

Wasserwirtschaftsamt Donauwörth



Hochwasserschutz Burgau -Genehmigungsplanung-

Anlage 11.1 Grundwassermodell

Teil 1: Hydrogeologisches Modell (HGM)
Datenstand: Dezember 2014



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Standort Augsburg
Morellstraße 33, 86159 Augsburg
Telefon +49 821 3194908-0, bce-augsburg@bjoernsen.de
Juni 2015, Knö, bur1013036

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht	Seite
1 Aufgabenstellung	1
2 Datengrundlagen	2
3 Hydrogeologisches Modell	2
3.1 Hydrogeologische Übersicht	2
3.2 Bilanzraum und Modellraum	3
3.3 Strukturierung des Modellraumes	4
3.3.1 Hydrostratigrafische Einheiten	4
3.3.2 Geohydraulische Kennwerte	7
3.4 Grundwasserhydraulik	11
3.4.1 Stichtagsmessung Mai 2011	12
3.4.2 Grundwasserstandsentwicklung bis Dezember 2014	15
3.5 Bilanzkomponenten	18
3.5.1 Niederschlag und Grundwasserneubildung	18
3.5.2 Austausch mit Oberflächengewässern	22
3.5.3 Austausch mit dem Kanalnetz	27
3.5.4 Grundwasserentnahmen	28
3.5.5 Zu- und Abstrom im quartären Grundwasserleiter	29
3.6 Grundwasserbilanz	29
3.7 Vorgaben für das Grundwassermodell	31
3.7.1 Stationäres GWModell	31
3.7.2 Instationäres GWModell	32

Anlagen

A - 1 Verzeichnis der verwendeten Daten und Unterlagen

Hydrogeologisches Modell

A - 2	Lagepläne	
A - 2.1	Bilanz- und Modellraum	M 1: 50.000
A - 2.2	Regionalgeologische Situation	M 1: 50.000
A - 3	Strukturierung des Modellraumes	
A - 3.1	Lageplan Bohrungen und Schnittachsen	M 1: 25.000
A - 3.2	Schematische hydrostratigrafische Schnitte	
A - 3.2.1	Schnitt Q1 – Q1'	
A - 3.2.2	Schnitt Q2 – Q2'	
A - 3.2.3	Schnitt Q3 – Q3'	
A - 3.3	Deckschichten und Deckschichtmächtigkeit	M 1: 25.000
A - 3.4	UK Deckschichten	M 1: 5.000
A - 3.4.1	Flutmulde - Bodenkartierung Pürckhauer	
A - 3.4.2	Flutrinne - Bodenkartierung Pürckhauer	
A - 3.5	Deckschichten Durchlässigkeiten	M 1: 25.000
A - 3.6	Basis des quartären Grundwasserleiters	M 1: 25.000
A - 3.7	Untergrunddurchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter	M 1: 25.000
A - 4	Grundwasserhydraulik	
A - 4.1	Hydrologisches Messnetz (Sondermessnetz Hochwasserschutz Stadt Burgau)	M 1: 25.000
A - 4.2	Sondermessnetz Hochwasserschutz Stadt Burgau - Stammdaten und Messdaten Stichtagsmessung 24/25.Mai 2011	
A - 4.3	Sondermessnetz Hochwasserschutz Stadt Burgau - Gemessene Grundwasserstände – langzeitige Entwicklung	
A - 4.4	Sondermessnetz Hochwasserschutz Stadt Burgau - Gemessene Grundwasserstände an ausgewählten Messstellen	
A - 4.4.1	Hydrologischer Schnitt 2 – 2'	
A - 4.4.2	Hydrologische Schnitte 6 – 6' und 7-7'	
A - 4.4.3	Hydrologischer Schnitt 8 – 8'	
A - 4.4.4	Hydrologischer Schnitt 10 – 10'	
A - 4.5	Grundwassergleichenplan – Stichtagsmessung 24/25.05.2011	
A - 4.6	Grundwassergleichenplan – Mittel März 2011/Dezember 2014	
A - 5	Komponenten der Grundwasserbilanz	
A - 5.1	Messstation Haldenwang (LfL-Station Nr. 102), Halbjahressummen der Niederschläge WWJ 2005/2015	
A - 5.2	Mindel, Pegel Offingen, Tageswerte Wasserstand, 01.01.2011 bis 31.12.2014	
A - 5.3	Abflussmessungen Stichtagsmessung 24./25.05.2011	
A - 5.4	Längsschnitte Oberflächengewässer, Bestandsvermessung 2010	
A - 5.4.1	Mindel und Brühlmindel	
A - 5.4.2	Scheidgraben	
A - 5.4.3	Erlenbach	

- A - 6 Erfasste Schächte und Stränge des Kanalnetzes der Stadt Burgau
- A - 6.1 Lageplan
- A - 6.2 Tabellarische Zusammenstellung der Einmessung vom November 2014

Abkürzungsverzeichnis

2d-Berechnung	Zweidimensionale hydrotechnische Berechnung
‰	Promille
%	Prozent
Δh	Höhendifferenz-/unterschied
Abw.	Abwasser
AG	Auftraggeber
BCE	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
BHQ	Bemessungshochwasser
Bgm	Bürgermeister
BY	Bayern
EZG	Einzugsgebiet
FFH	Fauna-Flora-Habitat
Fl.km	Flusskilometer
FNP	Flächennutzungsplan
Gde.	Gemeinde
GEP	Gewässerentwicklungsplan
ggf.	gegebenenfalls
GW	Grundwasser
HW	Hochwasser
HWS	Hochwasserschutz
KA	Kläranlage
km	Kilometer
Lkr.	Landkreis
m	Meter
M	Maßstab
min	Minute
mm	Millimeter
mNN	Meter über Normal Null
Q	Abfluss
rd.	rund
TEG	Teileinzugsgebiet
WKA	Wasserkraftanlage
WSG	Wasserschutzgebiet
WSP	Wasserspiegel
WWA	Wasserwirtschaftsamt

Verwendete Unterlagen

- [1] Ingenieurbüro Dr. Waschek GmbH & Co. KG:
Baugrunduntersuchung – Kanalisation der Brühl-Mindel in Burgau (Auszug)
1969
(Auftraggeber: Stadt Burgau)

- [2] IGI - Ingenieur-Geologisches Institut, Dipl.-Ing. S. Niedermeyer:
Kanalisation in Burgau BA VI,
Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung (Auszug)
September 1978
(Auftraggeber: Stadt Burgau)

- [3] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:
Untersuchungen zum Grundwasserhaushalt des Tiefenwassers der oberen Süßwas-
sermolasse durch Grundwasseraltersbestimmung
München, 1983

- [4] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:
Die Grundwasserneubildung in Bayern; Berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen
der oberirdischen Gewässer
München, 1996

- [5] Deutsche Geologische Gesellschaft (Hrsg.):
Hydrogeologische Modelle; Ein Leitfaden mit Fallbeispielen
Hannover, 2002

- [6] INGEO – Ingenieurbüro für Hydro-, Umwelt-, Bau- und Lagerstättengeologie GmbH.:
Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zum Entnehmen und Zutagefördern von
Grundwasser aus Brunnen 4, 5 ,6 und 7
Friedberg, 2002
(Auftraggeber: Stadt Burgau)

- [7] Bayerisches Geologisches Landesamt:
GLA-Fachberichte Nr. 20, Hydrogeologische Raumgliederung von Bayern
München, 20023

- [8] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
Hydrogeologische Karte von Bayern; 1:500.000
Augsburg, 2009

- [9] Dr.-Ing. Georg Ulrich:
Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, geotechnisches Gutachten
Leutkirch, 2008
(Auftraggeber: Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Ulm)

- [10] Dr.-Ing. Georg Ulrich:
Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, geotechnische Machbarkeitsstudie
Leutkirch, 2009
(Auftraggeber: Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Ulm)

- [11] Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften (Hrsg.):
Hydrogeologische Modelle; Bedeutung des Hydrogeologischen a priori-Wissens
Heft 70, Hannover, 2010
- [12] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH:
Offene Planung Hochwasserschutz Mindeltal, Hochwasserschutz Burgau,
Grundwassermodell - Vorschlag Sondermessnetz -
Augsburg, Juli 2010
(Auftraggeber: WWA Donauwörth)
- [13] Dr. Ebel & Co.:
Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, Bodenkartierung nach Pürckhauer, Ab-
schlussdokumentation
Bad Wurzach-Arnach, 2010
(Auftraggeber: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth)
- [14] Bayerisches Landesamt für Umwelt:
GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern)
<http://www.bis.bayern.de>
Stand: April 2011
- [15] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH:
Offene Planung Hochwasserschutz Mindeltal, Hochwasserschutz Burgau,
Grundwassermodell – Teil 1: Hydrogeologisches Modell, Datenstand 13. Juli 2011
Augsburg, April 2013
(Auftraggeber: WWA Donauwörth)
- [16] Dr. Ebel & Co.:
Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, Bodenkartierung nach Pürckhauer,
Ergänzende Erkundung der Deckschichten, Abschlussdokumentation
Bad Wurzach-Arnach, März 2015
(Auftraggeber: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth)
- [17] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH:
Hochwasserschutz Burgau, Grundwassermodell
Teil 2: Aufbau und Anpassung des Grundwassermodells
Augsburg, Juni 2015
(Auftraggeber: WWA Donauwörth)
- [18] Protokolle nachfolgender Besprechungen
 - 11. Juli 2011
 - 26. Februar 2013
 - 06. März 2014
 - 13. Oktober 2014
 - 27. November 2014

1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Hochwasserschutzplanungen für die Stadt Burgau ist die Anlage einer Hochwasserrückhaltung (Hochwasserschutzdamm) südlich der Bebauung geplant. Die Maßnahme ist in Kombination mit einer teilweisen Überleitung des Hochwasserabflusses östlich der Bahnlinie und der Rückleitung in die Mindel nördlich der Bebauung, vorgesehen (siehe Anlage A - 2.1). Hinsichtlich der Überleitung wurden unterschiedliche Lösungsvarianten untersucht. Nachdem sich eine zunächst betrachtete Flutmulde mit Geländemodellierung als nicht realisierbar erwies, wird derzeit (Stand Juni 2015) eine Flutrinne mit oberflächlichem Hochwasserabfluss betrachtet.

Infolge der geplanten Maßnahmen sind auch Auswirkungen auf die Grundwasserstände und sensible Nutzungen im Bereich von Burgau zu erwarten. Im Vordergrund stehen hierbei

- die durch die Überleitung gequerte Bahnlinie;
- die Bebauung im südlichen und östlichen Randbereich von Burgau;
- in der Flutrinne liegende und daran angrenzende landwirtschaftliche Flächen.

In einem ersten Schritt waren ergänzende Daten zu erheben und zusätzliche Erkundungen durchzuführen (Errichtung zusätzlicher Grundwassermessstellen, Durchführung Stichtagsmessung und Abflussmessungen). Auf Grundlage der insgesamt verfügbaren Daten und Informationen war ein hydrogeologisches Modell (HGM) zu erarbeiten. Hierauf aufbauend sollen ein Grundwassermodell erstellt und Prognoserechnungen durchgeführt werden.

Mit Ingenieurvertrag vom 12.07. / 21.07.2010 beauftragte das Wasserwirtschaftsamt Donauwörth (WWA) die Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (BCE) GmbH entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bilden Randbedingungen für die Objektplanung und werden der Öffentlichkeit im Rahmen der *Offenen Planung Hochwasserschutz Mindeltal* erläutert.

Der vorliegende Bericht stellt eine Fortschreibung des im April 2013 erstellten und mit dem WWA Donauwörth abgestimmten Hydrogeologischen Modells (HGM) dar. Die Aktualisierungen betreffen vor allem

- die Fortschreibung der Grundwasserhydraulik bis Ende 2014 incl. ergänzender Auswertung zu einem Grundwassergleichenplan für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum März 2011 / Dezember 2014;
- die Einarbeitung der ergänzenden Deckschichterkundung von 2015 [16];
- die ergänzende Erfassung von verfügbaren Daten zum Abwasser(AW)-Kanalnetz der Stadt Burgau.

2 Datengrundlagen

Für die Erstellung des Hydrogeologischen Modells wurden die im Folgenden aufgeführten Daten herangezogen (detaillierte Aufstellung s. Anlage A - 1). Die Datenerfassung gibt den Datenstand zum Dezember 2014 wieder.

- Topographische Karten;
- Digitales Geländemodell;
- Geologische Karten;
- Bodenkarten/Bodenschätzungskarten;
- Gutachten zur Wasserversorgung im Umfeld;
- Gutachten zu weiteren Hochwasserschutzmaßnahmen im Umfeld;
- Grundwasserstandsdaten;
- Wasserstände und Abflüsse der Oberflächengewässer;
- Niederschlags- und Klimadaten;
- Bohrprofile / Schichtverzeichnisse.

Insgesamt ist die Datenbasis für die Erstellung eines Hydrogeologischen Modells ausreichend. Messreihen der Grundwasserstände liegen überwiegend seit ca. 4 Jahren vor. Es wird empfohlen die Messungen im „Sondermessnetz HWS Burgau“ fortzuführen.

3 Hydrogeologisches Modell

3.1 Hydrogeologische Übersicht

Der Untersuchungsraum liegt im Alpenvorland, im Bereich des süddeutschen Molassebeckens, im Gebiet der Iller-Lech-Schotterplatten. Für die vorliegende Fragestellung sind die tertiären (miozänen) Schichten der Oberen Süßwassermolasse sowie das Holozän der Talauen von Interesse.

Informationen zur Verbreitung und Lagerung der Schichtenfolge im Untersuchungsraum sind der Anlage A - 2.2 (Regionalgeologische Situation), den Anlagen A - 3.2.1 bis A - 3.2.3 (Schematische hydrostratigraphische Schnitte), der Anlage A - 3.3 (Deckschichtunterkante und -mächtigkeit) und der Anlage A- 3.4.1 (Basis des quartären Grundwasserleiters) zu entnehmen.

In geologischer Hinsicht stellt das Mindeltal in der derzeitigen Ausdehnung eine Erosionsrinne dar, die während des Würm-Glazial durch Schmelzwasserabfluss zur Donau entstanden ist. Diese Rinne ist in die ältesten im Untersuchungsraum anstehenden tertiären Sedimente der **Oberen Süßwassermolasse (OSM)** eingeschnitten. Die Geländeoberkante fällt bei Höhen von 460 mNN bis 445 mNN nach Norden ab.

Die OSM bildet dementsprechend auch das *Tertiär-Hügelland*, das westlich und östlich des Mindeltals Höhen von bis zu 520 mNN erreicht. Die dort oberflächennah anstehende OSM baut sich in erster Linie aus Feinsedimenten (Flinz: (Fein-) Sande und schluffige Tone) der Oberen Brackwassermolasse und der Älteren bis Mittleren Oberen Süßwassermolasse auf. In hydrogeologischer Hinsicht können diese Schichten als Poren-Grundwasserleiter mit geringen bis mäßigen bzw. bis mittleren Durchlässigkeiten eingestuft werden.

Innerhalb der OSM-Ablagerungen ist das 1. Hauptgrundwasserstockwerk des Oberen Grundwassersystems (OG) ausgebildet. Das Grundwasserniveau wird mit ca. 460 mNN im Süden und ca. 445 mNN im Norden angegeben und entspricht damit weitgehend der Geländeoberkante. Das OG ist im Mindeltal von den quartären Ablagerungen überdeckt. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung der tertiären Schichten kann der Grundwasserspiegel im OG gespannt vorliegen (tonig-schluffige Ausbildung) oder hydraulisch mit dem überlagernden quartären Grundwasserleiter in Kontakt stehen (sandige Ausbildung). Die Untergrunddurchlässigkeiten im OG sind jedoch selbst bei sandiger Ausbildung um ca. 2 Zehnerpotenzen geringer als in den quartären Ablagerungen.

Die auf den Hochflächen des *Tertiär-Hügelland* vorkommenden **Löß und Lößlehme** sowie altpleistozänen Deckenschotter liegen im Untersuchungsraum deutlich über dem Mindeltal und dem dort angetroffenen Grundwasserspiegel und sind aus diesem Grund für die hydrogeologischen Gegebenheiten - mit Ausnahme der Grundwasserneubildung - nicht relevant.

Im Mindeltal liegen überwiegend 5 – 10 m mächtige **fluvioglaziale Ablagerungen** (Schmelzwasserschotter) auf der OSM auf, die einen ergiebigen Poren-Grundwasserleiter darstellen. Die Schotterablagerungen keilen am westlichen und östlichen Talrand bereichsweise steil gegen die unterlagernden Schichten der OSM aus. Die Schotterablagerungen werden vor allem östlich des Erlenbaches und westlich des Krebsgrabens großflächig von Auelehmen (Hochflutsedimente) bedeckt, die wiederum von mächtigen Niedermoortorfen überlagert werden.

3.2 Bilanzraum und Modellraum

Den Bilanzraum im weiteren Sinne bilden das Mindeltal zwischen Remshart/Altmindelheim im Norden und Jettingen-Scheppach im Süden, sowie das zugehörige orohydrografische Einzugsgebiet (siehe Anlage A - 2.1). Die Grenzen des Bilanzraumes für die vorliegende Untersuchung wurden auf Grundlage der verfügbaren geologischen, hydrogeologischen und grundwasserhydraulischen Informationen (Grundwassergleichenplan) nach geohydraulischen Kriterien abgeleitet:

- Die nördliche Begrenzung wurde entlang der Grundwassergleiche 444 mNN gebildet, die im Oberwasser der Riedmühle (Mindel) bei Mindelaltheim verläuft (siehe auch Anlage A -

4.5, Grundwassergleichenplan Stichtagsmessung vom 24./25. Mai 2011). Die Grundwasserstände in diesem Gebiet werden durch die Stauhaltung an der Mühle gestützt und im Nahbereich der Stauhaltung auch weitgehend stabilisiert (s. a. Kapitel 3.4). Nördlich davon geht das Kammeltal in das Mindeltal über.

- Die südliche Begrenzung im Mindeltal verläuft entlang der abgeleiteten Grundwassergleiche bei 457 mNN, die im Oberwasser der Scheppachermühle (Mindel) verläuft. Auch dort stabilisiert die Stauhaltung den Grundwasserspiegel im Nahbereich der Mühle.
- Die östliche und westliche Begrenzung des Bilanzraumes bilden die orohydrografischen Einzugsgebiete im an das Mindeltal angrenzenden tertiären Hügelland. Die westliche Begrenzung erstreckt sich bis zu 725 m weit in den Bereich der Stadt Burgau und umfasst rd. 2,5 km². Nach Osten erstreckt sich das orohydrografische Einzugsgebiet bis in eine Entfernung von rd. 3 km vom Talrand und umfasst die Einzugsgebiete von Angerbach, Haldenwanger Bach und weiterer von Osten in das Mindeltal zufließender Bäche. Die Gesamtausdehnung des östlichen orohydrografischen Einzugsgebietes beträgt rd. 10,5 km².

Der Modellraum wurde aus dem Bilanzraum abgeleitet. Er ist innerhalb des Mindeltales mit dem Bilanzraum identisch (Grundwassergleichen an der Nord- und Südgrenze). Im Westen und Osten erfolgte die Abgrenzung des Modellraumes am Talrand, am Übergang von Mindeltal zum angrenzenden tertiären Hügelland. Mit einer Ausdehnung von rd. 12 km² ist der für die geplanten Maßnahmen relevante Bereich durch den Modellraum ausreichend abgedeckt.

Im Modellraum sind folgende hydrostratigrafischen Einheiten zu unterscheiden:

- Quartärer Grundwasserleiter der Kiese und Sande des Mindeltales;
- Tertiäre Schichten aus feinsandigen bis schluffig-tonigen Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse (Grundwasserhemmer).

Gemäß Abstimmungen mit dem WWA Donauwörth bei der Besprechung vom 11. Juli 2011 wird der tertiäre Grundwasserleiter bei der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da der Austausch mit dem quartären Grundwasserleiter im Hinblick auf die zu betrachtenden Fragestellungen als vernachlässigbar gering angesehen wird.

3.3 Strukturierung des Modellraumes

3.3.1 Hydrostratigrafische Einheiten

Die Quartärkiese im Modellraum werden im Liegenden durch tertiäre Ablagerungen begrenzt, sie bilden somit die Basis des quartären Grundwasserleiters. Im Hangende begrenzen die Deckschichten den quartären Grundwasserleiter.

Zur Ermittlung der hydrostratigrafischen Schichtgrenzen wurde auf die für das Hochwasserschutzprojekt erstellte Bohrdatenbank zurückgegriffen (s. Anlage A - 1). Hierin mit einbezogen sind die Bohrungen der im Dezember 2010 neu errichteten 14 Grundwassermessstellen [12]. Für die vorliegende Auswertung wurden aus der Bohrdatenbank insgesamt 316 verwertbare Bohrungen verwendet, die sich innerhalb des Modellraumes bzw. im angrenzenden Bereich befinden. Die Lage der insgesamt erfassten Bohrungen und Aufschlüsse ist aus Anlage A - 3.1 ersichtlich.

Dort mit eingetragen sind auch die Standorte der Bodenkartierungen vom März/April 2010 [13] und März 2015 [16]. Hierdurch konnten insgesamt über 360 weitere Aufschlüsse mit Tiefen bis zu 2 m im Gebiet östlich der Bahnlinie berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dieser Erkundungen wurden bei der Auswertung der Deckschichten zusätzlich herangezogen (siehe Anlage A - 3.3, sowie Detailkarten in Anlage A- 3.4.1 und Anlage A- 3.4.2).

Die Auswertung der Aufschlüsse im Hinblick auf die maßgebenden hydrostratigrafischen Schichtgrenzen ergab:

- An 188 Bohrungen wird die Basis des Grundwasserleiters (Tertiär) erreicht. Bei 4 dieser Bohrungen wurde, mangels verfügbarer Informationen, die Höhe des Bohransatzpunktes aus dem digitalen Höhenmodell (DHM) abgeleitet.
- Bei 16 Bohrungen steht das Tertiär bereits an der Geländeoberkante an.
- Die Deckschichtunterkante konnte aus ca. 350 Aufschlüssen ermittelt werden. Auch hier wurde bei 4 Aufschlüssen die Höhe des Bohransatzpunktes aus dem digitalen Höhenmodell (DHM) abgeleitet.

Für 3 ausgewählte Schnittachsen (Q1 –Q1' bis Q3 – Q3', Lage siehe Anlage A - 3.1) wurden schematische hydrostratigrafische Schnitte erstellt, hierin mit aufgenommen sind die bei der Stichtagsmessung vom 25.05.2011 angetroffenen Grundwasserstände. Aus den schematischen Schnitten ist die rinnenartige Eintiefung der quartären Sande und Kiese in die Molasse (Flinz) mit einem bereichsweise steilen Auskeilen der Kiese gegenüber dem unterlagernden tertiären Grundwasserhemmer erkennbar (z. B. Schnitt Q3 – Q3' in Anlage A - 3.2.3). Die verbreitet mächtigen Deckschichten haben zur Folge, dass bereits bei unterdurchschnittlichen Grundwasserständen wie im Mai 2011 weiträumig gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten. Die Verteilung der Deckschichtmächtigkeit und der Unterkante der Deckschichten [mNN] ist in Anlage A - 3.3 dargestellt.

- Die Deckschichtunterkante fällt innerhalb des Modellraumes, in der Talmitte von ca. 458 mNN im Süden auf ca. 445 m im Norden ein, dies entspricht einem Gefälle von ca. 0,23 %.

- Die räumliche Verteilung der Deckschichtmächtigkeit ist sehr heterogen, sie liegt überwiegend bei 1 m bis 2 m. Am östlichen Talrand, bei Haldenwang und Röfingen, im Übergang zum tertiären Hügelland, nimmt sie auf mehrere Meter zu.

Zur weiteren Veranschaulichung sind in Anlage A- 3.4.1 und Anlage A- 3.4.2 die aus [13] und [16] verfügbaren Detailkarten (M 1:5.000) mit den Isolinen der Deckschichtunterkante zusätzlich mit aufgenommen.

- Bei der in einem etwa 150 m breiten Streifen entlang der Bahnlinie durchgeführten Erkundung von 2010 (Anlage A- 3.4.1) wurden insgesamt 304 Schlitzsondierungen in 76 Feldern à 4 Bohrungen durchgeführt, die Felder 49 und 50 wurden ausgespart. In den Feldern 1 – 7 betrug die Standard-Sondiertiefe 1 m, bei den weiteren Feldern wurden 2 m zugrunde gelegt. Beim Erreichen der Oberkante der quartären Talkiese wurde die Sondierung beendet, auch wenn die Standard-Sondiertiefe nicht erreicht wurde. Die erbohrten Endtiefen lagen zwischen 0,7 m und 2 m, im Mittel rechnerisch 1,23 m [13].
- Bei der ergänzenden Erkundung von 2015 (Anlage A- 3.4.2), im östlich angrenzenden, bis etwa 300 m breiten Streifen, sowie im nördlichen geplanten Rückleitungsbereich, wurden 106 Schlitzsondierungen durchgeführt. Die Bohrtiefen wurden im Normalfall auf 1 m bzw. das Erreichen des kiesigen Untergrunds beschränkt. Nur dort, wo der Kies bis dahin nicht erreicht war, wurde bis auf maximal 2 m vertieft. Es ergaben sich Endtiefen zwischen 0,7 m und 2 m, im Mittel rechnerisch 1,3 m [16].
- Die Abgrenzung der bindigen Deckschichten, gegenüber den bereichsweise unterlagernden gering schluffigen Auesanden, wurde gemäß [13], [16] jeweils am Übergang der Bodengruppen (DIN 18196) schluffiger bis stark schluffiger Sand (SU*) und gering schluffiger Sand (SU) vorgenommen. Kiesige Aueablagerungen wurden dem Talkies zugeschlagen. Aus den Anlagen A- 3.4.1 und A- 3.4.2 ist eine kleinräumig heterogene Verteilung der Deckschichtmächtigkeit erkennbar.
- Die angetroffene Mächtigkeit der Aueablagerungen erreicht bei der Kartierung von 2010 bis zu rd. 2 m, im Mittel der durchgeführten Sondierungen wurden ca. 0,7 m ermittelt [13]. Bei der ergänzenden Erkundung von 2015 bewegt sich die erkundete Mächtigkeit der organischen Deckschichten zwischen 0 m und 1,4 m. Im östlichen Streifen wird die Basis der organischen Deckschichten größtenteils innerhalb des obersten Meters erreicht. Werte deutlich über 1 m beschränken sich auf den östlichen Teil des Rückleitungsbereichs [16].

Die auf Grundlage der verwertbaren Bohrungen ermittelte Basis des quartären Grundwasserleiters ist aus Anlage A - 3.6 ersichtlich. Hieraus ergibt sich:

- Die Basis fällt innerhalb des Modellraumes von ca. 454 mNN im Süden auf ca. 438 mNN im Norden ein, dies entspricht einem Gefälle von ca. 0,3%.

- Die bereits in den schematischen Schnitten erkennbare, rinnenartige Eintiefung der quartären Sedimente in den Flinz wird auch durch die flächige Darstellung ebenfalls widergegeben. Im Basisverlauf sind lokal Rücken und Senken zu erkennen, welche die Hauptcharakteristik überlagern.
- Das Rinnentiefste befindet sich überwiegend in der Talmitte, südlich von Burgau verschwenkt es jedoch nach Westen, Richtung Krautgartengraben. Im Rinnentiefsten beträgt das Gefälle der Basis ca. 0,15 %.

3.3.2 Geohydraulische Kennwerte

Zur Beurteilung von Untergrundkennwerten lagen unterschiedliche Informationen vor:

- Aufschlussdatenbank zum HWS Burgau: Durchlässigkeitsbeiwerte der quartären Kiese für 46 Bohrungen, die auf Grundlage einer Korngrößenverteilung ermittelt wurden. Die k_f -Werte weisen eine Bandbreite von $1,3 \cdot 10^{-4}$ bis $3,2 \cdot 10^{-2}$ [m/s] auf, der Mittelwert liegt bei rd. $4,2 \cdot 10^{-3}$ [m/s] (Standardabweichung: $5,7 \cdot 10^{-3}$)
- Aufschlussdatenbank zum HWS Burgau: im Rahmen von Pumpversuchen wurden an den GWM BK 8A/08 und BK 14/08 Durchlässigkeitsbeiwerte von rd. $k_f = 1,3 \cdot 10^{-4}$ bzw. $1,9 \cdot 10^{-4}$ [m/s] ermittelt.
- Bodenkartierung nach Pürckhauer mit Ermittlung von Durchlässigkeitsbeiwerten k_f in den Deckschichten [13],[16] und in der Sohle des Erlengrabens [13] durch bodenmechanische Laborversuche und durch Sickerversuche.

In den vorliegenden Gutachten [9], [10], [13], [16] werden für die verschiedenen hydrostratigraphisch relevanten Schichten Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f – Werte) angegeben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammen gestellt.

Tabelle 1: Bandbreite Durchlässigkeitsbeiwerte aus Gutachten (k_f -Werte in [m/s])

Hydrostratigraphische Einheit	Tertiär	Talkiese	Deckschichten
Bodenbeschaffenheit	Feinsand, Ton, Schluff	Sandiger, selten schluffiger Fein- bis Grobkies	Torf, Aue- bzw. Tallehm, Anmoorböden (anmoorige Schluffe, zersetzte Torfe)
k_f -Werte in [m/s]	-	$2 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$	Torf: $5 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$
k_f -Werte in [m/s] [9]	$1 \cdot 10^{-10}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$	Aus PV: $1,1 \cdot 10^{-4}$ bis $6,3 \cdot 10^{-4}$ Bandbreite: $1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-2}$	Anmoor: $1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ Tallehm: $1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ Torf: $1 \cdot 10^{-9}$ bis $1 \cdot 10^{-8}$
Grundwassermodell Flutmulde [10] k_f -Werte in [m/s]	-	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$
WWA Donauwörth	$5 \cdot 10^{-5}$ (sandig)	$5 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$	-

Im Rahmen der 2010 flächenhaft durchgeführten Bodenkartierung nach Pürckhauer [13] wurden von 20 ungestörten Proben (UP 1 – UP 20) an jeweils 10 Proben die Kornverteilungen (DIN 18123) und die Durchlässigkeit im Durchlässigkeitsversuch bestimmt (DIN 18130). Aus den Kornverteilungen mit weniger als 10 % Tonfraktion wurde die Durchlässigkeit nach BEYER abschätzen. Bei der ergänzenden Erkundung in 2015 [16] wurden 9 weitere ungestörte Proben entnommen und in gleicher Weise bodenmechanische Laborversuche durchgeführt.

Die Standorte der Probenahmen sind aus Anlage A- 3.4.1 ersichtlich, sowie aus den Detaildarstellungen in den Anlagen A- 3.4.1 und A- 3.4.2. Die Laborergebnisse sind summarisch in Tabelle 2 zusammen gestellt.

Tabelle 2: Bandbreite Durchlässigkeitsbeiwerte Deckschichten (Laboruntersuchungen)

Untersuchung	k_f -Werte aus Durchlässigkeitsversuchen (DIN 18130) in [m/s]	k_f -Werte aus Kornverteilung (DIN 18123) in [m/s]
Erkundung 2010 [13], UP 1 - 20	$4,9 \cdot 10^{-7}$ bis $7,8 \cdot 10^{-5}$ Mittel: $2,3 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ Mittel: $3,0 \cdot 10^{-7}$
Erkundung 2010 [13], UP 21 - 25 Scheidgraben	$1,7 \cdot 10^{-4}$ (nur UP 24)	$5 \cdot 10^{-8}$ bis $8,5 \cdot 10^{-4}$ Mittel: $4,8 \cdot 10^{-4}$
Erkundung 2015 [16] UP1, UP2, UP 4 – UP 11	$3,5 \cdot 10^{-8}$ bis $8,4 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$ bis $3,9 \cdot 10^{-6}$

Darüber hinaus wurden Durchlässigkeitsversuche mit fallender hydraulischer Druckhöhe nach DIN 18130 (Sickerversuche) durchgeführt [13], [16]. Die Standorte der 11 Sickerversuche (SV1 – SV11) von 2010 und der 6 Sickerversuche von 2015 (SV1, SV3 – SV7) sind aus Anlage A - 3.5 zu entnehmen. Die Versuche wurden in den Deckschichten, in Tiefen von 0,3 m bis 0,4 m unter GOK, mit einem umlaufreifen Standrohr bei fallender Wasserspiegelhöhe ausgeführt. Das Absinken des Wasserspiegels wurde mit Datenloggern im Minutentakt aufgezeichnet.

Die Bandbreite der ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte ist in Tabelle 3 bodenbezogen zusammen gestellt. Aus Anlage A - 3.5 mit die Ergebnisse an den jeweiligen Standorten ersichtlich. Die für die Talkiese ermittelten Werte sind hierbei verfahrensbedingt relativ gering.

Tabelle 3: Ergebnisse der Sickerversuche (Bandbreite)

Beschaffenheit der Deckschicht	Torf	Auf-füllung	Aue-sande	Talsande	Talkiese
K_f -Werte in [m/s] [13]	$4,4 \cdot 10^{-8}$ bis $2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	-	$2,3 \cdot 10^{-6}$ bis $1,1 \cdot 10^{-4}$
K_f -Werte in [m/s] [16]	$4,0 \cdot 10^{-8}$ bis $2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	-	$1,0 \cdot 10^{-5}$ bis $1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Insgesamt lassen sich aus den vorliegenden Unterlagen folgende Größenordnungen der Durchlässigkeitsbeiwerte ableiten:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ➤ für die Talkiese: | $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ [m/s] |
| ➤ für die Talsande: | $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ [m/s] |
| ➤ für die Deckschichten im Hangenden: | $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ [m/s] |
| ➤ für den unterlagernden Molassesand: | $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$ [m/s] |
| ➤ für den unterlagernden Molasseton: | $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$ [m/s] |

Im Zusammenhang mit der Errichtung des „Sondermessnetz HWS Burgau“ (siehe Kapitel 3.4) wurden an 14 neuen GWM und 9 bestehenden GWM Kurzpumpversuche (Kurz-PV) durchgeführt. Die während der Kurz-PV in den GWM aufgetretenen Grundwasserstandsänderungen wurden mittels Datenlogger erfasst. Die Absenkung des Grundwasserspiegels und der Wiederanstieg nach dem Ausschalten der Pumpe wurden nach den Verfahren von Cooper-Jacob bzw. Theis ausgewertet. Nicht für alle PV war eine Auswertung nach beiden Verfahren möglich.

Im Ergebnis ergeben sich für die quartären Talkiese überwiegend Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 9,9 \cdot 10^{-5}$ bis $k_f = 6,1 \cdot 10^{-3}$ [m/s]. Der niedrigste Wert wurde mit $k_f = 4,8 \cdot 10^{-6}$ m/s an der Bohrung BGW 106 an der nordwestlichen Grenze des Modellraumes abgeleitet (Anlage A - 3.7), für diese Bohrung lag jedoch kein Bohraufschluss vor. An der Messstelle N3 bei Röfingen wird ein k_f -Wert von $3,2 \cdot 10^{-5}$ [m/s] ermittelt, dort werden unter einer 6 m mächtigen Deckschicht Sande angetroffen. Der Mittelwert über alle 26 Pumpversuche und beide Auswerteverfahren beträgt $k_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ [m/s], er liegt damit an der unteren Grenze der o. a. Größenordnung für die Talkiese.

Insgesamt wurden zur Beurteilung der Untergrunddurchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter (quartäre Sande und Kiese) 72 k_f -Werte berücksichtigt. Hiervon wurden 43 Werte auf Grundlage einer Korngrößenverteilung abgeleitet, 29 Werte wurden durch die Auswertung von Kurz-PV ermittelt. Die in der Flutmulde für quartäre Talkiese ermittelten Werte wurden nicht berücksichtigt, da die dortigen Sondierungen und Versickerungsversuche nicht die gesamte Aquifermächtigkeit erfassen.

Die räumliche Verteilung der Untergrunddurchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter ist in Anlage A - 3.7 dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, dass insbesondere die aus Korngrößenverteilung abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte kleinräumig stark variieren (z. B. B 3 und B 4 bei Scheppachermühle/Kläranlage $k_f = 7,2 \cdot 10^{-4}$ bis $k_f = 8,9 \cdot 10^{-3}$ [m/s]).

Die aus den Kurz-PV ermittelten k_f -Werte sind grundsätzlich als aussagekräftiger anzusehen als die aus Korngrößenverteilung abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte. Die innerhalb des Modellraumes entsprechend ermittelten Werte lassen eine räumliche Differenzierung erkennen, die sich wie folgt darstellt:

- Die höchsten Durchlässigkeitsbeiwerte sind für die Talmitte bzw. das Rinnentiefste festzustellen, es dominieren Werte zwischen $k_f = 4 \cdot 10^{-4}$ [m/s] und $2,7 \cdot 10^{-3}$ [m/s].
- Am östlichen Talrand herrschen k_f -Werte zwischen $3,2 \cdot 10^{-4}$ [m/s] und $9,3 \cdot 10^{-4}$ [m/s] vor. Dies ist auf den zum Talrand zunehmenden sandigen und schluffigen Anteil in den quartären Sedimenten zurück zu führen. An der Messstelle 09928 (N3) bei Röfingen wurde ein k_f -Wert von $3,2 \cdot 10^{-5}$ [m/s] ermittelt. Dies ist vor dem Hintergrund einer nur 0,6 m mächtigen Kiesschicht und 2,4 m mächtigen, stark schluffigen Feinsanden im durchflusswirksamen Aquifer plausibel.
- Auch am westlichen Talrand und südlich von Burgau, bis auf Höhe des Erlenbaches, sind geringere Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $1,3 \cdot 10^{-4}$ [m/s] und $9,7 \cdot 10^{-4}$ [m/s] fest zu stellen.

Auf Grundlage der vorstehenden Charakteristiken erfolgte eine Regionalisierung der k_f -Werte in Zonen, die ebenfalls aus Anlage A - 3.7 zu ersehen ist.

3.4 Grundwasserhydraulik

Grundwassermessnetz und Daten

Zur Erfassung der Grundwasserstände im Untersuchungsraum HWS Burgau erfolgte im Juni 2010 zusammen mit dem WWA Donauwörth eine Bestandsaufnahme der vorhandenen GWM. Hierbei wurden die seitens der Stadt Burgau zur Verfügung gestellten Informationen mit einbezogen. Insgesamt wurden Daten zu ca. 150 GWM und Brunnen erfasst. Der Bestand wurde bei einem Ortstermin überprüft. Die Bestandsaufnahme ergab, dass rd. 80 GWM tatsächlich verfügbar sind.

Auf Grundlage der Bestandsaufnahme wurde von BCE ein Vorschlag für ein „**Sondermessnetz HWS Burgau**“ erarbeitet und mit dem WWA Donauwörth abgestimmt. Aus dem Bestand wurden zunächst 29 bestehende GWM ausgewählt. Es wurden vorrangig GWM mit einem Ausbaudurchmesser DN ≥ 100 mm berücksichtigt. Im Hinblick auf eine ausreichende Messstellendichte wurden jedoch auch 10 GWM mit einem Ausbaudurchmesser DN 50 mit einbezogen. Nach einer vom WWA Donauwörth im Sommer 2010 durchgeführten Zustandsüberprüfung (Auffülltest, Klarpumpen) wurden letztlich 20 GWM als für die vorliegende Untersuchung geeignet bewertet. Teilweise erfolgte eine Sanierung der Messstellenköpfe (Standrohr, Betonummantelung).

Zur Schließung von Informationslücken erfolgte darüber hinaus im Dezember 2010 die Errichtung von 14 neuen GWM. Das somit insgesamt 34 GWM umfassende „**Sondermessnetz HWS Burgau**“ dient der beweissichernden Erfassung der Grundwasserstände. Die Lage der GWM ist aus Anlage A - 4.1 ersichtlich, die Stammdaten der GWM sind in Anlage A - 4.2 zu-

sammen gestellt. Alle GWM des Sondermessnetzes wurden mit digitalen Datensammlern ausgestattet.

3.4.1 Stichtagsmessung Mai 2011

Am 24./25.05.2011 wurde eine Stichtagsmessung durchgeführt in die insgesamt 36 GWM einbezogen wurden. Parallel hierzu wurde an den Bächen und Grabensystemen im Untersuchungsraum an 28 ausgewählten Querprofilen der Wasserspiegel eingemessen.

Bereits am Vortag erfolgten an der Mindel an 6 Querprofilen ADCP-Abflussmessungen (Prinzip der Messung mit akustischem Doppler). Darüber hinaus wurden an 24 Querprofilen an den Bächen und Gräben im Untersuchungsraum Abflussmessungen mit dem hydrometrischen Flügel (Vielpunktmessung) durchgeführt. Aufgrund der relativ geringen Grundwasserstandsänderungen Ende Mai 2011 können die Abflussmessungen für die Stichtagsmessung uneingeschränkt verwendet werden.

Entwicklung der Grundwasserstände bis zum Stichtag

- Zur Beurteilung der langzeitigen Entwicklung der Grundwasserstände vor der Stichtagsmessung standen nur Messdaten an 3 GWM zur Verfügung (GWM 09944, 09945, 09947). Diese befinden sich in einer Entfernung von 300 m bis 600 m vom Bahnhof Burgau (Lage der GWM siehe Anlage A - 4.1). Messdaten lagen dort ab 1994 bzw. 1999 vor. Aus den Gangliniendarstellungen in Anlage A - 4.3, mit den Messdaten ab 1999, ist eine relativ geringe Schwankungsbreite der Grundwasserstände von rd. 0,7 m bis 1,0 m erkennbar. Ab 2004 ist ein etwas niedrigeres Niveau der Grundwasserstände fest zu stellen, das sich so auch bis 2014 fortsetzt.

Vor Beginn der systematischen Messungen zum „Sondermessnetz HWS Burgau“ im Januar 2011 sind im Dezember 2010 überdurchschnittliche Niederschläge und erhöhte Abflüsse an der Mindel (> MHQ) zu beobachten (siehe Kapitel 3.5.1 und Kapitel 3.5.2). Darauf folgend ist von Januar bis Mai 2011 eine Phase mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen und überwiegend durchschnittlichen Abflüssen in der Mindel festzustellen. Diese hydrologischen Randbedingungen führen zu einer fallenden Tendenz der Grundwasserstände von Januar 2011 bis Anfang Juli 2011. Die Stichtagsmessung vom 24. / 25.05.2011 fällt somit in eine Phase mit fallenden, unterdurchschnittlichen Grundwasserständen.

Starkregenereignisse im Juli 2011 (Monatssumme Niederschlag an der Station Haldenwang rd. 160 mm) und damit einhergehende erhöhte Abflüsse in der Mindel und den Bächen und Gräben haben ab dem 09. Juli 2011 einen ausgeprägten Anstieg der Grundwasserstände von bereichsweise mehreren Dezimetern zur Folge.

Grundwassergleichenplan

Die am Stichtag 24. / 25.05.2011 ermittelten Grundwasserstände- und Wasserstände an den Bächen und Gräben sind in Anlage A - 4.5 dargestellt. Die gemessenen Grundwasserstände wurden zu einem Grundwassergleichenplan für den Stichtag ausgewertet. Hieraus sind folgende Charakteristiken erkennbar:

- Die Grundwasserstände südlich Autobahn BAB 8 werden maßgeblich durch die Stauhaltung an der Scheppachermühle beeinflusst, die dort den Grundwasserspiegel in Talmitte stützt. Im Unterwasser der Stauhaltung kommt der Mindel Vorflutwirkung für das Grundwasser zu, wodurch eine zur Talmitte orientierte Grundwasserströmungsrichtung aufgeprägt wird. Zudem weist die ermittelte Grundwasserströmung auf seitliche Zuflüsse hin, die vermutlich bevorzugt im Eintrittsbereich von Trinkgraben (im Westen) und Erlenbach (im Osten) dem Mindeltal zufließen. Richtung Talrand bestimmt zudem die Interaktion (Ex-, Infiltration) mit dem dort verzweigten Grabensystemen (Krautgartengraben, Scheidgraben) das Niveau der Grundwasserstände.
- Nördlich der BAB8 bis zum nördlichen Bebauungsbereich von Burgau bei Mindel Fl.km 11+250 verschwenkt die Grundwasserströmung auf der linken Talseite, bis etwa zur Bahnlinie, allmählich in eine weitgehend talparallele Strömungsrichtung. In diesem Abschnitt liegt der Grundwasserspiegel überwiegend unter dem Wasserspiegel von Mindel und Erlenbach (siehe auch Anlagen A - 5.4.1 und A - 5.4.3).

Vorflutfunktion für das Grundwasser kommen dort dem als Brühlmindel bezeichneten östlichen Arm der Mindel im Stadtgebiet von Burgau zu, sowie der Mindel im Unterwasser des Kraftwerkes Rother, im Abschnitt zwischen Fl.km 11+000 und 11+950. Zudem bestehen Hinweise auf geringe Zuflüsse aus dem westlichen orohydrografischen Einzugsgebiet.

An der östlichen Talseite, im Eintrittsbereich von Triebgraben, Röfing Bach und Haldenwanger Bach, ist eine deutlich nordwestlich orientierte Strömungsrichtung erkennbar. Diese ist auf seitliche Zuflüsse aus dem östlichen orohydrografischen Einzugsgebiet, sowie der Vorflutwirkung des östlich des Scheidgrabens weit verzweigten Grabensystems zurückzuführen (s. Anlage A - 5.4.2).

- Nördlich von Burgau dominiert eine weitgehend talparallele Grundwasserströmungsrichtung. Die Stauhaltung an der Riedmühle stabilisiert die Grundwasserstände. Hinweise auf nennenswerte seitliche Zuflüsse bestehen nur am östlichen Talrand, im Bereich der zwischen Konzenberg und Mindelaltheim in das Mindeltal zufließenden **Gräben**.

Abflussmessungen

Die Ergebnisse der im Rahmen der Stichtagsmessung vom 24. / 25.05.2011 durchgeführten Abflussmessungen sind aus Anlage A - 5.3 zu entnehmen. Insgesamt wurden an 30 Querprofilen/Standorten Abflussmessungen durchgeführt. An 5 Messstationen (A8, A10, A15, A22,

A27) war eine Abflussmessung wegen zu geringer Abflüsse nicht möglich, dort erfolgte eine Abschätzung, teilweise mittels Gefäßmessung.

Auf Grundlage der bei der Stichtagsmessung gemessenen Abflüsse wurden zwischen den Abflussquerschnitten die resultierenden Austauschmengen mit dem Grundwasser abgeleitet, auch diese Werte sind in Anlage A - 5.3 dargestellt. Hierzu ist festzustellen:

- Die Messungen zeigen, dass im östlichen Talbereich, über die dort aus dem tertiären Hügelland zufließenden Gräben im Mindetal eine Grundwasseranreicherung erfolgt. Die aus den Abflussmessungen abgeleitete Infiltration fällt insbesondere am Haldenwanger Bach mit 46 l/s relativ hoch aus. Vor dem Hintergrund des dort ermittelten steilen Grundwassergefälles erscheint dies plausibel.
- Am Scheidgraben lassen sich mit 2 – 5 l/s relativ geringe Zusickerungen ins Grundwasser ableiten, im nördlichen Abschnitt ergeben sich ähnlich geringe Exfiltrationen aus dem Grundwasser (7 l/s). Dies erscheint von der Größenordnung und unter Berücksichtigung der Höhenlage von Grundwasserspiegel und Wasserspiegel im Graben plausibel.
- Zwischen dem Zusammenfluss von Scheidgraben und Erlenbach (Messstationen A29 und A31) und der Messstation A 33 (Brücke Kreisstraße GZ 11 über den Erlenbach) lässt sich eine Aussickerung aus dem Grundwasser von 37 l/s ableiten. Auch dieses Ergebnis ist vor dem Hintergrund der Grund- (Wasserspiegellagen) und der Sohlbeschaffenheit im Erlenbach (kiesig, wenig Feinsedimente) hydraulisch plausibel. Im Vergleich hierzu erscheint die an der Mindel, im Unterwasser der Riedmühle ermittelte Aussickerung von 19 l/s relativ klein.
- Am südlichen Erlenbach wird zwischen den Messstationen A3 und A14 eine Abflusszunahme von 28 l/s ermittelt. Auch dies ist in Anbetracht des über dem Grundwasserspiegel liegenden Wasserspiegels unwahrscheinlich (Anlage A - 5.4.3). Eventuell kann in dem südlich der BAB8 gelegenen Abschnitt, für den keine Querprofilaufnahmen vorlagen, Grundwasser in den Graben exfiltrieren.
- Im nördlichen Abschnitt der Mindel wird zwischen der Station A20 und der Station A24 eine Zusickerung aus der Mindel ins Grundwasser von 90 l/s ermittelt. Dies ist plausibel, da infolge der Stauhaltung an der Riedmühle der Wasserspiegel dort höher als der Grundwasserspiegel liegt. Zwischen den Stationen A24 und A32 wird kein Austausch ermittelt. Dies ist vermutlich auf die Richtung Mühle zunehmende Selbstdichtung der Mindelsohle (Kolmation) zurückzuführen, die infolge Jahrzehnte langer Stauhaltung entstanden ist.
- Zwischen den Abflussprofilen A12 an der Brücke der B 10 über den Mindelkanal (ca. Fl.km12+750) und dem Profil A4 bei Fl.km 14+000, wird - unter Berücksichtigung von Zu- und Abflüssen (Schwarzgraben, Brühlmindel) - eine Exfiltration von rd. 300 l/s

aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer ermittelt. Aus dem Längsschnitt in Anlage A - 5.4.1 ist jedoch ersichtlich, dass der Wasserspiegel der Mindel in diesem Abschnitt am Stichtag durchgehend über dem Grundwasserspiegel lag.

Somit verbleibt als potenzieller Exfiltrationsbereich der ca. 230 m lange Abschnitt der Brühlmindel vom Streichwehr bis zum Messprofil A11. Hieraus resultiert eine Exfiltrationsrate von rd. $1,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}$. Dieser Wert erscheint sehr hoch, insbesondere auch im Vergleich zu der zwischen den Abflussstationen A11 und A19 an der Brühlmindel ermittelten Grundwasseraussickerung von 16 l/s . Beide Stationen liegen rd. $1,13 \text{ km}$ auseinander, woraus eine Exfiltrationsrate von rd. $0,017 \text{ l/s} \cdot \text{m}$ resultiert.

Möglicherweise tragen Messungenauigkeiten an den Stationen A4 und A12 zu der hohen ermittelten Aussickerung von rd. 300 l/s bei, die 6% des gemessenen Abflusses an der Station A12 darstellt ($4,93 \text{ m}^3/\text{s}$).

Insgesamt stellen die durchgeführten Abflussmessungen eine hilfreiche Datengrundlage zur Beurteilung und zur Quantifizierung der Austauschvorgänge zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser dar. Wie alle Messverfahren so sind auch diese Messungen mit einem Messfehler behaftet, so dass durch die Abflussmessungen im Wesentlichen die Größenordnung der zu erwartenden Austauschmengen wieder gegeben wird. Die aus der Höhenlage von Grundwasserspiegel und Wasserspiegel in den Gewässern ableitbaren, grundsätzlichen Austauschrichtungen (Infiltration/Exfiltration) werden – mit den genannten Ausnahmen – durch die Messungen grundsätzlich bestätigt. Die abgeleiteten Exfiltrationsraten werden im Rahmen der stationären Modellanpassung überprüft.

3.4.2 Grundwasserstandsentwicklung bis Dezember 2014

Einflussfaktoren auf die Grundwasserstandsentwicklung sind:

- Wasserstand der Mindel und Brühlmindel, wobei dieser Einfluss mit zunehmendem Abstand von den Gewässern geringer wird;
- Wechselwirkung mit den von Osten in das Mindeltal zufließenden Bächen (Erlenbach, Haldenwanger Bach, Angerbach, etc.);
- Wechselwirkung mit den weitverzweigten Grabensystemen im Mindeltal, die der Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen dienen (Scheidgraben, Krautgartengraben sowie deren Zuflüsse);
- Grundwasserneubildung aus Niederschlag;
- Seitliche Zuflüsse aus dem orohydrografischen Einzugsgebiet.

Entwicklung der Grundwasserstände bis Dezember 2014

Seit Einrichtung des „Sondermessnetz HWS Burgau“ liegen zwischenzeitlich Messreihen über ca. 4 Jahre vor. Die seitens WWA Donauwörth bis Ende 2014 bereit gestellten Messdaten wurden zu Grundwasserstandsganglinien ausgewertet und für die auf ausgewählten hydrolo-

gische Achsen (Lage der Achsen: Anlage A - 4.1) gelegenen GWM in Anlage A - 4.4 gegenübergestellt. Dort mit eingetragen ist auch der Zeitpunkt der Stichtagsmessung vom Mai 2011.

- An den GWM auf der hydrologischen Schnittachse 2-2' (09927, 09940 bis 09942, Anlage A - 4.4.1), am südlichen Bebauungsrand von Burgau, ist aus den Ganglinien ein sehr ähnlicher Verlauf der Grundwasserstände erkennbar. Der zeitliche Verlauf ist durch jahreszeitliche Schwankungen geprägt, die überwiegend durch hohe Grundwasserstände in den Wintermonaten (November - Februar) und niedrige Grundwasserstände im Herbst gekennzeichnet sind. In den Jahren 2011 und 2013 sind jeweils auch im Juni/Juli hohe Grundwasserstände festzustellen. Letztere sind auf erhöhte Abflüsse in der Mindel beim Hochwasser vom Juni 2013 zurückzuführen (Anlage A - 5.2). Die höchsten Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum werden beim Hochwasser vom Juni 2013 ermittelt. An der GWM 09940 ist im Juli 2012 eine einwöchige vorübergehende Absenkung des Grundwasserspiegels um ca. 0,4 m erkennbar (lokale Einflüsse). Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände liegt im Betrachtungszeitraum bei ca. 1,1 m bis 1,4 m. In Abhängigkeit von den örtlichen Untergrundverhältnissen und den Wechselwirkungen mit den dort verlaufenden Oberflächengewässern sind die Schwankungen etwas stärker oder schwächer ausgeprägt.
- An den GWM 09931 bis 09933, sowie GWM 09950 und 09951 (Anlage A - 4.4.2), die sich auf den Schnittachsen 6-6' und 7-7' befinden, sind die vorstehend beschriebenen Haupttendenzen in der Grundwasserstandsentwicklung ebenfalls fest zustellen. Die Schwankungsbreite liegt dort im Betrachtungszeitraum bei ca. 1,1 m bis 1,5 m, wobei der höchste Wert an der im Nahbereich der Brühlmindel gelegenen GWM 09931 ermittelt wird. Mit zunehmender Entfernung zum Vorfluter Mindel/Brühlmindel nimmt die Schwankungsbreite ab. Der Einfluss der Wasserstände an der Brühlmindel auf die Grundwasserstände an der GWM 09931 wird auch durch die untere Begrenzung der Schwankungsbreite auf einem Niveau von ca. 448,8 mNN erkennbar (Stabilisierung durch niedrigsten Wasserstand im Vorfluter). An der GWM 09950 und 09951 machen sich zudem die Einflüsse aus den benachbarten Grabensystemen bemerkbar (Scheidgraben, Erlenbach), welche die hydrologischen Haupttendenzen phasenweise überlagern (z. B. GWM 09951 im Herbst 2013).
- Auf der Schnittachse 8 – 8' nördlich von Burgau sind die hydrologischen Haupttendenzen an allen 3 betrachteten GWM (09934 bis 09936) ebenfalls erkennbar (Anlage A - 4.4.3). Insgesamt fallen die Reaktionen im Grundwasser jedoch etwas schwächer aus. Die Schwankungsbreite liegt dort im Betrachtungszeitraum bei ca. 1,0 m bis ca. 1,2 m. An den GWM 09935 und GWM 09936 stimmt der Verlauf der Grundwasserstände über weite Phasen nahezu überein. Dies ist auf die stabilisierende Wirkung der dort vorhandenen Gewässer zurückzuführen (Mindel im OW der Riedmühle, Erlenbach, Scheidgraben). Scheidgraben und Erlenbach und den angeschlossenen Grabensystemen kommt dort, auch bei unterdurchschnittlichen Grundwasserständen wie sie bei

der Stichtagsmessung vom Mai 2011 vorlagen, überwiegend Vorflutfunktion für das Grundwasser zu (siehe auch Anlagen A - 5.4.2 und A - 5.4.3).

- Auf der Schnittachse 10 – 10', an der nördlichen Grenze des Modellraumes, werden die GWM 09954, 09955 und 09957 betrachtet. Für die westlich der Mindel gelegenen GWM 09957 (Anlage A - 4.4.4) wurde eine Schwankungsbreite von 1,9 m ermittelt. Die Grundwasserstände werden dort vermutlich bereits durch die Wasserstände der Mindel im Unterwasser der Riedmühle mit beeinflusst. An der auf Höhe der Riedmühle gelegenen GWM 09954 ist die stabilisierende Wirkung der Stauhaltung festzustellen, die Schwankungsbreite beträgt dort nur ca. 0,9 m. Der Verlauf der Grundwasserstände an der GWM 09955, auf der östlichen Talseite, weist (analog zur Schnittachse 8-8') mit einer Schwankungsbreite von ca. 1,2 m auf den dämpfenden Einfluss der umgebenden Grabensysteme hin.

Insgesamt wird hieraus die Bedeutung des Gewässersystems für die räumlich unterschiedliche Entwicklung der Grundwasserstände im betrachteten Modellraum ersichtlich.

Die großflächig mächtigen Deckschichten haben zur Folge, dass in weiten Bereichen gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten (s. a. Kapitel 3.3.1). Im Auswertezeitraum steigt der Druckwasserspiegel im Grundwasser nur an wenigen GWM (09941, 09946, 09957) gering und kurzzeitig höher als die am Standort der GWM ermittelte GOK an (Juni 2013: max. 4 cm). An allen anderen GWM des Sondermessnetzes liegt der max. Grundwasserspiegel im Auswertezeitraum tiefer als die am Standort der GWM bekannte GOK.

Grundwassergleichenplan

Für die innerhalb des Modellraumes gelegenen 30 GWM sind wesentliche Kennzahlen zu den mittleren Verhältnisse im Zeitraum März 2011/Dezember 2015 und zur Stichtagsmessung vom Mai 2011 in Tabelle 4 gegenübergestellt.

Tabelle 4: Gegenüberstellung Messwerte Mittel März 2011/Dezember 2014 und Stichtagsmessung Mai 2011

Parameter	Mittel März 2011/ Dezember 2014	Stichtagsmessung 24./25. Mai 2011	Differenz [m]
Niedrigster Messwert [mNN]	444,43	444,37	0,06
Höchster Messwert [mNN]	455,53	455,19	0,34
Höhendifferenz [m]	11,10	10,82	0,28
Mittlerer Grundwasserstand [mNN]	450,29	450,10	0,19

Insgesamt ergibt sich hieraus, dass die mittleren Wasserstände im Zeitraum März 2011/Dezember 2014 um rd. 0,2 m höher liegen als bei der Stichtagsmessung. Die größten Differenzen treten hierbei an der GWM 09926 auf Höhe der BAB8 auf (0,34 m), die geringste Differenz wird an der GWM 09554 auf Höhe der Riedmühle festgestellt (0,06 m).

Aus den vorliegenden Messdaten wurde ein Grundwassergleichenplan für die mittleren Grundwasserstände im Zeitraum März 2011 / Dezember 2014 abgeleitet (Anlage A - 4.6). Insgesamt ist festzustellen, dass – trotz bereichsweise bestehenden Unterschiede zur Stichtagsmessung vom Mai 2011 – auch unter den betrachteten mittleren Verhältnissen die grundsätzlichen Charakteristiken der Grundwasserströmung erkennbar sind, wie sie bereits für die Stichtagsmessung vom Mai 2011 beschrieben wurden (Kapitel 3.4.1). Dies betrifft insbesondere die Bedeutung des Gewässersystems:

- Im Stadtgebiet von Burgau kommen der Brühlmindel und der nördlich anschließenden Mindel bis ca. Fl.km 11+000 Vorflutwirkung (Hauptvorfluter) für das von Westen und Süden zuströmende Grundwasser zu. Im weiteren Verlauf fungiert die Mindel zudem im Unterwasser der Riedmühle als Vorfluter, wobei sich dieser Einfluss auf den Nahbereich der Mindel bzw. Riedmühle beschränkt. Wasserstandsänderungen in diesen Gewässerabschnitten wirken sich in gedämpfter Form auch auf die umliegenden Grundwasserstände aus.
- Für den Erlenbach weisen die Messwerte darauf hin, dass der Grundwasserspiegel zumindest südlich der GZ11 durch Infiltration von Oberflächenwasser gestützt wird.
- Östlich der Bahnlinie entwässert Grundwasser in das dortige ausgedehnte Grabensystem und von dort in den Vorfluter Scheidgraben. Auch in diesem Gebiet wird das Niveau der Grundwasserstände im hohen Maße von den Wasserständen in den Bächen und Gräben bestimmt.

3.5 Bilanzkomponenten

Im Modellraum gehen folgende Größen in die Grundwasserbilanz ein:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlag;
- Randzufluss aus dem westlichen und östlichen orohydrografischen Einzugsgebiet;
- Südlicher Zustrom im quartären Grundwasserleiter;
- Nördlicher Abstrom im quartären Grundwasserleiter;
- Austausch mit Oberflächengewässern und den Grabensystemen der landwirtschaftlichen Be- und Entwässerung (Infiltration und Exfiltration).

3.5.1 Niederschlag und Grundwasserneubildung

Im Nahbereich des Modell- und Bilanzraumes befindet sich die Wetterstation Nr. 102, Haldenwang (siehe Anlage A - 2.1) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Die Station wurde im Oktober 2005 eingerichtet, sie liegt 510 m über dem Meeresspiegel.

Für den Zeitraum der Wasserwirtschaftsjahre (WWJ) 2006/2014 ergibt sich eine mittlere Niederschlagshöhe von rd. 785 mm. Der Mittelwert der hydrologischen Sommerhalbjahre im Auswertezeitraum wird zu 518 mm ermittelt, der Mittelwert für die hinsichtlich der Grundwasserneubildung wesentlichen Winterhalbjahre zu 269 mm (Anlage A - 5.1).

Die hydrologischen Winterhalbjahre 2009/10 und 2010/11 sind, bezogen auf den Auswertezeitraum 2006/2014, durch durchschnittliche Niederschlagssummen gekennzeichnet. Als unterdurchschnittlich ist das hydrologische Winterhalbjahr 2013/14 mit rd. 179 mm einzustufen. Das hydrologische Sommerhalbjahr 2011 weist mit rd. 471 mm unterdurchschnittliche Niederschlagssummen auf. Die hydrologischen Sommerhalbjahre 2012 – 2014 geben mit Niederschlagssummen zwischen rd. 520 mm und rd. 532 mm weitgehend mittlere Verhältnisse wieder.

Die Entwicklung der Monatsniederschläge im Zeitraum 2011/2014 ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Im 1. Kalenderhalbjahr 2011 sind von Januar bis Mai unterdurchschnittliche Niederschlagssummen zwischen 12 mm/Monat und rd. 62 mm/Monat festzustellen. In diesen Zeitraum fällt auch die Stichtagsmessung vom 24./25. Mai 2011 (siehe Kapitel 3.4.1). Im Juli 2011 sind dann ausgeprägte Niederschläge mit einer Monatssumme von rd. 170 mm zu verzeichnen. Auch 2012 und 2014 treten die höchsten Monatsniederschläge mit rd. 146 mm bzw. 153 mm in den Sommermonaten Juni/Juli auf. In 2013 werden im Mai und Juni Niederschlagssummen von rd. 124 – 143 mm/Monat ermittelt, in diesen Zeitraum fällt auch das Hochwasserereignis an der Mindel (Kapitel 3.5.2).

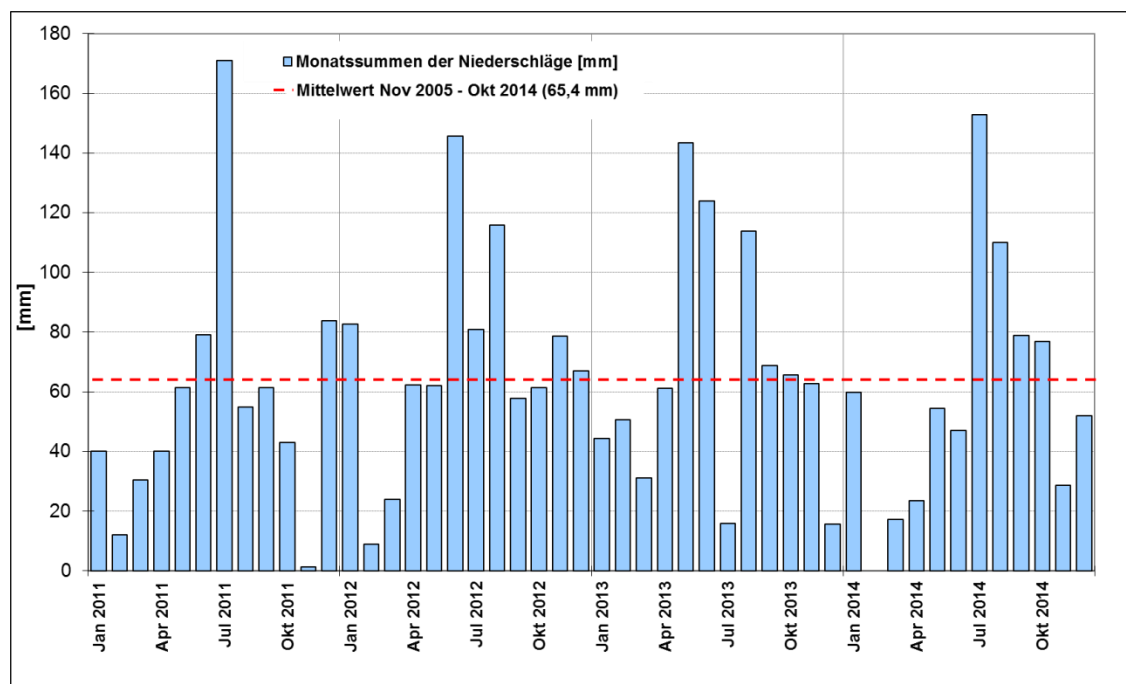


Abbildung 1: Monatssummen der Niederschläge – Station Haldenwang

Für die Beurteilung der langzeitigen Niederschlagsverteilung im Untersuchungsraum wurden die Mittelwerte der monatlichen Niederschlagssummen an den DWD Stationen Günzburg und Zusmarshausen für den Zeitraum der Normalperiode (1961 – 1990) herangezogen (Tabelle 5). Der Modellraum befindet sich zwischen diesen beiden Stationen (Entfernung Station Günzburg rd. 10 km westlich, Station Zusmarshausen rd. 15 km östlich). Aufgrund der etwa vergleichbaren Höhenlage wird von den Mittelwerten beider Stationen ausgegangen. Im Jahresmittel ergibt sich eine Niederschlagssumme von rd. 800 mm, die somit weitgehend den Verhältnissen an der Station Haldenwang entspricht (2006/2014).

Tabelle 5: Mittlere Niederschläge der Normalperiode (1961-1990) für die Stationen Zusmarshausen und Günzburg

Station	Höhe [mNN]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Zusmarshausen	443	52,6	52,0	50,2	67,8	87,1	108,9	96,2	103,1	69,3	57,3	64,8	55,3	864,6
Günzburg	444	44,4	42,5	40,5	57,8	73,9	92,4	85,1	82,2	61,0	47,2	54,1	47,2	728,2
Mittelwert		48,5	47,3	45,4	62,8	80,5	100,7	90,7	92,7	65,2	52,3	59,5	51,3	796,4

Die geringsten monatlichen Niederschlagssummen werden mit durchschnittlich rd. 45 mm im März und die höchsten mit durchschnittlich rd. 101 mm im Juni gemessen. Auf das hydrologische Sommerhalbjahr (Mai – Oktober) entfallen ca. 60% (rd. 480 mm) der Jahresniederschläge und auf das für die Grundwasserneubildung besonders bedeutsame Winterhalbjahr (November – April) ca. 40% der Jahresniederschläge (rd. 320 mm).

In der Hydrogeologischen Karte von Bayern 1:500.000 (HGK500) wird die Grundwasserneubildung mit einer Rasterauflösung von 200 m angegeben. Die ermittelten Werte basieren auf einer flächendifferenzierten Ermittlung des Bodenwasserhaushalts und der anschließenden Abtrennung der Direktabflussanteile über den sogenannten Baseflow-Index. Für die vorliegende Untersuchung wird von mittleren hydrologischen Verhältnisse ausgegangen.

Im Mindeltal dominieren Werte zwischen 100 mm und 200 mm, dies entspricht rd. 3,17 l/s*km² bis 6,34 l/s*km². Kleinräumig werden auch höhere Werte ausgewiesen (250 mm bis 400 mm). Für das orohydrografische Einzugsgebiet im angrenzenden tertiären Hügelland werden überwiegend 150 mm – 200 mm, entsprechend rd. 4,75 l/s*km² bis 6,34 l/s*km² angegeben, beziehungsweise liegen auch geringere Werte vor (50 – 100 mm).

Für das westliche orohydrografische Einzugsgebiet wird auf Grundlage der Rasterauflösung in der HGK500 eine mittlere Grundwasserneubildung von rd. 4,9 [l/s*km²] abgeleitet. Bei einer Einzugsgebietsfläche von 2,5 km² resultiert hieraus ein westlicher, seitlicher Zufluss in das Mindeltal von rd. 12 [l/s]. Für das östliche orohydrografische Einzugsgebiet wird eine mittlere Grundwasserneubildung von rd. 5,4 [l/s*km²] ermittelt. Die Einzugsgebietsfläche umfasst

rd. 10,5 km², es ergibt sich somit ein östlicher, seitlicher Zufluss in das Mindeltal von rd. 57 [l/s].

Zu Vergleichszwecken wurden zusätzlich die Ergebnisse der Untersuchungen in [3] herangezogen. Im Zusammenhang mit den dort durchgeführten großräumigen, modellgestützten Bilanzierungen für den Molasse-GWL (Tiefengrundwasserleiter) wurde im östlichen tertiären Hügelland eine Neubildungsrate von 1,5 [l/s*km²] und im westlichen Hügelland von 0,8 [l/s*km²] ermittelt. Die seitlichen Zuflüsse aus den orohydrografischen Einzugsgebieten ergeben sich auf dieser Grundlage zu 2 l/s aus dem westlichen Teilgebiet und zu 16 l/s aus dem östlichen Teilgebiet. Diese Werte betragen nur ca. 16 – 28% des aus der HGK500 abgeleiteten Ansatzes.

Im Modellraum ist gemäß HGK500 von einer Grundwasserneubildung von bis zu 6,34 l/s*km² auszugehen. Für den 12,1 km² großen Modellraum lässt sich hieraus eine mittlere Neubildungsrate von rd. 5,1 [l/s*km²] ableiten.

- Im Bereich der von Auelehmen (Hochflutsedimente) und mächtigen Niedermoortorfen überdeckten Kiese (s. Anlage A - 3.3) sind jedoch geringere tatsächliche Neubildungsraten anzusetzen. Der überwiegende Anteil an Niederschlag fließt dort oberirdisch ab und wird über das Grabensystem abgeführt (Scheidgraben und Zuflüsse, Erlenbach, etc.). Die Bereiche mit Deckschichten ≥ 1 m innerhalb des Modellraumes umfassen ca. 7 km² und damit rd. 58% der Gebietsfläche im Modellraum. Für diese Bereiche wird eine mittlere Neubildungsrate von 2 l/s*km² angesetzt.
- In Bereichen mit geringer Mächtigkeit der Deckschichten (< 1 m) und sandiger Beschaffenheit, ist von höheren Neubildungsraten auszugehen. Diese Bereiche umfassen ca. 5,1 km² und damit rd. 42% der Gebietsfläche im Modellraum. Für diese Bereiche wird eine mittlere Neubildungsrate von 5 l/s*km² angesetzt.

Insgesamt ergibt sich für den Modellraum bei mittleren hydrologischen Verhältnissen ein Zufluss von Grundwasserneubildung aus Niederschlag von rd. 40 l/s.

Für den Tiefengrundwasserleiter (OSM) wird im Rahmen der o. a. Untersuchungen des BLfW [3] für den Bereich des hier betrachteten Modellraumes keine Grundwasserneubildung im OSM ermittelt. Somit wird die Berücksichtigung des OSM als Grundwasserhemmer und die Vernachlässigung des Austausches zwischen OSM und quartärem GWL bestätigt (s. Kapitel 3.2).

3.5.2 Austausch mit Oberflächengewässern

Gewässersystem

Mindel

Das Gewässersystem im Untersuchungsraum ist aus Anlage A - 4.1 und Anlage A - 4.5 ersichtlich. Hauptvorfluter ist die Mindel, die in der Ortslage Burgau abschnittsweise in den Mindelkanal und die Brühlmindel verzweigt. An Mindel und Mindelkanal befinden sich mehrere Stauhaltungen mit Wasserkraftanlagen.

Zur Beurteilung der Einflüsse aus den Wasserstandsänderungen/Abflussschwankungen an der Mindel auf die Grundwasserstände im Modellgebiet wurden die Wasserstände und Abflüsse am Pegel Offingen/Mindel herangezogen. Dieser Pegel befindet sich bei Fl.km 3+200, kurz vor der Donaumündung, und damit nördlich des Modellgebietes (s. auch Anlage A - 5.2). Südlich und damit im Oberstrom des Pegels Offingen mündet die Kammel in die Mindel.

Die Wasserstandsentwicklung am Pegel Offingen im Zeitraum Jan 2011/Dez 2014 ist aus Anlage A - 5.2 ersichtlich. Zu Vergleichszwecken wurde der um -9,5 m verschobene Wasserstand am Pegel Remshart/Kammel mit eingetragen. Im Betrachtungszeitraum 2011/14 ist hinsichtlich der hydrologischen Haupttendenzen an beiden Pegeln eine sehr ähnliche Wasserstandsentwicklung zu erkennen. Daher kann der zeitliche Verlauf der Wasserstände/Abflüsse am Pegel Offingen/Mindel auch zur orientierenden Beurteilung der Wasserstandsentwicklung an der Mindel im Modellgebiet herangezogen werden.

Die Abflüsse der Mindel am Pegel Offingen sind für den Zeitraum von Oktober 2010 bis Dezember 2014 in Abbildung 2 dargestellt.

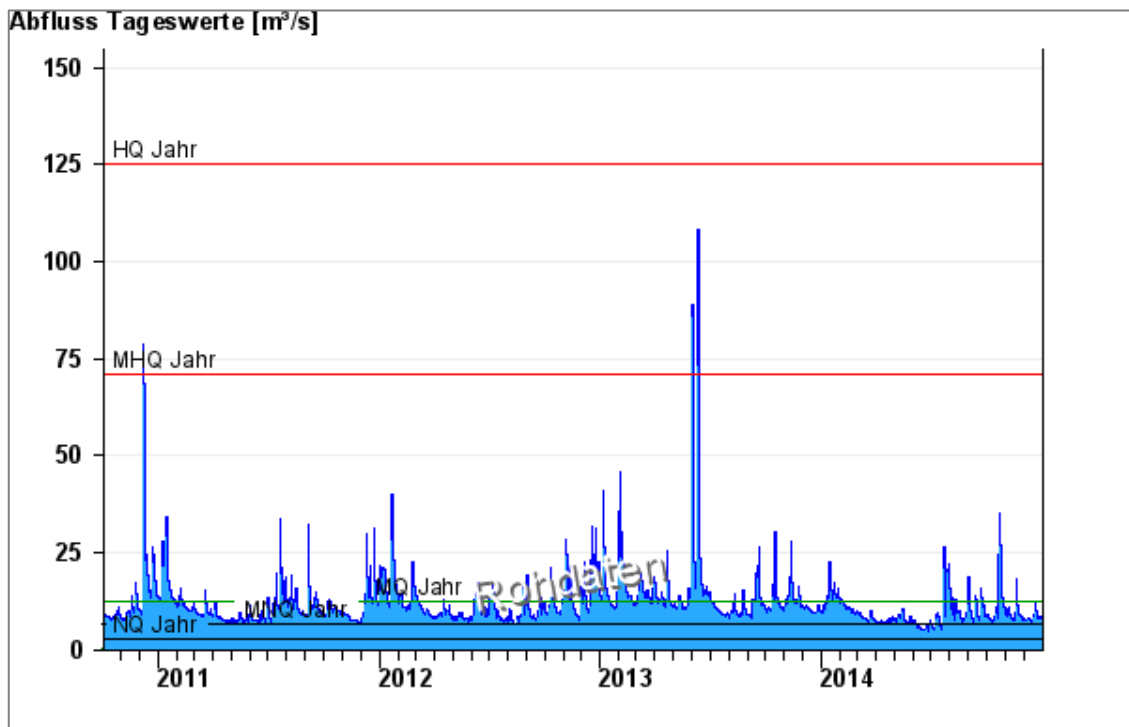


Abbildung 2: Pegel Offingen/ Mindel (Quelle: www.hnd.bayern.de/)

Die Abflussganglinie für die Kammel am Pegel Remshart (Fl.km 1+800) von November 2010 bis Dezember 2014 ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Der Darstellungszeitraum wurde so gewählt, um auch die Abflusssituation im Vorfeld der Stichtagsmessung vom Mai 2011 ausreichend mit zu erfassen.

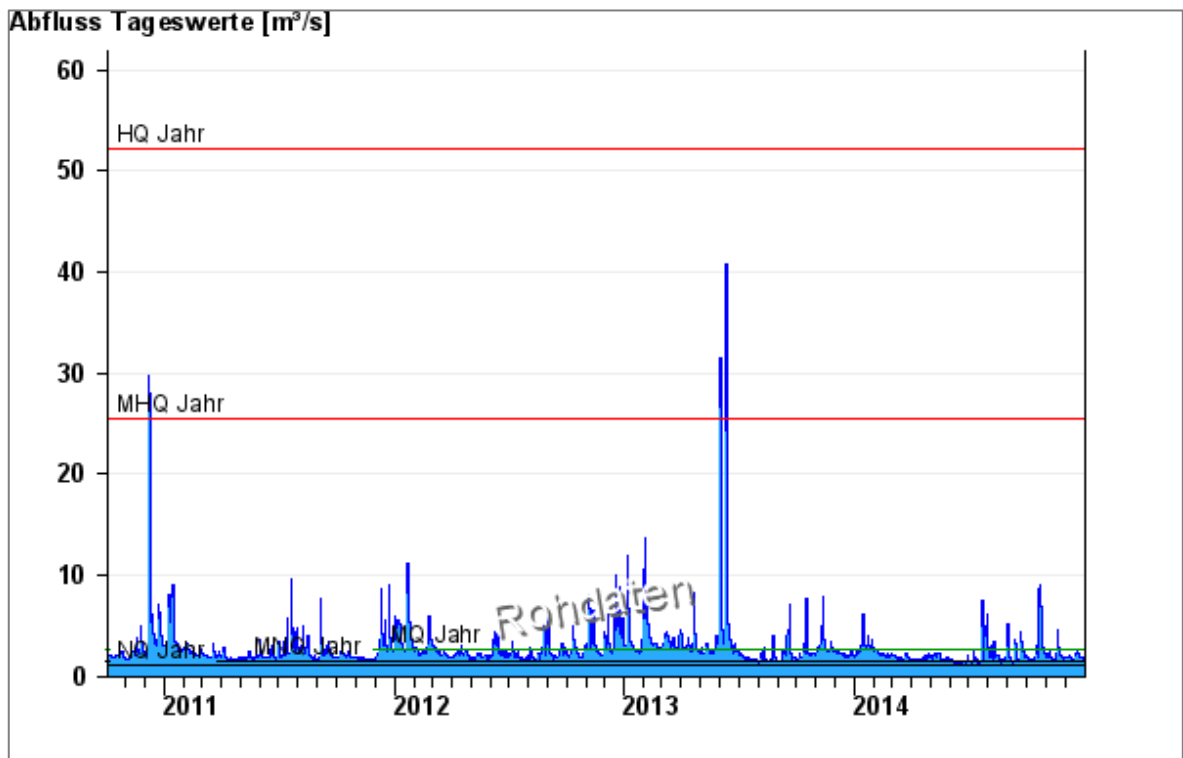


Abbildung 3: Pegel Remshart / Kammel (Quelle: www.hnd.bayern.de/)

An beiden Gewässern ist die Abflussentwicklung zunächst durch ein Hochwasser im Dezember 2010 gekennzeichnet. Die Scheitelabflüsse im Dezember 2010 überschreiten die jeweiligen Werte für ein HQ₅ (Mindel: 80 m³/s; Kammel: 33 m³/s). Im Januar 2011 sind noch Abflüsse > MQ zu verzeichnen (MQ: Pegel Offingen/Mindel, Jahresreihe 1954 - 2012: 12,2 m³/s; Pegel Remshart/Kammel, Jahresreihe 1983 - 2012: 2,69 m³/s). Von Februar bis Mai 2011 dominieren dann an beiden Gewässern unterdurchschnittliche Abflüsse.

Bei der Stichtagsmessung vom 24./25.05.2011 (s. Kapitel 3.4) wurden im Rahmen der vom WWA Donauwörth gesondert durchgeführten Abflussmessungen die nachfolgende genannten Abflüsse ermittelt. Zu Vergleichszwecken ist der entsprechende mittlere Niedrigwasserabfluss für das hydrologische Sommerhalbjahr in Klammern mit aufgeführt.

- Pegel Offingen, Mindel: 7,23 m³/s (MNQ Sommer = 6,90 m³/s)
- Pegel Remshart, Kammel: 1,86 m³/s (MNQ Sommer = 1,48 m³/s)

Insgesamt ergibt sich hieraus, dass zum Stichtag unterdurchschnittliche Abflüsse, nahe dem mittleren Niedrigwasserabfluss vorlagen. Für den Mindelabschnitt innerhalb des Untersuchungsgebiet lässt sich am Stichtag 24./25.05.2011 ein Abfluss von ca. 5,3 m³/s ableiten.

Der weitere Verlauf der Abflüsse an der Mindel und in ähnlicher Weise an der Kammel, ist wie folgt gekennzeichnet (Abbildung 2 und Abbildung 3):

- Bis Mai 2013 dominieren unterdurchschnittliche Abflüsse die von Phasen erhöhter Abflüsse unterbrochen werden (Juli 2011, Dezember 2011/Januar 2012; Dezember 2012/Februar 2013).
- Beim erhöhten Abfluss im Juli 2011 liegen die Scheitelabflüsse unter den Werten für das Ereignis HQ₁ (Mindel: 57 m³/s; Kammel: 20 m³/s).
- Im Juni 2013 ist an der Mindel mit einem Scheitelabfluss von 120 m³/s (11.06.2013, Pegel Offingen) ein ausgeprägtes Hochwasserereignis zu verzeichnen (> HQ₂₀, www.hnd.bayern.de). Am Pegel Remshart, Kammel werden am gleichen Tag 46,8 m³/s ermittelt (HQ₂₀ = 46 m³/s).
- Bis Ende 2014 wechseln sich dann Phasen überdurchschnittlicher Abflüsse (September 2013 bis Februar 2014) mit Phasen unterdurchschnittlicher Abflüsse (März bis Juli 2014) ab. Im 2. Halbjahr 2014 dominieren unterdurchschnittliche Abflüsse, die von kurzzeitigen Phasen erhöhter Abflüsse überlagert werden. Zwischen Juni 2013 und Dezember 2014 liegen die ermittelten Abflüsse unter einem HQ₁.

Nebengewässer der Mindel

Der Modellraum ist insbesondere östlich der Mindel von einem weit verzweigten System an Bächen und Gräben gekennzeichnet.

Der Abfluss A₀ aus dem östlichen orohydrografische Einzugsgebiet wird über verschiedene Bäche und Gräben (Erlenbach, Triebgraben, Haldenwanger Bach, Angerbach,...) in das Mindeltal geführt. Dort kann in Abhängigkeit von der Höhenlage des Wasserspiegels im Gewässer und des Grundwasserspiegels, sowie der Beschaffenheit der Gewässersohle, eine Interaktion zwischen Oberflächengewässer und dem Grundwasserbereich erfolgen.

Die östlichen Zuflüsse münden letztlich in den östlich der Bahnlinie verlaufenden Scheidgraben, der nördlich von Burgau mit dem westlich der Bahnlinie verlaufenden Erlenbach zusammen fließt. Von dort aus erfolgt, ergänzt um weitere Zuflüsse aus dem Gebiet von Mindelaltheim, im Unterwasser der Riedmühle eine Entwässerung in die Mindel. Der Scheidgraben erhält insbesondere auf der Höhe von Röfingen und Haldenwang Zuflüsse aus einem weit verzweigten Grabensystem, das dort der Entwässerung von intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen dient.

Westlich der Mindel fließen, südlich von Burgau, im Wesentlichen der Krautgartengraben/Krebsgraben und der Schwarzgraben der Mindel zu. Beide Gräben sind Hauptvorfluter für ein dort befindliches, weit verzweigtes Entwässerungssystem.

Austausch Oberflächengewässer / Grundwasser

Hinsichtlich der Gewässer interessiert der Wasserstand, die Gewässergeomtrie (Sohlhöhe, Breite) und die Leakage-Faktoren (=Sohldurchlässigkeit/Sohlmächtigkeit). Zudem ist wichtig, ob das Gewässer über dem Grundwasser (Infiltration) oder im Grundwasser liegt (Infiltration und Exfiltration möglich). Für alle Gewässer müssen Ansätze für die modelltechnische Behandlung getroffen werden (Sohle, Breite, Wasserspiegel, Leakage-Faktoren). Liegen keine gemessenen Daten vor, müssen Analogieschlüsse vorgenommen und Parameter abgeschätzt werden.

Die Sohlagen und die Breite der Gewässer im Modellraum liegen aus der 2010 durchgeführten Bestandsvermessung vor. Für die Erstellung des numerischen Modells wird zwischen den erfassten Querprofilen linear interpoliert. Darüber hinaus werden folgende Festlegungen getroffen:

- Für die stationäre Modellanpassung werden die Wasserspiegel an den Oberflächengewässern aus den Wasserstandsmessungen der Stichtagsmessung abgeleitet. Zwischen den Messpunkten wird linear interpoliert.
- An den bei der Stichtagsmessung nicht erfassten Grabensystemen wird, soweit verfügbar, die Geometrie aus der Bestandsvermessung übernommen. Entsprechendes gilt für die Wasserspiegellagen, wobei im Einmündungsbereich zu übergeordneten Gräben eine Plausibilitätsabgleich mit den bei der Stichtagsmessung erfassten Wasserspiegeln erfolgt.
- An den sonstigen nicht durch Vermessungen erfassten Gräben wird, auf Grundlage der Beobachtungen bei den Ortsbesichtigungen, ein vereinfachter Ansatz gewählt. Die Sohlhöhe wird aus dem digitalen Höhenmodell abgeschätzt, der Wasserstand wird durchgängig einige Dezimeter über der Sohle angesetzt.
- Die Reaktionen im Grundwasser weisen auf eine überwiegend gute Anbindung der Gewässer an den Grundwasserbereich hin. Für die Sohle wird ein Leakage-Faktor von $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt, der eine relativ offene Sohle abbildet.
- Für die Sohle des Scheidgrabens wurden aus bodenmechanischen Laborversuchen für vier Standorte (UP 22 – UP 25) relativ hohe vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ bis $8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ermittelt (Anlage A- 3.4.1). Bezogen auf die erfasste Schichtmächtigkeit von 0,2 m lassen sich hieraus Leakage-Faktoren von $L = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ bis $L = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ableiten. Lediglich an einem Standort (UP 21), südlich des Bahnhofes Burgau ergab sich bei bindigen Sedimentanteilen (14 %) ein geringer $k_f = 6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ (entsprechend $L = 3 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$), der dort auf eine weitgehende Sohldichtung hinweist.
- Im Oberwasser der Wasserkraftanlagen an der Mindel (Scheppacher Mühle, Riedmühle) und am Mindelkanal ist aufgrund des über Jahrzehnte andauernden Einstaus von einer weitgehenden Selbstdichtung der Gewässersohle auszugehen. In allen Abschnitten in denen der Stauwasserspiegel höher als der Grundwasserspiegel liegt, wird dort als Ausgangswert ein Leakage-Faktor von $5 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ angesetzt.

3.5.3 Austausch mit dem Kanalnetz

Auf Grundlage des zuerst erstellten Hydrogeologischen Modells (Datenstand 13. Juli 2011) [15] erfolgten Aufbau und stationäre Anpassung des Grundwassermodells an die Stichtagsmessung vom Mai 2011.

In diesem Zusammenhang wurden Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Werten festgestellt, die nicht auf hydrogeologische oder hydrologische Einflussgrößen zurückgeführt werden konnten. Vor diesem Hintergrund wurden in Abstimmung mit dem WWA Donauwörth weitere mögliche Einflussgrößen recherchiert, dies beinhaltete auch das bestehende Abwasser (AW)-Kanalnetz der Stadt Burgau.

- Seitens der Stadt Burgau wurden hierzu im Juli 2014 für 3 Teilgebiete des Stadtgebietes (BG Heimstettensiedlung, BG Alter Sportplatz, Zeppelin und Peter Henlein Strasse) digitale Daten zu Abwasserkanälen bereit gestellt (Anlage A - 6.1). Diese umfassten Angaben zu Lage und Höhe der Schächte/Schachtsohlen und zu den Kanalsträngen des Regenwasser- und Schmutzwasserkanalnetzes. Die Auswertung ergab, dass die Sohle des AW-Kanalnetzes bereits bei mittleren hydrologischen Verhältnissen gebietsweise tiefer als der Grundwasserspiegel liegt und somit potenziell eine Exfiltration von Grundwasser ins Kanalnetz möglich ist.
- Für das weitere Stadtgebiet lagen keine Daten vor. Daher erfolgte im November 2014 durch das WWA Donauwörth in dem für die Untersuchungen relevanten Bereich eine ergänzende Einmessung von Kanalschächten ((Industriestraße, Dieselstraße, Ostpreußenstraße, Egerländer Str., siehe Anlage A - 6.1), auch dort reicht die Sohle der AW-Kanäle bis in das Grundwasser. Eine tabellarische Zusammenstellung der eingemessenen Höhen enthält Anlage A - 6.2.
- Als zusätzliche Beurteilungsgrundlage wurden seitens der Stadt Burgau Angaben zum ermittelten Fremdwasseranteil an der Kläranlage bereitgestellt. Dieser lag demzufolge in den letzten Jahren bei 20 – 24%, für 2012 wurden 425 m³/d (entsprechend 5 l/s) angegeben. Die Messungen erfolgten nach der sog. Nachtminimum-Methode (monatliche Messung bei Trockenwetter), die bekannten gewerblichen Einleitungen wurden hierbei mit pauschalem Abzug berücksichtigt.

Insgesamt ergibt sich hieraus, dass zumindest gebietsweise eine permanente Aussickerung von Grundwasser in das AW-Kanalnetz der Stadt Burgau erfolgen kann. Aus den Angaben der Stadt Burgau ergibt sich eine relativ geringe Aussickerung in der Größenordnung von ca. 5 l/s. Zur Verifizierung dieses Wertes werden folgende weitere Schritte empfohlen:

- Überprüfung der Plausibilität des berechneten Fremdwasseranteils durch Abflussmessungen im AW-Kanalsystem.
- Auswertung des Fremdwasseranteils für einen mehrjährigen Zeitraum mit unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen (Phasen niedriger und hoher Grundwasser-

stände). Grundsätzlich ist eine Variation des Fremdwasseranteils in Korrelation zur Grundwasserstandsentwicklung zu erwarten.

3.5.4 Grundwasserentnahmen

Innerhalb des Modellraumes sind gemäß den vorliegenden Angaben folgende Grundwasserentnahmen bekannt, die den quartären Grundwasserleiter erschließen:

1. Öffentliche Trinkwasserversorgung:

- Die Stadt Burgau nutzte über Jahrzehnte vier am westlichen Talrand des Mindeltales gelegene Brunnen für die öffentliche Trinkwasserversorgung (Lage siehe Anlage A - 2.1 und A - 4.1). Drei dieser Brunnen liegen nördlich der Bundesautobahn (BAB) A8 und damit in deren Abstrom. Aufgrund der derzeit laufenden Erweiterung der BAB A8 wurden für diese Brunnen bereits 1999/2000 auf dem höher gelegenen Geyerberg/Brennberg 3 Ersatzbrunnen (Brunnen 5 bis 7) niedergebracht.

Die Brunnen 4 und 5 sind bis in Tiefen von 32 m/43 m unter Geländeoberkante (GOK), die Brunnen 6 und 7 in Tiefen bis 81 m / 86 m unter GOK abgesperrt. Die Brunnen erschließen damit Grundwasser der tertiären Abfolge, wobei die Brunnen 4 und 5 im oberen Grundwasserstockwerk verfiltert sind und die Brunnen 6 und 7 im tieferen tertiären Stockwerk. Aus den Brunnen 4 – 7 wurden im Mittel der Jahre 2004/2009 rd. 370.000 m³/a entnommen. Für die vorliegende Untersuchung sind diese Entnahmen aus dem Tertiär nicht relevant.

2. Brauchwasserbrunnen:

- Auf dem Werksgelände der Fa. ROMA KG (Anlage A - 4.1) befinden sich insgesamt 6 Brauchwasserbrunnen, dabei handelt es sich um 3 Entnahmebrunnen und 3 Schluckbrunnen, welche sich ca. 100 m nördlich der Entnahmebrunnen befinden. Die Grundwasserentnahme dient Heiz- und Kühlzwecken. Die Brunnen sind bis in Tiefen von ca. 7 m bis ca. 8 m im quartären Grundwasserleiter verfiltert. Die wasserrechtliche Erlaubnis beträgt nach Angabe WWA Donauwörth für alle 3 Entnahmebrunnen zusammen jeweils maximal: 8,9 l/s, 400 m³/d und 65.600 m³/a. Die genehmigte Jahresentnahme entspricht umgerechnet rd. 2,1 l/s.
- Die Fa. Frey (Wäscherei) betreibt im Bereich der Industriestraße einen Brauchwasserbrunnen (Anlage A - 4.1) mit einer genehmigten Grundwasserentnahme von max. 113.000 m³/a (entsprechend 3,5 l/s).
- An der Kläranlage des Marktes Jettingen-Scheppach, nördlich der Scheppachermühle und an einem Regenrückhaltebecken (RRB), das ca. 130 m nördlich davon gelegen ist, befindet sich jeweils ein Brauchwasserbrunnen (Anlage A - 4.1). Die an diesen beiden Brunnen entnommenen Grundwassermengen sind nicht bekannt, werden jedoch aufgrund der Nutzungsart als vernachlässigbar klein eingestuft.

Insgesamt liegen somit im Modellraum relativ geringe Grundwasserentnahmen aus dem Quartär vor.

3.5.5 Zu- und Abstrom im quartären Grundwasserleiter

Am südlichen Rand des Modellraumes erfolgt ein Zustrom im quartären Grundwasserleiter. Der Zustrom wurde auf Grundlage des Gleichenplans für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum März 2011 / Dezember 2014 (Anlage A - 4.6), sowie der abgeleiteten Aquifermächtigkeit und der vorläufig zugrunde gelegten k_f -Wert-Regionalisierung gemäß Anlage A - 3.7 grob abgeschätzt.

Das Grundwassergefälle liegt am südlichen Modellrand überwiegend zwischen rd. 0,5 % und 0,6 %. Die grundwassererfüllte Aquifermächtigkeit variiert zwischen 2,5 m und 9 m. Die südlichen Zuflüsse in den Modellraum wurden durch eine abschnittsweise Berechnung mit den ermittelten hydrogeologischen Parametern bilanziert. Über den rd. 3,7 km breiten südlichen Modellrand wurde ein Gesamtzufluss von ca. 170 l/s abgeschätzt (rd. 46 l/s·km).

Entsprechend wurde bei der Ermittlung des Abstromes im Quartär, am nördlichen Modellrand, vorgegangen. Das Fließgefälle variiert überwiegend zwischen rd. 0,2 % und 0,3 %. Die Aquifermächtigkeit beträgt am nördlichen Modellrand bei der Stichtagsmessung überwiegend 3 m bis 5 m, am östlichen Talrand bis zu 6,5 m. Im Ergebnis wird über den nördlichen rd. 2,2 km breiten Modellrand ein Abfluss von ca. 60 l/s (rd. 28 l/s·km) abgeschätzt.

Im Rahmen der Anpassung des stationären Grundwassermodells werden am südlichen und nördlichen Modellrand zunächst Festpotenzialrandbedingungen definiert. Entsprechend den aus der Stichtagsmessung dort abgeleiteten Grundwassergleichen werden im Zustrom Werte um 457 mNN und im Abstrom um 444 mNN angesetzt. Mit diesen Randbedingungen wird der hier überschlägig ermittelte Zu- und Abstrom im Rahmen der Modellanpassung überprüft.

3.6 Grundwasserbilanz

Die vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum ist in Tabelle 6 zusammen gestellt. Bei den seitlichen Zuflüssen aus den orohydrografischen Einzugsgebieten sind die auf Grundlage der Untersuchungen in [3] abgeleiteten Werte in Klammern angegeben.

Eine Grundwasserbilanz für den Modellraum kann zudem nur aufgestellt werden, wenn die Wechselwirkung zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasserbereich (Exfiltration/ Infiltration) als unbekannte Variable berücksichtigt wird. Es ergeben sich dann folgende

Bilanzterme für mittlere Bedingungen (unbekannte Austauschmenge mit den Gewässern; X: Infiltration in das Grundwasser, Y: Exfiltration aus dem Grundwasser).

Tabelle 6: *Vorläufige Grundwasserbilanz für den Modellraum*

Bilanzterm Zustrom	Menge ca. [l/s]	Bilanzterm Abstrom	Menge ca. [l/s]
Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Modellraum	40	Grundwasserentnahme	6
Randzustrom aus dem westlichen orohydrografischen Einzugsgebiet ca.	12 (2)	Aussickerung ins AW-Kanalnetz	5
Randzustrom aus dem östlichen orohydrografischen Einzugsgebiet ca.	57 (16)		
Südlicher Randzustrom im Quartär	170	Nördlicher Randabstrom im Quartär	60
Infiltration Gewässer	X	Exfiltration Gewässer	Y
Summe Zustrom	279 (228) + X	Summe Abstrom	71 + Y

Insgesamt ergibt sich hieraus eine Netto-Exfiltration in die Gewässer von ca. 210 l/s. Mit den gemäß [3] ermittelten geringeren Randzuflüssen aus den orohydrografischen EZG ergibt sich eine Netto-Exfiltration in die Gewässer von ca. 160 l/s. Dieser Bilanzterm stellt somit eine wesentliche Bilanzkomponente dar und veranschaulicht die Bedeutung des Austausches zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser für die vorliegende Untersuchung.

Zur Verifizierung der Neubildungsansätze, insbesondere im östlichen tertiären Hügelland, aber auch der Austauschmengen an der Mindel, sollte eine zusätzliche Stichtagsmessung mit gleichzeitiger Abflussmessung an der Mindel und an den von Osten in das Mindeltal zufließenden Gräben durchgeführt werden.

3.7 Vorgaben für das Grundwassermodell

3.7.1 Stationäres GWModell

Das Grundwassermodell wird mit dem Modellsystem MODFLOW unter der Benutzeroberfläche Groundwater Vistas (Version 6.78) erstellt. Die Modellauflösung erfolgt unter Berücksichtigung der räumlichen Auflösung der vorliegenden Datengrundlagen und der Diskretisierung des 2D-Wasserspiegelagenmodells, aus dem die berechneten Wasserstände als Eingangsgröße für das Grundwassermodell übernommen werden. Im Bereich der Flutrinne wird eine Auflösung von 10 m vorgesehen.

Dem Modellaufbau werden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Einschichtiges Grundwassermodell, das den GWL im Quartär umfasst.
- Modellunterkante bildet die Basis des GWL Quartär.
- Grundwasserleiteroberkante (Modelloberkante) wird im Modellraum durch die Deckschichtunterkante der Deckschichten gebildet.
- Für die Durchlässigkeit der Gewässersohlen wird zunächst ein pauschaler Ansatz gewählt (siehe Kapitel 3.5.2), Die Verifizierung der gewählten Parameter erfolgt im Rahmen der Modellkalibrierung.
- Geohydraulische Kennwerte: Ausgangsverteilung entsprechend der Regionalisierung in Anlage A - 3.7.
- Definition der sonstigen Randbedingungen:
 - Ansatz der Grundwasserneubildung als differenzierter flächenhafter Zufluss.
 - Mindel als Leakage-Randbedingung: Sohllage und Gewässerbreite wird aus der Bestandsvermessung vom September 2010 übernommen und auf die Modellknoten interpoliert. Entsprechend wird mit den bei der Bestandsvermessung erfassten Wasserständen verfahren. Im Bereich der Scheppacher Mühle (ca. Fl.km 15+000), die nicht in die Bestandsvermessung einbezogen wurde, liegen Informationen aus der Vermessung am Stichtag im Mai 2011 vor, so dass dort auf diese Daten zurückgegriffen werden kann. Weitere, im Rahmen der Abflussmessungen am Stichtag im Mai 2011 erfasste verwertbare Wasserspiegel werden ebenfalls berücksichtigt.

An den Bächen und Gräben (Erlenbach, Scheidgraben, Triebgraben, Haldenwanger Bach, Angerbach etc.) werden Wasserstand, Sohle und Gewässerbreite aus der Vermessung am Stichtag im Mai 2011 übernommen und auf das Grundwassermodell übertragen. Liegen keine Informationen aus dieser Vermessung vor, wird auf die Bestandsvermessung vom September 2010 zurückgegriffen.

An den sonstigen, nicht durch Vermessungen erfassten Gräben, wird auf Grundlage der Beobachtungen bei den Ortsbesichtigungen ein vereinfachter Ansatz gewählt. Die Sohlhöhe wird dort aus dem digitalen Höhenmodell (DHM) abgeschätzt, der Wasserstand wird durchgängig einige Dezimeter über der Sohle gewählt.

- Baggerseen als See-Randbedingung, Gewässersohle aus Quartärbasis.
- Randzufluss am südlichen Quartärrand: 170 l/s gemäß Abschätzung in Kap. 3.5.5.
- Festpotenzialrand am nördlichen Quartärrand: ca. 444 mNN (Überprüfung des in Kap. 3.5.5 abgeleiteten Rand Abstoms von 60 l/s).
- Seitliche Zuflüsse aus dem orohydrografischen Einzugsgebiet entsprechend den aus den jeweiligen Teileinzugsgebieten abgeleiteten Zuflüssen (Kapitel 3.6). Zur Verifizierung der Neubildungsansätze, insbesondere im östlichen tertiären Hügelland wird empfohlen eine zusätzliche Stichtagsmessung mit Abflussmessungen durchzuführen.
- Kein Zufluss über die Modellbasis. Der mögliche Mengenaustausch mit dem Tertiär (Zu-/Abstrom) wird aufgrund der im Modellraum geringen Durchlässigkeit des Tertiärs vernachlässigt.
- Bekannte Grundwasserentnahmen und Grundwassereinleitungen (Schluckbrunnen) wurden als Punktentnahmen bzw. Punktquellen angesetzt

Die stationäre Modellanpassung (Modellkalibrierung) erfolgt auf Grundlage der Messergebnisse bei der Stichtagsmessung vom 24./25.05.2011 für den Ist-Zustand. Die Empfindlichkeit der Modellanpassung gegenüber Parametervariationen wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse ermittelt. Die Sensitivitätsanalyse erfolgt für folgende Parameter:

- Untergrunddurchlässigkeiten (Faktoren: 10 und 1/10)
- Leakage-Faktoren der Gewässer (Faktoren: 10 und 1/10)
- Grundwasserneubildung und Randzuflüsse ($\pm 25\%$).

Besondere Bedeutung kommt in diesem Anwendungsfall den Leakage-Faktoren der Gewässer (Wechselwirkungen Grundwasser-Oberflächenwasser) zu. Die Ergebnisse werden mit dem WWA abgestimmt.

Eine Sensitivitätsanalyse zu den Deckschichten in der Flutrinne kann im Rahmen der instationären Planungsberechnungen erfolgen. Hiermit kann untersucht werden, wie empfindlich die Modellergebnisse (Auswirkungen der Planungen) auf die Veränderung dieses Eingangsparameters reagieren. Letztlich dient eine Sensitivitätsanalyse der Beurteilung der „Aussageschärfe“ der ermittelten Auswirkungen und zur Festlegung von worst-case-Szenarien.

3.7.2 Instationäres GWModell

Für die instationäre Modellierung werden zunächst die Ergebnisse der stationären Kalibrierung zugrunde gelegt. Für die numerische, instationäre Grundwassermodellierung ergeben sich gegenüber den Randbedingungen im vorherigen Abschnitt folgende ergänzende Vorgaben

- Die instationäre Modellkalibrierung ist für das Hochwasser vom Juni 2013 vorgesehen ([18], Besprechung vom 13. Oktober 2014). Die für dieses Ereignis mit dem 2D-WSP-

Modell instationär berechneten Wasserstände werden als Eingangsdaten für das Grundwassermodell übernommen.

- Als Ausgangsgrundwasserstand für die Modellrechnung wird der stationäre Rechenfall Mittel März 2011/Dezember 2014 verwendet. Sollte die Ausgangssituation vor dem betrachteten instationären Ereignis nicht mittleren Verhältnissen entsprechen, erfolgt eine grobe stationäre Vergleichsanpassung unter Berücksichtigung der entsprechenden Randbedingungen zur Ermittlung einer geeigneten Ausgangsverteilung (Anpassung Wasserstände Mindel, Niederschlag).
- Die Zeitschrittunterteilung ist variabel und richtet sich nach der zeitlichen Auflösung der gemessenen Wasserstandsänderungen und der zeitlichen Auflösung der Eingangsdaten aus dem 2D-WSP-Modell. Die hierfür festzulegenden Schrittweiten werden mit dem WWA abgestimmt.
- Grundwasserzustrom von Süden vorläufig zeitlich konstant.
- Vorgabe der Deckschichtunterkante im Modellgebiet (Erfassung Wechsel von freien zu teilgespannten Verhältnissen).
- Die Flutrinne wird als Leakage-Gewässer definiert. Der Leakage-Faktor wird auf Grundlage der für die unterschiedlichen Deckschichten (Torf, Sand, etc.) ermittelten vertikalen Durchlässigkeit räumlich differenziert angesetzt. Die Sohlhöhe und –breite der Flutrinne wird aus den entsprechenden Berechnungen mit dem 2D-WSP-Modell übernommen.
- Speicherkoeffizient für freie Grundwasserverhältnisse: 20 %
- Speicherkoeffizient für (teil)gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,5 %
- Die zeitliche Änderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag wird für den betrachteten instationären Zeitraum von BCE mittels eines Wasserhaushaltsmodells (WHMOD) ermittelt. Die Berechnung erfolgte räumlich differenziert unter Berücksichtigung klimatischer Größen und der Landnutzung. Die zeitliche Diskretisierung erfolgt angepasst am betrachteten instationären Ereignis (Tagesschritte, Wochenschritte). Die Ergebnisse werden als Eingangsdaten in das Grundwassermodell übernommen.

Projektbearbeiter:
Dipl.-Ing. D. Knötschke

Augsburg, im Juni 2015
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Niederlassung Augsburg

Verzeichnis der verwendeten Daten und Unterlagen

Die Unterlagen für den Untersuchungsraum HWS Burgau wurden in der Regel vom Wasserwirtschaftsamt Donauwörth, Dienstort Krumbach zur Verfügung gestellt. Bei abweichender Datenquelle ist diese gesondert aufgeführt.

Kartengrundlagen

- Orthofotos – Befliegung November 2007:
NW01336, NW01337, NW01436, NW01437, NW01536 bis NW01538, NW01637, NW01637
- Obermeier GmbH Planen und Beraten - Niederlassung Neu-Ulm
 - Auszug aus der Digitalen Flurkarte (DFK): Gemeindegrenzen, Landkreisgrenzen (als GIS-shape)
 - Topografische Karten TK25 (7528 Burgau, 7628 Jettingen) als TIF-Datei

Topografie – Digitales Geländemodell (DGM)

- Orthofotos – Befliegung November 2007:
NW01336, NW01337, NW01436, NW01437, NW01536 bis NW01538, NW01637, NW01637

Hydrologie

A) Gewässersystem

- Vermessungsbüro Schallenmüller, Bestandsvermessung Gewässersystem, Dezember 2010: Ergebnisse der Bestandsvermessung vom September 2010, Datensätze der einzelnen Gewässer, -abschnitte und Bauwerke im ASCII-Format (PKT-Dateien) mit 8 Lageplänen (pdf), Lage der Vermessungspunkte als georeferenzierte dwg-Datei
- Obermeyer GmbH Planen und Beraten - Niederlassung Neu-Ulm
 - Auszug aus der Digitalen Flurkarte (DFK): Gemeindegrenzen, Landkreisgrenzen (als GIS-shape)
 - Stationierung (Flusskilometer) des Gewässersystems im Bereich der Gemeinden Burgau, Burtenbach, Offingen, Scheppach, Thannhausen (als GIS-shape , Auszug)

B) Wasserstände

- Wasserspiegelmessungen am Grabensystem (Scheidgraben, Erlenbach, Haldenwanger Bach und weiteren Zuläufen) an insgesamt 28 Standorten bei der Stichtagsmessung vom 25.05.2011

- Wasserspiegelmessungen an der Mindel und dem Grabensystem im Zusammenhang mit der Bestandsvermessung vom Dezember 2010

C) Klimadaten

- Agrarmeteorologie Bayern, Wetterstation Haldenwang (LfL), Nr. 102
Monatssummen der Niederschläge von Januar 2005 bis Dezember 2014

Hydrogeologie

A) Kartenmaterial

- Bayerisches Geologisches Landesamt:
 - Karte und Erläuterungen zur Geologie des Iller-Mindel-Gebietes, Geologica Bavaria, München 1975
- Bayerisches Landesamt für Umwelt:
 - Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Bayern 1: 500 000, Augsburg 2009 mit HK500.mxd (GIS-Projekt)

B) Bohrprofile/ Aufschlüsse

- Stadt Burgau:
 - Lageplan Aufschlüsse Stadt Burgau, Stand 28.06.2010
 - V_1969_Baugrunduntersuchung_Ing_Waschek
 - XIV_19780919_Gutachten_Ing_Niedermeyer
 - XXII_20050519_Baugrundgutachten_Kling
 - INGEO GmbH: Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zum Entnehmen und Zutage fördern von Grundwasser aus Brunnen 4, 5, 6 und 7, August 2002 (Auszug)
- Bestandsaufnahme Grundlagenermittlung GW-Modell **2010-03-01** (als Pdf-Dateien bzw. als Excel-Datei):
 - 7793 Anlage 1.1 Grundwassermessstellen: Übersichtslageplan Grundwassermessstellen Bearbeitungsumgriff HWS Burgau
 - 7793 Anlage 1.2 Sonstige Bodenaufschlüsse: Übersichtslageplan sonstige Bohraufschlüsse Bearbeitungsumgriff HWS Burgau
 - 7793 Anlage 2 Aufschlusssliste GW-Modell : Tabellarische Zusammenstellung der Bodenaufschlüsse Bearbeitungsumgriff HWS Burgau: 288 Bohraufschlüsse mit Angaben zur Lage, Höhenlage der Bohransatzpunkte, sowie zur Mächtigkeit der Deckschichten, sowie zur Unterkante der quartären Kiese, sowie ermittelten k_f -Werten (die Angaben lagen nicht für alle Bohrungen vollständig vor)

- 7793 Anlage 3 Aufschlussliste GW-Modell AG und Gutachter: tabellarische Zusammenstellung Auftraggeber und Gutachter Bearbeitungsumgriff HWS Burgau
- 7793 Anlage 4 Profile Bodenaufschlüsse 1 bis 289: Bohrprofile der 288 Bohraufschlüsse, bei Grundwassermessstellen incl. Ausbauzeichnungen
- 7793 Erweiterte Bestandsaufnahme GW-Modell **2010-08-18.pdf**
 - aus aktualisierter Bohrdatenbank von KLING CONSULT: 147 Aufschlüsse zu Brunnen und Grundwassermessstellen und 267 sonstige Bohraufschlüsse (GIS-shapes)
 - 7793 Anlage 1.1_LP Grundwassermessstellen.pdf, Lageplan Stand 16.08.2010
 - 7793 Anlage 1.2_LP sonstige Aufschlüsse.pdf, Lageplan Stand 16.08.2010
 - 7793 Anlage 2 Aufschlussliste 2010-08-16.pdf, mit 408 Bohraufschlüssen, Stand 14.08.2010
 - Bohrprofile der Bohrungen 1 bis 408, bei Grundwassermessstellen incl. Ausbauzeichnungen
- Dr.-Ing. Georg Ulrich: Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, geotechnisches Gutachten, Leutkirch mit 12 Anlagen, 2008
 - Beilage B2 Bohrprof. u. Schichtenverz.pdf:
Bohrprofile der Bohrungen BK1 bis BK54, bei Grundwassermessstellen incl. Ausbauzeichnungen
 - Beilage B3 Pumpversuchsprotokolle:
Messdaten und PV-Diagramme der Pumpversuche an den Messstellen GWM4, GWM 8a, GWM 14 und GWM 42
 - Beilage B4 Koordinaten der Baugrundaufschlüsse
 - Beilage B5 Grundwasserspiegel während der Bohrarbeiten
- Dr. Ebl & Co., Bad Wurzach, Hochwasserschutz Burgau Flutmulde Bodenkartierung nach Pürckhauer - Abschlussdokumentation, 09.06.2010
 - Durchgeführte Erkundungen:
 - 304 Pürckhauer-Bohrungen (Schlitzsondierungen),
 - Entnahme von 20 ungestörten Proben (Stechzylinder) in der Flutmulde
 - Entnahme von 5 ungestörten Proben und Eimerproben in der Sohle des Scheidgrabens
 - Ausführung von 11 Sickerversuchen
 - Erläuterungsbericht und 46 Anlagen als pdf-Datei, 15 ausgewählte Anlagen als dwg-Datei

- Ergebnisse als excel-Datei: Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Bodenkartierung nach Pürckhauer (Anlage 7), der Mächtigkeit organische Deckschichten (Anlage 8.1), Gesamtmächtigkeit Deckschichten (Anlage 8.2) sowie der Wassergehalte und Glühverluste (Anlage 9)
- Dr. Ebl & Co., Bad Wurzach, Hochwasserschutz Burgau, Bodenkartierung nach Pürckhauer, Ergänzende Erkundung der Deckschichten - Abschlussdokumentation, 02.03.2015
 - Durchgeführte Erkundungen:
 - 106 Pürckhauer-Bohrungen (Schlitzsondierungen),
 - Entnahme von 10 ungestörten Proben (Stechzylinder)
 - Ausführung von 5 Sickerversuchen
 - Erläuterungsbericht und Anlagen als Pdf-Datei,
 - 8 ausgewählte Anlagen als dxf-Datei
 - Ergebnisse als Excel-Datei: Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Bodenkartierung nach Pürckhauer (Anlage 7), der Mächtigkeit organische Deckschichten (Anlage 8.1), Mächtigkeit der organischen Deckschichten (Anlage 8) sowie der Wassergehalte und Glühverluste (Anlage 9)
- Abt Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim
 - Errichtung von 14 neuen Grundwassermessstellen im Bearbeitungsumgriff HWS Burgau, Dezember 2010: Bohrprofile und Ausbauplan

D) Pumpversuche, Untergrundkennwerte im Quartär

- Dr.-Ing. Georg Ulrich: Hochwasserschutz Burgau, Flutmulde, geotechnisches Gutachten, Leutkirch mit 12 Anlagen, 2008
 - Beilage B3 Pumpversuchsprotokolle:
Messdaten und PV-Diagramme der Pumpversuche an den Messstellen GWM4, GWM 8a, GWM 14 und GWM 42
- Abt Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim
 - Messdaten und PV-Diagramme der an 26 Grundwassermessstellen durchgeführten Pumpversuche (14 neue Messstellen und 12 bestehende Messstellen), Dezember 2010

Grundwasserdaten

A) Grundwassermessstellen

- WWA Donauwörth, Bestandsaufnahme Grundlagenermittlung GW-Modell 2010-03-01:
 - 7793 Anlage 1.1 Grundwassermessstellen: Übersichtslageplan Grundwassermessstellen Bearbeitungsumgriff HWS Burgau
- Obermeyer GmbH Planen und Beraten - Niederlassung Neu-Ulm
 - Grundwassermessstellen im Bearbeitungsumgriff HWS Burgau (als GIS-shape), Stand 04.03.2010
 - Grundwassermessstellen Kiesgruben Burgau (als GIS-shape), Stand 10.02.2010
- Abt Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim
 - Bohrprofile und Ausbauplan von 14 neu errichteten Grundwassermessstellen im Bearbeitungsumgriff HWS Burgau, Dezember 2010

B) Grundwassergleichen

- Grundwassergleichen einer Stichtagsmessung von 1989 nördlich von Burgau
- Grundwassergleichen einer Stichtagsmessung von 1994 westlich der Mindel auf Höhe von Scheppach

C) Grundwasserstandsmessungen

- Ergebnisse der Stichtagsmessung vom 25.05.2011 an insgesamt 36 Grundwassermessstellen
- Grundwasserstandsmessungen an den 34 Grundwassermessstellen des „Sondermessnetzes HWS Burgau“ im Zeitraum Januar/März 2011 bis Dezember 2014
- Stadt Burgau
Grundwasserbeobachtung Wasserversorgung Burgau, Gemessene Grundwasserstände an Messstellen und Brunnen, Zeitraum 05.05.2000 bis 20.05.2010 (unregelmäßige Messungen):
 - Versuchsbohrung 3
 - Versuchsbohrung 4 Dreiländereck
 - Versuchsbohrung 5 Jägerhütte
 - Versuchsbohrung 6 Staatsforst
 - Brunnen 5
 - Brunnen 6
 - Brunnen 7

D) Grundwasserentnahmen

- WWA Donauwörth
 - Monatsentnahmen aus den Brunnen 2, 3, 5 und Moossiedlung, Markt Scheppach-Jettingen, 1996 – 2009
 - Fa. ROMA KG und Fa. Frey, Burgau:, wasserrechtlich genehmigte Entnahmen
- Stadt Burgau:
 - INGEO GmbH: Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zum Entnahme und Zutagefördern von Grundwasser aus Brunnen 4,5,6 und 7, August 2002 (Auszug)
 - Übersichtlageplan, Lageplan
 - Bohrprofil, Pumpversuch und Ausbauplan Brunnen 4 bis 7
 - Jahresentnahmemengen aus den Brunnen 4 – 7, Jahre 2004 – 2009

HWS-Maßnahmen Burgau/2d-WSP-Modell

- OBERMEYER GmbH Planen und Beraten - Niederlassung Neu-Ulm
 - Geplanter Damm Burgau, geplante Flutmulde Burgau (als GIS-shape), Stand 29.04.2010
 - Vorläufige Abgrenzung Ausdehnung 2D-WSP-Modell HWS-Burgau (als GIS-shape), Stand 02.03.2010
 - Trassen der geplanten östlichen und westlichen Begrenzungen für die neue Konzeption mit breitflächigem Abfluss östlich der Bahn, Planungsstand vom 28./31. Januar 2014 (Datenlieferung am 05. Juni 2014)
 - Bestandsmodell zur Nachrechnung des HW aus dem Jahr 2013 im dwg-Format, 04. Juni 2014

Sonstige Nutzungen

A) Altlasten

- OBERMEYER GmbH Planen und Beraten - Niederlassung Neu-Ulm
 - 12 Altlastenstandorte im Bearbeitungsumgriff HWS Burgau (als GIS-shape)

B) Abwasserkanalnetz der Stadt Burgau

- Stadt Burgau
 - Bestandplan der Heimstettensiedlung (09.02.2001)
 - Bestandsplan Alter Sportplatz,
 - Bestandsplan Zeppelin und Peter Henleinstr

- WWA Donauwörth
 - Einmessung von 90 Kanalschächten in Augsburgstr., Aberthammerstr., Am Bahnhof, Dieselstraße, Egerländerstr., Industriestraße, Ostpreußenstr. im November 2014

C) Nassauskiesung

- WWA Donauwörth (Abbaupläne als Pdf-Datei und Informationen zum Bescheid vom 09. März 2015)
 - Gemeinde Haldenwang, Erweiterung der Nassabbaugrube Gemarkung Haldenwang, Abbauplan der Nasskiesgrube, 1:500 vom 21.08.2007, Prüfvermerk WWA Donauwörth vom 13.November.2007, Bescheid vom 23.11.2007; (Abbau Fl.Nr. 608 in Erweiterung zur Fl.Nr. 607), Kiesabbau mit Wiederverfüllung; Abbau und Wiederverfüllung befristet bis 31.12.2027, Abbaufäche Fl.Nr. 608: 1,49 ha. Abbautiefe bis 5,0 m unter GOK.
 - Naßkiesabbau Fa. Reitenauer, Fl.Nr.: 626 – 629 Gemarkung Haldenwang, Abbauplan zum landespflegerischen Begleitplan 1.1000/100, 02. April 2004, Prüfvermerk WWA Krumbach vom 23.Juni 2005
Landespflegerischer Begleitplan (Rekultivierung und Maßnahmen), 1:1000, 30.März 2004, Prüfvermerk WWA Krumbach vom 23.Juni 2005
Bescheid vom 24.08.2005: Kiesabbau mit Wiederverfüllung, Abbau befristet bis 30.06.2024, Wiederverfüllung befristet bis 31.12.2025; Abbaufäche 3,8 ha. Abbautiefe bis 6.7 m unter GOK.
 - Wasserrechtsverfahren Kiesabbau Fa. Leitenmaier, Gemarkung Röfingen, Abbauplan 1.1000/100, 19.03.2012, Prüfvermerk WWA Krumbach vom 21.Mai 2012
Bescheid vom 26.02.2013; (Abbauplan an die OU Haldenwang-Röfingen bzw. A 8-Ausbau gekoppelt. Kiesabbau mit Wiederverfüllung; Abbau befristet bis 31.12.2017; Wiederverfüllung befristet bis 31.12.2018; Abbaufäche 3,28 ha. Abbautiefe bis 5,25 m (= 448.00 m ü.NN) unter GOK.