

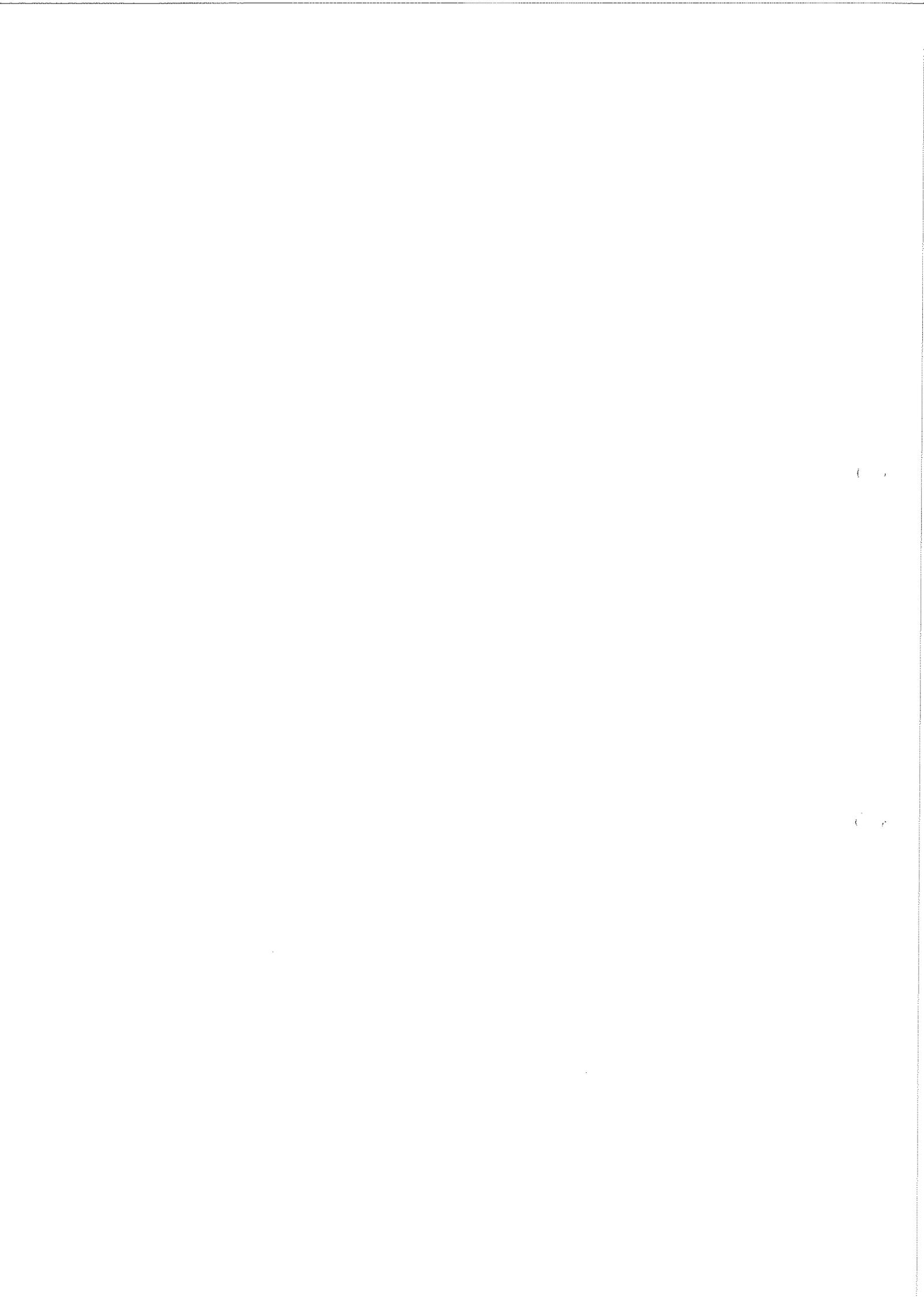
Planfeststellung

Unterlagen zu den sonstigen wasserrechtlichen Sachverhalten – Grundwasserwanne

A 94 Simbach - Pocking (A 3)

**Neubau der A 94
von Malching bis Kirchham**
Bau-km 20+300 – Bau-km 26+275
mit
**Verlegung der St 2110
bei Moos / Tutting**
Bau-km 0+000 – Bau-km 0+920

<p>Aufgestellt: München, 31.01.2013 Autobahndirektion Südbayern</p>  <p>Peiker Ltd. Baudirektor</p>	<p>Festgestellt gem. § 17 FStrG durch Beschluss vom <u>27. 08. 15</u> Nr. <u>32-4354. 11-B / A 94</u></p> <p>Regierung von Niederbayern Landshut, 27. 08. 15</p>  <p>Edhofer Ltd. Regierungsdirektor</p>
--	--



**A 94 Simbach - Pocking
Neubau Malching - Kirchham
Grundwasserwanne Tutting
Hydrogeologische Bearbeitung
vom 31.01.2013**

Vorhabensträger:

Autobahndirektion Südbayern
Seidlstraße 7 - 11
80335 München

Verfasser:

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee
☎ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de
☎ 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

ea-abdsb-036.02

Verzeichnis der Unterlagen

I Erläuterungsbericht

II Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslagepläne; Maßstab 1:25.000 und 1:5.000
- Anlage 2: Lageplan Geologie; Maßstab 1:25.000
- Anlage 3: Lagepläne Grundwasserstand Stichtagsmessung (konstruierte Grundwassergleichen);
Grundwassermächtigkeit; Maßstab 1:25.000 und 1:2.000
- Anlage 4: Lagepläne Flurabstand Stichtagsmessung; Geländeoberfläche; Maßstab 1:25.000,
1:5.000 und 1:2.000
- Anlage 5: Lagepläne Aquiferunterkante, Geol. Profilschnitt; Maßstab 1:10.000; 1:5.000 und
1:2.000
- Anlage 6: Darstellung Grundwassermodell; Netzdiskretisierung, Schichtaufbau, Parameter
- Anlage 7: Lagepläne Kalibrierung Grundwassermodell, k_f -Werte Pumpversuche; Maßstab
1:5.000 und 1:2.000
- Anlage 8: Lagepläne; Auswirkungen Bauzustände und Endzustand mit Überleitungen, Grund-
wasserstand Stichtagsmessung (modelliert); Maßstab 1:2.000
- Anlage 9: Lagepläne Hochwasserstand modelliert; Maßstab 1:5.000 und 1:2.000
- Anlage 10: a) Lagepläne Aufstau Hochwasserstand ohne und mit Grundwasserüberleitungen;
Maßstab 1:2.000; berechnete Überleitungsmengen
b) Detaillageplan Grundwasserüberleitungen; Maßstab 1:1.000
c) Detailplan Grundwasserüberleitung
- Anlage 11: Lagepläne Profilschnitte Geologie und Wasserstandshöhen; Maßstab 1:2.000
- Anlage 12: Profilschnitte Wasserstandshöhen
- Anlage 13: Profilschnitte Geologie
- Anlage 14: Bohrprofile und Ausbaupläne Grundwassermessstellen
- Anlage 15: Ergebnisse Geoelektrische Untersuchungen
- Anlage 16: Diagramm Ergebnis Aufstauberechnungen
- Anlage 17: Daten- und Ergebnistabellen

Erläuterungsbericht

1.	Vorhabensträger	1
2.	Zweck des Vorhabens	1
3.	Durchgeführte Arbeiten	2
3.1	Datenrecherche	2
3.2	Hydrogeologisches Modell	2
3.3	Numerisches Grundwassermodell	2
4.	Begriffsdefinitionen	3
5.	Hydrogeologisches Modell	4
5.1	Lage	4
5.2	Grundwasserneubildung	5
5.3	Geologie	5
5.4	Hydrogeologie	6
5.4.1	Hydraulische Durchlässigkeiten	6
5.4.2	Grundwasserstand	6
5.4.2.1	Datenbasis	6
5.4.2.2	Stichtagsmessung vom 18.01.2012	7
5.4.2.3	Hochwasserstand	8
5.4.3	Grundwassermächtigkeit.....	8
5.4.4	Flurabstand	9
5.4.5	Vorflutverhältnisse	9
6.	Geophysikalische Untersuchungen	9
7.	Bauvorhaben	10
8.	Numerisches Grundwassermodell	10
8.1	Software und Modellaufbau.....	10
8.2	Modellgebiet	11
8.3	Randbedingungen	11
8.4	Materialparameter	12
8.5	Kalibrierung – Wasserstand der Stichtagsmessung vom 18.01.2012 (Modell STM).....	12
8.6	Modellversion Hochwasser (HW)	14
8.7	Prognoseberechnungen	16

8.7.1	Ermittlung der Aufstauhöhen für die fertiggestellte Grundwasserwanne mit und ohne Maßnahmen zur Minimierung.....	17
8.7.2	Angaben zur Länge der Grundwasserwanne.....	19
8.7.3	Auswirkungen des Bauwerks im Bauzustand auf die Grundwasserverhältnisse.....	20
9.	Bemessungswasserstand	23
10.	Beweissicherungsmaßnahmen.....	23
11.	Zusammenfassung.....	24

1. Vorhabensträger

Vorhabensträger ist die Bundesrepublik Deutschland vertreten durch die
Autobahndirektion Südbayern,
Seidlstraße 7 – 11,
80335 München

2. Zweck des Vorhabens

Im Rahmen des Neubaus der Bundesautobahn A 94 Simbach – Pocking, Abschnitt Malching – Kirchham ist eine Einhausung der Fahrbahn im Bereich Tutting vorgesehen.

Wegen der vor Ort gegebenen Untergrundverhältnisse, die durch grundwasserführende Sand-Kiesschichten und relativ geringe Grundwasserflurabstände oberstromig der geplanten Baumaßnahme gekennzeichnet sind, muss das Bauwerk in Form einer Grundwasserwanne hergestellt werden.

Die Fahrbahnoberkante der A94 wird im abgesenkten Bereich voraussichtlich bis ca. 9 m unter der Geländeoberkante liegen. Unter Berücksichtigung des gesamten Bauwerks kann die Unterkante der Grundwasserwanne bis ca. 11,8 m unter der Geländeoberkante liegen. Sie wird dabei größtenteils auch in grundwasserstauende Bodenschichten des Tertiärs einbinden.

Unter diesen Voraussetzungen wäre mit einer relevanten Beeinträchtigung der Grundwasserhältnisse zu rechnen, so dass voraussichtlich zusätzliche bauliche Maßnahmen zur Minimierung dieser Beeinträchtigungen erforderlich werden. Von Bedeutung sind dabei auch ggf. mögliche Auswirkungen auf die Trinkwasserbrunnen der Wasserversorgungen Osterholzen und Safferstetten. Der Vorhabensträger hat deshalb die Bearbeitung der hier vorgelegten hydrogeologischen Untersuchungen beauftragt, in denen Art und Umfang der zu erwartenden Grundwasserbeeinträchtigungen für folgende Zustände ermittelt wurden:

- Endausbauzustand mit der gesamten Grundwasserwanne, Auswirkungen bei Hochwasserstand
- Relevante Zustände während der Bauphase

Für die Untersuchungen wurde ein numerisches, dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell aufgestellt, mit dem die bestehenden Untergrund- und Grundwasserhältnisse hinreichend detailliert abgebildet werden können. Neben bereits vorhandenen Untergrundaufschlüssen wurden dafür auch Ergebnisse verwendet, die durch zusätzliche Bohrungen und Grundwassermessstellen im Umfeld der geplanten Grundwasserwanne gewonnen wurden.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zweckmäßige Maßnahmen zur Minimierung der Grundwasserbeeinträchtigungen entwickelt und dimensioniert. Das kann im Wesentlichen durch die Anordnung von Grundwasserüberleitungen erreicht werden.

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1 Datenrecherche

Zunächst wurden von der Autobahndirektion Daten von im Vorfeld durchgeführten Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Bei der Auswertung dieser Unterlagen ergab sich die Notwendigkeit, zusätzliche Aufschlussbohrungen abzuteufen und zu Grundwassermessstellen auszubauen, um möglichst genaue Berechnungen mit belastbaren Ergebnisse durchführen zu können.

Unter Berücksichtigung der neuen Messstellen erfolgte eine weitere Stichtagsmessung. Zur Absicherung der aus den Bohrprofilen gewonnenen Erkenntnisse wurden außerdem geoelektrische Untersuchungen durchgeführt.

Zur Aufstellung der hier vorgelegten hydrogeologischen und numerischen Modelle erfolgte und zur Bewertung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet standen damit folgende Daten zur Verfügung:

- Bohrprofile von Streckenbohrungen und Grundwassermessstellen,
- Stichtagsmessung am 18.01.2012 (Grundwasserstände an 24 Messstellen),
- Grundwasserstandsdaten von drei weiteren Stichtagsmessungen aus dem Jahr 2011,
- Grundwasserstandsdaten von 91 Messstellen im weiteren Umfeld (keine Stichtagswerte),
- Ergebnisse aus 9 Pumpversuchen (siehe Anlage 7),
- Geoelektrische Profilschnitte (siehe Anlage 15),
- Lageplan, Höhenplan, Regelquerschnitt der Ausführungsplanung (Stand: 23.04.2012),
- Digitales Geländemodell (Geländeoberkante),
- Vermessungsdaten (Sohlhöhe, Wasserstand HQ 100) des Kößlarner Bachs.

3.2 Hydrogeologisches Modell

Auf der Grundlage der ermittelten Daten wurde ein konzeptionelles hydrogeologisches Modell erstellt, das im Kapitel 4 näher erläutert wird.

3.3 Numerisches Grundwassermodell

Um die zu erwartenden Auswirkungen der Grundwasserwanne auf die Grundwasserverhältnisse auch quantitativ möglichst genau ermitteln zu können, wurde auf der Basis des hydrogeologischen Modells ein numerisches, dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell aufgestellt. Nach der Kalibrierung des Modells anhand der Ergebnisse der Stichtagsmessung vom 18.01.2012 und der Ermittlung eines Grundwasserhochstandes (HW) wurden mit dem Modell folgende Berechnungen durchgeführt:

- Grundwasser-Strömungssituation nach Fertigstellung der gesamten Grundwasserwanne
Die Berechnungen erfolgten unter Ansatz eines Hochwasserstandes (Erläuterungen hierzu in den Kapiteln 5.4.2.3 und 8.6); um Art und Umfang geeigneter Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkung des Bauwerks auf die Grundwasserverhältnisse festlegen zu können, wurden Berechnungen für Zustände mit und ohne Grundwasserüberleitungen durchgeführt.
- Grundwasser-Strömungssituation für relevante Bauzustände

Für den Ausführungszeitraum der Baumaßnahme wurden zusätzlich zum Endzustand vier Bauzustände festgelegt, für welche die Auswirkungen auf das Grundwasser berechnet wurden. Nachdem in vorläufigen Berechnungen zunächst festgestellt wurde, dass aus hydraulischen Gesichtspunkten keine Zwangspunkte bei der Docksinteilung berücksichtigt werden müssen, erfolgte die Festlegung dieser Bauzustände auf der Grundlage der ingenieurtechnischen Vorgaben. Durch Auswertung der Berechnungen wurden Aussagen bezüglich der Notwendigkeit von Abhilfemaßnahmen gemacht, die bereits während der Bauphase erforderlich werden.

4. Begriffsdefinitionen

Um im Folgenden Eindeutigkeit bezüglich der verwendeten Begrifflichkeiten zu gewährleisten, werden diese erläutert:

➤ Weiteres Untersuchungsgebiet

Dieser Bereich ist nicht klar durch Gebietsgrenzen abgesteckt. Er umfasst in etwa den im Lageplan der Anlage 1 dargestellten Kartenausschnitt. Zu Beginn der Untersuchungen wurden zunächst alle verfügbaren Daten im weiteren Umfeld (rd. 10 km um die geplante Baumaßnahme) gesichtet und auf Verwendbarkeit sowie Relevanz geprüft. Daten (Wasserstand, geologische Verhältnisse), welche zwar nicht unmittelbar Auswirkungen auf das Ergebnis von Modellrechnungen für das Bauvorhaben haben, werden dennoch dargestellt, um einen regionalen Überblick über die Gesamtsituation zu gewähren.

➤ Modellgebiet

Das im Lageplan der Anlage 1 rot umrandete Modellgebiet stellt den Umgriff des numerischen Grundwassermodells dar, d.h. für diesen Bereich wurden numerische Modellrechnungen gemacht. Es sind berechnete Wasserstandswerte und berechnete Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme darstellbar. Die Aussagegenauigkeit nimmt mit zunehmender Stützstellendichte, d.h. im nahen Umfeld der Baumaßnahme zu. Die Modellränder wurden nach Auswertung der Voruntersuchungen nach hydrogeologischen Gesichtspunkten (Randstromlinien, Fixpotenzial) gewählt.

➤ Engeres Untersuchungsgebiet

Dieser Bereich ist nicht klar umgrenzt. Als Bestandteil des Modellgebiets umfasst er den Bereich mit hoher Messstellendichte; also rd. 100 m bis 200 m nordwestlich und südöstlich der geplanten Einhausung. In diesem Bereich sind die größten Auswirkungen des Bauwerks auf die Grundwasserverhältnisse zu erwarten, so dass eine hohe Aussagegenauigkeit erforderlich ist. Wegen der hier vorhandenen hohen Datendichte ist diese Genauigkeit auch möglich.

Weiterhin ist zu unterscheiden zwischen gemessenen Grundwasserständen und solchen, die mit dem numerischen Modell berechnet wurden (Modellwasserstände). Im Gutachten werden folgende Bezeichnungen verwendet und in den entsprechenden Kapiteln erläutert:

➤ Gemessener Grundwasserstand der Stichtagsmessung

Hier handelt es sich um Messwerte, die an den Grundwassermessstellen am Stichtag (18.01.2012) erhoben wurden. Im Vergleich mit anderen Messwerten kann der Wasserstand in etwa als mittlerer Hochwasserstand eingeordnet werden. Auf der Basis der Messwerte wurden Grundwassergleichen mittels Interpolationsverfahren konstruiert.

➤ Modellwasserstand der Stichtagsmessung vom 18.01.2012

Dabei handelt es sich um einen Wasserstand, der mit dem Grundwassermodell berechnet und auf die Stichtagsmessung kalibriert wurde.

➤ Modellwasserstand Hochwasser (HW)

Der Modellwasserstand HW wurde durch Variation der Modellrandbedingungen innerhalb plausibler Grenzen erzeugt. Ein Vergleich mit Messwerten ist nicht möglich.

5. Hydrogeologisches Modell

5.1 Lage

Das engere Untersuchungsgebiet um die geplante Grundwasserwanne und die Einhausung liegt im Landkreis Passau, rd. 5 Kilometer westlich von Bad Füssing im Ortsbereich von Tutting (siehe Übersichtslageplan Anlage 1).

Die generelle Grundwasserfließrichtung verläuft nach Osten zum Inn hin, welcher in einer Entfernung von rd. 7 km nach Nordosten fließt. Die geplante Einhausung wird in etwa senkrecht zum Ende des Taleinschnitts des von Westen nach Osten fließenden Kößlerner Bachs hergestellt. Der aus dem tertiären Hügelland kommende Bach verläuft hier in einem Schwemmkegel und fließt weiter in die Niederterrassenschotter des Inntals.

Nach Auswertung aller verfügbaren hydrogeologischen Daten aus dem weiteren Untersuchungsgebiet wurde das numerische Modellgebiet definiert (siehe Kapitel 8). Es erstreckt sich entsprechend der Fließrichtung des Grundwassers und der Oberflächengewässer in Richtung oberstrom (Westen) rd. 700 m in das Tal des Kößlerner Bachs und in Richtung unterstrom (Osten) bis über Bad Füssing hinaus. Die nördliche und südliche Begrenzung ergibt sich aus den Randstromlinien des Grundwasserstroms, welche mit Hilfe einer Stichtagsmessung des Grundwasserstandes ermittelt wurden. Der Grundwasserstrom fließt aus dem Kößlerner Tal hinaus in das Inntal.

Die Geländehöhe am Talboden des Kößlerner Bachs liegt im Bereich der Einhausung bei ca. 339 m ü. NN und steigt am westlichen Rand des Untersuchungsgebiets bis auf etwa 343 m ü. NN an. An den Talflanken nördlich und südlich des Bachs steigt das Gelände bis auf Höhen von rd. 365 m ü. NN an.

Die Flächen im Modellgebiet werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Die Ortschaften Tutting, Kirchham und Bad Füssing liegen innerhalb des Modellgebiets, im Bereich des engeren Modellgebiet liegt die ca. 160 m westlich der geplanten Einhausung Staubermühle sowie der Ortsbereich Tutting.

Südlich von Bad Füssing befinden sich die Brunnen der Wasserversorgung Safferstetten.

Die Wasserversorgung Ruhstorfer Gruppe betreibt bei Osterholzen (2 km nordöstlich von Tutting) sieben Flachbrunnen (bis 15 m) sowie einen Tiefbrunnen (220 m) mit einer mittleren Gesamtförderung von rd. 58 l/s (davon rd. 23 l/s aus dem Tiefbrunnen).

5.2 Grundwasserneubildung

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe liegt bei rd. 775 mm/a. Bei einer mittleren jährlichen Verdunstungshöhe von rd. 575 mm/a verbleibt rechnerisch eine Grundwasserneubildungsrate von rd. 200 mm/a und damit eine mittlere flächenhafte Grundwasserspense von rd. 6,3 l/s x km².

Aufgrund der morphologischen Situation ist im westlichen Teil des Modellgebietes (westlich der geplanten Einhausung) durch die geneigten Talflanken mit einem gewissen Anteil an Oberflächenabfluss zu rechnen, wodurch die Grundwasserneubildung vermindert wird.

5.3 Geologie

Ein geologischer Lageplan auf der Grundlage der geologischen Karte von Deutschland (BA f. Geowissenschaften und Rohstoffe / Bayerisches Geologisches Landesamt, Blatt 7942 Passau; Maßstab 1:200.000) ist als Anlage 2 beigelegt. Die Anlagen 11 und 13 enthalten geologische Profilschnitte auf der Grundlage der vorhandenen Aufschlussbohrungen, in der Anlage 12 sind Profilschnitte mit Grundwasserspiegellagen dargestellt. Die Anlage 14 enthält eine Zusammenstellung der Bohrprofile der Aufschlussbohrungen sowie der Ausbaupläne der Grundwassermessstellen.

Die Geologie im Untersuchungsgebiet ist im Wesentlichen durch die im Inntal abgelagerten Niederterrassenschotter im Osten sowie die tertiäre obere Meeresmolasse (tertiäres Hügelland) im Westen bestimmt. Die Grenze zwischen diesen Einheiten verläuft in etwa entlang der geplanten Einhausung am östlichen Rand des Taleinschnitts des Kößlerner Bachs. Am Talausgang ist ein Schwemmkegel dieses aus dem Hügelland austretenden Bachs abgelagert.

Morphologisch sind diese Einheiten durch die Südwest-Nordost verlaufende Hangkante mit einer Basis bei rd. 340 m ü. NN und der Oberkante bei rd. 365 m ü. NN abzugrenzen.

Die oberen Einheiten der tertiären oberen Meeresmolasse bilden mit feinsandigen Schluffen bis schluffigen Tonen einen Grundwasserstauer. Der überlagernde Grundwasserleiter besteht aus sandigen, schwach schluffigen Kiesen, welche wiederum durch bindige Deckschichten des Alluviums sowie Lößablagerungen überlagert werden.

Die Lage der Aquiferunterkante sowie der Verlauf der geologischen Profilschnitte ist im Lageplan der Anlage 5 dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Aquiferunterkante nach Westen hin ansteigt. Im Bereich der geplanten Einhausung und im oberstromigen (westlichen) Anschluss ist die Lage der Staueroberkante aufgrund der hohen Aufschlussdichte gut dokumentiert. Sie befindet sich in einer Höhenlage von rd. 329 bis 331 m ü. NN mit einem Anstieg nach Westen hin auf rd. 333 bis 336 m ü. NN. Nach Osten hin im Bereich der Niederterrassenschotter des Inntals ist die Konstruktion der Isolinien aufgrund der geringen Stützstellendichte mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Bis Bad Füssing fällt die Staueroberkante auf rd. 318 m ü. NN ab.

5.4 Hydrogeologie

5.4.1 Hydraulische Durchlässigkeiten

Zur Bestimmung der hydraulische Durchlässigkeiten im Untersuchungsgebiet liegen Pumpversuchsergebnisse von 9 Grundwassermessstellen vor. Die Ergebnisse sind lagemäßig im Plan der Anlage 7 eingetragen.

Die ermittelten Durchlässigkeiten liegen zwischen $k_f = 1,2 \times 10^{-04}$ m/s und $4,8 \times 10^{-03}$ m/s bei einem Mittelwert von $1,4 \times 10^{-03}$ m/s.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Pumpversuchsergebnisse (Hydraulische Durchlässigkeiten)

Messstelle	RGK	HGK	k_f [m/s]	M [m]
GWM1101	4.592.415	5.357.503	3,60E-03	1,77
GWM1103	4.592.393	5.357.625	9,70E-04	2,55
GWM1110	4.592.211	5.357.778	2,60E-04	3,10
GWM1111	4.591.846	5.357.716	3,50E-04	4,61
GWM1114	4.592.605	5.357.440	4,80E-03	1,42
GWM1153	4.592.375	5.357.592	3,90E-04	1,80
GWM1154	4.592.387	5.357.724	2,40E-05	7,19
GWM1155	4.592.444	5.357.745	1,20E-04	3,20
GWM1156	4.592.541	5.357.751	3,50E-04	1,85
		Mittelwert	1,36E-03	2,54
		Minimum	1,20E-04	1,42
		Maximum	4,80E-03	4,61

5.4.2 Grundwasserstand

5.4.2.1 Datenbasis

Für die Auswertung der Grundwasserstände standen folgende Messwerte zur Verfügung:

Für das engere Untersuchungsgebiet im Bereich der geplanten Einhausung

- Stichtagsmessung vom 07.02.2011 (12 Messstellen)
- Stichtagsmessung vom 18.04.2011 (13 Messstellen)
- Stichtagsmessung vom 09.06.2011 (12 Messstellen)
- Stichtagsmessung vom 18.01.2012 (22 Messstellen)
- Ganglinie der Messstelle P308 mit Messwerten ab Ende 2003 bis Mitte 2011 (Messwertlücke zwischen Ende 2004 und Mitte 2006)

Für das weitere Untersuchungsgebiet

- Stichtagsmessung vom 08.04.1987 (GW 87) (91 Messstellen)
- Stichtagsmessung vom 11.10.1990 (GW 90) (84 Messstellen)

Für die Messstelle P308 lag zum Zeitpunkt der Berichtserstellung eine Ganglinie der Grundwasserspiegellage für den Zeitraum von Messreihe 19.11.2003 bis 11.05.2011 (mit einer Messlücke von 12.11.2004 bis 07.06.2006) vor.

Im Zuge der Neuerstellung der Grundwassermessstellen GWM 1100 bis GWM 1114 und GWM 1153 bis GWM 1156 wurden diese mit Datalogger ausgestattet, so dass zwischenzeitlich Zeitreihen für die vergangenen Monate vorliegen.

Für eine fundierte statistische Auswertung und eine flächenhafte Bestimmung von Hochwasserständen mit definierten Wiederkehrzeiten (HW_{10} , HW_{100}) ist die vorhandene Datengrundlage jedoch bei Weitem noch nicht ausreichend.

Sämtliche Wasserstandsmesswerte sowie die Stammdaten der Messstellen sind in den Tabellen der Anlage 17 beigefügt.

5.4.2.2 Stichtagsmessung vom 18.01.2012

Die jüngste Stichtagsmessung vom 18.01.2012 stellt mit 22 Messpunkten im Umfeld der geplanten Einhausung die Messung mit der bislang höchsten Messstellendichte dar. Sie wurde für die Kalibrierung des numerischen Grundwassermodells verwendet (siehe Kapitel 8).

Im Lageplan der Anlage 3 ist der auf der Grundlage der Stichtagsmessung konstruierte Grundwassergleichenplan dargestellt. Für den Bereich des engeren Untersuchungsgebietes wurden hierfür ausschließlich Messwerte des Stichtags verwendet. Für die großräumige Konstruktion der Grundwassergleichen im weiteren Untersuchungsgebiet wurden auch Messwerte zu anderen Zeitpunkten hinzugezogen. Dies ist aus den Angaben im Lageplan ersichtlich.

Eine Einordnung der Grundwassersituation zu diesem Stichtag kann über den Vergleich mit den anderen bislang vorliegenden Stichtagswerten (s.o.) und über die Ganglinie der Messstelle P308 erfolgen (ebenfalls im Lageplan dargestellt).

Gegenüber den Stichtagsmessungen vom 18.04.2011 und vom 09.06.2011 wurden am 18.01.2012 in allen Messstellen höhere Wasserstände gemessen (im Mittel um 0,19 m bzw. 0,16 m höher). Dabei ist festzustellen, dass mit Ausnahme der Messstelle GWM 1101 an allen Messstellen am 18.04.11 höhere Werte gemessen wurden als am 09.06.11. Möglicherweise wurden für die Messstelle GWM 1101 die Messwerte dieser beiden Stichtage vertauscht.

Nach Angaben in den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde bei den Messungen 2011 in den Messstellen GWM 1100, GWM 1105, GWM 1107, GWM 1108, GWM 1109 und GWM 1112 (nur am 09.06.11 kein GW) kein Grundwasser angetroffen.

Die Messung am 18.01.2012 bestätigt im Wesentlichen diese Feststellung. An den Messstellen GWM 1105, GWM 1107 und GWM 1109 wurde sehr geringe GW-Mächtigkeiten ($< 0,1\text{m}$) gemessen, so dass es plausibel erscheint, dass bei den niedrigeren Wasserständen der übrigen Stichtagsmessungen hier kein Grundwasser angetroffen wurde.

Die Messwerte an den Messstellen P011 und GWM 1154 sind gegenüber dem festgestellten plausiblen Fließregime deutlich, d.h. einige Meter zu hoch (bei allen Messungen festgestellt). Es ist deshalb davon auszugehen, dass hier ein Schichtwasservorkommen gemessen wurden. Diese Grundwasserstandshöhen sind im Lageplan an der Messstelle gesondert markiert eingetragen, für die Konstruktion der Grundwassergleichen wurden sie jedoch nicht verwendet.

An der Messstelle P308 wurde zum Stichtag am 18.01.2012 mit 331,73 m ü. NN ein Wasserstand gemessen, der zwischen dem aus der vorliegenden Zeitreihe ermittelten Mittelwas-

serstand (331,45 m ü. NN) und dem bislang gemessenen Höchstwasserstand (331,89 m ü. NN) liegt.

Für den Stichtag 18.01.2012 ergibt sich demnach unter Einbeziehung der Erkenntnisse aus den übrigen Messungen die in der Anlage 3 dargestellte Situation. **Der Stichtagswasserstand vom 18.01.2012 ist als mittlerer Hochwasserstand einzuordnen**, wobei diese Bezeichnung hier statistisch nicht klar definiert ist. Er kann vor allem auch nicht als mittlerer höchster Grundwasserstand MHGW (arithmetisches Mittel der jährlichen Grundwasserhöchststände über einen ausreichen langen Zeitraum) angesetzt werden.

Für den Nahbereich der geplanten Einhausung ist aufgrund der hohen Stützstellendichte eine hinreichend genaue Aussage bezüglich Fließrichtung, Grundwassergefälle und Grundwassermächtigkeit möglich. Mit zunehmender Entfernung wird die Aussagegenauigkeit aufgrund der geringeren Stützstellendichte naturgemäß geringer. So wurde zwischen den Messstellen GWM 1111 und GWM 1110 im Oberstrom der Einhausung bei einer Entfernung von über 370 m zueinander ein Potenzialunterschied von nur 0,26 m gemessen. Die Bestimmung der Fließrichtung in diesem Bereich ist daher mit Unsicherheiten behaftet, da bereits eine geringe Änderung der Wasserstandshöhe eine deutliche Änderung der Fließrichtung verursacht. Für die Aussagefähigkeit der Modellrechnungen ist dies jedoch aufgrund der Entfernung von über 300 m bzw. über 600 m von der Einhausung und der deutlich höheren Stützstellendichte im Nahbereich nicht relevant.

5.4.2.3 Hochwasserstand

Aufgrund der vergleichsweise schlechten Datenlage bezüglich langfristiger Messwertreihen kann ein Hochwasserstand nicht über die Auswertung von Messwerten und der flächenhaften Konstruktion von Grundwassergleichen dargestellt werden.

Aus diesem Grunde wurde für das numerische Grundwassermodell die Grundwassersituation „mittlerer Hochwasserstand“ = Stichtagswasserstand vom 18.01.2012 als Grundlage zur Kalibrierung verwendet und anschließend durch Erhöhung relevanter Parameterwerte (Grundwasserneubildung, Potenzialhöhen am Modellrand) innerhalb plausibler Grenzen ein Modell-Hochwasserstand (HW) erzeugt. Nähere Angaben zur Vorgehensweise bei der Festlegung des Hochwasserstands können dem Kapitel 8 (numerisches Grundwassermodell) entnommen werden.

5.4.3 Grundwassermächtigkeit

Im Lageplan der Anlage 3 ist zu den konstruierten Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 18.01.2012 die resultierende Grundwassermächtigkeit dargestellt.

Entsprechend der abfallenden Aquiferunterkante und der Verbreiterung des Talausgangs ist wenige Zehnermeter westlich und im Bereich der geplanten Einhausung, d.h. beim Austritt des Grundwasserstroms aus dem Tal des Kößlerner Bachs in das Inntal eine deutliche Verteilung des Grundwassergefälles festzustellen. Dadurch kommt es zu einer Abnahme der Grundwassermächtigkeit von über 6 m auf unter 1,5 m.

Im südlichen Rampenbereich und im nördlichen Drittel der geplanten Einhausung ist eine sehr geringe Grundwassermächtigkeit bzw. grundwasserfreie Zone anzunehmen.

Im nördlichen Drittel der Einhausung an den Messstellen GWM 1100, GWM 1105, GWM 1108, GWM 1154 und P011 wurde zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung am 18.01.2012 kein

Grundwasser angetroffen (Messung im Messstellensumpf, bzw. schwebendes Schichtwasser).

Die Abgrenzung der grundwasserfreien Zone im Bereich der südlichen Rampe erfolgt über die Extrapolation der Grundwassergleichen (südlichste Stützstellen mit Grundwasser GWM 1101 und GWM 1153) mit der Verschneidung der Aquiferunterkante, welche aus den Aufschlusssdaten der Streckenbohrungen konstruiert wurde.

An der geplanten Messstelle GWM 1102 wurde kein Grundwasser angetroffen, so dass dieser Bohrpunkt nicht zu einer Messstelle ausgebaut wurde.

5.4.4 Flurabstand

Die Mächtigkeit der unter der Geländeoberkante anstehenden bindigen Deckschicht schwankt im Bereich der geplanten Einhausung zwischen rd. 3 und 5 Metern. Bei einem Flurabstand der Grundwasserpotenzialhöhe zwischen 0 m und rd. 8 m liegen somit bereichsweise gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Die Flurabstände für den Grundwasserstand der Stichtagsmessung am 18.01.2012 (konstruierte Grundwassergleichen) sowie für den Hochwasserstand HW (mit dem GW-Modell berechnete Grundwassergleichen) sind in den Lageplänen der Anlage 4 und Anlage 9 dargestellt. Aus den Lageplänen ist ersichtlich, dass gespannte Grundwasserverhältnisse vor allem im westlichen Bereich des Untersuchungsgebiets entlang des Kößlerner Bachs zu erwarten sind.

In einigen Bereichen sind Vernässungszonen auf Ackerflächen (bei GWM 1110, GWM 1111 sowie im Bereich der Staubermühle) festzustellen.

5.4.5 Vorflutverhältnisse

Etwa mittig durch das Untersuchungsgebiet verläuft von Westen nach Osten der Kößlerner Bach. Die Auswertung der Vermessungsdaten der Sohlhöhe des Bachs und der gemessenen Grundwasserstände zeigt, dass der Bach im oberstromigen Abschnitt Vorflutwirkung für den quartären Grundwasserleiter besitzt und dass etwa ab Höhe der Messstelle GWM 1103, d.h. im Bereich des steilen Grundwassergefälles die Gewässersohle deutlich über dem Grundwasserstand liegt, d.h. der Bach eine infiltrierende Wirkung haben kann. Das Ausmaß der Infiltration ist naturgemäß von der Kolmation der Gewässersohle abhängig. Eine detaillierte Quantifizierung könnte über Abflussmessungen und Bilanzierung an mehreren Stützpunkten entlang des Bachverlaufs erfolgen, ist jedoch für die erforderliche Aussagegenauigkeit der Modellrechnungen nicht relevant.

6. Geophysikalische Untersuchungen

Die Höhenlage der Staueroberkante wurde auf der Grundlage der Aufschlussbohrungen mittels Interpolation konstruiert. Zur Absicherung der so gewonnenen Ansätze wurden im engeren Untersuchungsbereich zusätzlich geophysikalische Untersuchungen durchgeführt (geoelektrische Tomographie). Damit sollte u.a. geprüft werden, ob die Staueroberkante Inkontinuitäten aufweist, die für die Bewertung der komplexen Grundwasserverhältnisse relevant sein können (z.B. Rinnenstruktur in Fließrichtung des Kößlerner Bachs).

Die Lage der 5 geoelektrischen Profilschnitte ist in den Lageplänen der Anlage 1 und der Anlage 5 eingetragen. Die Auswertung der Messungen ist im Untersuchungsbericht und in den Schnittdarstellungen der Anlage 15 enthalten.

Durch die Untersuchungen wird die auf der Grundlage der Bohraufschlüsse ermittelte Lage der Staueroberkante grundsätzlich bestätigt. Die vertikale Auflösung der geoelektrischen Profilschnitte ist mit einer Genauigkeit von rd. 3 m bis 5 m zwar vergleichsweise gering, jedoch kann mit Hilfe dieser Schnitte die Zulässigkeit der Interpolation zwischen den Stützstellen der Bohraufschlüsse geprüft werden. Die Auswertung der Untersuchungen belegt, dass zwischen den Stützstellen nicht mit einer Inkontinuität der Staueroberkante im Bereich der geplanten Einhausung bei rd. 329 bis 331 m ü. NN zu rechnen ist. Die im Lageplan der Anlage 5 dargestellte Staueroberkante ist somit im engeren Untersuchungsgebiet gut dokumentiert.

7. Bauvorhaben

Das Bauvorhaben besteht im Wesentlichen aus einer geschlossenen Einhausung mit abtauchenden Zufahrtsrampen im Süden und Norden, welche durch seitliche Stützwände abgesichert sind. Da die Bauwerkssohle weit überwiegend unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, ist eine Ausbildung als Grundwasserwanne vorgesehen.

Detaillierte Darstellungen (Lage und Schnitt) sind den entsprechenden Planungsunterlagen zu entnehmen. In den beiliegenden Lageplänen ist die Lage der Wanne bzw. der Einhausung eingetragen. In den schematischen Schnitten der Anlage 16 sind Wannenerkante, Gradienten der Fahrbahn und Oberkante der Einhausung dargestellt.

Die Einhausung erstreckt sich auf den Bereich zwischen km 23+010 und km 23+460.

Die Grundwasserwanne ist für den Bereich zwischen km 22+850 und km 23+460 vorgesehen.

Die Wanne inklusive der Zufahrtsrampen liegt im Bereich zwischen den Baukilometern km 22+750 und km 23+630 unter der bestehenden Geländeoberkante. Der Tiefpunkt der Gradienten liegt mit 329,70 m ü. NN etwa zwischen km 22+250 und km 22+200. Die Unterkante der Wanne liegt rd. 2,8 m tiefer bei 326,9 m ü. NN.

Die Unterkante der Wanne greift bis zu maximal rd. 3 m in den Stauer ein. Auf einer Länge von 310 m ist keine Unterströmung möglich, so dass der Grundwasserstrom hier vollständig abgesperrt wird. An keiner Bohrung wurde der Stauer durchteuft, so dass von einer Höhe der Stauerunterkante unterhalb von 320 m ü. NN (= Endteufe MK 806) auszugehen ist. Die Stauerächtigkeit beträgt demnach mindestens rd. 10 m.

Der Kößlamer Bach wird über die Einhausung hinweg geführt und gegenüber seinem derzeitigen Verlauf um etwa 60 m nach Norden verlegt.

8. Numerisches Grundwassermodell

8.1 Software und Modellaufbau

Für die Erstellung des numerischen Grundwassermodells wurde die Software Feflow, Version 6.0 (DHI-Wasy) verwendet. Die nachfolgend erläuterten Modelldaten sind in Plänen und Tabellen zusammenfassend in der Anlage 6 dargestellt.

Es wurde ein stationäres 3D-Modell mit 5 Schichten und 6 Trennflächen (d.h. 5 *Layer* und 6 *Slices*) und insgesamt rund 60.000 Knoten erstellt. Das Quartär wurde mit vier Schichten modelliert. Schicht 1 stellt die bindigen Deckschichten über dem Grundwasserleiter dar, die Schichten 2, 3 und 4 den kiesigen quartären Grundwasserleiter über dem Stauer und Schicht

5 gibt die bindigen oberen tertiären Einheiten wieder. Die (stratigraphischen) Schichtgrenzen (Geländeoberkante, Deckschichtunterkante und Staueroberkante) wurden unter Verwendung aller verfügbarer Bohrprofile mit Hilfe eines Interpolationsverfahrens zugewiesen.

Das geplante Bauwerk der Grundwasserwanne wurde als Bereich mit sehr geringer Durchlässigkeit ($k_f = 1 \times 10^{-09}$ m/s) in der Schicht 3 implementiert, so dass innerhalb des quartären Grundwasserleiters in der Schicht 2 und 4 eine Unter- und Überströmung des Bauwerks erfolgen kann.

Die Unterkante des Bauwerks wurde entsprechend den vorliegenden Plänen in einer Tiefe von 2,8 m unter der Fahrbahngradienten angesetzt.

8.2 Modellgebiet

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von rund 16 km². Die Modellgrenzen wurden so gewählt, dass sie am westlichen und östlichen Modellrand parallel zu den auf der Grundlage der Stichtagsmessung konstruierten Grundwassergleichen verlaufen und damit jeweils mit einem konstanten Fixpotenzial (Randbedingung 1. Art) belegt werden können. Der südliche und nördliche Modellrand verläuft senkrecht zu den konstruierten Grundwassergleichen, also parallel zur Fließrichtung und kann somit ohne Randbedingung, d.h. mit „No-Flow“ verbleiben.

Die obere und untere (westliche und östliche) Modellgrenze ist in ausreichender Entfernung (oberstromig 650 m, unterstromig > 5 km) gewählt, so dass mit Sicherheit keine Beeinflussung der gesetzten Randbedingungen auf die berechneten Auswirkungen der Baumaßnahmen erfolgt.

Die Entfernung der nördlichen und südlichen Modellgrenzen ergibt sich – wie oben erwähnt – aus den Randstromlinien des aus dem Kößlerner Tal in das Inntal austretenden Grundwasserstroms (zum Zustand zur Stichtagsmessung). Da hier keine Randbedingungen gesetzt sind, können Auswirkungen, die sich gegebenenfalls auf Bereiche außerhalb des Modellgebietes erstrecken würden über die unmittelbar am Modellrand berechnete Änderung abgeschätzt werden.

8.3 Randbedingungen

Die sogenannten *Randbedingungen* eines Grundwassermodells werden definiert durch:

1. Potenzialhöhe des Grundwasserstands - (*Fixed head* = Randbedingung 1. Art)
2. Definierter Zustrom in oder Abstrom aus dem Grundwasserleiter - (*Flux* = Randbedingung 2. Art)
3. Potenzialhöhe des Wasserstands in einem Vorfluter, der mittels eines Kolmations-Materialparameters an den Grundwasserleiter gekoppelt ist - (*Transfer* = Randbedingung 3. Art)
4. Entnahme- oder Schluckbrunnen - (*Well* = Randbedingung 4. Art)

Im vorliegenden Grundwassermodell ist der ober- und unterstromige Modellrand jeweils mit einem Fixpotenzial (RB 1. Art) belegt.

Der Kößlerner Bach innerhalb des Modellgebietes wird durch eine Randbedingung 3. Art definiert.

Eine Randbedingung 2. Art (*Flux In*), d.h. ein definierter Zustrom in den Grundwasserleiter wurde im Modell nicht implementiert. Ein Zufluss am oberstromigen Modellrand ergibt sich aus den gesetzten Potenzialdifferenzen (RB 1. Art) zwischen dem ober- und unterstromigen Modellrand.

8.4 Materialparameter

Die sog. Materialparameter eines Grundwassermodells umfassen im Wesentlichen die *hydraulische Durchlässigkeit* (k_f -Wert) des Untergrundes, seine *Porosität*, die *Grundwasserneubildung* (*Inflow on Top*) sowie – für den Fall, dass Vorfluter mittels Randbedingung 3. Art implementiert sind – die *Kolmation* (sog. Transfer-Rate), welche die Anbindung des Vorfluters an den Grundwasserleiter steuert. Diese Transferrate kann differenziert für Infiltration und Exfiltration angegeben werden.

8.5 Kalibrierung – Wasserstand der Stichtagsmessung vom 18.01.2012 (Modell STM)

Während der Kalibrierung eines stationären Grundwassermodells werden die (zeitlich unveränderlichen) *Materialparameter* in einem iterativen Vorgang im Rahmen plausibler und evtl. durch Messungen oder Literaturwerte belegter Grenzen derart angepasst, dass innerhalb des Modellgebietes unter Vorgabe der (gemessenen) Randbedingungen die hydraulischen Verhältnisse eines Messzeitpunktes (Stichtagsmessung der Grundwasserstände) mit hinreichender Genauigkeit wiedergegeben werden. Für das vorliegende Modell standen hierzu die Ergebnisse einer Reihe von Pumpversuchen zur Verfügung (siehe Kapitel 5.4.1).

Vor der Kalibrierung des Modells auf den Grundwasserstand der Stichtagsmessung vom 18.01.2012 wurde zunächst für den quartären Grundwasserleiter (*Layer 2 bis 4*), ein einheitlicher Durchlässigkeitsbeiwert von 2×10^{-03} m/s angesetzt. Die quartären Deckschichten (*Layer 1*) wurden mit einem k_f -Wert von 1×10^{-06} m/s und der tertiäre Stauer (*Layer 5*) mit 1×10^{-08} m/s belegt. Im Zuge der Kalibrierung wurden die Durchlässigkeiten für die Quartärkiese unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse bereichsweise im Bereich von 2×10^{-04} m/s bis 4×10^{-03} m/s angepasst.

Die innerhalb des Modellgebiets liegenden Baggerseen wurden durch den Ansatz einer sehr hohen Durchlässigkeit von $k_f = 1$ abgebildet.

Die *Porosität* wurde im gesamten Modellgebiet mit 20 % angesetzt. Dieser Wert repräsentiert gleichermaßen kiesige Sande wie Mittelkiese.

Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung am 18.01.2012 und einige Tage vorher waren keine Niederschläge zu verzeichnen. Die Grundwasserneubildung wurde im Modell dementsprechend auf 0 mm/d gesetzt.

Im Zuge der Auswertung der Stichtagsmessung wurden Grundwassergleichen auf Grundlage der Interpolation der Messwerte konstruiert. Für den oberstromigen und unterstromigen Modellrand wurden die Fix-Potenzialhöhen (*RB 1. Art*) bei 345 m ü. NN und 318 m ü. NN gewählt.

Für die Randbedingungen 3. Art (Potenzialhöhen des Kößlerner Bachs) wurden im Rahmen der Stichtagsmessung keine Messwerte (Wasserstandshöhen) erhoben. Es lagen lediglich Vermessungsdaten der Sohlhöhen sowie der Wasserstandshöhen für einen Hochwasserabfluss HQ_{100} vor. Aus diesem Grunde wurden im Zuge der Kalibrierung die Wasserstands-

höhen des Bach mittels plausibler Annahmen („höher als Sohlhöhe, niedriger als HW_{100} -Höhe“) ermittelt.

Im Bereich der Einhausung ist der Kößlerner Bach nicht vorflutwirksam. Die Sohle liegt weit über dem Grundwasserstand. Eine detaillierte Quantifizierung einer möglichen Infiltration in diesem Bereich ist ohne Abflussmessungen nicht möglich. Im Sinne einer hinreichend genauen Aussagekraft der Modellberechnungen ist das jedoch auch nicht erforderlich.

Im Lageplan der Anlage 7 ist das Ergebnis der Modellkalibrierung dargestellt. Die Abweichungen zwischen den Messwerten und den berechneten Modellwerten sind tabellarisch und farblich differenziert an den Stützpunkten eingetragen. Der Mittelwert aller Messwerte liegt um 5 cm über dem Mittelwert der modellierten Werte. Berücksichtigt man die für die Modellaussage relevanten Stützstellen im Nahbereich der geplanten Einhausung ergeben sich die identischen Mittelwerte (Differenz 0 cm). Die mittlere betragsmäßige Abweichung im Nahbereich beträgt 17 cm.

Im folgenden Diagramm (Scatter-Plots mit Regressionsgerade) sind die Ergebnisse der Kalibrierung des Grundwassermodells dargestellt. Die grau dargestellten Werte mit hohen Abweichungen stellen die Messungen der Schichtwasserstände bzw. in den Messstellen-sümpfen dar, welche naturgemäß mit dem Modell nicht nachgebildet werden können.

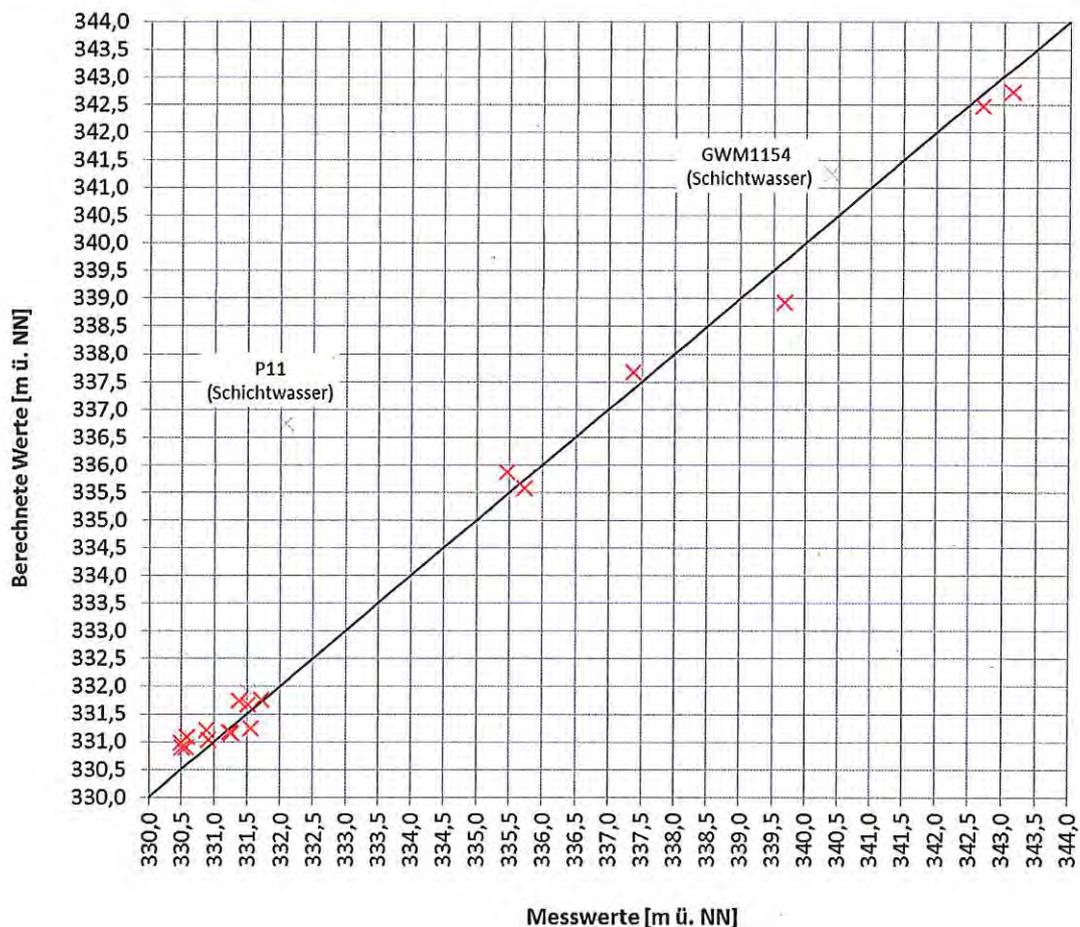


Abbildung 1: Kalibrierergebnis des numerischen Modells; Abweichungen Modellwerte-Messwerte

Für die Berechnung der Grundwasseraufstauhöhe an einem Bauwerk, das in das Grundwasser hineinreicht, stellt das Grundwassergefälle eine maßgebliche Größe dar. Diesbezüglich ist deshalb eine Überprüfung des Kalibrierergebnisses erforderlich.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte für das mittlere Grundwassergefälle zusammengestellt, die sich im Bereich des starken Abfalls kurz vor der geplanten Einhausung und im Bereich des wieder flacher werdenden Gefälles nach dem Übergang in die Niederterrassenschotter kurz hinter der Einhausung ergeben. Sie wurden jeweils aus den Abständen der gemessenen und der berechneten Grundwassergleichen bestimmt. Wie der Vergleich der Werte belegt, wird das gemessene Strömungsregime im Bereich der geplanten Einhausung durch das Modell gut abgebildet.

Weiterhin ist zu erkennen, dass mit zunehmender Grundwasserstandshöhe das Gefälle etwas abnimmt. Dies ist durch den im Unterstrom stärkeren Grundwasseranstieg bei Hochwasser zu erklären (siehe dazu Erläuterungen zum Hochwassermodell im Kapitel 8.6).

Tabelle 2: Grundwassergefälle der gemessenen und modellierten Grundwasseroberfläche im Bereich der geplanten Einhausung (derzeitiger Zustand ohne Einbindung des Bauwerks !)

Grundwassergefälle, ca.	oberstromig	unterstromig
	der geplanten Einhausung	
Stichtagsmessung (gemessen)	6,0%	1,2%
Stichtagsmessung (modelliert)	5,9%	1,2%
Hochwasser (modelliert)	5,6%	1,2%

8.6 Modellversion Hochwasser (HW)

Wie im Kapitel 5.4.2.3 bereits erläutert, stehen für die Erstellung einer Modellversion *Hochwasserstand* keine Messwerte zur Verfügung. Die Modellversion *Stichtagswasserstand* stellt lediglich einen mittleren Hochwasserstand dar, der häufiger auftreten kann (hier keine statistisch definierte Bezeichnung!). Um Prognoserechnungen für die maximal zu erwartenden Auswirkungen der Baumaßnahmen durchführen zu können, muss jedoch ein Hochwasserstand simuliert werden, der nur sehr selten erreicht oder überschritten wird.

Für die Berechnung der Auswirkungen der Grundwasserwanne auf die Grundwasserströmungsverhältnisse wurden deshalb auf der Grundlage plausibler Überlegungen eine Modellversion Hochwasser (HW) erstellt. Der Hochwasserstand wird dabei durch eine Erhöhung der relevanten Parameter (Grundwasserneubildung und Fix-Potenzialhöhen am Modellrand) innerhalb plausibler Grenzen erzeugt. Die weiteren Materialparameter des Modells (Durchlässigkeit, Porosität) bleiben dabei naturgemäß unveränderlich.

Im Lageplan der Anlage 9 ist das Grundwassermodell *Hochwasser (HW)* mit den berechneten Grundwassergleichen, dem daraus resultierenden Flurabstand im Modellgebiet und den Differenzhöhen zum Modellwasserstand Stichtagsmessung dargestellt.

Gegenüber dem *Modell Stichtagsmessung* wurden im *Modell Hochwasser* eine Grundwasserneubildung von 1 mm/d angesetzt. Die Fixpotenzialhöhen am oberen und unteren Modellrand wurden um 0,3 m erhöht. In der Folge davon steigt der Grundwasserstand unmittelbar westlich der geplanten Einhausung um Werte zwischen 1 m und 1,5 m. Östlich der Einhausung ergibt sich ein höherer Anstieg zwischen rd. 2 m und 2,5 m. In größerer Entfernung (> 200 m) westlich der Einhausung liegt der Grundwasseranstieg bei unter 0,5 m.

Es ist zu erkennen, dass beim Modellwasserstand HW im Talboden des Kößlerner Bach weite Bereiche einen sehr geringen Flurabstand bzw. Vernässungszonen aufweisen. Dies ist bereichsweise bereits bei den konstruierten Grundwassergleichen des gemessenen Wasserstands der Stichtagsmessung (vgl. Anlage 4) der Fall und deckt sich mit den Feld-Beobachtungen von Vernässungszonen.

Die natürliche Begrenzung eines höchstmöglichen Grundwasseranstieges ist durch die Geländeoberfläche im Kößlerner Tal gegeben.

Das Grundwassermodell ist so konzipiert, dass Grundwasser, welches über die Geländeoberfläche ansteigt aus dem Modellgebiet entfernt wird, d.h. in der Realität über ein Oberflächengewässer (hier: Kößlerner Bach) abgeführt wird.

Bemerkung: Das vorliegende Modell ist kein gekoppeltes Grundwasser - Oberflächenabflussmodell, d.h. es erfolgt keine exakte, iterative Berechnung des Austausches zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer!

Dies bedeutet, dass der Grundwasserstand bei einer flächenhaften Erhöhung der Grundwasserneubildung über das gesamte Modellgebiet in Bereichen mit ausreichend hohen Flurabständen (östlich der geplanten Einhausung) ungehindert ansteigen kann (hier bis zu maximal rd. 2,5 m). In Bereichen mit ohnehin bereits geringen Flurabständen bzw. Vernässungszonen (westlich der geplanten Einhausung im Kößlerner Tal) ist dagegen nur noch ein geringer Anstieg zwischen 0 und rd. 0,5 m möglich. Aus den Darstellungen der Differenzen zwischen modelliertem Stichtagwasserstand und modellierten Hochwasser (kleine Darstellungen auf dem Lageplan der Anlage 9) geht dies deutlich hervor.

Westlich der geplanten Einhausung liegt der modellierte Hochwasserstand somit auf einer Höhe, die auch bei sehr ungünstigen Randbedingungen kaum noch überschritten werden kann. Östlich der Einhausung wäre dies theoretisch jedoch möglich, so dass die Plausibilität des hier berechneten Hochwasserstand bewertet werden muss.

Die Datenreihe der Messstelle P308 (südöstlich der geplanten Einhausung, d.h. im Bereich hoher Flurabstände > 9 m) ist mit einem Messzeitraum von bislang rund 6 Jahren noch nicht ausreichend lang, um belastbare statistische Berechnungen einer langjährigen Hochwasserprognose (HW_{100}) durchführen zu können. Weitere Zeitreihen über mehrere Jahre hinweg existieren nicht. Die Angabe eines Hochwasserstands in diesem Bereich kann daher nicht auf der Grundlage vorliegender Messwerte erfolgen, so dass dafür die hier durchgeführten Berechnungen auf der Grundlage plausibler Ansätze verwendet werden müssen.

Im nachfolgenden Diagramm sind die bislang gemessenen Extremwerte (HW und NW), der mittlere Wasserstand (MW) und der Stichtagwasserstand (18.01.2012), sowie die Modellwerte STM und HW zusammengestellt. Es ist abzulesen, dass der Modellwasserstand HW nochmals um rd. 1,5 m über dem bislang höchsten gemessenen Wasserstand liegt. Dies scheint zunächst ein sehr hoher Wert zu sein. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die bislang vorliegende Messreihe vergleichsweise kurz ist und noch keine extreme Hochwassersituation erfasst hat. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass in Schotterflächen hohe Grundwasserschwankungen auftreten können, welche durch Grundwasserzuflüsse aus den Seitentälern und über unmittelbare Oberflächenversickerung generiert werden.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden hydrogeologischen Verhältnisse und der beschriebenen Besonderheiten ist der gewählte Ansatz im Hinblick auf die Bewertung möglicher Auswirkungen der geplanten Einhausung auf die Grundwasserverhältnisse zweckmäßig und ausreichend sicher. Im Hinblick auf die konstruktive Gestaltung und Bemessung der Grund-

wasserwanne wird allerdings zusätzlich der Ansatz eines Sicherheitszuschlags von 0,3 m empfohlen.

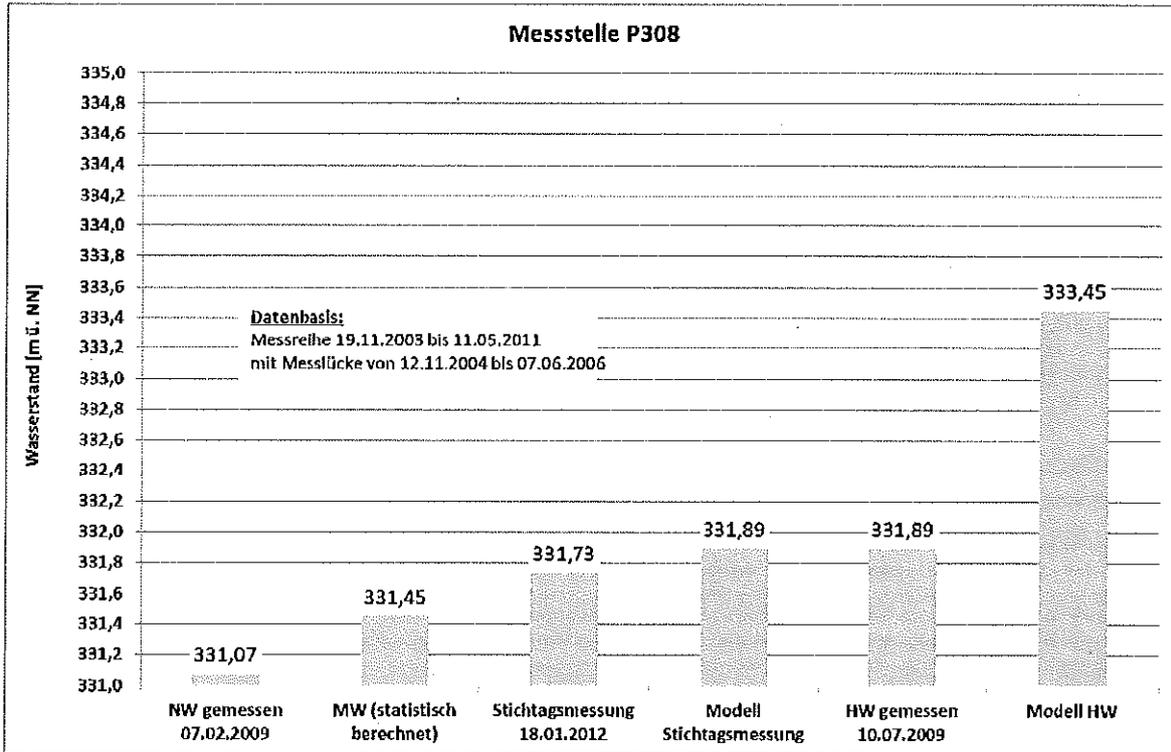


Abbildung 2: Modellwerte und Messwerte der Grundwassermessstelle P308

8.7 Prognoseberechnungen

Ziel der Untersuchungen ist es, mit Hilfe von Prognoseberechnungen die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen auf das Grundwasser zu quantifizieren. Hierbei sind insbesondere mögliche Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgungen Osterholzen und Safferstetten von Belang.

In einem ersten Schritt werden zunächst die Auswirkungen untersucht, die der Bau der geplanten Einhausung grundsätzlich auf den Grundwasserabfluss haben wird. Da das Bauwerk in den Grundwasserstrom eintaucht, wirkt es als Hindernis, so dass oberstrom mit einem Grundwasseraufstau und unterstrom mit einer –absenkung zu rechnen ist. In einem zweiten Schritt werden Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen in das Modell implementiert und deren Wirkung berechnet. Analog zur Vorgehensweise bei ähnlichen Baumaßnahmen kann die Reduzierung der Auswirkungen durch den Bau und Betrieb von Grundwasserüberleitungen erreicht werden. Dabei handelt es sich um Bauwerke, bei denen das Grundwasser oberstrom der Einhausung mit Dränagen gefasst und unterstrom ebenfalls mittels Dränagen wieder versickert wird. Die Dränagestränge werden durch Vollrohrleitungen miteinander verbunden, so dass die Überleitungen im freien Gefälle ohne Einsatz von Pumpen wirken.

Alle Prognoseberechnungen werden mit dem oben erläuterten Modell HW durchgeführt.

Modelltechnisch wird die Grundwasserwanne als Störkörper mit einem k_f -Wert von 1×10^{-09} m/s (quasi undurchlässig) entsprechend der in der Planung vorgegebenen Lage in die Modellschicht Nr. 3 (= mittlere Schicht des quartären Grundwasserleiters) implementiert.

Damit ist theoretisch in den Schichten Nr. 2 und Nr. 4 eine Über- und Unterströmung des Bauwerks möglich.

Im Bereich der Grundwasserwanne wird die Unterkante der Schicht Nr. 3 (= Slice 4) in ihrer Höhenlage entsprechend der geplanten Unterkante der Grundwasserwanne angepasst. Da diese Unterkante teilweise in den Grundwasserstauer (= Schicht Nr. 5) eingreift, muss deren Oberkante (= Slice 5) ebenfalls angepasst (abgesenkt) werden. Zwischen Bauwerksunterkante und Staueroberkante verbleibt modelltechnisch ein Minimalabstand von 0,1 m. In diesem Bereich ist das Quartär jedoch hydraulisch undurchlässig modelliert. In der folgenden Abbildung ist der Modellaufbau schematisch veranschaulicht (siehe auch Abbildungen der Anlage 6).



Abbildung 3: Schema des Modellaufbaus mit Einbau des Bauwerks

Die Grundwasserüberleitungen werden als sog. *discrete-feature-elements* implementiert. Dadurch können zwei beliebige Netzknoten des Finite-Elemente-Netzes „kurzgeschlossen“ werden, d.h. es erfolgt ein Potenzialausgleich entsprechend der Potenzialhöhe des ober- und unterstromigen Netzknotens nach dem Fließgesetz von *Manning-Strickler* unter Berücksichtigung eines anzugebenden Rohrdurchmessers (hier DN 300).

Im Anschluss an diese beiden Netzknoten ober- und unterstromig des Bauwerks werden parallel zum Bauwerk weitere *discrete-feature-elements* implementiert, welche jedoch jeweils nur zwei unmittelbar benachbarte Netzknoten miteinander verbinden. Hierdurch werden Dränagen längs des Bauwerks zur Fassung des Grundwassers (oberstromig) bzw. Wiederversickerung (unterstromig) simuliert.

Die Überleitungsmengen in den einzelnen Grundwasserüberleitungen können über die berechneten Fließgeschwindigkeiten multipliziert mit der angesetzten Rohrquerschnittsfläche (DN 300) berechnet werden.

8.7.1 Ermittlung der Aufstauhöhen für die fertiggestellte Grundwasserwanne mit und ohne Maßnahmen zur Minimierung

Im linken Lageplan der Anlage 10a sind die berechneten Grundwasserstände eingetragen, die sich ergeben, wenn die Grundwasserwanne nach der oben erläuterten Vorgehensweise im Modell-HW implementiert wird.

Wie dargestellt, ist mit Differenzhöhen zum unbeeinflussten Hochwasserstand von bis zu rd. 2,5 m (Aufstau oberstromig) bzw. – 1,2 m (Absenkung unterstromig) zu rechnen. Die relativ

stark voneinander abweichenden Werte für den Aufstau und die Absenkung sind wie folgt zu erklären und zu bewerten:

➤ **Erläuterung zur Geometrie (Reichweite und Differenzhöhen) der berechneten Auswirkungen des Bauwerks auf den Grundwasserabfluss**

Liegt ein Störkörper in einem homogenen Grundwasserleiter mit gleichmäßigem Grundwassergefälle und gleichmäßiger Grundwasserhöhe, werden der Aufstau vor und die Absenkung hinter dem Störkörper gleich groß sein. Dieser Fall kann auch mit einfachen analytischen Formeln berechnet werden. Die tatsächlich zu erwartende Größe des Aufstaus und der Absenkung hängt allerdings von den vor Ort vorliegenden Bedingungen ab. Sie kann erheblich von den Werten eines homogenen Berechnungsfalls abweichen.

Neben den Ausmaßen des Störkörpers sind vor allem das Grundwassergefälle und dessen kleinräumige Verteilung für die Größe und Reichweite von Aufstau und Absenkung maßgeblich. Je größer das Gefälle ist, desto größer werden auch diese Werte. Im vorliegenden Fall liegt der Störkörper (nämlich die geplante Grundwasserwanne) im Übergangsbereich zwischen großem Grundwassergefälle oberstromig und geringem Grundwassergefälle unterstromig. Aus diesem Umstand ergibt es sich, dass der Aufstau oberstromig größer ausfällt als die entsprechende Absenkung unterstromig. Weiterhin ist das Grundwassergefälle oberstromig entlang der Einhausung nicht konstant. Im südwestlichen Abschnitt ist das Gefälle größer, wird dann etwa bei km 23+200 geringer und ist wieder ab ca. km 23+320 größer. Aus diesem Grund ist die berechnete Aufstauhöhe entlang der Einhausung ebenfalls nicht konstant, sondern variiert mit dem Grundwassergefälle.

Da die Auswirkungen des geplanten Bauwerks auf die Grundwasserverhältnisse als relativ hoch einzustufen sind, werden Maßnahmen zur Minimierung erforderlich. Wie beschrieben kann dies durch den Betrieb von Grundwasserüberleitungen erreicht werden. In das Modell wurden deshalb insgesamt 8 Überleitungen im Abstand von rd. 50 m zwischen Streckenkilometer 23+000 und 23+340 eingebaut. Die Lage und Größe der Überleitungen wurde durch mehrfache Modellberechnungen so optimiert, dass eine möglichst gute Wirkung erreicht werden kann. Das wird erreicht, wenn die Überleitungen nach den Angaben in der folgenden Tabelle hergestellt werden.

Tabelle 3: Angaben zu den vorgeschlagenen Überleitungen

Auswertung der berechneten Überleitungsmengen					
Überleitung	Fließgeschwindigkeit	Durchflussquerschnitt (DN300)	Durchfluss	Länge der angeschlossenen Draingen	Dariangentyp
[Str.-km]	[m/d]	[m ²]	[l/s]	[m]	[-]
23.000	5.016	0,031	1,8	2 x 20	Z-Drainage
23.050	2.704	0,031	1,0	4 x 20	H-Drainage
23.100	4.454	0,031	1,6	2 x 20	Z-Drainage
23.155	4.373	0,031	1,6	2 x 10	Z-Drainage
23.175	4.092	0,031	1,5	2 x 20	U-Drainage
23.240	4.168	0,031	1,5	2 x 20	Z-Drainage
23.285	3.176	0,031	1,2	1 x 20 1 x 30	Z-Drainage
23.340	2.888	0,031	1,1	2 x 20	Z-Drainage
Modell HW		Summe	11,2		

Die Ergebnisse der Berechnungen mit Wirkung der Überleitungen sind im rechten Lageplan der Anlage 10a dargestellt. Die Auswirkungen (Aufstau und Absenkung) werden im größten Teil der Strecke auf Werte unter 0,15 m reduziert. Im südlichen Bereich der Grundwasserwanne liegt der Maximalaufstau bei rd. 0,4 m. Die prognostizierten Absenkungen unterstromig liegen bei Werten unter 0,15 m.

Aus dem Detaillageplan der Anlage 10b ist die detaillierte Lage der vorgeschlagenen Überleitungen mit den entsprechenden Schachtbauwerken ersichtlich. Der Detailschnitt der Anlage 10c zeigt beispielhaft eine Grundwasserüberleitung im Querschnitt.

Der Bereich, in dem es rechnerisch zu einem Aufstau von mehr als 0,15 m kommen kann, befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Bauwerk und hat eine Ausdehnung von maximal 45 m. Der Aufstau erfolgt zudem in Bereichen, für die im unbeeinflussten Zustand bei Hochwasser ein Flurabstand von rd. 4,5 m bis rd. 7 m berechnet wurde. Somit wird der Flurabstand im geplanten Zustand auch bei Hochwasser in jedem Fall über 4 m liegen. Auswirkungen auf die Nutzung der Flächen sind daher nicht zu erwarten. Die Staubermühle, sowie der bebaute Ortsbereich von Tutting liegen außerhalb des 15-m-Auswirkungsbereiches.

Die berechneten Überleitungsmengen sind in der Tabelle 3 sowie im o.g. Lageplan eingetragen. Insgesamt muss im bei dem hier angesetzten Wasserstand HW eine Grundwassermenge von rd. 11 l/s übergeleitet werden. Für die einzelnen Überleitungen ergeben sich Mengen von < 2 l/s. Bei niedrigeren Wasserspiegellagen werden auch die Überleitungsmengen geringer.

Im Endzustand mit Grundwasserüberleitungen ergibt sich in einem ca. 50 m langen Abschnitt zwischen km 23+100 und 23+150 auch unterstrom der Einhausung ein Grundwasser-aufstau von bis zu 0,3 m gegenüber dem unbeeinflussten Zustand. Die Ursache dafür ist neben den bereits erläuterten Einflüssen der kleinräumigen Verteilung des Grundwasser-gefälles auch in der Anordnung der Dränagestränge der einzelnen Überleitungen zur Wasserfassung und -versickerung zu suchen. Durch den z-förmigen Aufbau der Überleitungen mit den in Längsrichtung der Grundwasserwanne versetzt angeordneten Dränagen für die Wasserfassung (oberstrom) und die Wiederversickerung (unterstrom) erfolgt zusätzlich zur Grundwasserüberleitung senkrecht zur Einhausung (nach Südosten) auch ein Grundwassertransport längs des Bauwerks (nach Nordosten). Gegenüber den unbeeinflussten Verhältnissen wird dadurch eine erhöhte Grundwasserwegsamkeit in Richtung Nordosten erzeugt, so dass sich der Bereich mit rechnerischem Grundwasseraufstau entsprechend verlagert.

Die Ausdehnung des Bereichs in dem es unterstrom der Grundwasserwanne zu einem Aufstau > 0,15 m kommt, beträgt weniger als 30 m. Auswirkungen auf die Nutzung der Flächen sind daher ebenso wenig wie im Aufstaubereich oberstrom des Bauwerks zu erwarten.

8.7.2 Angaben zur Länge der Grundwasserwanne

Wie bereits im Kap. 7 beschrieben, besteht das Bauwerk aus einer geschlossenen Einhausung mit abtauchenden Zufahrtsrampen im Süden und Norden. Aus den Ergebnissen der hydrogeologischen Untersuchungen und den Berechnungen mit dem Grundwassermodell können folgende Angaben für die konstruktive Gestaltung des Bauwerks abgeleitet werden:

- Die Zufahrtsrampen südlich und nördlich der Einhausung müssen so gestaltet werden, dass ein Eindringen von Grundwasser in das Bauwerk sicher verhindert wird. Das ist gewährleistet, wenn die Grundwasserwanne in den Rampenbereichen bis zur Höhe des Grundwasserstands HW zuzüglich eines Sicherheitszuschlags von 0,3 m hergestellt wird.

Entsprechend der Darstellung in den Profillinienanschnitten in Anlage 13 wird daher folgende Ausdehnung der Zufahrtsrampen empfohlen:

- Rampe Süd: von km 22+850 bis zum Beginn der Einhausung bei km 23+010
 - Rampe Nord: bis zum Ende der Einhausung bei km 23+460
- Die Grundwasserwanne muss auftriebssicher gestaltet werden. Zur Berechnung der Auftriebssicherheit wird empfohlen, den Grundwasserstand HW + 0,3 m Sicherheitszuschlag anzusetzen. Nähere Angaben können den Profillinienanschnitten in Anlage 16 entnommen werden.
- Im zentralen Bereich bindet die Unterkante des Bauwerks in den Grundwasserstauer ein. Wie auch aus dem Profilschnitt in der Anlage 13b ersichtlich wird, wurde die Unterkante des schluffig, tonigen Grundwasserstauers in den Bohrungen, die stellenweise bis in eine Tiefe von 20 m unter GOK abgeteuft wurden, nicht erreicht. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Mächtigkeit des Grundwasserstauers voraussichtlich so groß, dass Auftriebsprobleme durch den Druckwasserspiegel eines tiefer liegenden tertiären Grundwasserstockwerks nicht zu erwarten sind. Dieser Umstand kann bei der Dimensionierung der Bauwerksabmessungen und der Dicke der Bodenplatte berücksichtigt werden, sofern er im Zuge von Detailplanungen durch zusätzliche Bohrungen entlang der Bauwerksachse verifiziert wird.

8.7.3 Auswirkungen des Bauwerks im Bauzustand auf die Grundwasserverhältnisse

Die Herstellung der Grundwasserwanne soll in einzelnen Bauabschnitten erfolgen, so dass erforderliche Anpassungsmaßnahmen an Straßen und Oberflächengewässern sowie sonstige begleitende Maßnahmen in zweckmäßiger Weise erfolgen können. Auf diese Weise wird es auch möglich, die Auswirkungen zu minimieren, die sich während der Bauzeit für die Grundwasserverhältnisse ergeben. Zu diesem Zweck soll das Bauwerk von Norden nach Süden in einzelnen Abschnitten so hergestellt werden, dass fertig gestellte Grundwasserüberleitungen im Bereich vorlaufender Bauabschnitte frühzeitig zur Verfügung stehen.

Da in vorläufigen Berechnungen festgestellt wurde, dass aus hydrogeologischen Gesichtspunkten keine Zwangspunkte vorhanden sind, die bei der Festlegung der Bauabschnitte berücksichtigt werden müssen, erfolgte die Unterteilung nach ingenieurtechnischen Vorgaben. Nach dem gegenwärtigen Planungsstand ergibt sich von Norden nach Süden folgende Unterteilung:

- Bauabschnitt 1: km 23+460 (nordöstlicher Bauwerksrand) bis km 23+360
- Bauabschnitt 2: km 23+360 bis 23+260
- Bauabschnitt 3: km 23+260 bis 23+118
- Bauabschnitt 4: km 23+118 bis 23+010
- Bauabschnitt 5: km 23+010 bis 22+850 (südwestlicher Bauwerksrand)

Zur Berechnung der Auswirkungen, die während der Bauausführung auf die Grundwasserverhältnisse zu erwarten sind, wurden die dichten Baugruben der jeweiligen Bauabschnitte und die fertig gestellten Teile des Bauwerks einschließlich der jeweils mitgebauten Grundwasserüberleitungen in das Grundwassermodell eingebaut. Hierfür wurde das Grundwassermodell *Stichtagsmessung* verwendet, welches einen mittleren Hochwasserstand abbildet (siehe hierzu Auswertungen im Kapitel 5.4.2.2).

Eine Darstellung der einzelnen Bauphasen einschließlich der berechneten Grundwasserstände und Aufstauhöhen kann den Lageplänen der Anlage 8 entnommen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen werden nachfolgend kurz beschrieben.

➤ **Bauabschnitt 1: km 23+460 bis km 23+360**

Der Bauabschnitt 1 beginnt am Nordrand der Grundwasserwanne bei Bau-km 23+460 und hat eine Länge von 100 m. Durch die Herstellung des Bauwerks in einer wasserdichten Baugrube wird der Grundwasserstrom auf dieser Länge abgesperrt. Wegen der geringen Länge des Abschnitts ergeben sich dennoch nur geringfügige Beeinträchtigungen der Grundwasserverhältnisse. Die Maximalbeträge für den Aufstau oberstrom des Bauwerks und die Absenkung unterstrom sind jeweils kleiner als 0,15 m. Relevante Auswirkungen auf den Grundwasserabstrom sind in dieser Phase somit nicht zu erwarten.

➤ **Bauabschnitt 2: km 23+360 bis 23+260**

Nach der Einrichtung der dichten Baugrube für den Bauabschnitt 2 wird der Grundwasserstrom auf einer Länge von insgesamt 200 m abgesperrt. Die bei km 23+340 vorgesehene Grundwasserüberleitung Ü 8 ist noch nicht in Betrieb. Unter diesen Voraussetzungen ist oberstrom des Bauwerks mit einem Grundwasseraufstau zu rechnen, dessen maximaler Wert von 0,4 m am Rand des Bauwerks bei km 23+350 erreicht wird. Da der Flurabstand in diesem Bereich bei ca. 8 m liegt, sind keine nachteiligen Auswirkungen auf die Nutzung der an den Baustellenbereich angrenzenden Flächen zu erwarten. Zusätzliche Maßnahmen zur weiteren Minimierung werden daher nicht als notwendig erachtet.

Die Absenkung des Grundwasserspiegels unterstrom des Bauwerks erreicht nur geringe Werte < 0,15 m.

➤ **Bauabschnitt 3: km 23+260 bis 23+118**

Nach der Einrichtung der dichten Baugrube für den Bauabschnitt 3 vergrößert sich die Strecke, auf der der Grundwasserstrom abgesperrt wird, auf insgesamt 342 m. Mit der Fertigstellung des Bauabschnitts 2 werden allerdings auch die Grundwasserüberleitungen Ü 8 bei km 23+340 und Ü 7 bei km 23+285 in Betrieb genommen, so dass die Auswirkungen auf den Grundwasserabfluss entsprechend reduziert werden.

Wie im Lageplan in der Anlage 8 dargestellt ist, ergeben sich im Umfeld der Überleitungen nur marginale Auswirkungen. Die Beträge für Aufstau und Absenkung liegen jeweils unter 0,15 m. Die dichte Baugrube des Bauabschnitts 3 liegt am Südrand jedoch bereits im Bereich mit steiler werdendem Grundwassergefälle, so dass hier auch die Auswirkungen größer werden. Der größte Aufstau von ca. 0,6 m wird ca. 30 m nördlich des Baugrubenrands bei km 23+150 erreicht. Unterstrom der Baugrube ist mit Absenkungen bis maximal ca. 0,3 m zu rechnen.

Berücksichtigt man den hier immer noch großen Flurabstand von ca. 7 m sind die prognostizierten Werte für Aufstau und Absenkung im Hinblick auf die Nutzung der an die Baugrube angrenzenden Flächen nicht erheblich. Zusätzliche Maßnahmen zur weiteren Minimierung werden daher nicht als notwendig erachtet.

➤ **Bauabschnitt 4: km 23+118 bis 23+010**

Durch die Einrichtung der dichten Baugrube für den Bauabschnitt 4 verlängert sich die Strecke, auf der der Grundwasserstrom abgesperrt wird, um 108 m auf insgesamt 450 m. Zusätzlich zu den Grundwasserüberleitungen Ü 7 und Ü 8 werden mit der Fertigstellung des Bauabschnitts 3 jedoch auch die Überleitungen Ü 6 bei km 23+240, Ü 5 bei km 23+175 und Ü 4 bei km 23+155 in Betrieb genommen. Die Überleitung bei km 23+175 umfasst das geplante Betriebsgebäude

Nach der Darstellung im Lageplan in der Anlage 8 sind die Auswirkungen des Bauwerks auf die Grundwasserverhältnisse in den Bereichen mit bereits funktionsfähigen Grundwasserüberleitungen sehr gering. Im eigentlichen Baustellenbereich ohne Grundwasserüberleitungen ist aufgrund des hier sehr steilen Grundwassergefälles allerdings mit vergleichsweise großen Auswirkungen zu rechnen. Oberstrom der dichten Baugrube kann der Aufstau Werte bis 2 m erreichen. Die Reichweite bis zu einem Aufstaubetrag von 0,15 m liegt bei ca. 200 m. Im Bereich der Staubermühle ist mit einem Aufstau bis 0,2 m zu rechnen. Unterstrom ergeben sich Absenkungen bis maximal 0,9 m. Die Reichweite bis zu einem Absenkungsbetrag von 0,15 m liegt bei ca. 290 m.

Um die prognostizierten Auswirkungen während der Bauphase 4 weiter zu reduzieren, können während der Bauzeit zusätzlich temporäre Entnahme- und Versickerungsbrunnen betrieben werden. Dabei wird oberstrom der Baugrube Grundwasser entnommen, das über eine Transportleitung in einen Versickerungsbrunnen südlich der Baugrube eingeleitet wird. Auf diese Weise wird eine ähnliche Wirkung wie durch eine Grundwasserüberleitung erreicht.

Zur Minimierung der Auswirkungen wird vorgeschlagen, bei km 23+050 einen Entnahme- sowie einen Versickerungsbrunnen mit einer Leistung von jeweils rd. 3 l/s zu betreiben. Dadurch kann der Aufstau oberstrom der Baugrube auf einen Wert von maximal 0,7 m reduziert werden. Unterstrom verringern sich die Absenkungen ebenfalls und erreichen nur noch Werte von maximal 0,5 m. Die in diesem Fall zu erwartenden Auswirkungen sind detailliert im entsprechenden Lageplan der Anlage 8 dargestellt. Sie sind so gering, dass sich keine nachteiligen Auswirkungen für die Nutzung der an die Baugrube angrenzenden Flächen ergeben.

➤ **Bauabschnitt 5: km 23+010 bis 22+850 (Endzustand)**

Mit dem Bauabschnitt 5 wird die Grundwasserwanne fertiggestellt. Während der Bauzeit können bereits die noch fehlenden Überleitungen Ü 3 bei km 23+100, Ü 2 bei km 23+050 und Ü 1 bei km 23+000 genutzt werden. Hinsichtlich der Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse entspricht der Bauabschnitt 5 daher dem Endzustand.

Die Auswirkungen, die bei dem hier angesetzten mittleren Hochwasserstand der Stichtagmessung zu erwarten sind, können der Darstellung im entsprechenden Lageplan der Anlage 8 entnommen werden. Danach ist oberstrom des Bauwerks in dessen unmittelbarer Nähe in kleineren Teilbereichen mit einem Aufstau bis maximal 0,4 m zu rechnen. Die Reichweite bis zu einem Aufstaubetrag von 0,15 m liegt maximal bei ca. 60 m. Unterstrom ergeben sich Absenkungen < 0,3 m. Die Reichweite bis zu einem Absenkungsbetrag von 0,15 m liegt bei ca. 50 m.

Die berechneten Auswirkungen können auch unter Berücksichtigung der relativ großen Grundwasserflurabstände als gering eingestuft werden. Weitergehende Minimierungsmaßnahmen sind daher nicht erforderlich.

9. Bemessungswasserstand

Die Modellrechnungen ergeben bei einem Hochwasserstand einen maximalen Aufstau von rd. 2,5 m mit einem damit verbleibenden minimalen Flurabstand von rd. 1,9 m (Flurabstand unbeeinflusst: 4,4 m) für einen Zustand ohne Grundwasserüberleitungen.

Für die Dimensionierung der Auftriebssicherheit der Grundwasserwanne muss ein Bemessungswasserstand zugrunde gelegt werden, welcher die höchstmöglichen Sicherheiten beinhaltet. Es wird angenommen, dass im Zeitraum von Sanierungsarbeiten, während derer der Fahrbahnaufbau und die Überdeckung entfernt wird gleichzeitig die Grundwasserüberleitungen außer Betrieb sind und ein höchstmöglicher Grundwasserstand HHW eintritt.

Es wird deshalb empfohlen als Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit der Grundwasserwanne den Wasserstand HW ohne Grundwasserüberleitungen (siehe Diagramm der Anlage 16) zuzüglich eines Sicherheitszuschlags zugrunde zu legen. Dieser Wasserstand liegt damit auf der Höhe der Oberkante der Einhausung.

10. Beweissicherungsmaßnahmen

Wie die hier vorgelegten Berechnungen zeigen, können die Auswirkungen der Grundwasserwanne auf die Grundwasserströmungsverhältnisse im quartären Grundwasserstockwerk sowohl während der Bauphase als auch im dauerhaften Betrieb gering gehalten werden. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die Herstellung und der Betrieb ausreichend dimensionierter Grundwasserüberleitungen.

Um zu prüfen, ob die berechneten Zustände tatsächlich erreicht werden, werden folgende Beweissicherungsmaßnahmen vorgeschlagen:

➤ Prüfung der Wirksamkeit der Grundwasserüberleitungen

Die Wirksamkeit der Überleitungen kann durch Funktionskontrollen festgestellt werden. Das ist mit Durchflussmessungen und ggf. mit Kamerabefahrungen der Rohrleitungen möglich. Durch einen Vergleich der gemessenen und prognostizierten Mengen kann die Wirksamkeit festgestellt werden. Außerdem kann festgestellt werden, ob die Überleitungsmengen mit der Zeit allmählich abnehmen, so dass ggf. eine Regeneration von Entnahme- und Versickerungsdränagen oder andere geeignete Sanierungsmaßnahmen veranlasst werden können. In Anlehnung an vergleichbare Maßnahmen erfolgt eine erste Kontrolle unmittelbar nach Fertigstellung der Überleitungen. Während des Betriebs werden Prüfungen im Abstand von 3 Jahren vorgeschlagen.

➤ Grundwasserstand im Umfeld der Grundwasserwanne

Im näheren Umfeld des geplanten Bauwerks wurden in hoher Dichte Grundwassermessstellen errichtet, welche mit Datalogger ausgestattet wurden (GWM 1100 bis GWM 1114; GWM 1153 bis GWM 1156, GWM P308). Durch eine regelmäßige Auslesung und Aus-

wertung der Daten kann die hier dargestellte Prognose der Auswirkungen mit der tatsächlichen Grundwasserstandsentwicklung abgeglichen werden.

➤ **Auswirkungen auf die Trinkwasserbrunnen Osterholzen und Safferstetten**

Auch unterstromig der geplanten Einhausung befinden sich eine Reihe von Grundwassermessstellen mit Dataloggeraufzeichnungen. Liegen hier die gemessenen Auswirkungen im Bereich der Prognose, so sind auch im Bereich der in großer Entfernung (5 km bzw. 2 km) liegenden Trinkwasserfassungen Safferstetten und Osterholzen keine Auswirkungen zu besorgen.

11. Zusammenfassung

Im Rahmen des Neubaus der Autobahn A 94 Simbach – Pocking, Abschnitt Malching – Kirchham ist eine Einhausung der Fahrbahn im Bereich Tutting vorgesehen.

Aufgrund der Einbindung in grundwasserführende Sand-Kiesschichten muss das Bauwerk in Form einer Grundwasserwanne hergestellt werden. Das Bauwerk stellt ein Hindernis im Grundwasserstrom dar, so dass ohne Abhilfemaßnahmen oberstromig ein Grundwasseranstau und unterstromig eine Absenkung verursacht wird.

Der Vorhabensträger hat deshalb die Bearbeitung der hier vorgelegten hydrogeologischen Untersuchungen beauftragt, in denen Art und Umfang der zu erwartenden Grundwasserbeeinträchtigungen für folgende Zustände ermittelt wurden:

- Endausbauzustand der gesamten Grundwasserwanne, Auswirkungen bei Hochwasserstand
- Relevante Zustände während der Bauphase

Die Berechnungen wurden mit Hilfe eines numerischen Grundwasserströmungsmodells durchgeführt, welches zunächst auf eine Stichtagsmessung (18.01.2012) kalibriert wurde und mit dem durch Variation der Randbedingungen eine Hochwassersituation HW erzeugt wurde. Die vorgegebenen Bauzustände wurde mit dem Kalibriermodell (Stichtagsmessung = mittlerer Hochwasserstand) durchgeführt.

Als Ergebnis ist festzustellen:

1. Ohne den Einbau von Grundwasserüberleitungen werden maximale Aufstauhöhen vor dem Bauwerk von bis zu 2,5 m (HW) und Absenkungen hinter dem Bauwerk von bis zu 1,2 m (HW) erzeugt.
2. **Endzustand:** Mit dem Einbau von 8 Grundwasserüberleitungen im Abstand von rd. 50 m können die Auswirkungen auf unter 0,4 m (bei HW) mit einer Reichweite ($<> \pm 15$ cm) von maximal 45 m reduziert werden. Es wurden hierbei Überleitungsmengen von bis zu rd. 11 l/s mit einem Maximum pro Überleitung von rd. 2 l/s berechnet.
3. **Bauzustände:** Bei sukzessivem Einbau der vorgeschlagenen Überleitungen im Baufortschritt bleiben die berechneten Auswirkungen während der Bauabschnitte 1 bis 3 unter

0,6 m. Während des Bauabschnitts 4 wird ohne Behelfsbrunnen zur Grundwasserüberleitung temporär ein Maximalaufstau von rd. 2 m berechnet. Bei einem Flurabstand (unbeeinflusst) von rd. 6 m sind durch diesen Aufstau keine negativen Auswirkungen zu erwarten. Wird ein Behelfsbrunnenpaar mit einer Überleitungsrate von rd. 3 l/s ober- und unterstromig des Baubereichs angeordnet, so vermindert sich der Aufstau auf < 0,75 m.

4. Bei hohen Flurabständen (> 8 m) unterstromig des geplanten Bauwerks wird im Modell ein Grundwasserstandsanstieg zwischen Mittelwasser und HW von maximal rd. 2,5 m angenommen. Messdaten liegen hierzu nicht vor, diese Wasserstandsdifferenz liegt jedoch auf der sicheren Seite. Berechnete Auswirkungen (Aufstau) von bis zu 0,4 m sind damit im Vergleich zu den Wasserstandsschwankungen unerheblich.
5. Aufgrund der hohen Flurabstände (> 4,4 m bei HW) in den Bereichen mit prognostiziertem Aufstau (maximal 0,4 m) verbleibt auch bei HW in jedem Fall ein Flurabstand von mindestens 4 m, so dass keine ökologischen Auswirkungen zu erwarten sind.
6. Auswirkungen auf die nächstgelegenen Trinkwasserversorgungen Osterholzen und Saferstetten können ausgeschlossen werden.

Eching am Ammersee, den 31.01.2013

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG


V. Bernhard Vogt
Dipl.-Ing.


i.A. Dr. Stefan Hülmeier
Dipl.-Geol.