberrhein. Deichrückverlegung Worms „Bürgerweide
Neustadt a. d. Weinstraße, August 2007

- [19] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Wasserwirtschaftliches Gesamtkonzept für das Einzugsgebiet von Isenach und Eckbach, Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes
Koblenz, Januar 2005
(Auftraggeber: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Regionalstelle WAB)
- [20] Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz
Landschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz
https://geodaten.naturschutz.rlp.de/kartendienste_naturschutz/index.php
zuletzt aufgerufen: 08.10.2018
- [21] Gebrüder Willersinn GmbH & Co. KG
Kies- und Sandgewinnung im Gewann Bonnau, Bobenheim-Roxheim
Speyer, August 2018

Messdaten, diverse öffentliche und private Institutionen:

- Grundwasserstände: Landesamt für Wasserwirtschaft, Rheinland-Pfalz; BASF AG; Stadtwerke Frankenthal GmbH, BCE GmbH, Technische Werke Ludwigshafen am Rhein AG
- Niederschlag: Deutscher Wetterdienst
- Oberflächengewässer: Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, SGD-Süd, Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz; Gewässerzweckverband Isenach-Eckbach; BCE GmbH
- Wasserstände Hochwasser 1999: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Bohrprofile: ISP Industrie-Sandwerke Pfalz GmbH & Co. KG., Gemeinde Bobenheim-Roxheim

1 Veranlassung und Auftrag

Die Auswirkungen der geplanten Erweiterung der Auskiesung „Heiligensand“ mit einer späteren Wasserfläche von rd. 13 ha auf die Grundwasserstände sollen durch ein grundwasserhydraulisches Gutachten geklärt werden. Das Gutachten soll insbesondere aufzeigen, welche Veränderungen der Grundwasserstände durch die Auskiesung auftreten.

Die ISP Industrie-Sandwerke Pfalz GmbH & Co. KG hat die Björnsen Beratende Ingenieure GmbH mit den entsprechenden Untersuchungen beauftragt. Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse der Untersuchung zusammen.

2 Grundlagen

2.1 Geplante Maßnahme

Die ISP Industrie-Sandwerke Pfalz GmbH & Co. KG plant die Erweiterung der Nassauskiesung „Heiligensand“. Die geplante Erweiterungsfläche von 9,6 ha (davon ca. 7,6 ha Wasserfläche) schließt nördlich unmittelbar an das bereits genehmigte Abbaufeld (6,3 ha, davon ca. 5,5 ha Wasserfläche) an (siehe Anlage 1). Der entstehende Baggersee wird sich durch das geplante Vorhaben auf bis zu rd. 15 ha vergrößern.

Die Sohle des Sees ist bei 13 m u. GOK geplant. Damit wird der künftige Baggersee bei mittleren hydrologischen Verhältnissen eine Wassertiefe von rd. 11 m aufweisen.

2.2 Abgrenzung Untersuchungsgebiet und Flächennutzung

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich linksrheinisch in der Rheinniederung zwischen der K1 im Süden, dem Eckbach im Norden sowie der L523 im Westen (Anlage 1). Nahezu der gesamte Bereich der Rheinniederung nördlich der A6 ist Landschaftsschutzgebiet [7]. Unmittelbar nördlich und südlich des Heiligensands befinden sich Natura2000 Schutzgebiete [20].

Die Auskiesung „Heiligensand“ liegt rd. 1,5 km westlich des Rheinhauptdeichs auf Gemarkung Bobenheim-Roxheim. Der Abbau in der bereits 1999 genehmigten Auskiesung Heiligensand wurde 2017 wiederaufgenommen. Das Gelände der Erweiterungsfläche wird ausschließlich landwirtschaftlich genutzt.

Die Wohnbebauung Bobenheim-Roxheim im Westen ist bereits rd. 1 km vom Heiligensand entfernt. Die Siedlung „Am Binnendamm“ befindet sich rd. 500 m westlich, der Nonnenhof rd. 700 m nordwestlich und der Flugplatz Worms rd. 2 km nördlich des Heiligensands.

Südlich des Heiligensands erstrecken sich vier größere Wasserflächen. Neben dem Vorderen- und dem Hinteren Roxheimer Altrhein ist der durch Nassabbau von Sand und Kies entstandene Silbersee mit seiner östlichen Erweiterungsfläche im Bereich „Große Ochsenlache“ zu nennen. Letztere ist seit 2001 mittels eines Dammes vom Silbersee abgetrennt. Auf dieser östlichen Erweiterungsfläche fand durch die Gebr. Willersinn GmbH & Co. KG bis 2016 der Nassabbau statt.

Unmittelbar nördlich an die Erweiterungsfläche grenzt der „Bobenheimer Altrhein“ und das gleichnamige Naturschutzgebiet.

Westlich und östlich des „Heiligensands“ befinden sich weitere kleinere Seeflächen. Östlich des „Heiligensands“ zwischen Rhein und Rheinhauptdeich ist durch die Gebrüder Willersinn GmbH & Co. KG die Auskiesung „Bonnau“ geplant [21]. Die Genehmigung der zuständigen Behörde steht noch aus. Die Lage ist in Anlage 1 dargestellt.

2.3 Geologie/Hydrogeologie

Vorbemerkung

Maßgebend für die vorliegende Untersuchung ist der oberflächennahe Untergrundaufbau und damit der Obere Grundwasserleiter. Zum Verständnis der Gegebenheiten im Oberrheingraben wird kurz auf die Grundwasserleiter und Zwischenhorizonte im Großraum Ludwigshafen/Frankenthal eingegangen. Gemäß der Hydrogeologischen Kartierung (HGK) Rhein-Nekar-Raum [10] gliedern sich diese von oben nach unten:

- Oberer Grundwasserleiter (**OGWL**)
- Oberer Zwischenhorizont (**OZH**)
- Mittlerer Grundwasserleiter (**MGWL**)
- Unterer Zwischenhorizont (**UZH**)
- Unterer Grundwasserleiter (**UGWL**)

Im Weiteren werden zur Beschreibung nur noch die Kurzbegriffe verwendet. Der MGWL ist beispielsweise ab etwa 40 m und der UGWL etwa im Größenbereich ab 100 m unter Gelände anzutreffen.

2.4 Hydrologie

2.4.1 Fließgewässer

Rhein

Hauptgewässer und Haupteinflussfaktor auf die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet ist der Rhein. Dessen Wasserführung und damit dessen Wasserstände weisen eine sehr große Schwankungsbreite auf. In Tabelle 1 sind Hauptzahlen der Wasserstände von den Pegeln Mannheim (Rhein-km: 424,9) und Worms (Rhein-km: 443,4) zusammengestellt. Eine Beson-

derheit auf dieser Rheinstrecke ist, dass an der baden-württembergischen/hessischen Landesgrenze rd. 0,7 km in der Rheinkilometrierung fehlen, d.h. der tatsächliche Abstand der beiden Rheinpegel beträgt nur rd. 17,8 km.

Tabelle 1: Hauptzahlen der Rheinwasserstände

	Mannheim		Worms			
	2000/2010		2000/2010		1931/1995	
	cm	mNN	cm	mNN	cm	mNN
NW	92	86,08	16	84,32	41	84,57
MNW	146	86,62	64	84,80	72	84,88
MW	302	88,18	210	86,26	220	86,36
MHW	675	91,91	534	89,50	596	90,12
HW*	824	93,37	986	91,02		

* Hochwasser am 23.02.1999

* Bemessungshochwasser Rhein

Das mittlere Rheinwasserstandsgefälle liegt bei rd. 0,11 ‰. Für das Untersuchungsgebiet sind zu den Zahlenangaben des Pegel Worms in Tabelle 1 für Mittelwasser (MW) etwa 0,6 m für den Rhein in Höhe Mündung Altrheingraben (Rhein-km: 438,3) und etwa 1,0 m für den Rhein in Höhe der K1 (Rhein-km: 434,5) zu addieren. Bei Hochwasser (HW) ist infolge eines steileren Gefälles zu den Zahlenangaben in Tabelle 1 etwa 0,7 m für den Rhein in Höhe Mündung Altrheingraben und etwa 1,2 m für den Rhein in Höhe der K1 zu addieren.

Die Schwankungsbreite der Rheinwasserstände wird aus Anlagenreihe 2 ersichtlich (Zeitraum 1950/2017).

Mörschbach (Isenach)/ Altrheinkanal

Der Gewässerzug Mörschbach (Isenach)/Altrheinkanal führt u.a. das im Einzugsgebiet der Isenach (Bereich Bad Dürkheim) und des Floßbaches (u.a. südliche Frankenthaler Terrasse) anfallende Wasser zum Rhein ab. Bei Rheinhochwasser stellt das 1962 umgebaute Schöpfwerk (eingegliedert in den Rheinhauptdeich) die Vorflut sicher. Bei einem Rheinwasserstand von rd. 87,74 m+NN am Schöpfwerk wird der Freiauslauf geschlossen und der Pumpbetrieb (Leistung bis zu 10 m³/s (seit 1986)) aufgenommen. Der Altrheinkanal weist eine Sohlbreite von rd. 15 m, der Mörschbach (Isenach) eine Sohlbreite von rd. 4 bis 6 m auf. Zwischen Silbersee und Vorderem Roxheimer Altrhein durchfloss früher der Mörschbach (Isenach) den Ständerweiher, der 1987 bis auf den heutigen Grabenverlauf verfüllt wurde [4]. Ab einem Wasserstand im Mörschbach (Isenach) von 87,74 mNN findet über eine Entlastungsschwelle ein Abschlag von Isenachwasser in den Vorderen Roxheimer Altrhein statt. Seit 2010 wird eine Teilmenge von bis zu 2 m³/s unmittelbar nördlich der A6 über die sogenannte Nordspange in den Rhein abgeschlagen.

Eckbach

Der aus dem Bereich Grünstadt kommende Eckbach gelangt bei Rhein-km 440,2 in den Rhein. Ab einem Rheinwasserstand von rd. 89,3 mNN an der Mündung wird die dortige SchlieÙe geschlossen und es findet neben einer Polderung eine Überleitung des Eckbachwassers über den Graben E1 zum Roxheimer Kandel statt.

Graben E1

Der Entlastungsgraben E1 verläuft in südliche Richtung vom Eckbach in den Roxheimer Altrhein. Bei Rheinhochwasser wird der Eckbach über den Graben E1 zum Isenachsystem umgeleitet.

2.4.2 Stillgewässer

Silbersee und östliche Erweiterung

Die mit Abstand größte Wasserfläche in der Rheinniederung bildet der Silbersee. Der durch Nassabbau von Kies und Sand in den letzten Jahrzehnten entstandene See weist eine Fläche von rd. 120 ha (1,2 km²) und eine maximale Tiefe von rd. 13 m auf. Der 2001 durch einen Damm abgetrennte, östlich vom Silbersee gelegene Bereich wurde bis Ende 2016 ausgeküst. Es entstand dort bis etwa an die B9 ein insgesamt etwa 30 ha großer See, im Weiteren als „Ochsenlache“ bezeichnet.

Vorderer- und Hinterer Roxheimer Altrhein

Der Vordere- und der Hintere Roxheimer Altrhein stehen über einen Düker (unter dem Mörschbach) in Verbindung. Der Hintere Roxheimer Altrhein ist weitgehend naturbelassen (Naturschutzgebiet [1]), der Vordere Roxheimer Altrhein ist Mitte der achtziger Jahre zur Verbesserung der Wasserqualität vertieft worden und weist eine maximale Tiefe von rd. 13 m auf. Der nördliche Teil ist ebenfalls Teil eines Naturschutzgebietes [6].

Bobenheimer Altrhein

Der Bobenheimer Altrhein ist ein verlandeter Altrheinarm.

2.4.3 Niederschlag

Mit mittleren Jahresniederschlagshöhen zwischen rd. 530 mm im Westen und rd. 600 mm im Osten [10] gehört das Untersuchungsgebiet zu den trockenen Gegenden Deutschlands. Für die Station Frankenthal des Deutschen Wetterdienstes (Gelände der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt) sind in Tabelle 2 Jahresniederschlagssummen (Kalenderjahre) zusammengestellt. Messdaten liegen bis Ende 1999 vor. Seit 1991 existieren Niederschlagsdaten von der Station Kleinniedesheim westlich von Bobenheim-Roxheim. Im Zeitraum 1991/2015 wurde an der Station eine mittlere Niederschlagssumme von rd. 536 mm gemessen.

Entsprechend dem geringen mittleren Jahresniederschlag ist auch die Grundwasserneubildung gering. Die mittlere Grundwasserneubildung liegt in weiten Bereichen im Größenbereich von rd. 2 bis 5 l/s · km² [10]. Auf den Wasserflächen (meist aufgedecktes Grundwasser) und im Bereich kleiner Flurabstände überwiegt sogar die Verdunstung den Niederschlag, so dass dort eine Grundwasserzehrung zu verzeichnen ist.

Tabelle 2: Jahresniederschlagssummen (Kalenderjahre) Frankenthal [mm]

Mittel	1931/60	522
Mittel	1961/90	530
Mittel	1990/1999	494
Trockenjahr	1971	300
"	1991	329
Nassjahr	1981	712
"	1987	719

2.5 Grundwassernutzung

2.5.1 Landwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet findet zur Ertragssteigerung der Kulturen bei Bedarf eine Beregnung statt. Das Beregnungswasser wird in der Regel aus dem Grundwasser entnommen. Die Brunnen dürften wegen der großen Mächtigkeit und des ausreichenden Wasserdargebotes infolge der Rheinnähe ausschließlich den OGWL erfassen.

Die Förderung der landwirtschaftlichen Brunnen hängt von der klimatischen Entwicklung ab und liegt in Trockenjahren erheblich höher als in Nassjahren. Die Höhe der Förderung ist nicht erfasst. Anhand der Bedarfszahlen der bisher vom Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz erschlossenen Flächen südlich der A6 sowie der örtlichen Gegebenheiten [12] wird die Fördermenge im Untersuchungsgebiet zu rd. 0,6 Mio. m³/a abgeschätzt.

2.5.2 Sonstige Entnahmen innerhalb des Untersuchungsgebietes

Grundwasser aus dem OGWL entnehmen im Untersuchungsgebiet die Fa. Internsack an zwei Flachbrunnen (FB1 und FB2) im Bereich Petersau, sowie die Fa. FRoSTA AG an zwei Flachbrunnen im Industriegebiet Roxheim im OGWL. Die Fördermengen lagen in den letzten Jahren jeweils in der Größenordnung von rd. 0,15 bis 0,40 Mio. m³/a.

Südlich des „Heiligensands“ ist die Grundwassersituation durch die Brauch- und Trinkwasserentnahme (vorwiegend Tiefbrunnen im MGWL und UGWL) im Bereich der Städte Frankenthal, Ludwigshafen und Mannheim geprägt.

2.6 Grundwasserstände

2.6.1 Grundwassermessstellen

Im Untersuchungsgebiet besteht ein dichtes Messnetz zur Messung der Grundwasserstände. Der überwiegende Teil der Messstellen erfasst den OGWL und ist zumeist erst in den achtziger Jahren entstanden. In Anlage 1 ist die Lage der im vorliegenden Bericht berücksichtigten Messstellen im OGWL dargestellt, maßgebende Kenndaten sind in Anlage 3.1 zusammengestellt.

2.6.2 Zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im OGWL

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände ist durch zahlreiche Einflüsse geprägt. Die Wesentlichen sind: Rheinwasserstandsänderungen, Grundwasserneubildung aus Niederschlag und die Entnahmen aus dem Grundwasser. Welcher Einfluss hierbei überwiegt ist maßgeblich von der Entfernung der Messstelle vom Rhein abhängig.

In Anlage 3.2 ist für drei repräsentative Messstellen die langfristige Entwicklung der Grundwasserstände (Wochenwerte) aufgetragen:

Messstellen 1367:

Die Messstelle (östliche Rheinniederung) ist rd. 600 m vom Rhein entfernt. Insgesamt spiegelt sich in gedämpfter und auch etwas zeitlich verzögerter Form der Verlauf der Rheinwasserstände wider. Die Gesamtschwankungsbreite der Grundwasserstände beträgt im aufgetragenen Zeitraum rd. 4 m.

Messstelle 1398:

Die Messstelle (westliche Rheinniederung) ist bereits rd. 3 km vom Rhein entfernt. Die Gesamtschwankungsbreite ist demgemäß mit rd. 2 m deutlich geringer als bei der zuvor beschriebenen Messstelle. Zu erkennen ist ein jeweils mehrjähriger Trend steigender und fallender Grundwasserstände, der überlagert wird vom typischen Jahresgang. Innerhalb eines Jahres treten in der Regel in der ersten Hälfte des hydrologischen Jahres (Winterhalbjahr) jeweils die höchsten und gegen Ende des hydrologischen Jahres (Ende Sommerhalbjahr) jeweils die niedrigsten Grundwasserstände auf. Im dargestellten Zeitraum traten ausgeprägte Grundwassertiefstände 1993 und 2005 auf, die höchsten Grundwasserstände wurden 1983 und 2001 gemessen.

Messstelle 1HP23:

An der Messstelle liegen Messungen seit 2005 vor. Gemessen wird der Wasserstand im Silbersee. Da im See pro Volumeneinheit eine größere Menge Wasser gespeichert wird (Speicherkoefizient von 1) als im umgebenden Grundwasserleiter, fallen die kurzfristigen Wasserstandsänderungen kleiner aus als an den übrigen Messstelle. Ab etwa 2010 liegt ein konstan-

tes Niveau der Wasserstände vor und ab Mitte 2016 fallende Wasserstände. Im Winterhalbjahr 2017 stiegen die Wasserstände wieder.

2.6.3 Grundwasserströmung im OGWL

Die Grundwasserströmung im weiteren Untersuchungsraum ist grundsätzlich in West-Ost-Richtung von der Frankenthaler Terrasse zur Rheinniederung orientiert. In Rheinnähe ist die Strömung vor allem bei Rheinhochwasser entgegengesetzt gerichtet.

Darüber hinaus ist die mittlere Grundwasserströmung im Untersuchungsgebiet sowie weiter südlich durch die so genannte Frankenthaler Depression geprägt. Bedingt durch Schwachstellen im OZH (Bereich LU-Oppau, LU-Edigheim und FT-Mörsch) und hohe Grundwasserförderung im MGWL sickert zur Regenerierung des tieferen Grundwassers mehr Grundwasser aus dem OGWL in den MGWL ab, als landseitig zufließt [5], [11], [12], [13]. Dadurch hat sich der Grundwasserspiegel im Bereich der Depression im Mittel unterhalb des mittleren Rheinwasserspiegels abgesenkt. Der Ausgleich erfolgt durch Zufluss uferfiltrierten Rheinwassers. Die Grundwasserströmung im Untersuchungsgebiet ist damit zur Depression hin gerichtet.

3 Allgemeine Wechselwirkungen durch Anlegung eines Baggersees

Beeinflussung der Grundwasserströmung

Durch die Entnahme von Bodenschichten bis unter die Grundwasseroberfläche (Nassabbau) wird Grundwasser zu Seewasser. Die so entstehenden künstlichen Oberflächengewässer (Baggerseen) sind zum einen den äußeren Einflüssen direkt ausgesetzt (z.B. Verdunstung). Zum anderen bleibt das Seewasser in der Regel weiterhin mit dem Grundwasser in der Umgebung des künstlichen Sees verbunden. Ein Baggersee stellt im Grundwasserleiter eine Zone besonders guter Durchlässigkeit dar. Bedingt durch eine geringe bis gar keine Fließgeschwindigkeit stellt sich im See ein horizontaler Wasserspiegel ein, der sich bei völlig offenen Ufern auf die Höhe des ursprünglichen Grundwasserstandes in der Mitte zwischen oberstromigen und unterstromigen Ufer einstellen muss. Diese Schnittlinie zwischen der ungestörten Grundwasseroberfläche und der Baggerseeoberfläche wird auch als Kippungslinie bezeichnet. Der horizontale Wasserspiegel im See bewirkt im Oberstrom eine Absenkung und im Unterstrom eine Aufhöhung des Grundwassers.

Die Reichweite der Absenkung bzw. Aufhöhung und damit die Auswirkung eines Baggersees auf das umgebende Grundwasser wird maßgeblich durch die geometrische Form und Lage des Sees zur Grundwasserfließrichtung sowie das Grundwassergefälle beeinflusst. Ein weiterer Faktor auf die Auswirkungen eines Baggersees auf das umgebende Grundwasser ist die Dichtung der Seesohle bzw. des Seeufers durch Feinsedimente (z.B. absinkende Feinanteile

bei der Baggerung oder aus der (gezielten) Einbringung von feinkörnigem Abraummateriale). Bedingt durch solche Selbstdichtung oder gezielte Abdichtung verschiebt sich die o.a. Kippungslinie nach Oberstrom und der Seewasserspiegel steigt an.

Dämpfung der Grundwasserstandsschwankung

Ein See weist einen Speicherkoeffizient von 100 % auf, d. h. auf der Seefläche lässt sich etwa 5 bis 8 Mal mehr Wasser speichern als im Grundwasserleiter bei gleicher Grundfläche und freier Grundwasseroberfläche (Speicherkoeffizient bei ungespanntem Grundwasser etwa zwischen 12 und 20 %). Bei steigenden Grundwasserständen, z.B. bedingt durch eine Hochwasserwelle in einem nahe gelegenen und mit dem Grundwasserleiter in Verbindung stehenden Gewässer, dämpft ein See den Grundwasseranstieg infolge der hohen Speicherfähigkeit. Liegt der See in einem Bereich mit mächtigen Deckschichten, die ohne See bei steigenden Grundwasserständen zu gespanntem Grundwasser führen (Grundwasserdruckfläche höher als Unterfläche der Deckschichten, Speicherkoeffizient kleiner 0,1 %), ist der Dämpfungseffekt noch ausgeprägter als bei ungespanntem Grundwasser. Die Ausbreitung einer hochwasserbedingten Druckwasserwelle im Grundwasserleiter wird merkbar „gebremst“ und gedämpft.

Beeinflussung des Wasserhaushaltes

Die Wasserhaushaltsgleichung für einen mit dem Grundwasser in Verbindung stehenden See (z.B. Baggersee) lautet:

$$N + Z_u - (A_u + V_s \pm R) \pm Q = 0$$

mit N = Niederschlag auf der Seefläche
 Z_u = unterirdischer natürlicher Zufluss
 A_u = unterirdischer natürlicher Abfluss
 V_s = Verdunstung von der Seefläche
 R = Rückhalt
 Q = künstliche Ein- oder Ableitung

Maßgebend ist u.a. die Größe der Verdunstung in Bezug auf den Niederschlag. Der Unterschied zwischen der bewachsenen Landoberfläche (Evapotranspiration) und der Wasserfläche (Evaporation) wird als Mehrverdunstung bezeichnet. Wenn die Seeverdunstung die Niederschlagsmenge übersteigt, sodass keine Grundwasserneubildung stattfindet, liegt eine Zehrung aus dem umgebenden Grundwasser vor. Bei stationären Verhältnissen ($R = 0$) ist dann der unterirdische Zufluss zum See um den Betrag ($V_s - N$) größer als der unterirdische Abfluss.

4 Grundwasserströmungsberechnungen

4.1 Modellsystem

Die vorliegende Untersuchung verwendet das großräumige Rhein-Neckar-Grundwassermodell [9] mit einem 125 m-Netzraster. Im Bereich des „Heiligensands“ ist das Raster auf 31,8 m verfeinert. Den oberen Abschluss bildet die Geländeoberfläche.

Die Diskretisierung des Modellnetzes und die Verteilung der Grundwasserneubildung im Bereich „Heiligensand“ sind in den Anlagen 4.1 und 4.2 dargestellt.

Im Folgenden werden die Anpassungen der Randbedingungen für die einzelnen Rechenfälle näher erläutert.

4.2 Modellanpassung

4.2.1 Stationäre Modellanpassung: Vergleichszeitraum 2008

Als Vergleichszeitraum für die (stationäre) Modellanpassung wird das hydrologische Jahr 2008 herangezogen. Die Begründung hierfür ist, dass der Zeitraum von 2007 bis 2009 durch annähernd mittlere hydrologische Verhältnisse und eine geringe Schwankungsbreite wesentlicher Wasserhaushaltskomponenten wie Niederschlag und Oberflächenabfluss gekennzeichnet ist (Abbildung 1 und Abbildung 2). Im Einzelnen ist bezüglich der Randbedingungen auszuführen:

Hydrologie - Rheinwasserstände und Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Stichtagsmessungen stellen unrepräsentative (unausgeglichene) Momentanzustände dar. Es müssen repräsentative Mittelwerte herangezogen werden. Der mittlere Wasserstand am Pegel Worms lag 2008 bei 86,27 mNN und damit geringfügig unter dem langjährigen Mittel (1970/2017) von 86,31 mNN (Abbildung 1). Der Rheinwasserstand ist entsprechend dem Mittel des hydrologischen Jahres 2008 in das Modell eingerechnet.

Die Grundwasserneubildung lag in der Trockenperiode 2003/2005 (auf der Frankenthaler Terrasse) bis zu 50 % unter der langjährigen mittleren Grundwasserneubildungsrate, woraus eine deutliche Grundwasserzehrung resultierte. Die überdurchschnittlichen Neubildungsraten (und Niederschläge) 2006 und 2008 reichten nicht aus, um den Grundwasserspeicher bis auf mittlere Verhältnisse anzufüllen, so dass 2008 leicht unterdurchschnittliche Grundwasserstände vorlagen (Abbildung 2). In der stationären Modellkalibrierung wird dieser Umstand durch eine Reduzierung der Grundwasserneubildung berücksichtigt. Iterativ wurde eine Neubildungsrate von 60 % der mittleren Neubildungsrate bestimmt.

Grundwasserstände

Nur längerzeitige Mittelwerte stellen sinnvolle Vergleichswerte für eine stationäre Modellanpassung dar. Aus den insgesamt vorliegenden Wasserstandsdaten wurden mittlere Grundwasserstände für das (hydrologische) Jahr 2008 für die einzelnen Messstellen ermittelt. Repräsentative Messwerte sind in der Anlage 5.1 zusammengestellt.

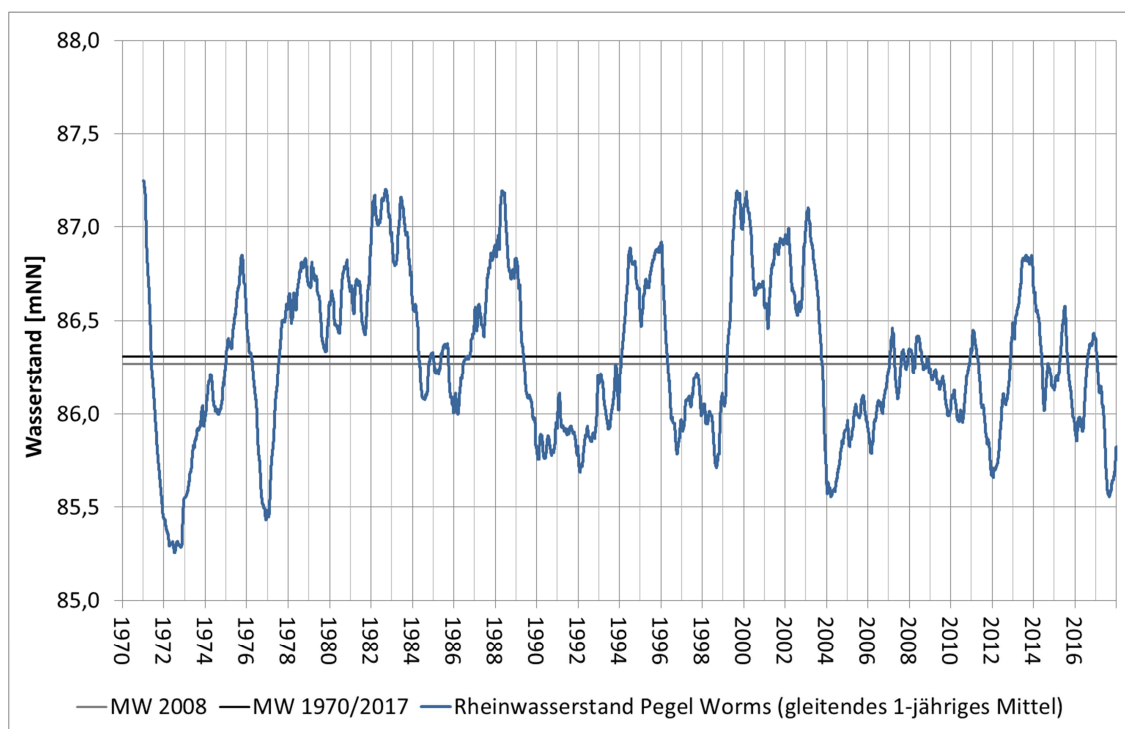


Abbildung 1: Langzeitentwicklung der Rheinwasserstände

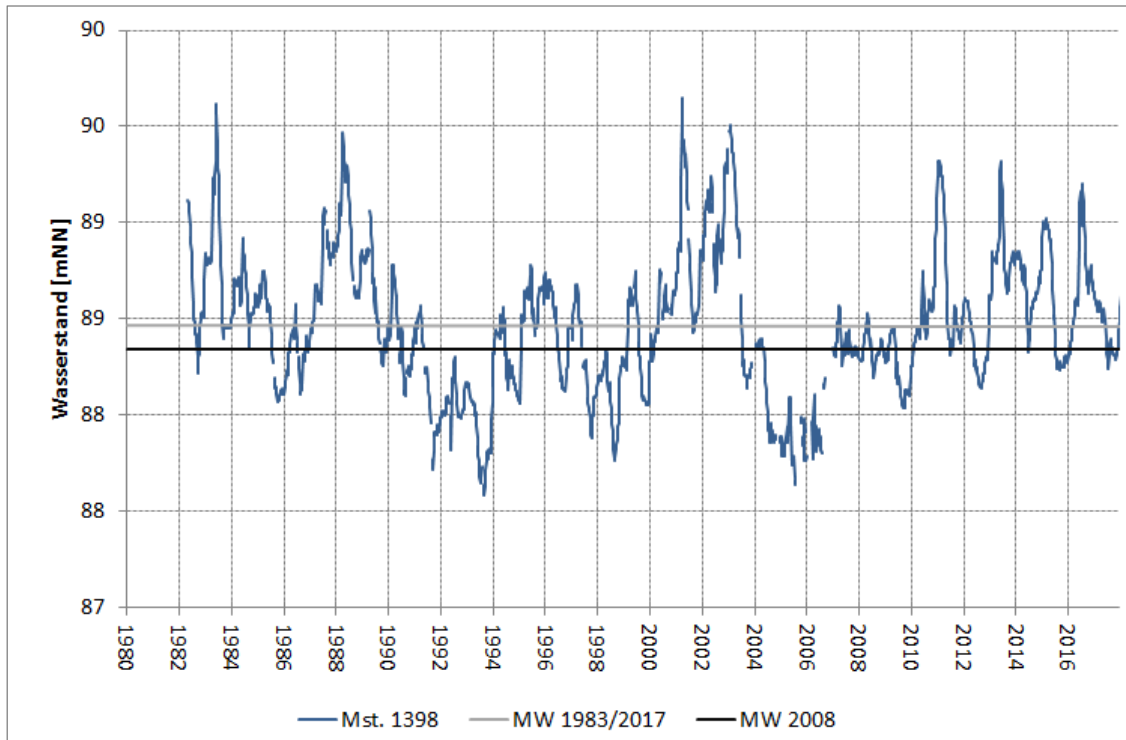


Abbildung 2: Langzeitentwicklung der Grundwasserstände

Auskiesung Ochsenlache

Ein Einfluss auf die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet war für 2008 durch den Nassabbau von Kies und Sand in der Ochsenlache gegeben. Aus der durch einen Damm vom westlich gelegenen Silbersee getrennten Ochsenlache wurde ein Kies-Sand-Gemisch zur Aufbereitungsanlage im Silbersee herübergepumpt. Im Rahmen der Modellanpassung ist diese Menge gemäß [15] mit rd. 1.600 m³/h berücksichtigt.

Ergebnisse der stationären Modellanpassung

Die mit dem angepassten Modell berechneten Grundwasserstände im OGWL sind in Anlage 5.1 dokumentiert. Dargestellt sind Linien gleicher Grundwasserstände sowie gemessene Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen.

4.2.2 Instationäre Modellanpassung: Hochwasser 1999

Anpassungen

Infolge der Nähe des Untersuchungsgebietes zum Haupteinflussfaktor Rhein kommt der richtigen Nachbildung des Einflusses bei Rheinhochwasser eine wesentliche Bedeutung zu. Die instationäre Modellanpassung erfolgt auf Grundlage zweier aufeinander folgender Rheinhochwasser zwischen Februar und August 1999 mit Abflussspitzen am 23.02. bzw. 16.05.1999. Im Vergleich zu den stationären Rechenfällen berücksichtigt das instationäre Mo-

dell den Einfluss der Deckschicht, die den OGWL in Rheinnähe überlagert. Diese führt bei Rheinhochwasser zu gespannten Grundwasserverhältnissen, wodurch Speicheränderungen im Grundwasserleiter zu deutlich größeren Schwankungen der Grundwasserstände führen können.

Neben dem Rheinwasserstand ist auch der Wasserstand im Oggersheimer Altrheingraben und der Isenach angepasst. Ebenfalls im Modell berücksichtigt ist die rheinwasserstandsabhängige Überflutung des Deichvorlandes.

Ergebnisse der instationären Modellanpassung

In Anlage 5.2 ist die Anpassung im Vergleich der gerechneten und der gemessenen Grundwasserstände an den Messstellen 1362, 1367 und 1398 dokumentiert. Die Entwicklung der Ganglinien gemessener und berechneter Grundwasserstände stimmt insgesamt gut überein. An den Messstellen liegen keine systematischen (einseitig gerichteten) Abweichungen vor.

Die Verteilung der Modellparameter Hydraulische Leitfähigkeit als Ergebnis der Modellkalibrierung ist in Anlage 5.3 dargestellt.

4.3 Modellgestützte Berechnungen

4.3.1 Stationäre Rechenfälle

Zur Ermittlung des Einflusses der Neuanlegung des Baggersees Heiligensand bei mittleren hydrologischen Verhältnissen werden folgende stationäre Rechenfälle durchgeführt:

- **Bezugszustand:** Stationärer Bezugszustand mit langjährigen, mittleren hydrologischen Verhältnissen bezogen auf Grundwasserneubildung und Rheinwasserstand. Die bestehende Auskiesung „Heiligensand“ auf der bereits genehmigten Abbaufäche wird nicht berücksichtigt.
- **Planungszustand (A):** Bei ansonsten gleichen Randbedingungen wie im Bezugszustand wird die Auskiesung „Heiligensand“, auf der genehmigten Abbaufäche und der geplanten Erweiterungsfläche, als See eingerechnet. Berücksichtigt ist hierbei sowohl die Gewässer-geometrie als auch die Grundwasserzehrung des neuen Sees (Verdunstung größer Niederschlag) in Höhe von 115 mm/a.
- **Planungszustand (B):** Die Randbedingungen entsprechen denen des Planungszustands A. Um die kumulativen Auswirkungen der sich in den Genehmigungsphasen befindenden Auskiesungsflächen im Untersuchungsgebiet bewerten zu können, wird im Planungszustand B zusätzlich die Auskiesung Bonnau berücksichtigt. Es wird eine Abdichtung der Nord- und teilweise der Westböschung mit bindigem Deckschichtmaterial angesetzt. Der

Bereich der nördlich der Warft geplanten Flachwasserzone (nördliche Westböschung) wird ebenfalls als hydraulisch geringdurchlässig angesetzt.

4.3.2 Instationäre Rechenfälle

Zur Bewertung mehrjähriger, nasser bzw. trockener hydrologischer Verhältnisse werden eine 2-jährige Nassperiode und eine 3-jährige Trockenperioden betrachtet. Zur Bewertung mehrjähriger, nasser bzw. trockener hydrologischer Verhältnisse wurden in [21] verschieden lange Nass- und Trockenperioden betrachtet (1, 2 und 3-jährige). Die stärksten Auswirkungen auf die Grundwasserstände ließen sich bei einer 3-jährigen Trockenperiode und einer 2-jährigen Nassperiode feststellen. Aus diesem Grund wurden die genannten Fälle zur Ermittlung der Auswirkungen bei nassen bzw. trockenen Verhältnisse betrachtet. Folgende Anpassungen der Randbedingungen liegen den Rechenfällen zugrunde:

- **Rheinwasserstand:** Für die Rheinwasserstände werden die Maximum- bzw. Minimumwerte des 2 bzw. 3-jährigem gleitendem Mittel der Rheinwasserstandsganglinie berücksichtigt. Das Minimum des 3-jährigen, gleitenden Mittels gibt im Modell den Rheinwasserstand während einer 3-jährigen Trockenperiode wieder, das Maximum des 2-jährigen gleitenden Mittels, den einer 2-jährigen Nassperiode.
- **Grundwasserneubildung:** Als Input-Parameter dient jeweils der Mittelwert aus den feuchtesten bzw. trockensten aufeinanderfolgenden 2 bzw. 3 Jahren.

Zur Ermittlung des Einflusses der Neuanlegung des Baggersees Heiligensand bei nassen bzw. trockenen hydrologischen Verhältnissen werden folgende instationären Rechenfälle durchgeführt:

Instationäre Rechenfälle: hydrologische Nass- und Trockenperioden

- **Bezugszustand:** Bezugsfall für eine 2-jährige Nassperiode und eine 3-jährige Trockenperiode. Die bestehende Auskiesung „Heiligensand“ auf der bereits genehmigten Abbaufäche wird nicht berücksichtigt.
- **Planungszustand (A):** Modellrechnung für eine 2-jährige Nassperiode und eine 3-jährige Trockenperiode unter Berücksichtigung der Auskiesung „Heiligensand“ (auf der genehmigten Abbaufäche und der geplanten Erweiterungsfläche). Berücksichtigt ist hierbei sowohl die Gewässergeomtrie als auch die Grundwasserzehrung des neuen Sees (Verdunstung größer Niederschlag) in Höhe von 115 mm/a.
- **Planungszustand (B):** Die Randbedingungen entsprechen denen des Planungszustands A. Um die kumulativen Auswirkungen der sich in den Genehmigungsphasen befindenden Auskiesungsflächen im Untersuchungsgebiet bewerten zu können, wird im Planungszustand B zusätzlich die Auskiesung Bonnau berücksichtigt. Es wird eine Abdichtung der Nord- und teilweise der Westböschung mit bindigem Deckschichtmate-

rial angesetzt. Der Bereich der nördlich der Warft geplanten Flachwasserzone (nördliche Westböschung) wird ebenfalls als hydraulisch geringdurchlässig angesetzt. Die Lage der geplanten Auskiesungsfläche Bonnau einschließlich der Böschungsabdichtung ist in der Anlagenreihe 6 dargestellt.

Der Vergleich mit der langjährigen Entwicklung an verschiedenen Grundwasser-Messstellen zeigt, dass die berechneten Wasserstände grundsätzlich geeignet sind, ausgeprägte Nass- bzw. Trockenperioden und entsprechende Grundwasserhoch- oder -tiefstände abzubilden (Abbildung 2). An der in Rheinnähe gelegenen Messstelle 1367 werden die rheindominierten Schwankungen aufgrund der Verwendung von Mittelwerten erwartungsgemäß nicht erfasst.

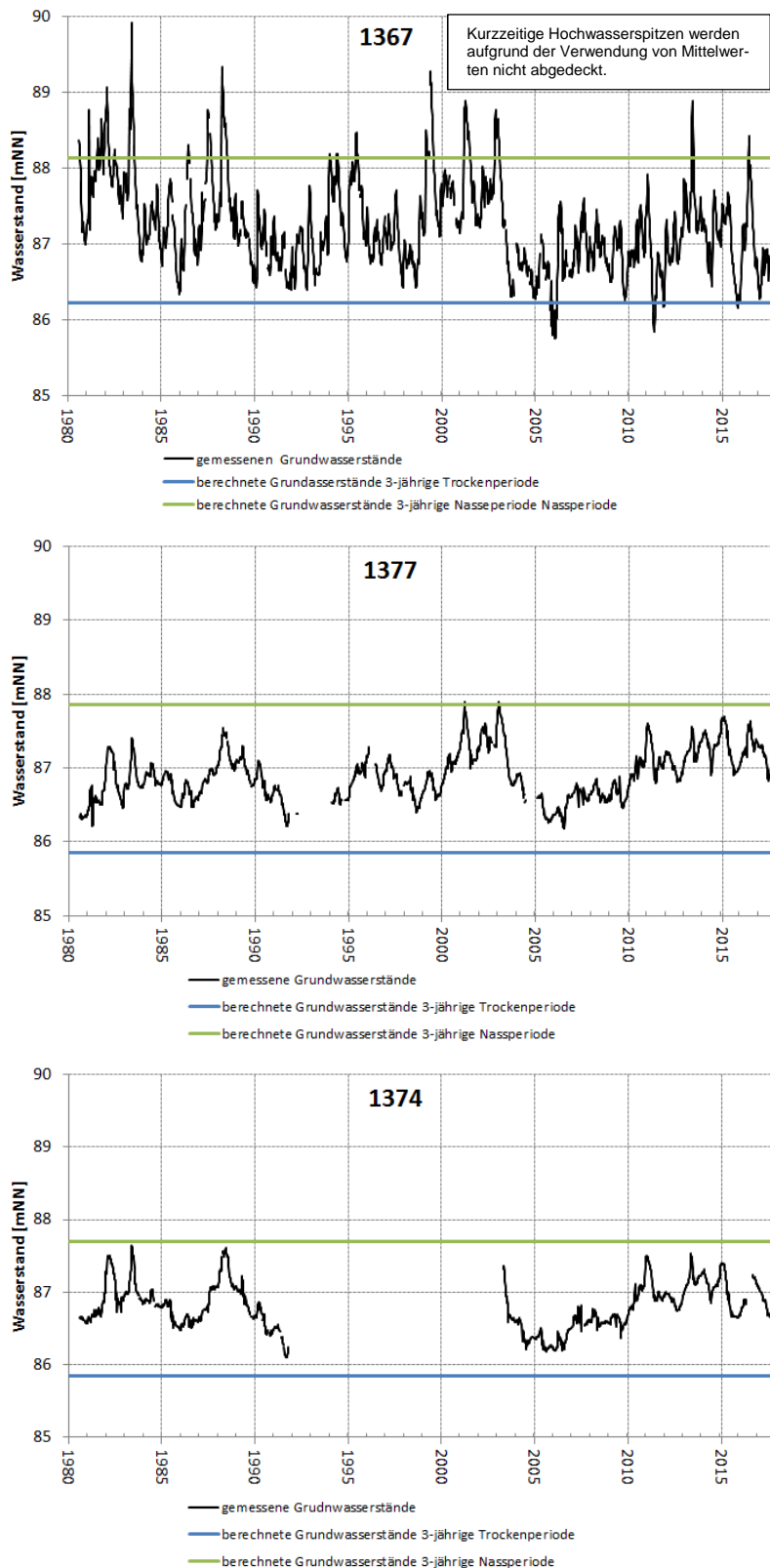


Abbildung 3: Vergleich gemessener und berechneter Grundwassertiefstände an ausgewählten Grundwasser-Messstellen

4.4 Ergebnisse

Die Auswirkungen des Planvorhabens auf die Grundwassergleichen bei mittleren hydrologischen Verhältnissen sowie bei Perioden langfristiger extremer Abweichungen vom mittleren hydrologischen Zustand ist in den Anlagen 6.1 – 6.3 dargestellt. Die Differenzen der Grundwasserstände zwischen dem Bestand und den Planungsfällen sind in den Anlagen 6.4 – 6.6 dargestellt.

Bei mittleren Verhältnissen ergibt sich erwartungsgemäß im Zustrom zum „Heiligensand“ eine leichte Absenkung der Grundwasserstände und im Abstrom eine leichte Aufspiegelung. Diese betragen weniger als 0,2 m (siehe Anlage 6.4). Bei mittleren hydrologischen Verhältnissen stellt sich ein Wasserstand von 87,4 mNN im See ein. Der Grundwasserstand im Bereich des Bobenheimer Altrheins liegt bei mittleren Verhältnissen im Bezug bei rd. 87,5 mNN. Vorhabensbedingt ergibt sich dort eine Grundwasserabsenkung von 0,16 m. Im Fall einer vollständigen Auskiesung der Bonnau, liegt die berechnete Grundwasserabsenkung bei 0,17 m.

Die Differenzen der Grundwasserstände bei einer 3-jährigen Trockenperiode betragen maximal rd. 0,1 m gegenüber dem Bezugszustand (siehe Anlage 6.5). Der Wasserstand der sich im Heiligensand einstellt beträgt 86,5 mNN.

Die Berechnung der 2-jährigen Nassperiode verursacht im Planungsfall im Bereich Heiligensand eine Absenkung bzw. Auspiegelung der Grundwasserstände von weniger als 0,2 m (siehe Anlage 6.6). Während der 2-jährigen Nassperiode kehren sich die Grundwasserströmungsverhältnisse im rheinnahen Bereich um. Im Bereich des Heiligensands ist die Grundwasserströmung weiterhin Richtung Südosten gerichtet (siehe Anlage 6.3). Der Wasserstand im Heiligensand erhöht sich gegenüber dem mittlerem Zustand um 0,6 m.

Die Grundwasserstandsdifferenzen der Planungsfälle zum Bestand betragen im Bereich Heiligensand sowohl bei mittleren hydrologischen Verhältnissen, als auch bei einer Nassperiode und einer Trockenperiode weniger als 0,2 m. Dieser Werte liegt innerhalb der Aussageunschärfe des Modells. Darüber hinaus liegen Schwankungen in diesem Bereich innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite der Grundwasserstände im Bereich des Heiligensands. Die Auswirkungen auf die Grundwasserstände unter den dargestellten Bedingungen sind folglich als gering zu bewerten, unabhängig davon, ob die Auskiesung Bonnau realisiert wird oder nicht.

Die Änderungen die sich hinsichtlich des Grundwasserflurabstands aus der geplanten Auskiesung ergeben sind ebenfalls gering. Der Grundwasserflurabstand liegt auch bei vollständiger Auskiesung des Heiligensands weiterhin im mittleren Schwankungsbereich.

Bei der Betrachtung der Auswirkungen wurde davon ausgegangen, dass die genehmigte Abbaufäche im Bezugszustand noch nicht ausgekieset wird. Die Auswirkungen lediglich der Auskiesung der Erweiterungsfläche auf die Grundwasserstände ist folglich noch geringer.

5 Zusammenfassung

Die ISP Industrie-Sandwerke Pfalz GmbH & Co. KG plant die Erweiterung der Nassauskiesung „Heiligensand“. Die vorliegende Untersuchung wurde durchgeführt, um die Auswirkungen Auskiesung Heiligensand auf die Grundwasserstände in dessen Umfeld zu bewerten.

Es lässt sich grundsätzlich festhalten, dass die Auswirkungen sehr gering sind. Die Aufspiegelungen bzw. Absenkungen des Grundwassers im Bereich des „Heiligensands“, die sich bei Anlegen eines Sees einstellen, liegen bei weniger als 0,2 m.

Die geplante Erweiterungsfläche schließt nördlich unmittelbar an ein bereits genehmigte Abbaufeld an. Mit diesem Gutachten wurde der kumulative Effekt der gesamten Auskiesung (geplantes Abbaufeld + bereits genehmigtes Abbaufeld) auf die Grundwasserstände betrachtet. Die Auswirkungen auf die Grundwasserstände, die sich lediglich durch die Auskiesung der Erweiterungsfläche ergeben, sind folglich noch geringer.

Insgesamt liegen die berechneten Änderungen im Bereich der Aussageunschärfe von Grundwassermodellen und sind somit auch unter Berücksichtigung der natürlichen Schwankungsbreite der Grundwasserstände als gering zu betrachten.

Sachbearbeiterin:

M.Sc. L. John

Speyer, im August 2019

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

Niederlassung Speyer



Dr.-Ing. M. Probst