

Äußere Randbedingungen

Die lateralen Grenzen des Modellgebietes sind durch die Zielstellung der Arbeit grob umrissen. Die genaue Festlegung erfolgte nach hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten unter Beachtung der Anforderungen von FEFLOW (Abb. 4.4-02).

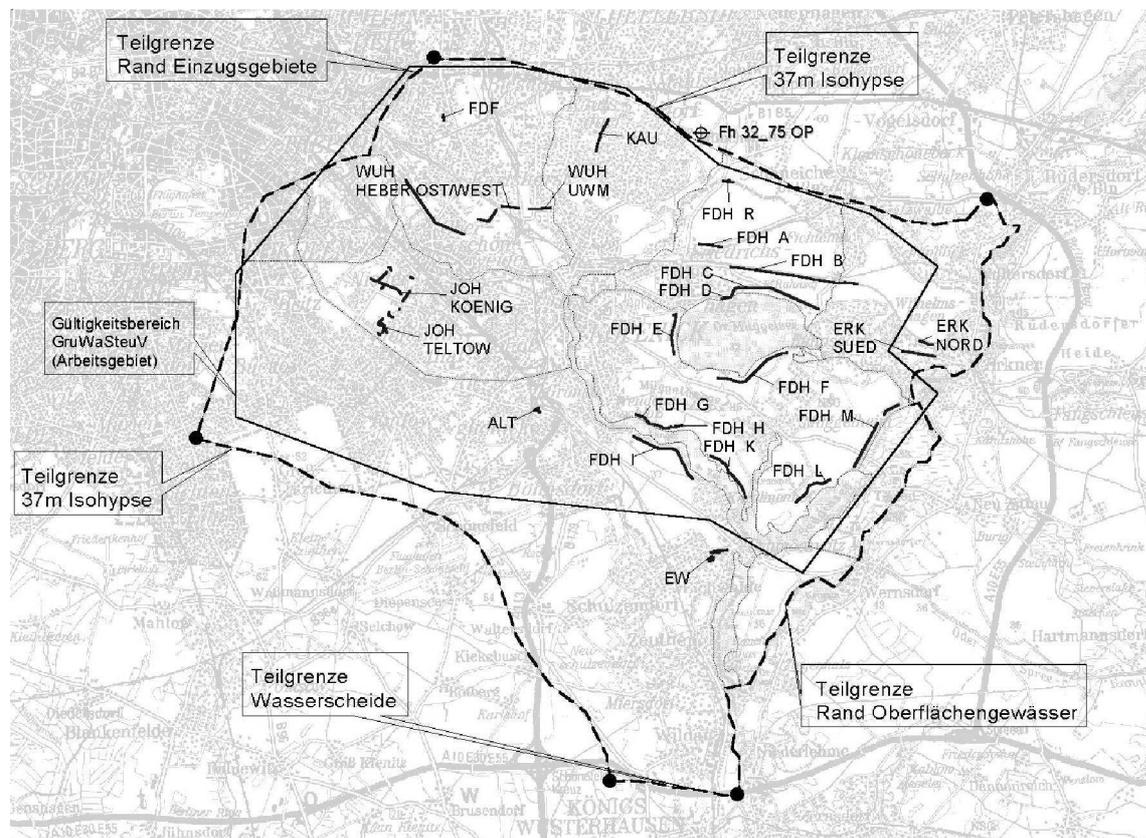


Abbildung 4.4-02 : Begrenzung des Modellgebietes mit Herleitung der Teilgrenzen und Lage der Brunnengalerien. Die Kurzbezeichnungen der Wasserwerke (WW) werden auch so im Text verwendet.

ALT	WW Altglienicke
ERK NORD	WW Erkner, Nordgalerie
ERK SUED	WW Erkner, Südgalerie
EW	WW Eichwalde
FDF	WW Friedrichsfelde
FDH A,....,M	WW Friedrichshagen, Galerien A bis M
JOH KOENIG	WW Johannisthal, Galerie Königsheide
JOH TELTOW	WW Johannisthal, Galerie Teltowkanal
KAU	WW Kaulsdorf
WUH HEBER OST/WEST	WW Wuhlheide, Hebergalerie Ost und West
WUH UWM	WW Wuhlheide, Galerie UWM

In erster Überlegung konnte das Modellgebiet durch die Umgrenzung der Einzugsgebiete aller beteiligter Wasserwerke festgelegt werden. Dies erwies sich in vielerlei Hinsicht nicht realisierbar. So sind für die ausgedehnten Einzugsgebiete im Bereich der Barnim- und Teltowhochflächen weder genügend Daten für ein hydrogeologisches Modell noch ausreichend Grundwassermeßstellen für eine Modellkalibrierung vorhanden. Zudem liegen in diesen Bereichen gespannte Verhältnisse im Hauptgrundwasserleiter vor. Diese mit den ungespannten Verhältnissen im Urstromtal innerhalb eines Grundwasserleiters zu verknüpfen ließ sich mit

FEFLOW nicht realisieren. Daher wurde hier eine andere Lösung gefunden. Die Wasserwerke mit ihren Brunnen und damit auch die Bereiche der direkten Beeinflussung des Grundwasserleiters durch die Entnahmen liegen im Urstromtal. Das Modellgebiet kann daher im wesentlichen auf diese aktiven Bereiche beschränkt bleiben. Somit können die Einzugsgebiete im Anstrom an einer GW-Isohypse begrenzt werden, die sich über einen längeren Zeitraum stabil gegenüber Änderungen in der GW-Entnahme (Förderregime) erwies. Dies sind für den nördlichen und südwestlichen Zustrom jeweils die 37 mNN Isohypsen mit einer Länge von je ca. 18 km. Die Lage wurde anhand der hydrogeologischen Karten im Umweltatlas (SENSTADTUM 1997), der HK50 (VOIGT 1987A) und der HYK50 (LGRB 1998/99) konstruiert. Zudem entspricht die Höhe annähernd dem Mittelwert an der Meßstelle Fh 32/75OP (Abb. 4.4-02) im Zeitraum 1985-2000 (vgl. Anlage A). Die Teile der Einzugsgebiete nördlich bzw. südwestlich dieser Isohypsen liefern somit für die Modellbilanz einen von der Förderung weitestgehend unbeeinflussten Zustrom in das Urstromtal. Im Modell wird dies durch Verwendung der Randbedingung 1. Art realisiert (Abb. 4.4-03).

Die östliche Modellgrenze wird entlang der Oberflächengewässer des Stienitz,- Kalk,- Flaken,- Dämeritz,- Wernsdorfer,- und Krossinsee sowie dem Großen Zug auf einer Länge von ca. 24 km festgelegt. Die Gewässer bilden dort die natürliche Vorflut und auf Grund der Stauhaltung kann von einem konstanten Wasserspiegel ausgegangen werden. Dadurch kann diese Grenze auch durch die Randbedingung 1. Art abgebildet werden. Die verwendeten Wasserspiegelhöhen zwischen 32,4 und 34,8 mNN zeigt Abbildung 4.4-03. Hinsichtlich der Modellierung hat diese Grenze keinen entscheidenden Einfluß, da sie parallel zur Haupt-GW-Fließrichtung und außerhalb der Einzugsgebiete der Wasserwerke liegt.

Als westliche Grenze werden die Ränder entlang der Einzugsgebiete der Wasserwerke Wuhlheide und Johannisthal genutzt. Die Karte der BWB (1996) zeigt sie in einer Darstellung, der eine hohe Förderrate zugrunde liegt, womit das größtmögliche Einzugsgebiet abgebildet wurde. Die Grenze bildet über eine Länge von ca. 15 km somit eine künstliche Grundwasserscheide. Eine natürliche Grundwasserscheide von ca. 4 km Länge wird als Südgrenze genutzt. Diese Situation wird im Modell unter Verwendung des Sonderfalles „no flow“ der Randbedingung 2. Art realisiert (Abb. 4.4-03).

Lediglich im Nordosten mußte ein ca. 1,5 km langes Verbindungsstück ohne hydrogeologischen Ursprung eingefügt werden, um das Modellgebiet vollständig zu umschließen.

Innere Randbedingungen

Um die Kopplung von Grund- und Oberflächenwasser innerhalb des Modellgebietes zu simulieren kommt die Randbedingung 3. Art zur Anwendung. Die dazu notwendige Festlegung der Gewässergrenzen wird erleichtert, da die Wasserstände durch Stauhaltung relativ konstant sind (Abb. 4.4-03). Welche Sohlbereiche in welcher Höhe für den Austausch wirksam werden und wie die Umsetzung im Modell erfolgt, wird im Rahmen der Kalibrierung (Kap. 4.5) erläutert.

FEFLOW realisiert die Entnahme durch Brunnen mittels der sogenannten Randbedingung 4. Art (Abb. 4.4-03). Ein Einzelbrunnen kann jeweils auf einem Netzknoten abgebildet werden. Da die jeweilige Förderung einer Brunnengalerie über deren Gesamtlänge und Brunnenzahl gemittelt wurde, konnte zur Vereinfachung die Fördermenge mehrerer Brunnen auf einen Netzknoten projiziert werden (Anlage B). Dabei wurden die Brunnen zusammengefaßt, deren Filterstrecken (Tab. 4.4-01) nebeneinander und in ähnlicher Teufe liegen. Die Randbedingung wirkt nur an den

Modell-GWL, in deren Tiefe die Brunnen verfiltert sind. Damit wird die vertikale Strömungskomponente im Modell realisiert.

Als Förderraten werden Angaben der Wasserwerke Eichwalde, Erkner und der BWB zu ihren monatlichen Fördermengen der einzelnen Brunnengalerien verwendet. Für die stationäre Simulation kommt in FEFLOW die für den jeweiligen Monat gemittelte Tagesförderung [m³/d] (Tab. 4.5-04) zum Einsatz. Die Abbildung 4.4-02 zeigt Lage und im Text verwendete Bezeichnungen der einzelnen Brunnengalerien.

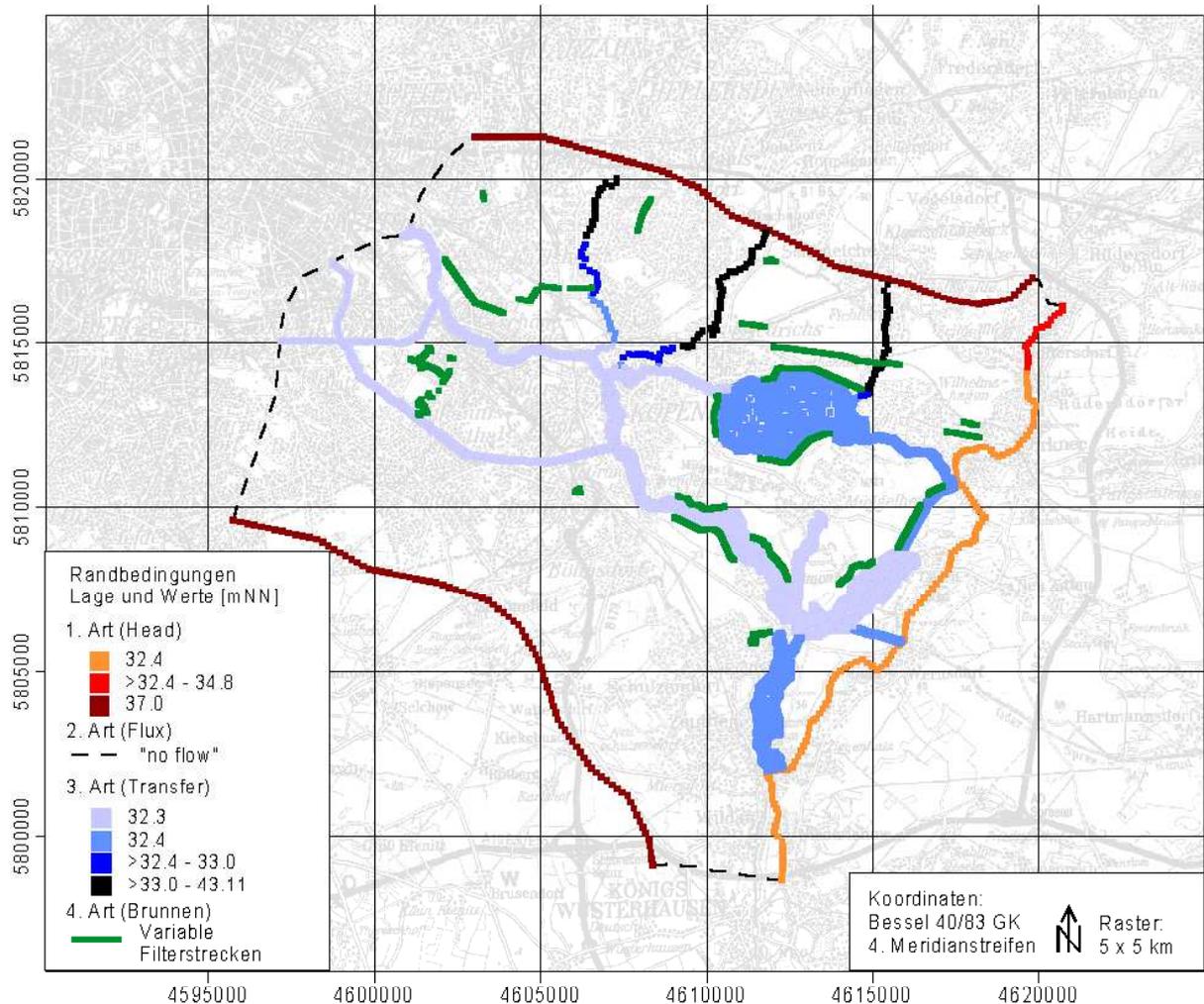


Abbildung 4.4-03 : Verteilung, Art und Höhe der äußeren und inneren Randbedingungen

Anfangsbedingungen

Nach ABBOTT, M.B., REFSGAARD, K.C. (1996) sollte die Ermittlung der Anfangsbedingungen möglichst über Grundwassermeßnetze mit regelmäßiger Aufzeichnung der Grundwasserstände erfolgen. Aufgrund der vorliegenden Modellgröße und der über diese Fläche unregelmäßig verteilten Meßstellen mit einer Häufung entlang der Brunnengalerien konnte aus den Meßdaten kein Anfangszustand interpoliert werden. Daher wurden als Anfangsbedingungen in erster Näherung Grundwasserstände aus einem gerechneten stationären Modell verwendet. Im Rahmen der Kalibrierung erfolgte eine Plausibilitätsprüfung an Hand von GW-Isolinienplänen und den Meßwerten von Stichtagsmessungen.

Tabelle 4.4-01: Die Filterstrecken der Wasserwerksbrunnen (BWB, 2001) können bis auf zwei Ausnahmen dem Hauptgrundwasserleiter (HGWL) zugeordnet werden. Brunnen in der Nähe zu Fehlstellen im liegenden bindigen Holstein Interglazial (iHol) können hydraulische Verbindungen zum tieferen GWL verstärken. Diese Bereiche werden im Verlauf der Kalibrierung berücksichtigt.

Wasserwerk/ Brunnengalerie	Filterstrecken Lage im HGWL [mNN]		Bemerkungen/Ausnahmen
	Minimum	Maximum	
Friedrichshagen A	-1	+11	
Friedrichshagen B	-6	+18	Brunnen mit Filterstrecke -46/-33 im Modell inaktiv
Friedrichshagen C	-6	+14	
Friedrichshagen D	-10	+15	
Friedrichshagen E	-7	+19	
Friedrichshagen F	-8	+25	Lage der Brunnen tw. oberhalb iHol Fehlstelle
Friedrichshagen G	+10	+20	
Friedrichshagen H	+12	+23	
Friedrichshagen I	-2	+21	Brunnen mit Filterstrecke -26/-20 im Modell inaktiv; Lage der Brunnen tw. oberhalb iHol Fehlstelle
Friedrichshagen K	+10	+21	Lage der Brunnen oberhalb iHol Fehlstelle
Friedrichshagen L	-10	+21	
Friedrichshagen M	+3	+23	
Friedrichshagen R	-10	+28	
Wuhlheide West	-4	+19	Brunnen oberhalb iHol Fehlstelle außer Betrieb
Wuhlheide Ost	-6	+16	
Kaulsdorf	-23	+18	
Johannisthal Alte Königsheide	0	+15	Lage der Brunnen im Grenzbereich zu iHol Fehlstelle
Johannisthal Neue Königsheide	-4	+21	Lage der Brunnen oberhalb iHol Fehlstelle
Johannisthal Am Teltowkanal	+1	+20	Lage der Brunnen oberhalb iHol Fehlstelle
Eichwalde	k.A.	k.A.	über iHol verfiltert (Grundwasserstockwerk I+II)
Erkner Nord	+3	+22	östliche Brunnen im Grenzbereich zu iHol Fehlstelle
Erkner Süd	-8	+15	östliche Brunnen im Grenzbereich zu iHol Fehlstelle
Altglienicke	k.A.	k.A.	Brunnen im Grenzbereich zu iHol Fehlstelle
Friedrichsfelde	ca. 0	ca.+10	Lage der Filterstrecken geschätzt und über iHol angenommen

4.4.2 Modellparameter und Quell-/Senkenterme

Die für die stationäre und instationäre GW-Simulation wichtigen Parameter sind die hydraulischen Durchlässigkeiten (kf-Werte) und die Speicherkoeffizienten der Lockergesteine. Da im gesamten Modellgebiet ungespannte Verhältnisse angenommen werden, entspricht der Speicherkoeffizient der effektiven Porosität (BEAR, J. 1979). Die kf-Werte und deren dreidimensionale Verteilung über die Modellgrundwasserleiter wurden aus dem hydrogeologischen Modell abgeleitet. Für die Porositäten wurde modellweit ein Mittelwert von 0,2 angenommen.

Quell- und Senkenterme sind die zeitabhängigen (und ortsvariablen) Förderraten (GW-Entnahmen) der Wasserwerke, die zeit- und flächenvariablen GW-Neubildungsraten und die weitestgehend von den Förderraten abhängigen hydraulischen Austauschprozesse an der Modellbasis (Basis-Leckage).

Die GW-Entnahme wird in FEFLOW über die RB 4. Art realisiert (s.o.).

Für die Verteilung der Grundwasserneubildung (Quellterm) wurde die „Karte der Versickerung aus Niederschlägen“ der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin (SENSTADTUM 1997) recherchiert. Die Versickerungsanteile liegen in einer flächenbezogenen Darstellung in hoher Genauigkeit vor. Da diese Karte aber an der berliner Stadtgrenze endet, war sie für die Bearbeitung nicht geeignet. Daher wird die Grundwasserneubildung als 30-Jahre-Mittel aus einer Karte der Arbeit der HYDROGEOLOGIE GMBH (1992/93) übernommen. Die Werte liegen in der Karte flächenhaft verteilt, als Raster in Quadratnetzstruktur, mit einer Kantenlänge von 2 km für das gesamte Bearbeitungsgebiet vor. Die Rastermittelpunkte wurden in FEFLOW eingelesen und über die Modelloberfläche interpoliert (Abb. 4.4-04). Über der Seenfläche von Zeuthener,- Seddin,- Langer- und Müggelsee sowie der Großen Krampe, mit einer Gesamtfläche von ca. 17 km², wird im Modell keine GW-Neubildung wirksam.

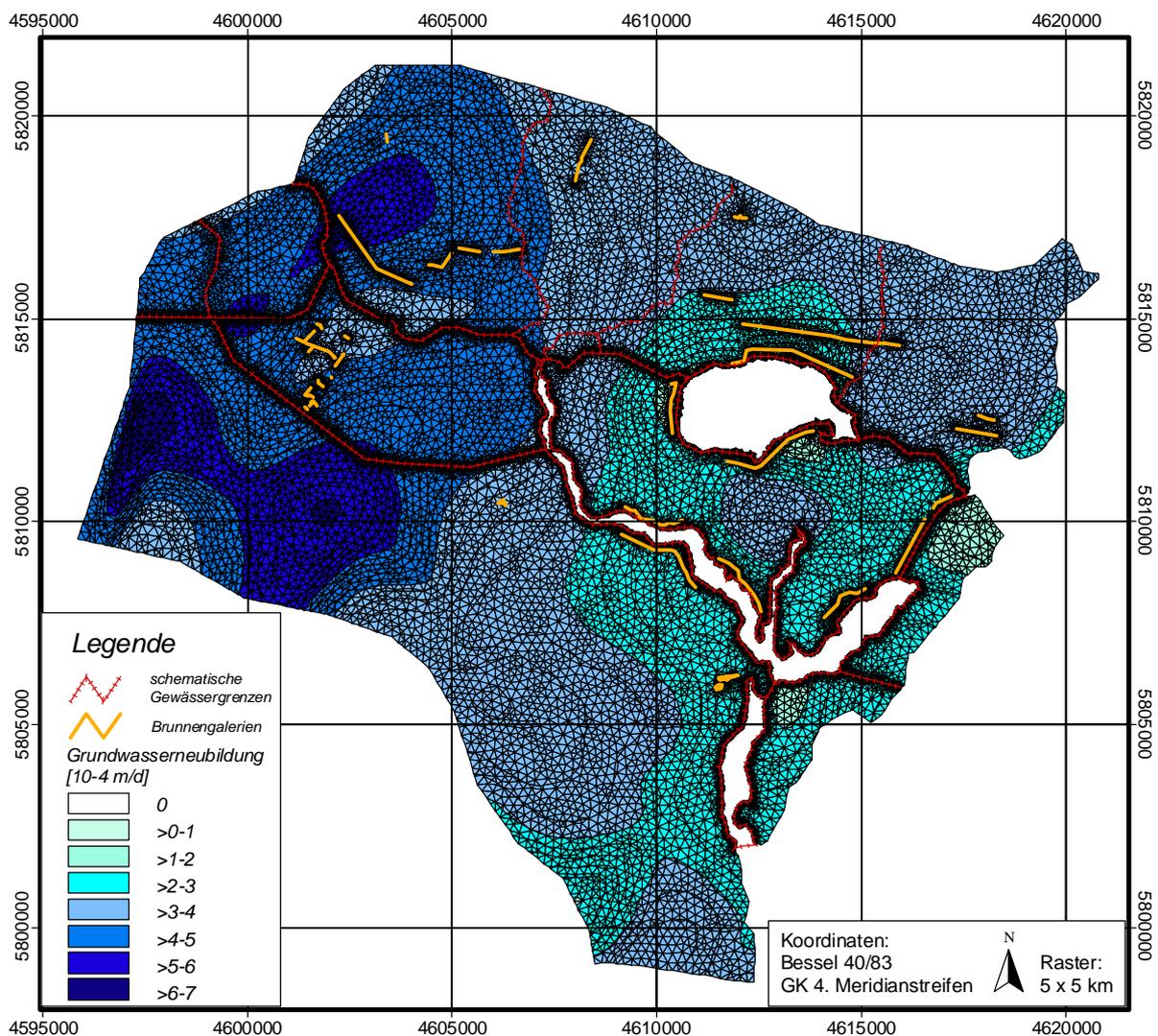


Abbildung 4.4-04: Verteilung der GW-Neubildung, interpoliert in FEFLOW, nach Hydrogeologie GmbH (1992/93). Danach wird die höchste Neubildung im westlichen Modellgebiet wirksam. Entlang der seenartigen Gewässer wird keine Neubildung im Modell wirksam.

Für das ca. 310 km² große Modellgebiet ergibt sich daraus eine Gesamtsumme von 101.285 m³/d, die ca. 3,8 l/s*km², bzw. ca. 119 mm/a entspricht. Im Vergleich geben JORDAN & WEBER (1995) für das Modellgebiet Mittelwerte von 2 l/s*km² (ca. 63 mm/a, bzw. 53.568m³/d) bis 5 l/s*km² (ca. 158 mm/a, bzw. 133.920 m³/d) an. In einem Gutachten für die Einzugsgebiete der WW Wuhlheide und Johannisthal errechnete GCI (1998) 3 l/s*km² (ca. 95 mm/a, bzw. 80.352 m³/d) für den Bearbeitungszeitraum.

Die Auswertung des hydrogeologischen Modells ergab Fehlstellen in dem als Modell-Basis genutzten Holstein Interglazial. Dort muß eine hydraulische Verbindung zum liegenden GWL angenommen werden (GCI 1998). Dieser Zu- bzw. Abstrom an der Modell-Basis (Basis-Leckage) kann als Quelle bzw. Senke wirksam werden und wird in Kapitel 4.5 (Kalibrieren) diskutiert.

4.4.3 Netzaufbau

Das für die Szenarienrechnung verwendete FE-Netz ist in der Vertikalen in 13 Grenzflächen und 12 Schichten (Modell-GWL) unterteilt. Diese Unterteilung entstand im Ergebnis der Integration der hydrogeologischen Strukturen in FEFLOW und wurde auch während der Kalibrierung nicht mehr verändert.

Die horizontale Diskretisierung des FE-Netzes ist ein Ergebnis der Kalibrierung und wird in Kapitel 4.5 (Kalibrieren) diskutiert. In der endgültigen Version zur Szenarienrechnung ist eine Schicht in 50.653 Elemente und 25.567 Knoten und das gesamte Netz in 607.836 Elemente und 332.371 Knoten untergliedert. Der Abstand der Knoten variiert dabei von ca. 10 bis 300 Metern. Die geringen Abstände wurden entlang der Brunnengalerien und Oberflächengewässer und die großen Abstände in den Modell-Randbereichen festgelegt.