

**Hydrogeologisches Fachgutachten
zur Bewertung der hydrogeologischen und
hydrologischen Verhältnisse im Quartär und
Tertiär sowie deren mögliche Beeinflussung
durch den Kupferschieferbergbau in Spremberg
Teil 3: Aufbau Prinzipmodell**

Sitz der Gesellschaft:
Wolfener Str. 36
12681 Berlin

Geschäftsführer:
Dr. Uta Alisch (Vorsitz)
Dr. Rolf Balthes
Dr. Dirk Brinschwitz

Tel.: 030 93651-0
Fax: 030 93651250
fugro@fugro.de
www.fugro.de

AG Berlin-Charlottenburg
HRB 134082 B
Ust.-IdNr.: DE 150 375 679

Deutsche Bank AG
Konto-Nr. 960 300 2
BLZ 100 700 00

IBAN: DE83 1007 0000 0960 3002 00
SWIFT/BIC: DEUTDE33XXX

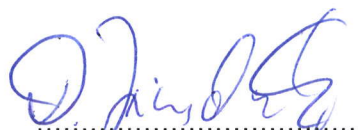
Auftraggeber: KSL Kupferschiefer Lausitz GmbH
Lange Straße 14 - 16
03130 Spremberg

Auftragnehmer: Fugro Consult GmbH
Abteilung Grundwasser
Wolfener Straße 36, Aufgang U
12681 Berlin

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Mrozik
Dipl.-Geol. K. Brinschwitz

Projekt-Nr.: 31-11-271

Bestätigt:


.....
Dr. Brinschwitz
Geschäftsführer

Datum: Berlin, den 18.06.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2	Geohydraulisches Strukturmodell	5
3	Grundwasserströmungsberechnung.....	6
3.1	Datenbasis	6
3.2	Simulator	6
3.3	Modellaufbau.....	7
3.3.1	Modellgebiet.....	7
3.3.2	Horizontale und vertikale Diskretisierung	7
3.3.3	Modellparametrierung	8
3.3.4	Randbedingungen.....	9
3.3.4.1	Gewässer	9
3.3.4.2	Grundwasserentnahmen.....	10
3.3.4.3	Grundwasserneubildung	10
3.3.4.4	Randzuflüsse	10
3.3.4.5	Sonstige Randbedingungen.....	11
3.3.5	Modellqualifizierung	11
4	Modellbilanz.....	12
5	Modellprognosen	13
6	Zusammenfassung	15
7	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	kf-Wert-Zuordnung nach der Hauptfraktion	8
Tabelle 4-1:	Modellspeisungen (INPUT) bzw. -zehrungen (OUTPUT).....	12
Tabelle 5-1:	Endwasserspiegel der Lausitzer Tagebauseen [mNHN].....	13
Tabelle 5-2:	Grundwasserabflüsse aus den Störungszonen.....	14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Scatter-Diagramm – Vergleich der berechneten/gemessenen Grundwasserstände ..	12
----------------	--	----



Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtsplan mit Bohrungen	1 : 50.000
Anlage 2	Modellgrundlagen	
Anlage 2.1	Diskretisierung und Randbedingungen	1 : 50.000
Anlage 2.2	Basiskarte Quartär	1 : 50.000
Anlage 2.3	Basiskarte Tertiär	1 : 50.000
Anlage 2.4	Mächtigkeit Grundwasserleiter GWL 8	1 : 50.000
Anlage 2.5	Horizontale Durchlässigkeitsverteilung Quartär	1 : 50.000
Anlage 2.6	Horizontale Durchlässigkeitsverteilung Tertiär (ohne Cottbusser Schichten)	1 : 50.000
Anlage 2.7	Horizontale Durchlässigkeitsverteilung Grundwasserleiter GWL 8/Tertiär	1 : 50.000
Anlage 3	Modellprognosen	
Anlage 3.1	Hydrodynamik und Grundwasserabsenkungen Quartär (Prognosezustand)	1 : 50.000
Anlage 3.2	Hydrodynamik und Grundwasserabsenkungen Tertiär (Brieske/Spremberg-Formation- Prognosezustand)	1 : 50.000
Anlage 3.3	Hydrodynamik und Grundwasserabsenkungen Tertiär (Cottbus-Formation/GWL 8 - Prognosezustand)	1 : 50.000

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die KSL Kupferschiefer Lausitz GmbH plant nach derzeitigem Erkundungsstand in der Kupferlagerstätte im Bewilligungsfeld Spremberg, Graustein-B und Schleife-B ein Kupferbergwerk zu errichten. Die potenziell aus diesem Bergbau resultierenden Auswirkungen auf die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse in den känozoischen Schichten sollen in einem hydrogeologischen Gutachten abgeschätzt und bewertet werden. Das Gutachten soll Bestandteil der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) und damit Teil der Antragsunterlagen zum Raumordnungsverfahren (ROV) sein.

Es wurde vereinbart, dass hydrologisch/hydrogeologische Gutachten ist in folgenden Teilschritten zu erbringen:

1. Datenrecherchen
2. Beschreibung der hydrogeologischen Ist-Situation
3. Aufbau numerisches Prinzipmodell
4. Konzeption eines hydrogeologischen Monitorings

Der Teilbericht zu den Schritten 1 und 2 wurde am 21.11.2011 übergeben. Der vorliegende Teilbericht 3 beinhaltet die Leistungen zum Aufbau des numerischen Prinzipmodells und erste Aussagen zur Konzeption des hydrogeologischen Monitorings.

Zur qualitativen Bewertung des Einflusses der Entwässerungsmaßnahmen auf die oberflächennahen Grundwasserverhältnisse bzw. den Wasserhaushalt wurde mit dem AG vereinbart, ein vereinfachtes Grundwasserströmungsmodell als Prinzipmodell aufzubauen. Das Modell sollte folgende Komplexe abbilden:

1. Quartär
2. Tertiär
3. tertiärer Grundwasserleiter GWL 8

Die tertiären und quartären Schichten werden räumlich entsprechend der vorgefundenen hydrogeologischen Verhältnisse differenziert. Die Zielstellung des Prinzipmodells besteht darin, die Auswirkungen einer Liegendentwässerung auf die oberflächennahen Grundwasserverhältnisse - Absenkungsbeträge – abzuschätzen. Darauf basierend können die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt aufgrund veränderter Flurabstände und damit der Grundwasserneubildung analytisch bewertet werden. Des Weiteren können die Vorflutbereiche identifiziert und qualitativ bewertet werden, die aufgrund veränderter Strömungsverhältnisse und bergbaubedingter Geländesenkungen von dem Vorhaben berührt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass mit dem Modell prinzipielle Aussagen über die zu erwartenden Auswirkungen getroffen werden können. Eine ggf. behördenseitig geforderte genaue quantitative Beschreibung der zu erwartenden Auswirkungen ist aber nur auf Basis eines detaillierten 3D instationär kalibrierten Modells möglich.

2 Geohydraulisches Strukturmodell

Das geologisch-geohydraulische Strukturmodell geht von einem quartären Grundwasserleiter mit guten Durchlässigkeiten aus. Als Hauptfraktion dominiert Mittelsand. Eiszeitliche Gletscher erodierten eine Vielzahl von Rinnen, so dass seine Basis starken Schwankungen unterworfen ist. Die quartären Rinnen sind zum Teil mit Geschiebemergel ausgekleidet, der u.U. zu einer Stockwerkstrennung des Grundwasserleiters führt.

Unterhalb der quartären Ablagerungen folgen tertiäre Sedimente mit überwiegend feinsandiger Körnung und geringeren Durchlässigkeiten. Die einzelnen Formationen (Brieske- und Spremberger) bilden eigenständige Grundwasserleiter mit zwischengelagerten Ton-/Schluff-Stauerkomplexen heraus. Hydraulische Fenster bewirken lokale hydraulische Kontakte. Innerhalb dieses tertiären wechselnden Grundwasser/Stauerkomplexes sind die vier Lausitzer Kohleflöze eingeschaltet. Unterhalb des 4. Kohleflözes schließt sich meist ein geringmächtiger schluffig/toniger Unterbegleiter an, gefolgt von der tertiären Cottbusser Formation. Diese ebenfalls meist feinsandig ausgebildete Formation bildet einen eigenständigen Grundwasserleiter, im Folgenden als Grundwasserleiter GWL 8 bezeichnet. Er besitzt im Untersuchungsgebiet eine mittlere Mächtigkeit von 20-30 m. Im Bereich des Lausitzer Hauptabbruchs streicht er aus, nach Norden nimmt die Mächtigkeit kontinuierlich zu (Anlage 2.4).

Störungszonen queren die tertiären Ablagerungen mit Sprunghöhen bis zu 30 m und mehr. Die quartäre Rinnen schaffen desweiteren hydraulische Verbindungswege zwischen den quartären Schichten und der Brieske-/Spremberger Formation, sehr tiefe Rinnen sogar bis zur Cottbusser Formation/GWL 8. Der Grundwasserleiter GWL 8 bildet den Abschluss der Lockersedimente. Es folgen die Festgesteine des Prätertiärs.

Die Hydrodynamik des quartären Grundwasserleiters ist im ungestörten Zustand stark vorflutorientiert. Er wird vorrangig von der Grundwasserneubildung sowie aus Infiltrationen aus Oberflächengewässer gespeist. Die Hauptgrundwasserfließrichtung ist nach Norden ausgerichtet. Gestört wird die Hydrodynamik durch die Sümpfung der beiden Tagebaue Nochten und Welzow-Süd. Im direkten Nahbereich der Tagebaue kann es deshalb zum Trockenfallen dieses Grundwasserleiters kommen. Zwischen den quartären Grundwasserleitern und den tertiären Grundwasserleitern der Brieske-/Spremberger Formation kann es zu Grundwasserspiegeldifferenzen kommen. Jedoch sind diese nicht so ausgeprägt wie zwischen dem quartären Grundwasserleiter und der Cottbusser Formation/GWL 8. Zwischen diesen beiden Grundwasserleitern wurden Grundwasserstandsdifferenzen bis 30 m und mehr gemessen.

Die großen Grundwasserstandsdifferenzen lassen auf ein typisches Leaky-Aquifer-System mit geringen vertikalen Sickerraten aus den oberen Stockwerken schließen. Eine weitere horizontale Speisung des GWL 8 existiert nicht, da er im Bereich des Lausitzer Hauptabbruchs auskeilt. Die bei einem Leaky-Aquifer dominante halbdurchlässige Schicht ist in diesem Fall keine einheitliche hydrogeologische Struktur, vielmehr kann sie dem gesamten Komplex aus wechselnden Stauern und Grundwasserleitern der (vorrangig) Spremberger Formation zugeordnet werden.

Tektonische Störungen im Festgestein bewirken einen hydraulischen Ausgleich zwischen Locker- und Festgesteinskomplex. Die Störungen im Tertiär haben vermutlich eine untergeordnete hydraulische Relevanz.

3 Grundwasserströmungsberechnung

3.1 Datenbasis

Der Aufbau des Grundwasserströmungsmodells basiert auf folgenden Informationen:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie:

- Schichtenverzeichnisse UHYDRO- Datenspeicher, Teufe > 25 m

LBGR Brandenburg

- Schichtenverzeichnisse GEODIN-Datenspeicher, Teufe > 150 m

Vattenfall Europe Mining AG:

- Stammdaten und Messwerte 2011 der Grundwassermessstellen
- Hydrodynamik Haupthangendgrundwasserleiter 2011
- Geologische Schnitte (analog), Kohlefeldkarte, Rinnenverbreitungskarte
- Digitales Geländemodell DGM 10
- Messdaten des Grundwasserleiters GWL 8
- Grundwasserneubildung aus [3]

G.U.B. Ingenieur AG:

- Daten der Prätertiär-Oberkante und Störungszonen
- Zustrom über den Ostrand/Muskauer Faltenbogen

DMT GmbH & Co. KG

- Störungszonen Tertiär [4]

LMBV-Homepage

- Grundwasserstand Lausitzer Tagebauseen, LMBV-Homepage, Stand Dezember 2012

3.2 Simulator

Die Simulation unterirdischer Strömungsvorgänge basiert auf der Lösung der prozessbeschreibenden Differentialgleichungen mit ihren Anfangs- und Randbedingungen. In dem für diese Arbeit genutzten Programmsystem MODFLOW (modular 3-dimensional finite-difference ground-water model) wird die Strömungsdifferentialgleichung, welche aus den Gesetzmäßigkeiten der Massenerhaltung, den Zustandsgleichungen (Fluid, Gestein) sowie dem Darcy-Gesetz folgt, mit der finiten Differenzenmethode gelöst. In der Praxis wird aus den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen eines zu modellierenden Raumes durch geeignete Schematisierung ein Simulationsmodell aufgebaut.

Es erfolgt eine Aufteilung des Untersuchungsgebietes in Berechnungselemente (Diskretisierung), wobei ein schichtweiser vertikaler Aufbau eines Modells die Zuordnung der Elemente zu bestimmten Grundwasserleitern ermöglicht.

Die richtige Wahl der Randbedingungen und die Anpassung bzw. Kalibrierung des Modells an Grundwasserströmungszustände (natürliche Hydrodynamik) durch eine geeignete Variation der bestimmenden geohydraulischen Parameter (k_f -Wert, Grundwasserneubildung, Speicherkoeffizient) sind Voraussetzungen, ein prognosefähiges Simulationsmodell zu erhalten.

3.3 Modellaufbau

3.3.1 Modellgebiet

Die Größe des Modellgebietes wurde so gewählt, dass Simulationen im Innern des Reservoirs nicht bzw. nicht erheblich von den Randbedingungen beeinflusst werden.

Der Modellraum erstreckt sich im Norden bis zu der Kackrower/Bagenzer Rinne im Quartär und im Osten bis zum Muskauer Faltenbogen. Im Süden geht das Modellgebiet über die Lausitzer Restseenkette hinaus. Der Westrand verläuft noch westlich des Tagebaus Welzow-Süd und schließt diesen vollends ein.

Im Zentrum des Modellgebietes liegen die Abbaufelder Graustein und Spremberg. Alle als hydraulisch aktiv identifizierten Störungen einschließlich des Lausitzer Hauptabbruches liegen ebenfalls innerhalb des Modellgebietes und können modelltechnisch abgebildet werden. Der Tagebau Nochten liegt zwar geometrisch nur zum Teil im Modellgebiet jedoch kann seine durch Sümpfung herbeigeführte Grundwasser-Potenzialsenke vollständig simuliert werden.

Das Modell besitzt eine N-S Erstreckung von ca. 40 km und eine E-W-Erstreckung von ca. 35 km. Die Gesamtfläche beträgt ca. 1.050 km². Die Lage des Modellgebietes ist in der Anlage 1 dargestellt.

3.3.2 Horizontale und vertikale Diskretisierung

Das gesamte Modellgebiet wurde mit einem Orthogonalraster mit Elementgrößen von 100m x 100m überzogen. Die Ausrichtung des Modellnetzes erfolgte nach dem Gauss-Krüger-Koordinatensystem ohne Drehung. Für das geohydraulische Berechnungsmodell ergeben sich ca. 364.000 strömungsaktive Elemente.

Die geologischen Strukturen wurden mit 4 Modellschichten entsprechend der stratigrafischen Gliederung schematisiert. Das Modell schließt oben geometrisch mit der aus dem digitalen Geländehöhenmodell (DGM) mit 10 m-Rastergröße hergeleiteten Geländeoberfläche ab.

Für die Interpolation der einzelnen Schichtbasisflächen wurden 22.800 Bohrdaten der UHYDRO- (LfULG) und GEODIN- (LBGR) Datenspeicher ausgewertet. Aus diesem Datenpool wurden ca. 11.000 Bohrungen für die Berechnung der Quartärbasis (Modellschicht 1) verwendet.

Zu diesen Bohrungen kamen zusätzlich ca. 40.000 Stützstellen hinzu, die aus den Quartärbasislinien der Kohlefeldkarte gewonnen wurden. Für die Tertiärbasisfläche ohne Grundwasserleiter GWL 8 (Modellschicht 2) wurden 394 Bohrungen verwendet, ca. 11.100 zusätzliche Stützstellen aus der Tertiärbasiskarte und 73 Bohrungen aus dem Gutachten [4].

Die Berechnung der Mächtigkeit des Grundwasserleiters GWL8 (Modellschicht 4) beruht auf 433 Bohrungen. Alle Flächenberechnungen wurden mit dem mathematischen Interpolationsverfahren der Inversen Distanzen unter Verwendung einer Glättung und Wichtung mit Hilfe des Programmsystems RockWorks [5] durchgeführt.

Um einen klassischen „leaky aquifer“, d.h. eine halbdurchlässige Schicht zwischen dem Grundwasserleiter GWL 8 und den darüber liegenden Grundwasserleitersystemen simulieren zu können, musste zwischen der Modellschicht 2 und 4 eine technische Modellschicht mit sehr geringen vertikalen Durchlässigkeiten eingefügt werden (Modellschicht 3). Sie ist mit Ausnahme im Bereich tiefer quartärer Rinnen 3 m mächtig. Innerhalb der tiefen Rinnenstrukturen geht die Mächtigkeit auf wenige Dezimeter zurück. Bei Überschneiden der einzelnen Basisflächen musste u.U. geringfügig korrigiert werden. Die Basiskarten für das Quartär, Tertiär sowie die Mächtigkeiten des Grundwasserleiters GWL8 zeigen die Anlagen 2.2 bis 2.4.

3.3.3 Modellparametrierung

Die Parametrierung der einzelnen Modellschichten erfolgte über eine 2D-Interpolation auf der Grundlage der dokumentierten Schichtenansprachen aus den UHYDRO- und GEODIN-Datenspeichern. Allen dort angesprochenen Haupt- und Nebenfraktionen wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten repräsentativen kf-Werte zugeordnet.

Tabelle 3-1: kf-Wert-Zuordnung nach der Hauptfraktion

Kurzzeichen nach DIN 4023	Hauptfraktion	kf m/s
T*	Ton	1.0E-08
U*	Schluff	1.0E-07
Lg/Mg	Lehm/Geschiebelehm/-mergel	1.0E-06
fS,t*	toniger Feinsand	1.0E-06
fS,us*	schluffiger Feinsand	5.0E-06
fS*	Feinsand	1.0E-05
mS,t*	toniger Mittelsand	1.0E-05
mS,u*	schluffiger Mittelsand	5.0E-05
mS*	Mittelsand	1.0E-04
gS,t*	toniger Grobsand	1.0E-04

Kurzzeichen nach DIN 4023	Hauptfraktion	kf m/s
gS,u*	schluffiger Grobsand	5.0E-04
gS*	Grobsand	1.0E-03
mS,fs ; fS,ms	Feinsandiger Mittelsand, mittelsandiger Feinsand	5.0E-05
mS,gs; gS,ms	Grobsandiger Mittelsand, mittelsandiger Grobsand	5.0E-04
fG*	Feinkies	2.0E-03
mG*	Mittelkies	3.0E-03
gG*	Grobkies	5.0E-03
	Lehmiger Sand, sandiger Lehm	1.0E-05
X	Steine	1.0E-02
A	Auffülle	5.0E-04
Mu	Mutterboden/Torf	1.0E-04
Bk*	Braunkohle	1.0E-06

* beliebige weitere Unterfraktion

An allen Bohrungen wurden für jede stratigrafische Einheit bzw. Modellschicht (Quartär, Tertiär ohne und mit GWL8) getrennt mächtigkeitsgewichtete Mittelwertbildungen nach folgendem Ansatz durchgeführt:

$$kf_{horizontal} = \frac{\sum_i kf_i \cdot M_i}{\sum_i M_i} \qquad kf_{vertikal} = \frac{\sum_i M_i}{\sum_i \frac{M_i}{kf_i}}$$

Für die Interpolation der schichtspezifischen Durchlässigkeitsverteilung konnten für das Quartär (Modellschicht 1) ca. 10.800, für das Tertiär ohne GWL8 (Modellschicht 2) ca. 11.300 und für den Grundwasserleiter GWL8 372 Stützstellen zur Verfügung gestellt werden. Die für die tertiären Schichten verwendete Interpolationsroutine erlaubte es weiterhin die Störungen als Polygon einzubeziehen. Die Sprunghöhe ergab sich aus den beidseitig der Störung liegenden Stützstellen. Die Ergebnisse der kf-Wertverteilung sind in den Anlagen 2.5 bis 2.7 ersichtlich.

3.3.4 Randbedingungen

3.3.4.1 Gewässer

Die Talsperre Spremberg wurden als Randbedingung 3. Art (RIVER) und die Flüsse/Bäche/Gräben als innere Randbedingungen (RB) 3. Art DRAIN (CAUCHY) im Modell abgebildet. Dafür gilt in MODFLOW folgender Ansatz:

$$Q = A * L * (h_{ow} - h_{GW})$$

mit

Q	Volumenstrom [m³/s]
A	Fläche des Oberflächengewässers im Modellelement [m²]
L	Leakage-Faktor [1/s]
h_{ow}	Wasserspiegel des Oberflächengewässers [mNN]
h_{GW}	Grundwasserspiegel [mNN]

Die Länge des Gewässers ergibt sich aus einem Verschnitt des Modellrasters mit dem digitalisierten Gewässernetz. Als mittlere Breite wurde für die Spree 25 m und für die Kleine Spree 5 m angesetzt. Allen übrigen Gewässern wurde eine mittlere Breite von 2 m zugeordnet. Aus der jeweiligen Länge der Vorfluter im Berechnungselement ergibt sich multipliziert mit der Breite die im geohydraulischen Modell angesetzte infiltrationswirksame Fläche. Als Leakage-Faktor wurde einheitlich $1e-5$ 1/s gewählt.

Die Wasserspiegelhöhen entsprechen in erster Näherung den Höhen des digitalen Geländemodells abzüglich einer Differenz von 2 m (Berücksichtigung des Einschnittes). Als Leakage-Faktor [1/s], welcher die Verbindung zwischen Vorflut und Grundwasserleiter charakterisiert, wurde ein einheitlicher Wert von $1e-5$ 1/s angesetzt.

3.3.4.2 Grundwasserentnahmen

Als Ergebnis der Modellrechnungen werden Absenkungsbeträge in Bezug zum Ausgangszustand dokumentiert, so dass lokale Grundwasserentnahmen nicht berücksichtigt werden mussten.

3.3.4.3 Grundwasserneubildung

Die Daten zur Grundwasserneubildung wurden aus der Bearbeitung „Grundwasserbilanzierung Lausitz“ für die Vattenfall Europe Mining AG [3] übernommen. Die Berechnungsgrundlage zur Ermittlung der Grundwasserneubildung ist das Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA (ATV-DVWK-Merkblatt M 504). Dieses Verfahren basiert auf der BAGROV-GLUGLA-Beziehung und dient der Bestimmung des langjährigen Mittels der realen Verdunstung. Diese wird u.a. in Abhängigkeit von der Bodenart, der vorhandenen Nutzung und des Grundwasserflurabstandes aus den klimatischen Größen Jahres- und Sommerniederschlag sowie der Grasreferenzverdunstung berechnet.

3.3.4.4 Randzuflüsse

Der südliche Rand des Modells ist nicht an eine Grundwasserscheide bzw. Randstromlinie gebunden, so dass davon auszugehen ist, dass das Modell durch Randzuflüsse aus dem externen Einzugsgebiet gespeist wird. Der südliche Modellrand der quartären und tertiären Schichten (außer GWL8) wird mit einem Festpotenzial (118,0 mNHN) fixiert (RB 1. Art). Der tertiäre Grundwasserleiter GWL8 erfährt keine südliche Speisung.

Der über diesen Modellrand abgeschätzte Grundwasserzustrom ergibt sich aus der Fläche des unterirdischen Einzugsgebietes des Modellrandes und der darüber liegenden Grundwasserneubildung. Als unterirdische Einzugsgebietsfläche, welche nicht den Bächen zusetzt, liegt vermutlich in der Größenordnung von ca. 40 km² (Schätzwert). Aus einer mittleren Grundwasserneubildung von 5 l/s*km² ergibt sich ein Randzufluss über den südlichen Rand von ca. 200 l/s.

Über den ausgesparten Muskauer Faltenbogen fließen ca. 50 l/s dem Modell zu. Auch hier wurde der Grundwasserzustrom nur in die quartären (Modellschicht 1) und oberen tertiären Grundwasserleiter (Modellschicht 2) zugelassen. In den untersten tertiären Grundwasserleiter GWL 8 erfolgt kein Grundwasserzustrom aus externen Einzugsgebieten.

3.3.4.5 Sonstige Randbedingungen

Der Nordrand wird ebenfalls als Festpotentialrand mit einer Grundwasserstandshöhe von 74 mNHN für das Quartär (Modellschicht 1), 73 mNHN für das Tertiär (Modellschicht 2) und 72 mNHN für den tertiären Grundwasserleiter GWL8 (Modellschicht 4) fixiert. Über den Nordrand erfolgt die Entlastung der Grundwasserleiter. Alle übrigen Ränder grenzen an unterirdischen Wasserscheiden. Ein Austausch von Grundwasser ist über diese Modellränder nicht möglich. Die Sümpfung der Tagebaue wird als (RB) 3. Art DRAIN (CAUCHY) realisiert.

3.3.5 Modellqualifizierung

Obwohl das Modell nicht den Anspruch erhebt, gemessene Grundwasserstandshöhen im Detail abzubilden, mussten jedoch Änderungen der Ausgangsparameter vorgenommen werden, um die prinzipielle Hydrodynamik im quartären Grundwasserleiter und vor allem im Grundwasserleiter GWL 8 abbilden zu können. Angepasst wurde an den im Jahr 2011 gemessenen Grundwasserständen des Haupthangendgrundwasserleiters und des tertiären Grundwasserleiters GWL 8.

Variiert wurde nur die horizontale und vertikale kf-Wert-Verteilung mit flächendeckend einheitlichen Faktoren. Die Grundwasserneubildung sowie die Leakagekoeffizienten der Gewässer wurden nicht verändert.

Während des Kalibrierungsprozesses wurde festgestellt, dass die Potenzialdifferenzen zwischen dem quartären Grundwasserleiter und dem tertiären Grundwasser GWL 8 zu gering ausfielen.

Nur durch eine drastische Reduzierung der vertikalen Durchlässigkeiten der (technischen) Modellschicht 3 konnte das Strukturmodell eines „leaky aquifers“ mit halbdurchlässigem Stauerkomplex numerisch umgesetzt werden.

Die schrittweise Verbesserung der Modellgüte wurde desweiteren durch eine flächendeckende Reduzierung der kf-Werte der quartären und tertiären Schicht (Modellschicht 1 und 2) auf 30% und eine Verdoppelung des kf-Wertes des Grundwasserleiters GWL 8 (Modellschicht 3) realisiert.

Nach einer Vielzahl von Kalibrierungsläufen konnte eine für die Aufgabenstellung ausreichende Modellabweichung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen erzielt werden.

Das folgende Scatterdiagramm visualisiert die Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen Mess- und Berechnungswert. Die größten Abweichungen stellen sich direkt in den Absenkungstrichter der Tagebaue sowie im Bereich einer Grundwasserspiegelhochlage in der Nähe des Muskauer Faltenbogens ein.

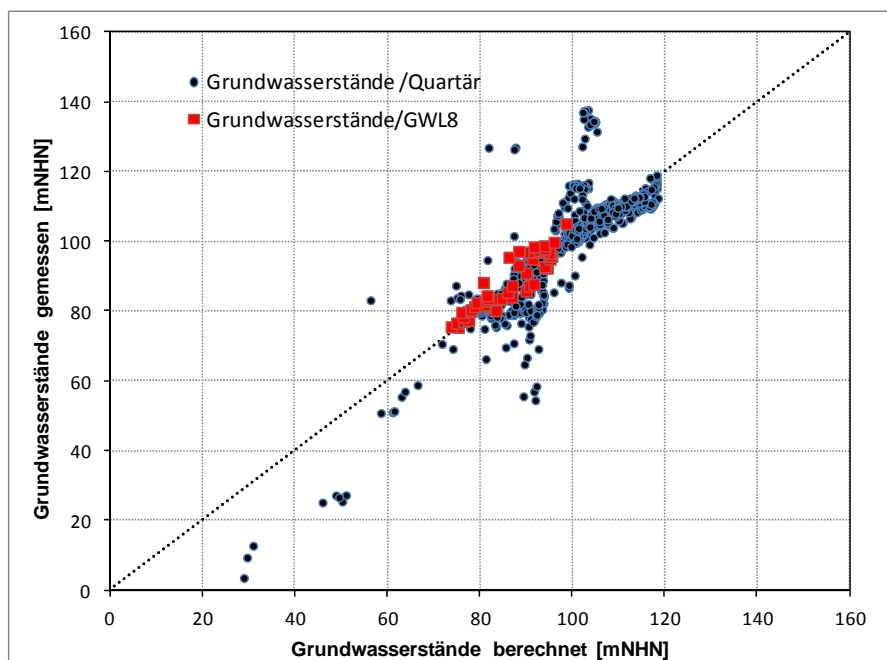


Abbildung 3-1: Scatter-Diagramm – Vergleich der berechneten/gemessenen Grundwasserstände

Die abschließende kf-Wertverteilung der quartären Schicht, der tertiären Schicht ohne Grundwasserleiter 8 und des tertiären Grundwasserleiters GWL 8 zeigen die Anlagen 2.5 bis 2.7.

4 Modellbilanz

Die Modellbilanz, d.h. Modell-INPUT und Modell-OUTPUT, hat gewöhnlich einen sehr großen Einfluss auf das Modellergebnis. Das Grundmodell weist folgende Bilanzgrößen auf:

Tabelle 4-1: Modellspeisungen (INPUT) bzw. –zehrungen (OUTPUT)

Bilanzgröße	INPUT [l/s]	OUTPUT [l/s]
Grundwasserneubildung	3020	230
Randzufluss Südrand	230	-
Randzufluss Muskauer Faltenbogen	50	-
Sümpfung Tagebaue (Teilmenge)	-	1.270
Talsperre Spremberg	350	-
Abfluss Flüsse/Bäche/Gräben	-	1.560
Abfluss über Nordrand	-	590
Gesamt	3.650	3.650

5 Modellprognosen

Ziel der Prognoseberechnungen ist es, die geohydraulischen Auswirkungen des zukünftigen untertägigen Kupferschieferabbaus auf die tertiären und quartären Grundwasserleiter unter Berücksichtigung

- der nivellierenden Wirkung der Restseen auf die Grundwasserdynamik
- der Sumpfung der aktiven Tagebaue Nochten und Welzow-Süd und
- der Grundwasserzehrung entlang der hydraulisch aktiven Störungszonen

auszuhalten.

Die Prognoserechnung beschreibt den hydraulischen Zustand während des Kupferschieferabbaus bei gleichzeitiger Sumpfungsaktivität in den Tagebauen Welzow-Süd und Nochten. Die Restseen der Lausitzer Restseenkette werden für den Prognosezeitpunkt als vollständig geflutet mit folgenden Endwasserständen angenommen:

Tabelle 5-1: Endwasserspiegel der Lausitzer Tagebauseen [mNHN]

Restsee	Endwasserstand [mNHN]
Sabrodter See	104,0
Blunoer See	104,0
Neuwieser See	104,0
Bergener See	104,0
Partwitzer See	101,0
Geierswalder See	101,0
Scheibesee	111,5
Spreetaler See	108,0
Speicherbecken Lohsa	116,4
Bernsteinsee	109,0

Da den Restseen im Modell nur erlaubt wird Grundwasser aufzunehmen und nicht den Grundwasserleiter selbst zu speisen und zu stabilisieren, werden die berechneten Absenkungen, zumindest was den Grundwasserabfluss über den Lausitzer Hauptabbruch anbelangt, sehr nahe am „worst-case-Fall“ einzuordnen sein.

Die Sumpfungen der Tagebaue Nochten und Welzow-Süd werden mit Hilfe des Drain-Package abgebildet, wobei in erster Näherung als Entwässerungsniveau die tiefsten Wasserstände des Hydroisohypsenplanes des Haupthangendgrundwasserleiters von 2011 angenommen werden. Die Tagebaue wirken als Grundwassersenkung mit konstantem Entwässerungsniveau sowohl in der quartären (Modellschicht 1) als auch in der oberen tertiären Modellschicht (Modellschicht 2). In der Modellschicht 4, die den Grundwasserleiter GWL 8 (Cottbusser Schicht) abbildet, wurde keine direkte Potenzialsenke als Randbedingung für den Tagebau implementiert.

Die Grundwasserabflüsse in die Grubenbaue über die hydraulisch aktiven Störungszonen werden am Ort ihrer Wirkung als direkte Entnahmen mit dem s.g. well-package berücksichtigt.

Meist werden die Entnahmen direkt im Grundwasserleiter GWL 8 (Modellschicht 4) angesetzt. Nur in dem Abschnitt des Lausitzer Hauptabbruchs, wo kein GWL 8 nachgewiesen wurde, erfolgt die Entnahme aus den darüber liegenden tertiären Schichten (Modellschicht 2).

Die in der folgenden Tabelle ausgehaltenen und dem Modell zu Grunde gelegten Entnahmeraten basieren auf den Berechnungen der Fa. AMAC auf Grundlage des s.g. Basis-Modells [1]. Der Grundwasserabfluss aus den känozoischen Schichten erfolgt vermutlich über Teilabschnitte der Störungen 'T', 'z', 'L', einen Abschnitt der Mulkwitzer Struktur sowie den gesamten Modellbereich des Lausitzer Hauptabbruches.

Tabelle 5-2: Grundwasserabflüsse aus den Störungszonen

Struktur	Prozent [%]	Entnahme [m ³ /d]
Störung 'T'	24	2.400
Störung 'z'	24	2.400
Mulkwitzer Störung	17	1.700
Störung 'L'	18	1.800
Lausitzer Hauptabbruch	17	1.700
Gesamt	100	10.000

Aufgrund der alleinigen vertikalen Speisung in Form einer reduzierten Grundwasserneubildung ohne zusätzliche Speisungsglieder ist bei dem beschriebenen Modellansatz im tertiären Grundwasserleiter GWL 8 mit einer zusätzlichen maximalen Druckentlastung bis 7 m unter Ausgangswasserstand zu rechnen. Die Absenkungen in diesem Grundwasserleiter erstrecken sich über eine sehr große Fläche (Anlage 3.3).

In den darüber liegenden tertiären (Briesker- und Spremberger Schichten) und quartären Grundwasserleitern fallen die Grundwasserabsenkungen aufgrund der tonigen und schluffigen Zwischenlagen deutlich geringer aus. Hier sind maximale Grundwasserabsenkungen gegenüber dem Ausgangszustand von < 1 m zu erwarten (Anlage 3.1, 3.2). Diese werden mit größerer Wahrscheinlichkeit in Nähe der hydraulisch aktiven Störungszonen auftreten. Nicht auszuschließen sind jedoch auch Absenkungen in größeren Entfernungen zu diesen Störungszonen, da das vertikale Einzugsgebiet der Störung sensitiv auf den Leakage-Koeffizient der darüberliegenden Schichten reagiert.

Aufgrund der komplizierten geologischen und hydrogeologischen Stauchungsstruktur des Muskauer Faltenbogens und dessen Randbereiche kann in diesen Bereichen keine Prognosesicherheit gewährleistet werden.

6 Zusammenfassung

Mit den behördlich zur Verfügung gestellten Aufschlussdaten wurde ein 3D-Prinzipmodell aufgebaut, welches den Anspruch erhebt, die geohydraulischen Auswirkungen des zukünftigen untertägigen Kupferschieferabbaus auf die tertiären und quartären Grundwasserleiter unter Berücksichtigung der nivellierenden Wirkung der Restseen, der Sumpfung der aktiven Tagebaue und der Grundwasserzehrung entlang hydraulisch aktiver Störungszonen in Größenordnung qualitativ zu prognostizieren.

Die in diesem 3. Zwischenbericht beschriebene Prognoserechnung beschreibt den hydraulischen Zustand während des Kupferschieferabbaus bei gleichzeitiger Sumpfungsaktivität in den Tagebauen Welzow-Süd und Nochten. Die Restseen der Lausitzer Restseenkette werden für den Prognosezeitpunkt als vollständig geflutet angenommen.

Als Grundwasser-Liniensenken wurden die Störungszonen im Modell implementiert, die aus der hydrogeologischen Untersuchung des prätertiären Untergrundes einschließlich dessen Modellierung als hydraulisch aktive, mit dem Grubenbau verbundene Zonen identifiziert wurden [4].

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass sich aufgrund einer durch mehrere Stauerkomplexe verursachten geringen vertikalen Speisung im tertiären Grundwasserleiter GWL 8 (Cottbusser Formation) maximale Druckentlastungen bis 7 m unter Ausgangswasserstand auftreten könnten. In den darüber liegenden tertiären (Briesker- und Spremberger Formation) und quartären Grundwasserleitern fallen die Grundwasserabsenkungen deutlich geringer aus. Hier sind maximale Grundwasserabsenkungen gegenüber dem Ausgangszustand von < 1 m zu erwarten.



7 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] AMAC Environment and Infrastructure (2011): Pre-feasibility study for the Spremberg-Graustein copper deposit, deep hydrogeological inflow assessment.
- [2] Fugro Consult GmbH (2011): Hydrogeologisches Fachgutachten zur Bewertung der hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse im Quartär und Tertiär sowie deren mögliche Beeinflussung durch den Kupferschieferbergbau in Spremberg Teil 1: Datenrecherchen und Teil 2: Beschreibung der hydrogeologischen Ist-Situation.
- [3] ARGE G.U.B. Ingenieur AG/Fugro Consult GmbH (2011): Grundwasserbilanzierung Lausitz.
- [4] DMT (2011): Interpretation of the 3D Reflection Seismic Survey Across the Kupferschiefer Deposit Spremberg-Graustein-Schleife-Final Report. Essen
- [5] ROCKWARE.: ROCKWORKS15, REVISION 2009.10.27