

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht		Seite
1	Aufgabenstellung	1
2	Daten	1
2.1	Datengrundlagen	1
2.2	Bewertung der Datengrundlagen	2
3	Entwicklung des Hydrogeologischen Modells	4
3.1	Hydrogeologische Übersicht	4
3.1.1	Bilanzraum und Modellraum	6
3.1.2	Strukturierung des Modellraumes	7
3.1.2.1	Hydrostratigrafische Einheiten	7
3.1.2.2	Geohydraulische Kennwerte	10
3.1.3	Grundwasserhydraulik	12
3.1.4	Grundwasserbilanz	15
3.1.4.1	Grundwasserneubildung	16
3.1.4.2	Zustrom im quartären Grundwasserleiter	18
3.1.4.3	Austausch mit Oberflächengewässern	19
3.1.4.4	Bauwerke	26
3.1.4.5	Grundwasserentnahmen	28
3.1.4.6	Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter	29
3.1.4.7	Grundwasserbilanz	29
3.1.5	Randbedingungen	30
3.2	Vorgaben für das numerische stationäre Grundwassermodell	30
3.3	Vorgaben für das numerische instationäre Grundwassermodell	31
4	Empfehlungen	33

Anlagen

1	Verzeichnisse	
1.1	Verzeichnis der verwendeten Daten und Unterlagen	
1.2	Planverzeichnis, Bestandspläne Binnenentwässerung Polder Kößnach	
2	Lagepläne	
2.1	Bilanz- und Modellraum	M 1: 65.000
2.2	Regionalgeologische Situation	M 1: 50.000
3	Strukturierung des Modellraumes	
3.1	Lageplan Bohrungen und Schnittachsen	M 1: 40.000
3.2	Schematischer hydrostratigrafischer Schnitt	
3.2.1	Schematischer Schnitt I – I'	M 1: 20.000/1:100
3.2.2	Schematischer Schnitt II – II'	M 1: 20.000/1:100
3.3	Basis des quartären Grundwasserleiters	M 1: 40.000
3.4	Deckschichtmächtigkeit	M 1: 40.000
3.5	Untergrunddurchlässigkeiten im quartären Grundwasserleiter	M 1: 40.000
4	Grundwasserhydraulik	
4.1	Lageplan hydrologisches Messnetz	M 1: 40.000
4.2	Stammdaten der Grundwassermessstellen und Pegel im Modellgebiet	
4.3	Ganglinien gemessener Grundwasserstände, November 1995 bis Oktober 2010	
4.3.1	Messstelle 7138-WWA 2 (Niederterrasse)	
4.3.2	Messstellen im Polder Kößnach, Bereich Schmalwand	
4.3.3	Messstellen L 82 und L 90 im Polder Kößnach mit Pegel Öberauer Schleife Oeber1	
4.3.4	Messstelle L 97 im Unterwasser der Staustufe Straubing mit Pegel Straubing	
4.4	Ganglinien gemessener Wasserstände, Donaupegel, November 1995 bis Oktober 2010	
4.5	Grundwassergleichenplan – Mittlere Verhältnisse 1995/2005 (WWJ96/05)	
4.6	Flurabstandskarte – Mittlere Verhältnisse 1995/2005	
5	Komponenten der Grundwasserbilanz	
5.1	Halbjahressummen der Niederschläge	
5.1.1	Station Aholting	
5.1.2	Station Steinach	
5.2	Verteilung der mittleren Grundwasserneubildung	
5.3	Gewässersystem	
5.4	Gewässerlängsschnitte	
5.4.1	Gewässerlängsschnitt Kößnach und Baggergraben	
5.4.2	Gewässerlängsschnitt Kalter Graben	
5.4.3	Gewässerlängsschnitt Pichseeграben	
5.4.4	Gewässerlängsschnitt Pittricher Rinne	
5.4.5	Gewässerlängsschnitt Hartbauer Graben	
5.4.6	Gewässerlängsschnitt Hauptkanal	
5.5	Entnahmen im Modellraum	

DVD

Die für das Untersuchungsgebiet vorliegenden Primärdaten (Gutachten, Bestandspläne, Bohrprofile, Ausbauzeichnungen, Stammdaten Grundwassermessnetz, Grundwasserstände, Abflüsse, Entnahmen etc.) sind auf der beigefügten DVD zusammengestellt.

Verwendete Unterlagen

- [1] Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 mit Erläuterungen zum Blatt Nr. 6938 Regensburg; Blatt Nr. 6940 Wörth an der Donau; Blatt Nr. 7142 Straßkirchen
- [2] Neubauamt Donauausbau, Regensburg
Stauhaltung Straubing, Planfeststellungsverfahren Teilabschnitt V, Hydrotechnische Berechnung, 1987
(Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtssdirektion Süd, Würzburg)
- [3] Neubauamt Donauausbau, Regensburg
Stauhaltung Straubing, Planfeststellungsverfahren Teilabschnitt VI, Hydrotechnische Berechnung, 1988
(Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtssdirektion Süd, Würzburg)
- [4] Landesgewerbeanstalt (LGA) Bayern
Hydrogeologisches Gutachten, Ausbau der Donau Stauhaltung Straubing V, Az: 18801027, 1990
(Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtssdirektion Süd, Würzburg)
- [5] Landesgewerbeanstalt (LGA) Bayern
Hydrogeologisches Gutachten, Ausbau der Donau Stauhaltung Straubing VI, Az: 19002427, 1991
(Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtssdirektion Süd, Würzburg)
- [6] Landesgewerbeanstalt (LGA) Bayern
Hydrogeologisches Gutachten, Ergänzung infolge Stellungnahme der Regierung der Oberpfalz, Bauvorhaben Ausbau der Donau, Stauhaltung Straubing VI, Az: 19002427, 1992
(Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtssdirektion Süd, Würzburg)
- [7] Bayerisches Geologisches Landesamt:
Geologische Karte von Bayern mit Erläuterungen, 1:500.000
München, 1996
- [8] Landesgewerbeanstalt (LGA) Bayern
Donauausbau Stauhaltung Straubing, Teilabschnitte IVb, V und VI, Gutachten Nr. BI 0120004 (Beweissicherung), 2001
(Auftraggeber: RMD Wasserstraßen GmbH, Regensburg)
- [9] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften (Hrsg.):
Hydrogeologische Modelle – Bedeutung des a priori Wissens, Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (SDGG), Heft 70, Hannover, 2010
- [10] Gerhard Schellmann (Hrsg.):
Neue Befunde zur Verbreitung, geologischen Lagerung und Altersstellung der würmzeitlichen (NT 1 bis NT3) und holozänen (H1 bis H7) Terrassen im Donautal zwischen Regensburg und Bogen,
Bamberger Geographische Schriften 24: Seite 1 - 77, Bamberg, 2010

- [11] Schellmann, G., Irmeler, R., Sauer, D. (Hrsg.):
Zur Verbreitung, geologischen Lagerung und Altersstellung der Donauterrassen auf
Blatt L7141 Straubing,
Bamberger Geographische Schriften 24: Seite 89 - 178, Bamberg, 2010
- [12] Schellmann, G. & Gebhardt, Chr. (Hrsg.):
Ein Quartärbasismodell der Donauterrassen zwischen Pfatter und Straubing-Bogen,
Bamberger Geographische Schriften 24: Seite 179 - 187, Bamberg, 2010

1 Aufgabenstellung

Für die geplante Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife wurde eine erste Machbarkeitsstudie angefertigt. Hierauf aufbauend sollen die Grundlagen für ein späteres Raumordnungsverfahren erarbeitet werden, als besonderer Problempunkt ist hierbei die Grundwassersituation zu beachten. Das Untersuchungsgebiet zwischen Oberzeitldorn und Straubing/Parkstetten ist in Anlage 2.1 dargestellt.

Die BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH (BCE) GmbH wurde vom Wasserwirtschaftsamt (WWA) Deggendorf mit Ingenieurvertrag vom 24.08./17.09.2010 beauftragt ein Grundwassermodell für den geplanten Flutpolder im Bereich der Öberauer Schleife zu erstellen. Ziel der Untersuchungen ist es, die Auswirkung des Einstaus des Flutpolders auf die Grundwasserhältnisse im Vorfeld des anstehenden Raumordnungsverfahrens zu untersuchen. Darüber hinaus sollen prinzipielle Abhilfemaßnahmen zur Beherrschung und Reduzierung des Grundwasseranstiegs vorgeschlagen und auf ihre Machbarkeit untersucht werden (Drainagen, Brunnengalerien, Untergrundabdichtungen).

Im vorliegenden 1. Teil wird auf der Grundlage der verfügbaren Daten und in Anlehnung an [9] ein Hydrogeologisches Modell (HGM) für das Untersuchungsgebiet erstellt.

2 Daten

2.1 Datengrundlagen

Die benötigten Daten und Unterlagen wurden vom WWA Deggendorf zur Verfügung gestellt, insgesamt waren Unterlagen und Daten zu folgenden Themenbereichen verfügbar:

- Geologische Karten
- Bestandspläne zur Binnenentwässerung im Polder Kößnach und im Polder Hornstdorf
- Bestandspläne zum Donauausbau in der Stauhaltung Straubing
- Hydrogeologische und grundwasserhydraulische Untersuchungen
- Planungen für den Hochwasserschutz
- Grundwasserstände, Klima

Die verwendeten Daten und Unterlagen sind im Verzeichnis in Anlage 1 zusammengestellt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die Verhältnisse nach erfolgtem Donaubau in der Stauhaltung Straubing und somit nach 1995 betrachtet.

2.2 Bewertung der Datengrundlagen

Es liegt eine relativ große Zahl von Bohraufschlüssen vor, mit jedoch sehr unterschiedlicher Verteilungsdichte. Die höchste Informationsdichte besteht im donaanahen Bereich und im Übergang von der holozänen Talaue zur Niederterrasse und damit auch zwischen dem geplanten Flutungsbereich und der Bebauung. Informationslücken bestehen im nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, in der Region nördlich von Parkstetten und den dortigen ausgedehnten Baggerseeflächen, sowie nördlich der Öberauer Schleife zwischen Donau und Niederterrasse. Insgesamt bilden die vorliegenden Bohrungen, zusammen mit den ergänzenden Stützpunkten aus dem Quartärbasismodell der Universität Bamberg, eine gute Grundlage zur Ermittlung der Basis des quartären Grundwasserleiters.

Hinsichtlich der Untergrunddurchlässigkeiten (k_f -Werte) liegen im östlichen Untersuchungsgebiet (östlich der Kößnach) einige Ergebnisse aus Pumpversuchen, Auffüllversuchen und Siebanalysen vor. Westlich der Kößnach sind aus den hydrogeologischen Gutachten zum Bau der Staustufe Straubing dagegen nur zusammenfassende Angaben zur Parameterbandbreite verfügbar. Versuchsergebnisse zu Durchlässigkeitsbeiwerten liegen erst wieder weiter oberstrom, im Bereich des Polders Wörthhof (auf Höhe von Wörth an der Donau) vor. Für den westlichen Bereich werden dementsprechend, auf Grundlage der verfügbaren Angaben, zunächst pauschale Ansätze zugrunde gelegt (Ziff. 3.1.2.2). Insgesamt ist die Datengrundlage hinsichtlich der Angaben zu den Untergrunddurchlässigkeiten als noch ausreichend einzustufen. Im Zusammenhang mit der für die weiteren Untersuchungen in Planfeststellungstiefe vorgeschlagenen Einrichtung eines „Sondermessnetzes Öberauer Schleife“ (Ziff. 4) sollten zusätzliche Erkundungen durchgeführt werden.

Im Hinblick auf die Erfassung der Grundwasserverhältnisse ist das Grundwassermessnetz hinsichtlich Anzahl und räumlicher Verteilung der Messstellen als befriedigend einzustufen. Es liegen bis 2005 Zeitreihen von über 10 Jahren Aufzeichnungsdauer, mit wöchentlichem Messintervall vor, ab 2005 werden im Wesentlichen nur noch die Messstellen östlich der Kößnach gemessen (Messintervall 3 – 6 stündlich). Seit 1998 wird in der Öberauer Schleife jeweils im Frühjahr, in nahezu gleich verlaufender Weise, eine ökologische Flutung durchgeführt. Die hierbei erfassten Wasserstände und die zugehörigen Grundwasserstandsmessungen liefern eine gute Datengrundlage für die Anpassung des Grundwassermodells und die Verifizierung der Ergebnisse. Im Zuge der empfohlenen Erstellung des „Sondermessnetzes Öberauer Schleife“ wird vorgeschlagen auch im westlichen Untersuchungsgebiet ausgewählte Messstellen wieder in Betrieb zu nehmen und mit Datenloggern auszustatten (Ziff. 4).

Die Angaben zum binnenseitigen Gewässersystem werden aus derzeitiger Sicht als ausreichend angesehen. Die an den Schöpfwerken vorliegenden Angaben zu den Pumpenlaufzeiten und zum Stromverbrauch lassen Rückschlüsse auf die Betriebsphasen der Pumpen und damit auf die Zeitspannen mit erhöhtem Binnenwasseranfall zu, es können allerdings keine Pump-

mengen abgeleitet werden. Es wird empfohlen die Schöpfwerke mit geeigneten Messeinrichtungen auszustatten.

Vor dem Hintergrund der Untersuchungstiefe für die vorliegende Untersuchung (Raumordnungsverfahren) werden die vorliegenden Informationen insgesamt als ausreichend angesehen. Bei Weiterführung der Untersuchungen wird die Umsetzung der in Ziff. 4 aufgeführten Arbeiten vorgeschlagen.

3 Entwicklung des Hydrogeologischen Modells

3.1 Hydrogeologische Übersicht

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des Donaurandbruches, der die Voralpine Molasse-Senke im Südwesten vom Grundgebirgssockel des Moldaunubikums trennt. Im betrachteten Gebiet wird die Voralpine Molasse-Senke durch die Regensburg-Straubinger Senke gebildet. Im Bereich dieser Senke wird das Grundgebirge neben den quartären Bildungen von den dort insgesamt etwa zwischen 800 m und 1.000 m mächtigen Sedimenten des Malm, der Oberkreide und des Miozäns überlagert [7].

Das Grundgebirge des Moldaunubikums, welches nordöstlich des Donaurandbruches den Bayerischen Wald bildet, baut sich im Untersuchungsraum im Wesentlichen aus migmatitischen Gneisen und Paragneisen des Präkambriums sowie variszischen Granite auf. In der Nähe der Störungszone des Donaurandbruches sind auch die an Störungs- und Scherzonen gebundenen Perlgneise, Blastomylonite, Kataklastite und Mylonite verbreitet [7].

Lokal stehen in kleinen Randschollen am Donaurandbruch auch die jurassischen Kalke des Malm an der Erdoberfläche an. Diese Sedimente sind weiter nordöstlich erodiert und weiter südwestlich erst in Tiefen von mehr als 500 m unter Gelände anzutreffen [11].

Die miozänen Schichten im Liegenden der quartären Donausedimente werden in der Regel aus tonigen und schluffigen Sedimenten gebildet in die auch Sande und Braunkohleflöze eingelagert sind. Auf Grund der gegenüber den hangenden quartären Terrassenschottern um Größenordnungen geringeren Durchlässigkeiten bilden die Sedimente des Miozäns die Basis des für die Untersuchungen relevanten quartären Grundwasserleiters.

Für die hydrogeologische Situation im Untersuchungsraum sind die pleistozänen und holozänen Sedimente des Donautals bestimmend, welche im Bereich der Regensburg-Straubinger Senke die Sedimente des Miozäns überlagern. Nordöstlich des Donaurandbruches sind diese quartären Sedimente nicht ausgebildet. Das von quartären Sedimenten geprägte Donautal bildet im Bereich des Untersuchungsraumes das Straubinger Becken, das auch als „Dungau“ oder „Gäuboden“ bezeichnet wird.

Die quartären Sedimente des Donautals zwischen Regensburg und Passau werden auf Grundlage ihrer Höhenlage und ihres Alters in verschiedene Terrassen gegliedert. Im Untersuchungsraum selbst sind neben den holozänen Aueterassen (H1 bis H7) vor allem die Niederterrasse 2 (NT 2), sowie in kleineren Randbereichen die Niederterrasse 3 (NT 3), die Übergangsterasse 2 (ÜT 2) und die Jüngere Hochterrasse (JHT) ausgebildet. Die Verbreitung der einzelnen Terrassen im Untersuchungsraum ist Abbildung 1 zu entnehmen. Die prinzipielle Lagerung der einzelnen Schichten im Untersuchungsraum ist im hydrogeologischen Prinzipschnitt in Abbildung 2 dargestellt.

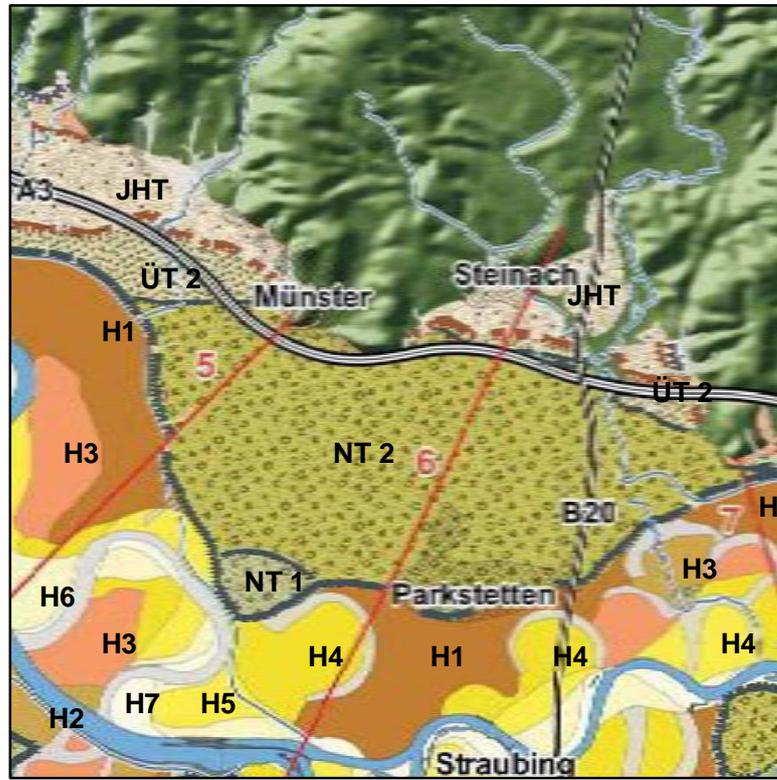


Abbildung 1: Verbreitung der quartären Terrassen im Untersuchungsraum aus [11]

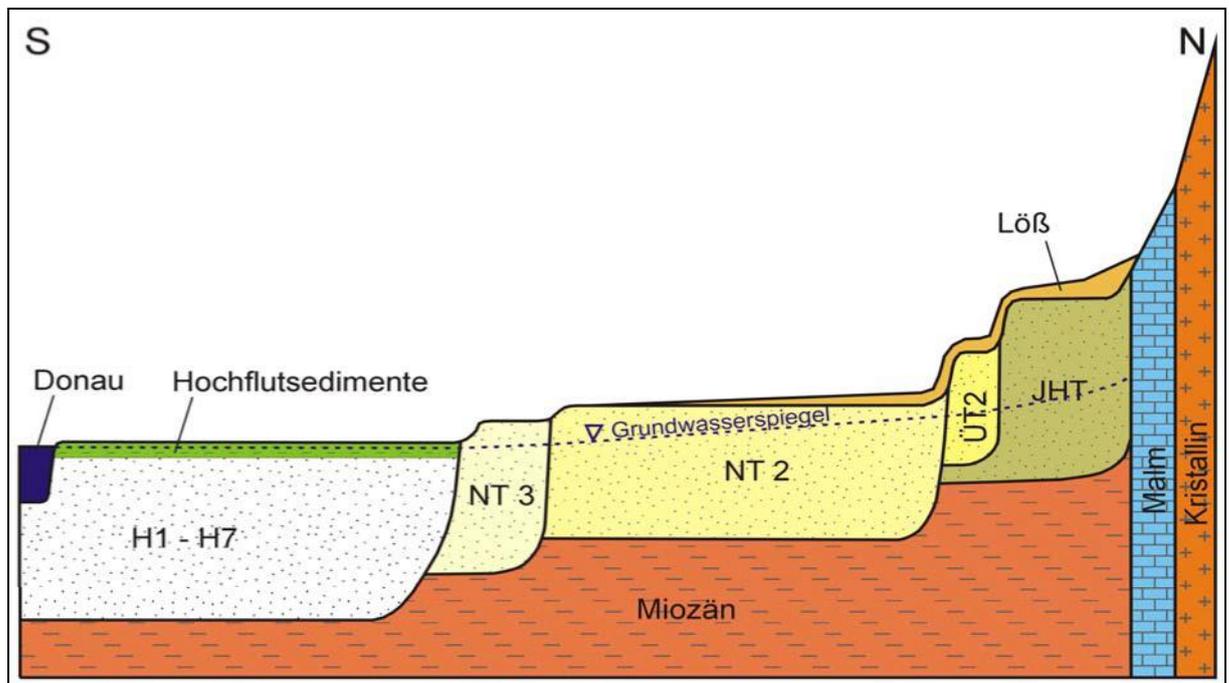


Abbildung 2: Hydrogeologischer Prinzipschnitt durch den Untersuchungsraum

Der quartäre Grundwasserleiter wird im Bereich der holozänen Donauaue von im Mittel 2 m bis 5 m mächtigen Hochflutsedimenten (Auelehmen) bedeckt. In Rinnenbereichen können diese Auesedimente maximal bis zu 10 m Mächtigkeit erreichen. Im Bereich der Niederterrassen wird der Grundwasserleiter teilweise von geringmächtigen Flugsanddecken und von Löss überdeckt, über den Hochterrassen sind die Lössdecken mit etwa 1 m bis 3 m etwas mächtiger.

3.1.1 Bilanzraum und Modellraum

Den Bilanzraum im weiteren Sinne bilden das Donautal nördlich der Donau zwischen Oberzeitldorn und Parkstetten sowie das zugehörige orohydrografische Einzugsgebiet (siehe Anlage 2.1). Die Grenzen des Bilanzraumes für die vorliegende Untersuchung wurden nach geohydraulischen Kriterien auf Grundlage der verfügbaren geologischen, hydrogeologischen und grundwasserhydraulischen Informationen (Grundwassergleichenplan) abgeleitet.

- Die südliche Begrenzung des Modellraumes lässt sich in zwei unterschiedliche Abschnitte unterteilen.
 - Der westliche Teilabschnitt befindet sich im Oberwasser der Staustufe Straubing. Dort wurden innerhalb der Rückstaudämme Schmalwände errichtet, die bis in die tertiären Schichten reichen und dementsprechend den quartären Grundwasserleiter im Bereich der Donau und südlich davon, vom nördlich davon gelegenen, binnenseitigen Grundwasserbereich weitgehend hydraulisch trennen. Dementsprechend verläuft die Bilanzgrenze auf der Trasse der Schmalwände bzw. der Rückstaudämme am westlichen Donauufer. Über eine Teilstrecke von rd. 950 m Länge befindet sich innerhalb der Schmalwandtrasse südlich von Oberzeitldorn ein hydraulisches Fenster, über das eine Wechselwirkung mit dem Donauwasserspiegel möglich ist. Dort wird eine Gewässer-randbedingung (Leckage-Faktor) angesetzt.
 - Im Unterwasser der Staustufe Straubing existieren keine Schmalwände, dort ist die Donau Vorfluter für den Grundwasserstrom. Die Bilanzgrenze wird dort, ausgehend von der Schleuse Straubing, zunächst in Flussmitte des Donauteilarmes „Alte Donau“ gewählt und geht, nach dem Zusammenfluss der beiden Teilarme in die Flussmitte der Donau über.
- Die östliche Begrenzung verläuft auf Höhe einer aus dem Grundwassergleichenplan für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum 1995/2005 (Wasserwirtschaftsjahre 1995/2005 = WWJ95/05) abgeleiteten Grundwasserstromlinie, die sich vom Helmberg bei Münster über die Gemeinde Parkstetten bis zur B20-Brücke an der Donau (ca. Fl.km 2317) nördlich von Straubing erstreckt. Mit einer Entfernung von mindestens 3 km bis zur Öberauer Schleife ist hierdurch ein ausreichend großer Abstand der Modellgrenze gewährleistet, da dort nicht mehr mit nennenswerten Grundwasserstandsänderungen infolge der dort geplanten Maßnahmen zu rechnen ist.

- Die nördliche Begrenzung wird durch das zum betrachteten Abschnitt des Donautales zugehörige orohydrografische Einzugsgebiet gebildet, es erstreckt sich über eine Fläche von rd. 39 km² in den Bayerischen Wald.
- Die westliche Begrenzung wurde auf Grundlage des o.a. Grundwassergleichenplanes auf Höhe der Ortslage Oberzeitldorn, im Bereich einer dort verlaufenden Grundwasserstromlinie gewählt.

Der Modellraum ist mit dem Bilanzraum weitgehend identisch. Lediglich nach Norden erfolgte die Abgrenzung des Modellraumes etwas südlich vom Talrand des Donautals, entlang der Grundwassergleichen von 319,5 mNN aus dem o.a. Grundwassergleichenplan für langfristig mittlere Verhältnisse. Zwischen dieser Grundwassergleichen und dem nördlichen Donautalrand liegen keine Informationen über die Grundwasserstände vor.

Im Modellraum sind folgende hydrostratigrafischen Einheiten zu unterscheiden:

- Quartärer Grundwasserleiter der Kiese und Sande des Donautales und angrenzender Terrassen (Grundwasserleiter)
- Miozänen Schichten aus tonigen und schluffigen Sedimenten (Grundwasserhemmer)

Die miozänen Schichten im Liegenden der quartären Donausedimente werden in der Regel aus tonigen und schluffigen Sedimenten gebildet in die auch Sande und Braunkohleflöze eingelagert sind. Auf Grund der gegenüber den hangenden quartären Terrassenschottern um Größenordnungen geringeren Durchlässigkeiten bilden die Sedimente des Miozäns die Basis des für die Fragestellung relevanten quartären Grundwasserleiters.

3.1.2 Strukturierung des Modellraumes

3.1.2.1 Hydrostratigrafische Einheiten

Die Quartärkiese im Modellraum werden im Liegenden durch miozänen Ablagerungen begrenzt, sie bilden somit die Basis des quartären Grundwasserleiters. Im Hangenden begrenzen Deckschichten den quartären Grundwasserleiter, die in der Donauauen holozänen Aueterrassen (Donauaniederung) überwiegend als mehrere Meter mächtige, schluffige Deckschichten ausgebildet sind. In diesem Bereich werden häufig gespannte Grundwasserverhältnisse angetroffen.

Im Bereich der Niederterrasse, mit größeren Flurabständen, werden die Deckschichten durch teilweise geringmächtige Flugsanddecken und Löss gebildet, über den Hochterrassen sind die Lössdecken mit etwa 1 m bis 3 m etwas mächtiger. Dort herrscht überwiegend ein freier Grundwasserspiegel vor.

Zur Ermittlung der quartären Basis des Grundwasserleiters wurde einerseits auf die vom WWA Deggendorf zur Verfügung gestellten Bohrungen und die hiermit weitgehend übereinstimmenden Angaben aus dem RMD-Modell, sowie andererseits auf die Daten des Quartärbasismodells der Universität Bamberg [12] zurück gegriffen. Hierbei wurde festgestellt, dass

- Die verschiedenen Datengrundlagen überwiegend übereinstimmen, zwischen den seitens WWA Deggendorf und im Quartärbasismodell angegebenen Bohrstandorten jedoch teilweise Lageabweichungen von bis zu 100 Meter und mehr bestehen, es wurden die seitens WWA Deggendorf zur Verfügung gestellten Lagekoordinaten verwendet.
- in den Datensätzen von WWA Deggendorf und dem Quartärbasismodell teilweise unterschiedliche Angaben zur Höhe der Bohransatzpunkte vorliegen, woraus unterschiedliche Höhenangaben zu den Schichtgrenzen resultieren. Die differierenden Angaben bestehen überwiegend bei Bohrungen im an den Modellbereich angrenzenden Randbereich. Vor diesem Hintergrund werden die festgestellten Unterschiede mit Abweichung von wenigen Zentimetern bis überwiegend < 1 m (Bohrung R 118/2: -2,05 m; Bohrung R 118/5: -1,35 m) im Rahmen der Auswertungen als vernachlässigbar bewertet. Es wurden die Angaben des WWA Deggendorf verwendet.
- In den Datensätzen des Quartärbasismodells vereinzelt Bohrungen doppelt, mit ähnlichen Bezeichnungen aber unterschiedlichen Standorten aufgeführt werden (z.B. 7041_L93 und L 93 bei Sossau im Abstand von ca. 170 m). Die doppelten Standorte wurden nicht verwendet.
- In den Datensätzen des WWA Deggendorf ergänzende Informationen zur Quartärbasis enthalten sind, die im Datensatz des Quartärbasismodell nicht enthalten waren, dies betrifft insbesondere:
 - Aufschlussbohrungen (B5/A01, B6/A01) an der Dichtwandtrasse bei Sossau (1985)
 - Aufschlussbohrungen von Grundwassermessstellen an den Auskiesungsflächen der Firma Kieswerk Leibl GmbH nördlich von Parkstetten und der Firma H. Wolf GmbH & Co. KG östlich von Kößnach (jeweils GWM1 bis GWM3)

Von den insgesamt rd. 540 erfassten Bohrungen wurden rd. 410 Bohrungen und 1090 Stützpunkte für die weiteren Auswertungen verwendet (s. Anlage 3.1). Hierbei wurden nicht nur die Bohrungen innerhalb des Modellraumes sondern auch in einem ca. 1,5 km breiten Randstreifen um das Modellgebiet berücksichtigt.

In der Donauniederung liegen die erbohrten Tiefen überwiegend zwischen rd. 10 m und rd. 15 m, auf der Niederterrasse liegen überwiegend Bohrtiefen zwischen 5 m und 10 m vor. An rd. 340 Bohrstandorten wird die Quartärbasis erreicht, davon befinden sich 104 Bohrungen innerhalb des Modellgebietes. An den o.a. Stützpunkten wurde der entsprechende seitens der Universität Bamberg im Quartärbasismodell interpretierte Wert übernommen (rd. 110 Stützpunkte innerhalb des Modellraumes).

Die auf dieser Datengrundlage nach der Methode „natural neighbors“ in ArcGIS 9.3 interpolierte Quartärbasis ist in Anlage 3.3 dargestellt, das Ergebnis für das Modellgebiet wurde entsprechend übernommen. Die ermittelte Quartärbasis ist durch folgende Hauptstrukturen gekennzeichnet:

- Eine tiefliegende Quartärbasis im Bereich der Donauterrassen, die als Folge von mehreren fluvialen Ausräumungsphasen entstanden ist. Oberstrom der Staustufe Straubing liegt das Niveau der Quartärbasis überwiegend bei rd. 307 mNN bis 309 mNN. In Bereichen mit Verdichtung der Bohrpunkte sind mulden- und rückenartige Strukturen zu erkennen, die auf ehemalige Kolke und Untiefen des postglazialen Flussbettes hinweisen. Im Unterwasser der Staustufe Straubing liegt das Niveau der Quartärbasis, von Westen nach Osten einfallend, bei rd. 309 mNN bis 306 mNN.
- Einen markanten Anstieg der Quartärbasis im Übergangsbereich von der holozänen Donauaue zu den pleistozänen Terrassen der Niederterrasse. Der Anstieg zur NT2 (s. auch Abbildung 1) beträgt überwiegend rd. 4 m - 5 m, dementsprechend liegt das Sohlniveau auf der Niederterrasse überwiegend bei 311 mNN bis 314 mNN.
- Auf Höhe der Staustufe Straubing, im Ausbildungsbereich der Niederterrasse NT1 (s. Abbildung 1), ist im Bereich von Unterzeitldorn und Sossau ein flacherer Übergang von der Niederterrasse zu den Donauterrassen feststellbar. Auf einen bis Sossau reichender Rücken mit Höhen zwischen 309 mNN und 310 mNN schließt sich nach Süden eine Rinnenstruktur mit Höhen zwischen 306 mNN und 307 mNN an.
- Auf der Niederterrasse liegt das Niveau der Quartärbasis innerhalb des Modellbereiches, bei leicht von Westen nach Osten einfallender Oberkante, überwiegend bei 314 mNN bis 311 mNN. Auch dort sind kleinräumige Mulden- und Rückenstrukturen erkennbar.

In Anlage 3.2.1 und Anlage 3.2.2 sind zwei schematische hydrostratigrafische Schnitte durch den quartären Grundwasserleiter dargestellt (Lage der Schnittachsen siehe Anlage 3.1), mit aufgenommen sind die mittleren Grundwasserstände (Mittel November 1998/Okttober 2005). Der quartäre Grundwasserleiter wird durch mehrere Meter mächtige Deckschichten überlagert, die Verteilung der Deckschichtmächtigkeiten ist aus Anlage 3.4 ersichtlich. Hieraus ergeben sich folgende Feststellungen:

- In der Donauniederung liegt der Grundwasserspiegel bereits bei langfristig mittleren Grundwasserständen höher als die Unterkante der Deckschichten. Dementsprechend ist bereits bei mittleren Grundwasserständen weitverbreitet von gespannten Grundwasserständen auszugehen. Unter gespannten Grundwasserverhältnissen erfolgt eine schnellere und deutlichere Reaktion der Grundwasserstände auf Änderungen der Randbedingungen, beispielsweise Änderungen der Donauwasserstände oder erhöhte Grundwasserneubildung, als unter freien Bedingungen.
- Auf der Niederterrasse treten größere Flurabstände auf, zudem liegen dort deutlich geringere Deckschichtmächtigkeiten vor, so dass dort bei mittleren hydrologischen Verhältnissen zumindest bereichsweise von freien Grundwasserverhältnissen auszugehen ist.

- Im Übergangsbereich von den Auenterrassen zur Niederterrasse kann es bei einem Anstieg der Grundwasserstände zu einem „Anstoßen“ der Grundwasseroberfläche an die gering durchlässigen Deckschichten und damit zu einem Wechsel von freien zu (teil-) gespannten Grundwasserverhältnissen im quartären Grundwasserleiter kommen.
- In Tieflagen der Donauniederung tritt bei entsprechend hohen Grundwasserständen Grundwasser in die dortigen Grabensysteme aus („Qualmwasser“). Die Austrittsmenge wird von der Durchlässigkeit der Grabensohlen und der unterlagernden Schichten bestimmt. Da die dort verlaufenden Gräben überwiegend in die mehrere Meter mächtigen Deckschichten einbinden wurde die hydraulische Anbindung der Grabensysteme an den Grundwasserleiter durch die abschnittsweise Errichtung von Kiesbohrungen oder Sickerschlitzten erst ermöglicht bzw. verbessert.
- Die Höhe von Infiltrationen aus der Oberauer Schleife in das Grundwasser, insbesondere bei der jährlichen ökologischen Flutung und dem geplanten Einstau des Polders, wird durch die Durchlässigkeit der Gewässersohle sowie die Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Deckschichten auf den überfluteten Vorländern bestimmt.

3.1.2.2 Geohydraulische Kennwerte

In den vorliegenden Gutachten [4], [5] werden für die verschiedenen hydrostratigrafisch relevanten Schichten folgende Bandbreiten für die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f – Werte) angegeben.

Tabelle 1: Bandbreite Durchlässigkeitsbeiwerte

Hydrostratigrafische Einheit	Tertiär	Donauschotter	Auelehm	Oberboden
Bodenbeschaffenheit	Feinsand, tonig, schluffig	Kiese, steinig, sandig, Einlagerung von feinklastischen Linsen	Schluff, sandig, tonig	Durch Durchwurzelung und Bearbeitung veränderte Auelehmböden
k_f -Werte in [m/s]	10^{-6} bis 10^{-8}	10^{-2} bis 10^{-3}	10^{-7} bis 10^{-9}	ca. 10^{-5}

Aus der Ermittlung von Bodenkennwerten aus den Bohrungen an der Dichtwand Sossau liegen folgende Angaben vor:

- Deckschichten (Auelehm, Schluff, sandig): $k_f = 2 - 4 \cdot 10^{-9}$ m/s
- Deckschichten (Auelehm, Feinsand, schluffig): $k_f = 8 - 10 \cdot 10^{-9}$ m/s
- Quartärer Grundwasserleiter (Sand, schluffig)): $k_f = 4 - 10 \cdot 10^{-6}$ m/s
- Quartärer Grundwasserleiter (Kies, sandig): $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Der Kennwert für den kiesigen Grundwasserleiter basiert nur auf einer Probe. Für die statische Bemessung der Dichtwand im quartären Grundwasserleiter wurde ein Orientierungswert von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s angegeben.

Für den westlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, im Oberwasser der Staustufe Straubing, lagen keine Versuche zur Bestimmung der Untergrunddurchlässigkeit vor. Bei den Planungen für die Staustufe Straubing wurde für dieses Gebiet, abgeleitet aus k_f -Wert-Bestimmungen im westlich gelegenen Polder Wörthhof, ein k_f -Wert von $8 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen. Dieser Wert wurde auch für die Bemessung des Binnenentwässerungssystems Oberauer Schleife verwendet und hat sich dabei bewährt [3].

Aus den im östlichen Untersuchungsgebiet aus Auffüllversuchen, Siebanalysen und Pumpversuchen an Grundwassermessstellen vorliegenden Ergebnissen zur Untergrunddurchlässigkeit (Tabelle 2, Lage siehe Anlage 3.5) ergibt sich für die Donauschotter eine Bandbreite zwischen $3 \cdot 10^{-4}$ bis $1,8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Werte von $< 10^{-3}$ m/s weisen auf hohe Sandanteile innerhalb der erfassten quartären Schotter hin. Auf das Gebiet innerhalb des Modellraumes entfallen Werte von $5,6 \cdot 10^{-4}$ bis $1,7 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Tabelle 2: K_f -Werte aus Pumpversuchen (Donauschotter)

Bohrung/ Messstelle	K_f -Wert aus Pumpversuchen (RMD)
L 100, L101, L102, L103, L 104, L105, L 107	$3,0 \cdot 10^{-4}$
L 103/2	$5,6 \cdot 10^{-4}$
L 107/4	$5,8 \cdot 10^{-4}$
L 110/2	$7,6 \cdot 10^{-4}$
L 108, L 110	$1,0 \cdot 10^{-3}$
L 104/3	$1,1 \cdot 10^{-3}$
L 103/3	$1,3 \cdot 10^{-3}$
L 109/2	$1,8 \cdot 10^{-3}$

Entsprechend den Abstimmungen bei der Besprechung vom 22.10.2010 werden für den östlichen Modellbereich die Ansätze von RMD übernommen. Im westlichen Bereich werden, aufgrund der bisher vorliegenden Daten und Informationen, folgende pauschale Ausgangswerte zugrunde gelegt:

- quartäre Ablagerungen in der holozänen Talaue: $k_f = 1,5 \cdot 10^{-3}$ m/s
- quartäre Ablagerungen auf der Hochterrasse: $k_f = 2,0 \cdot 10^{-4}$ m/s
- tonig-schluffige Deckschichten: $k_f = 1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s

3.1.3 Grundwasserhydraulik

Grundwassermessnetz und Daten

Die für die vorliegende Untersuchung im Modellraum verwendeten Grundwassermessstellen und Gewässerpegel mit vorliegenden Messreihen sind in Anlage 4.1 dargestellt. Es handelt sich um Messstellen und als Messstellen verwendete Brunnen folgender Betreiber:

- WWA Deggendorf
- RMD Wasserstraßen GmbH (RMD)
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Würzburg
- Verschieden Kommunen (Stadt Straubing, Gemeinde Kößnach, Gemeinde Kirchroth, etc.)
- Verschiedene Privatpersonen

An über der Hälfte der Messstellen liegen Messdaten seit den 1960er bzw. 1970er Jahren, teilweise auch bereits seit den 1950er Jahren vor. Die jüngsten verfügbaren Messstellen wurden 1996 und somit kurz nach Fertigstellung des Donausausbaus in der Stauhaltung Straubing (1995) errichtet. Für die vorliegenden Untersuchungen werden die Messdaten ab 1995 betrachtet.

Systematische Grundwasserstandsmessungen waren für 89 Grundwassermessstellen verfügbar, hiervon wurden 74 Messstellen innerhalb des Modellgebietes und im angrenzenden Bereich nördlich der Donau ausgewählt. Von den 24 erfassten Gewässerpegeln (Donau, Kößnach, Binnenentwässerung) mit verfügbaren Messreihen wurden 18 Pegel mit ausreichend langen Messreihen ausgewählt.

Einen Überblick über die ausgewählten Messstellen und Gewässerpegel mit den zugehörigen Stammdaten, den jeweiligen Messzeiträumen und den erfassten Messdaten gibt die Tabelle in Anlage 4.2. Hierzu ist festzustellen:

- Für viele Messstellen lagen aus unterschiedlichen Quellen (WWA, RMD) Lagekoordinaten vor, wobei überwiegend Abweichungen im Bereich mehrerer Meter bis 10er Meter festgestellt wurden. Die Abweichungen sind für die Beurteilung jedoch unerheblich. Es wurden die von RMD an WWA Deggendorf übergebenen Lagekoordinaten verwendet.
- Aus dem Abgleich mit den seitens RMD aus dem Grundwassermodell Straubing -Vilshofen zur Verfügung gestellten Messstellendaten ergaben sich keine zusätzlichen Kenntnisse zum Bestand an Grundwassermessstellen.
- An den Messstellen und Gewässerpegeln liegen in jüngster Vergangenheit überwiegend Wochenwerte der gemessenen Werte vor.
- An den westlich der Kößnach gelegenen Grundwassermessstellen und Pegeln wurden die Grundwasserstandsmessungen 2005 eingestellt.
- An den Grundwassermessstellen östlich von Kößnach bzw. Kößnachableiter (Messstellen ab lfd. Nummer L 92) und im Bereich des Polders Sossau werden die Grundwasserstände

für den Donauausbau Straubing – Vilshofen von RMD weiterhin beobachtet. Diese Messstellen wurden 2004 mit digitalen Datensammlern ausgestattet (Datenlogger), die Grundwasserstände werden dort seither in 3-stündigem Turnus erfasst.

Einflussfaktoren auf die Wasserstandsentwicklung sind:

- Donauwasserstand, wobei dieser Einfluss nur im Unterwasser der Staustufe Straubing wirksam wird und mit zunehmendem Abstand von der Donau geringer wird
- Grundwasserneubildung aus Niederschlag, wobei dieser Einfluss vor allem auf der Niederterrasse prägend wirkt und mit zunehmender Nähe zur Donau abnimmt.
- Wechselwirkung mit dem Oberflächengewässer Kößnach/Kößnachableiter und den angeschlossenen Grabensystemen (Baggergraben und andere)
- Wechselwirkung mit dem binnenseitigen Entwässerungssystem, das westlich der Kößnach (Polder Kößnach) über das Schöpfwerk Kößnach und östlich der Kößnach über die Schöpfwerke Hornstdorf und Reibersdorf entwässert.
- Betrieb der Schöpfwerke Kößnach, Hornstdorf und Reibersdorf. Ein Einfluss besteht nur bei erhöhten Donauwasserständen, wenn das binnenseitige Entwässerungssystem nicht mehr in freier Vorflut in die Donau entwässern kann und das zufließende Wasser mit Pumpen in die Donau gefördert werden muss.

Im Hinblick auf die Beeinflussung der Grundwasserstände nennenswerte Grundwasserentnahmen liegen im Untersuchungsgebiet nicht vor (Ziff. 5.5).

Entwicklung der Grundwasserstände

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände ist in Anlage 4.3 für ausgewählte Messstellen dargestellt.

Der Verlauf der Grundwasserstände auf der Niederterrasse (Anlage 4.3.1) ist vorrangig durch die Einflüsse aus Niederschlag geprägt. Hierbei sind insbesondere die Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr von Bedeutung, die aufgrund der dann geringeren Verdunstung in höherem Maße zur Grundwasserneubildung beitragen, als der Niederschlag in den Sommerhalbjahren, da dann Verluste durch hohe Verdunstungsanteile und hohe oberirdische Abflussanteile bei Starkregenereignissen entstehen. Der Jahresgang ist dementsprechend durch hohe Grundwasserstände im Frühjahr und niedrige Grundwasserstände im Herbst gekennzeichnet. Der langzeitige Trend wird durch den Wechsel zwischen mehrjährigen trockenen und feuchten Niederschlagsphasen geprägt.

An den Messstellen im Polder Kößnach ist bei einem ebenfalls hydrologisch geprägten Jahresgang ein trendfreier Grundwasserstandsverlauf festzustellen (4.3.2). Das binnenseitige Grabensystem wirkt stabilisierend auf die Grundwasserstände. Mit zunehmender Nähe zur Öberauer Schleife nimmt die Intensität der Reaktionen und damit die Schwankungsbreite der Grundwasserstände zu. Der Anstieg im Frühjahr ist auf die jährliche ökologische Flutung im

Polder Öberau jeweils im Februar/März zurückzuführen. Der verstärkte Rückgang im Herbst ist durch die Vorflutanbindung der Öberauer Schleife an die Kößnach und die im Herbst dort vorherrschende Niedrigwasserführung bedingt.

Im Unterwasser der Staustufe Straubing, dominieren erwartungsgemäß die Auswirkungen der Schwankungen der Donauwasserstände (Anlage 4.3.3). Aufgrund der dort mittels Datensammler detailliert aufgezeichneten Grundwasserstände werden auch die Auswirkungen kurzzeitiger Abflussspitzen in der Donau erfasst. Die höchste Schwankungsbreite wird an der Messstelle L 97, nahe der Mündung der Kößnach in die Donau, mit rd. 6,2 m ermittelt.

Grundwassergleichenplan

Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten wurde ein Grundwassergleichenplan für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum November 1995/ Oktober 2005 (WWJ96/05) erstellt (Anlage 4.5). Die ermittelten Grundwasserstände können als repräsentativ für die mittleren Verhältnisse nach dem Donauausbau in der Stauhaltung Straubing angenommen werden. Der mittlere Jahresniederschlag an der Station Aholting liegt im Zeitraum 1995/2005 mit rd. 845 mm nur leicht über dem langjährigen Mittel (1980/2009) der Station von rd. 830 mm. Aus dem Grundwassergleichenplan sind folgende Charakteristiken erkennbar:

- Auf der Niederterrasse ist das Grundwassergefälle und damit auch die Grundwasserfließrichtung von Norden/Nordosten nach Süden/Südwesten gerichtet. Westlich von Kößnach ist hierbei ein steileres Grundwassergefälle (ca. 0,15 – 0,2 %), als im östlichen Modellgebiet (ca. 0,1%) zu verzeichnen.
- Das Grundwasser der Nieder- und Hochterrasse entwässert an der Terrassenkante, am Übergang von der Niederterrasse zur Donauaue, mit steilem Gefälle in die Talau. Auf Höhe von Unterzeitldorn ist eine Verflachung des Grundwassergefalles im Übergang zur Donauaue zu erkennen. Diese Beobachtung steht im Einklang mit der dort festgestellten rückenartigen Erhöhung der Basis des quartären Grundwasserleiters im Terrassenübergang (s. Ziff. 3.1.2.1, Anlage 3.3). Das nordwestlich von Unterzeitldorn bis Oberzeitldorn über die Terrassenkante abfließende Grundwasser entwässert in den Polder Kößnach. Für das von der östlichen Terrassenkante abfließende Grundwasser ist die Donau im Unterwasser der Staustufe Straubing der Vorfluter, sofern das Grundwasser nicht bereits zuvor in der Donauaue in die Grabensysteme des Hornstdorfer und Reibersdorfer Polders austritt und von dort über die Schöpfwerke in die Donau abfließt.
- In der Donauaue nordwestlich der Öberauer Schleife (Polder Kößnach) ist eine Drehung der Grundwasserströmung in südlicher Richtung zu den dort verlaufenden Grabensystemen zu erkennen (Pichseeграben, Kalter Graben, etc.). Auch von der Donauseite erfolgt, bei flachem Grundwassergefälle, ein Zustrom in Richtung der Gräben. Der Tiefpunkt der Grundwasserstände verläuft entlang des Grabensystems und weist somit auf die Vorflutwirkung der Gräben für das Grundwasser hin.

- Entlang der Rückstaudämme im Polder Kößnach und der dort befindlichen Schmalwand verlaufen die Grundwassergleichen bei flachem Gefälle nahezu senkrecht zur Damm- bzw. Schmalwandtrasse. Aufgrund der geringen Restdurchlässigkeiten der Schmalwände werden die Grundwasserverhältnisse im Polder Kößnach weitgehend durch die Wasserstände der Öberauer Schleife (Altwasser) und der angelegten Entwässerungsgräben bestimmt.
- Innerhalb der Öberauer Schleife, im Polder Öberau, ist die grundwasserabsenkende Wirkung der dort verlaufenden Grabensysteme erkennbar, die in den unteren Teil der Öberauer Schleife entwässern.
- Östlich der Öberauer Schleife und östlich von Unterzeitldorn orientiert sich die Grundwasserströmung in südöstlicher Richtung zum Hauptvorfluter Donau.

In Anlage 4.6 ist ein Flurabstandsplan für die mittleren Verhältnisse im Zeitraum WWJ96/05 dargestellt. Hierzu wurden die aus Messwerten abgeleiteten Grundwassergleichen (Anlage 4.5) mit dem Digitalen Geländemodell verschnitten (DGM10). Hieraus ergibt sich:

- Im Bereich des Polders Kößnach liegen überwiegend Flurabstände von weniger als 2 m vor.
- Kleinräumig, insbesondere im Nahbereich der Entwässerungsgräben, z.B. im Polder Hornsdorf, aber auch entlang der Kößnach werden negative Flurabstände ermittelt, dies weist auf einen permanenten Austritt von Grundwasser in das Gewässer/Grabensystem hin.
- Auch im Polder Öberau dominieren mit Ausnahme der bebauten Bereiche (Öberau, Breitenfeld), wo Flurabstände von ca. 2,5 m bis 3 m vorliegen, weiträumig Flurabstände von weniger als 2 m bzw. weniger als 1 m.
- Flurabstände von 3 m und mehr sind weiträumig auf der Niederterrasse, mit Ausnahme des nordöstlichen Ausdehnungsbereiches der Baggerseen, festzustellen. Sehr hohe Flurabstände von 4 m sind auf der nordwestlichen Niederterrasse und im Unterwasser der Staustufe Straubing, in einem donaunahen Streifen zu erkennen, auf dem sich auch die Ortslagen Hornsdorf und Reibersdorf befinden.

3.1.4 Grundwasserbilanz

Im Modellraum gehen folgende Größen in die Grundwasserbilanz ein:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlag
- Randzufluss vom nördlichen Modellrand
- Zustrom von der Donau im quartären Grundwasserleiter im Bereich des Schmalwandfensters bei Oberzeitldorn
- Grundwasserabstrom zur Donau im quartären Grundwasserleiter, im Unterwasser der Staustufe Straubing
- Austausch mit Oberflächengewässern und der Binnenentwässerung (Infiltration und Exfiltration)

Der Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter wird als vernachlässigbar gering eingestuft.

3.1.4.1 Grundwasserneubildung

Im Modellraum selbst sind keine Niederschlags- und Klimastationen vorhanden. Zur Beschreibung der klimatischen Verhältnisse werden die Daten der umliegenden Messstationen (s. Tabelle 3) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) herangezogen.

Tabelle 3: Niederschlags- bzw. Klimastationen

Station	Betreiber	Stationsnummer	Höhenlage [mNN]	Messdaten von	Messdaten bis
Aholfing	DWD	91414	330	01.01.1980	31.07.2010
Steinach	LfL	42	350	16.08.2002	15.09.2010

Die Lage der Messstationen Aholfing und Steinach ist aus Anlage 2.1 ersichtlich. Die Niederschlagsstation Station Aholfing befindet sich im Donautal, rd. 6,3 km nordwestlich von Öberau, sie gibt die Verhältnisse im Donautal wieder. Die Niederschlagsstation Steinach der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) liegt rd. 9 km nordöstlich von Öberau, im Übergang zum Bayerischen Wald, diese Messstelle wird als repräsentativ für das orohydrografische Einzugsgebiet angesehen.

Für beide Stationen liegen die Tagessummen der Niederschläge vor. An der Station Aholfing fehlen im Jahr 2006 für mehrere Monate die Messwerte, dieses Jahr wurde daher in die Auswertungen nicht mit aufgenommen. In Tabelle 4 sind langzeitige Jahresmittelwerte an den betrachteten Stationen aufgeführt. Die höchsten Jahresniederschläge werden erwartungsgemäß an der Station Steinach im Übergang zum angrenzenden bayerischen Wald ermittelt.

Tabelle 4: Mittelwerte der Niederschlagssummen in [mm]

Station	Mittelwert 1980/2009	Mittelwert 1995/2009	Mittelwert 2002/2009
Aholfing (jeweils ohne Messwerte 2006)	830	783	797
Steinach	--	--	858

Die zeitliche Entwicklung der Niederschläge an der Messstation Aholfing im Zeitraum 1980 bis 2009 ist in Anlage 5.1.1 als Halbjahressummen der Niederschläge in den hydrologischen Sommerhalbjahren (Mai bis Oktober) bzw. Winterhalbjahren (November bis April) dargestellt. Im Mittel entfallen rd. 57% des Niederschlages auf das hydrologische Sommerhalbjahr (448 mm) und rd. 43% (335 mm) auf das Winterhalbjahr.

Aus der Wasserbilanzgleichung, auch hydrologische Grundgleichung genannt, ergibt sich:

$$N = A + V = A_o + A_u + V \rightarrow A_u = N - V - A_o$$

N = Niederschlag

A_o = oberirdischer Abfluss; A_u = unterirdischer Abfluss (geht ins Grundwasser über)

V = Verdunstung vom Boden oder freien Wasserflächen

Die mittlere Jahresverdunstung im Bilanzgebiet wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) für die Jahresreihe 1961 – 1990 mit ca. 450 – 500 mm angegeben. Die mittlere Abflusshöhe liegt für die gleiche Jahresreihe im Donautal bei ca. 200 – 300 mm, im angrenzenden Bayerischen Wald bei 300 mm bis 600 mm. Für das im Rahmen dieser Untersuchung abgegrenzte orohydrografische Einzugsgebiet werden 350 mm gewählt. Unter Ansatz der vorstehenden Werte ergeben sich für die Grundwasserneubildung folgende Bandbreiten:

- für das Modellgebiet: $A_u = 800 - 500 - 300 = 0 \text{ mm} = 0 \text{ l/s*km}^2$ bis

$$A_u = 800 - 450 - 200 = 150 \text{ mm} = 4,75 \text{ l/s*km}^2$$

- für das orohydrografische Einzugsgebiet:

$$A_u = 860 - 500 - 350 = 10 \text{ mm} = 0,3 \text{ l/s*km}^2 \text{ bis}$$

$$A_u = 860 - 450 - 350 = 60 \text{ mm} = 1,9 \text{ l/s*km}^2$$

Insgesamt ist festzustellen, dass im Modellgebiet von einer potentiellen Grundwasserneubildung von bis zu 4,75 l/s*km² auszugehen ist. Im Bereich der holozänen Donauterrassen sind aufgrund der dort vorhandenen, mehrere Meter mächtigen bindigen Deckschichten (s. Anlage 3.4) jedoch geringere tatsächliche Neubildungsraten anzusetzen. Der überwiegende Anteil an Niederschlag fließt dort oberirdisch ab und wird über das Binnenentwässerungssystem abgeführt (Gräben, Schöpfwerke). Auf der Niederterrasse, mit geringer Mächtigkeit der Deckschichten (1 m bis 2 m mächtig) und sandiger Beschaffenheit, ist von höheren Neubildungsraten auszugehen.

Der Abfluss A_o aus dem orohydrografische Einzugsgebiet wird über verschiedenen Gewässer (u.a. Kößnach) in das Modelgebiet geführt. Dort kann je nach Höhelage des Wasserspiegels im Gewässer und im Grundwasser, sowie der Beschaffenheit der Gewässersohle eine Interaktion mit dem Grundwasserbereich erfolgen.

In den Modelluntersuchungen von RMD wurden für den Überlappungsbereich mit den vorliegenden Untersuchungen die in Tabelle 5 zusammengestellten Werte angesetzt, die sich im Wesentlichen auf die Donauaue beziehen.

Tabelle 5: Neubildungsraten RMD-Modell in [l/s*km²]

Nutzung	Mittlere Verhältnisse	Trockene Verhältnisse
Wiesen, Äcker	4,0	3,0
Waldgebiete	1,0	0,7
Ortschaften	2,0	1,0
Kiesgruben	-1,0	-1,0
Befestigte Flächen	0,0	0,0

Die Flächennutzung innerhalb des hier betrachteten Modellgebiets wird in der Donauaue durch ausgedehnte Ackerflächen bestimmt, Grünland liegt überwiegend nur im Nahbereich der Öberauer Schleife und in kleinen Teilflächen innerhalb der Ackerflächen vor, sowie im Polder Hornsdorf entlang der dort verlaufenden Grabensysteme. Waldflächen sind nur in kleinen Reststreifen an der Öberauer Schleife und im Polder Hornsdorf vorhanden. In der Donauaue liegen zudem die Siedlungsflächen der Orte Pichsee, Pittrich, Breitenfeld, Öberau, Sossau, Hornsdorf und Reibersdorf. Auf der Niederterrasse dominiert ebenfalls Ackerland. Darüber hinaus befinden sich dort an der Terrassenkante die Ortschaften Oberzeitldorn, Thalstetten, Kößnach, Unterzeitldorn und Parkstetten. Im nordöstlichen Modellbereich sind ausgedehnte Baggerseeflächen zu verzeichnen. Für die vorliegende Untersuchung wurde für mittlere hydrologische Verhältnisse von der Ausgangsverteilung in Tabelle 6 ausgegangen, die sich im Bereich der Donauaue damit auch mit dem Ansatz von RMD deckt.

Tabelle 6: Neubildungsraten in [l/s*km²]

Nutzung	Holozäne Donauterrassen	Niederterrasse
Wiesen, Äcker	4,0	4,75
Waldgebiete	1,0	1,2
Ortschaften	2,0	2,4
Baggerseen, Öberauer Schleife	-1,0	-1,0

Die räumliche Differenzierung der Grundwasserneubildung ist aus Anlage 5.2 ersichtlich. Insgesamt ergibt sich für mittlere hydrologische Verhältnisse ein Zufluss von rd. 121 l/s.

3.1.4.2 Zustrom im quartären Grundwasserleiter

Am nördlichen Rand des Modellgebietes erfolgt auf der Niederterrasse ein Zustrom im quartären Grundwasserleiter. Der Zustrom wurde auf Grundlage des Grundwassergefälles am Modellrand, den vorliegenden Informationen zur Aquifermächtigkeit in diesem Bereich und dem vorläufig zugrunde gelegten Untergrunddurchlässigkeitsbeiwert (k_f - Wert) abgeschätzt.

Das Grundwassergefälle für langfristig mittlere Grundwasserstände (s. Anlage 4.5) liegt am Modellrand zwischen rd. 0,1% am östlichen Modellrand und 0,22% bei Kirchroth. Die mittlere grundwassererfüllte Aquifermächtigkeit variiert dort zwischen rd. 4,5 m und 7,5 m. Mit den abschnittsweise ermittelten hydrogeologischen Parametern und einem pauschal angesetzten k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s wurden die Teilzuflüsse ins Modellgebiet bilanziert. Über den rd. 7,6 km langen nördlichen Modellrand ergibt sich ein Gesamtzufluss von 77 l/s (rd. 10 l/s·km).

Der ermittelte Randzustrom wird letztlich aus dem orohydrografischen Einzugsgebiet gespeist. Bezogen auf die Fläche des orohydrografischen Einzugsgebietes von rd. 39 km² ergibt sich eine mittlere Grundwasserneubildung von rd. 2 l/s·km². Dieser Wert stimmt sehr gut mit dem aus der Wasserbilanzgleichung für das orohydrografische Einzugsgebiet abgeleiteten Wert von 1,9 l/s·km² überein (Ziff. 3.1.4.1).

Zustrom über Schmalwandfenster bei Oberzeitldorn

Der Zustrom über das Schmalwandfenster bei Oberzeitldorn wurde auf Grundlage der geometrischen und hydrogeologischen Randbedingungen für mittlere Verhältnisse zu rd. 15 l/s abgeschätzt (Breite: rd. 940 m; Aquifermächtigkeit: rd. 9 – 10 m; Grundwassergefälle rd. 0,11%, k_f -Wert: $1,5 \cdot 10^{-3}$ m/s).

Für Hochwasserverhältnisse erfolgt eine Abschätzung auf Grundlage der verfügbaren Donauwasserstände beim betrachteten Hochwasserereignis und unter Berücksichtigung der Überflutung der flussseitigen Vorländer.

3.1.4.3 Austausch mit Oberflächengewässern

Gewässersystem

Donau

Das Gewässersystem im Modellraum ist aus Anlage 5.3 ersichtlich. Am südlichen Modellraum verläuft die *Donau*, die von Westen nach Osten fließt (Do-km 2339 bis 2317). Bei Do-km 2323.8, am südlichen Modellrand, befindet sich die Staustufe Straubing. Der Normalstau von 320,00 mNN wird auch im Hochwasserfall gehalten. Die gesamte Stauraumlänge beträgt 25 km bis zur oberliegenden Stauhaltung Geisling, hiervon sind 17 km mit Flusseitendämmen eingedeicht.

Die Stauhaltungsdämme sind im Oberwasser der Staustufe Straubing mit einer Schmalwand abgedichtet, welche in das anstehende Tertiär einbindet, ausgenommen hiervon ist ein rd. 940 m langes Schmalwandfenster bei Oberzeitldorn. Dementsprechend ist, mit Ausnahme des Schmalwandfensters, im Oberwasser der Staustufe keine bzw. nur eine sehr geringe Wechselwirkung mit dem binnenseitigen Grundwasserbereich nördlich der Donau möglich.

Öberauer Schleife

Zentrales binnenseitiges Gewässer im Modellgebiet ist die Öberauer Donauschleife. Diese wurde im Zuge des Baus der Staustufe Straubing (Fertigstellung 1995) abgetrennt und ist von alten Hochwasserschutzdeichen begrenzt. Der alte Donauverlauf ist als Altwasser noch vorhanden und durch einen Trenndamm (Höhe 318,50 mNN) in einen oberen und einen unteren, hydraulisch von einander unabhängigen Teil, getrennt. Die Wasserstände in den beiden Schleifen werden jeweils getrennt über ein Regulierungs- und Auslaufbauwerk geregelt, das in den Kößnachableiter einleitet.

Der obere Teil der Öberauer Schleife wird über ein Heberwehr bei Do-km 2332,600 einmal jährlich im Februar/März gemäß den Auflagen im Planfeststellungsbescheid für die Staustufe Straubing geflutet (Ökologische Flutung). Der Wasserspiegel der oberen Schleife wird hierbei eine Woche lang von ca. 315,5 mNN auf ein konstantes Wasserspiegelniveau von 318 mNN erhöht. Die Zuleitungsmengen aus der Donau betragen bis zu 2,5 m³/s. Bei der ökologische Flutung stehen die Vorlandwiesen innerhalb des Polders teilweise unter Wasser, zudem treten innerhalb des Polders Öberau erhebliche Vernässungen durch Druckwasser auf.

Die Öberauer Schleife umschließt den Polder Öberau der landwirtschaftlich genutzt wird, außerdem befinden sich dort die Ortschaften Öberau und Breitenfeld. Die Anwesen versorgen sich über eigene Hausbrunnen mit Trinkwasser. Die Abwasserentsorgung erfolgt über Kleinkläranlagen, welche in Entwässerungsgräben einleiten. Innerhalb des Polders Öberau befinden sich neben dem parallel zum Rückstaudamm der Donau verlaufenden *Hauptkanal*, für den Bestandspläne vorlagen, mehrere Entwässerungsgräben, die zum Schöpfwerk Öberau und von dort durch ein Siel in die untere Öberauer Donauschleife entwässern. Der *Breitenfelder Graben* erstreckt sich bis zum gleichnamigen Ort im Norden des Polders, ihm fließen mehrere Seitengräben zu. Vom WWA Deggendorf wurden im Oktober 2010 und im Februar 2011 an ausgewählten Standorten GPS-Einmessungen der Gräben durchgeführt (Sohlpunkte, Geländepunkte), die Lage der vermessenen Standorte ist aus Anlage 5.3 ersichtlich. Zum Zeitpunkt der Aufnahme waren die Gräben überwiegend verschlammt und zeigten nur eine sehr geringe Wasserführung.

Kößnach/Kößnachableiter

Die Kößnach entsteht im nördlich an das Modellgebiet angrenzenden orhydrografischen Einzugsgebiet im Bayerischen Wald und tritt bei Thalstetten in das Modellgebiet ein. Dort verschwenkt ihr Verlauf in südöstliche Richtung und folgt überwiegend der Terrassenkante. Von Thalstetten über Kößnach bis südöstlich von Sossau durchfließt die Kößnach das Modellgebiet über eine Länge von rd. 7 km, sie mündet bei Do-km 2320.7 in freier Vorflut in die Donau ein.

Bei Hochwasser in der Donau erfolgt ein Rückstau in die Kößnach. Die Kößnach, auch Kößnachableiter genannt, ist der Hauptvorfluter für das nördlich der Öberauer Schleife, zwischen Donau und Kößnach gelegene Binnenentwässerungssystem im Polder Kößnach.

Polder Kößnach

Der Polder Kößnach ist ein intensiv landwirtschaftlich genutztes Gebiet, die dort verlaufenden Gräben (Kalter Graben, Pichseeграben, Pittricher Rinne, etc.) entwässern alle über das Schöpfwerk Kößnach bei ca. Fluss-km 4 in die Kößnach. Die Grabensohlen sind abschnittsweise mit Kiesdrainagen (Kiesschlitzte, Kiesbohrungen) versehen, um eine Grundwasseraufnahme zu erleichtern. Von RMD lagen Bestandspläne vom August 2009 vor, diese beinhalten den Zustand von Anfang der 90er Jahre und die seinerzeitig geplanten Maßnahmen (= heutiger Bestand). Darüber hinaus wurden im Oktober 2010/Februar 2011 vom WWA Deggendorf an verschiedenen Grabensystemen ergänzende GPS-Vermessungen durchgeführt.

Bei der o.a. ökologischen Flutung in der Öberauer Schleife kommt es auch bei Neudau/Pittrich im Polder Kößnach zu Vernässungen, welche aus ökologischen Gründen gewünscht sind und im Planfeststellungsbeschluss „Stauhaltung Straubing“ so vorgesehen sind.

Polder Sossau

Die zwischen dem unteren Teil der Öberauer Schleife und der Donau gelegene Polderfläche Sossau wird ebenfalls überwiegend landwirtschaftlich genutzt, sie wird zudem von der Trasse der West-Umgehung der Stadt Straubing gekreuzt. Aus dem Bereich der *Langen Wiesen*, nahe der Staustufe Straubing, verläuft ein Graben, der über eine Rohrleitung DN 1000 unter der Kößnach hindurch in den Polder Hornstdorf geleitet wird. Der Grabenabschnitt bis zur Kößnach wurde im Rahmen der GPS-Vermessungen des WWA Deggendorf vom Oktober 2010 aufgenommen.

Polder Hornstdorf /Polder Reibersdorf

Im Modellgebiet östlich der Kößnach existiert in der Donauaue ein verzweigtes Grabensystem. Seitens RMD wurden für die innerhalb des Modellgebietes gelegenen Gräben Bestandspläne von 1997 mit Quer- und Längsschnitten zur Verfügung gestellt. Die zwischen Unterzeitldorn und Hornstdorf verlaufenden Gräben und die südlich von Parkstetten gelegenen Gräben entwässern bei mittleren Verhältnissen in freier Vorflut über das Schöpfwerk Hornstdorf bzw. das Schöpfwerk Reibersdorf in die Donau. Bei Hochwasserabflüssen in der Donau werden die in den Gräben anfallenden Wassermengen über die jeweiligen Schöpfwerke in die Donau gefördert.

Neben diesen Gewässern sind im Modellgebiet zahlreiche Baggerseen vor, die aus dem Kiesabbau im Donautal resultieren (siehe Anlage 5.3).

Austausch Oberflächengewässer / Grundwasser

Hinsichtlich der Gewässer interessiert der Wasserstand, die Gewässergeometrie (Sohlhöhe, Breite) und die Leckage-Faktoren (=Sohldurchlässigkeit/Sohlmächtigkeit). Zudem ist wichtig, ob das Gewässer über dem Grundwasser (Infiltration) oder im Grundwasser liegt (Infiltration und Exfiltration möglich). Darüber hinaus ist die Existenz von Maßnahmen zur Verbesserung der hydraulischen Anbindung an den Grundwasserleiter (Kiesdrainagen, Sickerschlitze) von Bedeutung. Für alle Gewässer müssen Ansätze für die modelltechnische Behandlung getroffen werden (Sohle, Breite, Wasserspiegel, Leckage-Faktoren). Liegen keine gemessenen Daten vor, müssen Analogieschlüsse vorgenommen und Parameter abgeschätzt werden.

Donau

Angaben zu den Sohlagen und der Breite der *Donau* werden aus Querprofilaufnahmen der Jahre 2007 bis 2009 übernommen, die vom WWA Deggendorf zur Verfügung gestellt wurden (s. Anlage 5.3). Für die Ermittlung des Wasserspiegels der Donau stehen im Unterwasser der Staustufe Straubing die Messungen am Pegel Straubing (Do-km 2.321,25) und im Oberwasser der Staustufe die Messwerte am Pegel Pondorf (Do-km 2340,63) zur Verfügung (s. Anlage 4.4). Der im Oberwasser auf der rechten Donauseite bei Obermotzing gelegene Donaupegel wurde nicht herangezogen, da die Messungen dort 1997 eingestellt wurden.

Aus den Aufzeichnungen am Pegel Pondorf lässt sich ab Juli 2004 ein Wasserspiegelniveau vor etwas über 320 mNN ablesen, dies entspricht auch weitgehend dem Normalstau von 320,0 mNN an der Staustufe Straubing. Der entsprechende Wasserstand wird am Schmalwandfenster bei Oberzeitldorn als Leckage-Randbedingung angesetzt. Für den weiteren Donauverlauf im Oberwasser der Staustufe Straubing werden die Donauwasserstände nicht berücksichtigt, da der Grundwasserbereich durch die bis in das Tertiär einbindenden Schmalwände gegenüber der Donau hydraulisch weitgehend abgesperrt ist. Sollten sich bei den Untersuchungen Hinweise auf nennenswerte Zusickerungsmengen durch die Schmalwände ergeben, so werden diese als linienhafter Zufluss entlang der Schmalwandachse angesetzt.

Im Unterwasser der Staustufe werden für die Kalibrierung des Grundwassermodells die aus den Messungen am Pegel Straubing abgeleiteten Wasserspiegellagen der Donau angesetzt. Für die Planungsberechnungen werden die Wasserspiegel der Donau aus den Ergebnissen der 2D-Wasserspiegellagen(WSP)-Berechnungen (hydro_as) übernommen, die im Auftrag des WWA Deggendorf durchgeführt werden. Hinsichtlich der Leckage-Faktoren lagen Angaben aus dem Grundwassermodell von RMD für den Donauausbau Straubing – Vilshofen vor. Für die Donau im Unterwasser der Staustufe Straubing wurde dort eine Modellparameter (FEFLOW-Transferrate) von $10.000 \cdot 10^{-4} \text{ 1/d}$ angesetzt, dies entspricht einem Leckage-Faktor von rd. $0,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}$. Dieser Ansatz ist in Anbetracht der sandig-kiesigen Gewässersohle plausibel und gibt weitgehend offene Verhältnisse wieder, die auch der Funktion der Donau als Vorfluter für das Grundwasser entsprechen. Der genannte Wert wird als Ausgangsverteilung übernommen.

Öberauer Schleife

Für die Öberauer Schleife liegen an 4 ausgewählten Querschnitten Querprofilaufnahmen vor. Die Wasserspiegellagen an der oberen und unteren Öberauer Schleife werden aus den Messwerten an den beiden Pegeln Oeber1 und Oeber2 abgeleitet (Anlage 4.4). Die gilt insbesondere auch für die jeweils im Frühjahr stattfindende ökologische Flutung. Aus den vorliegenden Messreihen wurde die Frühjahrsflutung 1998 als Anpassungsereignis für die instationäre Modellanpassung ausgewählt (Abbildung 3). Wesentliche Kriterien hierfür waren:

- Vor der Flutung werden stabile, d.h. nicht durch instationäre Einflüsse beeinflusste Grundwasserhältnisse angetroffen.
- Auch während der Flutung sind keine wesentlichen weiteren Einflüsse zu verzeichnen (z.B. instationäre Einflüsse aus Starkregenereignissen oder Hochwasserabflüssen in der Donau).
- Es liegen keine Einflüsse durch den Betrieb des Schöpfwerk Kößnach vor. Die geringen Wasserstandsänderungen am Pegel L 89 A, der an der Kößnach unmittelbar hinter dem Auslauf des Schöpfwerkes Kößnach liegt, weisen darauf hin, dass im Zeitraum der Frühjahrsflutung 1998 kein Rückstau von der Donau bis zum Schöpfwerk erfolgte.

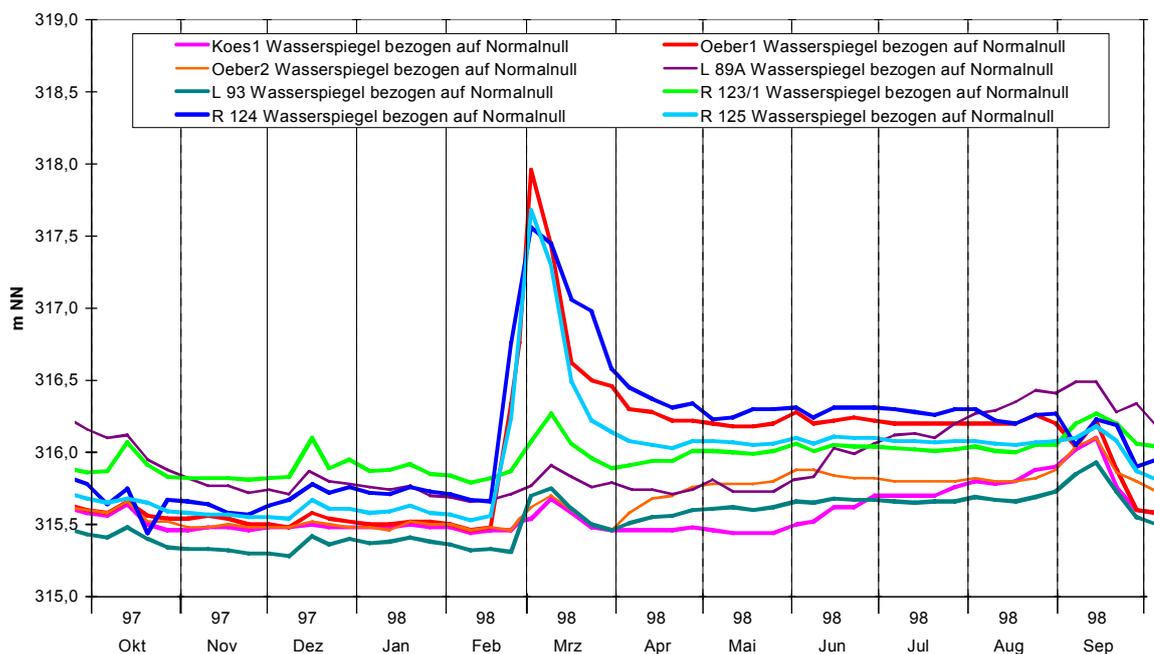


Abbildung 3: Pegel Öberauer Schleife und Grundwasserstandsmessungen bei Frühjahrsflutung 1998

Die starken Reaktionen im Grundwasserbereich weisen auf eine gute Anbindung der Öberauer Schleife an den Grundwasserbereich hin. Für die Sohle der beiden Schleifen wird ein Leckage-Faktor von $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt, der eine relativ offene Sohle abbildet.

Polder Öberau

Die dort vorhandenen Gräben wurden vom WWA Deggendorf im Oktober 2010 an ausgewählten Standorten eingemessen. Es wurden überwiegend trockene bis schlammige Sohlen festgestellt, teilweise war der Grabenverlauf verlandet und Durchlässe zum Teil verlegt. Diese Gräben werden als Drainage (Wasserspiegel = Sohle) mit einem Leckagefaktor von $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt.

Polder Kößnach

Die Grabensohle des Binnenentwässerungssystems wird aus den vorliegenden Bestandsplänen übernommen. In Anlage 5.4 sind die Längsschnitte ausgewählter Gräben dargestellt, mit eingetragen sind, soweit verfügbar, die mittleren Wasserstände (WWJ96/05) an den dort gelegenen Pegeln. Zwischen den Pegeln wird der Wasserspiegel linear interpoliert. Weiterhin mit eingetragen sind die aus den Bestandsplänen übernommene Wasserspiegellagen für Mittlere Verhältnisse (MQ) und der am Schöpfwerk Kößnach zulässige maximale Binnenwasserspiegel. Zudem gekennzeichnet sind die Grabenabschnitte, an denen über kiesgefüllte Sickerschlitze oder Kiesbohrungen eine Verbindung zwischen Grabensohle und Grundwasserbereich hergestellt wurde.

Zum Kalten Graben (Anlage 5.4.2) ist festzustellen, dass Abweichungen zwischen den an den Pegeln gemessenen und den in den Planungen für MQ ausgewiesenen Grabenwasserspiegeln vorliegen, dies gilt insbesondere für den in der Planung 1992 als „geräumt“ ausgewiesenen Grabenabschnitt. Vermutlich habe sich für diesen Grabenabschnitt doch wesentlichere Änderungen ergeben, die aus den Plänen nicht hervorgehen.

Die Auswertungen zu den Grundwasserstandsmessungen zeigen, dass den im Polder Kößnach gelegenen Gräben generell Vorflutwirkung für das Grundwasser zukommt (Anlage 4.5, Ziff. 3.1.3). Dies ist trotz der mehrere Meter mächtigen bindigen Deckschichten möglich, weil das Grabensystem abschnittsweise mit Kiesdrainagen (Kiesschlitze, Kiesbohrungen) an den Grundwasserbereich angeschlossen sind. Dementsprechend kann in diesen Abschnitten von einer offenen Grabensohle ausgegangen werden, es wird ein Leckage-Faktor von $5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt.

Polder Sossau

Für den vorliegenden Graben werden die Geometriedaten aus der Vermessung des WWA Deggendorf vom Oktober 2010 angesetzt. Da der Graben trocken angetroffen wurde wird er als Drainage (Wasserspiegel = Sohle) mit einem Leckagefaktor von $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt.

Kößnach

Die Geometrie der Kößnach (Sohle, Breite) wurde aus den seitens WWA Deggendorf im Juni 2010 von der Donaumündung bis auf Höhe des Schöpfwerkes Kößnach (ca. Kößnach-km 4) durchgeführten GPS-Querprofilaufnahmen übernommen. Für den weiteren Verlauf bis zur

Einmündung des Baggergrabens wurden ausgewählte Querprofile aus den 1990 durchgeführten 1D-WSP-Berechnungen (WSPWIN) herangezogen. Ab Fluss-km 6+234,5 verschwenkt die Kößnach nach Norden, außerhalb des Modellgebietes. Entlang der Terrassenkante setzt sich in westlicher Richtung ein Seitenzufluss zur Kößnach fort (Baggergraben), der mit in den Längsschnitt aufgenommen wurde. Die Sohlage wurde dort ebenfalls aus ausgewählten Querprofilen der 1D-WSP-Berechnungen übernommen.

Der insgesamt hieraus abgeleitete Sohlverlauf für Kößnach und Baggergraben ist aus dem Längsschnitt in Anlage 5.4.1 ersichtlich. Dort mit eingetragen ist der mittlere Wasserspiegel im Zeitraum WWJ 1995/2005 an den vorhandenen Gewässerpegeln. Zwischen den Pegeln werden die Wasserspiegellagen linear interpoliert.

An der Kößnach sind keine Abflussmessungen verfügbar, so dass eine abschnittsweise Bilanzierung von Zu- und Abflüssen und eine daraus resultierende Ableitung von Austauschmengen mit dem Grundwasserbereich nicht möglich ist. Auch Leckage-Faktoren lagen für diesen Modellbereich nicht vor.

In Abhängigkeit davon, ob die Kößnach in den Grundwasserleiter oder die Deckschichten einbindet, kann der Leckagefaktor abschnittsweise in einer Spannbreite zwischen $1 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ und $1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ variieren. Als Ausgangswert wird ein Leckage-Faktor von $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ angesetzt, der einer überwiegend offenen Sohle entspricht. Da der Grundwasserspiegel bei mittleren Verhältnissen nahezu im gesamten Modellgebiet höher als der Kößnach-Wasserspiegel liegt, ist grundsätzlich von einem Grundwasseraustritt in die Kößnach auszugehen.

Polder Hornstdorf /Polder Reibersdorf

Für das Teilgebiet östlich der Oberauer Schleife bis nach Steinach/Reibersdorf werden in Abstimmung mit dem WWA Deggendorf die Sohlagen der Gewässer auf Grundlage der dort seitens RMD erfassten Daten zum Grundwassermodell Straubing – Vilshofen übernommen. Die Leckage-Faktoren werden als Ausgangsverteilung entsprechend der Parameterverteilung im Modell von RMD angesetzt (Bandbreite $3 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ bis $5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$).

Darüber hinaus werden folgende Festlegungen getroffen:

- Für die stationäre und instationäre Modellanpassung werden die Wasserspiegel an den Oberflächengewässern aus den Wasserstandsmessungen der vorhandenen Pegeln abgeleitet (lineare Interpolation).
- An den sonstigen nicht durch Vermessungen erfassten Gräben wird ein vereinfachter Ansatz gewählt. Die Sohlage wird aus dem digitalen Höhenmodell abgeschätzt, der Wasserstand wird durchgängig einige Dezimeter über der Sohle angesetzt

3.1.4.4 Bauwerke

Im Modellgebiet existieren folgende für die Grundwasserverhältnisse bzw. den Austausch zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasserbereich relevante Bauwerke.

Schmalwände/Dichtwände

Schmalwand Rückstaudämme

Im Zuge des Staustufenbaus wurden die Stauhaltungsdämme im Oberwasser der Staustufe Straubing mit bis in das Tertiär einbinden Schmalwänden versehen. Hierdurch wird der Austausch zwischen der Donau und dem binnenseitigen Grundwasserbereich weitgehend unterbunden. Die alten Deiche der Öberauer Schleife besitzen keine Untergrundabdichtung. Im Bereich Oberzeitldorn wurde aus ökologischen Gründen auf einer Länge von ca. 900 m auf eine Untergrunddichtung im Stauhaltungsstamm verzichtet („Spundwandfenster von Oberzeitldorn“), dort ist ein Austausch zwischen der Donau und dem Grundwasserbereich möglich.

Dichtwand Sossau

Im Zusammenhang mit Hochwasserschutzmaßnahmen an der Kößnach wurde auf Höhe der Ortslage Sossach im linken Rückstaudamm der Kößnach 1985 eine Dichtwand als Stahlspundwand errichtet. Diese bindet ab Deichoberkante 7,1 m tief in den Untergrund ein (bis Niveau ca. 312 mNN). Der Grundwasserleiter wird hierdurch nicht vollständig abgesperrt. Bezogen auf den langzeitigen mittleren Grundwasserspiegel wird der Grundwasserleiter über eine Höhe von ca. 3 m bis 3,5 m abgesperrt. Zwischen Spundwandunterkante und Basis des quartären Grundwasserleiters verbleibt eine freie Querschnittshöhe von mehr als 4 m. In Anbetracht der hochdurchlässigen Kiese im quartären Grundwasserleiter ist davon auszugehen, dass die Grundwasserströmung unter mittleren Bedingungen hierdurch nicht nennenswert beeinflusst wird, zumal die Dichtwand auch parallel zur Strömungsrichtung des Grundwassers verläuft. Auch unter Hochwasserbedingungen in der Donau, mit einem donauseitigen Grundwasseranstieg, ist nicht von wesentlichen Auswirkungen auf die Grundwasserströmung auszugehen. Die Dichtwand wird daher im Grundwassermodell nicht berücksichtigt.

Bei hohen Grundwasserständen (Hochwasserverhältnisse, Betrieb Polder Öberau) hat die Dichtwand evt. eine geringe abschirmende Wirkung für den Grundwasserbereich auf Höhe der dahinter liegenden Ortschaft Sossau. Durch die Vernachlässigung der Dichtwand liegen die ermittelten Auswirkungen somit tendenziell auf der ungünstigeren und damit sicheren Seite der Betrachtung.

Schöpfwerke

Im Modellgebiet und im angrenzenden Bereich existieren 4 Schöpfwerke, eine Übersicht über wesentliche Stammdaten gibt Tabelle 7. Das Schöpfwerk Öberau ist aktuell nicht mehr funktionsfähig und wird nicht mehr betrieben.

Tabelle 7: Schöpfwerke (Quelle: Pumpwerkdatenblätter Stand 12/2005)

Schöpfwerk	Baujahr	Anzahl Pumpen	Förderleistung gesamt [l/s]	Wasserspiegel HW100	Polder Fläche [km ²]	Zulässiger Binnenwasserspiegel [mNN]
Kößnach	1942	2	400 – 2.200	319,88	8,33	316,50
Öberau	1943	2	450 – 2.450	319,70	4,10	316,35
Hornstdorf	1941	2	950 – 3.800	319,70	5,60	315,10
Reibersdorf	1943	2	800 – 2.436	319,20	4,94	313,69

Aus den für 2 Schöpfwerke vorliegenden Schöpfwerksberichten (Januar 2005 – August 2010) geht hervor, dass die Schöpfwerke unterschiedlich häufig in Betrieb sind:

- Schöpfwerk Kößnach: in vielen Monaten kein Betrieb, wenn in Betrieb, dann überwiegend nur einige wenige Tage im Monat
- Schöpfwerk Hornstdorf: in vielen Monaten nur einige wenige Tage im Monat im Betrieb

Die Inbetriebnahme beider Schöpfwerke im März/April 2006 weist auf ein länger anhaltendes Donauhochwasser hin, während der Betrieb des Schöpfwerk Kößnach im September 2007 auf einen Hochwasserabfluss in der Kößnach schließen lässt.

Eine Auswertung der an den Schöpfwerken vorliegenden Angaben führte nicht zu schlüssigen Fördermengen. Nach Auskunft WWA Deggendorf werden im Rahmen eines Forschungsauftrages an der Bundeswehruniversität München Untersuchungen zur Schöpfwerksdimensionierung an den o.a. Schöpfwerken durchgeführt. Auch hierbei ist es nach derzeitigem Kenntnisstand nicht gelungen sichere Aussagen über die tatsächlichen Pumpmengen zu erhalten.

Darüber hinaus liegen für den vorgesehenen Anpassungszustand der stationären Modelkalibrierung (Mittel WWJ 96/05) keine Schöpfwerksberichte vor. Eine direkte Plausibilitätskontrolle der mit dem Grundwassermodell ermittelten Aussickerungsmengen ist somit nicht möglich. Eine indirekte Plausibilitätskontrolle erfolgt anhand der maximalen Förderleistung der Schöpfwerke und der Grabengeometrie (maximal mögliche Abflussleistung). Ggf. werden die Grabenwasserspiegel in den als Drainage angesetzten Gräben angepasst, eine Obergrenze bildet hierbei der zulässige Binnenwasserspiegel an den Schöpfwerken (Tabelle 7).

Siele

Das Siele Pichseeegraben liegt im linken Seitendamm der Donau bei Do-km 2337,20 (Anlage 5.3). Es dient der Abführung der Wassermenge aus dem Donauvorland, hierzu wurde der Pichseeegraben zwischen Do-km 2336,20 bis 2339,9 ausgebaut. Die Wassermengen ergeben sich aus dem Uferfiltrat der Donau, das durch den auf dem Donauvorland verlaufenden Wehrgraben und das daran angeschlossene Altwasser Oberzeitldorn (ca. Do-km 2337,20 bis 2339,3) im Vorland aufgenommen und über das Siele Pichseeegraben in den Polder Kößnach und weiter zur Kößnach abgeleitet wird.

Der Abfluss aus dem Vorland wird über einen Regulierring im Regulierungsbauwerk am Siele Pichseeegraben gesteuert (Handbedienung). Über das Siele wird der Mittelwasserstand im Vorland Oberzeitldorn auf 317,3 mNN gehalten. Bei Donauwasserständen über HNN, entsprechend einem Donauwasserstand von 5,1 m = 316,55 mNN am Pegel Straubing ($Q = 1.340 \text{ m}^3/\text{s}$) wird das Vorland überflutet und das Siele geschlossen. Nach abgelaufenem Hochwasser wird das Vorland über das Siele zur Kößnach entleert.

Voraussetzung für eine Entleerung des Siels ist, dass der Wasserstand am Schöpfwerk Kößnach (Lattenpegel P5) < 316,5 MNN ist. Während der Entleerung darf der Wasserstand am Pegel P4 Brücke Saugrube (= L88A) den Wert von 316,80 mNN nicht übersteigen.

Der Betrieb des Siele Pichseeegraben ist für die Modelluntersuchungen von untergeordneter Bedeutung, die Wasserstandsänderungen am Pichseeegraben werden durch die dort vorliegenden Gewässerpegel erfasst und entsprechend im Grundwassermodell berücksichtigt. Das Siele Neudaugraben ist nach Angaben WWA Deggendorf das ganze Jahr geschlossen und daher auch nicht relevant.

3.1.4.5 Grundwasserentnahmen

Innerhalb des Modellgebietes sind gemäß den vorliegenden Angaben 23 Beregnungsbrunnen und 2 Brauchwasserbrunnen bekannt (Lage siehe Anlage 5.5). Zehn weitere Beregnungsbrunnen werden als geplant/unbekannt angegeben. Die bewilligten Entnahmen bewegen sich überwiegend in einer Größenordnung von $500 \text{ m}^3/\text{a}$ bis rd. $8.000 \text{ m}^3/\text{a}$. Auf die Beregnungsbrunnen entfällt eine genehmigte Entnahme von insgesamt rd. $42.400 \text{ m}^3/\text{a}$, auf die Brauchwasserbrunnen entfallen $12.200 \text{ m}^3/\text{a}$, in der Summe ergeben sich somit rd. $55.000 \text{ m}^3/\text{a}$ ($1,74 \text{ l/s}$). Für geplante bzw. lagemäßig unbekannte Brunnen werden insgesamt rd. $9.000 \text{ m}^3/\text{a}$ angegeben.

Die tatsächlichen Entnahmen der Brunnen sind nicht bekannt. Bei den Beregnungsbrunnen ist von einem saisonalen Betrieb zwischen April/Mai und September/Oktober auszugehen. Aufgrund der überwiegend sehr geringen Entnahmen werden diese im Modell vorläufig nicht berücksichtigt. Bei instationären Untersuchungen, welche in die Vegetationsperiode fallen, wer-

den die Beregnungsbrunnen mit einer auf den Vegetationszeitraum umgerechneten Jahresentnahme angesetzt.

Der Zweckverband zur Wasserversorgung (ZVWV) der Buchberggruppe betreibt außerhalb des Modellgebietes, am nördlichen Talrand bei Münster zwei Brunnen (Brunnen 2 und 3) zur öffentlichen Trinkwasserversorgung. Die mittlere Jahresentnahme im Zeitraum 1991/2009 lag bei rd. 550.000 m³. Die Brunnen der Gewinnung sind mit Bohrtiefen von bis zu rd. 110 m, im Weißjura (Malm), Braunjura (Eisensandstein) und Dogger verfiltert und gegenüber dem quartären Grundwasserleiter abgesperrt. Auswirkungen auf den quartären Grundwasserleiter sind daher nicht zu erwarten.

3.1.4.6 Grundwasseraustausch mit dem tertiären Grundwasserleiter

Der mögliche Mengenaustausch mit dem Tertiär (Zu-/Abstrom) wird aufgrund der im Bereich des Modellgebietes geringen Durchlässigkeit des Tertiärs vernachlässigt.

3.1.4.7 Grundwasserbilanz

Eine Grundwasserbilanz für den Modellraum kann 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).

Tabelle 8: Vorläufige Grundwasserbilanz

Bilanzterm Zustrom	Menge	Bilanzterm Abstrom	Menge
Grundwasserneubildung	121 l/s	Grundwasserentnahme	ca. 0 l/s
Randzustrom Nord: orohydrografisches Einzugsgebiet	77 l/s		
Randzustrom Süd im Quartär: Schmalwandfenster	15 l/s		
Infiltration Gewässer (evt. Kößnachableiter)	X l/s	Exfiltration Gewässer (Donau, Binnenentwässerung, usw.)	213 + X l/s
Summe Zustrom	213 + X l/s	Summe Abstrom	213 + X l/s

3.1.5 Randbedingungen

Für den Modellraum lassen sich folgende innere und äußere Randbedingungen festlegen:

- Zustrom-Randbedingung am nördlichen Rand (Zustrom aus orohydrografischem Einzugsgebiet)
- Trennstromlinie am westlichen Modellrand (kein Zustrom).
- Dichter Rand am südlichen Modellrand, im Oberwasser der Staustufe Straubing, entlang der Schmalwände in den Rückstaudämmen (kein Zustrom). Sofern sich im Rahmen der Bearbeitung doch Hinweise auf nennenswerte Zusickerungsmengen ergeben sollten, wird entlang der Schmalrandtrasse eine Zuflussrandbedingung definiert.
- Gewässerrandbedingung am südlichen Modellrand auf Höhe des Schmalwandfensters bei Oberzeitldorn (Donau).
- Gewässerrandbedingung am südlichen Modellrand im Unterwasser der Staustufe Straubing (Donau).
- Trennstromlinie am östlichen Modellrand (kein Zustrom).
- Grundwasserneubildung als flächenhafter Zufluss
- Austausch Oberflächengewässer/Grundwasser über Leckage-Randbedingung (Donau, Nebengewässer, Binnenentwässerungssystem).
- Grundwasserentnahmen werden aufgrund der geringen Entnahmemengen nicht berücksichtigt

3.2 Vorgaben für das numerische stationäre Grundwassermodell

- Einschichtiges Grundwassermodell, das den GWL Quartär umfasst.
- Modellunterkante bildet die Basis des GWL Quartär.
- Die Grundwasserleiteroberkante (Modelloberkante) wird im Modellgebiet durch die Unter- kante der Deckschichten gebildet.
- Geohydraulische Kennwerte: Im östlichen Modellgebiet werden die Modellwerte von RMD übernommen ($5,6 \cdot 10^{-4}$ bis $1,7 \cdot 10^{-3}$ m/s). Für das westliche Modellgebiet wird im Bereich der Donauaue ein k_f -Wert von $1,5 \cdot 10^{-3}$ m/s und im Bereich der Niederterrasse ein k_f -Wert von $2,0 \cdot 10^{-4}$ m/s angesetzt. Im Übergangsbereich zum RMD-Datensatz wird eine plausible Anpassung vorgenommen.
- Definition der Randbedingungen:
 - Ansatz der Grundwasserneubildung als differenzierter flächenhafter Zufluss.
 - Donau als Leckage-Randbedingung: Der mittlere Wasserstand wird aus den Pegeldaten Straubing auf die Modellknoten interpoliert. Sohlage und Gewässerbreite aus Vermessungsdaten. Leckage-Faktor: $0,6 \cdot 10^{-5} 1/s$ entsprechend RMD-Modell.
 - Kößnach/Kößnachableiter: Sohlage und Gewässerbreite bis Schöpfwerk Kößnach aus Vermessungsdaten, im weiteren Verlauf anhand Pegelwasserständen abgeschätzt. Wasserstände aus Interpolation Pegelwasserstände. Leckagefaktor $1 \cdot 10^{-5} 1/s$.

- Binnenentwässerung Polder Kößnach als Leakage-Randbedingung: Sohlage und Gewässerbreite aus Vermessungsdaten. Wasserstände aus Interpolation Pegelwasserstände. Leakage-Faktor $1 \cdot 10^{-5} 1/s$, in Grabenabschnitten mit Kiesbohrungen $5 \cdot 10^{-5} 1/s$.
- Baggerseen als See-Randbedingung. Gewässersohle aus Quartärbasis.
- Randzustrom über den nördlichen Quartärrand (77 l/s).
- No-Flow-Randbedingung:
 - entlang der südlichen Modellgrenze im Oberwasser der Staustufe Straubing, mit Ausnahme des Schmalwandfensters bei Oberzeitldorn.
 - am westlichen und östlichen Modellrand
- Kein Zufluss über die Modellbasis.
- Nennenswerte Grundwasserentnahmen erfolgen derzeit nicht.

Für die stationäre Anpassung werden die Mittelwerte im Zeitraum November 1995/Oktober 2005 (WWJ 96/05) bzw. der Grundwassergleichenplan in Anlage 4.5 verwendet.

3.3 Vorgaben für das numerische instationäre Grundwassermodell

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

- Als Ausgangsgrundwasserstand für die Modellrechnung wird der stationäre Rechenfall Mittel 1995/2005 (WWJ96/05) verwendet. Sollte die Ausgangssituation vor dem betrachteten instationären Ereignis nicht mittleren Verhältnissen entsprechen, erfolgt eine grobe stationäre Vergleichsanpassung unter Berücksichtigung der entsprechenden Randbedingungen (Anpassung Donauwasserstände, Wasserstände Binnenentwässerung, Niederschlag) zur Ermittlung einer geeigneten Ausgangsverteilung.
- Die instationäre Kalibrierung wird für die Frühjahrsflutung 1998 in der Öberauer Schleife durchgeführt.
- Die Zeitschrittunterteilung ist variabel und richtet sich nach der zeitlichen Auflösung der gemessenen Wasserstandsänderungen in der Öberauer Schleife im Anpassungszeitraum.
- Donau mit zeitlich veränderlichem Wasserstand. Der Wasserstand wird anhand der Pegel-daten Straubing ermittelt.
- Kößnach und Binnenentwässerungssystem im Polder Kößnach mit zeitlich veränderlichem Wasserstand entsprechend den Pegelaufzeichnungen.
- Grundwasserzustrom von Norden vorläufig zeitlich konstant.
- Vorgabe der Deckschichtunterkante im Modellgebiet als Grundlage für den Wechsel von freien zu teilgespannten Verhältnissen.
- Vorgabe des Leakage-Faktors der Deckschicht im Modellgebiet ($k_f = 1 \cdot 10^{-7} m/s$).
- Vorgabe der Geländeoberkante im Modellgebiet.

- Speicherkoeffizient für freie Grundwasserverhältnisse: 20 %
- Speicherkoeffizient für (teil)gespannte Grundwasserverhältnisse: 0,5 %
- Soweit im Rahmen der Untersuchung erforderlich, wird die zeitliche Änderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die betrachteten instationären Zeiträume unter Verwendung der verfügbaren Klimadaten berechnet. Die Berechnung erfolgte räumlich differenziert unter Berücksichtigung klimatischer Größen und der Landnutzung. Die zeitliche Diskretisierung erfolgt angepasst am betrachteten instationären Ereignis (Tages-schritte, Wochenschritte).
- Sofern instationäre Berechnungen auf Vegetationsperioden fallen (April – September) werden die Beregnungsentnahmen entsprechend den vorliegenden Angaben zu den genehmigten Fördermengen angesetzt. Eine Plausibilitätskontrolle erfolgt anhand der ermittelten Ackerflächen und der Höhe des jahreszeitlich variierenden Beregnungsbedarfes.
- Die Verifizierung der Austauschmengen zwischen dem Grundwasserbereich und dem Binnenentwässerungssystem kann ggf. durch eine gekoppelte Grabenhydraulik erfolgen. Über das weitere diesbezügliche Vorgehen wird nach Vorliegen der ersten Ergebnisse der instationären Modellanpassung in Abstimmung mit WWA Deggendorf entschieden.

4 Empfehlungen

Die Datenlage kann entsprechend der Bewertung unter Ziff. 2.2 insgesamt als ausreichend bezeichnet werden. Zur Absicherung der Prognosen und als Grundlage für die Detailplanung (Planfeststellungsverfahren) wird empfohlen die vorliegenden Datendefizite durch folgende zusätzliche Maßnahmen und Erkundungen zu schließen:

- Einrichtung eines „Sondermessnetzes Oberauer Schleife“, umfassend die
 - Reaktivierung des Messnetzes im Bereich westlich der Kößnach (d.h. Überprüfung von Existenz und Zustand, Funktionsprüfung, Kamerabefahrung). Die Niederbringung neuer Grundwassermessstellen wird zum derzeitigen Zeitpunkt für nicht erforderlich gehalten, ggf. ist in Abhängigkeit vom Ergebnis der Reaktivierung die Errichtung von Ersatzmessstellen für nicht mehr auffindbare oder nicht mehr funktionsfähige Messstellen erforderlich.
 - Einbeziehung ausgewählter Grundwassermessstellen östlich der Kößnach die derzeit bereits von RMD beobachtet werden.
 - Einrichtung von neuen Abstichpegeln: im unmittelbaren Zulauf zum Schöpfwerk Kößnach und am Zusammenfluss von Kößnach und Baggergraben.
 - Durchführung von Pumpversuchen zur Ermittlung von Untergrundkennwerten an ausgewählten bestehenden Grundwassermessstellen und ggf. neu zu errichtenden Messstellen.
 - Ausstattung des gesamten Sondermessnetzes mit digitalen Datensammlern (Datenlogger).
 - Aktualisierte Einmessung des gesamten Messnetzes im Modellgebiet (Lagekoordinaten, Bezugshöhen: Geländeoberkante, Messpunkthöhe)
- Überprüfung der Aufzeichnung von Stromzähler/Betriebszähler an den Schöpfwerken Kößnach und Hornsdorf, ggf. Installation neuer Messeinrichtungen.
- Überprüfung der aktuellen Grabengeometrie am Kalten Graben im Abschnitt zwischen der Einmündung in die Pittricher Rinne und der Einmündung des Perlbachgraben durch eine Nachvermessung (ca. 3 km).

Sachbearbeiter:
Dipl.-Ing. D. Knötschke

Augsburg, im Februar 2011
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

Dr. -Ing. C. Schöpfer