

Sitz der Gesellschaft:
Wolfener Str. 36
12681 Berlin

Geschäftsführer:
Dr. Martin Bernhard (Vorsitz)
Dr. Uta Alisch
Dr. Dirk Brinschwitz
Wolfgang Weinhold

Tel.: 030 93651-0
Fax: 030 93651-250
FCG-Info@fugro.com
www.fugro.de

Hydrogeologisches Gutachten

für die Antragsunterlagen zum bergrechtlichen Planfeststellungsver-
fahren für den Kiestagebau Altenau

Auftraggeber: **BERGER ROHSTOFFE GmbH**
Äußere Spitalhofstraße 19
94036 Passau

Auftragnehmer: Fugro Consult GmbH
Abteilung 310
Bertolt-Brecht-Allee 9
01309 Dresden

Bearbeiter: Michael Popp
Harry Mrozik

Auftrags-Nr.: **310-16-601**

Bestätigt: 
.....
Jürgen Heinrich
Projektleiter

Datum: Dresden, 21.06.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	5
2	Grundlagenermittlung	6
2.1	Datenbasis	6
2.2	Geländebegehungen.....	6
3	Standortverhältnisse	9
3.1	Allgemeine geologisch/hydrogeologische Situation.....	9
3.2	Klimatische Verhältnisse (Station Oschatz)	11
4	Abgrenzung Modellgebiet	12
5	Grundwassermodellierung.....	13
5.1	Modellsoftware	13
5.2	Modellaufbau und Randbedingungen	14
5.2.1	Modellaufbau	14
5.2.2	Randbedingungen	17
5.2.3	Grundwasserneubildung als innere Randbedingung	19
5.3	Modellkalibrierung	22
5.3.1	Analyse der Ganglinien der Grundwassermessstellen	23
5.3.2	Modellkalibrierung	24
5.4	Grundwasserdynamik IST-Zustand.....	29
5.5	Prognoserechnungen	30
5.5.1	GW-Wasserstandsentwicklung während des Abbaus	31
5.5.2	Berechnungsprognose stationärer Endzustand.....	34
6	Literatur und Quellenverzeichnis	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3–1:	Klimadaten Station Oschatz [4]	12
Tabelle 5–1:	Überblick der generalisierten Substratansprache und Zuweisung des k_f -Wert	16
Tabelle 5–2:	Wasserhaushaltsdaten Station Oschatz	19
Tabelle 5–3:	CORINE-Landnutzung und Zuordnung der Grundhydrotope	20
Tabelle 5–4:	Übersicht Bodenarten.....	21
Tabelle 5–5:	Übersicht Hydrotope, Grundwasserneubildung	21
Tabelle 5–6:	Überblick Stichtagsmessung mit Wsp-Korrektur.....	24
Tabelle 5–7:	Ergebnis der Modellkalibrierung, Stichtag 09.02.2015	27
Tabelle 5–8:	Darstellung des Bilanzfehlers des IST-Zustandes (Stichtag 15.03.2016).....	29
Tabelle 5–9:	Berechnung indirekte GW-Förderung durch Kiesförderung.....	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2–1:	Westliches Abbaufeld mit Aufbereitungsanlage und Solarfeld	7
Abbildung 2–2:	Westliches Abbaufeld mit Schwimmbagger und Rückverspülung	7
Abbildung 2–3:	Beispiele von einfach verfilterten Grundwassermessstellen	8
Abbildung 2–4:	Beispiele mehrfach ausgebauter Grundwassermessstellen	8
Abbildung 2–5:	Grundwassermessstellen mit Datenfernübertragung der Grundwasserstände	9
Abbildung 3–1:	Modellierung der Quartärbasis	10
Abbildung 3–2:	Grundwassergleichenplan zur Stichtagsmessung	11
Abbildung 3–3:	Klimadiagramm der Station Oschatz [4].....	12
Abbildung 5–1:	Horizontale Modelldiskretisierung	14
Abbildung 5–2:	Lage der Profilschnitte.....	15
Abbildung 5–3:	West-Ost-Profilschnitt A-A'	15
Abbildung 5–4:	Süd-Nord-Profilschnitt B-B'.....	16
Abbildung 5–5:	Berechnete initiale k_f -Wertverteilung [m/s]	17
Abbildung 5–6:	Förderstatistik Wasserwerk Fichtenberg [7].....	18
Abbildung 5–7:	Darstellung der Modellrandbedingungen (RB).....	18
Abbildung 5–8:	Klimatische Wasserbilanz Station Oschatz 1985-2014	20
Abbildung 5–9:	Langjährige mittlere Grundwasserneubildung im Modellgebiet	22
Abbildung 5–10:	Funktion zur Anpassung der Stichtagswerte.....	24
Abbildung 5–11:	Stationär kalibrierte k_f -Wertverteilung der Modellschichten 1-4.....	26
Abbildung 5–12:	Modellabweichung.....	27
Abbildung 5–13:	Zeitscheiben des modellierten Abbaufortschrittes	32
Abbildung 5–14:	Berechnungsprognose Abbaufäche	33
Abbildung 5–15:	Berechnungsprognose stationärer Endzustand	34

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte mit Aufschlussbohrungen und Gebietsgrenzen	(A1, Maßstab 1 : 30.000)
Anlage 2	Modellaufbau und Randbedingungen	
Anlage 2.1	Mächtigkeit des quartären Grundwasserkörpers	(A2, Maßstab 1 : 50.000)
Anlage 2.2	Randbedingungen und horizontale Auflösung	(A2, Maßstab 1 : 50.000)
Anlage 2.3	Karte der Grundwasserneubildungsmenge	(A2, Maßstab 1 : 50.000)
Anlage 3	Darstellung des IST-Zustandes	
Anlage 3.1	Ganglinien der Grund- und Oberflächenwassermessstellen	
Anlage 3.2	Konstruierte Grundwasserdynamik zum Stichtag 15.03.2016.....	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 3.3	Karte der stationär kalibrierten Durchlässigkeitsverteilung	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 3.4	Darstellung des Modellfehlers	
Anlage 3.5	Berechnete Grundwasserdynamik zum Stichtag 15.03.2016.....	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 3.6	Grundwasserflurabstand zum Stichtag 15.03.2016	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 4	Prognoseberechnungen: Fall PLAN2016 - stationärer Endzustand nach Betriebsende	
Anlage 4.1	Darstellung der Grundwasserdynamik	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 4.2	Darstellung des Grundwasserflurabstandes	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 4.3	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen zwischen IST-Zustand (Stichtag 15.3.2016) und stationärem Endzustand	(A2, Maßstab 1 : 40.000)
Anlage 4.4	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen während des Kiesabbaus und dem IST-Zustand	(A2, Maßstab 1 : 40.000)

Abkürzungen

GWM	Grundwassermessstelle
OWM	Oberflächenwassermessstelle
GWFA	Grundwasserflurabstand
GWNB	Grundwasserneubildung
GWL	Grundwasserleiter
GK4	Gauß-Krüger Zone 4, EPSG-Code: 31468
RD83	Rauenberg-Datum 42/83 (Datum Potsdam)
DHHN92	Deutsches Haupthöhennetz 1992, EPSG-Code: 5783
EPSG	European Petroleum Survey Group
ETRS89	Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989
DGM	Digitales Geländemodell
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (Mission STS-99 im Feb.2000)
ZLW	Spezifischer Zusatzleitwert der Drainage $[(m^2/d) \cdot m^{-1}]$

1 **Veranlassung und Aufgabenstellung**

Die BERGER ROHSTOFFE GmbH mit Sitz in Passau betreibt östlich von Altenau, im Landkreis Eibe Elster den Kiessandtagebau Altenau. Die BERGER ROHSTOFFE GmbH ist Inhaber der Bewilligung an der Lagerstätte. Das Bewilligungsfeld hat eine Größe von ca. 266,3 ha. Die Rohstoffgewinnung erfolgt im Feld Altenau seit 1995 auf der Grundlage von Hauptbetriebsplänen. Im Jahr 2003 wurde durch das Landesbergamt Brandenburg der Planfeststellungsbeschluss zum Rahmenbetriebsplan von 2003 zugelassen [1]. Dieser umfasst

- die Rohstoffgewinnung auf einer Fläche von ca. 107 ha,
- die Genehmigung für die Herstellung eines Gewässers infolge der Kiessandgewinnung
- unter Freilegung des Grundwassers und
- die Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb einer Kiesaufbereitungsanlage
- einschließlich Brecher.

Gegenwärtig erfolgt der Abbau im Kiessandtagebau Altenau innerhalb des Bewilligungsfeldes unmittelbar östlich von Altenau. Entsprechend der bisherigen Planung wird der Abbau Richtung Osten vorangetrieben, wobei das projektierte Abbaufeld eine in Ost-West-Richtung gestreckte Form mit einer durchschnittlichen Länge von 2,2 km und einer maximalen Breite von 550 m besitzt.

Geplant sind nunmehr

- die Errichtung eines Gleisanschlusses an der östlichen Grenze des Bewilligungsfeldes,
- die Errichtung einer weiteren Aufbereitungsanlage in diesem Bereich für die direkte Produktbereitstellung,
- eine Erweiterung des projektierten Abbaufeldes in Nord- und in Südrichtung bis an die Bewilligungsgrenzen unter weiträumiger Aussparung der bewohnten Südwestecke (unverritzte potentielle Abbaufäche rund 210 ha),
- die Verspülung nicht verwertbarer Bestandteile.

Für das Vorhaben Änderung und Erweiterung des Kiessandtagebaus innerhalb der Bergbauberechtigung Bewilligung Altenau ist ein Planfeststellungsverfahren gem. § 52 Abs. 2c BBergG erforderlich.

Für genanntes Vorhaben ist ein hydrogeologisches Gutachten erforderlich, welches die Auswirkungen auf das Grundwasser untersucht. Im Rahmen der Begutachtung wird ein geohydraulisches Modell erarbeitet, mit dem die prognostischen Auswirkungen auf das Grundwasser des beantragten Abbauszenarios berechnet werden.

Die Dokumentation erfolgt im Koordinatensystem RD83 (Gauß-Krüger Zone 4, Datum Potsdam, EPSG-Nummer 31468) und entspricht dem Lagestatus 110.

2 Grundlagenermittlung

2.1 Datenbasis

Da das Untersuchungsgebiet an der südlichen Landesgrenze von Brandenburg zu Sachsen liegt, müssen die Grundlegendsten für das Grundwasserströmungsmodell jeweils landesspezifisch abgefragt werden. Nach Recherche liegen für die Begutachtung folgende Daten vor:

- Aufschlussdatenbank UHYDRO Sachsen: Stamm-, Ausbaudaten, Schichtenverzeichnis (3220 Bohrungen, Abfr. vom 06.03.2016, davon 2393 mit Schichtenverzeichnissen, alle verwendet)
- Übersicht sächsische Grundwassermessstellen LfULG (WebOffice, Abfr. 01.03.2016): Stammdaten
- Übersicht der sächsischen Grundwasserkörper (Shape file)
- Aufschlussdatenbank Brandenburg: Stamm-, Ausbaudaten, Schichtenverzeichnis (101 Bohrungen, Abfr. vom 06.03.2016, alle mit Schichtenverzeichnissen, 41 verwendet, 60x Überdeckung mit UHYDRO)
- Übersicht brandenburgische Grundwassermessstellen LfU (WebOffice, Abfr. 01.03.2016): Stammdaten, Trendentwicklung der Grundwasserstände
- Übersicht der brandenburgische Grundwasserkörper (Shape file)
- SRTM DGM zur groben Ermittlung des oEZG
- Datenbank HYRA (HYdrogeologisch Relevante Aufschlüsse): 36 Bohrungen, 11 verwendet, YYY x Überdeckung mit Landesdatenbanken
- Klimadaten Station Oschatz (Stationsnummer 03811, [1])
- Pegeldata Mühlberg und Riesa, Wasserschiffahrtsamt www.pegelonline.wsv.de [2], [3]
- Stammdaten der Entnahmebrunnen und Grundwasserbeobachtungsmessstellen, Entnahmemengen der Trinkwasserbrunnen von 2013 - 2015 und Grundwasserspiegelmessungen der GWM (vom 27.05.2016)
- Ganglinien der beiden Elbepegel Riesa () und Mühlberg (Messstellennummer 501110 bzw. 501160, WSA Dresden, www.pegelonline.de)
- Planungsentwurf des Gleisanschlusses inkl. der Bahnverladeanlage (P1224-GP, 06.07.2016)

2.2 Geländebegehungen

Am 04.03.2016 fand beim Auftraggeber ein Erörterungstermin am Standort Altenau statt. Im Anschluss erfolgte ein Rundgang durch das derzeitige Abbaufeld, wobei im weiteren Verlauf der Geländebefahrung der Trassenverlauf des künftigen Gleisanschlusses der neuen Bahnverladung gezeigt wurde. Die beiden nachfolgenden Fotos zeigen den derzeitigen Abbaufortschritt in Altenau (Abbildung 2–1 und Abbildung 2–2).



Abbildung 2-1: Westliches Abbaufeld mit Aufbereitungsanlage und Solarfeld



Abbildung 2-2: Westliches Abbaufeld mit Schwimmbagger und Rückverspülung

Des Weiteren wurde am 15.03.2016 an 78 Grundwasserbeobachtungsmessstellen (GWM teilweise mit Mehrfachausbau als OP/MP/UP) eine großräumige Stichtagsmessung zur Erfassung der gegenwärtigen Grundwasserstände durchgeführt. Sie bildet gleichzeitig die Grundlage der späteren Kalibrierung des Grundwassermodells. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Beispiele von im Messgebiet vorgefundenen GWM.



Abbildung 2–3: Beispiele von einfach verfilterten Grundwassermessstellen

Links: Hy Fibg 107/90 östlich Fichtenberg; Mitte: B....2....1994 Wülknitz; Rechts: Hy Fibg 13/94 östlich Kreinitz



Abbildung 2–4: Beispiele mehrfach ausgebauter Grundwassermessstellen

Links: Alter DDR-Mehrfachausbau (B...29....967) zur Grundwassererkundung aus dem Jahr 1967, rechts: moderner Mehrfachausbau Hy WükRi 8/98 für die integrale Altlastenbehandlung Wülknitz-Streumen-Lichtensee



Abbildung 2–5: Grundwassermessstellen mit Datenfernübertragung der Grundwasserstände

Links: GWM mit Sendeeinheit in Brandenburg (Mühlberg, MKZ 4545 3266); rechts: GWM mit Sendeeinheit in Sachsen (Hy Jcl 1/93, MKZ 4646 6042)

3 Standortverhältnisse

3.1 Allgemeine geologisch/hydrogeologische Situation

Die allgemeinen regionalgeologischen Verhältnisse wurden bereits im genehmigten Rahmenbetriebsplan von 2003 beschrieben [1].

Regionalgeologisch gesehen ist das Bewilligungsfeld Altenau Teil einer großflächigen Kiessandlagerstätte innerhalb der Elbtalwanne, die sich als glaziäre Destruktionsstruktur von Dessau über Wittenberg bis nach Riesa erstreckt. Im Untersuchungsraum weist diese Struktur eine Breite von rd. 30 km auf, wobei deren Basis bei + 60 bis + 50 mNHN, ca. 40 bis 60 m unter Gelände, liegt.

Der prätertiäre Untergrund der Elbtalwanne wird von paläozoisch-mesozoischen Schichtenfolgen (Dolomite des Zechstein - Perm, kaolinisierte Sandsteine des Buntsandstein – Deutsche Trias/ Buntsandstein) des von Norden hereinreichenden Mühlberger Beckens gebildet. Diese Ablagerungen, die im Südwesten durch die Westlausitzer Störung vom Meißner Massiv abgetrennt sind, wurden östlich Altenau mittels der Bohrung B....1E...964 bei etwa + 50 mNHN nachgewiesen.

Das Grundgebirge wird von mächtigen miozänen Lockersedimenten (vorwiegend Tone und fein- bis mittelkörnige Sande – Ober- bis Mittelmiozän, TT4a-TT4b) des Niederlausitzer Tertiärbeckens überlagert, die auch bei Altenau braunkohleführend sind.

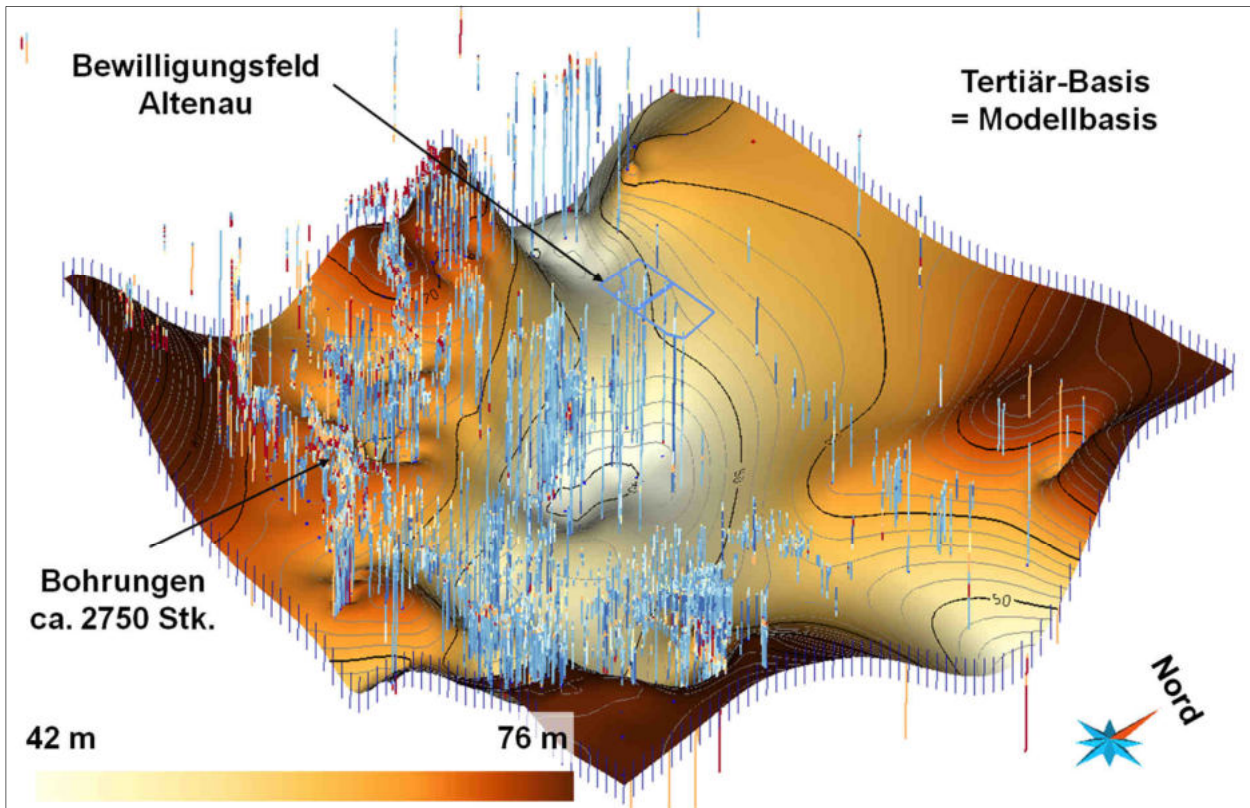


Abbildung 3–1: Modellierung der Quartärbasis

Mit Darstellung der Ausgangsdaten (Quelle Bohrungen siehe Kap. 2.1), 100fache Überhöhung.

Die während des Elster-2-Glazials durch die Vergletscherung durchfurchte Elbtalwanne ist mit pleistozänen Sedimenten gefüllt, die sich vorwiegend aus weichselkaltzeitlichen Terrassenschottem (fQWf) der Elbe und aus der spätelster- bis frühsaalekaltzeitlichen fluviatilen Füllung (fQE2s-sf) zusammensetzen.

Im Westteil des Gebietes ist noch die holozäne Auenterrasse (Auelehm, lehmiger Sand - lfQHo, fQHo) vertreten, wobei sich die Mächtigkeit der Kiese und Sande im Bereich des heutigen Elbeverlaufes bis auf ca. 10 m verringert. Im Südwesten keilt der Grundwasserleiter auf das emporragende Festgestein bei Strehla aus, wie auch im Südosten östlich von Streumen.

Anhand der vorliegenden Aufschlussinformationen wurde die Quartärbasis modelliert. Die Abbildung 3–1 zeigt die Aufschlussbohrungen des Modellgebietes sowie die konstruierte Quartärbasis.

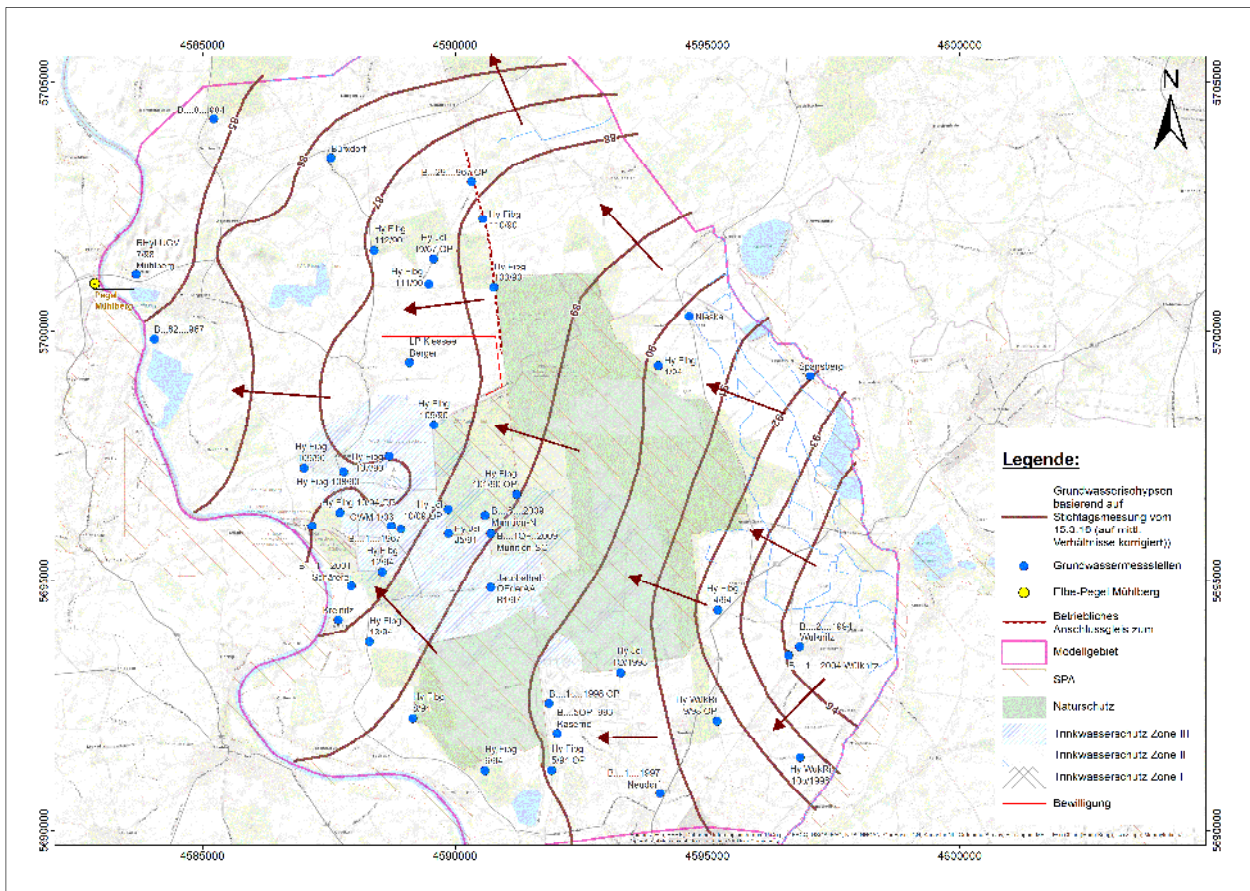


Abbildung 3–2: Grundwassergleichenplan zur Stichtagsmessung

Mit Darstellung der Grundwasserströmungsrichtung. Stichtagsmessung: 15.03.2016, Messwerte an Mittelwasserverhältnisse angeglichen.

Die generelle oberirdische Fließrichtung ist wesentlich durch den Hauptvorfluter Elbe im Westen und Schwarze Elster im Osten vorgegeben und verläuft im Wesentlichen nach Norden. Kleine Vorfluter im Westen des Untersuchungsgebietes fehlen (Ausnahme Altenau), während östlich des Schutzgebietes "Gohrische Heide" von Wülknitz bis Nieska viele kleine Gräben und Bäche im Entwässerungssystem Kleine Röder zusammengefasst sind.

Die Grundwasserfließrichtung wird überwiegend durch die Elbe vorgegeben. Im Südosten bei Wülknitz fließt das Grundwasser zunächst nach Westen und biegt im Bereich der Elbe nach Nordwesten ein. Im Bereich des Kiesabbaufeldes Altenau ist die Grundwasserfließrichtung westwärts gerichtet (siehe Abbildung 3–2 und Anlage 3.2). Zwischen den beiden Hauptvorflutersystemen Elbe und Kleine Röder/Schwarze Elster bildet sich lokal eine Grundwasserscheide aus.

3.2 Klimatische Verhältnisse (Station Oschatz)

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des Übergangsklimas zwischen maritimem und kontinentalem Einfluss. Aufgrund der länderübergreifenden Modellausdehnung (Sachsen und Brandenburg) ist im Rahmen der Grundwasserströmungsmodellierung eine Neuberechnung der Grundwasserneubildung erforderlich geworden. Für die Ermittlung der wasserhaushaltlichen Kenndaten wurden die Klimadaten der Station

Oschatz (Stationsnummer 03188) mit einer Datenreihe von 1985-2014 tabellarisch und grafisch aufbereitet (Tabelle 3–1 und Abbildung 3–3).

Tabelle 3–1: Klimadaten Station Oschatz [4]

(Durchschnittswerte auf den Zeitraum 1985-2014 bezogen.)

	Temperatur °C		Niederschlag		relative Feuchte	Sonne h/Tag
	max. Ø	min. Ø	mm	Tage		
Jan	8.0	-9.6	45	15	84	2.0
Feb	8.3	-6.3	36	14	81	2.9
Mär	11.6	-1.3	46	16	78	4.0
Apr	16.6	2.5	38	18	72	5.8
Mai	20.3	7.6	61	18	72	7.3
Jun	23.5	10.9	60	17	72	7.2
Jul	24.7	14.0	85	17	70	7.4
Aug	24.5	13.1	70	18	71	6.7
Sep	19.6	9.3	53	18	78	5.0
Okt	16.4	3.2	39	19	82	4.0
Nov	11.3	-1.4	55	14	86	2.2
Dez	8.9	-6.7	54	14	85	1.6
Jahr	16.1	2.9	643	197	78	4.7

Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,5°C und der korrigierte mittlere Jahresniederschlag beträgt 643 mm. Der meiste Niederschlag fällt im Juli mit 85 mm, der wenigste im Februar mit 36 mm. Die Anzahl der Regentage liegt zwischen 14 und 19 Tage im Monat.

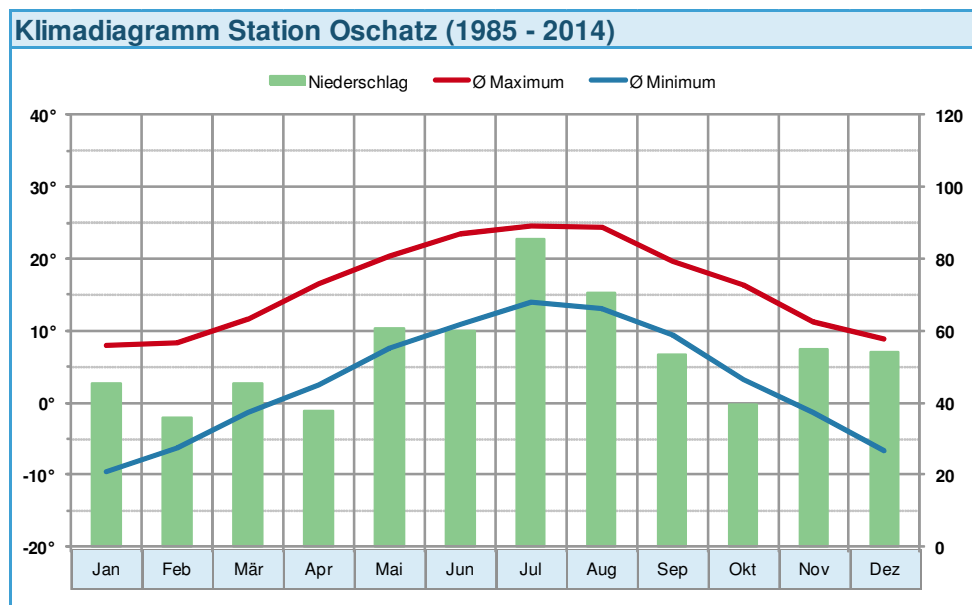


Abbildung 3–3: Klimadiagramm der Station Oschatz [4]

4 Abgrenzung Modellgebiet

Die Größe des Modellgebietes und die Wahl sinnvoller hydraulischer Begrenzungen sind entscheidend für die erfolgreiche strömungstechnische Simulation eines zu untersuchenden Gebietes. Der zu untersuchende Strömungsraum sollte so weit ausgedehnt sein, dass Simulationen im Innern des Reservoirs nicht

bzw. nicht erheblich von den Randbedingungen beeinflusst werden können. Durch die Wahl eines relativ großen Modellraumes wird diese Trivialbedingung hinreichend erfüllt (Lage des Modellgebietes siehe Anlage 1). Aufgrund der Fragestellung und der Anforderung an das Grundwassermodell, nämlich die Ermittlung der bergbaulichen Einflüsse auf das Grundwasser während des Förderbetriebes bzw. nach Beendigung des Kiesabbaus gemäß Rahmenbetriebsplan, wurde die Modellgröße an diese Randbedingung angepasst.

In einem ersten Ansatz wird ein rechteckiger 3D-Modellrand so definiert, wie er den oben aufgeführten Vorüberlegungen entspricht. Dabei verläuft die Westgrenze entlang der Elbe, die Südgrenze Richtung Zeithain nach Glaubitz und dann weiter parallel nach Norden folgend am Grödel-Elsterwerdaer-Floßkanal. In der Nähe der Ortschaft Koselitz bis zur Ortschaft Kröbels bildet die Kleine Röder die Ostgrenze des Modells im weiteren Verlauf nach Norden. Die nördliche Modellgrenze führt anschließend von Kröbels nördlich um die Dörfer Kosilenzien, Neuburxdorf, Langenrieth und Brottewitz schließlich zurück zur Westgrenze, der Elbe. Insbesondere im Süden als auch im Norden verläuft die Modellgrenze senkrecht zur allgemeinen Grundwasserströmungsrichtung, sodass diese als NOFLOW-Grenze im Modell integriert werden können. Gleichzeitig ist die Ausdehnung so groß gewählt, dass die angrenzenden Grundwasser beeinflussenden Kiessandtagebauen um Mühlberg als auch die Trinkwasserfassung Fichtenberg mit ihren Schutzzonen komplett innerhalb des Modellgebietes liegen.

Der Modellraum besitzt eine Erstreckung von 15,9 km von Westen nach Osten und von 17 km von Süden nach Norden. Die Fläche beträgt 178,5 km² (270 km² gesamtes Modell, Anlage 1).

5 Grundwassermodellierung

5.1 Modellsoftware

Zur numerischen Simulation der Grundwasserströmung wurde Modflow unter der Programmoberfläche GMS (Groundwater Modeling System) verwendet. GMS ist eine 3D- Grafik gestützte Umgebung zur Modellierung von Grundwasserströmung und Stofftransportströmung. Bei GMS handelt es sich um eine kommerzielle Software die weltweite Verbreitung gefunden hat. Mit dem System werden hauptsächlich Public Domain verfügbare Simulatoren wie MODFLOW und MT3D unterstützt. Innerhalb der graphischen Oberfläche können 3D- Sachverhalte sowohl visualisiert als auch miteinander verschnitten werden [5].

GMS besitzt umfangreiche grafikgestützte Werkzeuge und Objektarten, mit denen es möglich ist, direkt mit bohrungsbezogenen Daten im Raum zu arbeiten. Unter Verwendung der GIS-Funktionalität von GMS wurde das konzeptionelle hydrogeologische Modells bezüglich der Modellränder, Schichtverbreitungen, Randbedingungen erstellt und GIS-gebunden (koordinatengetreu) gehalten. Das konzeptionelle Modell ist unabhängig vom Berechnungsnetz, wie z.B. die Grundwasserneubildung in Form von Polygonen, die Gewässer in Form von 3D-Linien bzw. Polygonen und Brunnen in Form von Punktdaten). Weiterhin besitzt GMS umfangreiche geostatistische Werkzeuge, mit denen die Parameterverteilungen im Modellnetz effektiv bearbeitet werden können, und es besteht unter MODFLOW2005 bzw. unter Zuhilfenahme einer auf GMS zugeschnittenen Version von PEST die Möglichkeit der automatisierten Parameteridentifikation.

The map shows a coastal area with a blue-shaded region representing the study area. A red rectangle highlights a specific area within the study area. The map includes a scale bar (15,000m and 17,000m) and labels for the cross-sections: A-A' W-O-Profil and B-B' S-N-Profil. A red rectangle highlights the area of interest.

Das Modell wird vertikal in 4 Schichten unterteilt, die den gesamten quartären Grundwasserleiter beinhalten. Die Basis der 4. Schicht entspricht dabei der Basis der quartären Sedimente. Weiterhin sind die 4 Schichten unterhalb der gemessenen Grundwasseroberfläche in gleichmäßig mächtige Einheiten unterteilt. Die 4 Schichten werden insbesondere für die 3-dimensionale Wiedergebung der Kieseseegeometrien benötigt (siehe Abbildung 5–3 und Abbildung 5–4).



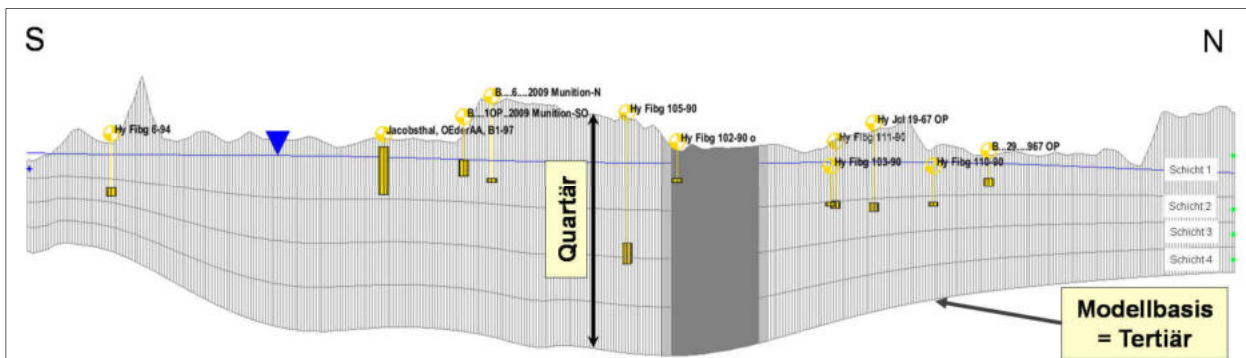


Abbildung 5-4: Süd-Nord-Profilschnitt B-B'

Die aus den Aufschlussbohrungen vorhandenen Schichtenverzeichnisse wurden nach Erfahrungswerten in 11 k_f -Wertgruppen übersetzt (Tabelle 5-1) und im geologischen 3d-Modell (GOCAD) interpoliert (DSI - Discrete Smooth Interpolation, Mallet 1992 [6], Abbildung 5-5). Diese Ausgangsverteilung wurde weiterhin auf das Grundwasserströmungsmodell übertragen, wobei zur Vereinfachung allen 4 Schichten die gleiche horizontale k_f -Wertverteilung zugewiesen worden ist.

Tabelle 5-1: Überblick der generalisierten Substratansprache und Zuweisung des k_f -Wert

HGU - Hydrogeological Unit (ID-Nummer)

HGU	Kürzel	Klartext	k_f -Wert [m/s]
100	t	Ton	$1,0 \cdot 10^{-8}$
200	u	Schluff	$1,0 \cdot 10^{-6}$
300	brk	Braunkohle	$1,0 \cdot 10^{-5}$
400	mg	Geschiebemergel	$1,0 \cdot 10^{-6}$
500	fs	Feinsand	$5,0 \cdot 10^{-5}$
600	s	Sand	$2,5 \cdot 10^{-4}$
700	gs	Grobsand	$5,0 \cdot 10^{-4}$
800	fg	Feinkies	$1,0 \cdot 10^{-3}$
900	g	Kies	$2,0 \cdot 10^{-3}$
1000	gg	Grobkies	$2,5 \cdot 10^{-3}$
1100	fest	Festgestein, Grundgebirge	$1,0 \cdot 10^{-6}$

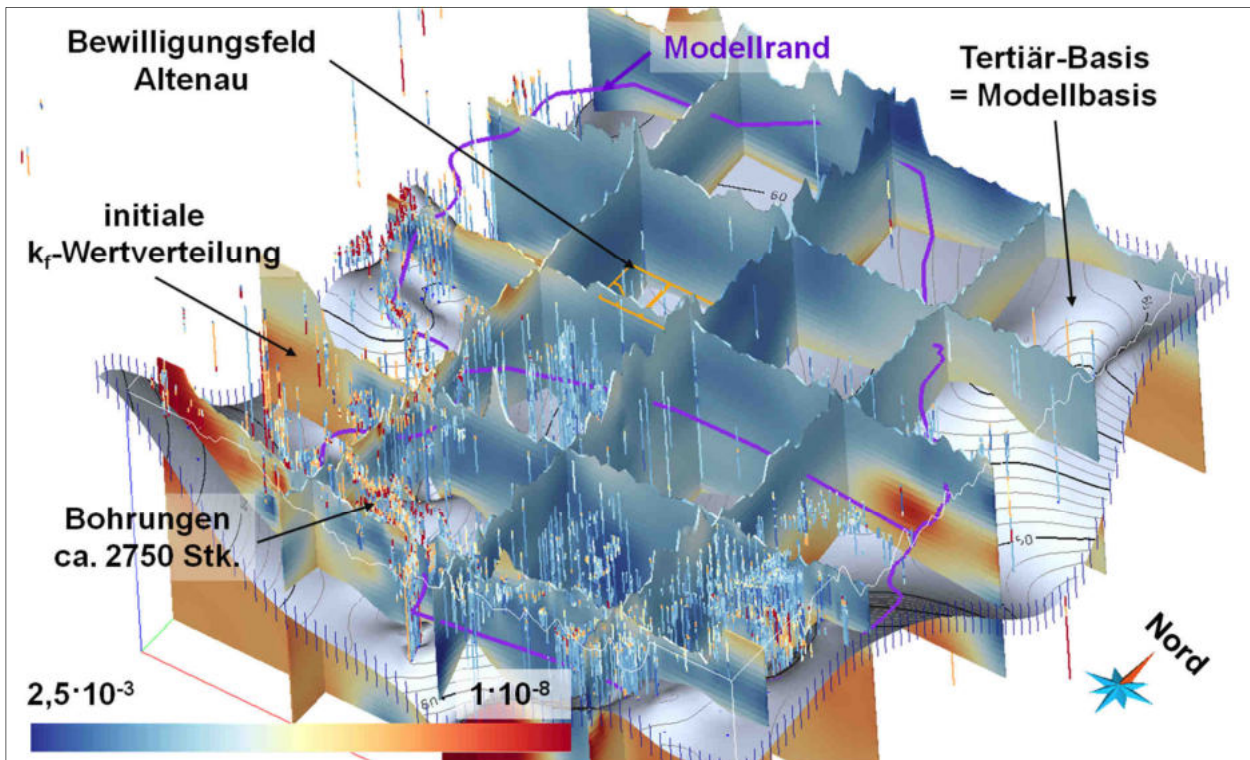


Abbildung 5–5: Berechnete initiale k_f -Wertverteilung [m/s]

Die k_f -Werte wurden aus den Schichtenansprachen übersetzt und in ein geologisches 3d-Modell mittels der GOCAD-spezifischen DSI-Methode (Discrete Smooth Interpolation, Mallet 1992 [6]) interpoliert. Multiple Schnittdarstellung. Blau: hohe hydraulische Durchlässigkeit (Grundwasserleiter), rot: niedrige hydraulische Durchlässigkeit (Grundwassergeringleiter). 100fache Überhöhung.

5.2.2 Randbedingungen

Es wurde angestrebt die Randbedingungen so zu definieren, dass sie nicht vom Geschehen im Innern des Modellgebietes beeinflusst und für den gesamten Berechnungszeitraum vorgegeben werden können. Für sie soll keine Kalibrierung erfolgen (hydraulische Kennwerte und Randbedingungen sind voneinander abhängig und somit über Parameteridentifikation nur unsicher gemeinsam zu kalibrieren).

Im vorliegenden Modell begrenzt die Elbe als äußere RIVER-Randbedingung das Modell. Der hydraulisch angeschlossene Kiessee auf Höhe der GWM B...82....967 und der Hafen von Mühlberg werden ebenfalls als RIVER-RB als innere Randbedingung implementiert.

Ein Großteil des östlichen Modellgebietes erhält für die kleinen Gräben und die Kleine Röder bzw. dem Grödel-Elsterwerdaer-Floßkanal die DRAIN-RB. Der nördliche Modellrand erhält als äußere Modellberandung eine DRAIN-RB.

Der Rest der Seen und Gewässer werden mittels Kurzschluss- k_f -Werten von $1 \cdot 10^{-1}$ m/s berücksichtigt.

Die Förderbrunnen der Trinkwasserefassung Fichtenberg werden als WELLS im Modell implementiert. Die Entnahmemenge beträgt durchschnittlich 9623 m³/d (Zeitraum Jan. 2014 bis Mär 2016), wobei sich die Gesamtentnahmemenge auf die 3 Brunnen Br.1/2002, Br.2/2002 und Br.3/2002 aufteilt [7].

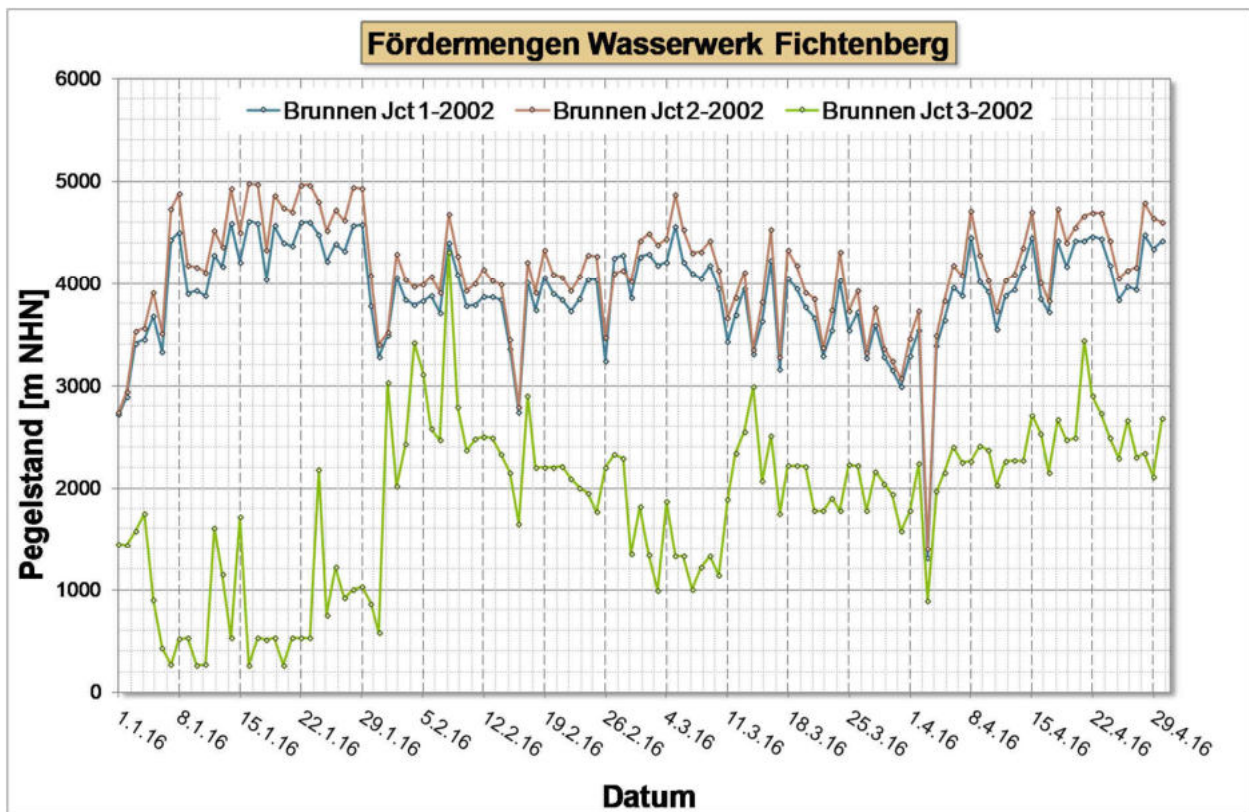


Abbildung 5–6: Förderstatistik Wasserwerk Fichtenberg [7]

Die Randbedingungen sind in Abbildung 5–7 und Anlage 2.2 dargestellt.

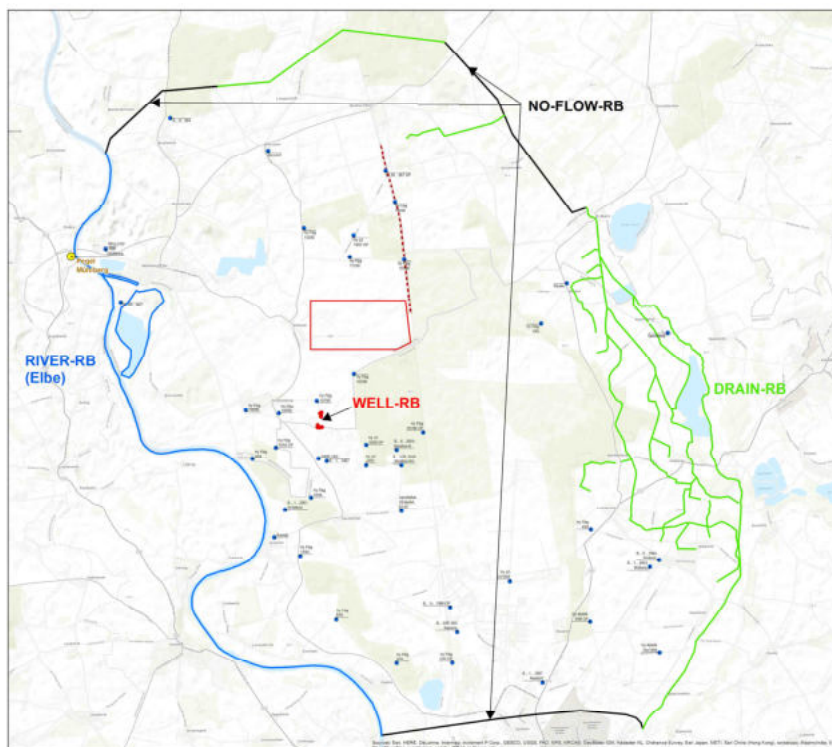


Abbildung 5–7: Darstellung der Modellrandbedingungen (RB)

5.2.3 Grundwasserneubildung als innere Randbedingung

Die Ermittlung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung erfolgt anhand der folgenden Wasserbilanzgleichung:

$$\text{GWN} = \text{P}_{\text{korr}} - \text{Eta} - \text{Ro}$$

GWN Grundwasserneubildung

P_{korr} auf Bodenniveau korrigierter Niederschlag

Eta reale Verdunstung

Ro Oberirdischer Abfluss

Die Berechnungsgrundlage für die mittlere langjährige Grundwasserneubildung ist das Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA nach dem ATV-DVWK Merkblatt M504 [8]. Dieses Verfahren basiert auf der BAGROV-GLUGLA-Beziehung und dient der Bestimmung des langjährigen Mittels der realen Verdunstung. Es wird in Ostdeutschland seit den 1970er Jahren erfolgreich zur Bestimmung der Grundwasserneubildung im Lockergesteinsbereich eingesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt. Eingangsgrößen der Berechnung sind der korrigierte Niederschlag, die landnutzungsabhängige maximale Verdunstungshöhe sowie ein Effektivitätsparameter n , der summarisch die Standortfaktoren wie nutzbare Feldkapazität und Landnutzung repräsentiert.

Tabelle 5–2: Wasserhaushaltsdaten Station Oschatz

Klimadaten von 1985 - 2014. Alle Angaben in mm/a. Mischwald: 50%/50% Laub-/Nadelwald; Siedlung: 35% versiegelte Fläche, 20% Grünland, 20% Acker, 25% Laubwald.

P_{korr}	P_{korr} Sommer	ET_0	EW
643	369	658	752

P_{korr} : korrigierter Niederschlag

P_{korr} -Sommer: korrigierter Sommerniederschlag

ET_0 : Grasreferenzverdunstung nach PENMAN-MONTEITH

EW Gewässerverdunstung

Die klimatische Wasserbilanz stellt sich wie folgt dar:

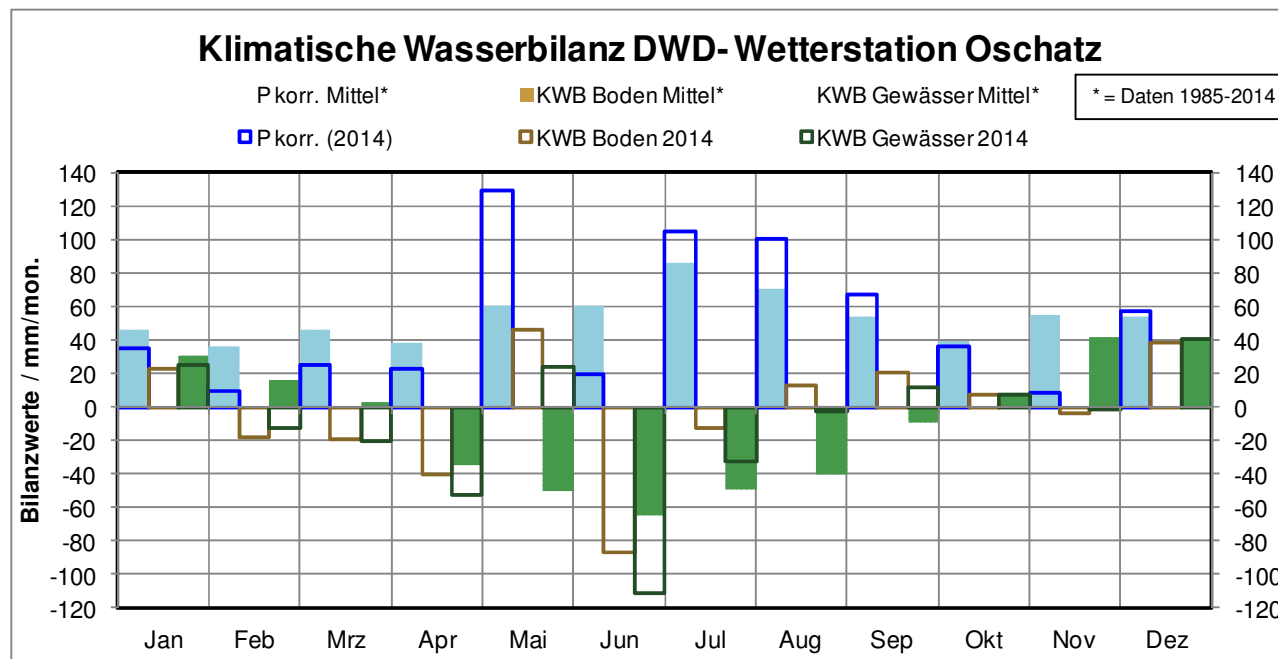


Abbildung 5–8: Klimatische Wasserbilanz Station Oschatz 1985-2014

Obwohl die langjährigen mittleren Niederschläge in den Sommermonaten am größten ist, ist aufgrund der Vegetationsperiode die klimatische Wasserbilanz negativ. Das heißt, es kommt zu einer Grundwasserzehrung und der GW-Speicher wird nicht aufgefüllt (grüne Balken Apr.-Sep. in Abbildung 5–8). Dagegen ist die klimatische Wasserbilanz in den Wintermonaten positiv und der Grundwasserleiter kann sich wieder auffüllen. Trotzdem ist die ermittelte Bilanz über den 30Jahre-Zeitraum 1985-2014 mit -15 mm/a negativ, wobei sie für das hydrologische Jahr 2014 bei -38 mm/a gelegen hat.

Entsprechend den 7 Grundhydrotopen nach BAGROV-GLUGLA wird folgende Zuordnung festgelegt:

Tabelle 5–3: CORINE-Landnutzung und Zuordnung der Grundhydrotopen

Grundhydrotopen: 1) versiegelte Fläche, 2) vegetationslose Fläche, 3) Grünland, 4) Ackerland, 5) Laubwald, 6) Nadelwald, 7) Gewässer
Umtriebsalter für 324 - Wald-Strauch-Übergangsstadien: 25 Jahre, sonst 75 Jahre

Code	CORINE-Landnutzung	Anteil an Grundhydrotopen in %						
		1	2	3	4	5	6	7
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	35		20	20	25		
121	Industrie- und Gewerbeflächen	85		10		5		
131	Abbauflächen		70	25				
211	Ackerland				100			
231	Wiese und Weiden			100				
243	wechselnde landw. u. natürl. Bodenbedeckg.			35	40	15	10	
311	Laubwald					100		
312	Nadelwald						100	
313/ 324	Mischwald/ Wald-Strauch-Übergangsstadien					50	50	
511/512	Wasserflächen							100

Aus der Bodenkarte BK50 liegen 12 verschiedene Bodentypen vor. Diese wurden nach Bodenkundl. Kartieranleitung in Bodenarten generalisiert:

Tabelle 5-4: Übersicht Bodenarten

Kürzel	Bodenart
L	Lehm
mS	Mittelsand
W	Wasserfläche

Nach dem Verschnitt der Landnutzung (CORINE-Codes gemäß ATV-DVWK-M 504 [8]) mit den Bodenarten ergeben sich 23 Hydrotope. Für die Berechnung der Grundwasserneubildung nach BAGROV-GLUGLA wird bei den Wäldern ein Umtriebsalter von pauschal 75 Jahre angesetzt. Die Bewuchshöhe beim Grundhydrotop 3) Grünland beträgt 20 cm und beim Wald 1500 cm.

Tabelle 5-5: Übersicht Hydrotope, Grundwasserneubildung

L: Lehm, mS: Mittelsand, wa: Wasserfläche

ff.Nr.	Hydrotope nach Landart + Bodenart	mm/a
1	112 Nicht durchgängig städtische Prägung L	249
2	112 Nicht durchgängig städtische Prägung mS	284
3	121 Industrie- und Gewerbeflächen L	431
4	121 Industrie- und Gewerbeflächen mS	431
5	131 Abbauflächen L	212
6	131 Abbauflächen mS	300
7	211 Ackerland L	146
8	211 Ackerland mS	228
9	231 Wiesen und Weiden L	159
10	231 Wiesen und Weiden mS	236
11	243 wechselnde landw. u. natürl. Bodenbedeckung L	134
12	243 wechselnde landw. u. natürl. Bodenbedeckung mS	118
13	311 Laubwälder L	107
14	311 Laubwälder mS	118
15	312 Nadelwälder L	36
16	312 Nadelwälder mS	40
17	313 Mischwälder L	72
18	313 Mischwälder mS	79
19	324 Wald-Strauch-Übergangsstadien L	121
20	324 Wald-Strauch-Übergangsstadien mS	137
21	333 Flächen mit spärlicher Vegetation mS	295
22	511 Gewässerläufe wa	-129
23	512 Wasserflächen wa	-129

Die nachfolgende Abbildung 5-9 zeigt die Verteilung der Grundwasserneubildung bzw. -zehrung im Modellgebiet (siehe auch Anlage 2.3).

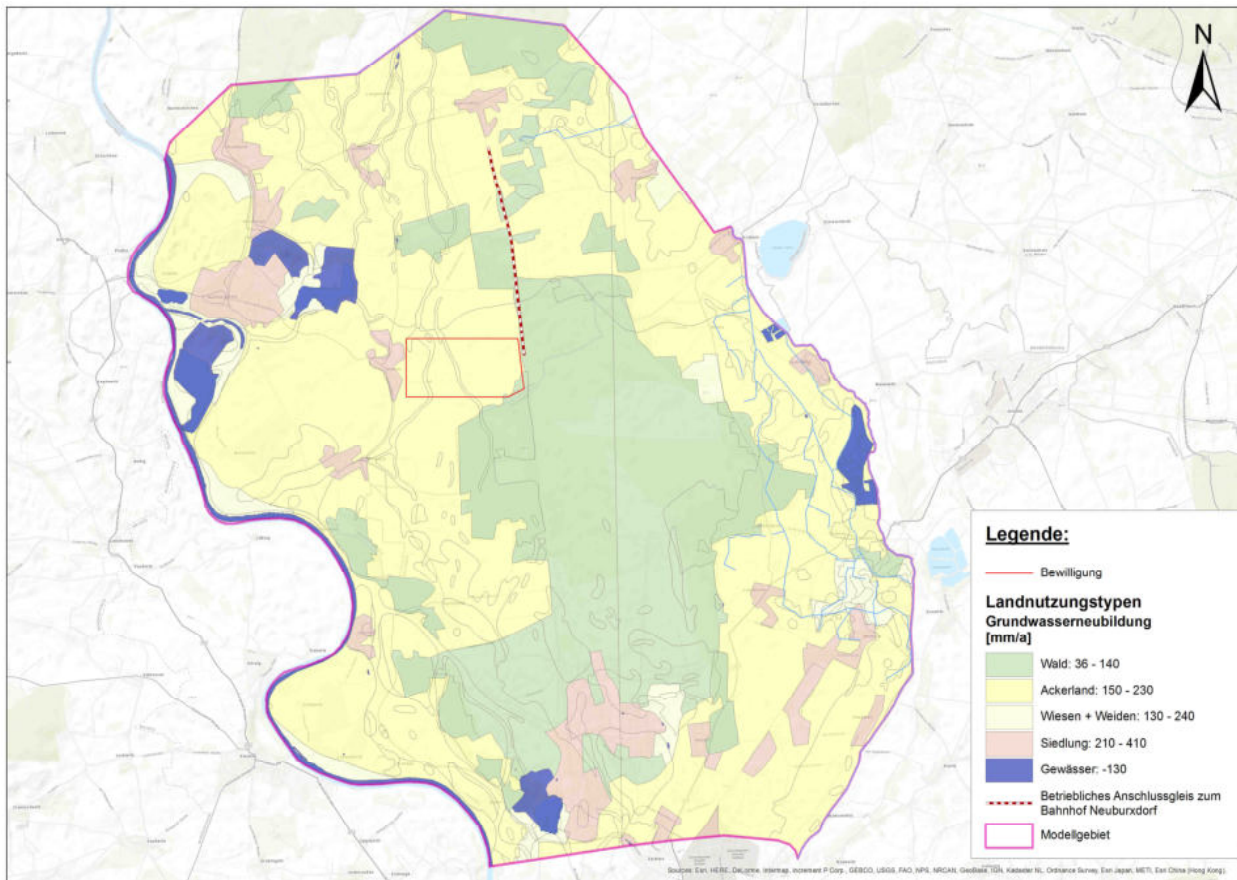


Abbildung 5–9: Langjährige mittlere Grundwasserneubildung im Modellgebiet

(vereinfachte Zusammenfassung, siehe Anlage 2.3)

Die Grundwasserneubildung ist ebenfalls abhängig vom Grundwasserflurabstand. Bei geringen Grundwasserflurabständen steigt der Verdunstungsanteil, sodass sich in Abhängigkeit vom Flurabstand eine reduzierte Grundwasserneubildung ergibt. Bei einem Flurabstand von $>2,0$ m, der Ausschöpfungstiefe, ist keine Verdunstung mehr zu erwarten, so dass die volle GWNB ohne Reduzierung wirkt.

Im Modell wird der zusätzliche Verdunstungsanteil "EVAPOTRANSPIRATION", der die Differenz zwischen maximaler und minimaler GWNB darstellt, als gleichnamige Randbedingung berücksichtigt und wird von MODFLOW bei flurnahen Grundwasserständen automatisch berücksichtigt.

5.3 Modellkalibrierung

Das vorliegende Grundwasserströmungsmodell wurde auf Basis der Stichtagswerte vom 15.03.2016 unter Berücksichtigung der messtechnisch erfassten Vorflutwasserstände stationär angepasst.

Dazu wird in einem ersten Schritt eine Datenanalyse durchgeführt, bei der zunächst die Messwerte mit ihren statistischen Hauptwerten grafisch dargestellt werden, um die Stichtagsmessung hydrologisch einordnen zu können.

5.3.1 Analyse der Ganglinien der Grundwassermessstellen

Aufgrund der Kopplung zwischen Grund- und Oberflächenwasser ist davon auszugehen, dass zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung keine mittleren Grund- bzw. Oberflächenwasserverhältnisse anzutreffen sind. Daher ist eine Ganglinienanalyse, mindestens die Darstellung der statistischen Hauptzahlen, im vorliegenden Fall sinnvoll, um die Messwerte der Stichtagsmessung im Gesamtkontext einordnen zu können.

Die Ganglinien der Grundwassermessstellen und des Elbepegels Mühlberg sind je nach ihres Monitoring-einsatzes in der Anlage 3.1 zusammengefasst. Folgende langjährige Aufzeichnungsdaten von Grundwasserständen liegen vor:

- Elbepegel Mühlberg
- 4x GWM staatliches Grundwassermonitoring Land Brandenburg
- 5x GWM staatliches Grundwassermonitoring Land Sachsen
- Grundwassermonitoring Kiesabbau Berger/ Altenau
- Grundwassermonitoring Kiesabbau Holcim/ Zeithain
- Grundwassermonitoring Wasserwerk Riesa-Großenhain mit der Wasserfassung Fichtenberg.

Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung lag der Elbepegel Mühlberg mit 85,30 m ca. 0,50 m über dem offiziellen Mittelwasser, wobei die Pegelstände insgesamt rückläufig waren.

Grundwassermessstellen, die im Nahbereich der Elbe liegen, zeichnen den Ganglinienverlauf je nach ihrer Entfernung zur Elbe zeitversetzt nach, so z.B. Kreinitz, Mühlberg oder Köttlitz. Die Grundwasserstände lagen bei diesen GWM ebenfalls oberhalb ihres Ganglinienmittels ($Q_{50\%}$). Die Messwerte dieser Gruppe müssen daher nach unten korrigiert werden.

Eine 2. Gruppe von Grundwassermessstellen zeigt einen seit dem Elbe-Hochwasser im Sommer 2013 einen rückläufigen Trend. Dies betrifft GWM sowohl im Süden des Modellgebietes (Lattenpegel Kiessee Holcim, Zeithain, Jcl 1o/93) wie auch in der Mitte auf Höhe des Wasserwerkes Fichtenberg (Hy Fibg 107/90, Hy Fibg 105/90) bzw. des Kiestagebaus Altenau (Aen 2/95OP) und auch GWM im Norden (Hy Fibg 111/90, Burxdorf). Bei dieser GWM-Gruppe liegen die Stichtagswerte unterhalb des Mittels. Insbesondere der Lattenpegel am Kiessee Holcim liegt ca. 2,0 m unterhalb des langjährigen Mittels. Die Messwerte dieser Gruppe müssen daher nach oben korrigiert werden.

Die Stichtagswerte der beiden Grundwassermessstellen Nieska und Spansberg, die aufgrund ihrer Entfernung von der Elbe weitestgehend unbeeinflusst sind, liegen im Bereich des langjährigen Mittels bei $Q_{25\%}$ der vorliegenden Messreihe. Dies betrifft auch die restlichen GWM, die östlich des FFH-Schutzgebietes "Gohrische Heide" liegen. Die Stichtagswerte dieser GWM werden daher weniger bzw. nicht angepasst.

Die nun folgende Anpassung der Stichtagswerte wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

5.3.2 Modellkalibrierung

Im Ergebnis der Datenanalyse zeigt sich, dass die Elbe als Hauptvorfluter im Untersuchungsgebiet eine wesentliche Rolle spielt. Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung erreichte der Elbepegel ca. 0,50 m mehr als Mittelwasser. Gleichzeitig liegen die Wasserstände der GWM in der Mitte des Modellgebietes wesentlich niedriger als im Mittel, zumal bei einem Großteil der GWM ein Rückgang der Grundwasserstände seit 2013 zu beobachten ist. Dagegen liegen die GW-Stände der GWM im Osten in etwa beim langjährigen Mittel.

Deshalb erfolgte eine entsprechende Korrektur aller Messwerte auf Mittelwasser entsprechend ihrer räumlichen Entfernung zur Elbe. Messwerte nahe der Elbe werden nach unten und Messwerte um 4000 m Entfernung entsprechend nach oben korrigiert. Die Anpassungsfunktion entspricht einem Polynom 3. Ordnung und ist in unten stehender Abbildung 5–7 dargestellt. Die korrigierten Messwerte der Stichtagsmessung vom 15.03.2016 sind in der Tabelle 5–6 zusammengefasst und in Anlage 3.2 als konstruierter Hydroisohypsenplan grafisch dargestellt.

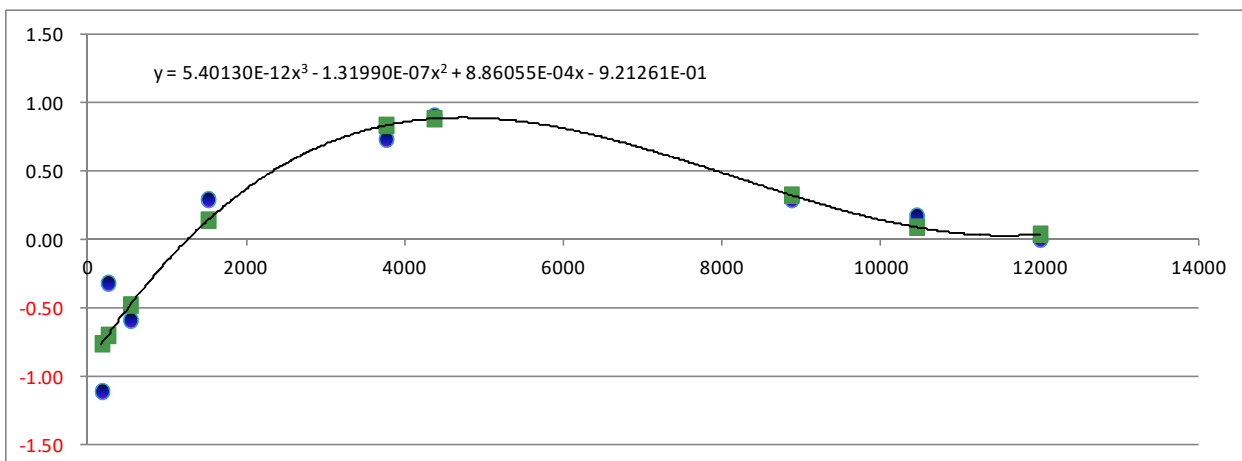


Abbildung 5–10: Funktion zur Anpassung der Stichtagswerte

Anpassung der GW-Stichtagswerte in Abhängigkeit zur lotrechten Entfernung der GWM zur Elbe. Funktionale Abhängigkeit entspricht etwa Polynom 3. Grades. Verringerung von Stichtagswerten in Elbenähe, Erhöhung von GWM-Werten, je größer die Entfernung. Blaue Punkte: Um Differenzbetrag korrigierter Stichtagswert; grüne Punkte: Ideal angepasste Funktionswerte zur Kontrolle.

Tabelle 5–6: Überblick Stichtagsmessung mit Wsp-Korrektur

Alle Angaben in Meter.

NAME	X	Y	Stichtagswert	Entfernung Elbe	Korr.-Faktor	korrt. Stichtagswert
Hy Jcl 19/67 OP	4589573	5701467	86.81	5885	0.82	87.63
B...29....967 OP	4590329	5703013	86.91	6524	0.74	87.65
Hy Fibg 106/90	4588696	5696038	87.55	1583	0.17	87.72
GWM 1/03	4588738	5696113	87.24	1656	0.21	87.45
Hy Fibg 6/94	4590592	5691205	89.78	1038	-0.14	89.64
Hy Fibg 5/94 OP	4591913	5691211	89.68	2122	0.42	90.10
Hy Fibg 5/94 UP	4591912	5691210	89.89	2122	0.42	90.31
Aen 2/95 OP	4589005	5699668	86.53	4248	0.87	87.40
Hy Fibg 102/90 o	4590915	5698820	87.25	4954	0.89	88.14
Hy Fibg 105/90	4589578	5698144	86.69	3491	0.79	87.48
LP Kiessee Berger	4589098	5699399	86.54	4086	0.86	87.40

NAME	X	Y	Stichtagswert	Entfernung Elbe	Korr.-Faktor	korr. Stichtagswert
Hy Jcl 19/67 MP	4589573	5701467	86.81	5885	0.82	87.63
B...82....967	4584044	5699854	86.07	184	-0.76	85.31
Elbe Pegel Mühlberg	4582921	5700969	85.30	45	-0.88	84.41
B....8....984	4585219	5704272	84.58	1744	0.25	84.83
WBr Köttlitz	4583606	5701151	85.29	542	-0.48	84.81
RHyLUGV 7/98 Mühlberg	4583686	5701145	85.15	577	-0.45	84.70
Burxdorf	4587540	5703500	85.82	3761	0.83	86.65
RHyLUGV210/12 Fichtenberg	4587598	5697312	88.05	1520	0.14	88.19
Hy Fibg 1/94	4594023	5699341	89.55	7844	0.51	90.06
Hy Fibg 4/94	4595206	5694417	92.09	6647	0.72	92.81
Hy Jcl 10/1993	4593281	5693173	89.48	4367	0.88	90.36
Hy WükRi 10o/1998	4596836	5691467	92.12	6855	0.69	92.81
Hy WükRi 10u/1998	4596835	5691467	92.11	6855	0.69	92.80
Hy Fibg 12/94	4588559	5695186	88.01	1156	-0.07	87.94
B....1OP..2009 Munition-SO	4590707	5695947	88.17	3428	0.78	88.95
B....1UP..2009 Munition-SO	4590707	5695949	88.17	3428	0.78	88.95
Hy Jcl J5/91	4589870	5695950	87.78	2625	0.59	88.37
Jacobsthal, OEderAA, B1/97	4590706	5694870	88.77	3244	0.75	89.52
Hy Fibg 103/90	4590770	5700888	87.62	6290	0.77	88.39
Hy Fibg 110/90	4590552	5702265	87.73	6783	0.70	88.43
Hy Fibg 108/90	4587793	5697205	86.70	1555	0.16	86.86
Hy Fibg 112/90	4588395	5701637	86.13	4734	0.89	87.02
Hy Mhbg P 1/2	4588318	5701655	86.19	4655	0.89	87.08
Hy Fibg 111/90	4589479	5700951	86.36	5580	0.85	87.21
B...29....967 MP	4590329	5703013	86.91	7130	0.64	87.55
B...29....967 UP	4590329	5703013	86.90	7130	0.64	87.54
Hy Fibg 107/90	4588698	5697516	86.61	2415	0.52	87.13
B....2....1994 Wülknitz	4596822	5693679	94.17	7616	0.56	94.73
B....1....2001 Schäferrei	4587944	5694897	87.88	502	-0.51	87.37
B....2....2003 Schäferrei	4587932	5694932	87.79	494	-0.52	87.27
B....1....2004 Wülknitz	4596608	5693514	93.61	7351	0.61	94.22
B....1a...1998 UP	4591860	5692558	89.54	2885	0.67	90.21
B....1b...1998 MP	4591863	5692555	89.51	2885	0.67	90.18
B....1c...1998 OP	4591860	5692554	89.53	2885	0.67	90.20
Hy Jcl 1M/1993	4593281	5693174	89.51	4400	0.88	90.39
Hy Jcl 1U/1993	4593279	5693174	89.40	4400	0.88	90.28
B....5OP..993 Kaserne	4592026	5691959	89.57	2628	0.59	90.16
B....5MP..993 Kaserne	4592024	5691959	89.56	2628	0.59	90.15
B....5UP..993 Kaserne	4592024	5691961	89.58	2628	0.59	90.17
B....6....2009 Munition-N	4590596	5696324	87.78	3433	0.78	88.56
B....1....1967	4588931	5696050	87.38	1798	0.28	87.66
Hy Fibg 8/94	4589161	5692258	89.26	1158	-0.06	89.20
Hy WükRi 9/98 OP	4595189	5692203	90.66	5519	0.86	91.52
Hy WükRi 9/98 UP	4595189	5692203	90.66	5519	0.86	91.52
Hy Fibg 101/90 OP	4591223	5696742	88.12	4169	0.87	88.99
Hy Fibg 13/94	4588305	5693779	88.65	977	-0.18	88.47
Hy Fibg 10/94 UP	4587721	5696377	87.81	936	-0.20	87.61
Hy Fibg 10/94 OP	4587722	5696378	87.78	936	-0.20	87.58
Hy Fibg 11/94	4587464	5695443	88.77	219	-0.73	88.04
Hy Fibg 9/94	4587170	5696109	87.67	338	-0.64	87.03
Hy WükRi 8/98 OP	4596508	5693205	92.29	7129	0.64	92.93
Hy WükRi 8/98 MP	4596507	5693204	92.75	7129	0.64	93.39
Hy WükRi 8/98 UP	4596506	5693203	92.53	7129	0.64	93.17
B....1....1984	4587906	5693194	87.66	916	-0.22	87.44
B....1....1997 Neudorf	4594058	5690745	90.09	3985	0.86	90.95
Hy Tfa 3/2004	4598518	5696305	94.43	10500	0.08	94.51
Hy Jcl 10/09 OP	4589865	5696445	87.55	2810	0.65	88.20

NAME	X	Y	Stichtagswert	Entfernung Elbe	Korr.-Faktor	korr. Stichtagswert
Hy Jcl 10/09 UP	4589868	5696445	87.56	2810	0.65	88.21
Hy Jcl 16/11 OP	4589866	5696254	84.91	2729	0.62	85.53
Hy Jcl 16/11 UP	4589865	5696254	84.84	2729	0.62	85.46
Hy Fibg 109/90	4587010	5697278	86.62	1165	-0.06	86.56
LP Kiessee Holcim	4591400	5690156	88.24	1264	-0.00	88.24
Spansberg	4597030	5699120	91.88	10444	0.09	91.97
Kreinitz	4587687	5694227	88.34	259	-0.70	87.64
Nieska	4594636	5700316	89.67	8868	0.32	89.99

Die Modellkalibrierung wurde unter Berücksichtigung einer initialen k_f -Wertverteilung, abgeleitet aus den Schichtenansprachen der vorliegenden Aufschlussbohrungen, mittels *parameter estimation* (PEST) in MODFLOW automatisiert und anschließend manuell in mehreren Wiederholungen durchgeführt. Für alle Modellelemente erfolgte eine räumliche Interpolation der k_f -Werte über 37 im Modellgebiet verteilten Stützstellen. Die einzelnen k_f -Werte dieser Stützstellen waren Zielgrößen der Modellkalibrierung. Der zugelassene Wertebereich lag zwischen $5 \cdot 10^{-5}$ bis $3,5 \cdot 10^{-3}$ m/s. Dabei wurden die k_f -Werte und Zusatzleitwerte der Vorfluter bzw. DRAIN-Randbedingungen mit dem Ziel eines möglichst geringen Modellfehlers angepasst. Die Kiesseen sind im GW-Modell mit Durchlässigkeiten von $1 \cdot 10^{-1}$ m/s belegt und simulieren hydraulisch gesehen einen Kurzschluss. Die ermittelten Durchlässigkeiten sind in unten stehender Abbildung 5–11 und in Anlage 3.3 dargestellt.

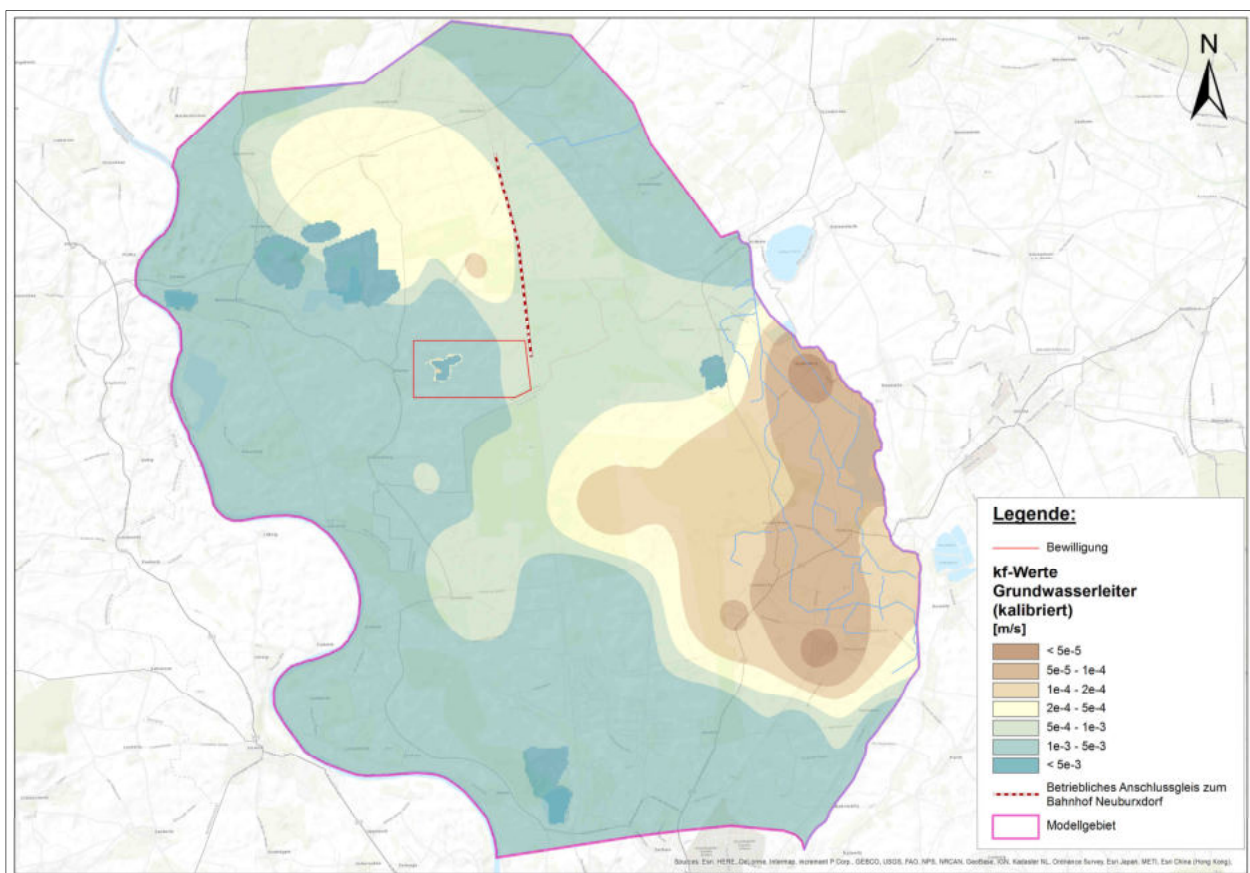


Abbildung 5–11: Stationär kalibrierte k_f -Wertverteilung der Modellschichten 1-4

Die Abbildung 5–12 und die Tabelle 5–7 stellen die gemessenen den berechneten Grundwasserspiegeln gegenüber.

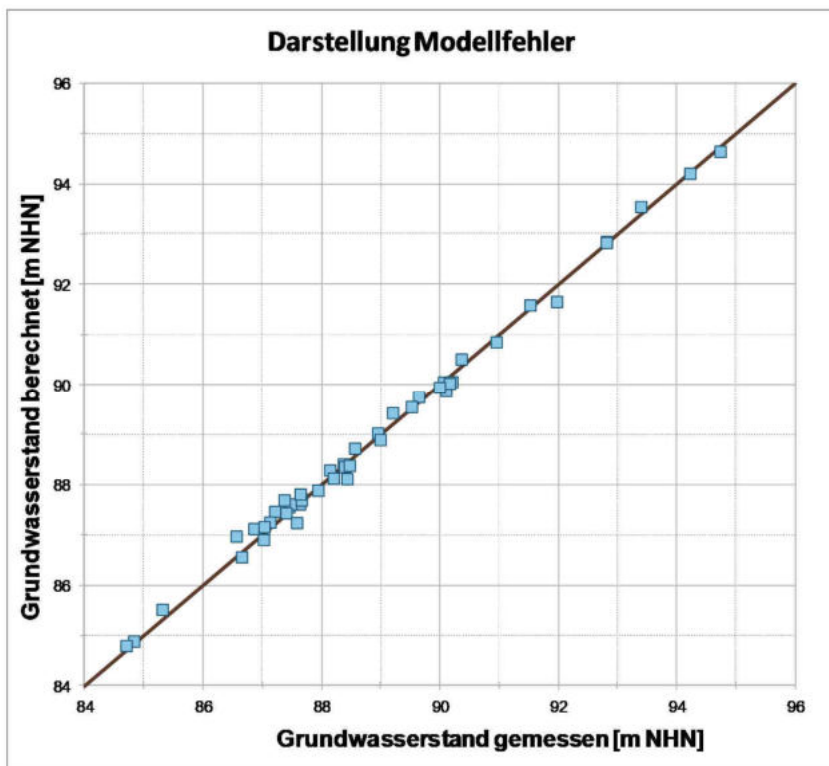


Abbildung 5–12: Modellabweichung

Tabelle 5–7: Ergebnis der Modellkalibrierung, Stichtag 09.02.2015

	Bezeichnung der Grundwassermessstelle	Rechtswert Gauß-Krüger Zone 4	Hochswert Gauß-Krüger Zone 4	Geländeoberkante	Filteroberkante	Filterunterkante	Grundwasserspiegel gemessen [mNHN]	Grundwasserspiegel berechnet [mNHN]	Abweichung [m]
ID	NAME	X-Koord.	Y-Koord.	GOK	FOK	FUK	Wsp. gemessen	Wsp. berechnet	Fehler (abs)
219	Hy Jcl 19/67 OP	4589572.90	5701466.70	91.70	77.70	75.70	87.63	87.62	0.01
220	B...29....967 OP	4590329.00	5703013.00	90.80	83.90	81.90	87.65	87.73	-0.08
222	GWM 1/03	4588737.80	5696113.20	93.44	89.94	82.94	87.45	87.56	-0.11
223	Hy Fibg 6/94	4590592.00	5691205.00	94.91	81.51	79.51	89.64	89.75	-0.11
224	Hy Fibg 5/94 OP	4591913.00	5691211.00	95.27	87.37	85.37	90.10	89.88	0.22
227	Hy Fibg 102/90 o	4590915.00	5698820.00	92.94	83.94	82.94	88.14	88.29	-0.15
228	Hy Fibg 105/90	4589578.00	5698143.70	93.01	68.01	63.01	87.48	87.62	-0.14
229	LP Kiese See Berger	4589098.00	5699399.00	89.45	89.45	88.45	87.40	87.44	-0.04
231	B...82....967	4584044.37	5699854.46	89.83	79.43	77.43	85.31	85.52	-0.21
233	B....8....984	4585218.50	5704272.10	90.20	82.70	80.70	84.83	84.89	-0.06
235	RHyLUGV 7/98 Mühlberg	4583685.93	5701144.85	90.10	80.10	78.10	84.70	84.80	-0.10
236	Burxdorf	4587540.34	5703499.76	90.40	85.60	84.60	86.65	86.57	0.08
239	Hy Fibg 1/94	4594023.00	5699341.00	92.52	85.52	84.52	90.06	90.06	0.00
240	Hy Fibg 4/94	4595206.00	5694417.00	96.33	88.33	87.33	92.81	92.86	-0.05

	Bezeichnung der Grundwassermessstelle	Rechtswert Gauß-Krüger Zone 4	Hochswert Gauß-Krüger Zone 4	Geländeoberkante	Filteroberkante	Filterunterkante	Grundwasserspiegel gemessen [mNHN]	Grundwasserspiegel berechnet [mNHN]	Abweichung [m]
ID	NAME	X-Koord.	Y-Koord.	GOK	FOK	FUK	Wsp. gemessen	Wsp. berechnet	Fehler (abs)
241	Hy Jcl 10/1993	4593280.58	5693173.13	96.48	87.48	86.48	90.36	90.52	-0.16
242	Hy WükRi 10o/1998	4596836.00	5691467.00	98.14	92.14	90.14	92.81	92.84	-0.03
244	Hy Fibg 12/94	4588559.00	5695186.00	97.06	83.86	81.86	87.94	87.89	0.05
245	B....1OP..2009 Munition-SO	4590706.55	5695947.34	94.51	88.51	84.51	88.95	89.03	-0.08
247	Hy Jcl J5/91	4589870.00	5695950.00	94.86	85.36	84.36	88.37	88.41	-0.04
248	Jacobsthal, OEderAA, B1/97	4590706.00	5694870.00	94.75	91.75	79.80	89.52	89.56	-0.04
250	Hy Fibg 103/90	4590770.00	5700888.00	87.00	78.00	77.00	88.39	88.36	0.03
251	Hy Fibg 110/90	4590552.00	5702265.00	87.00	78.00	77.00	88.43	88.12	0.31
252	Hy Fibg 108/90	4587793.00	5697205.00	93.94	84.94	83.94	86.86	87.13	-0.27
253	Hy Fibg 112/90	4588395.00	5701637.00	91.40	82.40	81.40	87.02	86.91	0.11
255	Hy Fibg 111/90	4589479.00	5700951.00	91.27	78.37	76.37	87.21	87.47	-0.26
258	Hy Fibg 107/90	4588697.90	5697516.10	94.51	82.51	80.51	87.13	87.26	-0.13
259	B....2....1994 Wülknitz	4596821.96	5693678.75	97.54	88.54	87.54	94.73	94.65	0.08
260	B....1....2001 Schäferrei	4587944.31	5694897.20	93.04	89.04	83.09	87.37	87.70	-0.33
262	B....1....2004 Wülknitz	4596607.72	5693513.81	98.34	84.34	82.34	94.22	94.21	0.01
265	B....1c...1998 OP	4591860.00	5692554.40	97.79	90.79	87.79	90.20	90.07	0.13
268	B....5OP..993 Kaserne	4592025.70	5691959.20	96.84	88.84	86.84	90.16	90.03	0.13
271	B....6....2009 Munition-N	4590595.90	5696324.20	94.56	84.06	83.06	88.56	88.73	-0.17
272	B....1....1967	4588931.40	5696050.10	94.24	81.24	79.24	87.66	87.70	-0.04
273	Hy Fibg 8/94	4589161.00	5692258.00	93.17	80.07	78.07	89.20	89.43	-0.23
274	Hy WükRi 9/98 OP	4595189.00	5692203.00	98.33	81.33	79.33	91.52	91.59	-0.07
276	Hy Fibg 101/90 OP	4591223.00	5696742.00	94.30	84.30	82.30	88.99	88.90	0.09
277	Hy Fibg 13/94	4588305.00	5693779.00	94.73	90.13	86.13	88.47	88.38	0.09
279	Hy Fibg 10/94 OP	4587722.00	5696378.00	95.48	89.38	88.38	87.58	87.25	0.33
281	Hy Fibg 9/94	4587170.00	5696109.00	95.30	58.80	56.80	87.03	87.16	-0.13
283	Hy WükRi 8/98 MP	4596507.00	5693204.00	97.22	83.22	82.22	93.39	93.55	-0.16
286	B....1....1997 Neudorf	4594058.00	5690745.00	99.44	92.44	87.44	90.95	90.86	0.09
288	Hy Jcl 10/09 OP	4589865.26	5696444.55	95.14	89.14	85.14	88.20	88.13	0.07
292	Hy Fibg 109/90	4587010.00	5697278.00	89.01	77.11	75.11	86.56	86.98	-0.42
294	Spansberg	4597030.00	5699120.00	93.03	89.03	88.03	91.97	91.66	0.31
295	Kreinitz	4587687.00	5694227.00	94.17	93.17	92.17	87.64	87.82	-0.18
297	Nieska	4594635.50	5700315.50	92.51	83.51	82.51	89.99	89.95	0.04

Der mittlere quadratische Fehler (RMSE - root mean square error) über alle Messwerte beträgt für den Kalibrierungszustand ca. 0,163 m. Der relative Modellfehler *MF* liegt entsprechend

$$MF = \frac{RMSE}{\Delta\phi} \cdot 100; \quad \Delta\phi = \phi_{\max} - \phi_{\min}$$

MF Modellfehler / %
 $\Delta\phi$ Potentialgefälle / m
 $\phi_{\max}$ maximal gemessenes Potential / m
 $\phi_{\min}$ minimal gemessenes Potential / m

bei einem im Modell herrschenden Potentialgefälle von 10,03 m bei 1,6%. Die Modellergebnisse schwanken im Mittel um $\pm 0,13$ m.

Nach mehreren Kalibrierungsrechnungen konnte eine sehr gute Modellanpassung an die gemessene Grundwasserdynamik erzielt werden.

Die maximale Abweichung beträgt -0,42 m für die Messstelle Hy Fibg 109/90 und 0,33 m für die Messstelle Hy Fibg 10/94 OP. Die vollständige Modellfehlerbetrachtung ist in Anlage 3.4 dargestellt.

Der Bilanzfehler des kalibrierten GW-Strömungsmodells ist vernachlässigbar klein (siehe). Das GW-Strömungsmodell arbeitet damit bilanztreu und kann mit dem ausgewiesenen relativen Modellfehler für Prognoserechnungen verwendet werden.

Tabelle 5–8: Darstellung des Bilanzfehlers des IST-Zustandes (Stichtag 15.03.2016)

Modellbilanz IST-Zustand (Stichtag 15.3.2016)	IN m³/d	OUT m³/d
Grundwasserneubildung	84'857.24	0.00
Evapotranspiration	0.00	-4'236.23
Gewässerverdunstung	0.00	-3'133.26
Elbe und angeschlossener Kiessee + Hafenbecken Mühlberg	46'169.08	-80'126.54
Gewässersystem Kl. Röder + angeschlossene Gräben	0.00	-4'425.64
nördl. Modellabfluss	0.00	-13'876.02
TW-Brunnen Fassung Fichtenberg	0.00	-9'623.00
Summe	115'420.62	-115'420.70
Bilanzdifferenz	-0.07	
Bilanzfehler	0.01%	

5.4 Grundwasserdynamik IST-Zustand

Die berechnete GW-Dynamik zum Stichtag für das Modellgebiet insgesamt ist in Anlage 3.5 dargestellt. Deutlich erkennbar ist, dass die Elbe als Vorfluter im Modellraum eine überwiegend entlastende Wirkung auf das Grundwasser hat. Lediglich auf Höhe der Ortschaften Kreinitz bis Gaitzsch liegen für Mittelwasser-Verhältnisse infiltrierende Verhältnisse vor, wie die Grundwassergleichenlinien in der Anlage andeuten. Auch im Bereich von Mühlberg kommt es in Folge des gestörten Gewässerlaufes durch den an die Elbe angeschlossenen Kiessee und der Hafenzufahrt von Mühlberg auf Höhe der GWM B...82....967 zu infiltrierenden Verhältnissen.

Des Weiteren gleichen die offenen Wasserflächen der Kiesseen im Modellgebiet den Grundwasserspiegel aus. Insbesondere der Kiessee Altenau und der Kiessee östlich von Mühlberg spreizt die Gleichenlinien entsprechend.

Im Süden weist die Strömungsrichtung nach Westen. Im nordöstlichen Modellgebiet biegt die Strömungsrichtung nach Nordwesten um und verläuft etwa im Bereich des Kiestagebaus Altenau nach Westen. Hier bildet sich lokal eine Grundwasserscheide aus.

Die Entnahme von Grundwasser durch die Wasserfassung Fichtenberg wirkt sich auf das Grundwasser nur gering aus. Die berechneten Absenkungsbeträge liegen bei maximal 1,50 m im unmittelbaren Gewinnungsbereich.

Die Flurabstände zur berechneten Grundwasserdynamik sind in Anlage 3.6 entsprechend dargestellt.

5.5 Prognoserechnungen

Das geeichte geohydraulische Modell ist Grundlage der Prognoserechnungen zur komplexen Untersuchung der geohydraulischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Kiesabbaus im Nassschnitt unter Berücksichtigung

- der nivellierenden Wirkung der Baggerseen auf die Grundwasserdynamik und
- der Reduzierung des Grundwasserdargebotes durch Wegfall von Neubildungsfläche und Erhöhung der Verdunstung über den entstehenden Seeflächen.

Die Prognoserechnungen sollen die Auswirkungen auf das Grundwasser während des Kiesabbaus unter Ansatz der geplanten Kiesfördermenge von 2.750.000 t/a und der jeweiligen Baggerseekontur und nach Beendigung der Bergbauaktivitäten (=stationärer Endzustand) simulieren.

Ausgehend vom IST-Zustand wurde der bestehende Baggersee um die geplante Erweiterungsfläche nördlich und südlich bis zu den Bergbaugrenzen vergrößert und im Modell ebenso als Grundwasserblänke mit einer Grundwasserneubildung von $GWNB = -129 \text{ mm/a}$ umgesetzt. Als Prognosevariante erfolgte die Simulation der Wirkung der jeweiligen Baggerseeausdehnung auf die Grundwasserströmung unter Berücksichtigung des Matrixverlustes als 5-Jahres-Abbauscheiben. Die aufgrund der Feinkornverspülung wiederhergestellten Landflächen werden mit der ursprünglichen $GWNB$ -Rate der umliegenden landwirtschaftlichen Flächen von 146 bis 228 mm/a berücksichtigt.

Der stationäre Endzustand nach Abschluss der Kiesgewinnung im Bergwerksfeld Altenau verdeutlicht die bleibenden geohydraulischen Auswirkungen des Kiesabbaus auf das Umfeld. Die Simulationsrechnungen mit dem geohydraulischen Modell erfolgten für die mittleren Verhältnisse stationär und liefern im Ergebnis eine relative Änderung der Grundwasserstände im Vergleich zum IST-Zustand. Die Entwicklung der Kiesabbautätigkeiten im Umfeld wurde daher nach der Stichtagsmessung nicht weiter berücksichtigt.

Das Wegegrundstück, welches das Bewilligungsfeld von Nord nach Süd etwa auf der Hälfte teilt, wird im Modell als unverritztes Grundgebirge zwischen den beiden Seen modelliert.

Die Grundwasserförderung durch das Wasserwerk Fichtenberg wird für die Prognoserechnung unverändert beibehalten.

5.5.1 GW-Wasserstandsentwicklung während des Abbaus

Während der aktiven Nasskiesgewinnung wird der Matrixanteil des aus dem Grundwasserbereich entnommenen Kiesvolumens wieder mit Grundwasser aufgefüllt. Dieser Volumenverlust entspricht einer indirekten Grundwasserförderung und wird im Modell als Randbedingung 2. Art umgesetzt. Durch die Feinkornerspülung wird jedoch Matrixanteil wieder zugeführt (Tabelle 5–9). Solange wie sich der Kiesabbau und die Feinkornerspülung in einem Baggersee (aktuelles Abbaufeld West) befinden, beträgt die indirekte Netto-Grundwasserförderung $V_{aus} - V_{in} = 3422 - 1129 = 2293 \text{ m}^3/\text{d}$. Bei Beginn der Kiesförderung im Ostfeld und Feinkornerspülung im Westfeld werden $3422 \text{ m}^3/\text{d}$ Grundwasser infolge des Matrixverlustes gefördert (Ostfeld) und $1129 \text{ m}^3/\text{d}$ Grundwasser zugeführt (Westfeld).

Tabelle 5–9: Berechnung indirekte GW-Förderung durch Kiesförderung

Indirekte GW-Förderung durch Matrixverlust			
Berechnungsgrundlage: $V_{aus} = (1 - fk) \cdot (1 - n_{eff}) \cdot F / D$ $V_{in} = V_{out} \cdot fk$			
			Prognose
Nassschnittförderung	F	[t/a]	2.750.00
Feinkornerspülung (Anteil von F)	fk	[-]	0.33
Rohkiesdichte	D	[t/m³]	1.80
entwässerbare Porosität	n_{eff}	[-]	0.25
Volumenentnahme	V_{aus}	[m³/d]	3422
Volumenzuführung (Feinkornerspülung)	V_{in}	[m³/d]	1129

Die sich infolge des Kiesabbaus verändernden initialen k_f -Werte werden in den 4 Modellschichten wie folgt ersetzt:

- Böschung: $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- Wasserfläche: $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$
- Rückerspülung: $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- Bergefeite/ quart. GWL $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Für die Ermittlung der Grundwasserstandsentwicklung während des Abbaus werden quasistationäre Zustände ausgehend vom aktuellen Ausgangszustand, dem kalibrierten IST-Zustand, berechnet. Die Abbauplanung sieht die Gewinnung in zwei räumlich voneinander getrennten Bereichen im Westfeld und Ostfeld vor (siehe Abbildung 5–13). Dabei beträgt die Fördermenge im Westfeld 750.000 t/a und im Ostfeld $2.000.000 \text{ t/a}$. Die Zeitscheiben des Abbaufortschrittes im Westfeld und Ostfeld sind in Abbildung 5–13 dargestellt.

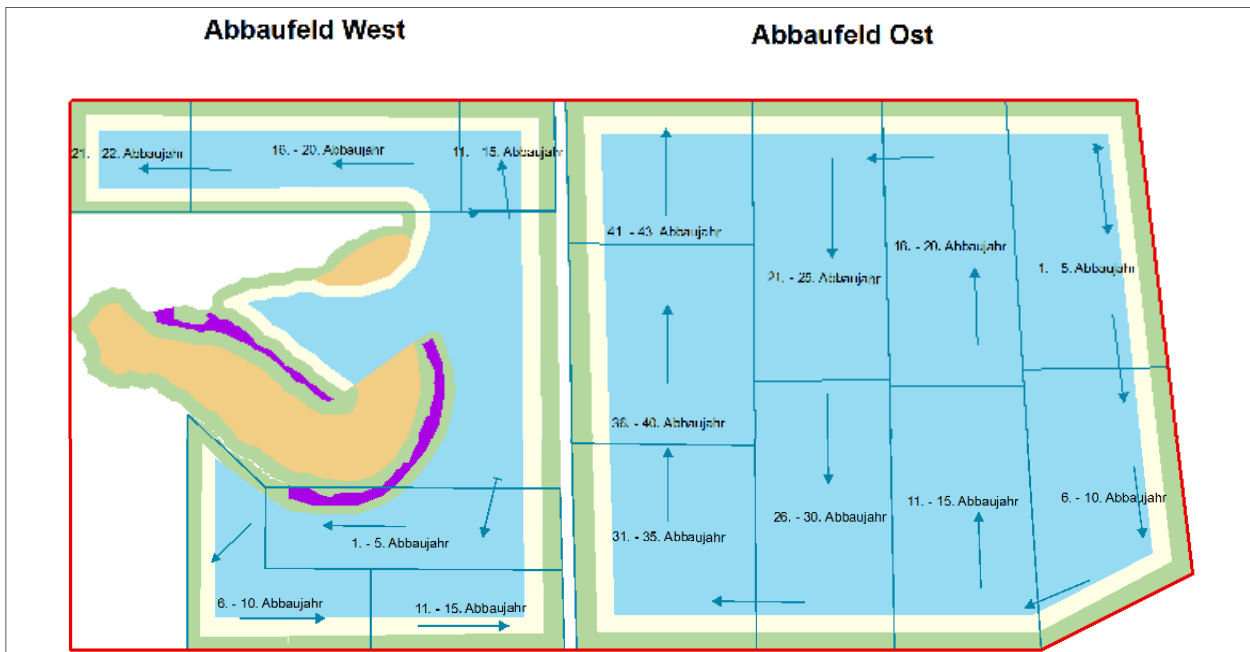


Abbildung 5-13: Zeitscheiben des modellierten Abbaufortschrittes

Skizzierung der Abbaufäche und Abbauführung im Grundwasserströmungsmodell mit Darstellung der k_f -Werte der 2. Modellschicht unter Berücksichtigung der Böschungsverluste. Grün: Grundwasserleiter, gelb: Böschungsbereich, orange: Feinkornverspülung, blau: Kiessee.

Mit Beginn der Kiesförderung im Ostfeld ändern sich die Randbedingungen für das GW-Strömungsmodell wesentlich. Ab der Kiesförderung im Grundwasser gesättigtem Bereich im Nassschnitt wird infolge des Matrixverlustes Grundwasser im Ostfeld "gefordert" und wegen der Feinkornverspülung ausschließlich im Westfeld wiederum Grundwasser zugeführt.

Da die Abbaumenge konstant bleibt, aber die Ausdehnung des Kiessees im Verhältnis dazu gering ist, entsteht zunächst ein relativ hohes GW-Strömungsgefälle. Um diese Auswirkungen im Modell abzubilden, werden die Zeitscheiben vorerst mit dem Aufschluss im Ostfeld verkürzt und gegen Ende der Abbautätigkeit im Ostfeld entsprechend verlängert. Somit ergibt sich folgendes Zeit- und Abbauregime:

Zeitscheibe	Veränderungen
0. Jahr	Fortführung des derzeitigen Abbaus im Westfeld parallel zum Weg Richtung Süden
1.-3. Jahr	Abbau im südlichen Bereich des Westfeldes, Stehenlassen der Bergefeste, Auffahrung im Ostfeld, Abbauvortrieb in südliche Richtung, Implementierung der virtuellen GW-Förderung im Ostfeld, Feinkornverspülung im Westfeld
3.-5. Jahr	Abbau im südlichen Bereich des Westfeldes, Stehenlassen der Bergefeste, Fortführung des Abbaus im Ostfeld, Feinkornverspülung im Westfeld
6.-10. Jahr	Fortführung des Abbaus im südlichen Bereich des Westfeldes, Stehenlassen der Bergefeste, Fortführung des Abbaus im Ostfeld, Feinkornverspülung im Westfeld
11.-15. Jahr	Fortführung des Abbaus im südlichen Bereich des Westfeldes, Stehenlassen der Bergefeste, Fortführung des Abbaus im Ostfeld, Feinkornverspülung im Westfeld
16.-22. Jahr	Fortführung des Abbaus im nördlichen Bereich des Westfeldes, Stehenlassen der Bergefeste, Fortführung Kiesgewinnung im Ostfeld bzw. Feinkornverspülung im Westfeld, Übergang in logarithmierte Zeitscheiben,
22.-31. Jahr	Fortführung Kiesgewinnung im Ostfeld bzw. Feinkornverspülung im Westfeld
31. Jahr bis Abbauende	Kiesgewinnung bis zu den Grenzen des Bergwerksfeldes im Ostfeld, Rückverspülung im Westfeld bis über die Grundwasseroberfläche und damit Auffüllung des Wasserkörpers vollständig mit Feinkorn (Mittelsande und kleiner)

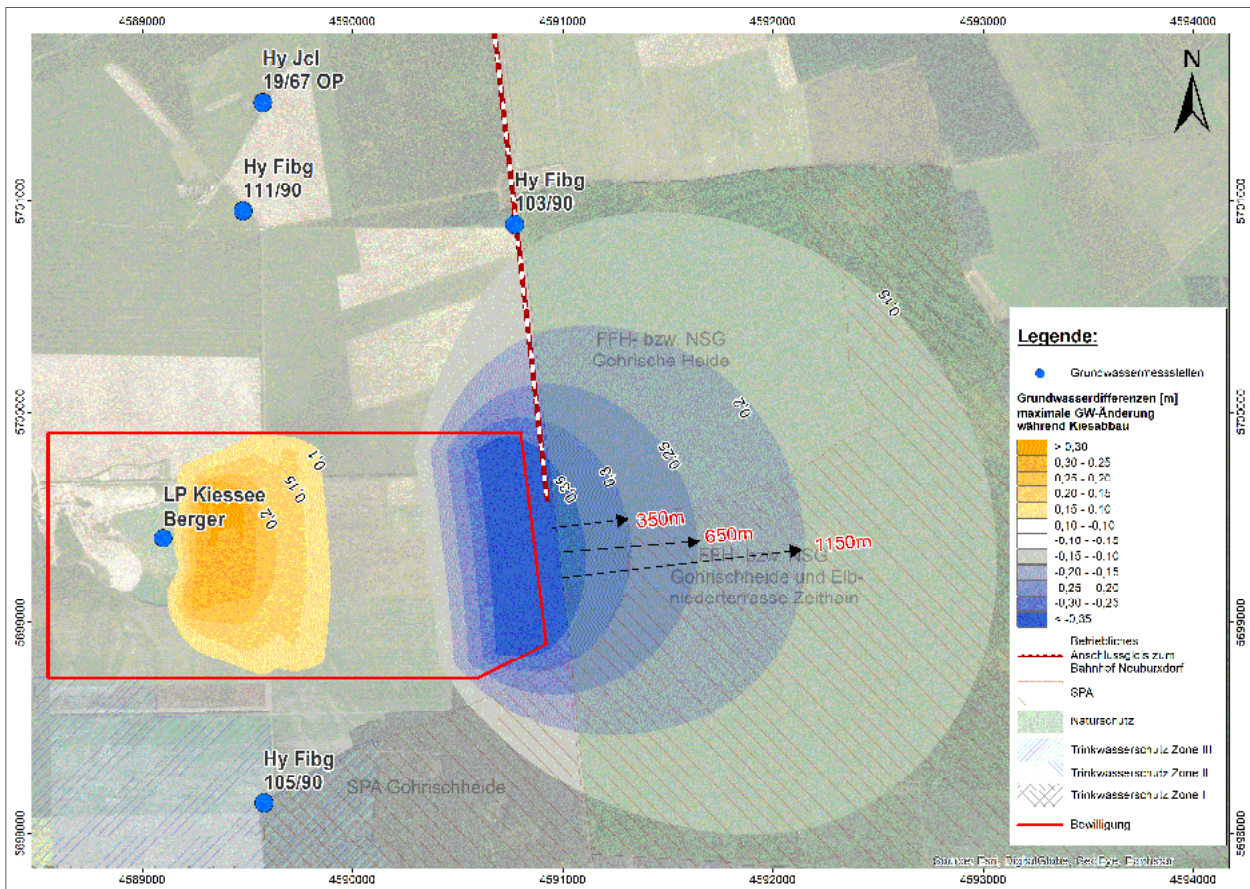


Abbildung 5–14: Berechnungsprognose Abbaufäche

Darstellung der maximalen Grundwasserstandsabsenkung und -aufhöhung im Verlauf des gesamten Abbaubetriebes gegenüber dem IST-Zustand (Stichtag vom 15.03.2016). Erläuterung siehe Text.

In Abbildung 5–14 ist die maximale Grundwasserstandsänderung aller Einzelberechnungen (Zeitscheiben) kumulativ dargestellt. Das Ergebnis lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Die größten Absenkungsbeträge und die größte Ausdehnung der Absenkung treten gegen Ende der Kiesförderung auf, wenn das Westfeld nahezu komplett mit Feinkornanteil (Mittelsand und kleiner) rückverspült und die Ausdehnung des Ostfeldes in Ost-West-Richtung am größten ist.
- Die größten Absenkungen mit Beträgen von bis zu 0,48 m wurden im unmittelbaren östlichen Böschungsbereich des Ostsees (Grundwasseranstrom) ermittelt.
- Die maximale berechnete Reichweite der -0,35 m Absenkungslinie nach Osten liegt bei ca. 130 m. Absenkungen bis -0,30 m reichen bis ca. 350 m in das FFH-Gebiet "Gohrische Heide" hinein. Dieser Differenzbetrag sollte sich auch in der GWM Hy Fibg 102/90 messen lassen. Die GWM Hy Fibg 103/90 wie auch die beiden Grundwassermessstellen Hy Fibg 1/94 und Nieska östlich des FFH-Schutzgebietes "Gohrische Heide" dagegen würde den Berechnungsergebnissen nach durch den Kiesabbau in Altenau unbeeinflusst bleiben.
- Im Vergleich zum IST-Zustand liegen die Grundwasseraufhöhungen bei bis zu 0,30 m, wobei die horizontale Reichweite wesentlich geringer ist als die Absenkungsreichweite im GW-Anstrom. Die Gründe hierfür sind die kontinuierliche Verringerung des Kiessees bis zur vollständigen Auffüllung

und der damit zuvor vorhandenen Kippungslinie des Kiessees. Durch die Rückverspülung wird letztendlich ein geschlossener Grundwasserkörper wiederhergestellt, sodass sich ein natürliches Grundwassergefälle einstellen kann.

- Aufgrund der Modellunschärfe, hier insbesondere das Fehlen von Grundwassermessstellen östlich des Bewilligungsfeldes und Nieska bzw. Hy Fibg 1/94, und der Methodik, nämlich die Simulation der Zeitscheiden als quasistationäre Zustände, werden die Werte zwischen 0.10 bis -0,15 m nicht berücksichtigt.

Die berechneten Grundwasserstandsdifferenzen sind in der Anlage 4.4 dargestellt.

5.5.2 Berechnungsprognose stationärer Endzustand

Die Berechnungsprognose stationärer Endzustand knüpft an den letzten Berechnungsschritt der quasistationären Berechnungen an. Aufgrund der Einstellung der Abbautätigkeiten entfällt die virtuelle Grundwasserförderung durch Matrixentnahme bzw. -speisung durch die Rückverspülung. Durch Wiederherstellung einer landwirtschaftlich nutzbaren Fläche im Westfeld werden die Grundwasserneubildungsmengen der bisher angrenzenden Landflächen auf das Westfeld übertragen. Das Berechnungsergebnis ist als Differenzenplan in der Abbildung 5–15 und in der Anlage 4.3 dargestellt.

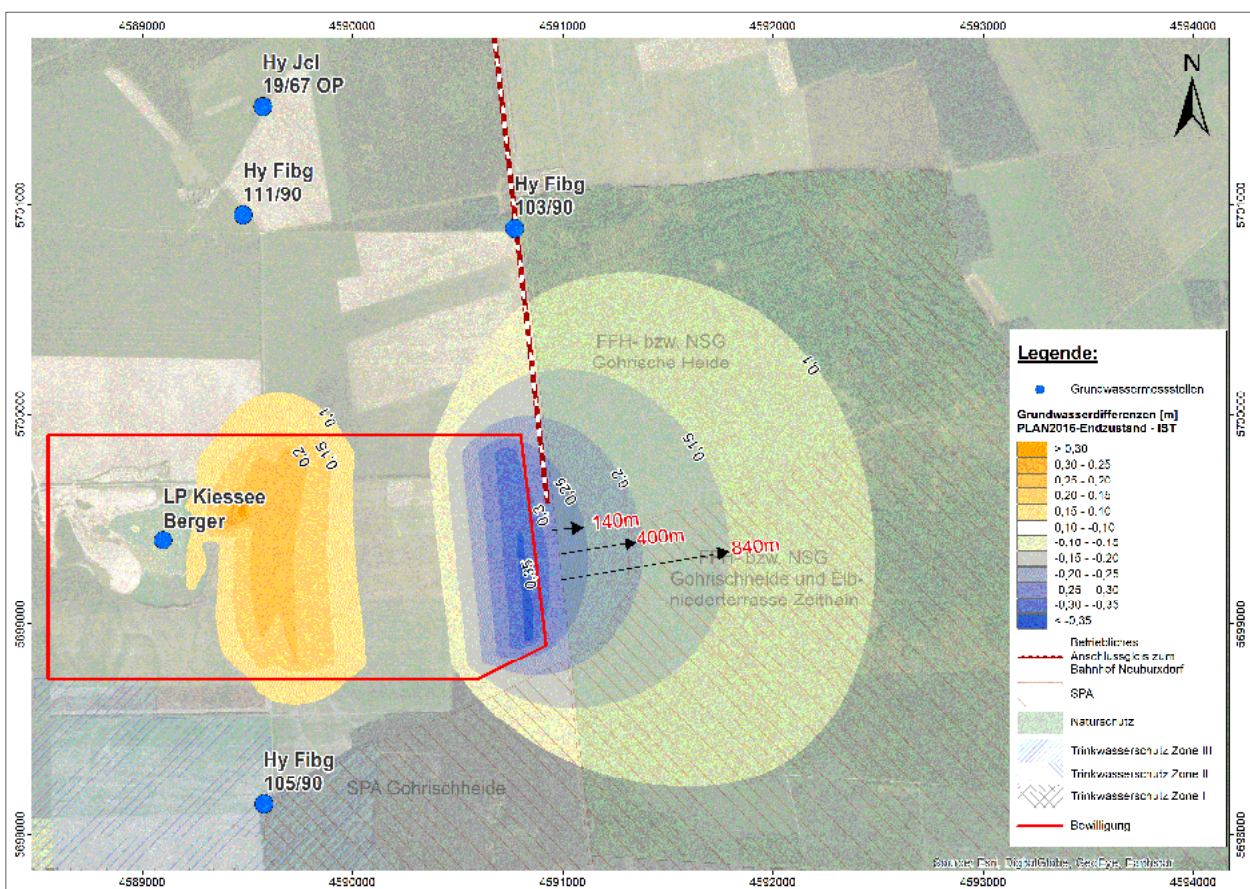


Abbildung 5–15: Berechnungsprognose stationärer Endzustand

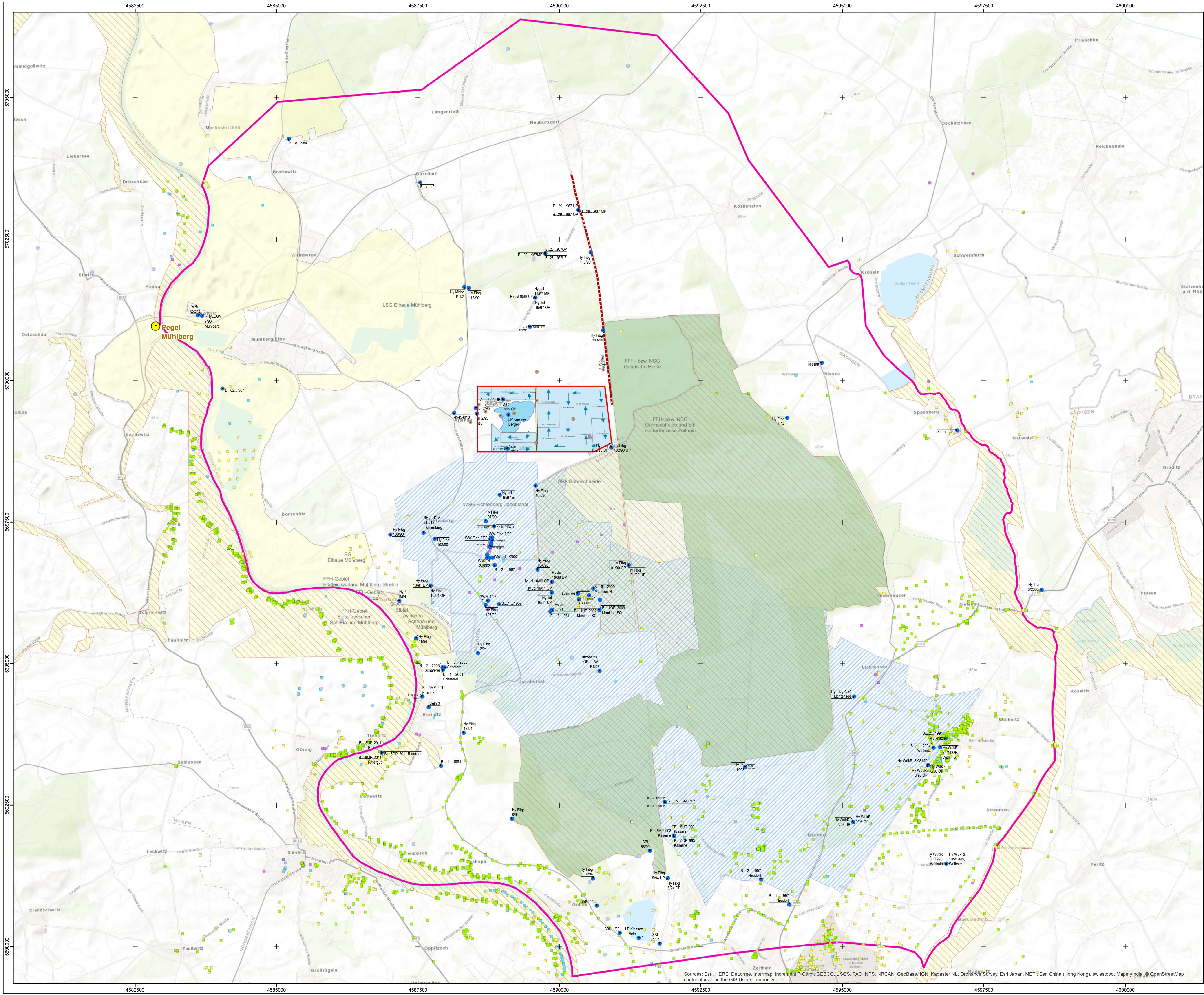
Darstellung der Grundwasserstandsdifferenzen zwischen IST-Zustand (Grundwasserstände zum Stichtag vom 15.03.2016) und Endzustand gemäß Rahmenbetriebsplan

Das Ergebnis lässt sich wie folgt interpretieren:

- Die größten Absenkungen mit Beträgen von bis zu $-0,36$ m liegen im unmittelbaren Böschungsreich im Osten des Ostsees (Grundwasseranstrom).
- Östlich der Bahnlinie wird den Berechnungen nach eine Kieselsee bedingte Absenkung von $-0,30$ m – $0,25$ m bis ca. 140 m in das FFH-Schutzgebiet "Gorische Heide" hineinreichen.
- Durch das Einstellen einer neuen Kippungslinie im Ostsee erhöht sich der Grundwasserstand im Bereich des Weges um bis zu $0,30$ m im Vergleich zum IST-Zustand.

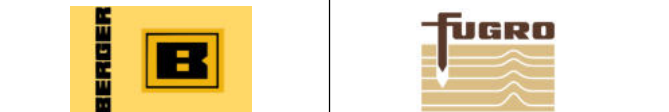
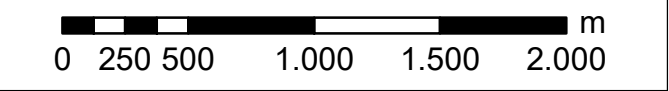
6 Literatur und Quellenverzeichnis

- [1] FUGRO CONSULT GmbH, „Rahmenbetriebsplan Kiessandtagebau Altenau gemäß § 52, Abs. 2a Bundesberggesetz (BBergG),“ Berlin, 2003.
- [2] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), WSA Dresden, „Pegeldaten Mühlberg (501160),“ 1.4.2016.
- [3] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), WSA Dresden, „Pegeldaten Riesa (501110),“ 1.4.2016.
- [4] Deutscher Wetterdienst, „Climate Data Center (CDC) - Niederschlagsdaten Station Oschatz (Stationsnr. 03811),“ 20 10 2015. [Online]. [Zugriff am 20 10 2015].
- [5] Aquaveo LLC., *GMS - Groundwater Modeling System v9.2.9, 64bit*, Provo, Utah, 2014.
- [6] J.-L. Mallet, „Discrete Smooth Interpolation,“ *Computer-Aided Design*, Bd. 24, Nr. 4, pp. 263-270, 1992.
- [7] Wasserversorgung Riesa/Großenhain GmbH, *Grundwasserdaten zum Vorhaben Kiessandtagebau Altenau - Tägliche Entnahmemenge je Förderbrunnen WW-Fichtenberg Zeitraum 2014-2016*, Riesa, 27.05.2016.
- [8] Merkblatt ATV-DVWK-M 504, Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden, A. u. A. e. ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Hrsg., Hennef: Selbstverlag, September 2002, p. 144.
- [9] FUGRO CONSULT GmbH, „Rahmenbetriebsplan Kiessandtagebau Altenau gemäß § 52, Abs. 2a Bundesberggesetz (BBergG),“ Berlin, 2000.



Legende

- Grundwassermessstellen
- Elbe-Pegel Mühlberg
- Aufschlüsse Lagerstätte Altenau
- 36 Bohrg. HYRA-Datenbank
- 1600x Bohrg. bis 10m, UHYDRO Land Sachsen
- 570x Bohrg. bis 25m, UHYDRO Land Sachsen
- 181x Bohrg. bis 50m, UHYDRO Land Sachsen
- 42x Bohrg. >50m, UHYDRO Land Sachsen
- 41x Bohrg. Abfrage LBGR Land Brandenburg
- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
- Risswerk Bahnverladung
- Riss Kieshalde
- Modellgebiet
- SPA
- Naturschutz
- Landschaftsschutz
- Trinkwasserschutz Zone III
- Trinkwasserschutz Zone II
- Trinkwasserschutz Zone I
- Bewilligung
- Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
- Abbaufläche
- Abbaurichtung
- Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)



Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau Hydrogeologisches Gutachten

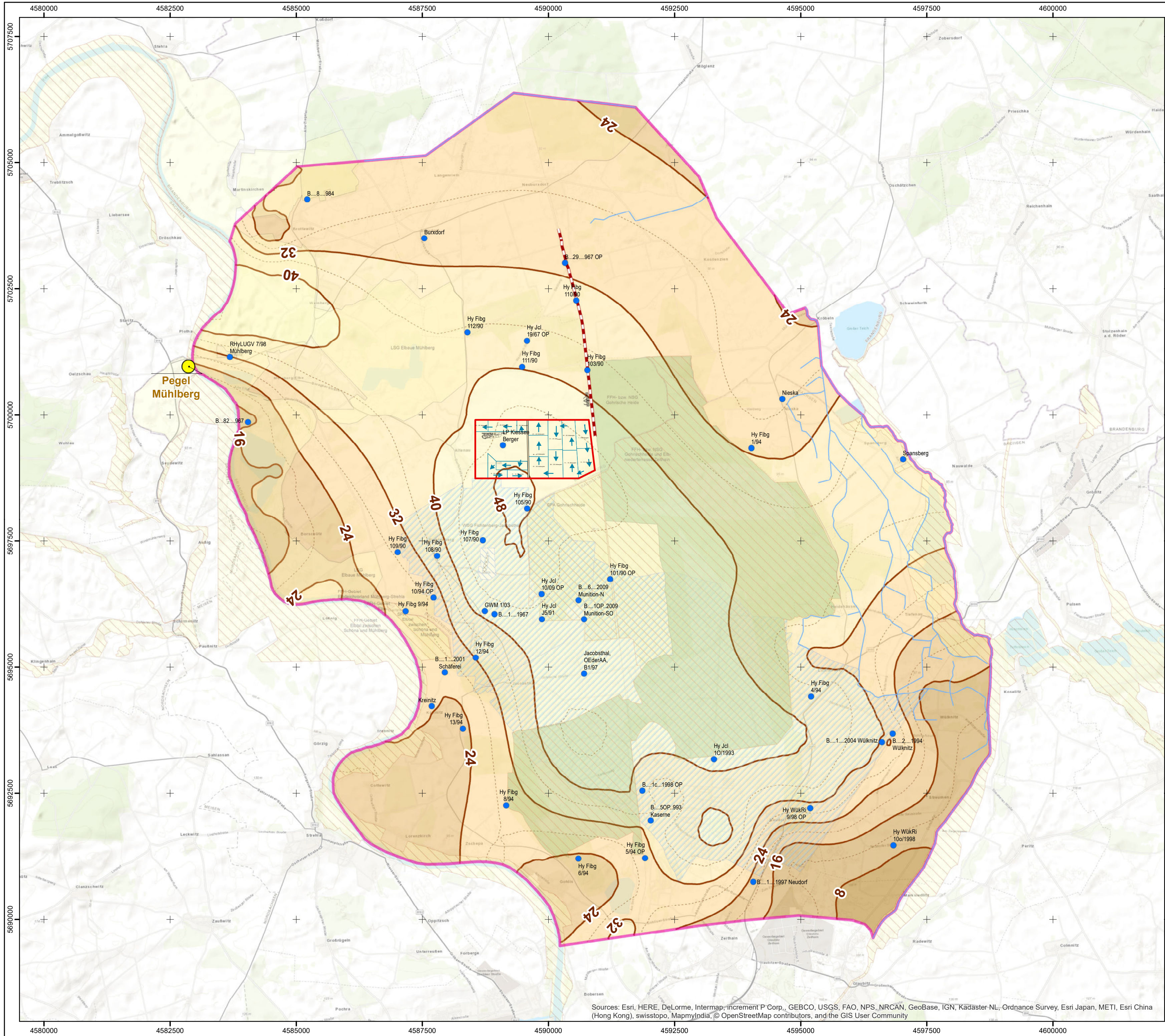
Regionale Übersichtskarte

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 30.000 Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp **Anlage 1**

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



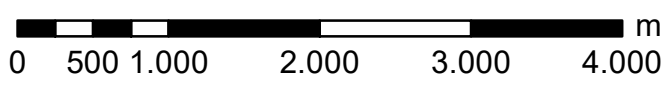
Legende:

- Bewilligung
- Abbaurichtung
- Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
- Abbaufäche
- Grundwassermessstellen
- Elbe-Pegel Mühlberg

Mächtigkeit quartärer Grundwasserleiter [m]

- <8 m
- 8 - 16 m
- 16 - 24 m
- 24 - 32 m
- 32 - 40 m
- 40 - 48 m
- 48 - 56 m

- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
- Risswerk Bahnverladung
- Riss Kieshalde
- Modellgebiet
- SPA
- Naturschutz
- Landschaftsschutz
- Trinkwasserschutz Zone III
- Trinkwasserschutz Zone II
- Trinkwasserschutz Zone I





**Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten**

**Mächtigkeit des quartären
Grundwasserkörpers**

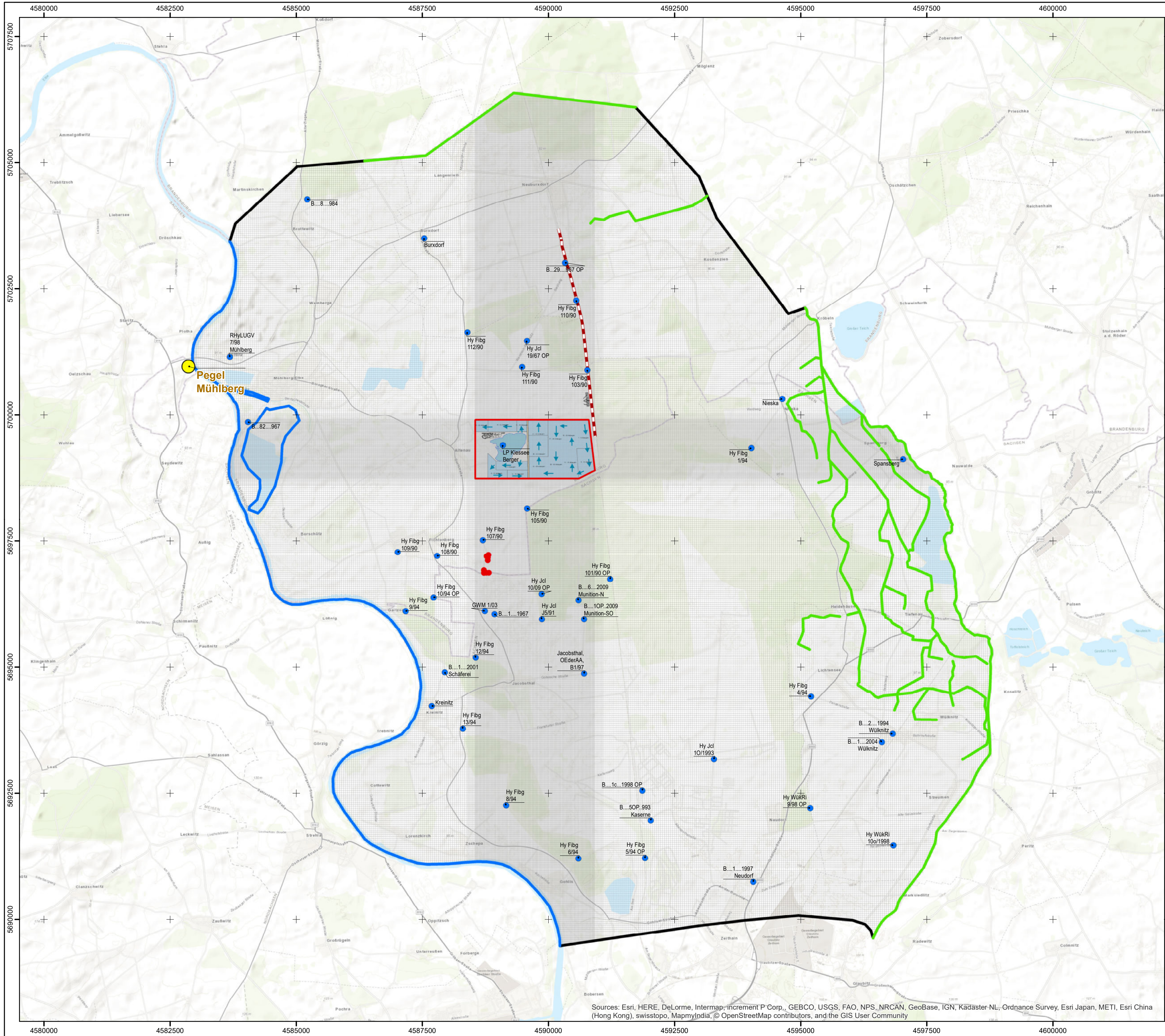
Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHNN92

Maßstab 1 : 50.000

Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp

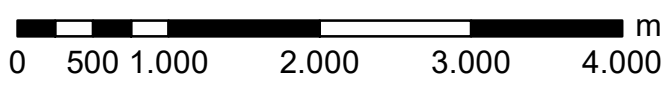
Anlage 2.1



Legende:

Modellrandbedingungen:

- Modellrandbedingung WELL
- Modellrandbedingung DRAIN
- Modellrandbedingung RIVER
- Horizontale Diskretisierung Grundwasserströmungsmodell
- Modellrandbedingung NOFLOW
- Grundwassermessstelle
- Elbe-Pegel Mülberg
- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
- Risswerk Bahnverladung
- Riss Kieshalde
- Bewilligung
- Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
- Abbaufläche
- Abbaurichtung
- Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)



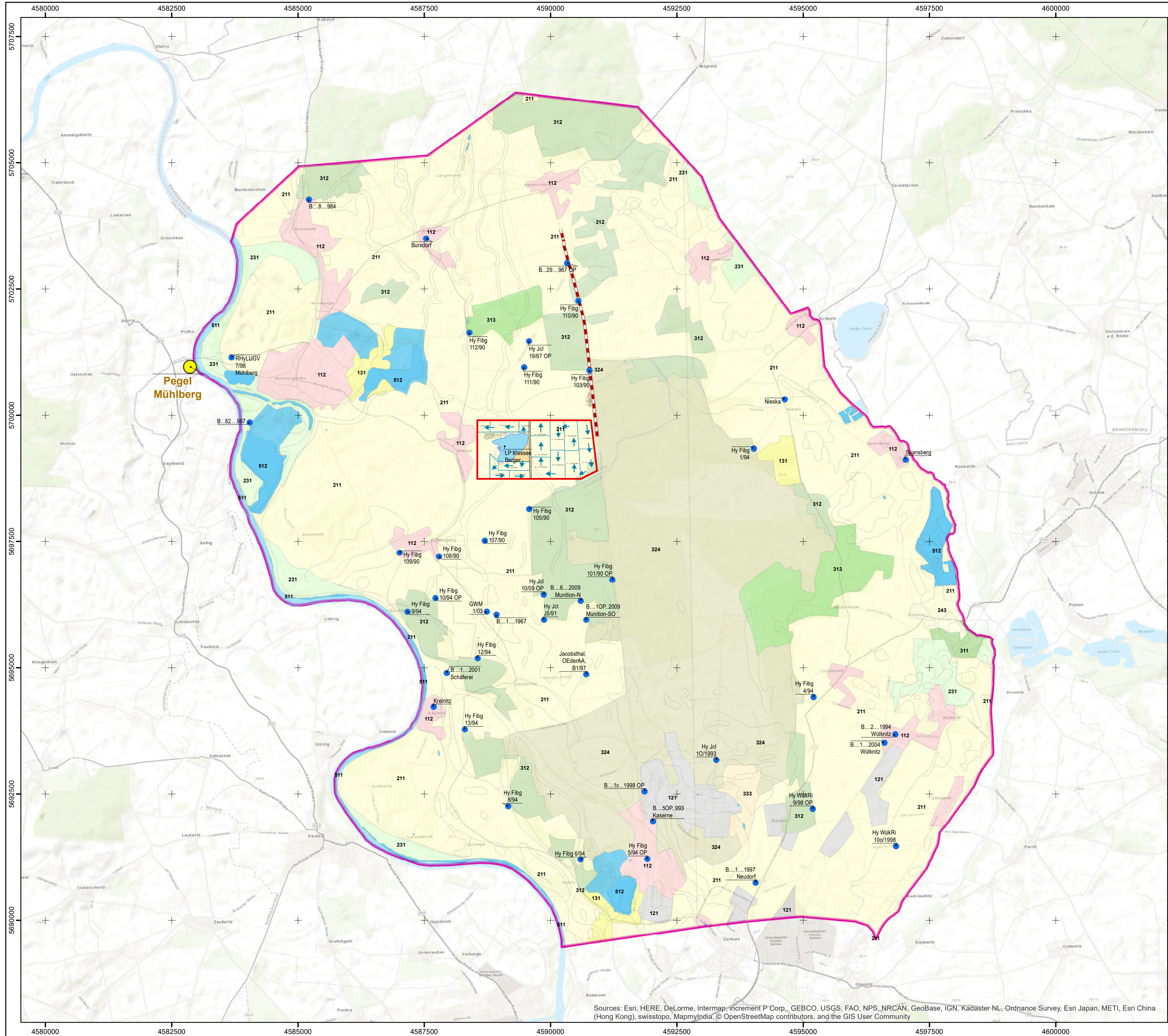
Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

Karte der Randbedingungen
und horizontaler Modellauflösung

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHNN92

Maßstab 1 : 50.000	Datum: 20.06.2017
Bearbeiter: M.Popp	Anlage 2.2

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Legende:

-  Grundwassermessstelle
-  Elbe-Pegel Mühlberg

Berechnete Grundwasserneubildung

Hydrotope (CORINE/Bodenart)

- | | |
|--|--|
| | 112_Nicht durchgängig städtische Prägung_L |
| | 112_Nicht durchgängig städtische Prägung_mS |
| | 121_Industrie- und Gewerbeflächen_L |
| | 121_Industrie- und Gewerbeflächen_mS |
| | 131_Abbauflächen_L |
| | 131_Abbauflächen_mS |
| | 211_Ackerland_L |
| | 211_Ackerland_mS |
| | 231_Wiesen und Weiden_L |
| | 231_Wiesen und Weiden_mS |
| | 243_wechselnde landw. u. natürl. Bodenbedeckung_L |
| | 243_wechselnde landw. u. natürl. Bodenbedeckung_mS |
| | 311_Laubwälder_L |
| | 311_Laubwälder_mS |
| | 312_Nadelwälder_L |
| | 312_Nadelwälder_mS |
| | 313_Mischwälder_L |
| | 313_Mischwälder_mS |
| | 324_Wald-Strauch-Übergangsstadien_L |
| | 324_Wald-Strauch-Übergangsstadien_mS |
| | 324_Wald-Strauch-Übergangsstadien_wa |
| | 333_Flächen mit spärlicher Vegetation_mS |
| | 511_Gewässerläufe_L |
| | 511_Gewässerläufe_mS |
| | 511_Gewässerläufe_wa |
| | 112_Nicht durchgängig städtische Prägung_wa |
| | 121_Industrie- und Gewerbeflächen_wa |
| | 131_Abbauflächen_wa |
| | 211_Ackerland_wa |
| | 231_Wiesen und Weiden_wa |
| | 313_Mischwälder_wa |
| | 333_Flächen mit spärlicher Vegetation_wa |
| | 512_Wasserflächen_L |
| | 512_Wasserflächen_mS |
| | 512_Wasserflächen_wa |

- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf

- Risswerk Bahnverladung

- Riss Kieshalde

- Modellgebiet

- Bewilligung

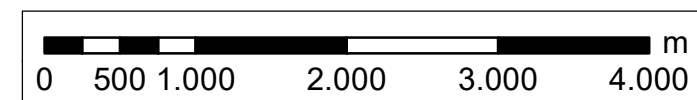
-  Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand

- Abbaurichtung

- Abbaufäche

- Verbleibender Abbau (Stand 2015)

- Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)



**Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten**

Berechnete Grundwasserneubildung nach Bagrov-Glugla (ATV-DVWK-M 504)	
---	--

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 50.000

Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp

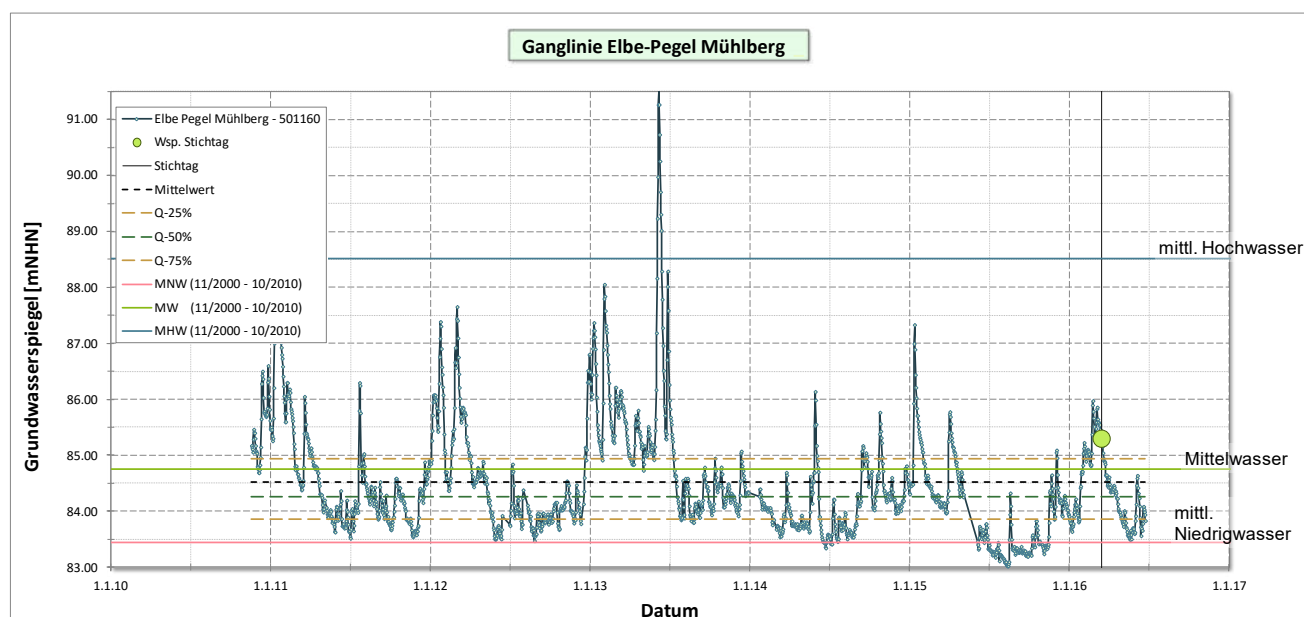
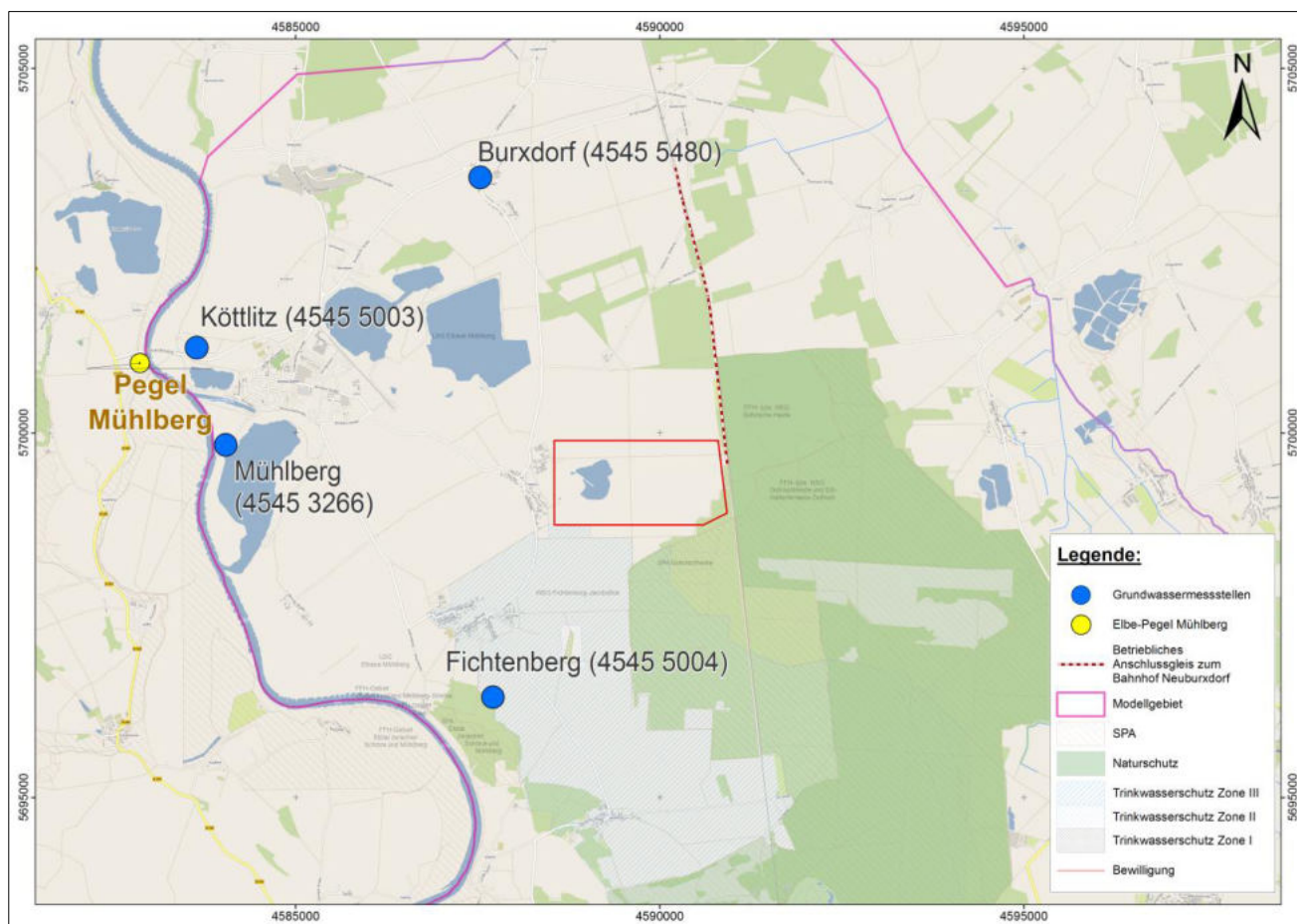
Anlage 2.3



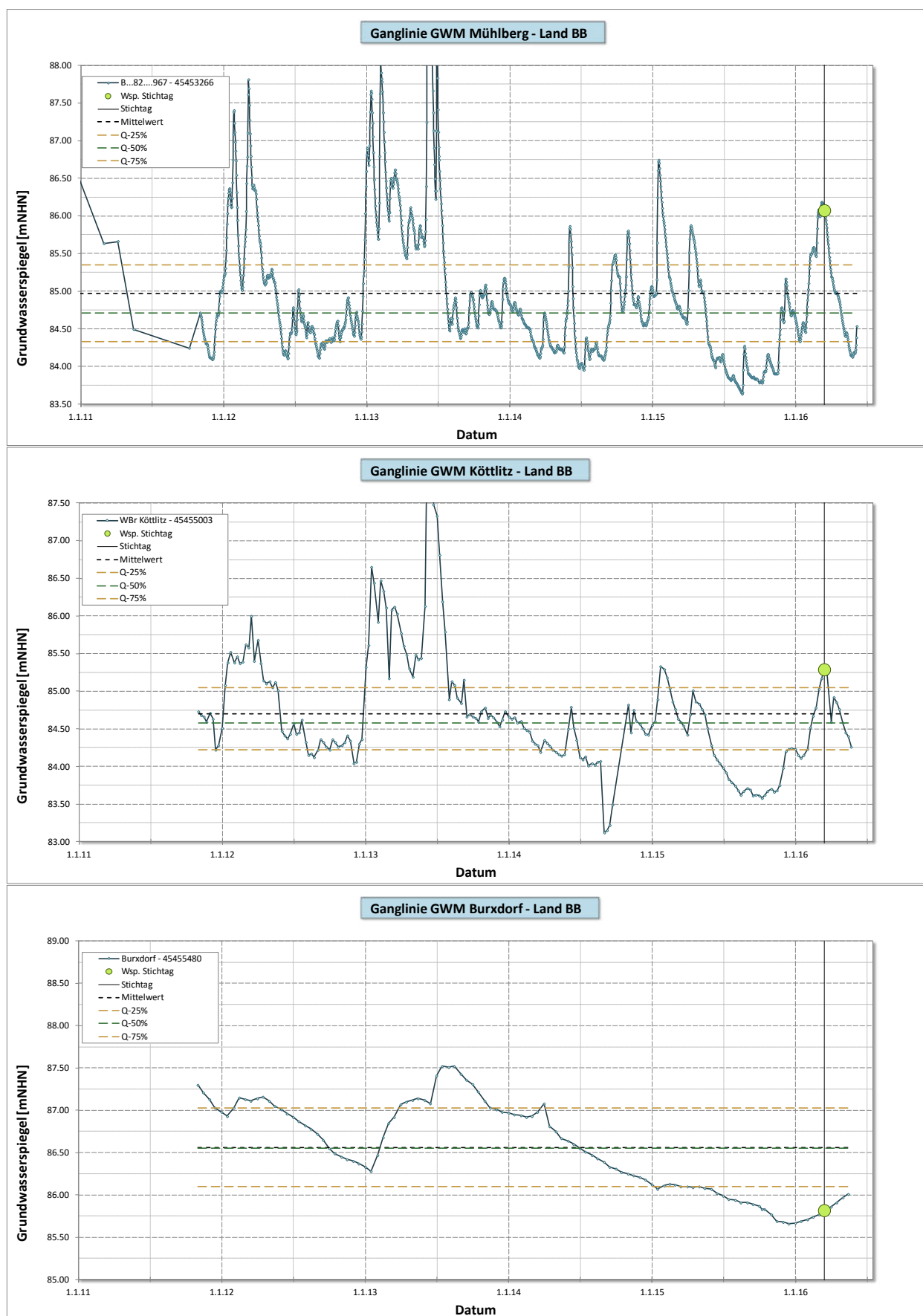
**Anlage 3.1- Ganglinien der Grundwassermessstellen
und des Elbepegels Mühlberg
im Modellgebiet
(Stichtag 15.03.2016)**

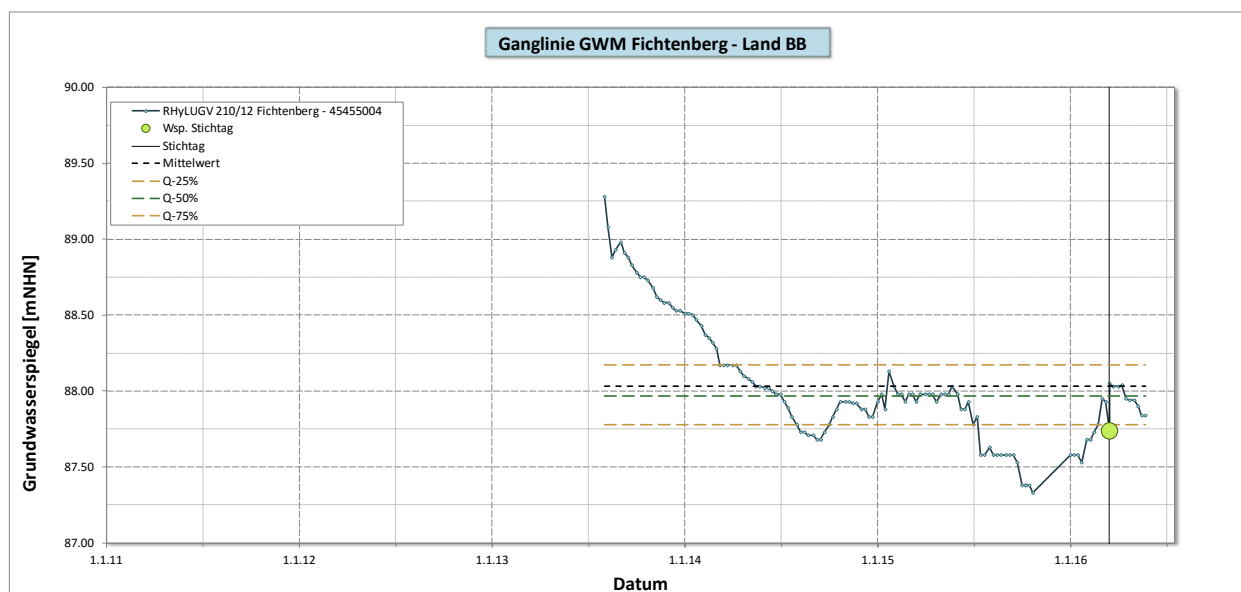
Elbepegel Mühlberg

Übersichtskarte:



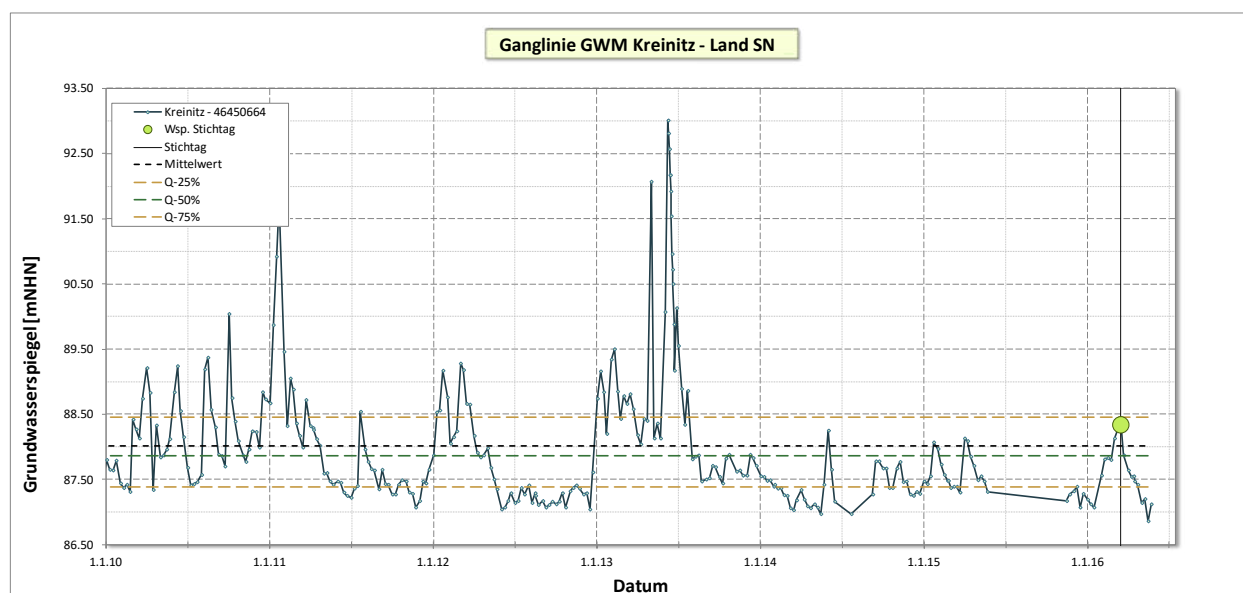
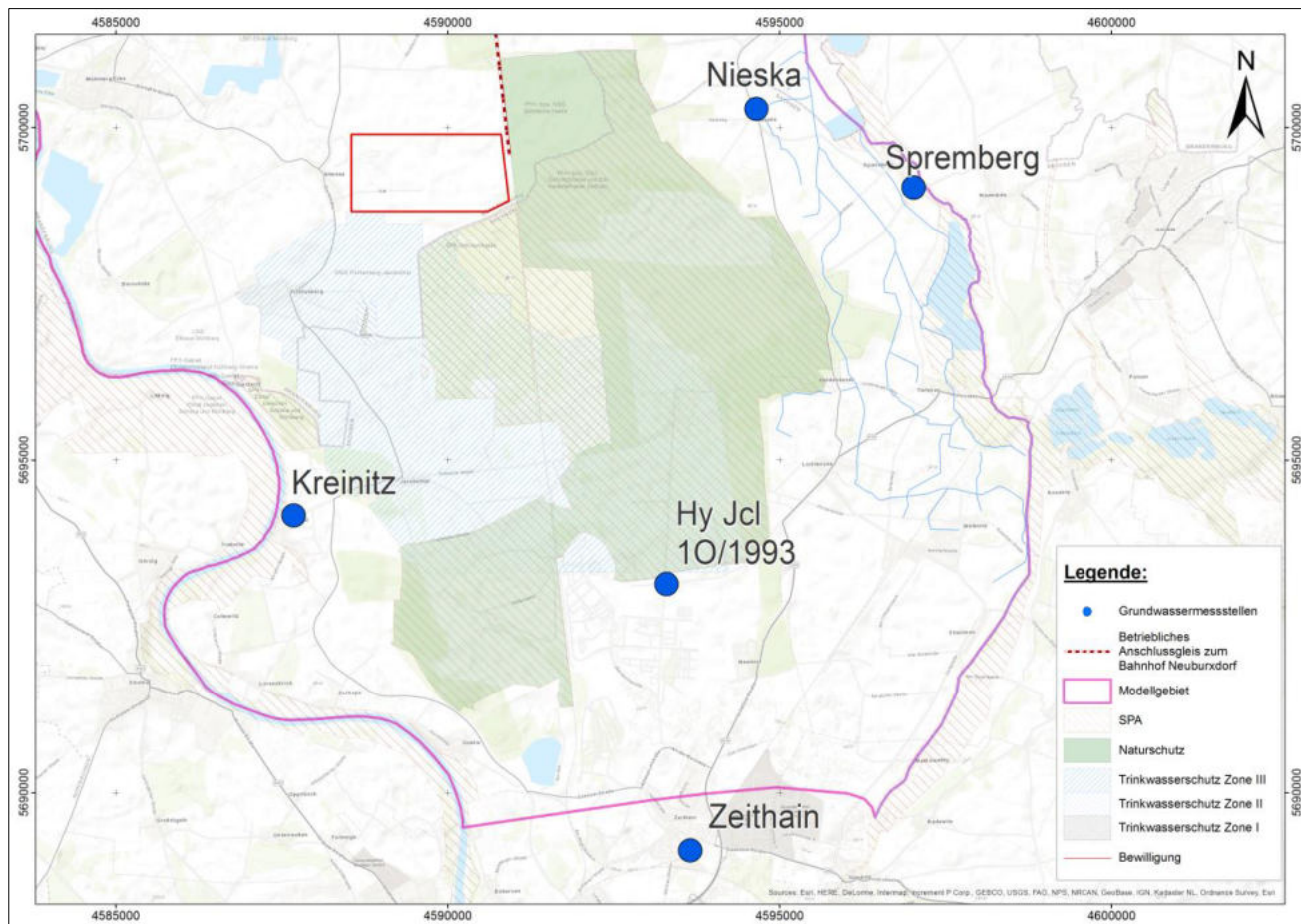
4x staatliche Grundwassermessstellen Brandenburg

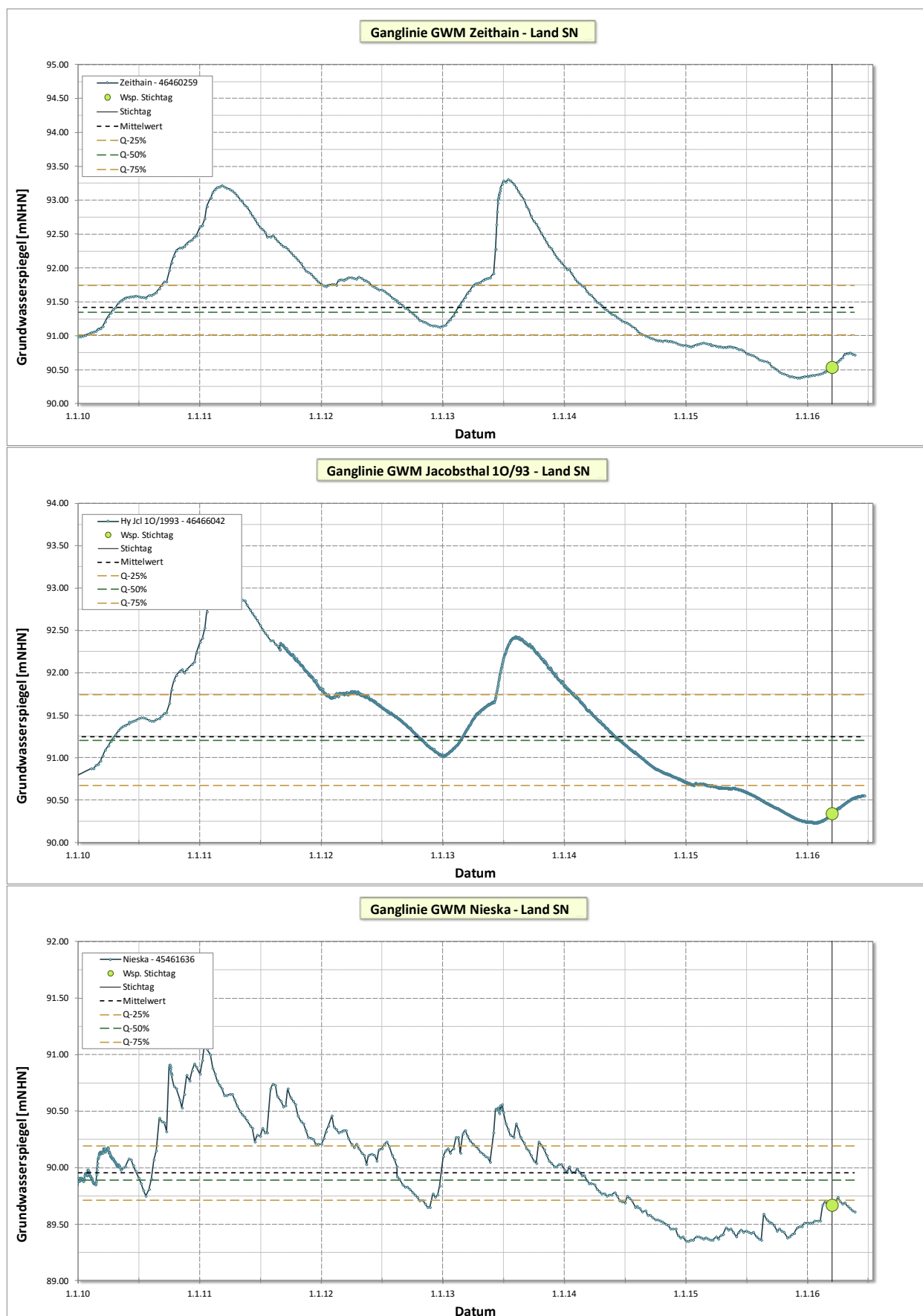


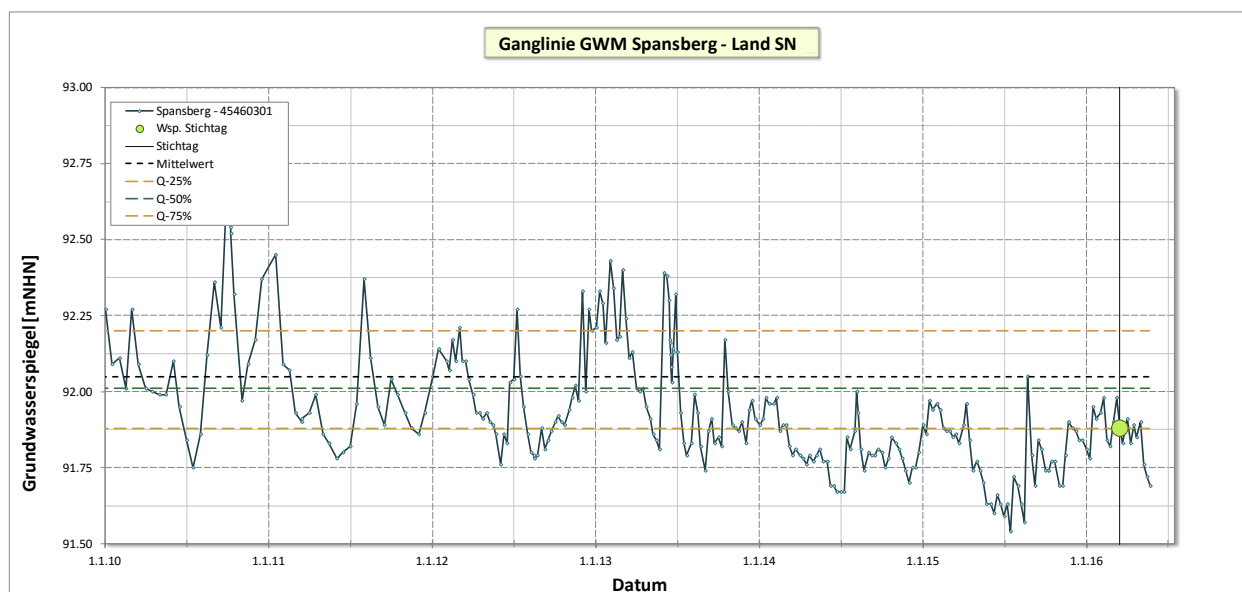


5x staatliche Grundwassermessstellen Sachsen

Übersichtskarte:

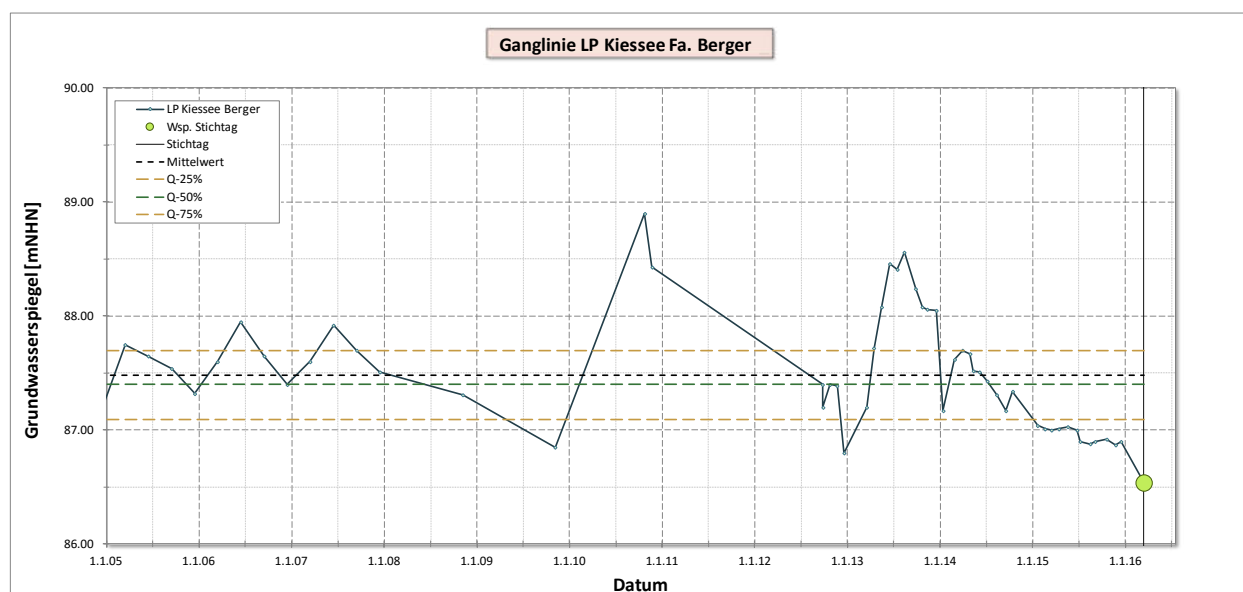
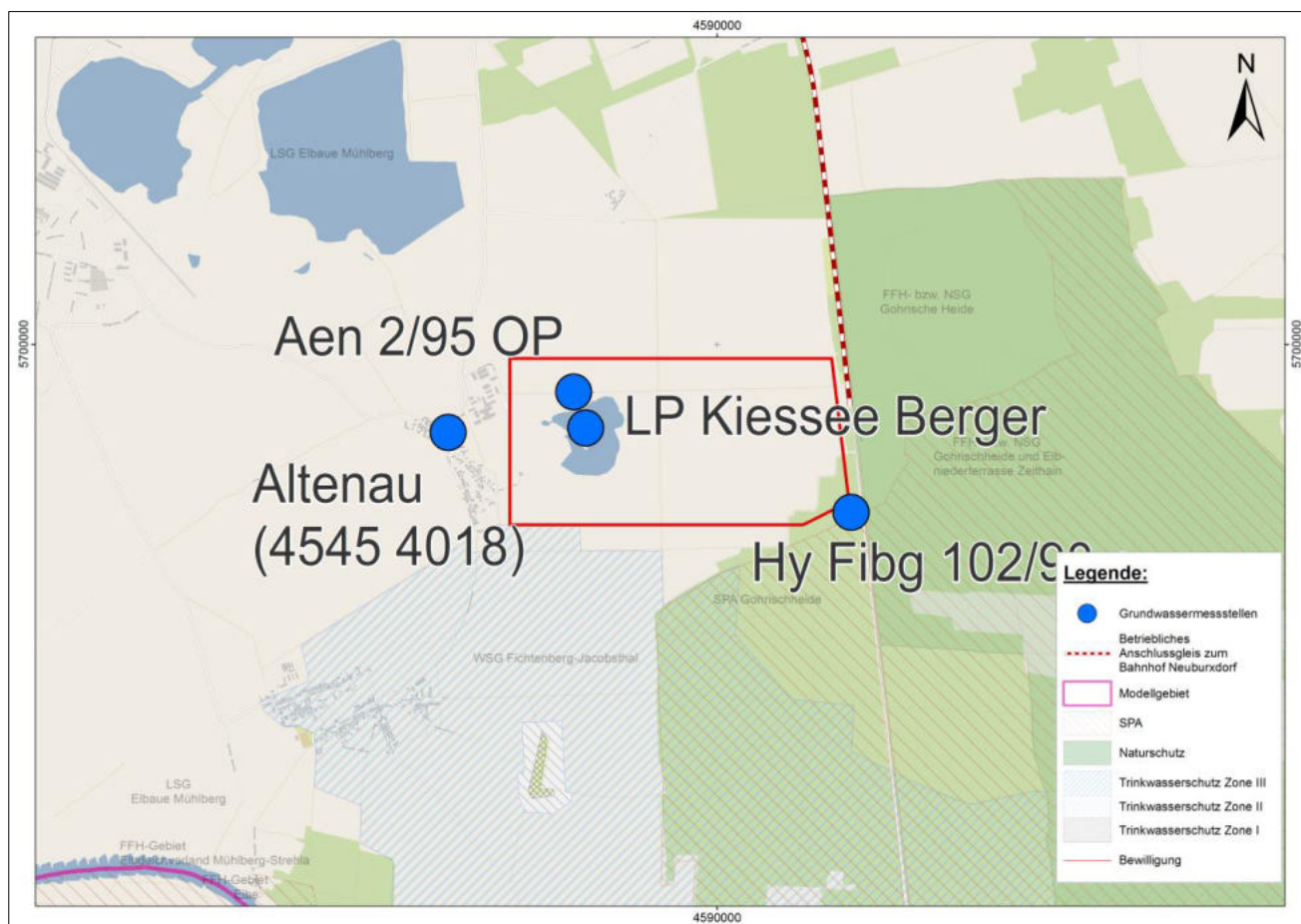


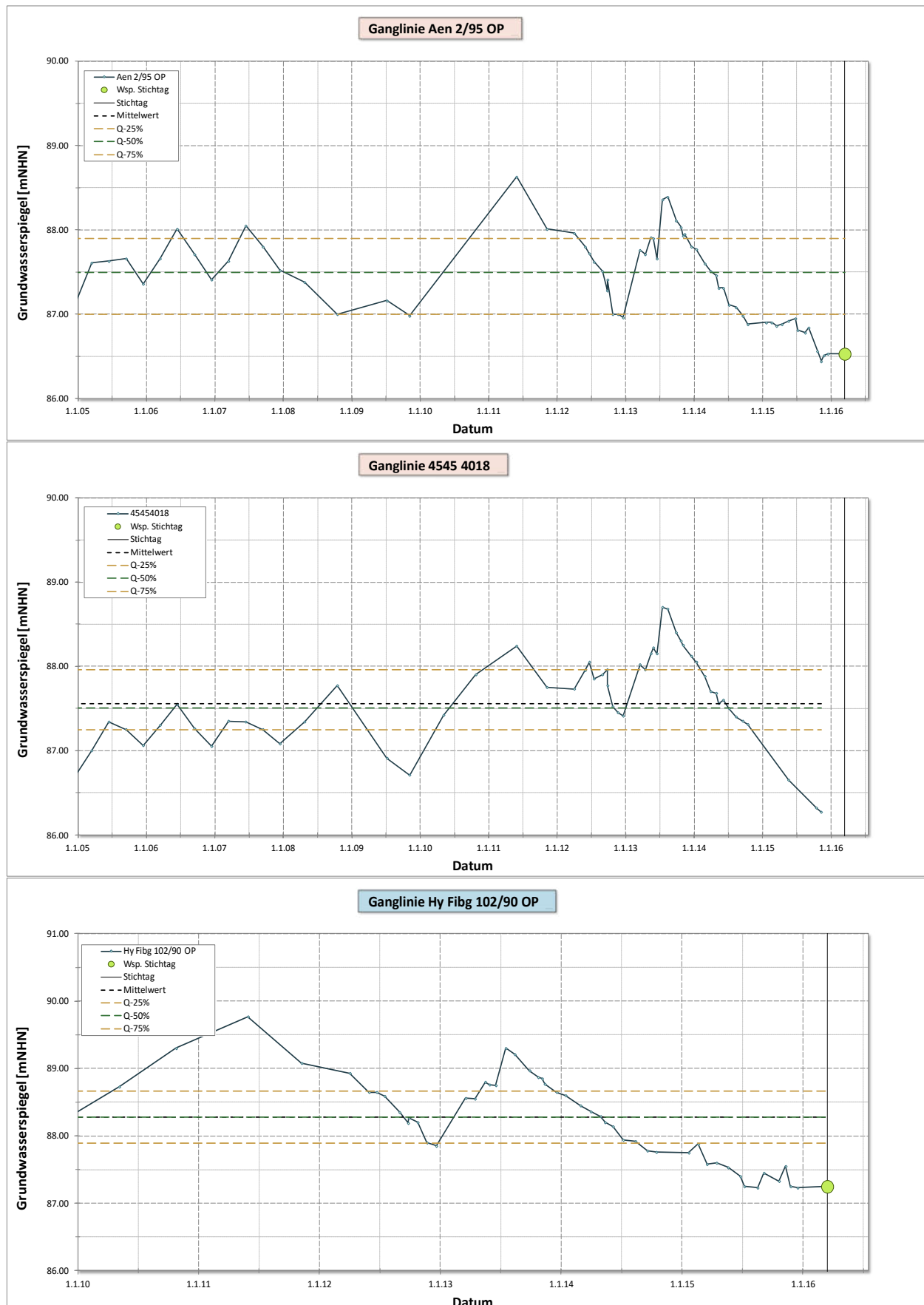




4x Grundwassermessstellen Monitoring Kiessandtagebau Altenau

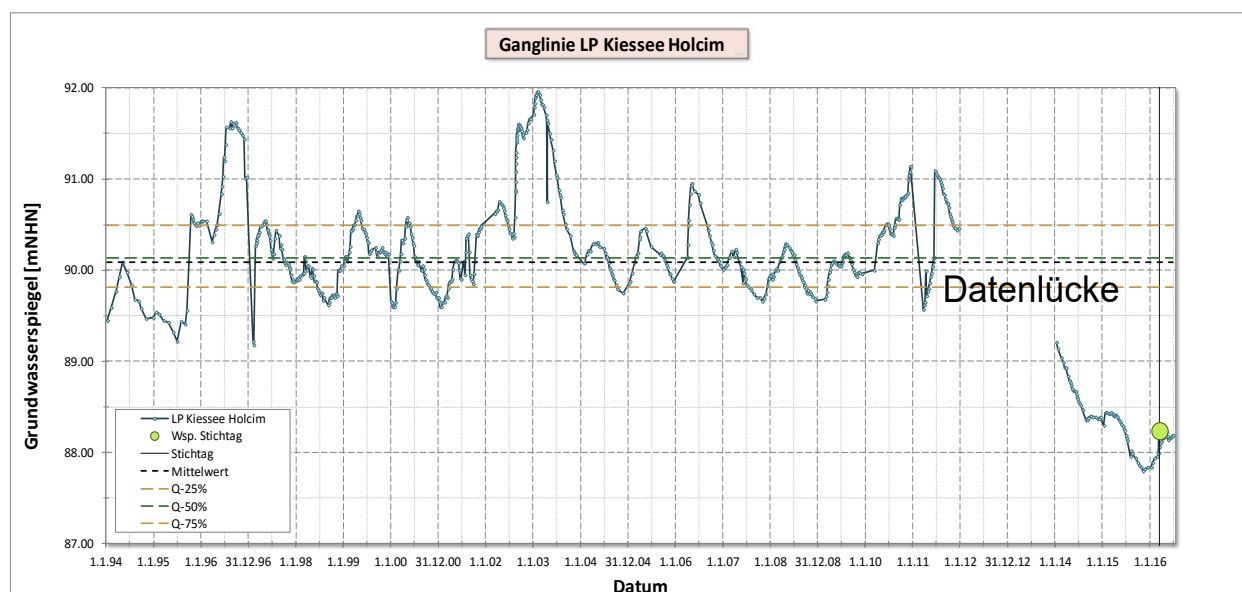
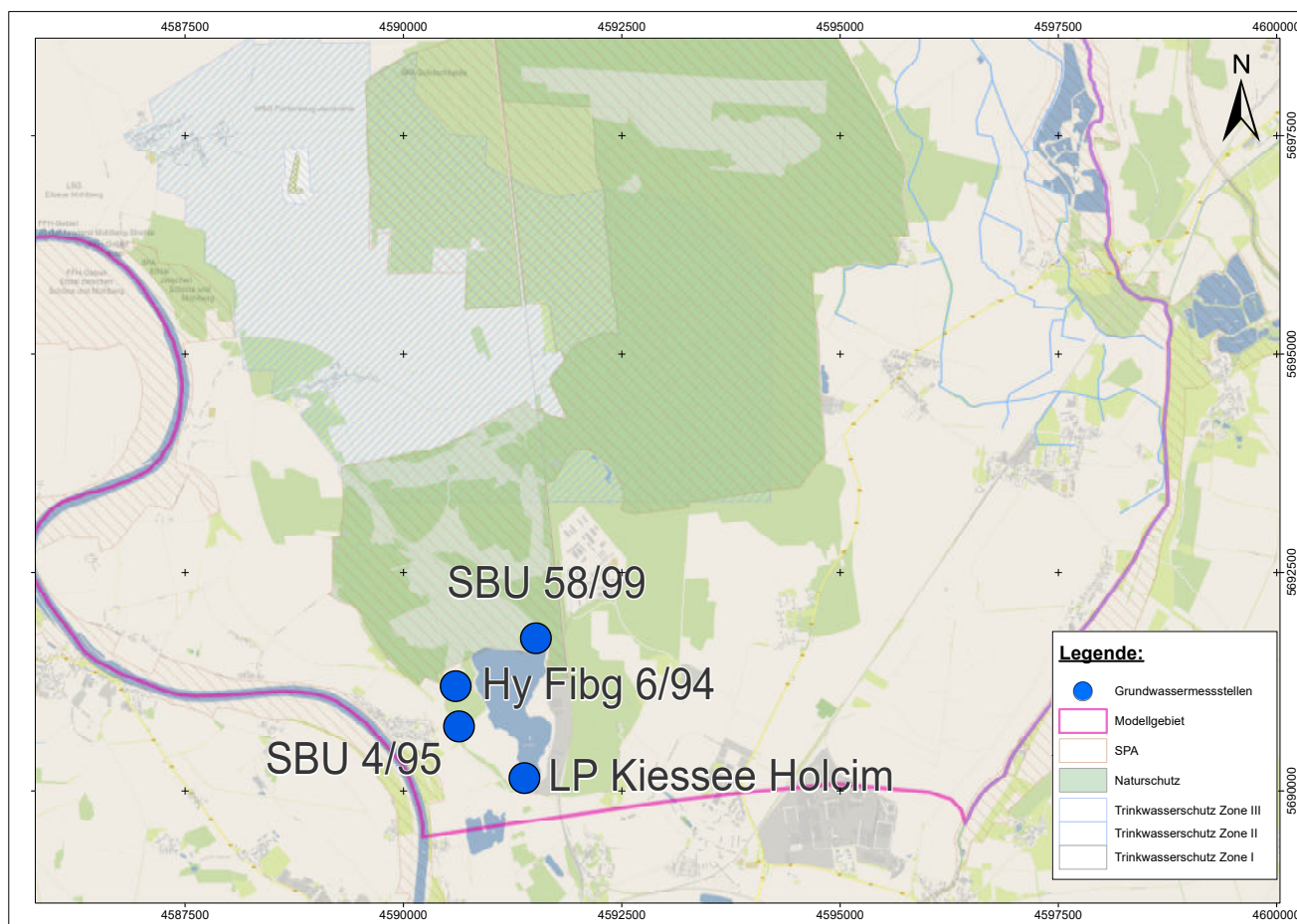
Übersichtskarte:

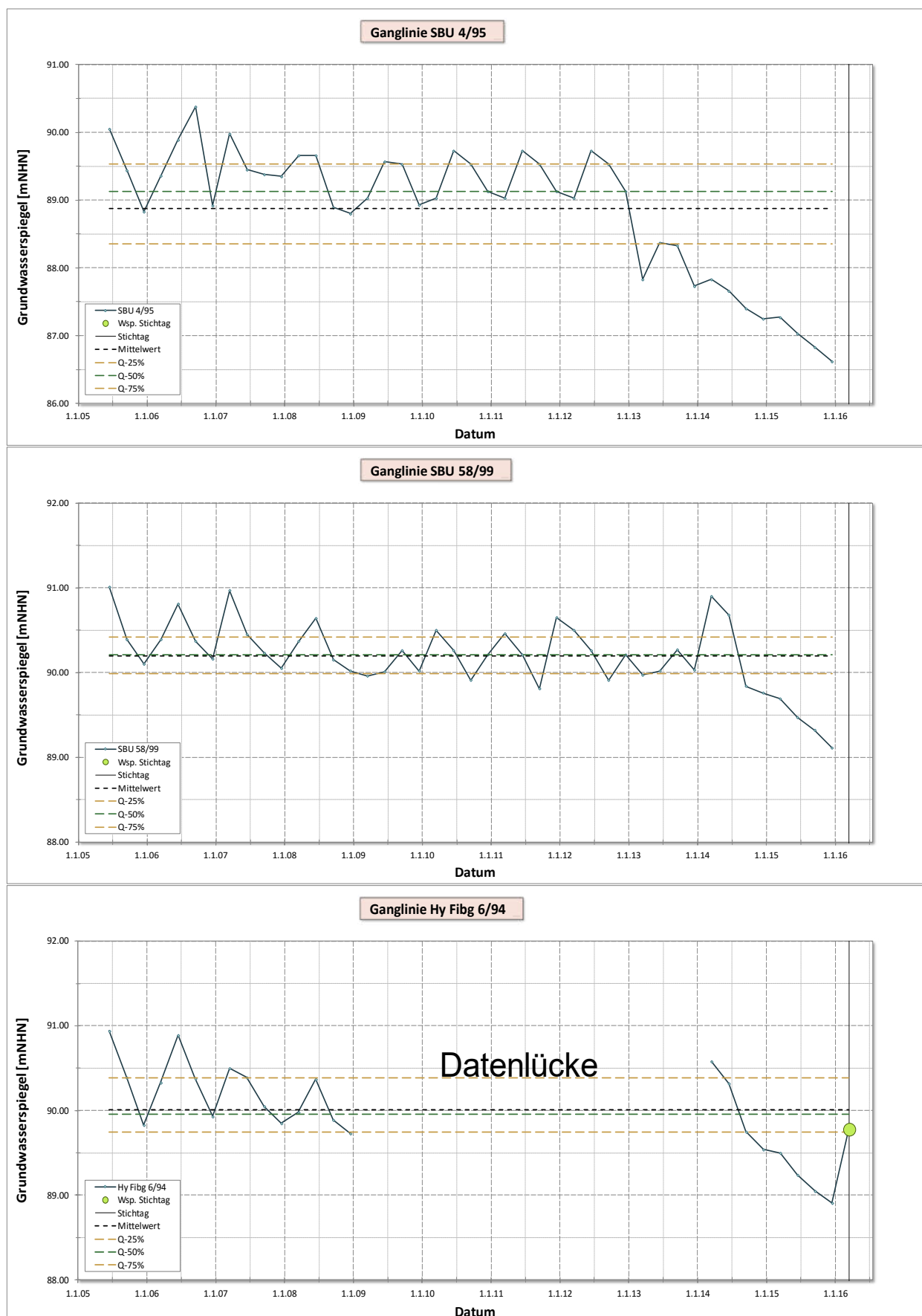




4x Grundwassermessstellen Monitoring Kiessandtagebau Zeithain (Holcim)

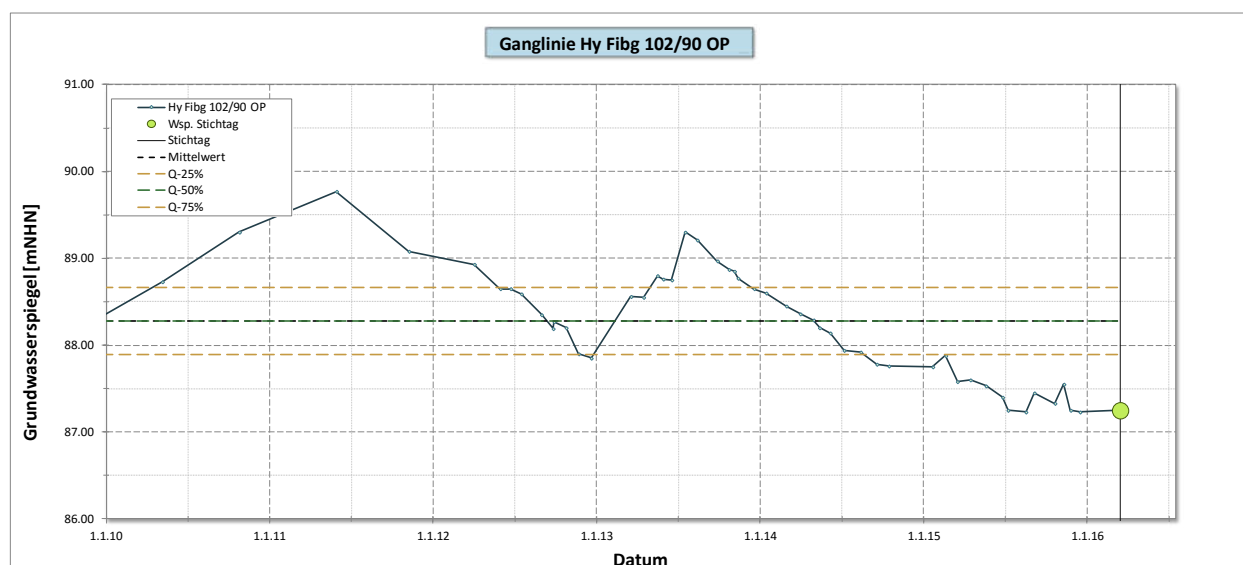
Übersichtskarte:

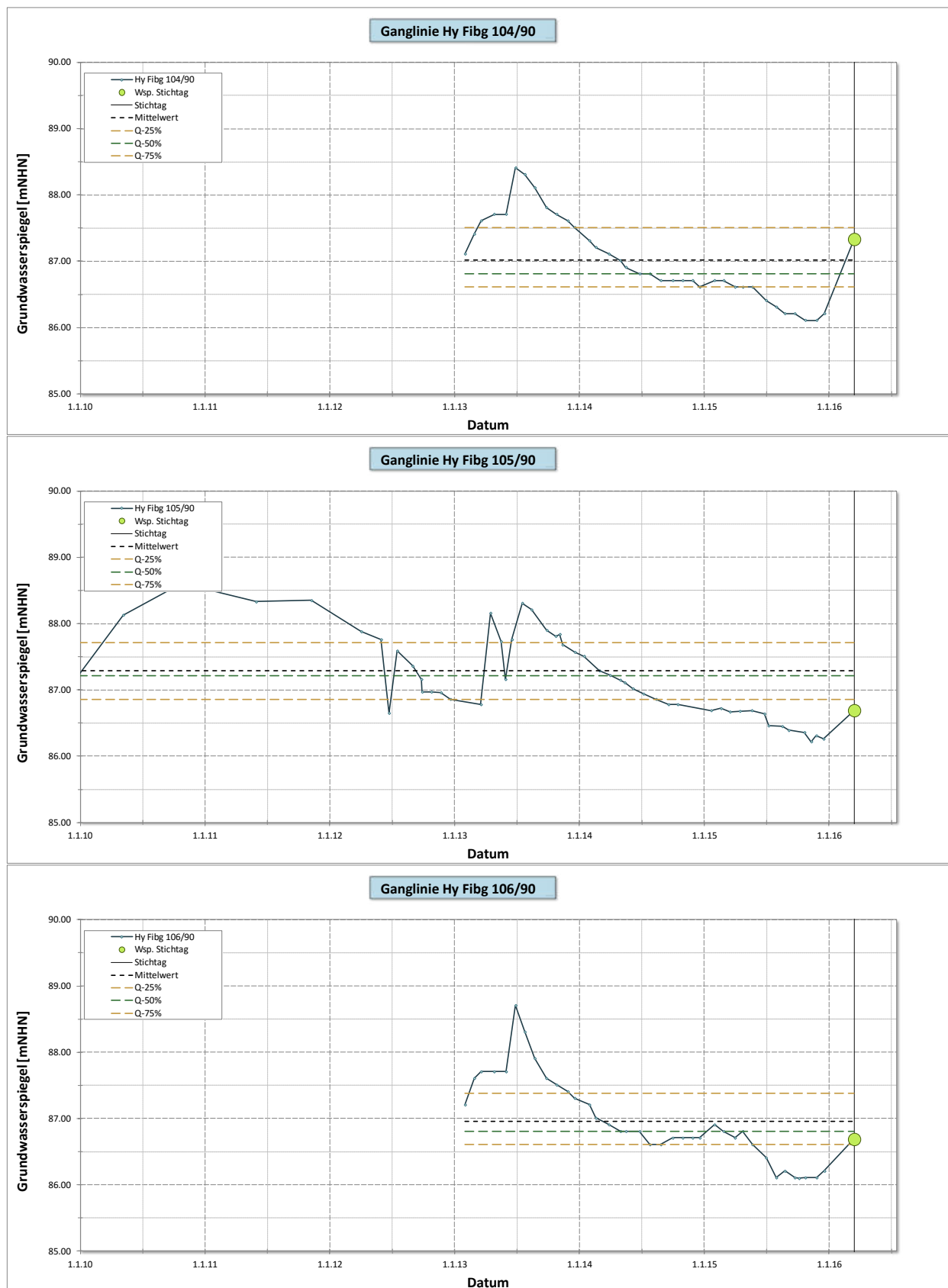


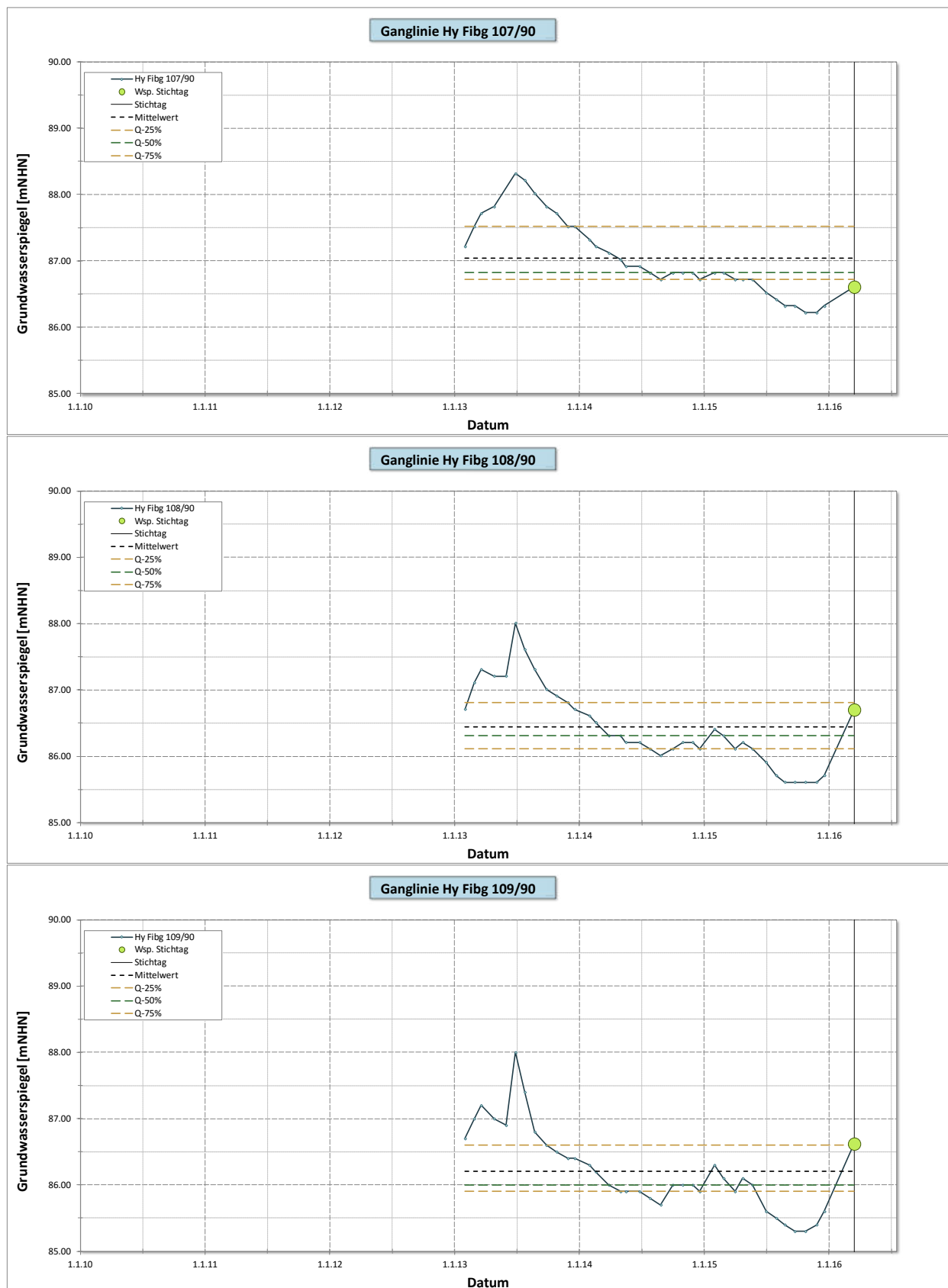


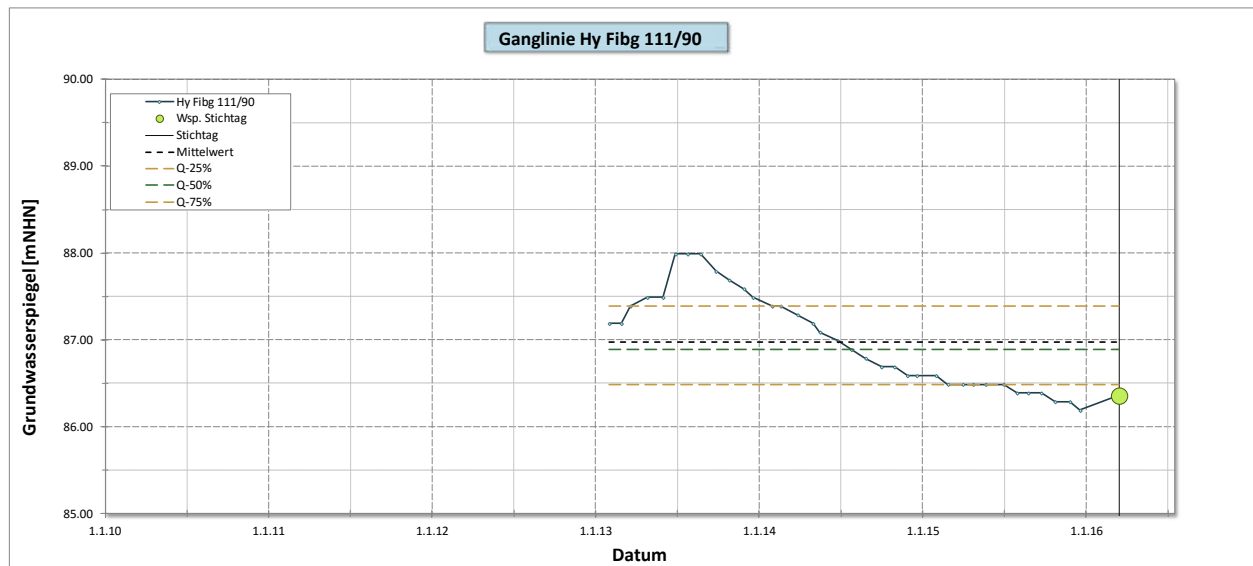
8x Grundwassermessstellen Monitoring Wasserfassung Fichtenberg

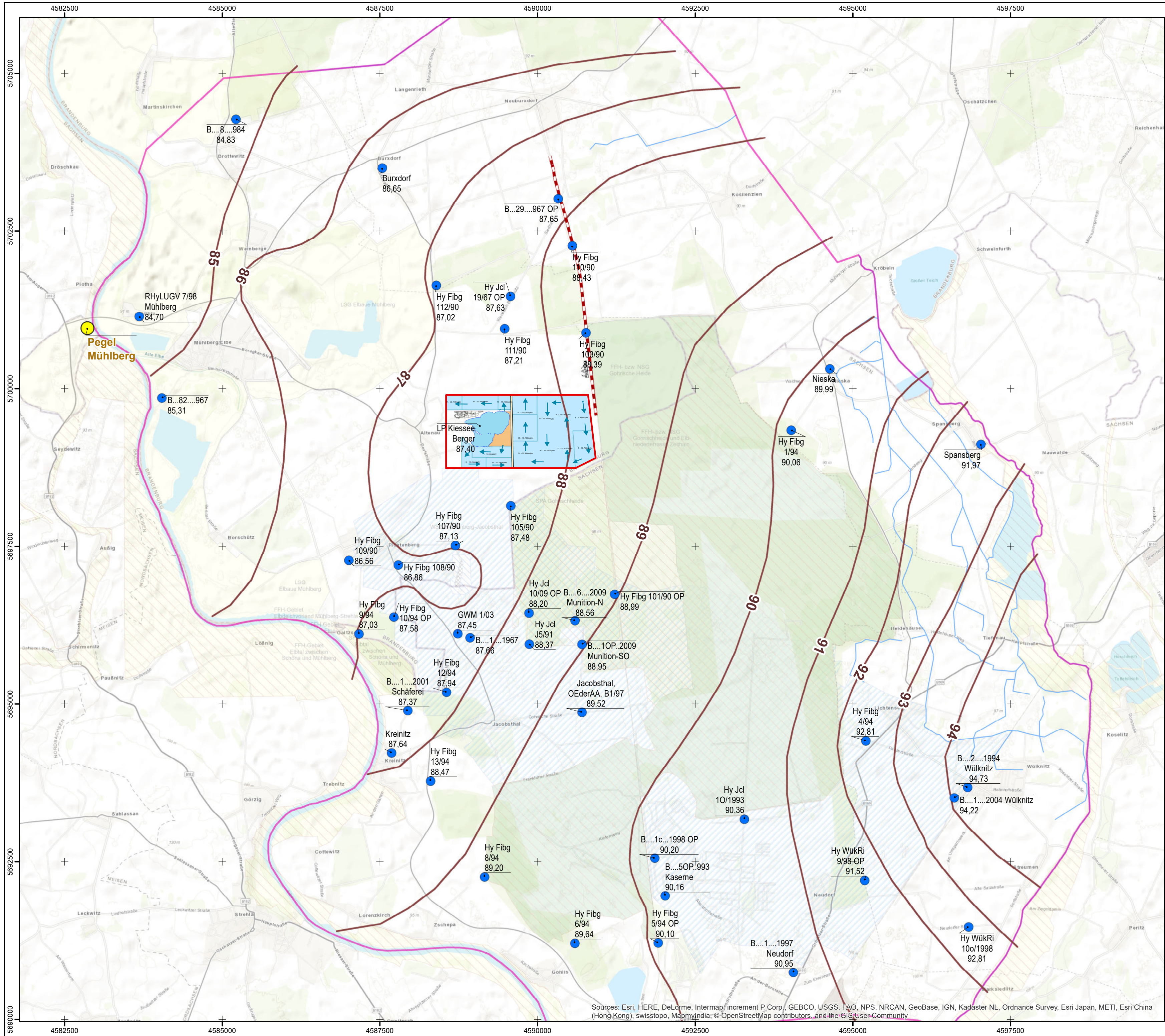
Übersichtskarte:



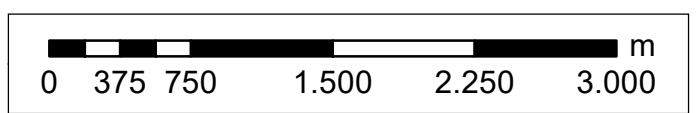








- Legende:**
- Grundwassermessstellen mit mittlerem Grundwasserstand
 - Elbe-Pegel Mühberg
 - Grundwasserisohypsen basierend auf Stichtagsmessung vom 15.3.16 (auf mittl. Verhältnisse korrigiert))
 - Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
 - Risswerk Bahnverladung
 - Riss Kieshalde
 - Modellgebiet
 - SPA
 - Naturschutz
 - Landschaftsschutz
 - Trinkwasserschutz Zone III
 - Trinkwasserschutz Zone II
 - Trinkwasserschutz Zone I
 - Bewilligung
 - Abbaurichtung
 - Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
 - Abbaufäche
 - Verbleibender Abbau (Stand 2015)
 - Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)





Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

Konstruierte Grundwasserdynamik
(Stichtag 15.03.2016, korrigiert)

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

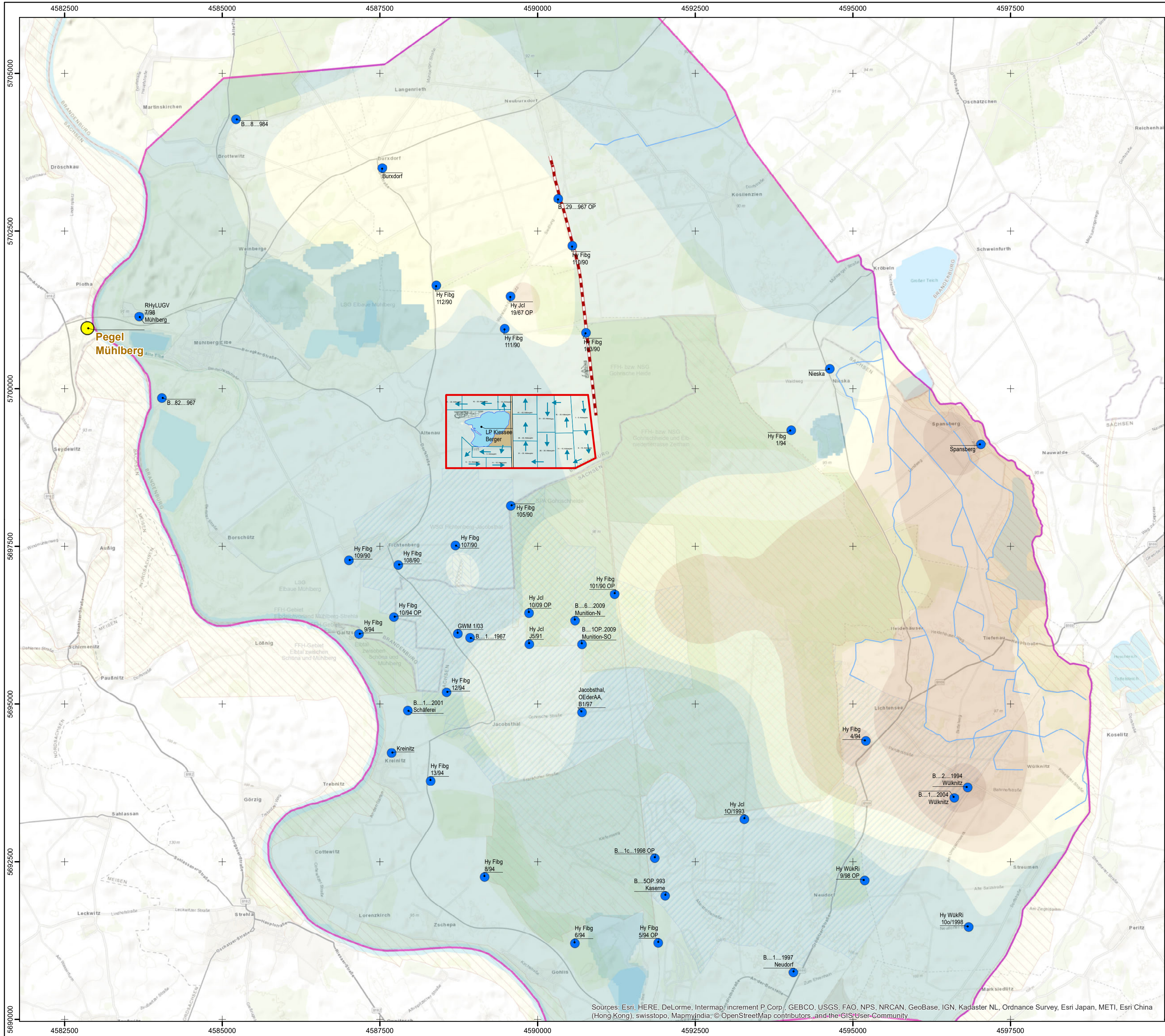
Maßstab 1 : 40.000

Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp

Anlage 3.2

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P. Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Legende:

- Grundwassermessstelle
- Elbe-Pegel Mühlberg

kf-Werte Grundwasserleiter (kalibriert)
[m/s]

- < 5e-5
- 5e-5 - 1e-4
- 1e-4 - 2e-4
- 2e-4 - 5e-4
- 5e-4 - 1e-3
- 1e-3 - 5e-3
- < 5e-3

Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf

Risswerk Bahnverladung

Riss Kieshalde

Modellgebiet

SPA

Naturschutz

Landschaftsschutz

Trinkwasserschutz Zone III

Trinkwasserschutz Zone II

Trinkwasserschutz Zone I

Bewilligung

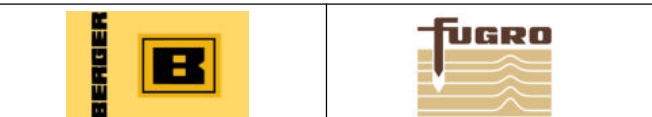
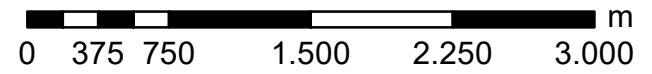
Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand

Abbaurichtung

Abbaufläche

Verbleibender Abbau (Stand

Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)



Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

Karte der Durchlässigkeitsverteilung
im quartären Grundwasserleiter

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 40.000

Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp

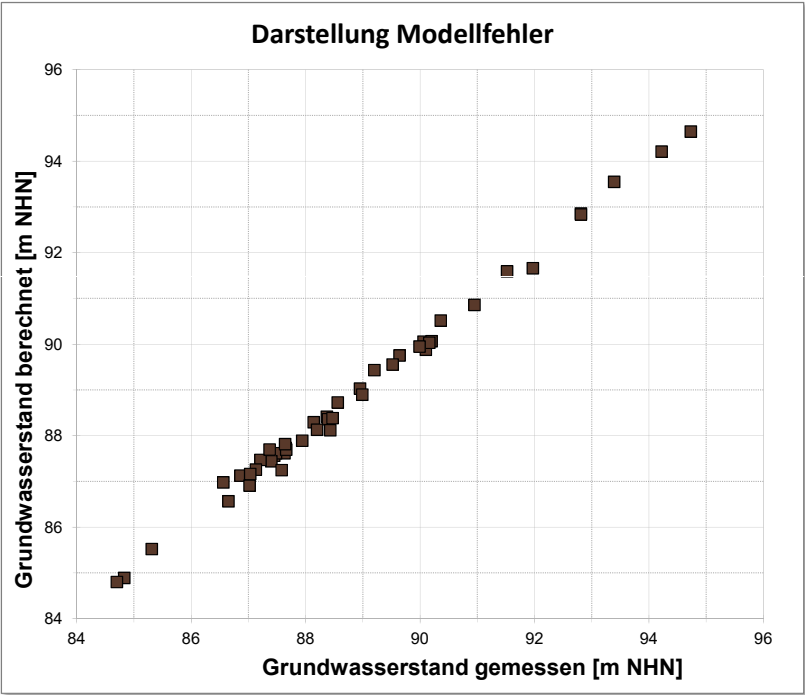
Anlage 3.3

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P. Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

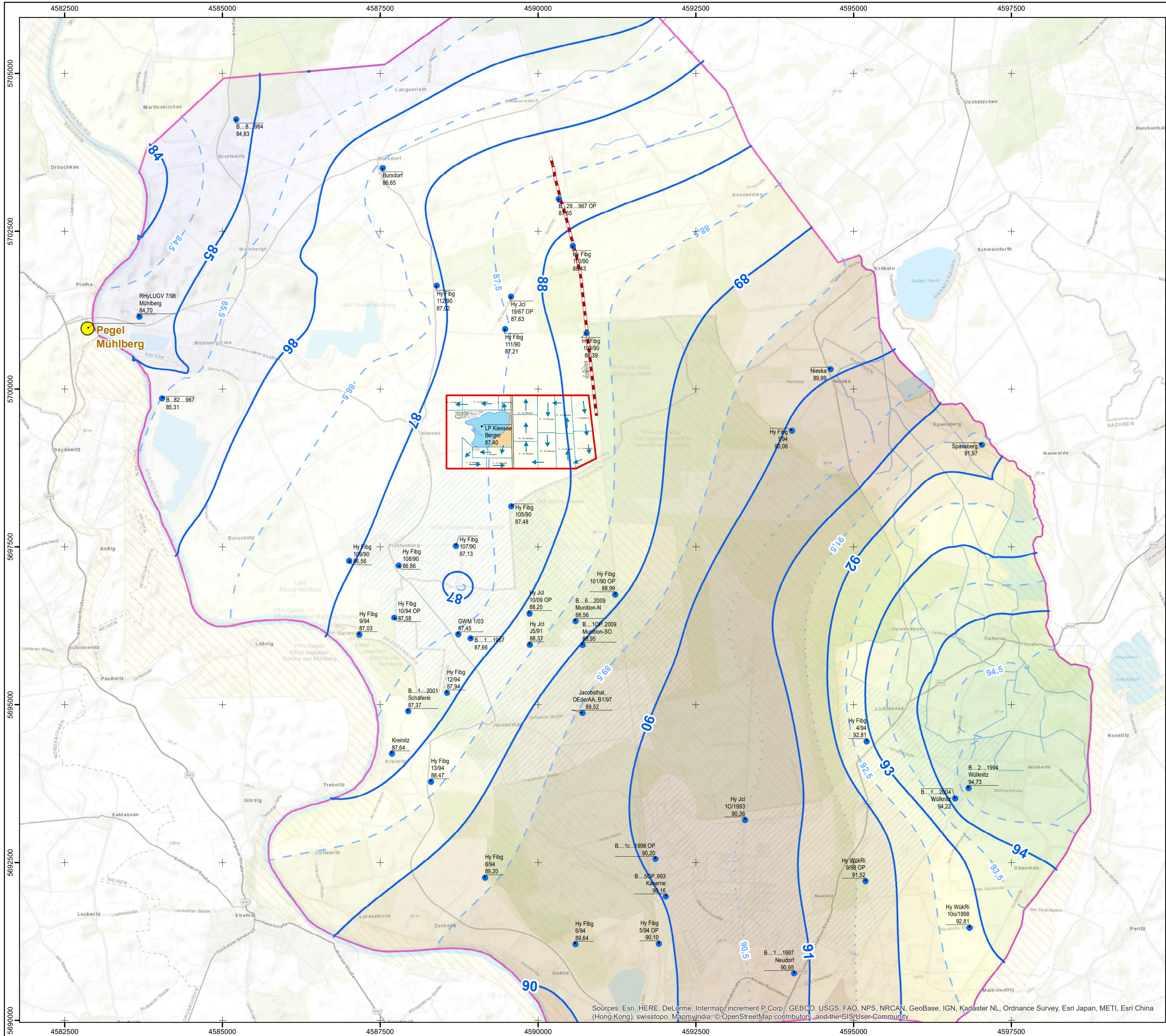
Anlage 3.4: Darstellung des Modellfehlers der stationären Modellkalibrierung

ID	NAME	X-Koord.	Y-Koord.	GOK	TYP	FOK	FUK	R	P %	σ	Wsp. gemessen	Wsp. berechnet	Fehler (abs)	Fehler (rel)	mittl. quadr. Fehler
219	Hy Jcl 19/67 OP	4589572.90	5701466.70	91.70	obs. pt	77.70	75.70	0.25	95	0.12755	87.63	87.62	0.01	0.01	0.0002
220	B....29....967 OP	4590329.00	5703013.00	90.80	obs. pt	83.90	81.90	0.25	95	0.12755	87.65	87.73	-0.08	0.08	0.0069
222	GWM 1/03	4588737.80	5696113.20	93.44	obs. pt	89.94	82.94	0.25	95	0.12755	87.45	87.56	-0.11	0.11	0.0126
223	Hy Fibg 6/94	4590592.00	5691205.00	94.91	obs. pt	81.51	79.51	0.25	95	0.12755	89.64	89.75	-0.11	0.11	0.0131
224	Hy Fibg 5/94 OP	4591913.00	5691211.00	95.27	obs. pt	87.37	85.37	0.25	95	0.12755	90.10	89.88	0.22	0.22	0.0485
227	Hy Fibg 102/90 o	4590915.00	5698820.00	92.94	obs. pt	83.94	82.94	0.25	95	0.12755	88.14	88.29	-0.15	0.15	0.0239
228	Hy Fibg 105/90	4589578.00	5698143.70	93.01	obs. pt	68.01	63.01	0.25	95	0.12755	87.48	87.62	-0.14	0.14	0.0189
229	LP Kiessee Berger	4589098.00	5699399.00	89.45	obs. pt	89.45	88.45	0.25	95	0.12755	87.40	87.44	-0.04	0.04	0.0017
231	B....82....967	4584044.37	5699854.46	89.83	obs. pt	79.43	77.43	0.25	95	0.12755	85.31	85.52	-0.21	0.21	0.0452
233	B....8....984	4585218.50	5704272.10	90.20	obs. pt	82.70	80.70	0.25	95	0.12755	84.83	84.89	-0.06	0.06	0.0037
235	RHyLUGV 7/98 Mühlberg	4583685.93	5701144.85	90.10	obs. pt	80.10	78.10	0.25	95	0.12755	84.70	84.80	-0.10	0.10	0.0104
236	Burxdorf	4587540.34	5703499.76	90.40	obs. pt	85.60	84.60	0.25	95	0.12755	86.65	86.57	0.08	0.08	0.0070
239	Hy Fibg 1/94	4594023.00	5699341.00	92.52	obs. pt	85.52	84.52	0.25	95	0.12755	90.06	90.06	0.00	0.00	0.0000
240	Hy Fibg 4/94	4595206.00	5694417.00	96.33	obs. pt	88.33	87.33	0.25	95	0.12755	92.81	92.86	-0.05	0.05	0.0022
241	Hy Jcl 10/1993	4593280.58	5693173.13	96.48	obs. pt	87.48	86.48	0.25	95	0.12755	90.36	90.52	-0.16	0.16	0.0246
242	Hy WükRi 10o/1998	4596386.00	5691467.00	98.14	obs. pt	92.14	90.14	0.25	95	0.12755	92.81	92.84	-0.03	0.03	0.0007
244	Hy Fibg 12/94	4588559.00	5695186.00	97.06	obs. pt	83.86	81.86	0.25	95	0.12755	87.94	87.89	0.05	0.05	0.0024
245	B....1OP..2009 Munition-SO	4590706.55	5695947.34	94.51	obs. pt	88.51	84.51	0.25	95	0.12755	88.95	89.03	-0.08	0.08	0.0063
247	Hy Jcl JS/91	4589870.00	5695950.00	94.86	obs. pt	85.36	84.36	0.25	95	0.12755	88.37	88.41	-0.04	0.04	0.0019
248	Jacobsthal, OEderAA, B1/97	4590706.00	5694870.00	94.75	obs. pt	91.75	79.80	0.25	95	0.12755	89.52	89.56	-0.04	0.04	0.0013
250	Hy Fibg 103/90	4590770.00	5700888.00	87.00	obs. pt	78.00	77.00	0.25	95	0.12755	88.39	88.36	0.03	0.03	0.0009
251	Hy Fibg 110/90	4590552.00	5702265.00	87.00	obs. pt	78.00	77.00	0.25	95	0.12755	88.43	88.12	0.31	0.31	0.0958
252	Hy Fibg 108/90	4587793.00	5697205.00	93.94	obs. pt	84.94	83.94	0.25	95	0.12755	86.86	87.13	-0.27	0.27	0.0721
253	Hy Fibg 112/90	4588395.00	5701637.00	91.40	obs. pt	82.40	81.40	0.25	95	0.12755	87.02	86.91	0.11	0.11	0.0121
255	Hy Fibg 111/90	4589479.00	5700951.00	91.27	obs. pt	78.37	76.37	0.25	95	0.12755	87.21	87.47	-0.26	0.26	0.0682
258	Hy Fibg 107/90	4588697.90	5697516.10	94.51	obs. pt	82.51	80.51	0.25	95	0.12755	87.13	87.26	-0.13	0.13	0.0165
259	B....2....1994 Wülknitz	4596821.96	5693678.75	97.54	obs. pt	88.54	87.54	0.25	95	0.12755	94.73	94.65	0.08	0.08	0.0067
260	B....1....2001 Schäferrei	4587944.31	5694897.20	93.04	obs. pt	89.04	83.09	0.25	95	0.12755	87.37	87.70	-0.33	0.33	0.1076
262	B....1....2004 Wülknitz	4596607.72	5693513.81	98.34	obs. pt	84.34	82.34	0.25	95	0.12755	94.22	94.21	0.01	0.01	0.0001
265	B....1c...1998 OP	4591860.00	5692554.40	97.79	obs. pt	90.79	87.79	0.25	95	0.12755	90.20	90.07	0.13	0.13	0.0181
268	B....5OP..993 Kaserne	4592025.70	5691959.20	96.84	obs. pt	88.84	86.84	0.25	95	0.12755	90.16	90.03	0.13	0.13	0.0163
271	B....6....2009 Munition-N	4590595.90	5696324.20	94.56	obs. pt	84.06	83.06	0.25	95	0.12755	88.56	88.73	-0.17	0.17	0.0278
272	B....1....1967	4588931.40	5696050.10	94.24	obs. pt	81.24	79.24	0.25	95	0.12755	87.66	87.70	-0.04	0.04	0.0013
273	Hy Fibg 8/94	4589161.00	5692258.00	93.17	obs. pt	80.07	78.07	0.25	95	0.12755	89.20	89.43	-0.23	0.23	0.0547
274	Hy WükRi 9/98 OP	4595189.00	5692203.00	98.33	obs. pt	81.33	79.33	0.25	95	0.12755	91.52	91.59	-0.07	0.07	0.0054
276	Hy Fibg 101/90 OP	4591223.00	5696742.00	94.30	obs. pt	84.30	82.30	0.25	95	0.12755	88.99	88.90	0.09	0.09	0.0085
277	Hy Fibg 13/94	4588305.00	5693779.00	94.73	obs. pt	90.13	86.13	0.25	95	0.12755	88.47	88.38	0.09	0.09	0.0073
279	Hy Fibg 10/94 OP	4587722.00	5696378.00	95.48	obs. pt	89.38	88.38	0.25	95	0.12755	87.58	87.25	0.33	0.33	0.1107
281	Hy Fibg 9/94	4587170.00	5696109.00	95.30	obs. pt	58.80	56.80	0.25	95	0.12755	87.03	87.16	-0.13	0.13	0.0177
283	Hy WükRi 8/98 MP	4596507.00	5693204.00	97.22	NONE	83.22	82.22	0.25	95	0.12755	93.39	93.55	-0.16	0.16	0.0255
286	B....1....1997 Neudorf	4594058.00	5690745.00	99.44	obs. pt	92.44	87.44	0.25	95	0.12755	90.95	90.86	0.09	0.09	0.0082
288	Hy Jcl 10/09 OP	4589865.26	5696444.55	95.14	obs. pt	89.14	85.14	0.25	95	0.12755	88.20	88.13	0.07	0.07	0.0048
292	Hy Fibg 109/90	4587010.00	5697278.00	89.01	obs. pt	77.11	75.11	0.25	95	0.12755	86.56	86.98	-0.42	0.42	0.1762
294	Spansberg	4597030.00	5699120.00	93.03	obs. pt	89.03	88.03	0.25	95	0.12755	91.97	91.66	0.31	0.31	0.0948
295	Kreinitz	4587687.00	5694227.00	94.17	obs. pt	93.17	92.17	0.25	95	0.12755	87.64	87.82	-0.18	0.18	0.0309
297	Nieska	4594635.50	5700315.50	92.51	obs. pt	83.51	82.51	0.25	95	0.12755	89.99	89.95	0.04	0.04	0.0017

MIN	84.70	84.80	46	46	46	Anzahl
MAX	94.73	94.65	-1.60	5.98	1.22	Wert
delta	10.03	9.85	-0.035	0.130	0.163	1.62%
			mittlerer absoluter Fehler	mittlerer relativer Fehler	mittlere quadratische Abweichung	Modell- fehler

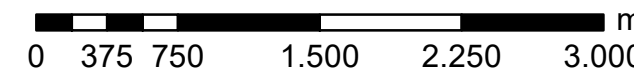


GOK/FOK/FUK: Geländeoberkante/ Filteroberkante/ Filterunterkante in mNHN
TYP: obs.pt. - Grundwassermessstelle
R: Vertrauensintervall Grundwasserstand gemessen [m]
P %: Vertrauenswahrscheinlichkeit zu R [%]
σ: Standardabweichung zwischen gemessenen u. berechneten Grundwasserstand



Legende:

- Grundwassermessstellen mit mittlerem Grundwasserstand
- Elbe-Pegel Mühlberg
- Hauptkontur
- Nebenkontur
- Berechnete Grundwasserisohypsen
Stichtag 15.3.16 [m NHN]
- 84,0 - 84,5
- 84,5 - 85,0
- 85,0 - 85,5
- 85,5 - 86,0
- 86,0 - 86,5
- 86,5 - 87,0
- 87,0 - 87,5
- 87,5 - 88,0
- 88,0 - 88,5
- 88,5 - 89,0
- 89,0 - 89,5
- 89,5 - 90,0
- 90,0 - 90,5
- 90,5 - 91,0
- 91,0 - 91,5
- 91,5 - 92,0
- 92,0 - 92,5
- 92,5 - 93,0
- 93,0 - 93,5
- 93,5 - 94,0
- 94,0 - 94,5
- 94,5 - 95,0
- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
- Risswerk Bahnverladung
- Riss Kieshalde
- Modellgebiet
- SPA
- Naturschutz
- Landschaftsschutz
- Trinkwasserschutz Zone III
- Trinkwasserschutz Zone II
- Trinkwasserschutz Zone I
- Bewilligung
- Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
- Abbaurichtung
- Abbaufäche
- Verbleibender Abbau (Stand 2015)
- Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)



Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

Berechnete Grundwasserdynamik
(Stichtag 15.03.2016)

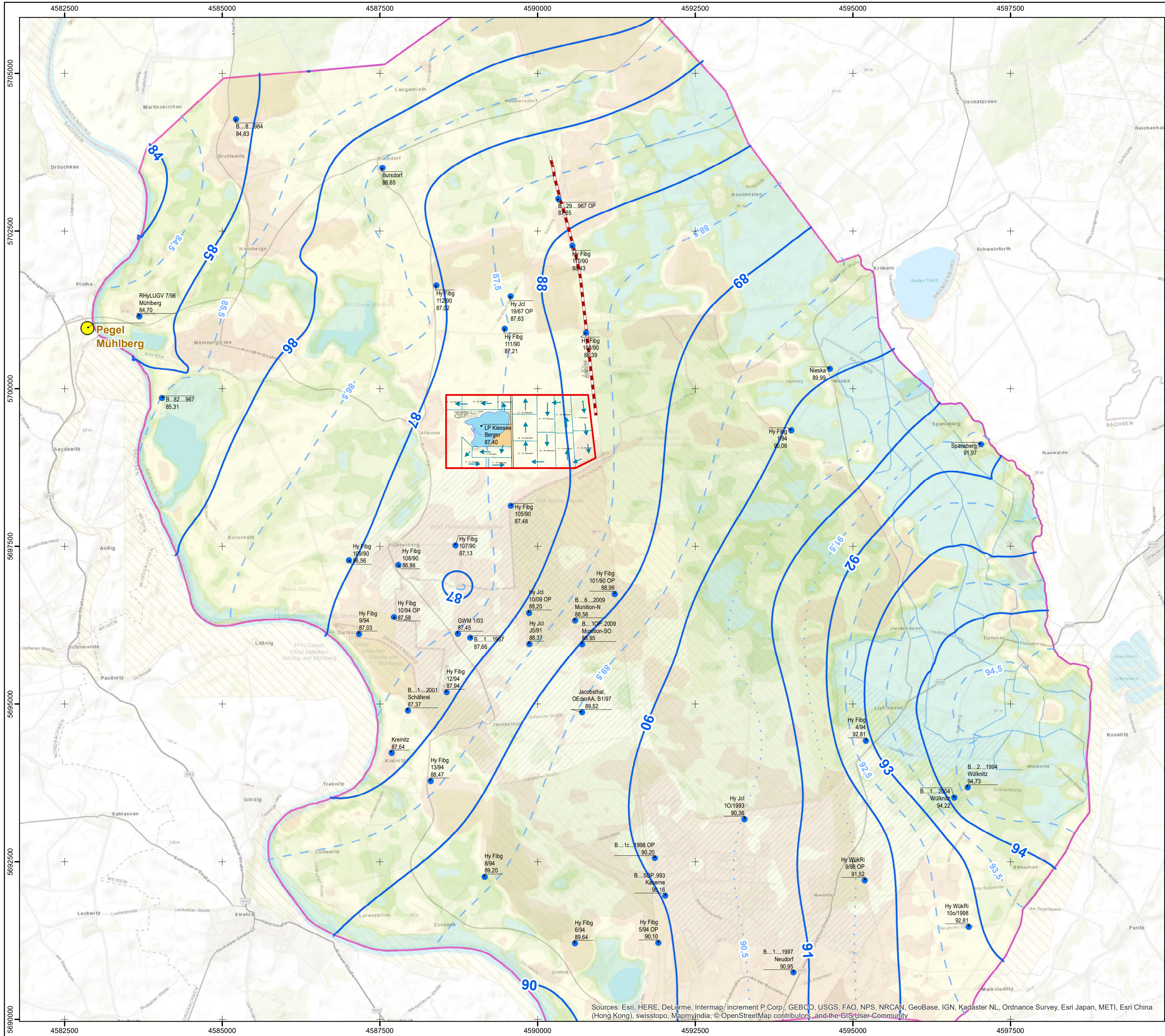
Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHNN92

Maßstab 1 : 40.000

Datum: 20.06.2017

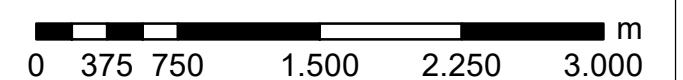
Bearbeiter: M.Popp

Anlage 3.5



Legende:

- Grundwassermessstellen mit mittlerem Grundwasserstand
- Elbe-Pegel Mühlberg
- Hauptkontur
- Nebenkontur
- Grundwasserflurabstand [m], Stichtag 15.3.16
 - 0 - 1
 - 1 - 2
 - 2 - 3
 - 3 - 5
 - > 5
- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
- Risswerk Bahnverladung
- Riss Kieshalde
- Modellgebiet
- SPA
- Naturschutz
- Landschaftsschutz
- Trinkwasserschutz Zone III
- Trinkwasserschutz Zone II
- Trinkwasserschutz Zone I
- Bewilligung
- Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
- Abbaurichtung
- Abbaufäche
- Verbleibender Abbau (Stand
- Seefläche (Betriebszustand: 2014/10)





Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

Berechneter Grundwasserflurabstand
(Stichtag 15.03.2016)

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

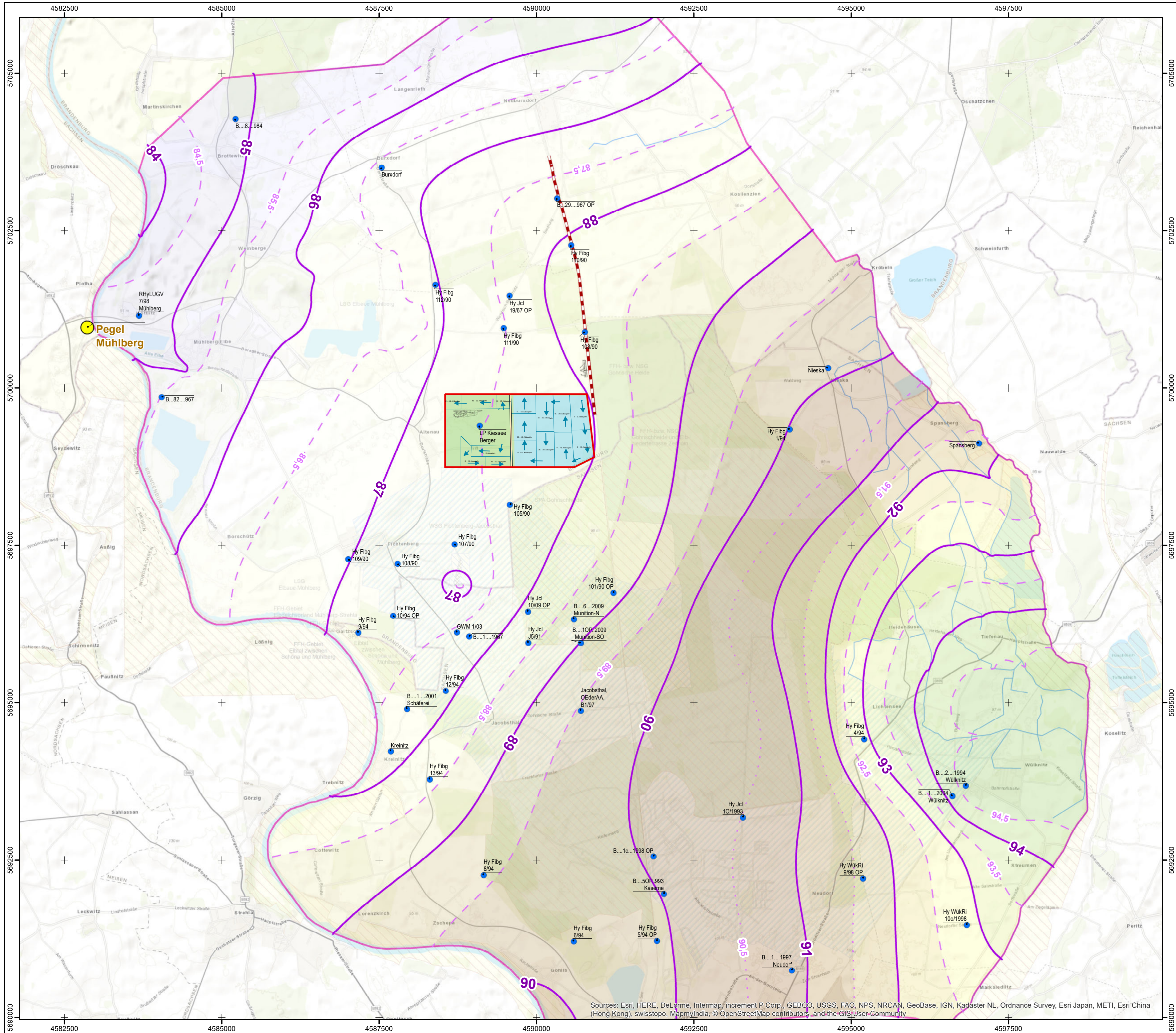
Maßstab 1 : 40.000

Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp

Anlage 3.6

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P. Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Legende:

- Grundwassermessstellen
- Elbe-Pegel Mühlberg
- Hauptkontur
- Nebenkontur

Berechnete Grundwasserisohypsen Endzustand [m NHN]

	84,0 - 84,5
	84,5 - 85,0
	85,0 - 85,5
	85,5 - 86,0
	86,0 - 86,5
	86,5 - 87,0
	87,0 - 87,5
	87,5 - 88,0
	88,0 - 88,5
	88,5 - 89,0
	89,0 - 89,5
	89,5 - 90,0
	90,0 - 90,5
	90,5 - 91,0
	91,0 - 91,5
	91,5 - 92,0
	92,0 - 92,5
	92,5 - 93,0
	93,0 - 93,5
	93,5 - 94,0
	94,0 - 94,5
	94,5 - 95,0

Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf

Risswerk Bahnverladung

Riss Kieshalde

Modellgebiet

SPA

Naturschutz

Landschaftsschutz

Trinkwasserschutz Zone III

Trinkwasserschutz Zone II

Trinkwasserschutz Zone I

Bewilligung

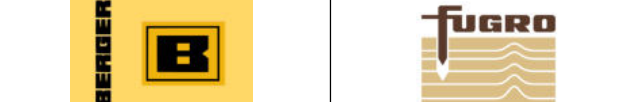
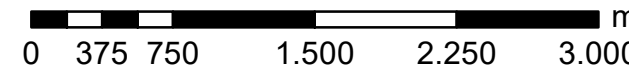
Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand

Abbaurichtung

Abbaufäche

Bergbaufeld, rekultiviert

Restsee Kiestagebau



Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten

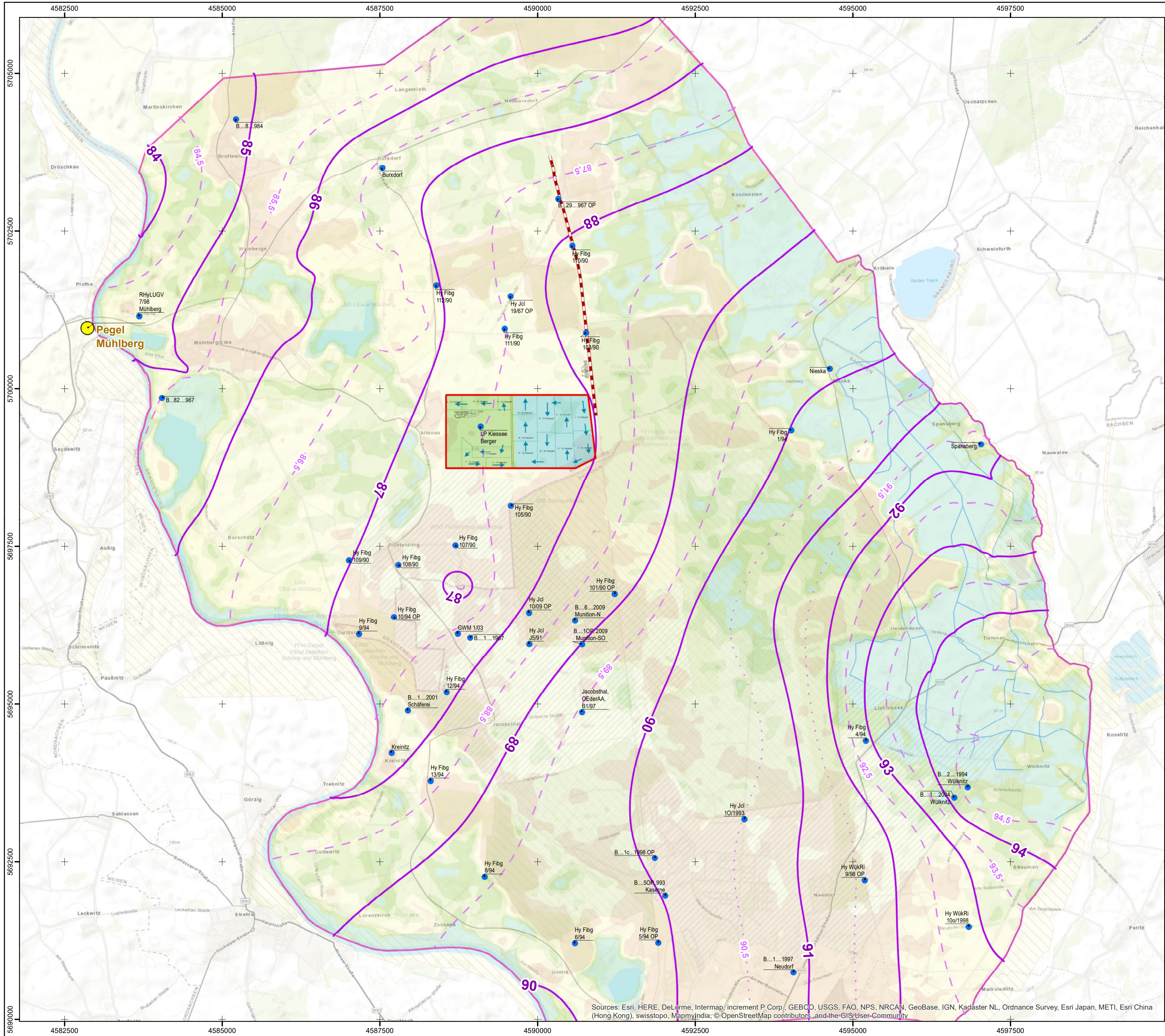
Berechnete Grundwasserdynamik
(Stationärer Endzustand)

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHNN92

Maßstab 1 : 40.000 Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp Anlage 4.1

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P.Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Legende:

Grundwassermessstellen

Elbe-Pegel Mühlberg

Hauptkontur

Nebenkontur

Berechneter Grundwasserflurabstand im Endzustand [m]

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 5

> 5

Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf

Risswerk Bahnverladung

Riss Kieshalde

Modellgebiet

SPA

Naturschutz

Landschaftsschutz

Trinkwasserschutz Zone III

Trinkwasserschutz Zone II

Trinkwasserschutz Zone I

Bewilligung

Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand

Abbaurichtung

Abbaufäche

Bergbaufeld, rekultiviert

Restsee Kiestagebau

**Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten**

**Berechneter Grundwasserflurabstand
(Stationärer Endzustand)**

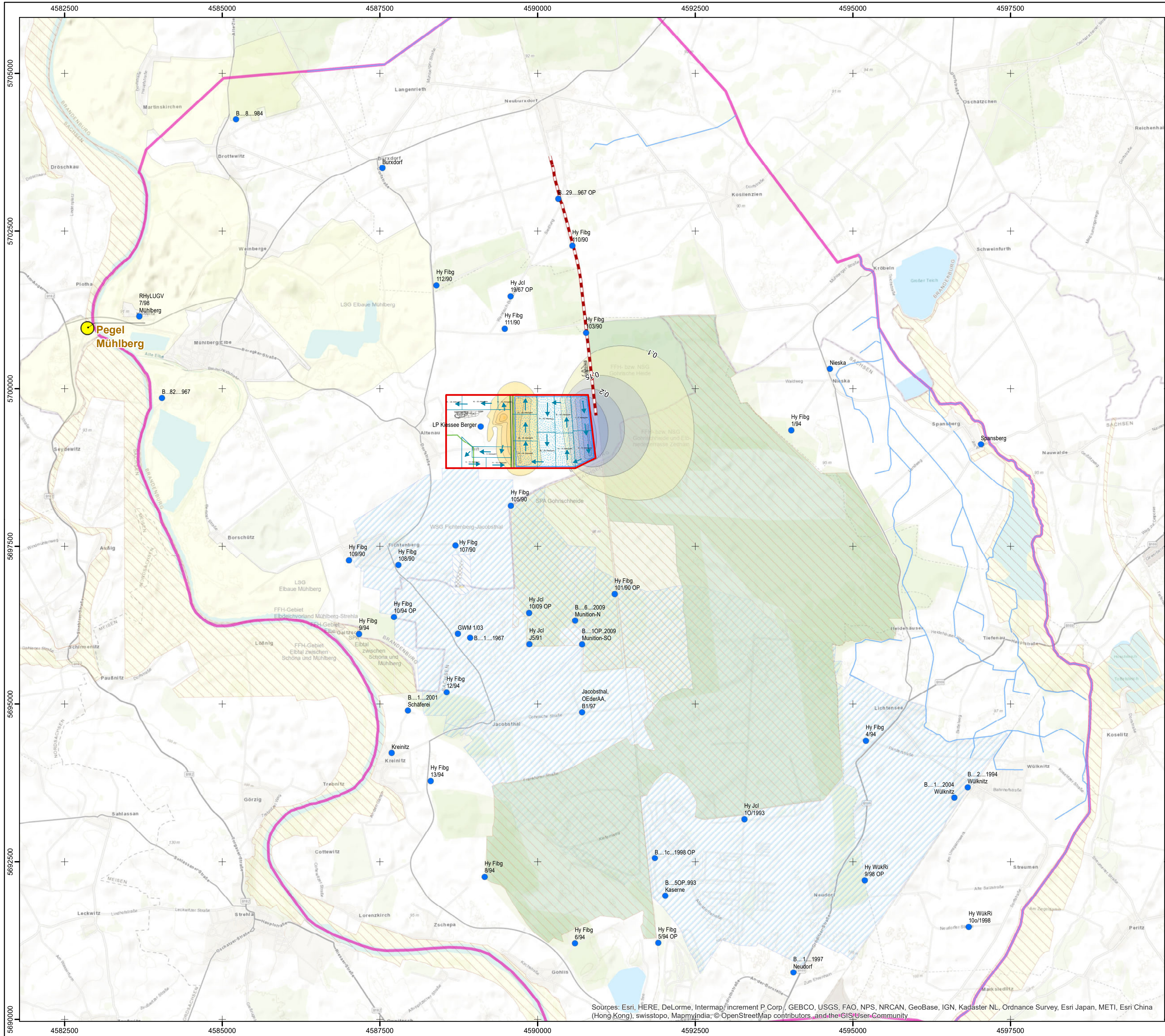
Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 40.000

Datum: 20.06.2017

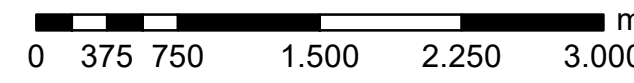
Bearbeiter: M.Popp

Anlage 4.2



Legende:

- Grundwassermessstellen
 - Elbe-Pegel Mühlberg
- Grundwasserdifferenzen [m]
IST - PLAN2016-Endzustand**
- < -0,30
 - 0,30 - -0,25
 - 0,25 - -0,20
 - 0,20 - -0,15
 - 0,15 - -0,10
 - 0,10 - 0,10
 - 0,10 - 0,15
 - 0,15 - 0,20
 - 0,20 - 0,25
 - 0,25 - 0,30
 - 0,30 - 0,35
 - > 0,35
- Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof Neuburxdorf
 - Risswerk Bahnverladung
 - Riss Kieshalde
 - Modellgebiet
 - SPA
 - Naturschutz
 - Landschaftsschutz
 - Trinkwasserschutz Zone III
 - Trinkwasserschutz Zone II
 - Trinkwasserschutz Zone I
 - Bewilligung
 - Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand
 - Abbaurichtung
 - Abbaufäche
 - Bergbaufeld, rekultiviert
 - Restsee Kiestagebau





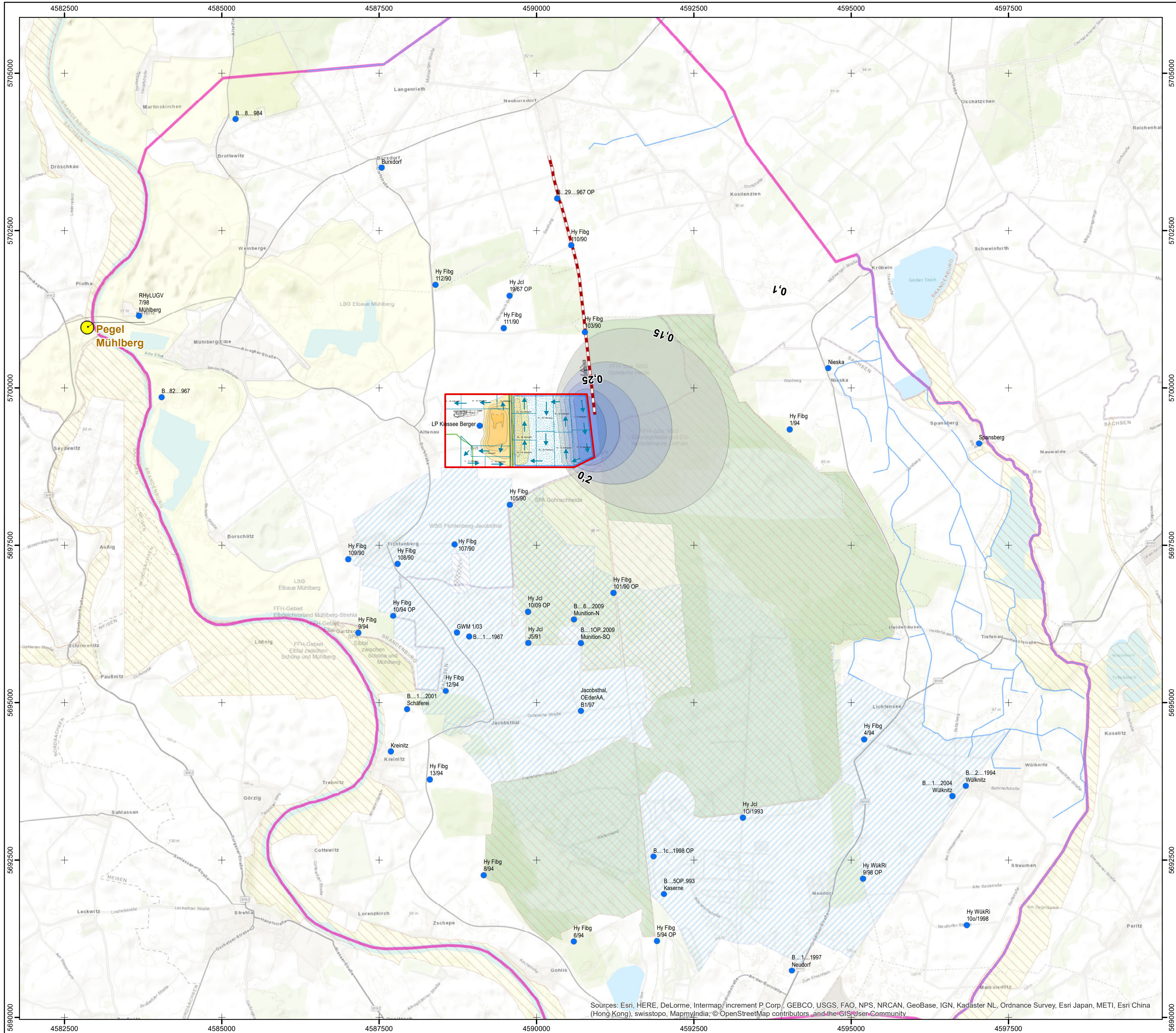
**Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten**

**Berechnete GW-Differenzen zwischen
Stichtag 16.3.16 und Endzustand**

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 40.000	Datum: 20.06.2017
Bearbeiter: M.Popp	Anlage 4.3

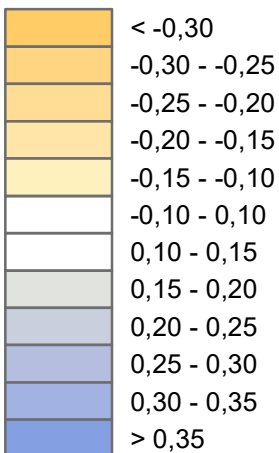
Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P. Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Legende:

- Grundwassermessstellen
- Elbe-Pegel Mühlenberg

**Grundwasserdifferenzen [m]
maximale GW-Änderung während
Kiesabbau**



Betriebliches Anschlussgleis zum Bahnhof
Neuburxdorf

Risswerk Bahnverladung

Riss Kieshalde

Modellgebiet

SPA

Naturschutz

Landschaftsschutz

Trinkwasserschutz Zone III

Trinkwasserschutz Zone II

Trinkwasserschutz Zone I

Bewilligung

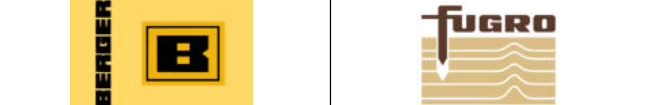
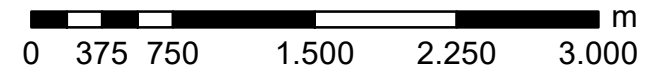
Abbaurichtung

Abbaufläche

Bergefeste inkl. Sicherheitsabstand

Bergbaufeld, rekultiviert

Restsee Kiestagebau



**Kiessandgewinnung Lagerstätte Altenau
Hydrogeologisches Gutachten**

**Berechnete max. GW-Differenzen während
des Kiesabbaus und Stichtag 16.3.16**

Koord.-syst.: Gauß-Krüger; Bessel-Ellipsoid (RD83); Höhensyst.: DHHN92

Maßstab 1 : 40.000 Datum: 20.06.2017

Bearbeiter: M.Popp **Anlage 4.4**

Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P. Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community