



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Donauausbau Straubing-Vilshofen

Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau
zwischen Straubing und Vilshofen – 2007-DE-18050-S

Abschlussberichte – B.I. Bericht zum Ist-Zustand

**Anlage I.7 Untersuchung der quartären Grundwasser-
verhältnisse im Donautal zwischen
Straubing und Vilshofen
(RMD Wasserstraßen GmbH)**

Hinweise:

1. Die Durchführung der Untersuchungen und die Erstellung der Berichte wurden von der EU finanziell unterstützt.
2. Die Ausführungen in den Berichten und deren Anlagen binden nur die jeweiligen Verfasser, nicht aber die Europäische Kommission, die auch nicht für die weitere Nutzung der darin enthaltenen Informationen haftet.



Donauausbau Straubing - Vilshofen

Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau
zwischen Straubing und Vilshofen

**Untersuchung der quartären Grundwasserverhältnisse im Donautal
zwischen Straubing und Vilshofen**

Ist-Zustand (Anlage I.7)

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Pavel Kröbl

Dipl.-Ing.(FH) Ingo Kuckelsberg

RMD Wasserstraßen GmbH

Stand 23.11.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele der Untersuchung	1
2	Methodik, Eingesetzte Software	1
3	Untersuchungsgebiet, Modellgrenzen	1
4	Geologisches Modell	3
4.1	Geologischer Überblick	3
4.2	Datengrundlagen	4
4.3	Strukturierung des Untergrundes	5
4.3.1	Deckschicht (Auelehm)	5
4.3.2	Grundwasserleiter	5
4.3.3	Grundwasserstauer	6
5	Strömungsmodell	7
5.1	Modellaufbau	7
5.2	Kalibrierung	8
5.2.1	Modellrandbedingungen	9
5.2.1.1	Gewässer	9
5.2.1.2	Grundwassermessstellen	9
5.2.1.3	Grundwasserneubildung	9
5.2.1.4	Dichtwände und wiederverfüllte Kiesentnahmestellen	10
5.2.1.5	Grundwasserentnahmen	10
5.2.1.6	Nutzbares Porenvolumen	10
5.2.1.7	Durchlässigkeitsbeiwerte	10
5.2.2	Ergebnis der Kalibrierung im Modellgebiet Ost	10
5.2.3	Ergebnis der Kalibrierung im Modellgebiet West	12
5.3	Validierung	13
5.4	Zusammenfassung, Modellaufbau, Kalibrierung und Validierung	13
6	Grundwasserberechnungen Ist-Zustand	14
6.1	Untersuchte Abflussszenarien	14
6.2	Modellanpassungen	14
6.3	Randbedingungen	15
6.3.1	Wasserstände	15
6.3.1.1	Isar – Donau	15
6.3.1.2	Gräben	16
6.3.2	Grundwasserentnahmen	16
6.3.3	Sonstige Modellparameter	17
6.4	Berechnungsergebnisse	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellgrenzen (rot).....	2
Abbildung 2: Stadtgebiet Deggendorf, Modellgrenzen (rot).....	2
Abbildung 3: Ortenburger Schotter in direktem Kontakt zum Quartär.....	3
Abbildung 4: Tektonische Übersicht; H.J. Unger (1999) Zur Geologie im Donautal – Documenta naturae 128.....	4
Abbildung 5: Schemadarstellung (20-fach überhöht).....	5
Abbildung 6: Ausschnitt der flächige Darstellung der Aquiferbasis (Höhen von grün über gelb zu rot ansteigend).....	6
Abbildung 7: schematische Darstellung des Modellaufbaus.....	7
Abbildung 8: Ausschnitt aus dem FE- Berechnungsnetz.....	8
Abbildung 9: Modellgebiet Ost - Scatterplot Grundwasserstand, Kalibrierung 19.06.2006 und 06.02.2006.....	11
Abbildung 10: Modellgebiet Ost – Häufigkeitsverteilung der Differenz Rechnung/ Messung.....	11
Abbildung 11: Modellgebiet West - Scatterplot Grundwasserstand, Kalibrierung 19.06.2006 und 06.02.2006.....	12
Abbildung 12: Modellgebiet West – Häufigkeitsverteilung der Differenz Rechnung/ Messung.....	13
Abbildung 13: Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen bei MW.....	18
Abbildung 14: Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen bei MNW	18

1 Ziele der Untersuchung

Im Rahmen der EU-Studie wurde die Grundwasserströmung im quartären Grundwasserleiter untersucht.

Im Einzelnen wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Ermittlung der Grundwassersituation für den Ist-Zustand bei Mittelwasser, bei mittlerem Niedrigwasser sowie bei 4 weiteren Abflusszuständen.
- Ermittlung der Auswirkungen der Varianten A und C_{2,80} auf die Grundwassersituation bei Mittelwasser, bei mittlerem Niedrigwasser sowie bei 4 weiteren Abflusszuständen.
- Bemessung der Entwässerungssysteme und des Umgehungsgewässers.

2 Methodik, Eingesetzte Software

Alle Untersuchungen wurden im Ist-Zustand und den geplanten Varianten mit einem 3 dimensional mehrschichtigen numerischen Grundwassermodell durchgeführt.

Zum Einsatz kam das Programmsystem FEFLOW 5.3 der Firma DHI-Wasy GmbH. FEFLOW ist ein interaktives Finite-Elemente-Grundwasser-Simulationssystem für stationäre und instationäre 2D- und 3D-Berechnungen.

Dieses Programm ist weltweit anerkannt und wird in der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung standardmäßig eingesetzt.

Sowohl die Datenhaltung als auch das Pre- und Postprocessing erfolgt mit dem geographischen Informationssystem Arc Gis10.0. Für die Netzerstellung kam das Surface-Water Modeling System SMS 8.0 zum Einsatz.

3 Untersuchungsgebiet, Modellgrenzen

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über ca. 70 Flusskilometer der Donau und ca. 4 Kilometer der Isar und umfasst eine Fläche von ca. 250 km².

Die Modellgrenzen im Norden und Süden des Untersuchungsgebietes wurden auf den Hoch- und Niederterrassen des Donautals so festgelegt, dass die durch den Donauausbau zu erwartenden Einflussbereiche auf die Grundwasserströmung großzünftig abgedeckt werden.

Der westliche Modellrand liegt bei Do-km 2320,7 N im Unterwasser der Stufe Straubing.

Im Osten endet das Modell mit der beginnenden Talverengung des anstehenden Grundgebirges bei Pleinting (Do- km 2252,8).

Von den rund 250 km² Gesamtfläche liegen somit 52% in der Talaue, 43% auf den Niederterrassen und 4% auf der Hochterrasse.

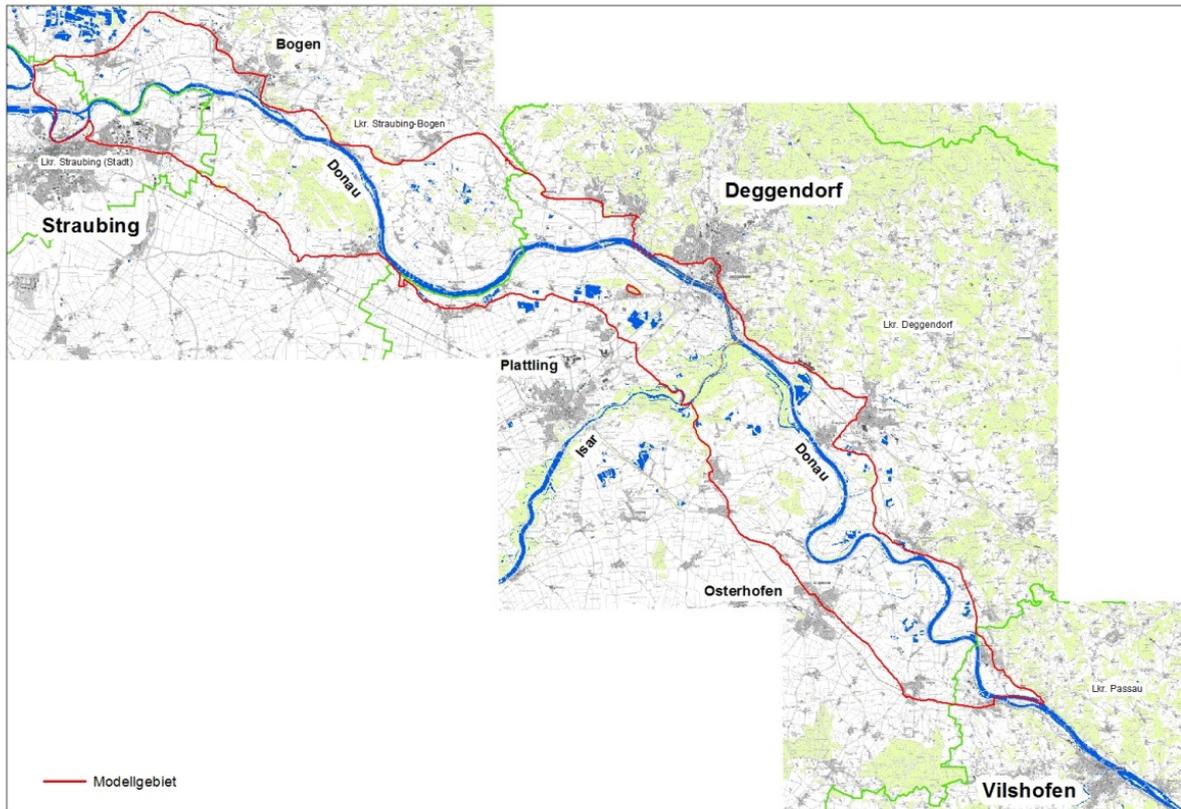


Abbildung 1: Modellgrenzen (rot)

Für das Stadtgebiet Deggendorf wurde aufgrund der komplexen Untergrundverhältnisse (Inhomogenität des Aquifers; tiefliegende Bauwerke, wie Tiefgaragen, Tunnel, Dichtwände; großräumige nicht bekannte Auffüllungen) ein eigenständiges Teilmodell erstellt.

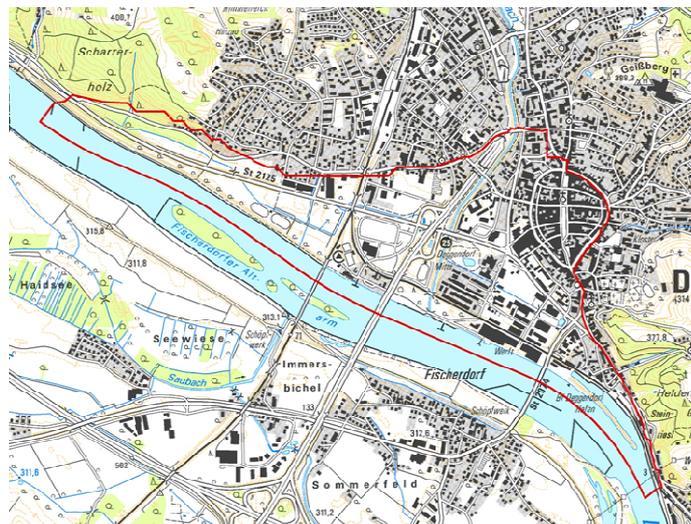


Abbildung 2:
Stadtgebiet Deggendorf,
Modellgrenzen (rot)

4 Geologisches Modell

4.1 Geologischer Überblick

Das Modellgebiet zwischen Straubing und Vilshofen wird vom zutage anstehenden Kristallin der Böhmisches Masse im Norden, das bei Pleinting, Vilshofen sowie bei Deggendorf mit dem Natternberg zutage bis über die Donau nach Süden ausgreift, von den holozänen und pleistozänen Terrassenablagerungen im Donau- und Isartal und den im Süden aufragenden Höhen des Tertiärhügellandes geprägt.

Nördlich von Künzing wurden hochanstehende tertiäre Kiese als Ortenburger Schotter nachgewiesen. Dieser Ortenburger Schotter lässt sich südwestlich von Passau über den Forstharter Rücken nach Nordwest bis in den Raum Straubing verfolgen, wo er mit einer Höhe von 185 m+NN, unter einer 130m mächtigen Überdeckung aus feinsandigen Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) lagert.

In einem kleinen Bereich nördlich von Künzing wird der Ortenburger Schotter direkt von quartären Kiesen überlagert. In diesem Bereich werden die quartären Schichten zusätzlich aus dem Tertiär gespeist.

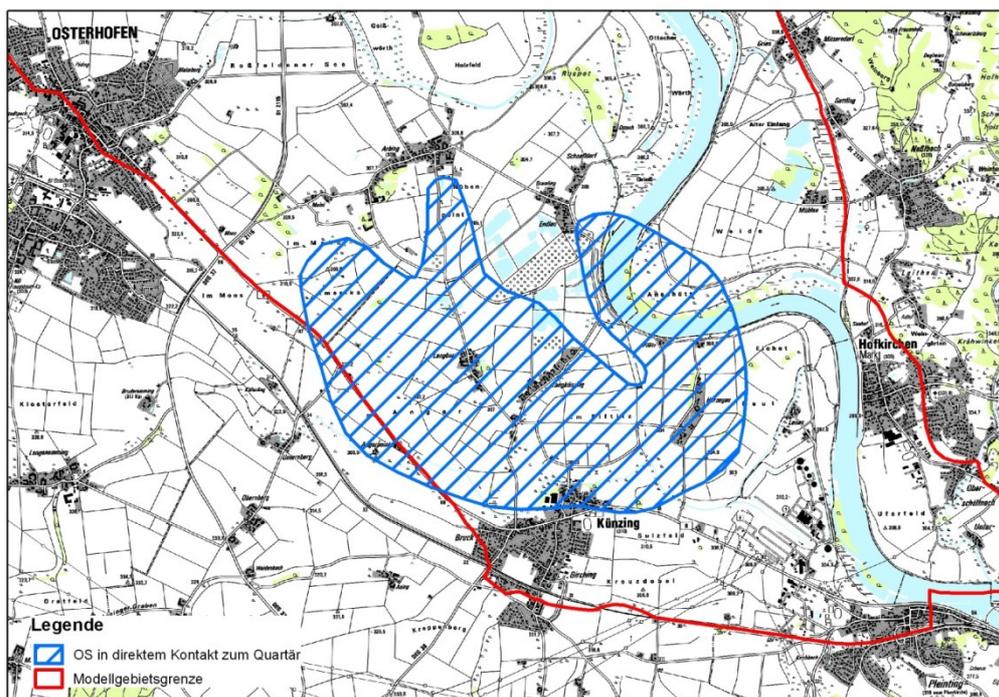


Abbildung 3: Ortenburger Schotter in direktem Kontakt zum Quartär

Die strukturellen Verhältnisse werden im Untersuchungsgebiet hauptsächlich durch die Tektonik geprägt. An der Grenze zwischen der Regensburg – Straubinger Senke und dem Kristallin der Böhmisches Masse erstreckt sich der Donaurandbruch. Zusammen mit den am Donaurandbruch immer wieder feststellbaren Blattverschiebungen in südöstlich - nordwestlicher Richtung, wird vor allem die Gegend um Bogen tektonisch stark zerlegt, so dass sich der Donaurandbruch als Staffelbruchsystem ausbildet. Im Weiteren verläuft der Donaurandbruch gegen Südosten, um westlich

von Deggendorf, durch eine erneute Blattverschiebung, nach Nordosten verschoben zu werden. Südlich von Deggendorf macht der Donaurandbruch einen leichten Knick in Richtung Südosten bis zum Aidenbach - Griesbacher Abbruch an dem er um ca. 1km nach Süden verschoben wird. Er verläuft dann in Richtung Südosten weiter, macht einen leichten Bogen nach Süd, um bei Hofkirchen wieder in die Südost – Richtung einzuschwenken.



Abbildung 4: Tektonische Übersicht; H.J. Unger (1999) Zur Geologie im Donautal – Documenta naturae 128

4.2 Datengrundlagen

Im Untersuchungsgebiet stehen Aufschlüsse aus 834 Grundwassermessstellen der RMD und des WWA Deggendorf zur Verfügung. Insgesamt liegen 3128 Aufschlussbohrungen der RMD und von Dritten vor. Die Aufschlüsse wurden mit dem Datenbestand des Bayerischen Landesamts für Umwelt abgeglichen, auf Plausibilität geprüft und in die stratigrafischen Einheiten Deckschicht, quartärer Grundwasserleiter und Grundwasserstauer eingeteilt.

4.3 Strukturierung des Untergrundes

Mit Hilfe der Bohrergebnisse und mit den Informationen über Tektonik und den Verlauf der Terrassenkanten wurde im Vorfeld der EU-Studie ein flächendeckendes geologisches Modell aufgebaut. Dieses Modell wurde mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) abgestimmt.

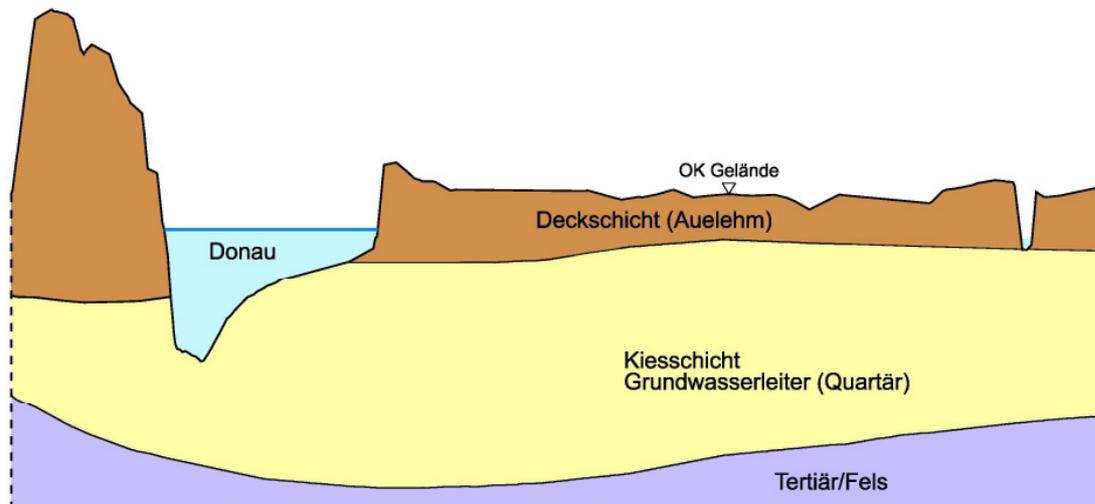


Abbildung 5: Schemadarstellung (20-fach überhöht)

4.3.1 Deckschicht (Auelehm)

Im Donautal wird der Grundwasserleiter in weiten Bereichen mit einer Auelehm-schicht abgedeckt. Aus diesem Grunde wird diese Schicht sehr häufig als Deck-schicht bezeichnet.

Die Deckschicht des Grundwasserleiters besteht meistens aus einem Gemisch von wenig durchlässigen Feinsanden, Schluffen oder Lößlehm und Verwitterungslehm.

Mächtigkeit der Deckschicht 0 - 10 m im Mittel: 2,8 m

4.3.2 Grundwasserleiter

Die oberste mit der Donau in Kontakt stehende, grundwasserführende Schicht besteht aus fluviatilen, quartären Kiesen und Sanden, die als oberstes Grundwasserstockwerk in einer hydrostratigraphischen Einheit zusammengefasst wurden. Der quartäre Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet ist überwiegend gespannt.

Die Flächen mit gespannten Verhältnissen bei MNW und MW sind im Kapitel 6.4 dargestellt.

Mächtigkeit des Aquifers 0 - 14 m im Mittel: 5m

4.3.3 Grundwasserstauer

Die Basis des Grundwasserleiters bilden in weiten Teilen fast undurchlässige, sehr mächtige tertiäre Ablagerungen - Tone und Schluffe. Im Verlauf des Donaurandbruchs wird die Basis großteils vom Grundgebirge (Ausläufer der Böhmisches Masse) gebildet.

Nördlich von Künzing Do-km 2258,6 – 2261,5 beidseits der Donau wurden unmittelbar unterhalb der quartären Sedimente keine tertiären Tone erbohrt, sondern durchlässige dicht gelagerte tertiäre Kiese des bereits vorher angesprochenen Ortenburger Schotter.

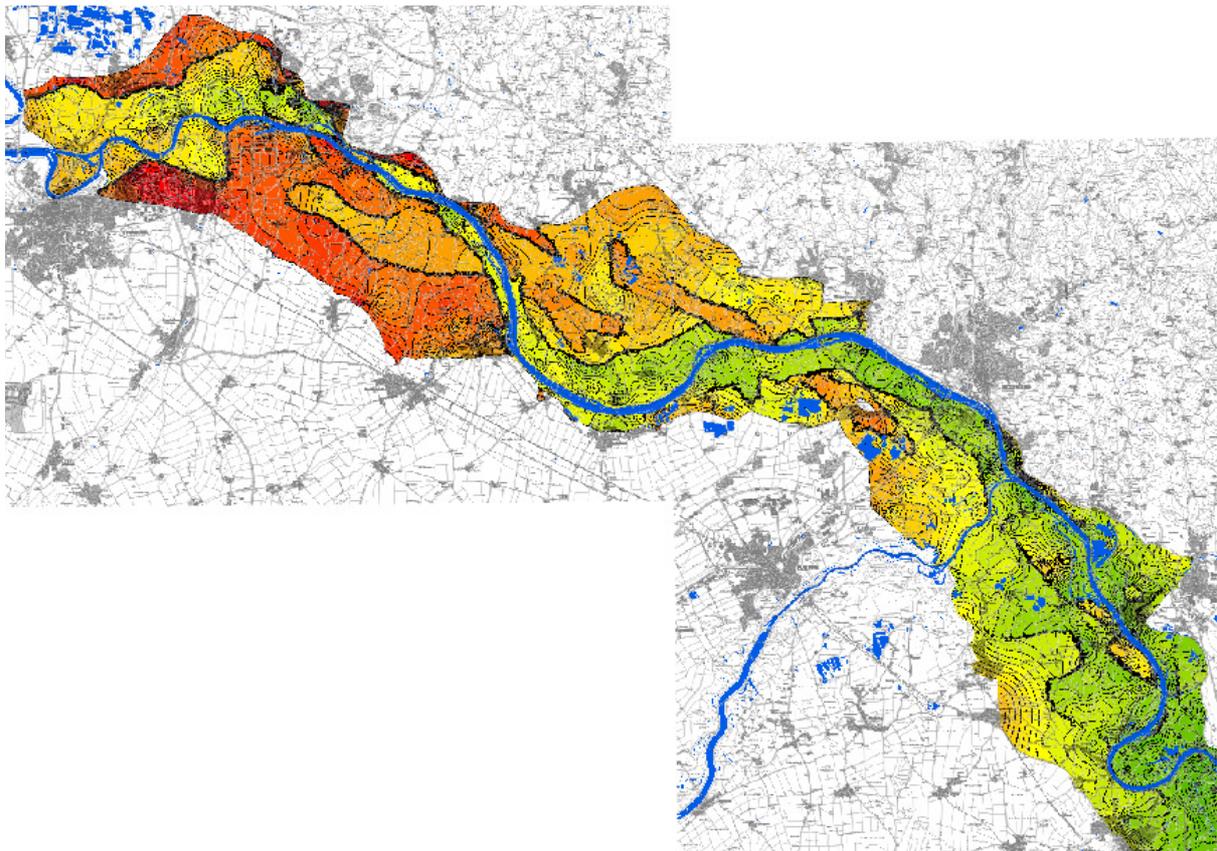


Abbildung 6: Ausschnitt der flächige Darstellung der Aquiferbasis (Höhen von grün über gelb zu rot ansteigend)

5 Strömungsmodell

5.1 Modellaufbau

Das Modellgebiet wurde in Hinblick auf eine bessere Handhabung in 2 Teilmodelle geteilt. Als Modellgrenze wurde die Isar gewählt.

Das Modellnetz im Westgebiet beinhaltet ca. 64.300 Elemente auf einer Gesamtfläche von 158 km². Das Modell im Ostgebiet wurde mit 42.300 Elementen auf einer Fläche von 94 km² diskretisiert.

Die räumliche Diskretisierung erfolgte auf der Basis von:

- Topografie (Relief, Gewässernetz)
- Hydrologie (Vorfluter, Landnutzung, Grundwasserneubildung)
- Geologie (Stratigraphie, Tektonik)

Der mittlere Knotenabstand beträgt ca. 100 m. In Bereichen mit steilerem Grundwassergefälle, oder un stetig verlaufendem Untergrund, wie im Bereich der Vorfluter, wurde das aus Dreieckselementen bestehende Netz zusätzlich verdichtet (s. Abbildung 8).

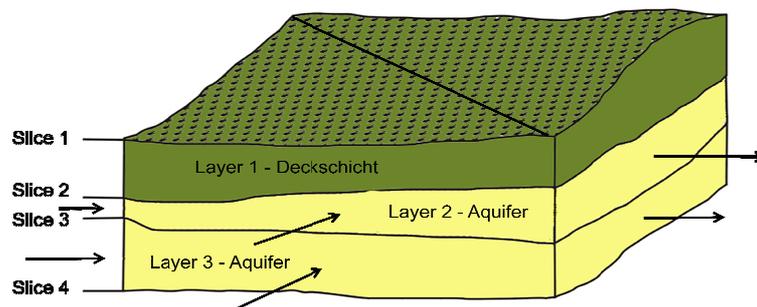


Abbildung 7: schematische Darstellung des Modellaufbaus

Um im Modell die unvollkommenen Gräben (d.h. Grabensohle liegt höher als Aquiferbasis) mit ihren unterschiedlichen Einbindetiefen realitätsnah abbilden zu können und um modelltechnisch die Auswirkung der weit in den Grundwasserleiter einbindenden Dichtwände nachbilden zu können, wurde das Grundwassermodell als 3D-Modell aufgebaut. Der Grundwasserleiter wurde hierzu in zwei Schichten aufgeteilt, wobei die obere Schicht der in das Quartär einbindenden Grabensohlen und der Dichtwandtiefen entspricht. Die nach unten daran anschließende Schicht entspricht bis zur Oberkante des Grundwasserstauers einem ungestörten Grundwasserleiter. Über den beiden grundwasserführenden Schichten wurde die Deckschicht bis zur Geländeoberkante als eigene Schicht definiert.

Insgesamt beinhaltet das 3-schichtige Netz je Schicht ca. 106.000 Elemente und ca. 54.000 Knoten

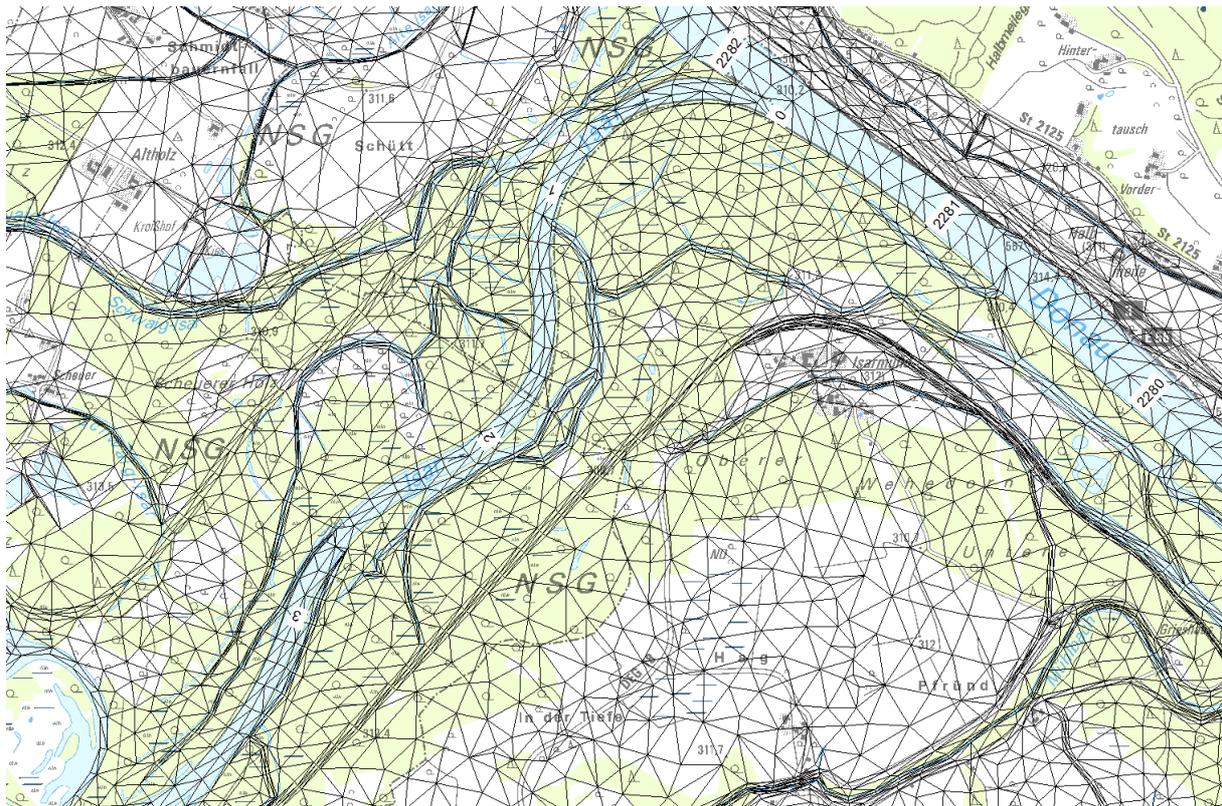


Abbildung 8: Ausschnitt aus dem FE- Berechnungsnetz

5.2 Kalibrierung

Das Strömungsmodell wurde anhand von zwei charakteristischen Stichtagsmessungen kalibriert.

Maßgebend bei der Festlegung der Stichtage waren die folgenden Bedingungen:

- Möglichst stationäre Verhältnisse
- Jeweils langanhaltende konstante Verhältnisse für mittleres Niedrigwasser (MNW) und Mittelwasser (MW)
- Stichtage sollen zeitlich aktuell sein; mindestens nach Inbetriebnahme der kontinuierlichen Messeinrichtungen (Datensammler ab 2004)
- Es können für die gesuchten Stichtage nur Montagsmessungen verwendet werden, da alle Messstellen an offenen Gewässern und einzelne Brunnen keinen Datensammler besitzen und jeweils nur montags abgelesen werden. Somit liegen vollständige Messungen an allen Messstellen nur an Montagen vor.

Für die Kalibrierung wurden die zwei folgenden repräsentativen Stichtage verwendet:

Mittelwasserverhältnisse	19.06.2006
mittl. Niedrigwasserverhältnisse	06.02.2006

5.2.1 Modellrandbedingungen

5.2.1.1 Gewässer

Die an den jeweiligen Stichtagen maßgeblichen Wasserspiegellagen der 13 Donaupegel wurden dem gewässerkundlichen Informationssystem der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes entnommen.

Zum Stichtag der Mittelwasserverhältnisse wurden die zwischen den Pegeln liegenden Wasserstände anhand der MW-Fixierung des WSA Regensburg vom 16.03.2007 im Abstand von 1000m interpoliert. Für die mittleren Niedrigwasserverhältnisse erfolgte die Interpolation anhand der Niedrigwasserfixierung vom 04.05.2007.

An der Isar wurden die Wasserspiegellagen mit einem 2D-Strömungsmodell errechnet.

An den sonstigen 138 potentiell mit dem Grundwasser in Kontakt stehenden Fließgewässern wurde mit 225 Messstellen ein umfangreiches Messnetz aufgebaut.

Aus den vorliegenden Messdaten wurden die Wasserspiegel für die Stichtage abgeleitet.

5.2.1.2 Grundwassermessstellen

Mit einer mittleren Messstellendichte von 2,8 Messstellen pro km² kann die Grundwassersituation im Modellgebiet gut abgebildet werden. Von insgesamt 695 Beobachtungsbrunnen, die für den Zeitraum 1997 bis 2006 zur Verfügung standen, wurden nach eingehender Überprüfung insgesamt 593 Brunnen ausgewertet und bei der Kalibrierung verwendet.

5.2.1.3 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildungsraten wurden über eine Bilanzierung von Niederschlag, Verdunstung und Abfluss ermittelt. Hierzu wurden, die vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) angegebenen, Niederschlagsdaten der Jahresreihe 1961/90 herangezogen. Der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 690 mm (Messstation Straubing) und 970 mm (Messstation Hengersberg). Die mittlere Jahresverdunstung beträgt in dieser Zone 450 bis 499 mm.

Mit einem Abflussbeiwert zwischen 0,2 und 0,4 errechnet sich für Wiesen und Äcker eine durchschnittliche Grundwasserneubildungsrate von $4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$.

Die aus den langjährigen Niederschlagsreihen (1961/90) abgeleiteten Grundwasserneubildungsraten wurden entsprechend ihrer Flächenanteile auf das Modellgebiet interpoliert.

In dem Bereich, in dem die tertiären Kiese (Ortenburger Schotter) unmittelbar von quartären Kiesen überlagert werden, wurde der tertiäre Grundwasserzufluss mit einer Austauschrate von $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ berücksichtigt.

5.2.1.4 Dichtwände und wiederverfüllte Kiesentnahmestellen

Im Grundwassermodell wurden alle bis Februar 2007 bekannten wiederverfüllten Kiesentnahmestellen sowie umpundete Kiesgruben berücksichtigt.

Zusätzlich wurden alle bekannten Dichtwände, sofern sie in den Grundwasserkörper einbinden oder sogar bis in das Tertiär reichen, entsprechend ihrer Einbindetiefe angesetzt.

5.2.1.5 Grundwasserentnahmen

Bei der Modellkalibrierung wurden insgesamt 15 direkte Grundwasserentnahmen mit genehmigten Fördermengen von mindestens $1 \text{ m}^3/\text{d}$ angesetzt.

Darüber hinaus wurden auch die nicht im Modellbereich gelegenen Grundwasserentnahmen über einen entsprechend reduzierten Randzufluss berücksichtigt.

5.2.1.6 Nutzbares Porenvolumen

Bei den in der Talaue benannten Bodenarten des Aquifers handelt es sich im Allgemeinen um kiesige Sande bis Grobkies. Hier wurde mit einem nutzbaren Porenvolumen von 20% gerechnet.

5.2.1.7 Durchlässigkeitsbeiwerte

Im Vorfeld der Untersuchung wurden mittels mehrerer Verfahren Durchlässigkeitsbeiwerte bestimmt. Es wurden Kurzzeit- und Stufenpumpversuche durchgeführt und ausgewertet. Zusätzlich wurden Bodenproben im Labor bodenmechanisch untersucht, ausgewertet und anschließend aus den Sieblinien die k_f -Werte nach Hazen und Beyer ermittelt.

Die ermittelten Werte wurden als Startwerte zur Regionalisierung verwendet und während der Kalibrierung entsprechend verfeinert und angepasst.

5.2.2 Ergebnis der Kalibrierung im Modellgebiet Ost

Im Modellgebiet Ost wurden insgesamt 565 Messwerte für die Auswertung berücksichtigt. Für den Kalibrierungsstichtag 19.06.2006, mittlere Grundwasserverhältnisse (MW), wurden 282 Messstellen und für den 06.02.2006, mittlere Niedrigwasserverhältnisse (MNW), wurden 283 Messstellen ausgewertet.

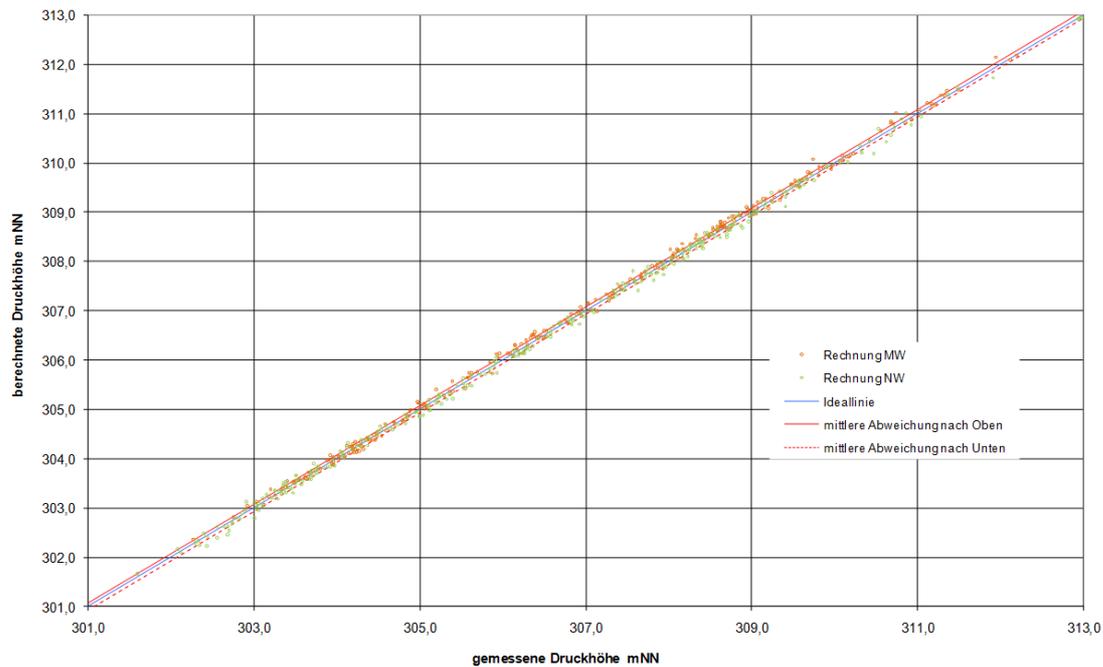


Abbildung 9: Modellgebiet Ost - Scatterplot Grundwasserstand, Kalibrierung 19.06.2006 und 06.02.2006

Für die mittleren Grundwasserverhältnisse und die mittleren Niedrigwasserverhältnisse zusammen konnte mit einer mittleren Abweichung von 0,09 m und einer mittleren Abweichung nach oben von 0,08 m sowie einer mittleren Abweichung nach unten von 0,07 m eine sehr gute Anpassung erreicht werden.

Statistisch weisen 97% aller ausgewerteten Messstellen östlich der Isarmündung eine absolute Differenz von maximal 0,20 m zwischen den berechneten und gemessenen Werten auf. 73% aller Messstellen besitzen nur eine Differenz von maximal 0,10 m.

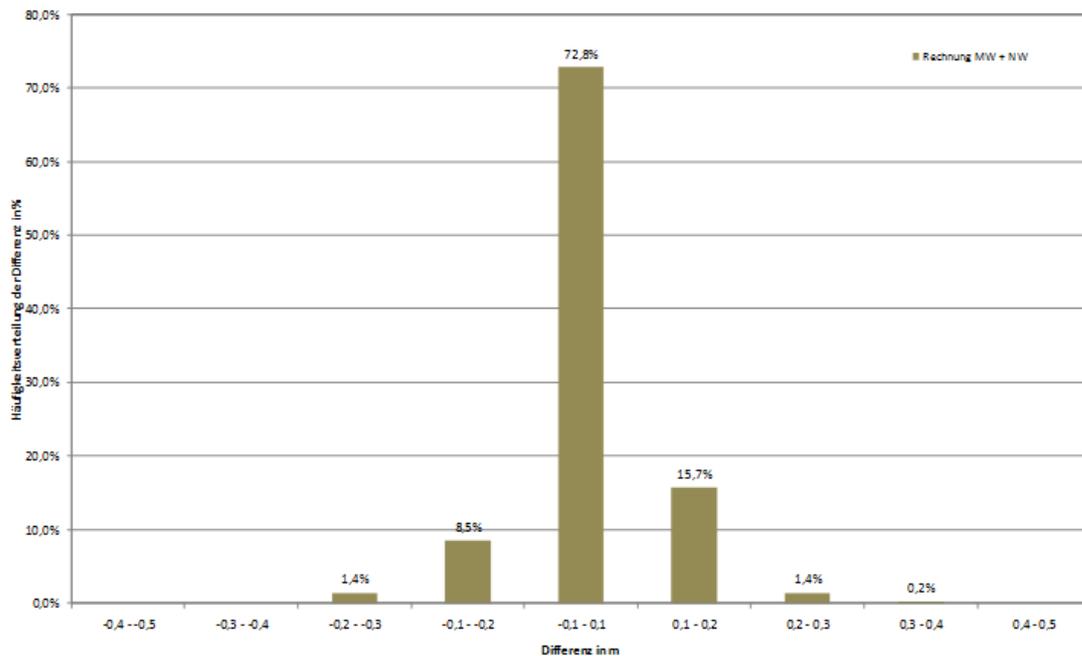


Abbildung 10: Modellgebiet Ost – Häufigkeitsverteilung der Differenz Rechnung/ Messung

5.2.3 Ergebnis der Kalibrierung im Modellgebiet West

Im Modellgebiet West wurden für die Auswertung der Kalibrierung insgesamt 600 Messwerte berücksichtigt. Auch hier wurden die Stichtage 19.06.2006 für mittlere Grundwasserverhältnisse (MW) sowie der 06.02.2006 für die mittleren Niedrigwasserverhältnisse (MNW) gerechnet. Wobei jeweils 300 Messstellen ausgewertet wurden.

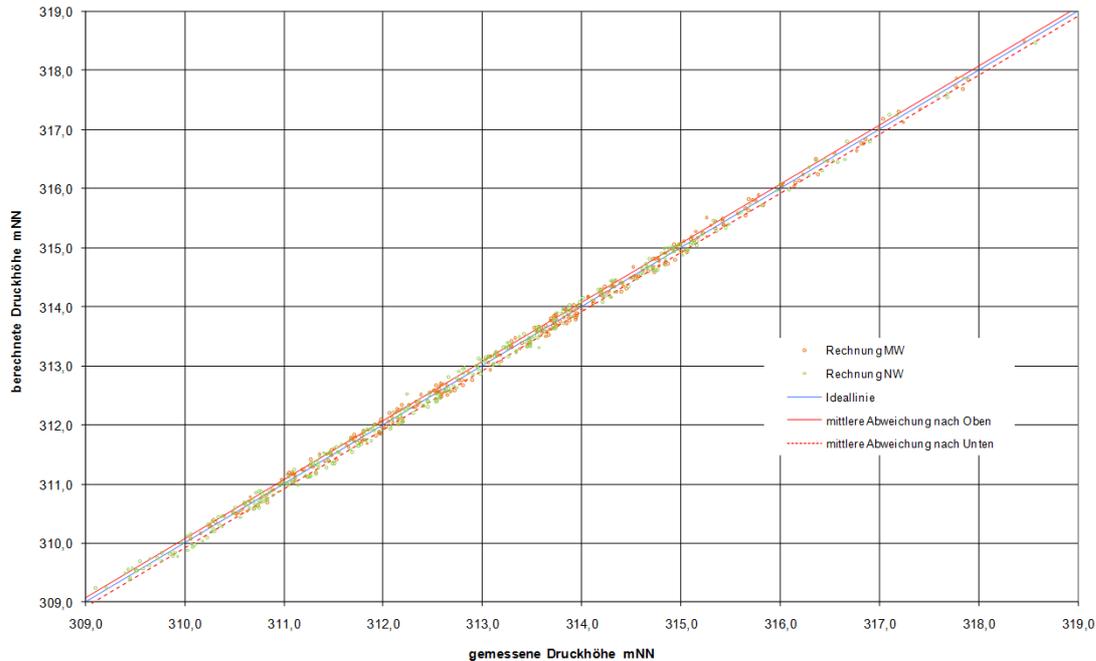


Abbildung 11: Modellgebiet West - Scatterplot Grundwasserstand, Kalibrierung 19.06.2006 und 06.02.2006

Es konnte, wie im Modellgebiet Ost, auch hier für die mittleren Grundwasserverhältnisse und die mittleren Niedrigwasserverhältnisse zusammen mit einer mittleren Abweichung (RMSE) von 0,09 m und einer mittleren Abweichung nach oben von 0,08 m sowie einer mittleren Abweichung nach unten von 0,08 m eine sehr gute Anpassung erreicht werden.

Statistisch weisen sogar nahezu 100% aller ausgewerteten Messstellen westlich der Isarmündung eine absolute Differenz von maximal 0,20 m zwischen den berechneten und gemessenen Werten auf.

67% aller Messstellen besitzen dabei nur eine Differenz von maximal 0,10 m.

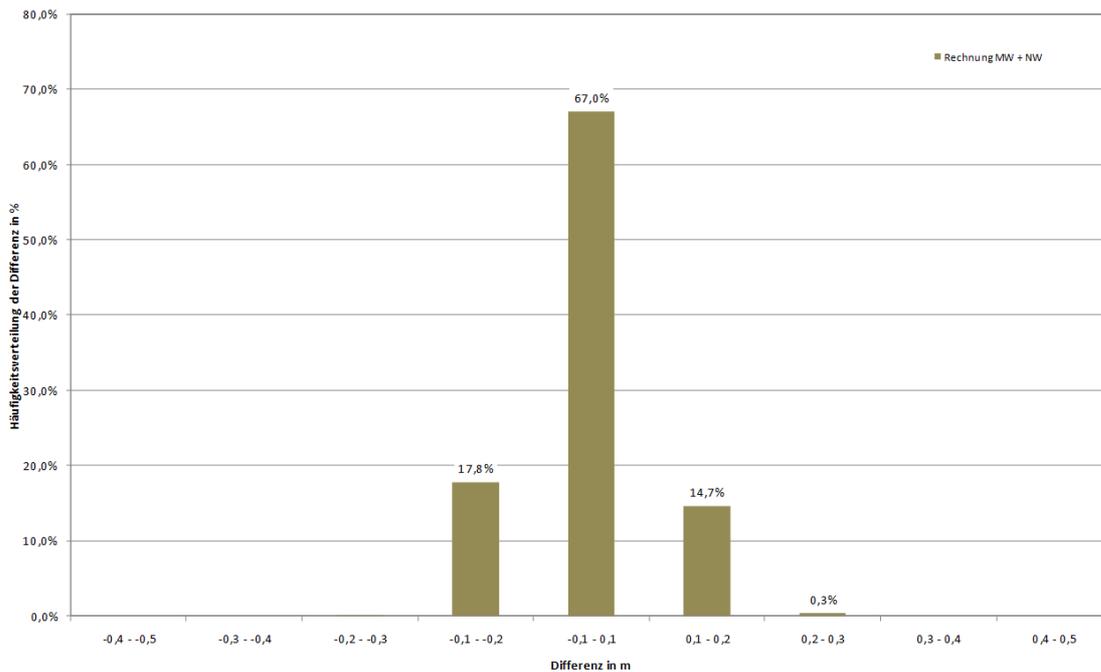


Abbildung 12: Modellgebiet West – Häufigkeitsverteilung der Differenz Rechnung/ Messung

5.3 Validierung

Die Validierung wurde ebenso für zwei Stichtage 25.12.2006 und 02.06.2008 durchgeführt.

Zusätzlich wurde die Prognosefähigkeit des Modells durch die Nachrechnung der statistischen Mittelwerte der Jahresreihe 1999/2008 sowohl für das Mittelwasser als auch für das mittlere Niedrigwasser überprüft.

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden folgende Modellrandbedingungen variiert und ihre Auswirkungen getestet:

- Randzuflüsse
- Grundwasserneubildung
- Donauwasserstände

5.4 Zusammenfassung, Modellaufbau, Kalibrierung und Validierung

Für die Modellkalibrierung wurden zwei gemessene Ereignisse bei mittleren Grundwasserverhältnissen und bei mittleren Niedrigwasserverhältnissen im Grundwasser verwendet. Die Ergebnisse sind durch die Validierungsberechnungen zweier ähnlicher Zustände und zusätzlich durch die Nachrechnung der statistisch mittleren Grundwasserverhältnisse und der statistisch mittleren Niedrigwasserverhältnisse der 10-jährigen Jahresreihe 1998/2008 bestätigt worden.

Mit der Validierung wurde gezeigt, dass die Strömungsverhältnisse hinreichend genau abgebildet werden können und dass das Modell für weitere Szenarien-

berechnungen nach einer entsprechenden Anpassung der Randbedingungen gut geeignet ist.

Das kalibrierte Modell wurde von der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung überprüft. Der Modellaufbau und seine Eignung zur Erstellung von Prognosen für die Ausbauvarianten wurden bestätigt.

6 Grundwasserberechnungen Ist-Zustand

Die Grundwasseruntersuchungen wurden mit dem im Kapitel 5 beschriebenen Strömungsmodell durchgeführt. An dem kalibrierten und validierten Modell wurden jeweils entsprechend der zu untersuchenden Abflussszenarien die Randbedingungen angepasst.

6.1 Untersuchte Abflussszenarien

Die Grundwasserverhältnisse für den Ist - Zustand wurden anhand von insgesamt 6 Abflussszenarien untersucht. Die Abflussszenarien decken ein Spektrum vom extremen Niedrigwasser der Trockenperiode 2003 bis zum Abflusszustand "Untergrenze der Hartholzaue" ab.

In enger Abstimmung mit dem Umweltplaner und der Arbeitsebene wurden für die Bewertung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen folgende Abflussszenarien festgelegt:

- a. Q_{Pf} 168 (m³/s) / Q_{Ho} 265 (m³/s); mittleres Niedrigwasser (MNQ) der Monate Juli, August und September 2003
- b. Q_{Pf} 211 (m³/s) / Q_{Ho} 324 (m³/s); RNQ₉₇¹⁾
- c. Q_{Pf} 310 (m³/s) / Q_{Ho} 443 (m³/s); Untergrenze Büchsenkrautfluren 2003
- d. Q_{Pf} 463 (m³/s) / Q_{Ho} 642 (m³/s); MQ_{1961/1990}
- e. Q_{Pf} 595 (m³/s) / Q_{Ho} 787 (m³/s); MQ März/April der Jahresreihe 1974/2003
- f. Q_{Pf} 750 (m³/s)/ Q_{Ho} 1010 (m³/s); Untergrenze der tiefen Hartholzaue

(Abflussangaben jeweils für die Donaupegel **Pfelling** und **Hofkirchen**)

6.2 Modellanpassungen

Das kalibrierte und validierte Grundwassermodell wurde im Zuge der variantenunabhängigen Untersuchungen an die Situation im Jahre 2012 angepasst.

¹ „Regulierungswasserstand“

Nach Verfügung der WSD-Süd vom 25.03.1998:

„Wasserstand, dessen Abfluss in der Jahresreihe 1961 – 1990 an 94% der Tage erreicht bzw. überschritten wurde“; RNQ₉₇ entspricht im Grundwasser in etwa MNW

Als Folge der in den letzten Jahren umgesetzten Baumaßnahmen im rechten Donau- und Isarvorland haben sich die Niedrigwasserstände im Altwasser Staatshaufen, das als Grundwasservorfluter dient, deutlich verändert. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Maßnahmen:

- Uferrehnenabsenkung an der Isar auf ca. MW+0,8m (Vorlandmanagement III, 2009)
- Bewuchsauslichtung im rechten Vorland (Vorlandmanagement III, 2009/2010)
- Umbau der Brücke am Hauser Loch (Vorlandmanagement III, 2009/2010)

Die Stützung des Wasserspiegels im Altwasser Staatshaufen ist durch den bereits erfolgten Umbau der Brücke am Hauser Loch weggefallen.

Die Absenkung der Niedrigwasserstände im Altwasser und damit auch eine Auswirkung auf die Grundwasserströmung konnte durch Messungen (WSP-Fixierungen) im November 2011 bei einer länger andauernden Niedrigwasserperiode auf dem Niveau von ca. RNW nachgewiesen werden.

Bei den Grundwasserberechnungen der niedrigen Grundwasserstände für den Ist-Zustand 2012 wurden im Altwasser Staatshaufen die oben genannten Änderungen entsprechend berücksichtigt.

Bei höheren Abflusszuständen (MW und höher) werden die Wasserstände im Altwasser durch die Brückenumbauten nicht verändert, da der Rückstau aus der Donau die Wasserstände im Altwasser bestimmt.

6.3 Randbedingungen

Bei der Untersuchung der Abflussszenarien a), b) und c) wurden die Randbedingungen der mittleren Niedrigwasserverhältnisse verwendet.

Bei der Untersuchung der Abflussszenarien d) bis f) wurden die Randbedingungen der Mittelwasserverhältnisse verwendet.

Davon abweichende Randbedingungen sind im Folgenden beschrieben.

6.3.1 Wasserstände

6.3.1.1 Isar – Donau

Die Wasserstände der Donau und der Isar stellen für die Grundwasserströmung die wichtigsten Randbedingungen dar.

Sie wurden von der BAW mit einem 3D HN-Modell im Rahmen der hydraulischen Untersuchungen (Anlage I.5) ermittelt und bei den Untersuchungen der Grundwasserströmung übernommen.

6.3.1.2 Gräben

Für das Abflussszenarium a), also für ein extremes Niedrigwasser, wurden die Grabenwasserstände aus den vorhandenen Messdaten separat ermittelt.

Dazu wurden an allen Freispiegelmessstellen die mittleren Niedrigwasserstände (MNW) für die zugehörige Zeitreihe gebildet. Die daraus abgeleiteten Wasserspiegel-lagen der jeweiligen Oberflächengewässer wurden dann als Randbedingung (Wasserstand) angesetzt.

Bei allen anderen Abflussszenarien wurden die Wasserstände der, in freier Vorflut, in die Donau mündenden Oberflächengewässern entsprechend der errechneten Wasserspiegelhöhen der Donau angepasst. Bei einer künstlichen Vorflut wurde am unteren Grabenende der jeweils vorliegende zulässige Binnenwasserspiegel angesetzt.

6.3.2 Grundwasserentnahmen

Im Zuge der Modellanpassungen an die Situation im Jahre 2012 wurden die Grundwasserentnahmen am Hafen Straubing-Sand der Fa. ADM Spyck GmbH (vormals Fa. Campa) berücksichtigt. Die Entnahme erfolgt aus drei am rechten Donauufer gelegenen Horizontalbrunnen aus 7,5m Tiefe. Die maximale Entnahmemenge beträgt 1000 m³/h bzw. 7,5 Mio. m³/a.

Die Entnahmen beginnen mit dem Jahr 2008 und wurden somit für die Berechnung des Ist-Zustandes entsprechend angesetzt.

Im Bereich der Trinkwasserversorgungsanlage Bogen wurde im Jahre 2009 der Brunnen VII in Betrieb genommen. Für 2012 war geplant, den bestehenden Brunnen V durch einen neuen zu ersetzen. Angesetzt wurde die maximal genehmigte Entnahme von $1,3 \cdot 10^6$ m³/a. Die Verteilung der Entnahme auf die 4 Brunnen erfolgte in den Modellen für den Ist Zustand und die Varianten prozentual anhand der vom Betreiber angegebenen maximalen Entnahmemengen der einzelnen Brunnen (B IV = 2 l/s, B V = 20 l/s, B VI = 10 l/s, B VII = 20 l/s). Bei der Modellbearbeitung war die Lage des Ersatzbrunnens für Brunnen V noch nicht bekannt. Um die geplante Entnahmemenge zu berücksichtigen, wurde diese an der Position des alten Brunnens angesetzt.

Der Brunnen Pfelling-Dorffeld des Wasserbeschaffungsverbandes Pfelling Liepolding Welchenberg wurde 2007 außer Betrieb genommen und deshalb nicht mehr berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die für den Ist-Zustand angesetzten Wasserentnahmen.

Nr	Ort/ Brunnen	RW	HW	Art	Bohr- tiefe	Q gen. [m³/a]	Q gen. [l/s]	Q MNW [m³/d]	Q MW [m³/d]
1	Bogen/ B IV	4549350	5419488	TW	12,5	1,3 Mio.	50	142	142
2	Bogen/ B V	4549370	5419568	TW	23			1424	1424
3	Bogen/ B VI	4549389	5419690	TW	22			570	570
17	Bogen/ B VII	4549300	5419667	TW	18			1424	1424
4	Sand	4548639	5418950	BW	7,5	7,5 Mio.	278	6850	6850
5	Sand	4548567	5418964	BW	7,5			6850	6850
6	Sand	4548694	5418894	BW	7,5			6850	6850
7	Seebach	4574230	5406600	BW	9	200000		550	550
8	Natternberg	4569105	5408305	BW	4	4000	7	16	16
9	Natternberg	4566478	5409859	BW	6		1	3,6	3,6
10	Offenberg - Neuhausen	4565110	5414080	BW	5	2400		10	10
11	Niederwinkling	4559019	5415288	BW	5	3000	1	8	8
12	Niederwinkling	4557115	5412248	BW	6,5	5040	0,78	22	22
13	Parkstetten	4546620	5419410	BW	4,7	2200	2,5	6	6
14	Straubing	4542556	5418209	BW	6,9	6000	3,83	24	24
15	Hafen Sand	4548659	5418469	BW		16717	5,5	45,8	45,8

Tabelle 1: im Ist - Zustand angesetzte Grundwasserentnahmen für MNW und MW (Q gen. = Q genehmigt)

6.3.3 Sonstige Modellparameter

Alle weiteren Modellparameter wie Durchlässigkeitsbeiwerte, Transferraten etc. blieben gegenüber dem Kalibrierungszustand unverändert.

6.4 Berechnungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse für MNW und MW sind in Form von Grundwasserhöhengleichungen in den Anlagen II.1.26 bis II.1.29 zur Variante A und den Anlagen III.1.26 bis III.1.31 zur Variante C_{2,80} gemeinsam mit den prognostizierten Ergebnissen dargestellt.

Die für den Ist-Zustand ermittelten Bereiche mit gespannten Verhältnissen für mittlere Niedrigwasser- und Mittelwasserverhältnisse sind aus den folgenden Abbildungen ersichtlich. Die Definition der gespannten Verhältnisse entspricht der DIN 4044.

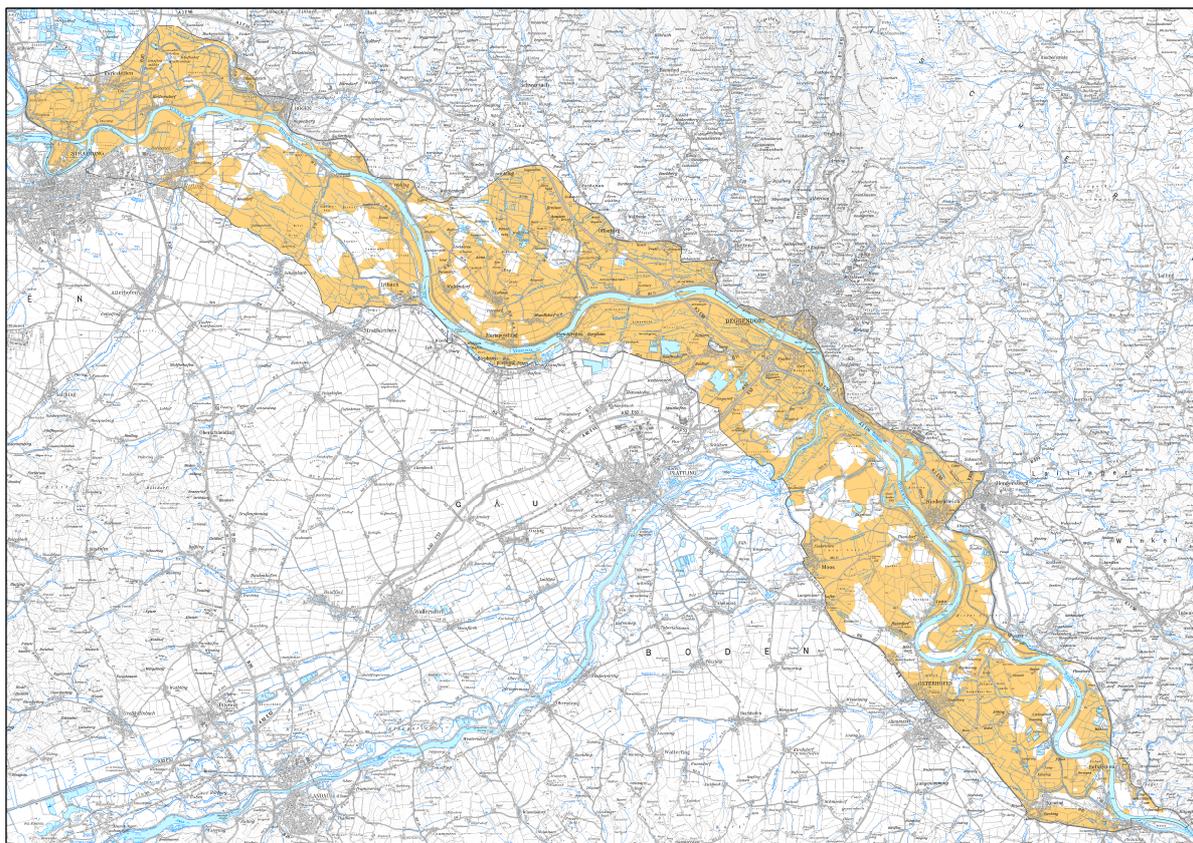


Abbildung 13: Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen bei MW

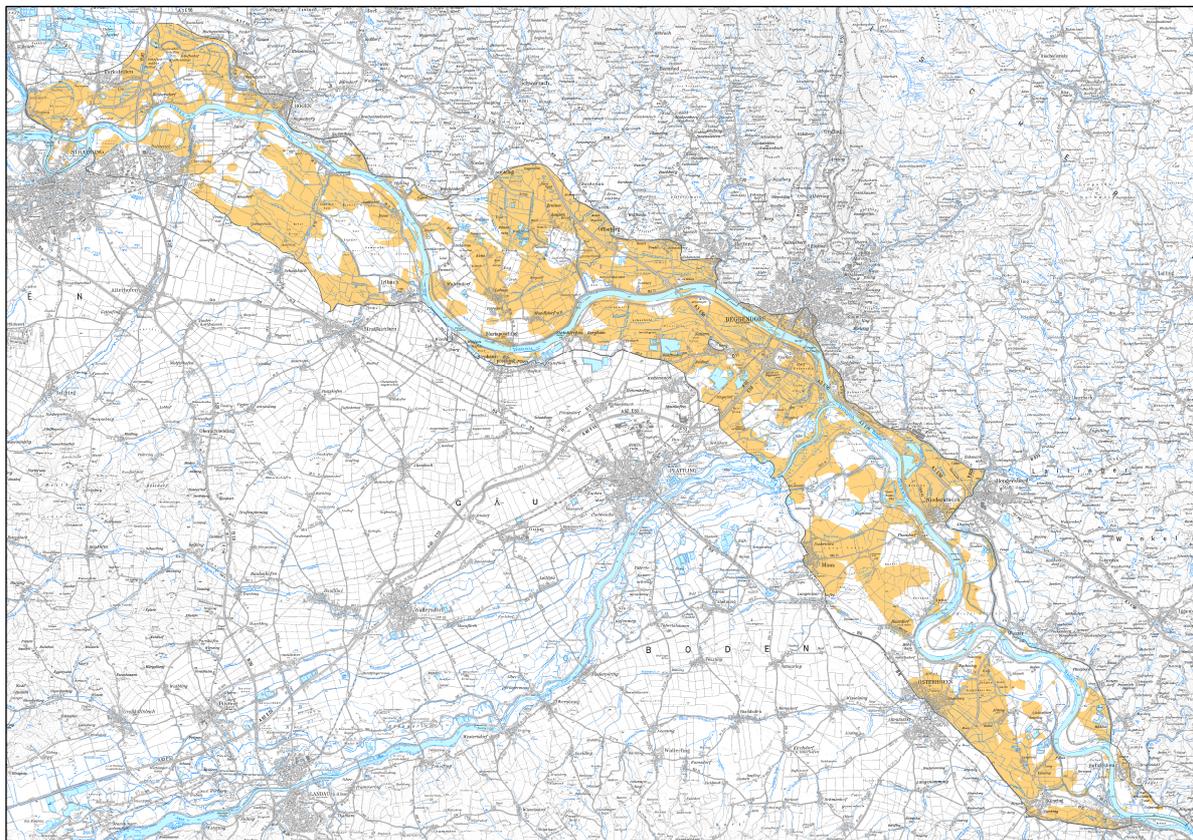


Abbildung 14: Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen bei MNW

RMD Wasserstraßen GmbH

München, 23.11.2012

gez. Baumeister

(Dipl.-Ing. Alfred Baumeister)

gez. ppa. Dr. Schmautz

(Dr.-Ing. Markus Schmautz)