



Ingenieurbüro
Auernheimer

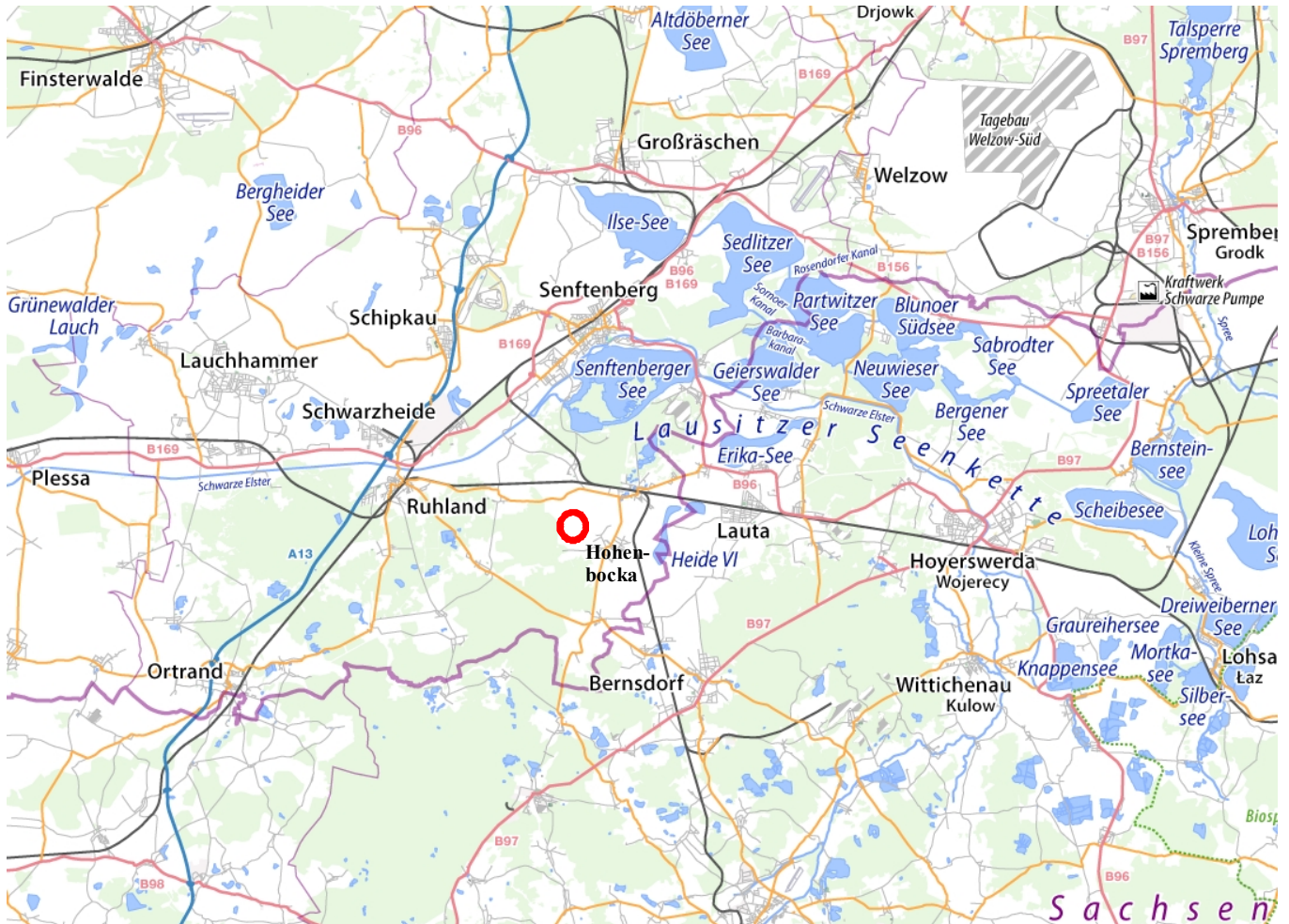
Schwaigerstr.17-19
92224 Amberg
Tel.: 09621/429407

Hydrogeologisches Gutachten zur geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches Quarzsandwerk Hohenbocka





Projekt: Hydrogeologisches Gutachten zur geplanten Nordost- und Südwesterweiterung des Gewinnungsteiches zur Nassgewinnung von tertiären Quarzsanden, Quarzsandwerk Hohenbocka



Lage: Gemarkung Hohenbocka, Kreis Oberspreewald-Lausitz OSL, Brandenburg, südwestlich des Lausitzer Seenlandes

Auftraggeber: SST Ingenieurgesellschaft mbH
Charlottenburger Allee 39, 52068 Aachen

Auftragnehmer: Ingenieurbüro Auernheimer, Hydrologie, Hydrogeologie, Meteorologie.
Schwaigerstr.17, 92224 Amberg
Projektnummer 201101

Bearbeitung: Ralph Auernheimer, Dipl. Geoökologe
Universität Bayreuth, 1984

Ort/Datum: Amberg, 29.04.2013, Änderungen am 26.09.2019



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Durchgeführte Arbeiten	3
3	Historischer Rückblick und Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	6
3.1	Hydrologischer Rückblick ins 19. Jahrhundert	6
3.2	Hydrologischer Rückblick ins 20. Jahrhundert und Situation 2012	7
3.3	Zusammenfassung prognostizierte Auswirkungen der geplanten Erweiterung	16
3.4	Ergebnisse des Monitorings und Empfehlungen	20
4	Hydrogeologische Modellvorstellung	25
4.1	Lage und Nutzung des Modellgebietes	25
4.2	Hydrologische und meteorologische Randbedingungen Istzustand 2011/12	28
4.2.1	Niederschlag	28
4.2.2	Evapotranspiration und klimatische Wasserbilanz	31
4.2.3	Fließgewässer	33
4.2.4	Grundwasserneubildung	44
4.2.5	Wasservorräte	45
4.2.6	Wasserbilanzgleichung Abflusspegel MP 1	46
4.3	Hydrogeologische Modellvorstellung	46
4.3.1	Allgemeine Angaben zur Geologie der Lagerstätte	47
4.3.2	Schichtenaufbau Peickwitzer Urstromtal	50
4.3.3	Schichtenaufbau Quarzsandlagerstätte	51
4.3.4	Schichtenaufbau Stauchendmoräne	53
4.3.5	Südliches Hinterland der Stauchendmoräne	54
4.3.6	Grundwasserstände Monitoring	56
4.3.7	Grundwasserfließrichtung	58
5	Entwicklung des Grundwasserströmungsmodells HB3D (MODFLOW)	59
5.1	Erste Modellvarianten und Sensitivitätsanalysen	59
5.2	Modellgröße	61
5.3	Schichtenaufbau und Durchlässigkeiten	61
5.3.1	Schichtgrenze Quartär - Tertiär	62
5.3.2	Grenzschicht Teichboden Gewinnungsteich	62
5.3.3	Unterbegleiter des 2. Lausitzer Flöz	63
5.3.4	Stauchendmoräne	64
5.4	Randbedingungen in HB3D	66
5.4.1	Nordrand	66
5.4.2	Ostrand	67
5.4.3	Südrand	68
5.4.4	Westrand	68
5.4.5	BASF Brunnen Schwarzbach	68
5.4.6	Teiche und Nassflächen	69
5.4.7	Meliorationsgräben und Bachläufe	70
5.4.8	Grundwasserneubildungshöhe aus Niederschlägen	71
5.5	Modellkalibrierung	73
5.5.1	Grundwassermessstellen als Beobachtungspegel	73
5.5.2	Wasserbilanzen zur Kalibrierung	73
5.5.3	Hydraulische Versuche zur Kalibrierung	76
5.6	Ausgangszustand 2011	78



5.7	Modellversuche Peickwitzer Teiche.....	80
6	Hydraulische Auswirkungen der geplanten Erweiterung.....	84
6.1	Erhöhung der Retention	85
6.2	Auswirkungen im Abstrom der Erweiterungsflächen	85
6.2.1	Hostenmühle.....	86
6.2.2	Hostenwiesen direkt südlich der Hostenmühle	87
6.2.3	Zunahme der Wasserabgabe des Gewinnungsteiches.....	87
6.2.4	Zusätzliches Auslaufbauwerk Richtung Hasenteiche.....	89
6.2.5	Erlenwiesen westlich des Erlenteichs	90
6.2.6	Erlenteich.....	91
6.3	Auswirkungen im Anstrom der Erweiterungsflächen	92
6.3.1	Speicherteich 13	92
6.3.2	Interessentenweg Teich 12	93
6.3.3	RL Teich bei MP 56, RL Teich 6, RL Teich 7 und RL Teich 14	93
6.3.4	Bohneteich und Teich 9 Werk 3	94
6.3.5	Rohatschwiesen im Bereich Fanggraben.....	95
6.3.6	Bachlauf zwischen MP 2 und MP 4B, Südrand Teich 9 Werk 3	95
6.3.7	Hohenbocka	95
7	Untersuchte Endseevarianten zur Minimierung der Auswirkungen.....	96
8	Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen.....	97
8.1	Versauerung der Gewässer.....	98
8.2	Versauerung und Neutralisation Gewinnungsteich	99
8.2.1	Wasserkreislauf Werk Hohenbocka	100
8.2.2	Limnologische Exkursion Gewinnungsteich.....	101
8.2.3	Optionen zur Neutralisation des Gewinnungsteiches	103
8.2.4	Empfehlungen zum Monitoring Hydrochemie	106
8.3	Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Teiche.....	108
8.4	Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Fließgewässer.....	112
8.5	Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Grundwässer.....	116
9	Ausblick.....	121

Verzeichnis der Abkürzung

LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
LGRB	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
NSG	Schutzkategorie des gebietsbezogenen Naturschutzes nach dem Bundesnaturschutzgesetz
FFH-Gebiete	Spez. Europäische Schutzgebiete nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie

Messgrößen

L/s	Liter pro Sekunde
L/(s*km ²)	Liter pro Sekunde und pro Quadratkilometer
mm	Abfluss-, Niederschlags-, Verdunstungshöhe in Millimeter: 1 Liter/Quadratmeter
mm/a	Millimeter pro Jahr: Wassermenge als Niederschlags-, Abfluss-, Verdunstungshöhe
m ³ /a	Kubikmeter (1000 Liter) pro Jahr
h, d, a	Stunde, Tag, Jahr
Mio.	Million
ha	Hektar, entspricht 10.000 Quadratmeter (m ²)
mHN	Meter über Höhennullpunkt Kronstädter Pegel, einem Ostseepegel bei St. Petersburg. Für den Bereich Hohenbocka, Umrechnung auf mNN: mHN + 0.15 m = mNN.
mNN	DHHN12 (NN): Höhenmeter (m) über ‚Normal Nullpunkt‘ (NN: 37 m unter



	Normalhöhenpunkt der früheren Berliner Sternwarte, entspricht ca. Mittelwasser der Nordsee).
m NHN	DHHN92: Die Vermessungsverwaltungen der 16 Bundesländer Deutschlands beschlossen im Jahr 1993 (nach der Wiedervereinigung Deutschlands), ein für die alten und neuen Bundesländer einheitliches Höhenbezugssystem, das DHHN92, einzuführen. Die Differenz zwischen Höhen nach DHHN92 (NHN) und DHHN12 (NN) liegt zwischen -80 mm und +42 mm, durchschnittlich sind es 4 mm. Höhenangaben nach DHHN12 (NN) sind je nach Ort 12 bis 16 cm größer als die nach SNN76 (HN).
mg/L	Milligramm pro Liter entspricht 0.001 Gramm/Liter (g/L)
µg/L	Mikrogramm pro Liter entspricht 0.000001 g/L
µS/cm (25°C)	Mikro Siemens pro cm, elektrischen Leitfähigkeit von Wasser bezogen auf 25°C.

Wasserbilanzgrößen

MP 1	MP steht für Messpunkt an einem Oberflächengewässer
MID	Magnetisch induktives Durchflussmessgerät
N	Niederschlag
N1h(10)	Niederschlag in einer Stunde mit einem Wiederkehrintervall von 10 Jahren
SAMJ	Summenkurve der Abweichungen vom mittleren Jahresniederschlag
N _G	nach RICHTER korrigierter Gebietsniederschlag für die Wasserbilanz
DWD	Deutscher Wetterdienst
pET	potenzielle, maximal mögliche Evapotranspiration bei guter Wasserversorgung
aET	tatsächliche Evapotranspiration in Abhängigkeit vom Wasserangebot
Q _o	Oberflächenabfluss der nicht versickert und direkt abfließt
Q _i	Zwischenabfluss aus der ungesättigten Bodenzone, auch Interflow genannt
Q _{uk}	Kurzfristiger unterirdischer Abfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q _{ul}	Langfristiger Basisabfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q _{ub}	Grundwasserbegleitstrom der vom Abflusspegel nicht erfasst wird
Q _{ex}	aus dem Bilanzgebiet exportierte Wassermengen
Q _{im}	aus anderen Bilanzgebieten importierte Wassermengen
S	Speicherung von Wasser im Bilanzgebiet
HHQ	Maximaler Abfluss im Messzeitraum
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss im Messzeitraum
MQ	Mittlerer Abfluss im Messzeitraum
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss im Messzeitraum,
MNQ(6)	Mittelwert aus den monatlichen MNQ-Werten in einem Messzeitraum von 6 zusammenhängenden Monaten mit minimalem MNQ-Werten, meist Sommerhalbjahr
NNQ	Minimaler Abfluss im Messzeitraum

Hydrogeologie

GOK	Geländeoberkante
GWM	Grundwassermessstelle
GWS	Grundwasserspiegel
GWL	Grundwasserleiter
GWM, P, F	Grundwassermessstelle, Grundwasserpegel, händisch gebohrter Flachpegel im NSG
P 2/12	Die zweite (2) im Jahr 2012 (12) eingerichtete Grundwassermessstelle
Br	Brunnen zur Entnahme von Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWS	Grundwasserspiegel
C-Sediment	Kohlenstoffhaltige Sedimente, z.B. Braunkohle haltig
k _f -Wert	Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters in m/s
Legende Geologische Karte in Anlage 1.2	



Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne und historische Karten

- Anlage 1.1 Topographische Karte 1: 25.000 mit Messnetz
- Anlage 1.2 Geologische Karte 1: 25.000 vergrößert aus 1:100000 mit Messnetz
- Anlage 1.3 Topographische Karten 1:5.000 mit Messnetz, Drawdown und GWS-Gleichen
- Anlage 1.3B GWS-Flurabstand 2011 mit Messnetz, Drawdown und GWS-Gleichen 1: 10.000
- Anlage 1.3C GWS-Flurabstand 2055 mit Messnetz und Grundwassergleichen 1: 10.000
- Anlage 1.4 Historische Karte 1: 25.000 Schwarzheide aus dem Jahr 1846
- Anlage 1.5 Historische Karte 1: 25.000 aus dem Jahr 1934

Anlage 2 Hydrogeologische und geologische Schnitte

- Anlage 2.1 Lageplan mit Explorationsbohrpunkte der Quarzwerke
- Anlage 2.2 Normalprofil der Glassande im Modellgebiet
- Anlage 2.3 Normalprofil Lausitzer Urstromtal im Modellgebiet
- Anlage 2.4 Geologische Schnitte VULPIUS mit Stauchendmoräne
- Anlage 2.5 Schnitte aus dem Lagerstättenmodell der Quarzwerke bei Endaussandung
- Anlage 2.6 Hydrogeologische Schnitte GEOS aus dem Jahr 1991
- Anlage 2.7 Schema der hydrogeologischen Modellvorstellung

Anlage 3 Niederschläge, Abflüsse, Wasserbilanz, Grundwasserneubildung

- Anlage 3.1 Jahresniederschläge DWD Stationen Senftenberg u. Elsterwerda 1951-2012
- Anlage 3.2 Messdaten Wetterstation Werk Hohenbocka, Extremereignisse auszugsweise
- Anlage 3.3 Abflussmessungen Modellgebiet und Umfeld
- Anlage 3.4 Abflusswerte Schwarze Elster, Pegel Bad Liebenwerda
- Anlage 3.5 Abfluss Monitoring 2011/2013, MP 1 bis MP 7
- Anlage 3.6 Wasserkreislauf Werk Hohenbocka
- Anlage 3.7 Schematische Darstellung der Grundwasserflüsse
- Anlage 3.8 Abflusswerte ABIMO Brandenburg
- Anlage 3.9 Photodokumentation Messstationen

Anlage 4 Grundwasserstände, Seewasserspiegel und Eckdaten der GWM

- Anlage 4.1 Wasserspiegelganglinie der Restlöcher Werk 1 und Werk 3
- Anlage 4.2 Grundwasserganglinien Langzeitmessungen LUGV
- Anlage 4.3 Grundwasserganglinien Monitoring Quarzwerke händische Messungen
- Anlage 4.4 Grundwasserganglinien Monitoring Quarzwerke Datensammler 1-h-Messtakt
- Anlage 4.5 Eckdaten der GWM
- Anlage 4.6 Photodokumentation Bohrkerne Flachpegel auszugsweise

Anlage 5 Grundwasserabsenkungsanlagen im Umfeld des Gewinnungsteiches

- Anlage 5.1 Wasserverbrauch BASF, Werk Schwarzheide, 10 Brunnen bei Schwarzbach
- Anlage 5.2 Wasserstandsprognosen der LMBV für umliegende Tagebaurestlöcher
- Anlage 5.3 Photodokumentation Meliorationsgräben zur Grundwasserregulierung

Anlage 6 Modelldokumentation Grundwasserströmungsmodell Hohenbocka HB3D

- Anlage 6.1 Verteilung der Grundwasserneubildung im Modellgebiet
- Anlage 6.2 Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte
- Anlage 6.3 Randbedingung Festpotentiale und GHB
- Anlage 6.4 Randbedingung Flüsse und Dränagen
- Anlage 6.5 Randbedingung Evapotranspiration
- Anlage 6.6 Modellerte Grundwassergleichen HB3D2012
- Anlage 6.7 Modellerte Grundwassergleichen HB3D2055



Anlage 6.8 Gitternetz mit Lupe

Anlage 7 Hydrochemische Untersuchungsergebnisse

- Anlage 7.1 Schichtungsverhalten Gewinnungsteich während der Sommerstagnation 2011
- Anlage 7.2 Überblick Hydrochemische Reaktionen in versauerter Tagebauseen
- Anlage 7.3 Vergleich Titrationskurven Gewinnungsteich und versauerte Tagebauseen
- Anlage 7.4 Alternativen zur pH-Wert Anhebung in versauerten Tagebauseen
- Anlage 7.5 Lageplan mit pH-Werten umliegender Bachläufe
- Anlage 7.6 Ergebnisse hydrochemisches Monitoring Grundwasser
- Anlage 7.7 Ergebnisse hydrochemisches Monitoring Oberflächengewässer
- Anlage 7.8 Laboranalysen Prüfberichte

Verwendete und ergänzende Unterlagen:

- [1] Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg mit Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (2004): Geologische Übersichtskarte Landkreis Elbe-Elster Oberspreewald-Lausitz 1:100000 mit Beiheft, GK Ruhland Blatt 2617 (Erscheinungsjahr 1927), GK 1:25000 Hohenbocka Blatt 2618 (Erscheinungsjahr 1924) mit Beiheft – Cottbus, Potsdam
- [2] Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (1846 -2010): Topographische Karte 1:25000, Blatt 4549 Schwarzheide (2000), Blatt 4550 Lautz (2009), Messtischblatt 4550 Hohenbocka (aufgenommen 1887, berichtigt 1934), Messtischblatt 4549 Ruhland (aufgenommen 1887, berichtigt 1934), Preußische Kartenaufnahme 1:25000 Uraufnahme Blatt 4549 Schwarzheide aus dem Jahr 1846. TK 1:10000 Blätter 4549-SO Guteborn, 4549-NO Schwarzbach, 4550-NW Hosena, 4550-SW Hohenbocka. – Potsdam Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2008): Topographische Karte 1:25000, Blatt 4650 Bernsdorf, Blatt 4649 Schwepnitz. – Dresden
- [3] Prof. (i.R.) Dr. Rainer Vulpius u. Dipl. Ing. Manfred Borschke (26.05.2004): Die Glassande von Hohenbocka – seit 150 Jahren ein Grundstoff für die Lausitzer Glasindustrie. – Freiberg, Hoyerswerda
- [4] GEOS Ingenieurgesellschaft mbH (1991): Ergebnisbericht Montanhydrogeologie Hohenbocka-Guteborn. - Freiberg/Sachsen, übergeben von den Quarzwerken
- [5] SST Prof. Dr. Ing. Stoll, Dr. Ing. Steffen und Partner Ingenieurgesellschaft mbH (Juli 1995): Aufbau eines EDV-gestützten Grundwassermodells und Durchführung hydrogeologischer Untersuchungen zur Wasserhaltung für das geplanten Tagebauprojekt im Reservefeld 1 der Hohenbockaer Quarzwerke GmbH. – Aachen, Cottbus
- [6] Quarzwerke Hohenbocka: Messdaten Grundwasserstände u. Teichwasserstände, Auslesefiles Datensammler GWM und Abflusspegel, Messdaten jährliche Grundwasserbeprobung, monatliche Messungen von Abfluss, Leitf., Temp., pH Abflusspegel, monatliche Laboranalysen Oberflächengewässer Abflusspegel, Daten Wetterstation Werkgelände und Regendose Ponton Gewinnungsteich. – Hohenbocka
- [7] Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV): Abflusspegel Schwarze Elster, Bad Liebenwerda. - Potsdam
- [8] Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV): Langjährige Messdaten Grundwasserstände im Modellgebiet. - Potsdam
- [9] Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau Verwaltungs-Gesellschaft mbH - LMBV (2012): Kennzahlen der Seen Brandenburgische Lausitz. – Senftenberg <http://www.lmbv.de>



- [10] W.&B. Hydrogeologen GmbH (19.12.2003): Hydrogeologische Berechnung zur wasserwirtschaftlichen Situation im Sanierungsgebiet Heide im Auftrag der LMBV. - Kleinkoschen übergeben von den Quarzwerken
- [11] Gewässerverband Kleine Elster- Pulsnitz (2011): Genehmigung der Abflusspegel MP 1, MP 2, MP 3.- Senftenberg, Sonnewald
- [12] Brigitte Nixdorf u. Rainer Deneke (2004): Grundlagen und Maßnahmen zur biogenen Alkalinisierung von sauren Tagebauseen. - Berlin
- [13] BASF Schwarzheide GmbH (2011): Umwelterklärung, Daten und Fakten, Wasserverbrauch Werk Schwarzheide.- <http://www.basf-schwarzheide.de>
- [14] Kurt Friese 2005: Hydrochemie und Sedimentgeochemie eines Pyrit-versauerten Bergbausees des Lausitzer Braunkohlenreviers (RL-111) als Grundlage zur Entwicklung eines Neutralisationsverfahrens. - Halle
- [15] Landesumweltamt Brandenburg, Referat Ö4, Stefan Wieneke (2011): Zusatzinformationen zur Dokumentation Grundwasserneubildung. Mittlere Abflusspende für die Zeitreihe 1976 bis 2005 mit dem Programm ABIMO. - Potsdam
- [16] Dyck S., Peschke G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. – Berlin.
- [17] Planer und Auftraggeber (2012): Messdaten und Beschreibungen zum Abbauvorhaben. Aachen, Hohenbocka
- [18] Richter D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des HELLMANN-Niederschlagsmessers.- Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, 93 S.
- [19] Langguth H., Voigt R. (1980): Hydrogeologische Methoden. – Berlin.
- [20] Hölting B. (1996): Hydrogeologie. – Stuttgart.
- [21] Schrödter (1985): Verdunstung. – Berlin.
- [22] Braden H. (1995): The Model AMBEDL.-Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 195.
- [23] Waterloo Hydrogeologic (1998): VISUAL MODFLOW. – Ontario, Canada.
- [24] Schröder, M. (1987): Jahreswerte der Waldverdunstung und Ihrer Teilgrößen an der Großlysimeteranlage St. Arnold.- Deutsche Gewässerkundliche Mitt. 29 (3), 95-97.
- [25] Merkblatt 238 (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, DVWK Regelwerk zur Wasserwirtschaft.
- [26] GERSTENGARBE F.-W., F. BADECK, F. HATTER-MANN, V. KRYSANOVA, W. LAHMER, P. LASCH, M. STOCK, F. SUCKOW, F. WECHSUNG & P.C. WERNER (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung in Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und die Landwirtschaft sowie Ableitung erster Perspektiven. PIK-Report No. 83. 89 pp.
- [27] Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg: Geländemodell DGM, Flächengröße in qkm: 83.21 Ausdehnung: POLYGON UTM 33 E (425100 5695100, 425100 5703900, 434900 5703900, 434900 5695100, 425100 5695100) Gitterweite 25 m.



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Quarzwerke GmbH betreibt im Werk Hohenbocka den 'Tagebau Hohenbocka/Guteborn' auf der Grundlage zugelassener Betriebspläne. Zur Sicherung der Versorgung des Marktes ist eine Erweiterung und Fortführung des Tagebaus notwendig. Dazu ist ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren mit integrierter Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich.

Die SST Ingenieurgesellschaft mbH beauftragt im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung das Ingenieurbüro Auernheimer mit hydrologischen und hydrogeologischen Untersuchungen zur Abschätzung der Auswirkungen des geplanten Abbauvorhabens auf das hydrologische Umfeld.

Die Quarzwerke benutzen ein Saugbaggerschiff im sog. 'Gewinnungsteich' zur Förderung der Quarzsande aus bis zu 20 m Tiefe. Im Rahmen der geplanten langfristigen Nassgewinnung der Rohstoffe soll der Gewinnungsteich innerhalb der nächsten Jahrzehnte nach Nordosten und Südwesten von 0,2 km² im Jahr 2012 auf letztendlich ca. 1,1 km² bis Mitte des 21. Jahrhunderts erweitert werden [17] (Anlage 1.3).

Der Abbau ist wechselweise bzw. parallel in den Erweiterungsflächen geplant. Die Förderung an Rohquarzsand im Tagebau Hohenbocka/Guteborn wird wie bisher bei rd. 500.000 t/a liegen.

Die Westerweiterung nimmt rd. 45 ha Fläche in Anspruch. Es stehen gewinnbare Quarzsandvorräte von rd. 13 Mio. t an, die den Tagebaubetrieb für ca. 27 Jahre sichern. Der Abbau beginnt an der Westböschung des bestehenden Tagebaus und wird in westlicher sowie südwestlicher Richtung entwickelt.

Die Nordosterweiterung nimmt rd. 33 ha Fläche in Anspruch und beinhaltet einen Quarzsandvorrat von knapp 8 Mio. t. Die Tagebaulaufzeit beträgt hier ca. 15 Jahre. Der Abbau beginnt an der Nordböschung des bestehenden Tagebaus und wird in nordöstliche Richtung entwickelt.



Die Gewinnung erfolgt, wie bisher, kombiniert im Trocken- und Nassschnitt, soweit die Lagerstättenmächtigkeit oberhalb des Grundwasserspiegels dies zulässt. Wo der Grundwasserflurabstand geringer ist, wird auf den separaten Trockenschnitt verzichtet. Im Sinne einer selektiven Gewinnung der qualitativ hochwertigeren hellen Sande wird der obere Lagerstättenteil im Süden der Westerweiterung vorlaufend im Trockenschnitt hereingewonnen. Der tiefer liegende Lagerstättenteil mit den dunklen Quarzsanden wird flächendeckend bis ca. 80 mNN im Nassabbau gewonnen.

Der Quarzsand wird zunächst vom Baggerschiff hydraulisch der Vorklassierung nordöstlich der 2011 aktiven Tagebauflächen zugeführt. In der Vorklassierung werden Überkorn und Störstoffe nass abgetrennt und auf Halde verbracht. Anschließend wird das Rohmaterial auf einem Lagerplatz aufgehaldet. Von dort wird es erneut der Vorklassierung aufgegeben und hydraulisch zur Aufbereitung gefördert.

In der Aufbereitung wird der vorabgesiebte Rohquarzsand intensiv aufbereitet und in marktgerechte Produkte klassiert. Organische Beimengungen, insbesondere Huminstoffe und Feinstkohleteilchen werden durch Laugung mit Natronlauge entfernt. Anschließend lagern die Fertigsande in Entwässerungssilos für den Verkauf. Ein Teil der Fertigsande wird weiter getrocknet und bis zum Verkauf in Trockensandsilos aufbewahrt.

Der Abbau, die Förderung und die Aufbereitung des Rohquarzsandes benötigen große Mengen Prozesswasser, welche über den Gewinnungsteich und die Industrielle Absetzanlage (IAA) im Kreislauf geführt werden.

Schwerpunkte dieser Arbeit sind die Entwicklung einer hydrogeologischen Modellvorstellung sowie die Umsetzung dieser Modellvorstellung in einem Grundwasserströmungsmodell mit Inbetriebnahme eines Messnetzes zum Monitoring der vorhandenen hydrologischen, hydrogeologischen und limnologischen Rahmenbedingungen und zur langfristigen Prüfung der langsam fortschreitenden Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches. Im vorliegenden hydrogeologischen Gutachten werden die voraussichtlichen hydrologischen/hydrogeologischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung mittels Grundwasserströmungsmodell 'HB3D'



untersucht. Im Messzeitraum 2011/2013 werden zahlreiche Messstationen für ein langfristiges Monitoring zur Überwachung der vorläufig berechneten Auswirkungen in Betrieb genommen und liefern seitdem kontinuierlich hydrologische/hydrogeologische Messdaten im Modellgebiet die in das vorläufige Grundwasserströmungsmodell HB3D2012 (MODFLOW) einfließen und dieses weiter optimieren.

HB3D ist mit Daten aus dem langjährigen Monitoring der Quarzwerke und dem Ende 2011 begonnen zusätzlichen Monitoring kalibriert und liefert vorläufige Prognosen zur Auswirkung der geplanten Erweiterung.

Folgende Kernfragen stehen bei der Begutachtung im Vordergrund:

- Welche Grundwasserspiegelabsenkungen und Grundwasserspiegelerhöhungen sind am Ende der Aussandung durch den sog. Endsee zu erwarten – insbesondere im Bereich der Hostenmühle und der umliegenden NSG/FFH-Flächen?
- Welche Auswirkungen hat das Vorhaben auf die Wasserbilanz des Untersuchungsgebietes?
- Welche Auswirkungen hat das Vorhaben auf die Gewässergüte der Oberflächengewässer und der Grundwässer?
- Wie können die Auswirkungen bei optimalem Seewasserspiegel minimiert werden?

2 Durchgeführte Arbeiten

Das Ingenieurbüro Auernheimer führt im Zeitraum Mai 2011 bis April 2013 folgende Arbeiten durch:

- Allgemeine Datenerhebung zur Geologie, Hydrogeologie, Hydrologie, Hydrochemie und Meteorologie u.a. mit Sichtung der vom Auftraggeber und vom Antragsteller überlassenen Unterlagen [1, 4, 5, 10].
- Bestellung und Auswertung von Daten des Deutschen Wetterdienstes und Daten zu den Grundwasserständen und Abflüssen bei dem LUGV [7, 8].
- Auswertung von Messdaten der Quarzwerke aus dem langjährigen Monitoring [6].
- Niedrigwasserabflussmessungen (Ott-Messflügel) mit Bestimmung der Feldparameter an Bächen und Gräben im Nahbereich und im weiteren Umfeld des Gewin-



nungsteiches an 57 Messpunkten.

- Limnologische Untersuchungen am Gewinnungsteich im August 2011 bei laufender Sandaufbereitung mit Entnahme von Sedimentproben.
- Planung von Messstationen und Bauüberwachung im Rahmen des geplanten langfristigen hydrogeologischen Monitorings, bestehend aus einer Wetterstation N1 auf dem Werkgelände, einem Regensammler (N2) am Ponton des Saugschiffes, 8 genehmigten Abflussmesspunkten MP für monatliche Messungen, davon 3 Abflusspegel MP 1, 2, 3 mit Datensammlern, monatliche Messungen der Grundwasserstände in 22 GWM, davon 14 GWM mit Datensammlern.
- Ergänzung des vorhandenen Analyseprogramms bezüglich Messpunkten und Analyseparameter in Hinblick auf das langfristige hydrochemische Monitoring an Teichen, Fließgewässern und GWM.
- Auswertung der monatlich gewonnenen Messdaten seit Oktober 2011.
- Entwicklung des Grundwasserströmungsmodells HB3D (MODFLOW) mit dem Gewinnungsteich im Zentralbereich, umliegenden Wohngebieten Schwarzbach, Hostenmühle, Hosena, Hohenbocka, Grünwald, dem NSG 'Peickwitzer Teiche' und dem NSG/FFH 'Rohatschgebiet'.
- Sensitivitätsanalysen zu den programmierten Randbedingungen u.a. Urstromtal, BASF Brunnen Schwarzheide, Senftenberger Seeufer, RL Heide, Wasserscheide zum Ruhländer Schwarzwasser, Urstromtal westl. Guteborn und Optimierung der Modellgebietsgröße.
- Testläufe zur optimalen Programmierung der Meliorationsgräben und der Wasserspiegel in den Restlöchern mit Sensitivitätsanalyse Meliorationsgraben.
- Anregung einer neuen Geländevermessung und Umsetzung durch das Vermessungsbüro Martak im Februar 2012 mit Fokussierung auf die Meliorationsgräben, Teiche und GWM aufgrund der hohen Sensitivität Meliorationsgraben u. Teiche.
- Testläufe mit 3-D-Modellvarianten zur Modelloptimierung insbesondere bezüglich Hydraulisches Chaos in der Stauchendmoräne, Hydraulische Bedeutung der Grenzfläche Tertiär/Quartär und Unterbegleiter 2. Lausitzer Flöz als Stauer.
- Modellkalibrierung mittels GWM, Wasserbilanzen und 'Reservefeld 1 Trockenabbau bis 2006' (Kap. 5.5.3).
- Berechnung der maximalen Reichweite der hydraulischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches bei Endaussandung (Endsee) als sog. 'worst case' (schlimmster Fall).

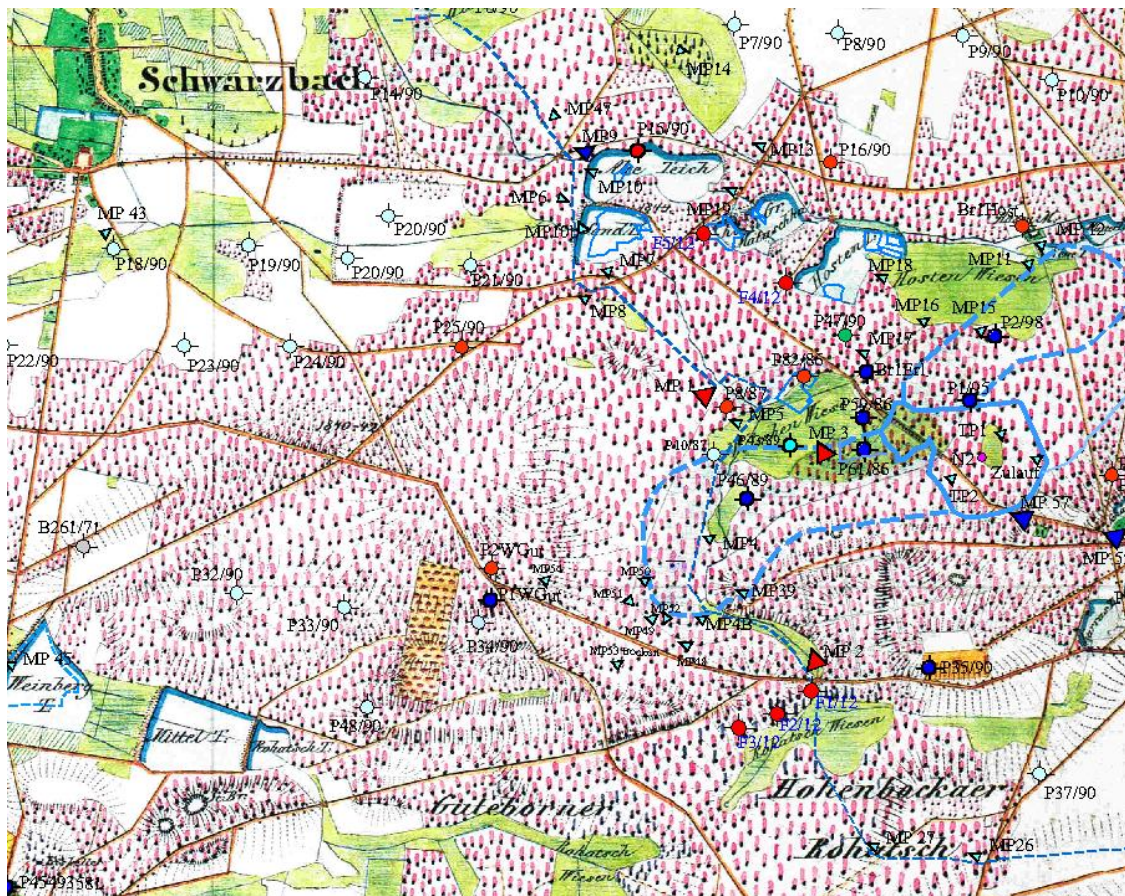


- Modellierung eines hydraulischen Kurzschlusses zwischen Endsee und Peickwitzer Urstromtal über einen stark wasserdurchlässigen Bereich.
- Modellierung des maximalen Seewasserspiegelanstieges in einem großzügig eingedeichten Endsee entlang dessen Nordufer.
- Optimierung der Seewasserspiegelhöhe zur Minimierung der Auswirkungen auf die Unterlieger Hostenmühle, Flachmoor Wolsche Teichwiesen, Erlenwiesen.
- Modellrechnungen zur Minimierung der Grundwasserabsenkung im Bereich der Oberlieger Restloch-Teiche 6, 7, 9, 14 und NSG/FFH Rohatschwiesen.
- Prüfung eines Wasser-Versorgungskonzeptes für die Teiche 6, 7, 9, 14 mittels Wasserableitung aus dem Fanggraben in Richtung Teich 14.
- Modellrechnungen zur vorhandenen Grundwasserabsenkung im NSG Peickwitzer Teiche mit Ursachenklärung bezüglich 'Grundwasserabsenkungsanlage BASF Brunnen Schwarzbach' und 'Grundwasserabsenkungsanlage Meliorationsgraben'.
- Modellierung des Grundwasseranstieges nach dem Entfernen der Meliorationsgräben im weiten Umfeld der Peickwitzer Teiche.
- Modellierung diverser Ruhezustände je nach Aufgabenstellung, z.B. ohne Quarzsandgruben mit Meliorationsgräben und gefluteten Restlöchern im Umfeld.
- Berechnung der Grundwasserabsenkung durch den Endsee relativ zum Systemzustand 2011 und der Absenkung sämtliche Quarzsandgruben 2011 relativ zum Ruhezustand ohne Quarzsandgruben.
- Anfertigung einer animierten Präsentation zur hydrogeologischen Modellvorstellung mit geplantem Monitoring und Vortrag vor den Fachbehörden am 24.05.2012 LGRB Cottbus mit Diskussion.
- Einrichtung von Flachpegeln mit Datensammlern im NSG/FFH Rohatschwiesen Fanggraben Nord und NSG Peickwitzer Teiche mit Gewinnung von Bohrkernproben u.a. zur Klärung der Durchlässigkeit der Teichböden (Anlage 1.3B) .
- Aufbereitung bisheriger Messdaten und Modellergebnisse in Anlagenteilen mit graphischen und tabellarischen Darstellungen.
- Anfertigen dieses hydrogeologischen Gutachtens mit Fokussierung der hydrogeologischen, hydrologischen und hydrochemischen Auswirkungen des Endsees.

3 Historischer Rückblick und Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

3.1 Hydrologischer Rückblick ins 19. Jahrhundert

Auf Blatt 4549 Schwarzheide der preußischen Kartenaufnahme 1: 25.000 ist ein Teil des Modellgebietes für das Jahr 1846 dargestellt (Anlage 1.4). Die Schwarze Elster fließt mäandrierend und in zahlreiche Nebenläufe verzweigt durch das Peickwitzer Urstromtal, das zwischen Ruhland und Peickwitz ausgedehnte Nassflächen zeigt. Im Bereich des NSG 'Peickwitzer Teiche und Schwarzbacher Heide' sind größere Teiche mit ca. 30 ha Wasserfläche kartiert, die erstmals Ende des 17. Jahrhunderts als sog. 'Himmelsweiher' (wetterabhängige Wasserversorgung) erwähnt werden. Ihre temporären Zuflüsse stammen aus Süden, aus einem vorwiegend bewaldeten Einzugsgebiet mit den vernässten, anmoorigen Hohenbockaer Rohatsch Wiesen und Wolschen Wiesen (Erlenwiesen) und aus Osten, aus einem bewaldeten Einzugsgebiet mit den vernässten, anmoorigen Hosten Wiesen und der Hasenmühle (Hostenmühle) mit zwei Mühlweihern.



Preußische Kartenaufnahme 1846 mit Peickwitzer Teichen und Hasenmühle



Der Erlenteich mit angrenzendem Flachmoor ist nicht kartiert. Die Wiesenflächen sind mit zahlreichen blauen Strichen als Nassflächen markiert. Höhenangaben werden nicht gemacht.

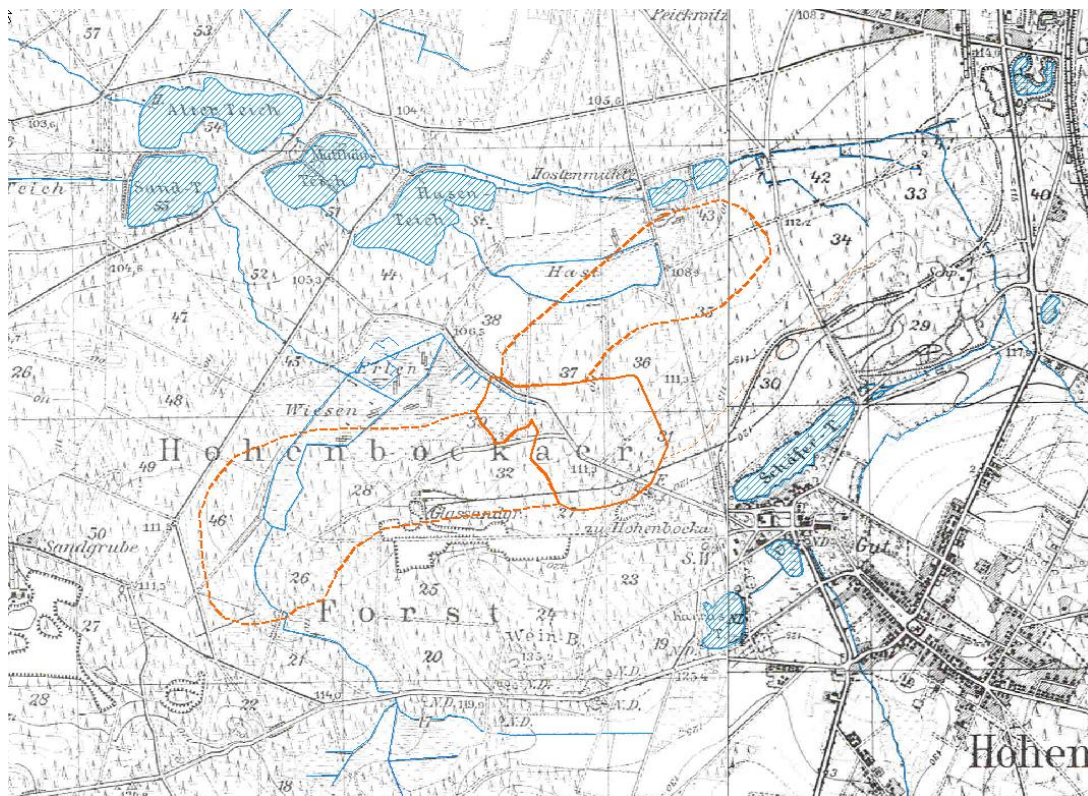
Die einfache Karte zeigt ein Untersuchungsgebiet mit ausgedehnten Feuchtwiesen und Wäldern. Das Grundwasser steht in den tieferen Lagen nahe der Geländeoberfläche. Das Gebiet entwässert langsam über ein verzweigtes Gewässernetz mit ausgeprägter natürlicher Retention. Wegen der hohen Grundwasserstände und der damit verbundenen optimalen Wasserversorgung der Vegetation ist die aktuelle Evapotranspiration (aET) maximal. Die langfristig nutzbare Menge an neugebildetem Grundwasser wird vom Flurabstand des Grundwassers stark beeinflusst. Bei geländenahen Grundwasserständen mit Flurabständen kleiner 1 m und über freien Wasserflächen wird im langjährigen Mittel im Modellgebiet mehr Grundwasser verdunstet als sich durch Niederschläge neu bildet. In niederschlagsarmen Zeiträumen entstehen bei maximaler Verdunstung der Nassflächen maximale Wasserdefizite in der klimatischen Wasserbilanz, die Mitte des 19. Jahrhunderts in den tieferen Lagen vorwiegend defizitär ist. Im Sommerhalbjahr wird das Wasserdefizit der Feuchtgebiete bei Trockenwetter anschließend mit Grundwasserzuflüssen aus den höher liegenden Flächen kompensiert.

3.2 Hydrologischer Rückblick ins 20. Jahrhundert und Situation 2012

Der feinsandige Bereich der Quarzsandlagerstätte und der vorwiegend sandig, kiesige Bereich im stark wasserdurchlässigen Peickwitzer Urstromtal mit Peickwitzer Teichen legt die Modellvorstellung eines ‘Sandkastens’ nahe. Grundwasserabsenkungen erzeugen im ‘Sandkastenmodell’ grundsätzlich höhere Grundwasserabflüsse, da die Evapotranspiration durch die Grundwasserabsenkung herabgesetzt wird. Bei Grundwasserflurabständen von mehr als 3 Metern wird das neugebildete Grundwasser in den sandigen Flächen nicht mehr für die Evapotranspiration verbraucht und kann den Grundwasserabfluss erhöhen. Die ursprüngliche hydrologische Situation Mitte des 19. Jahrhunderts wird bis Mitte des 20. Jahrhunderts im Modellgebiet so verändert, dass die Grundwasserspiegel insbesondere im Peickwitzer Urstromtal bereichsweise bis zu 3 m absinken, die aktuelle Evapotranspiration erheblich nachlässt und die wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwassermenge deutlich zunimmt.

Folgende Eingriffe beeinflussen die Grundwasserspiegel im Modellgebiet nachhaltig.

1. Anlegen eines großräumigen Netzwerkes aus geradlinigen, bis zu 4 m tiefen und bis zu 15 m breiten Entwässerungsgräben, den sog. Meliorationsgräben für die zunehmend von Maschinen geprägte Land- und Forstwirtschaft im stark wasserdurchlässigen Peickwitzer Urstromtal und im Bereich der durchlässigen Glassandlagerstätten (Bilder Anlage 5.3).
2. Begradigung und Eindämmung der Schwarzen Elster mit Auffüllung der stillgelegten Flussabschnitte und Herstellung maschinengerechter land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen in der ehemals natürlichen Auenlandschaft des stark wasserdurchlässigen Peickwitzer Urstromtals.
3. Tagebauaktivitäten im Lausitzer Braunkohlerevier mit immer stärkeren Pumpen zur Grundwasserhaltung und damit verbundener zunehmender Abbautiefe und Reichweite der Grundwasserabsenkung nördlich, östlich und südöstlich der Quarzsandlagerstätte bis ca. Mitte des 20. Jahrhunderts und anschließender Flutung der Restlöcher.
4. Entstehung von Seeflächen in gefluteten Restlöchern wie z.B. ‚Senftenberger See‘ und ‚Restloch Heide 6‘ im Umfeld der geplanten Tagebauerweiterung.



Hydrologische Situation 1934 im Nahbereich der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches



Ab Mitte des 20. Jahrhunderts beginnt der Wiederanstieg der Grundwasserspiegel im Umfeld der langsam absaufenden Tagebaue des ehemaligen Braunkohlereviers. Geplant ist Europas größte Wasserlandschaft, das sog. Lausitzer Seenland mit großen Seen in den sog. Tagebau **Restlöchern** (RL).

Im Nahbereich der Quarzsandlagerstätte Hohenbocka entstehen die gefluteten Restlöcher RL 'Heide VI', RL 'Petermanns- u. Fabiansteich' und der 'Senftenberger See'. In den drei Seen ist der Wiederanstieg der Wasserspiegel abgeschlossen.

Im Umfeld des heutigen Quarzsandwerkes Hohenbocka und des ehemaligen, bereits rückgebauten Quarzsandwerkes Guteborn sind relativ kleine Restlöcher infolge des eher sporadischen Abbaus der oberflächennahen, weißen Quarzsande entstanden. Während des ehemaligen Sandabbaus werden Grubenwässer bedarfsorientiert zwischen den Restlöchern hin und her gepumpt.

Die Restlöcher südwestlich von Teich 9 Werk 3 (Anlage 1.3) zeugen von dem relativ kleinräumigen Abbau der hochwertigen, weißen Quarzsande bis ca. 3 m Teufe. Der Abbau hat im Nahbereich der Restlöcher geringfügige Grundwasserspiegelveränderungen herbeigeführt.

Grundsätzlich ist im Sandkastenmodell ein geringer Grundwasseranstieg im Abstrom und eine geringe Grundwasserabsenkung im Anstrom zu erwarten, wenn sich der Wasserspiegel in einem kleineren Restloch natürlich einstellt. Die zu- und abflusslosen Wasserflächen der sandigen Restlöcher kommunizieren mit dem Grundwasser und zeigen die Lage des Grundwasserspiegels am Uferrand. Sie werden im Modell mit stark durchlässigen Zellen, quasi als nicht mehr vorhandene Grundwasserleiter programmiert.

Die Restlöcher 'Bohneteich', 'Teich 9 Werk 3', 'Speicherteich 13' und der 'Gewinnungsteich 10' erhalten, im Gegensatz zu obigen Restlöchern, messbare Zuflüsse über Bachläufe aus den südlich angeschlossenen Einzugsgebieten. Ihre Wasserspiegel hängen nicht nur von den umliegenden Grundwasserständen ab und können wegen der Zuflüsse fest eingestellt werden.



Der Erlenteich und das Flachmoor Wolsche Teichwiesen werden direkt mit Wasser aus dem Gewinnungsteich der Quarzwerke versorgt. Der Abflusspegel MP 3 zeichnet die Wasserabgabe des Gewinnungsteiches im Stundentakt auf. Im Bereich Erlenteich besteht ein schwaches Infiltrationspotenzial in den Grundwasserleiter am Rand des stark wasserdurchlässigen Urstromtals.

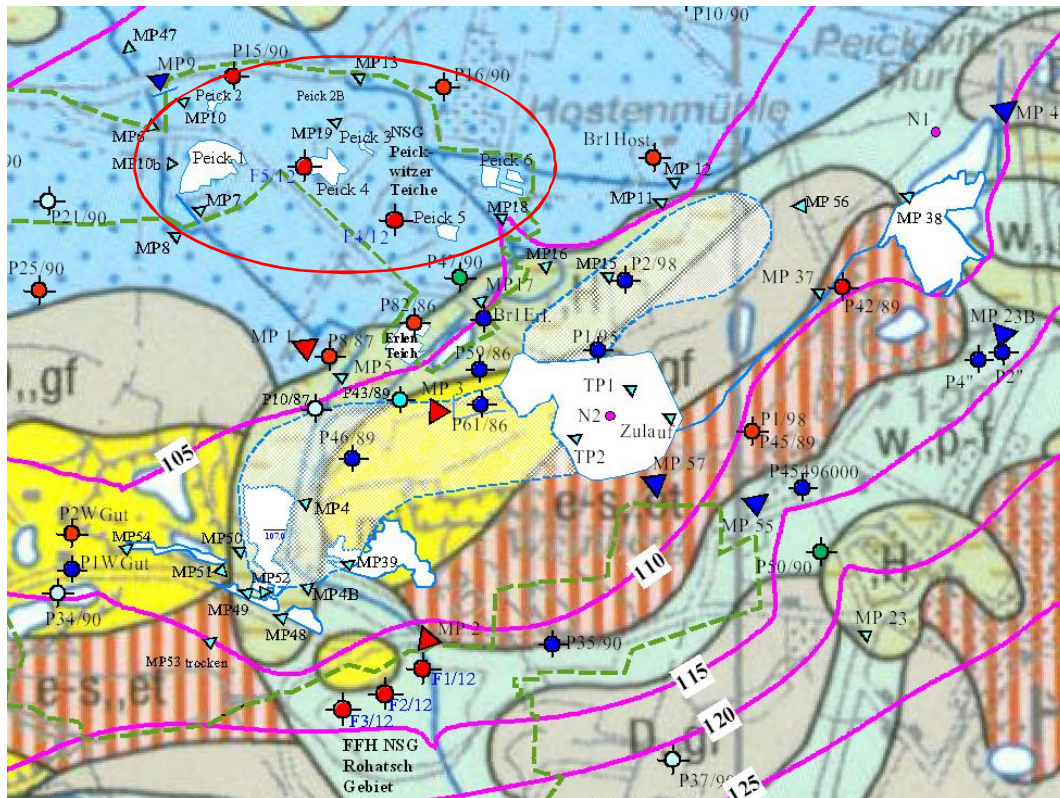
Entlang der bis zu 4 m tiefen Meliorationsgräben kann der gewünschte Grundwasserspiegel über zahlreiche Stauvorrichtungen der jeweiligen Flächennutzung angepasst werden. Die Meliorationsgräben senken das Grundwasser ab, oder infiltrieren Wasser in die Grundwasserleiter, je nach Wasserstand im Graben und Grundwasserstand im Umfeld.

Im flachen Sandkastenmodell ist die Wasserspiegellhöhe im Meliorationsgraben und dessen Grabentiefe entscheidend und wirkt sich erheblich auf die Grundwasserstände in den stark durchlässigen Sanden des Urstromtals aus. So besteht z.B. am REHBOCK-Wehr des 2011 installierten Abflusspegels MP 1 Erlenteichgraben-Wolschenteichgraben die Möglichkeit, Bretter einzulegen und damit das Grundwasser in Richtung Erlenwiesen ansteigen zu lassen oder Bretter herauszunehmen.

Meliorationsgräben sind im Modell als Drainage-Randbedingung 'drain' oder Flussrandbedingungen 'river' programmiert, je nachdem ob sie Grundwasser absenken 'drain' oder auch Grundwasser anreichern können 'river'.

Im Februar 2012 werden die Wasserspiegel und Grabensohlen der Meliorationsgräben vom Vermessungsbüro Martak eingemessen. Das Sandkastenmodell reagiert sehr sensibel auf Grabensohlen und Wasserstände der Meliorationsgräben.

Die Peickwitzer Teiche liegen im stark wasserdurchlässigen Urstromtal und sind, verglichen mit dem Zustand 1846, im Jahr 2012 nur noch stellenweise bespannt. Der Grundwasserspiegel ist aufgrund der tiefen Meliorationsgräben deutlich unter die stark wasserdurchlässigen Teichböden abgesunken.

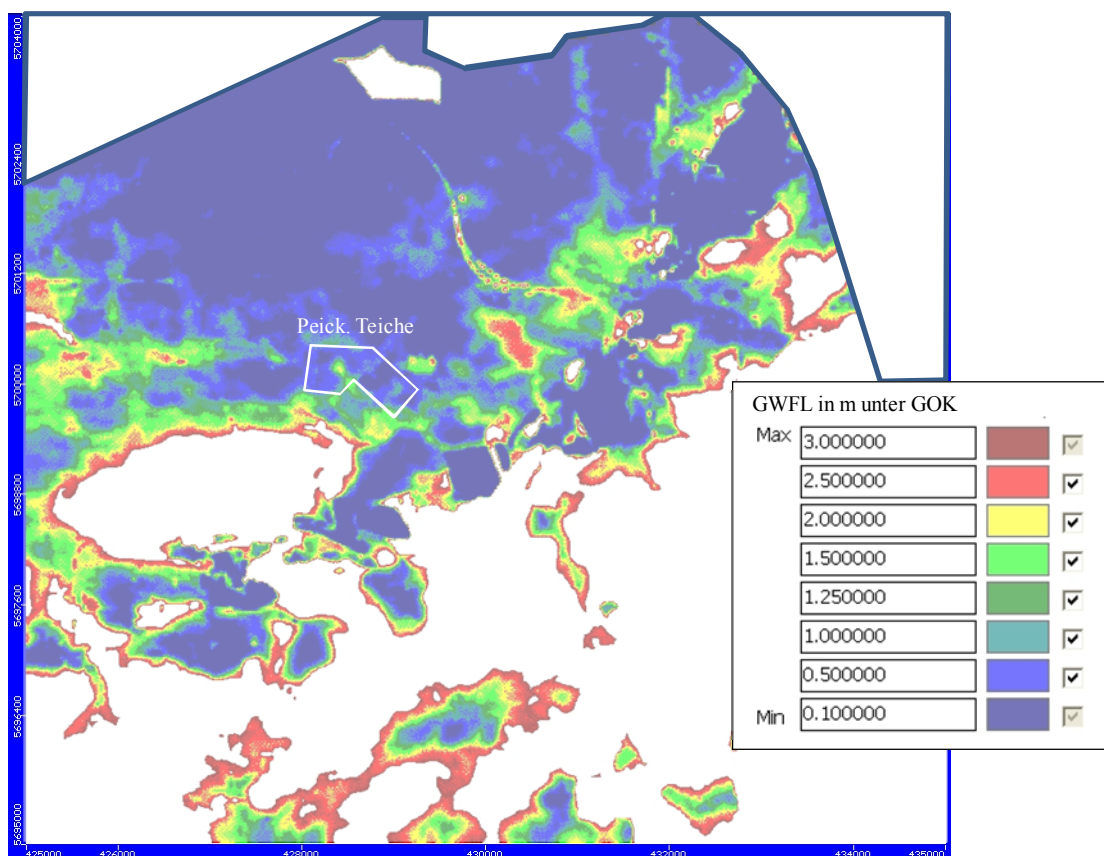


Lageplan Geologische Karte zur Veranschaulichung des stark wasserdurchlässigen Peickwitzer Urstromtals, hellblaue Flächen mit weißen Restwasserflächen der Peickwitzer Teiche.

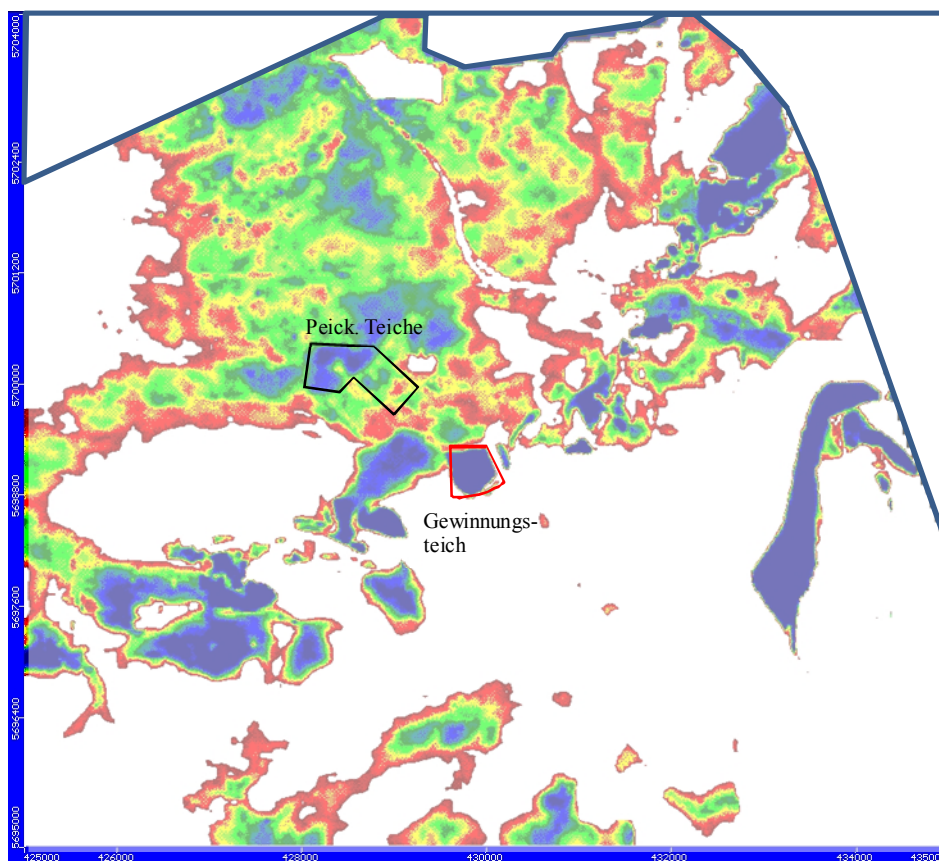
Die Wasserabgabe der Quarzsandgruben versorgt die westlichen Peickwitzer Teiche Peick 1 und Peick 2. Der hydraulische Zustand des 19. Jahrhunderts ist stark verändert. Die Grundwasserspiegel liegen im Jahr 2012 unter den Teichböden.

Im stark wasserdurchlässigen Urstromtal hat sich eine ausgedehnte Grundwasserabsenkung manifestiert, die im Bereich der Teiche Peick 1 und Peick 2 das über den Wolschenteichgraben und Verbringgraben zufließende Wasser zu 90 % in den Untergrund einsickern lässt, weniger als 10 % verdunsten. Die Teichböden sind im Bereich der installierten Flachpegeln mittel- bis grobsandig, nach unten kiesiger und stark wasserdurchlässig (Anl. 4.6, Bohrkerne).

Um die Peickwitzer Teiche vollständig zu bespannen, müsste der Grundwasserspiegel im stark wasserdurchlässigen Urstromtal angehoben werden. Möglicherweise waren die Teichböden Mitte des 19. Jahrhunderts mit Schlick abgedichtet, der mittlerweile mineralisiert ist.



Grundwasserflurabstände (GWFL) in HB3D1846 im Peickwitzer Urstromtal (DGM 2008 [27])



Grundwasserflurabstände in HB3D2012 (DGM 2008), weiße Flächen > 3m GWFL



In HB3D2012 sind die Grundwasserspiegel im grobsandigen Bereich der Peickwitzer Teiche bis zu 3 m durch umlaufende Meliorationsgräben abgesenkt. Erst nach Teilverfüllung der Meliorationsgräben im Umfeld von ca. 1 km steigen in HB3D*peicur* die Grundwasserspiegel an und die Peickwitzer Teiche könnten möglicherweise wieder zu 60 % bespannte werden (Kap. 5.7).

Die großräumige Grundwasserabsenkung beeinflusst auch die Wasserstände in den Hosten Wiesen und im Peickwitzer Mühlgraben. Der Grundwasserspiegel liegt im Monitoring Zeitraumes 2012 monatelang unter dem Niveau der Grabensohle des Peickwitzer Mühlgrabens, der zwischen den Bauwerken der Hostenmühle und der geplanten Nordosterweiterung des Gewinnungsteiches als Meliorationsgraben vertieft worden ist. Die Grundwasserabsenkung im Urstromtal wirkt auch auf den gering wasserführenden Peickwitzer Mühlgraben, der die nördlich gelegenen Peickwitzer Teiche bis in das 20. Jahrhundert mit Wasser versorgt.

Nördlich der Quarzsandlagerstätte wird die hydraulische Situation von einer großräumigen Grundwasserspiegelabsenkung im stark wasserdurchlässigen Peickwitzer Urstromtal geprägt. Die teilweise noch bespannten Teiche und mit Wasser aus Süden versorgten Gräben infiltrieren in die stark wasserdurchlässigen Grundwasserleiter des Urstromtals.

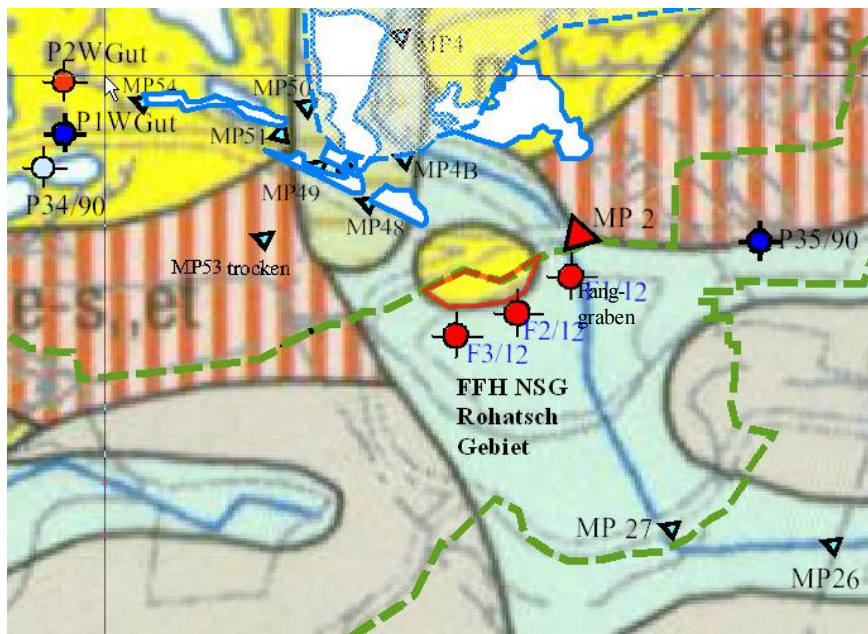
Die Grundwasserabsenkung im Peickwitzer Urstromtal kann in HB3D nicht durch Wasserzufuhr aus Süden kompensiert werden, auch wenn sämtliches Wasser aus Süden in nur einen Peickwitzer Teich geleitet werden würde, der Untergrund ist einfach zu stark wasserdurchlässig.

Im morphologisch höher liegenden Anstrombereich der Quarzsandgruben ist die Absenkung des Grundwasserspiegels von der Einstellung der Wasserspiegelhöhen in den Restlöchern abhängig, sofern diese einstellbar sind. Die Grundwasserabsenkung aus dem Urstromtal tritt in den Hintergrund.

Hydraulische Auswirkungen auf die Grundwasserspiegel im Anstrombereich der Quarzsandgruben haben im Messzeitraum die einstellbaren Wasserspiegel im Speicherteich 13, im Gewinnungsteich 10, im Teich 9 Werk 3 und im Bohneteich. Ihre

Absenktrichter reichen im Jahr 2012 maximal 1 km nach Süden und liegen in der unterschiedlich durchlässigen Stauchendmoräne (Kap. 5.6).

Die hydrologische Situation der Rohatschwiesen wird 2012 im Bereich Fanggraben von Meliorationsgräben und der Grundwasserabsenkung durch Teich 9 Werk 3 beeinflusst. Je nach Wasserfluss im Fanggraben, der vom Abflusspegel MP 2 stündlich aufgezeichnet wird, besteht das Potenzial, über die umlaufenden Meliorationsgräben den Grundwasserspiegel in den nördlichen Rohatschwiesen einzustellen und z.B. die Befahrbarkeit der Wiesen für Mäharbeiten zur Futtergewinnung aufrecht zu erhalten.



Geologische Karte mit sandigen Lagen in den nördlichen Rohatschwiesen, gelb Quarzsande.

Am Nordrand der Rohatschwiesen hat die Grundwasserabsenkung durch das Restloch Teich 9 Werk 3 denn Meliorationsgraben trocken gelegt. Ohne Wasserzufluss aus dem Fanggraben würde der Grundwasserspiegel in den nördlichen, sandigen Rohatschwiesen weiter absinken.

Der Fanggraben wird im Modell als 'river' mit Leakagefaktoren programmiert und kompensiert die Grundwasserabsenkung durch den Tagebau bereichsweise (Kap. 5.5.2).

Die Grundwassergleichen werden in den Rohatschwiesen durch die Bachwasserinfiltration quasi nach Norden 'ausgebeult' wie Anlage 1.3 zeigt.

Im Bereich der Stauchendmoräne herrschen chaotische hydraulische Zustände, bedingt durch die kleinräumig um den Faktor 10^5 wechselnden kf-Werte bei vorwiegend geringen Durchlässigkeitsbeiwerten. Ursache ist die kleinräumig wechselnde Lagerung aus gestauchten, teils steil stehenden, kiesigen, sandigen und schluffigen Lagen.

Ab August 2006 zeigen, nach Einstellung der Wasserhaltung im Reservefeld 1, die langjährigen Messungen einen trägen Wiederanstieg der Grundwasserspiegel in der Stauchendmoräne im Meterbereich, der ab dem Jahr 2007 von den relativ hohen Niederschlägen überlagert wird. Die Stauchendmoräne bildet in der hydrogeologischen Modellvorstellung eine gering wasserdurchlässige bis dichte Zone aus Geschiebelehm und Ton mit vereinzelt durchlässigen bis stark durchlässigen Zonen aus kiesigem Sand. Die Grundwasserspiegel steigen nach Süden unregelmäßig stark an, was auf eine unterirdische 'Staudammwirkung' der Stauchendmoräne schließen lässt. Das Grundwasser wird nach Süden eingestaut. Im Sandkastenmodell befindet sich quasi eine langgestreckte, lehmige Barriere mit ungleichmäßig eingelagerten sandigen, kiesigen Bereichen. Die Barriere bildet in der Modellvorstellung einen erhöhten hydraulischen Widerstand für Grundwasser, das von Südosten nach Nordwesten fließen will.

Unmittelbar südlich der Stauchendmoräne dominieren wieder die Grundwasserleiter GWL 13 und GWL 50/61 die Grundwasserhydraulik [4].

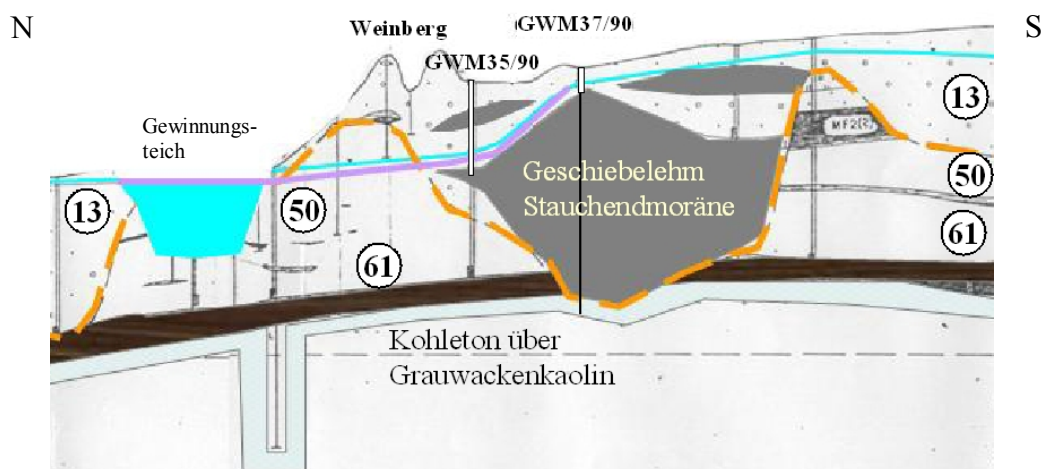


Abbildung zur Veranschaulichung des Aufbaus der Stauchendmoräne im Bereich Weinberg aus [4] (Anlage 2.6).



Testläufe mit einem programmierten, großräumigen Stauer zwischen GWL 50 und GWL 61, in Form des Unterbegleiters des 2. Lausitzer Flöz, zeigen keine signifikanten Unterschiede in den berechneten Auswirkungen des Endsees, verglichen mit Modellvarianten ohne großräumigen Stauer (Kap. 5.3.3).

3.3 Zusammenfassung prognostizierte Auswirkungen der geplanten Erweiterung

Nach dem hydrologischen Rückblick werden im Folgenden die modellierten Auswirkungen möglichst kurz zusammengefasst. Details hierzu sind Kapitel 6 zu entnehmen.

Die geplanten Nordufer der Erweiterungsflächen verlaufen weitgehend parallel zur 105 mNN-Grundwassergleiche aus dem Jahr 2012 (Anlage 1.3). Der Wasserspiegel des Endsees kann also relativ einfach so eingestellt werden, dass keine nachteiligen Grundwasserspiegelerhöhungen entlang der Südufer der Erweiterungsflächen entstehen und die Wasserabgabe nach Norden erhalten bleibt. Nachteilige Auswirkungen auf die Gebäude der Hostenmühle lassen sich so vermeiden. Die prognostizierte Grundwasserabsenkung im Anstrom des optimierten Endsees ist vergleichbar mit der nach Süden ausgerichteten Grundwasserabsenkung eines ca. 2,5 m tiefen Meliorationsgrabens im Quarzsand.

Bei der Erweiterung werden gemäß der vorliegenden geologischen Schnitte aus [4] keine tiefen, gespannten Grundwasserleiter angeschnitten und großräumige Grundwasserabsenkungen erzeugt. Im Grundwassermodell ist die Optimierung des Wasserspiegels im Gewinnungsteich dann möglich, wenn keine direkte hydraulische Verbindung zwischen dem Wasserkörper des Endsees und den stark wasserdurchlässigen Grundwasserleitern des Urstromtals zustande kommt. Bei direktem hydraulischem Kontakt sinkt der Wasserspiegel des Endsees in HB3D2055 so weit ab, dass die Wasserabgabe an den Erlenteich und die Peickwitzer Teiche nur noch mittels Pumpen möglich wäre. Gleichzeitig würde der Grundwasserspiegel im Bereich der Hostenmühle ansteigen, der Peickwitzer Mühlgraben stärker wasserführend werden und der Grundwasserspiegel im Anstrom des Gewinnungsteiches weiter absinken.



Der folgende Vorschlag für den optimalen Wasserspiegel eines zusammenhängenden Gewinnungsteiches setzt also voraus, dass kein direkter hydraulischer Kontakt zwischen dem Wasserkörper des Gewinnungsteiches und dem Urstromtal entsteht, also keine stark wasserdurchlässigen Bereiche zwischen Urstromtal und Gewinnungsteich vorhanden sind. Gemäß Lagerstättenmodell der Quarzwerke kann dies ausgeschlossen werden. Als optimierter Wasserspiegel im künftigen Gewinnungsteich wird ein Wert von

105,5 mNN

empfohlen. Grundlage für die Optimierung ist die Geländevermessung des Vermessungsbüros Martak im Februar 2012 mit darauf aufbauenden Modellkalibrierungen und Sensitivitätsanalysen, insbesondere mit dem Ziel, die Auswirkungen auf die Hostenmühle, auf die Erlenwiesen und die Wasserversorgung der abstromig gelegenen Feuchtgebiete und das NSG Peickwitzer Teiche zu minimieren.

In Anlage 1.3 sind die berechneten Änderungen der Grundwasserspiegel im Umfeld des Gewinnungsteiches 2055 nach Endaussandung bei einem Wasserspiegel von 105,5 mNN dargestellt. Grenzlinie der Reichweite der Beeinflussung der Grundwasserstände sei die modellierte 0,5 m-Grundwasserspiegel-Absenkungsgleiche und die 0,1 m-Grundwasserspiegel-Erhöhungsgleiche. Die Grundwassererhöhung ist unter Vorgabe möglichst geringer Auswirkungen auf die Hostenmühle minimiert, deshalb die 0,1 m Linie, die durch Messungen nicht mehr nachweisbar sein wird. Die natürliche Amplitude der Grundwasserspiegel liegt im Umfeld des Gewinnungsteiches bei $\pm 0,4$ m und verdeckt die 0,1 m-Gleiche der Grundwassererhöhung im Abstrom.

Signifikante Änderungen der Grundwasserspiegel liegen ausschließlich im Grundwasseranstrom der geplanten Erweiterungsflächen.

Zusammenfassend sind bis Mitte des 21. Jahrhunderts die im Folgenden aufgelisteten Auswirkungen des Endsees bei stabilen hydrologischen und klimatischen Randbedingungen zu erwarten (Karte Anlage 1.3):

1. Die Versorgung des Erlenteiches mit dem angrenzenden Flachmoor Wolsche Teichwiesen und der nordwestlichen Peickwitzer Teiche mit Wasser aus dem Gewinnungsteich kann beibehalten werden. Das Auslaufbauwerk MP 3N wäre ca.



- 60 m nördlich des Abflusspegels MP 3 am künftigen Ufer so einzurichten, dass bei Hochwasser der Seewasserspiegel nicht über 105,65 mNN ansteigt.
2. Die östlichen Peickwitzer Teiche könnten bei Annäherung des Abflusspegels MP 15 durch die Nordosterweiterung über den um wenige Dezimeter zu vertiefenden Wassergraben zwischen MP 15 und MP 16 mit Wasser aus dem Gewinnungsteich versorgt werden. Auch hier wäre ein entsprechend zu dimensionierendes Auslaufbauwerk MP 16S einzurichten (Anlage 1.3C). Die 1846 noch vorhandenen Wasserspiegel der östlichen Peickwitzer Teiche werden wegen der großräumigen Grundwasserabsenkung im Urstromtal und wegen der stark wasserdurchlässigen Teichböden nicht mehr erreicht (Kap. 5.7).
 3. Die Grundwasserversorgung des Gewinnungsteiches nimmt während der Erweiterung deutlich zu, da er den Grundwasserbegleitstrom erschließt. Die Wasserabgabe (MQ) des Endsees kann sich gegenüber der Wasserabgabe (MQ) des Gewinnungsteiches 2012 maximal verdoppeln, wenn im Endsee wasserundurchlässige Sedimente auf den Teichböden im Grundwasserabstrom liegen (Kap. 6.2, Abs. Zunahme der Wasserabgabe des Gewinnungsteiches).
 4. Die Abflüsse werden abstromig des Gewinnungsteiches deutlich gleichmäßiger. Die Retention erhöht sich in den Erweiterungsflächen um das 20-fache, da der Grundwasserleiter entfernt wird und das effektive Porenvolumen von ca. 5 % in den Sanden auf 100 % im See ansteigt. Es entsteht ein ausgedehnter Wasserspeicher zur Rückhaltung von Hochwässern im Einzugsgebiet von MP1.
 5. Im Bereich der Hostenmühle sind keine nachteiligen Grundwasserspiegelanstiege zu erwarten wenn der optimierte, mittlere Seewasserspiegel bei 105,5 mNN $\pm 0,15$ m (Hochwasser, Niedrigwasser) gehalten wird. Der Peickwitzer Mühlgraben begrenzt hier außerdem den Grundwasseranstieg als vorgeschalteter Entwässerungsgraben.
 6. Im Speicherteich 13 wird die geplante Bergbauhalde zu angelegt, dass der Wasserspiegel erhalten bleibt und Bachwässer aus Süden vom Abflusspegel MP 23B um die Halde herum und anschließend wie bisher über den Betriebswasserkanal in den Endsee abfließen können.
 7. Im RL Interessentenweg Teich 12 werden Wasserspiegelschwankungen wie bisher erwartet, da hier kein ausreichender Zufluss über Oberflächengewässer aus südlichen Einzugsgebieten stattfindet und der Teichwasserspiegel vom Grundwasserspiegel beeinflusst wird. Bei der Überschüttung der südwestlichen Wasser-



flächen des Speicherteiches 13 sollte der WSP in Teich 12 beobachtet werden.

8. Entlang der südwestlichen und südöstlichen Seeränder sinken die Grundwasserspiegel gegenüber 2012 um bis zu 2,5 m ab. Die relativ flachen Absenktrichter sind in Anlage 1.3 dargestellt.
9. Im kleinen Restloch bei MP 56 sinkt der Wasserspiegel um ca. 30 cm. Die Restlöcher Teich 6, Teich 7 und Teich 14 südlich der Südweiterung fallen im HB3D2055 trocken. Eine Umleitung von Bachwasser aus dem Fanggraben bei MP 2 in Richtung Teich 14 und eine Dammschüttungen am Südrand des Bohneteiches könnte möglicherweise die Wasserbilanz der Teiche stabilisieren. Hierfür wären wasserundurchlässige Teichsedimente Voraussetzung, ansonsten würde das zugeleitete Bachwasser im feinsandigen Untergrund versickern. Im Monitoringzeitraum 2011/2013 versickert im Sommer das Wasser zwischen MP 2 und MP 4B vollständig und strömt dem Teich 9 unterirdisch zu, aus dem es mittels Pumpvorrichtung in den südlichen Teil des Bohneteiches befördert wird. Eine Versorgung von Teich 14 mit Bachwasser wäre also nur mit einem abgedichteten Graben machbar (Anlage 1.3C).
10. Der Bohneteich wird vom Tagebau überfahren. Hier sinkt der Wasserspiegel um ca. 1,7 m von 107,0 mNN (2012) auf 105,35 mNN.
11. Im Teich 9 Werk 3 sinkt der Wasserspiegel um ca. 2,2 m von 107,58 mNN (2012) auf 105,5 mNN. Aufgrund der bisher gemessenen maximalen Wassertiefe von 4 m bleiben kleinere Wasserflächen zwischen Sandinseln erhalten.
12. Für den nördlichsten, sandigen Bereich der Rohatschwiesen im Bereich Fanggraben wird eine Grundwasserabsenkung von 0,5 m berechnet, die durch Wasserumleitung aus dem Fanggraben in die Meliorationsgräben kompensiert werden könnte. Zur Beweissicherung sind hier seit dem Jahr 2012 drei Flachpegel mit Datensammlern eingerichtet. Der Abflusspegel MP 2 zeichnet langfristig die Abflüsse auf, die möglicherweise für die Kompensation der berechneten Grundwasserabsenkung in den Rohatschwiesen und die Wasserversorgung von Teich 14 genutzt werden könnten.
13. Die Grundwasserabsenkung in Hohenbocka liegt in HB3D2055 unter 50 cm innerhalb der 1 m-Amplitude der natürlichen GWS-Schwankungen.
14. Eine Freisetzung von Schwefelsäure aus der Pyritoxidation kann im Bereich der Grundwasserabsenkungen im Grundwasseranstrom und im Bereich der Seewasse-



rinfiltration im Grundwasserabstrom bei vermehrtem Sauerstoffeintrag dort zunehmen, wo Grundwasserleiter Pyrit und Markasit enthalten (Kap.8.5).

15. Die Qualität der Wasserabgabe aus dem Gewinnungsteich bleibt unverändert, wenn entsprechend Natronlauge zur Neutralisierung der Schwefelsäure zugegeben wird. Eine dauerhafte Anhebung des pH-Wertes von derzeit pH 4,3 auf über pH 5,6 und die damit verbundene Überwindung des relativ schwach ausgeprägten Aluminium-Puffers im Gewinnungsteich wäre mit Natronlauge technisch mit der bereits vorhandenen Anlage relativ einfach machbar (Kap. 8.2.3).
16. Die biogene Alkalinisierung nimmt durch den Eintrag der Kohletrübe aus der Sandaufbereitung im wachsenden Gewinnungsteich nur geringfügig zu.

Verglichen mit der hydrochemischen Situation der gefluteten Restlöcher des Lausitzer Seenlandes, in denen pH-Werte unter 3,0 messbar sind, zeigt der Gewinnungsteich pH-Werte um 4,15.

Der pH-Wert des Gewinnungsteiches liegt im Grenzbereich zwischen Eisen- und Aluminiumpuffer (Anl.7.3).

Bei der Aufbereitung der Tiefensande im Quarzsandwerk Hohenbocka wird durch Zugabe von Natronlauge nicht nur der Rohsand von anhaftenden Verfärbungen durch organische Substanzen befreit und gebleicht, sondern auch Schwefelsäure neutralisiert. Sie entsteht bei der Pyrit- und Markasitoxidation in den umliegenden Halden und Grundwasserleitern, u.a. verursacht durch die Grundwasserabsenkung mit folgender Belüftung des vorher mit sauerstofffreiem Grundwasser gefüllten Porenraums der braunkohlehaltigen Sande (Kap.8).

3.4 Ergebnisse des Monitorings und Empfehlungen

Die vorläufigen Prognosen zu den Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches werden mittels Monitoring langfristig geprüft. Seit November 2012 werden die hydrologischen Randbedingungen im Modellgebiet mit hoher zeitlicher Auflösung gemessen. Im Laufe der Jahre entsteht so ein brauchbarer Datensatz für das Modellgebiet.



Im Rahmen des Monitorings werden die modellierten Auswirkungen mittels Aufzeichnung der Grundwasserspiegel, der Abflüsse und der meteorologischen Randbedingungen geprüft. Wird z.B. in einem Grundwasserpegel in den Rohatschwiesen eine vorhergesagte Grundwasserabsenkung überschritten, könnte die künstliche Anhebung des Grundwasserspiegels in den Rohatschwiesen mittels Wasserumleitung aus dem Fanggraben in die Meliorationsgräben beginnen – wobei das Einverständnis des Eigentümers Voraussetzung wäre.

Monitoring Grundwasserstände

Das Grundwassermodell HB3D2012 (MODFLOW) stützt sich auf Daten aus bisherigen hydrogeologischen Detailuntersuchungen. Es fehlen genauere Angaben zur Wasserentnahme der BASF-Brunnen in Schwarzbach, Ausbaupläne der Grundwasserpegel und Brunnen und die Messwerte der Wasserentnahme aus der Grundwasserabsenkung im ehemaligen Reservefeld 1.

Gemäß [3, 4, 5] liegt keine hydraulische Trennung von Grundwasserleitern mit möglicherweise unterschiedlichen Piezometerhöhen vor. Die Grundwasserspiegel in den unterschiedlich tiefen, noch funktionsfähigen 2-Zoll-GWM können auch ohne Ausbaupläne als Wasserstände eines Grundwasserleiters interpretiert werden, der aus den Grundwasserleitern 13 und 50/61 besteht. Zitat aus [4, S.44, Hydrodynamik]:
‘Die geologisch - hydrogeologischen Lagerungsverhältnisse und die im wesentlichen rollige Ausbildung sowohl der pleistozänen als auch der tertiären Sedimente und deren ausgeglichene Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet gestatten eine gemeinsame Darstellung der hydrodynamischen Verhältnisse der GWL 13 und GWL 50/61.’
Dies trifft auch für Flachpegel oder Flachbrunnen zu, wenn sie in den Hauptgrundwasserleitern ausgebaut sind.

Aufgrund der chaotischen und komplexen hydraulischen Situation in der Stauendmoräne, die vom Strömungsmodell nur als sog. ‘Blackbox’ erfasst werden kann und behelfsweise so programmiert ist, dass quasi ein worst case erzeugt wird, ist die langfristige Überwachung der Grundwasserstände in der Stauchendmoräne wichtig. Da sich die prognostizierten Grundwasserabsenkungen bis Mitte des 21. Jahrhunderts langsam entwickeln, könnten die Grundwasserspiegeländerungen infolge eines



Klimawandels überwiegen. Für Brandenburg wird eine Intensivierung des Wettergeschehens modelliert mit möglicherweise stärkeren GWS-Schwankungen infolge länger anhaltender Trocken- und Nassperioden, bei insgesamt abnehmenden Abflüssen aufgrund der zunehmenden Verdunstung im Winterhalbjahr [26].

Das Netzwerk aus Meliorationsgräben senkt die Grundwasserstände im sandigen, stark wasserdurchlässigen Modellgebiet ab, verursacht geringere Verdunstungsraten und erhöht so die Grundwasserproduktion in der Wasserbilanz (Kap.4.2.2). In den Meliorationsgräben fließt das neugebildete Grundwasser zügig ab (Kap. 4.2.3).

Auf den sandigen Feuchtplächen des FFH/NSG Rohatschwiesen Nord steht offensichtlich der Grasschnitt zur Futtererzeugung im Vordergrund. Der Grundwasserspiegel ist mit Meliorationsgräben soweit abgesenkt, dass die Befahrbarkeit der sandigen Wiesen gewährleistet bleibt. Der Graben 130 m südöstlich von P 2/12 wird mit Wasser bis Geländeoberkante eingestaut (Anlage 1.3). Der angrenzende Wiesenstreifen ist im Herbst 2012 durchnässt, und es sind wassergefüllte Fahrrinnen zu erkennen, die von gescheiterten Mähversuchen zeugen.

Monitoring Abflüsse

Seit Ende 2011 liefern die Anstrompegel MP 2, MP 23B, MP 46, MP 55, MP 57, die Wetterstationen und die Abflusspegel im Abstrombereich MP 3, MP 1, MP 9 Messdaten für die Wasserbilanzen und die Modellkalibrierung.

Erste Auswertungen ergeben einen bereichsweise stark versauerten Wasserzufluss von 0,78 Mio. m³/a in die Teiche der Quarzwerke Hohenbocka aus dem südlichen Grundwasserspeicher mit RL Heide. Die Wasserabgabe aus dem Gewinnungsteich in Richtung Erlenteich wird mit ca. 1,08 Mio. m³/a gemessen (Anlage 3.6). Nach extremen Starkregen treten keine Oberflächenabflüsse an den Abflusspegeln auf, was auf hohe Infiltrationsraten im Modellgebiet (Sandkasten) und eine ausgeprägte Retention deutet.

Im Zuge der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches wären an neu entstehenden Auslaufbauwerken Abflusspegel für das Monitoring einzurichten und so zu konstruieren, dass der Seewasserspiegel im Hochwasserfall auf 105,65 mNN begrenzt



bleibt. Eine Geländevermessung in den Erlenwiesen wäre beizeiten durchzuführen. Vorläufige Vermessungen zeigen Geländehöhen um 105,6 mNN. Mögliche Geländesetzungen wären zeitnah zu prüfen.

Monitoring Hydrochemie Gewinnungsteich

Einhergehend mit dem Monitoring zu den Wasserständen und Abflüssen wird empfohlen, die Optimierung des pH-Wertes im Gewinnungsteich mit Feldversuchen zu begleiten. Geplant und teilweise bereits durchgeführt sind Versuche einerseits zur biogenen Alkalinisierung und andererseits zur pH-Wert Anhebung mittels Natronlauge. Ziel ist die Minimierung des Gehaltes an gelöstem, fischtoxischem Aluminium im Wasserablauf des Gewinnungsteiches.

Bei Einbringung undurchlässiger C-Substrate zur Gestaltung der Teichböden im Abstrom könnte der sauerstoffhaltige Grundwasserabstrom aus dem Endsee verringert und der Abfluss über die Auslaufbauwerke erhöht werden. Dabei sollte langfristig ein sauerstofffreies Sediment (Sulfatsenke) im Gewinnungsteich entstehen. Die biogene Alkalinisierung ist im Seesediment bereits im Jahr 2012 messbar, trotz häufiger Umlagerung durch das Saugschiff.

Eine jährliche Titration des Seewassers bis pH 5,6 wird empfohlen, um die Menge an NaOH zu messen, die zur Ausfällung des Aluminiums im Gewinnungsteich benötigt wird. Langfristiges Ziel könnte die Abgabe eines aluminiumarmen Seewassers an die Unterlieger sein.

Monitoring Hydrochemie Fließgewässer und Teiche

Zum hydrochemischen Monitoring Oberflächen- und Grundwässer liegt den Aufsichtsbehörden ein Vorschlag aus dem Jahr 2012 vor, der in Kap. 8.2.4 mittels Antwortschreiben der Behörden weiter optimiert ist. Das behördlich vorgegebene Monitoring zur Wassergüte wird grundsätzlich eingehalten.

Im Jahr 2012 werden die Fließgewässer bei MP 1, MP 2, MP 3, MP 9, MP 23B, MP 46, MP 55 und MP 57 einem zusätzlichen, monatlichen, hydrochemischen Monitoring mit Stichtagsabflussmessungen unterzogen. Ergänzend zum behördlich festgelegten Untersuchungsprogramm wird bis Ende 2013 Aluminium, Kupfer, Mangan,



Nickel und Zink im Bachwasser gemessen. Die jährliche Probeentnahme aus den Teichen 8, 9, 10 und 13 bleibt davon unberührt und wird 2012 ebenfalls durchgeführt.

Monitoring Grundwässer und Ersatzmessstellen

Im Laufe der Jahrzehnte überfährt der Tagebau 4 Grundwasserpegel, die 2012 noch in das Monitoring eingebunden sind. Es handelt sich um die Messstellen:

P 46/89 Wasserstand monatlich

P 61/86 Wasserstand monatlich

P 1/95 Wasserstand monatlich und Gewässergüte jährlich

P 2/98 Wasserstand monatlich und Gewässergüte jährlich

Als Ersatzpegel werden neben den weiter unten aufgeführten GWM mit Datensammlern die folgenden Messstellen empfohlen:

Für P35/90 (defekt): Neubohrung am südl. Uferrand Gewinnungsteich (Anstrom)

Für P46/89: P8/87 Wasserstand mit Datensammler und Gewässergüte (Abstrom)

Für P61/86 : P82/86 Wasserstand mit Datensammler

Für P 1/95: Br. 1 Erlenwiesen Wasserstand monatlich

Für P 2/98: Br. 1 Hostenmühle Datensammler und Gewässergüte jährlich (Abstrom)

Die empfohlenen GWM für Gewässergüte sollen bereits 2014 mit beprobt werden.

Datensammler zur Aufzeichnung der Grundwasserstände im Stundentakt sind von Norden nach Süden in folgenden GWM verbaut:

P 15/90, P16/90, Br1Host, F 5/12, F 4/12, P 42/89, P25/90, P82/86, P8/87, P1/98, P2WGUT, F 1/12, F2/12 und F 3/12.

Im Grundwasser sollten wegen des Potenzials der Versauerung durch Schwefelsäure aus der Pyritoxidation grundsätzlich Schwermetalle und Aluminium analysiert werden.

Hier endet die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse und Vorschläge. Die folgenden Kapitel beinhalten eine detaillierte Beschreibung der hydrologischen, hydrogeologischen Situation mit Fokussierung der Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches des Quarzsandwerkes Hohenbocka.



4 Hydrogeologische Modellvorstellung

Schwerpunkte der Begutachtung sind die Entwicklung einer hydrogeologischen Modellvorstellung, die Umsetzung in einem Grundwasserströmungsmodell HB3D und die Inbetriebnahme von Messstationen für das langfristige Monitoring zur Überprüfung der prognostizierten Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches.

4.1 Lage und Nutzung des Modellgebietes

Der Gewinnungsteich liegt in einem Wald-/Wiesenkomplex südwestlich von Hosena zwischen den Ortslagen Hohenbocka im Süden, Guteborn im Westen und Schwarzbach/Peickwitz im Norden. Ca. 3 km östlich verläuft die Landesgrenze zu Sachsen.

Die Anlagen 1.1 bis 1.5 zeigen die Lage des Modellgebietes in den Jahren 2012, 1934 und bereichsweise 1846.

Das Bergwerksfeld Hohenbocka/Guteborn ist als Vorrangfläche 79 für die Rohstoffgewinnung im Regionalplan Lausitz-Spreewald, Teilregionalplan II 'Gewinnung und Sicherung oberflächennaher Rohstoffe' vom 24.06.1998 berücksichtigt.

Die Gewinnungsflächen sowie die für die Fortführung des Tagebaus Hohenbocka/Guteborn geplanten Erweiterungsflächen gehören zur Gemarkung Hohenbocka, Kreis Oberspreewald-Lausitz.

Für die Rahmenbetriebsplanung und die Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Fortführung des Tagebaus Hohenbocka/Guteborn sind folgende, unmittelbar angrenzende Schutzgebiete bzw. Schutzobjekte maßgebend und liegen im Modellgebiet (Anlage 1.3):

- NSG/FFH 'Peickwitzer Teiche und Schwarzbacher Heide' (seit 2009)
- NSG/FFH 'Rohatschgebiet zwischen Guteborn und Hohenbocka' (seit 2003)



- Flächennaturdenkmal (FND) 'Flachmoor in den Wolschenteichwiesen'
- FND 'Hohenbockaer Schweiz' (sog. Buck'sche Schweiz)
- Feuchtgebiet Erlenteich mit Erlenwiesen

Das gesamte Plangebiet zur Tagbaufortführung befindet sich im Landschaftsschutzgebietes 'Elsterniederung und westliche Oberlausitzer Heide zwischen Senftenberg und Ortrand', welches in Brandenburg zur Erhaltung regional typischer Landschaftsstrukturen der Elsterniederung und des südlich angrenzenden Vorlandes des Lausitzer Grenzwalls seit 1987 festgesetzt ist.

Im angrenzenden Sachsen besteht das Landschaftsschutzgebiet 'Lauta-Hoyerswerda-Wittichenau' mit ähnlichen Schutzziele.

Die Modellränder sind so gewählt, dass eine Begrenzung hydraulischer Auswirkungen der Erweiterung des Gewinnungsteiches durch Randbedingungen auszuschließen ist und liegen zwischen Schwarzbach, Südufer Senftenberger See, Leippe West und Lipsa Nord (Anlage 1.1).

Das Gelände fällt von der Hochfläche im Südosten der Ortslage Hohenbocka mit Höhen bis ca. 172 mNN (Jungferenstein) nach Norden auf 110 mNN bis 106 mNN im Werkbereich der Quarzsandwerke und von hier weiter nach Nordwesten mit geringem Gefälle auf ca. 98 mNN nördlich der Ortslage Schwarzbach. Markante Geländeanstiege bildet die Stauchendmoräne südlich der Quarzsandgruben.

Die Struktur der Region wird besonders im Osten und Norden des Modellgebietes von den Braunkohletagebauen bzw. Tagebaurestlöchern des Braunkohlereviere geprägt.

Den nordöstlichen Modellrand bildet das Südufer des 1973 eingeweihten Senftenberger Sees, ehemalig Tagebau Niemtsch mit Wasserhaltung bis 1966.

Östlich in ca. 2 km Entfernung vom Gewinnungsteich liegt der ehemalige Tagebau Heide VI mit Wasserhaltung bis 1969. Der Abbau und die Verkipfung in diesen Tagebauen ist seit Jahrzehnten eingestellt, der Grundwasserwiederanstieg abgeschlossen.



Die beiden gefluteten Tagebaue beeinflussen zusammen mit dem Fabiansteich die Grundwasserhydraulik in HB3D2012.

Das unmittelbare Plangebiet wird von Waldgebieten und landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt, welche wegen flurnaher Grundwasserstände und Schutzgebietseinstufungen meist extensiv bewirtschaftet werden und von Meliorationsgräben durchzogen sind, die das Grundwasser absenken oder aufstauen können.

Im Westen und Süden des Gewinnungsteiches ist der helle Quarzsand oberflächennah abgebaut. Hier liegen die gefluteten Restlöcher 'Teich 9 Werk 3', 'Bohneteich', 'Bandstraße', 'ehem. IAA Werk 3', 'Teich 7', 'Hohenbockaer Badeteich Teich 6' und 'Teich 14' (Anlage 1.3).

Das Gebiet ist geprägt von ökologisch und kulturhistorisch bedeutsamen Elementen, die natürlich im Gebiet vorhanden sind wie Feuchtkomplex Rohatschwiesen, Moor-komplex Wolsche Teichwiesen, Gebiet Weinberg Hohenbocka, Peickwitzer Teiche bzw. durch den Abbau von Quarzsanden entstanden sind wie Buck'sche Schweiz und oben beschriebener Restlochkomplex ehemaliges Werk 3.

Die geplante Südweiterung erfasst im nördlichen Teil Bereiche der Wolschen Teichwiesen mit Gräben und feuchten, als Extensivgrünland genutzten Wiesen, Moorwald, Waldrändern und Staudenfluren. Im südlichen Teil der Südweiterung wird das Restloch des ehemaligen Tagebaus Werk 3 und der Bohneteich überfahren.

Das Gebiet der geplanten Nordweiterung beinhaltet im östlichen Teil ehemals feuchte Mischwaldbestände auf anmoorigen Böden, im südlichen Teil Kiefernwaldbestände unterschiedlichen Alters und zum Teil die Betriebsfläche des Haldenlagerplatzes. Im nördlichen Teil befinden sich Waldränder, Gebüsche, Staudenfluren, feuchte Wiesen und Gräben.



4.2 Hydrologische und meteorologische Randbedingungen Istzustand 2011/12

Es gilt die folgende Wasserhaushaltsgleichung:

$$N_G = aET + Q_o + Q_i + Q_{uk} + Q_{ul} + Q_{ub} + Q_{ex} + Q_{im} + S$$

N_G	= korrigierter Gebietsniederschlag
aET	= aktuelle Evapotranspiration, tatsächliche Gebietsverdunstung
Q_o	= Oberflächenabfluss der nicht versickert und direkt abfließt
Q_i	= Zwischenabfluss aus der ungesättigten Zone auch Interflow genannt
Q_{uk}	= Kurzfristiger Abfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q_{ul}	= Langfristiger Basisabfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q_{ub}	= Grundwasserbegleitstrom der vom Abflusspegel nicht erfasst wird
Q_{ex}	= aus dem Modellgebiet exportierte Wassermengen
Q_{im}	= aus anderen Bilanzgebieten importierte Wassermengen
S	= Änderungen im Wasserspeicher

4.2.1 Niederschlag

Nördlich des Verwaltungsgebäudes der Quarzwerke ist seit 28.09.2011 eine WS-GP1 Wetterstation installiert (N1, Anlage 1.3). Sie erfasst im Stundentakt Niederschlag, Gesamtstrahlung, Lufttemperatur, Luftfeucht, Windrichtung und Windgeschwindigkeit (Anlage 3.9, Photodokumentation). Die Station ist auf die Messung von Wasserbilanzgrößen ausgelegt.

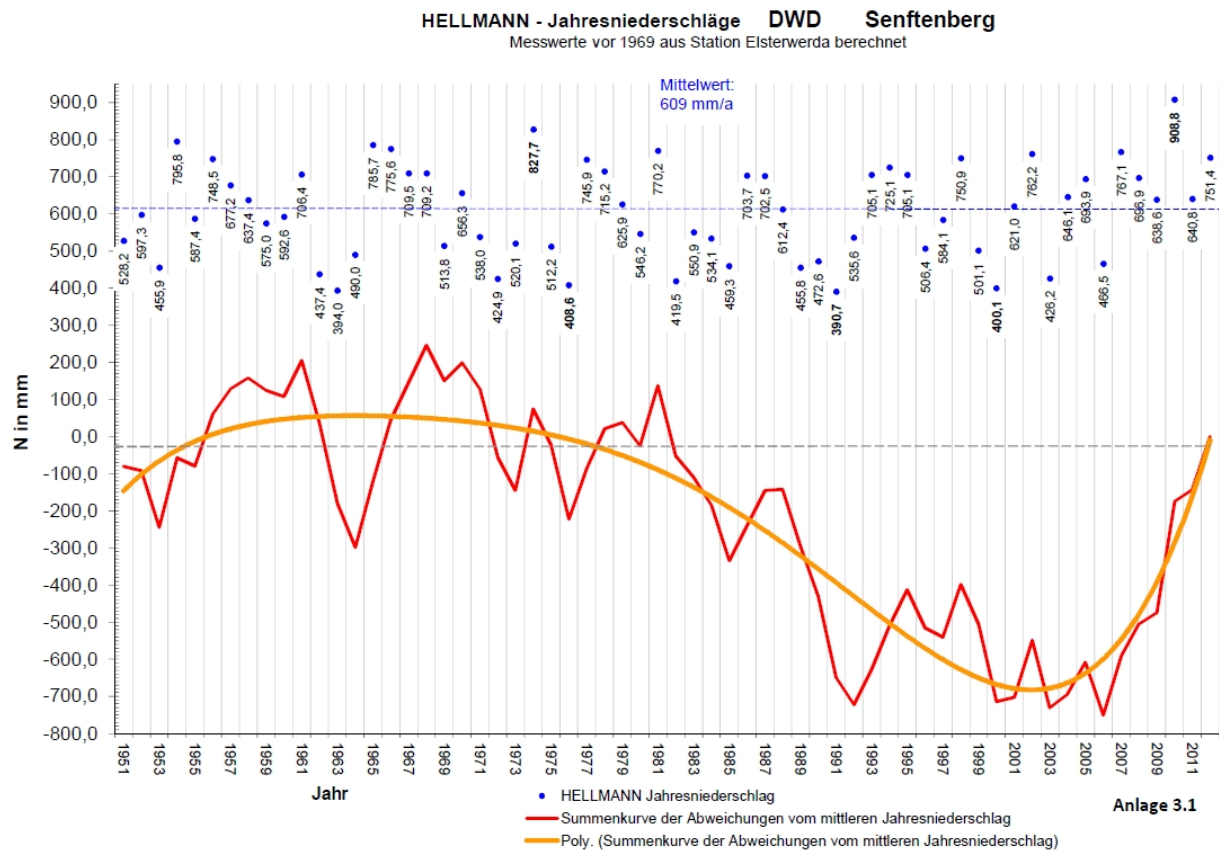
Zusätzlich werden bei der Wetterstation und auf dem Pontonsteg zum Saugschiff im Gewinnungsteich mit HELLMANN-Regendosen die Niederschläge händisch kontrolliert.

Erste Auswertungen der Messdaten zeigt Anlage 3.2 exemplarisch. Im Monitoringzeitraum wird am 05.07.2012 ein extremes Niederschlagsereignis mit 41 mm Starkregen in einer Stunde und einer Gesamtregensmenge von 83 mm/48h registriert.



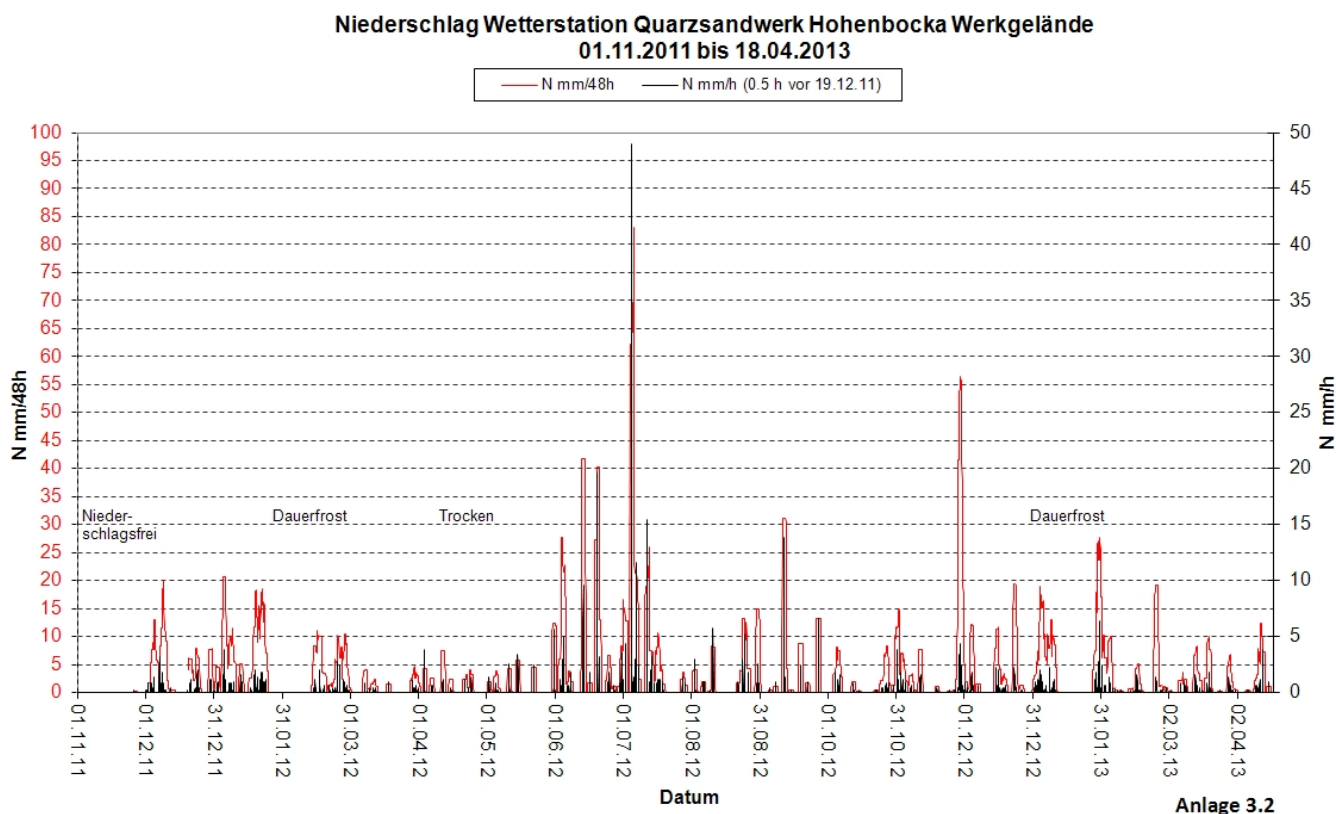
Im August 2012 erreicht die maximale Lufttemperatur 37,3 °C, bei einer mittleren Lufttemperatur von 9,4 °C im Jahr 2012.

In Anlage 3.1 sind die Messdaten des Deutschen Wetterdienstes für Senftenberg mit der Summenkurve der Abweichung der Jahresniederschläge vom mittleren Jahresniederschlag ausgewertet.



Für den Zeitraum 1951 bis 2012 lässt sich ein mittlerer Jahresniederschlag in Höhe von 609 mm berechnen. Der Zeitraum 1981 bis 2007 kann aufgrund der fallenden Summenkurve als relativ niederschlagsarm bezeichnet werden. Seit dem Jahr 2007 werden niederschlagsreiche Jahre registriert. Die Summenkurve steigt um ca. 700 mm relativ steil an.

Der Messzeitraum 2011/12 liegt in einem niederschlagsreichen Zeitintervall, das seit 2007 andauert. Die Wetterstation registriert 2012 einen Wechsel von langen Trockenperioden und extrem niederschlagsreichen Zeitintervallen (Anlage 3.2, Niederschlag).



Niederschlag Wetterstation Werkgelände Quarzsandwerke Hohenbocka

Folgende Tabelle zeigt die nicht korrigierten HELLMANN Jahresniederschläge im Monitoringzeitraum.

Niederschlag in mm/a	2011	2012
DWD Station Senftenberg	641	751
Wetterstation Quarzwerke		756
Regendose Wetterstation		766

Im Jahr 2012 liegt der nicht korrigierte Jahresniederschlag im Modellgebiet mit 756 mm ca. 25 % über dem mittleren Jahresniederschlag.

Für die Gebietswasserbilanz und die oben beschriebene Wasserhaushaltsgleichung wird der von der Wetterstation N 1 erfasste HELLMANN Niederschlag nach RICHTER mit dem Faktor 1.1 korrigiert und erreicht so 832 mm im niederschlagsreichen Jahr 2012. Wegen des flachen Geländes ist im Modellgebiet keine Höhenkorrektur notwendig. Der mittlere, langfristige Jahresniederschlag wird nach RICHTER für die Wasserbilanz auf 666 mm/a korrigiert.



4.2.2 Evapotranspiration und klimatische Wasserbilanz

Die relativ geringen Niederschläge mit Minimalwerten um 390 mm/a fordern eine zeitweise stark eingeschränkte Evapotranspiration bei Grundwasserflurabständen größer 3 m.

Die grundwasserferne Vegetation, die alleine auf die Niederschlagsverteilung angewiesen ist, hat sich an diese Trockenperiode angepasst, z.B. durch geringes Wachstum und entsprechendes Artenspektrum.

Die aktuelle Evapotranspiration aET unterliegt zahlreichen Randbedingungen [21, 22, 24, 25], die über Direktmessungen oder Modelle für definierte Flächen mit niederem Bewuchs erfassbar sind, jedoch einen sehr hohen Messaufwand voraussetzen wie z.B. die Eddy-Korrelationsmethode.

Die Wetterstation auf dem Werkgelände der Quarzsandwerke erfasst die Lufttemperatur und die Luftfeuchte. Damit lässt sich die pET eines gut wasserversorgten Wiesenstandortes, die sog. Grasreferenzverdunstung nach HAUDE berechnen.

Im Jahr 2012 liegt die HAUDE Grasreferenzverdunstung bei 571 mm.

Für die Berechnung der Wasserbilanz ist die Abschätzung der aET aus der pET mit Unsicherheiten behaftet. So können anhaltende Trockenperioden eine deutliche Einschränkung der aET gegenüber der gemessenen pET hervorrufen.

Die aET wird im Wesentlichen von der Geländehöhe, dem Grundwasserflurabstand, der Bewindung, der Flächennutzung, dem Bodenwasservorrat und dem Dampfdruckgradienten beeinflusst.

Bei der Abschätzung der mittleren aET soll im Bilanzgebiet zunächst zwischen Brachflächen, Wasserflächen, Wald mit vorwiegend Mischwald, Wiesen- Ackerland und Feuchtgebieten unterschieden werden.



Die folgende Tabelle zeigt die minimale und mittlere aET der Teilflächen. Die Werte sind der Fachliteratur [24, 25] entnommen.

Flächennutzung im Modellgebiet	% Modellgebiet	Minimale und mittlere aET mm/a
Wasserflächen	4	700 – 750
Wälder	55	480 – 640
Wiesen u. Äcker	29	300 – 490
Brachflächen und Siedlungen	6	117 – 377
Feuchtflächen	6	720 – 780
Gesamtgebiet	100	Min: 428 Mittel: 590

Langjährige Lysimetermessungen in Gießen zeigen für vegetationslose Sandflächen eine mittlere Jahresverdunstung von 170 mm (Min. 117 mm, Max. 193 mm) und für vegetationslose, lehmige Sandflächen 340 mm/a (Min. 284 mm, Max. 377 mm).

Die anfängliche Planung einer schwimmenden Messvorrichtung zur Messung der Evaporation von der freien Wasserfläche im Gewinnungsteich erweist sich messtechnisch als zu aufwändig und wird nicht weiter verfolgt.

Mitte des 19. Jahrhunderts ist die vereinfachte klimatische Wasserbilanz leicht defizitär, da keine Grundwasserabsenkung durch Meliorationsgräben die Evapotranspiration einschränkt und ca. 30 % des Modellgebietes aus Feuchtflächen mit hohen Verdunstungsraten bestehen (Anlage 1.4). Im Jahr 2012 sind nur noch 6% Feuchtflächen vorhanden. In Anlehnung an obige Tabelle ergibt sich für die Mitte des 19. Jahrhunderts eine aET von 682 mm/a.

$$Q_{\text{Mitte 19. Jahrhundert}} \approx N_G - aET$$

$$Q_{\text{Mitte 19. Jahrhundert}} \approx 666 \text{ mm/a} - 682 \text{ mm/a} \approx -16 \text{ mm/a}$$

Bis Anfang des 21. Jahrhunderts wird die mittlere klimatische Wasserbilanz des Großraumes wegen der großflächigen Grundwasserabsenkung positiv:

$$Q_{\text{Großraum 21. Jahrhundert}} \approx 666 \text{ mm/a} - 590 \text{ mm/a} \approx +76 \text{ mm/a}$$

Die mittlere Wasserbilanz zeigt eine für Brandenburg typische, geringe Abflusshöhe.



Für sandige Flächen mit hohen Wasserdurchlässigkeiten und einem Grundwasser Flurabstand (GF) größer 3 m ergibt sich aus der klimatischen Wasserbilanz die 6-fache Abflusshöhe im Modellgebiet:

$$Q_{\text{Sandflächen GF}>3\text{m}} \approx 666 \text{ mm/a} - 200 \text{ mm/a} \approx + 466 \text{ mm/a}$$

Dagegen zeigen Feuchtgebiete und Wasserflächen im Mittel eine negative Abflussbilanz und verdunsten mehr Wasser als im Mittel durch Niederschläge zugeführt wird.

$$Q_{\text{Wasserflächen und Feuchtgebiete}} \approx 666 \text{ mm/a} - 750 \text{ mm/a} \approx - 84 \text{ mm/a}$$

Die klimatische Wasserbilanz eines gut wasserversorgten Wiesenstandortes aus den Messdaten der Wetterstation auf dem Werkgelände liefert für das niederschlagsreiche Bilanzjahr 2012 eine Abflusshöhe von 261 mm.

$$Q_{\text{Wetterstation HAUDE 2012}} = 832 \text{ mm/a} - 571 \text{ mm/a} = + 261 \text{ mm/a}$$

Im Jahr 2012 liegt die gemessene HAUDE-Verdunstung mit 571 mm nahe bei der mittleren Gebietsverdunstung im Modellraum (590 mm/a).

Das Modellgebiet setzt sich aus stark unterschiedlichen Wasserbilanzflächen mit stark schwankenden Abflusshöhen zusammen.

4.2.3 Fließgewässer

Im Oktober 2011 werden die drei Abflusspegel MP 1, MP 2 und MP 3 (Anlage 1.3) mit Genehmigung des Gewässerverbandes Kleine Elster-Pulsnitz [11] eingerichtet und in Betrieb genommen. Sie messen seit dem 01.11.2011 im Stundentakt.

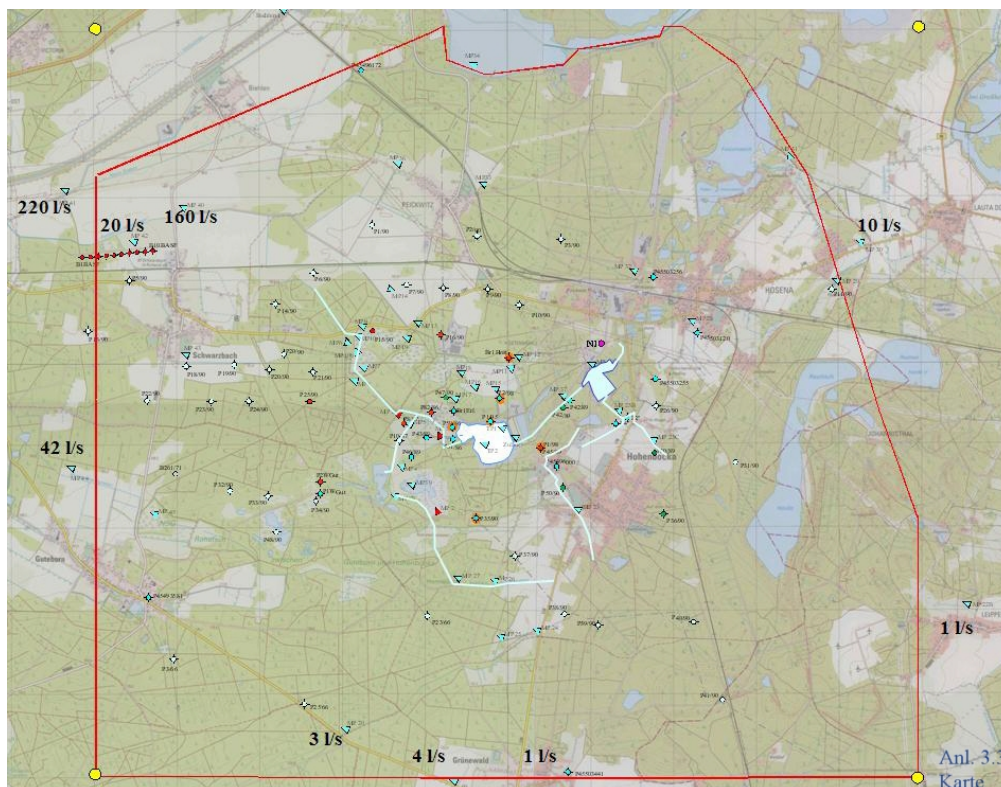
Zusätzlich sind seit Mitte 2012 an den Fließgewässern im Anstrom und Abstrom des Tagebaus der Quarzsandwerke einfache Messkästen an den Messpunkte MP 9, MP 23B, MP 46, MP 55 und MP 57 für monatliche Messungen installiert (Anlage 3.9, Photodokumentation). An den Messpunkten werden die Zu- und Abflussmengen des

Werkgeländes und die Wasserqualität erfasst. Die Abflussmenge des Gewinnungsteiches zeichnet der Abflusspegel MP 3 im Stundentakt auf.

Im August 2011 (MQ) und Mai 2012 (MNQ) führt das I.B. Auernheimer Abflussmessungen an 57 Messpunkten im Modellgebiet und außerhalb der Modellränder durch. Die Ergebnisse zeigt Anlage 3.3. Die Strömungsmessungen erfolgen mittels OTT Messflügel, die Feldparameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Sauerstoffsättigung werden mittels WTW Geräten gemessen.

4.2.3.1 Abflüsse an den Modellrändern im Istzustand 2011/12

Anlage 3.3 'Karte' zeigt die im August 2011 ermittelten MQ-Werte am Modellrand des Grundwasserströmungsmodells.



Messbare Abflüsse in den Oberflächengewässern an den Modellrändern

Im Peickwitzer Urstromtal werden in der Nordwestecke des Modellgebietes die höchsten Abflüsse mit insgesamt 400 L/s (220 L/s+ 20 L/s + 160 L/s in Abb. oben) gemessen. Das Grundwasserströmungsmodell HB3D2012 berechnet hier einen zusätzlichen Grundwasserbegleitstrom von 55 L/s.



In den Gräben wird nach Angaben des Gewässerverbandes zeitweise auch Wasser aus dem Senftenberger See zur Spülung nach Südwesten durchgeleitet. Am Westrand des Modellgebietes werden nördlich Guteborn 42 L/s (MQ) registriert.

Das Modellgebiet entwässert somit vorwiegend nach Nordwesten in das stark wasser-durchlässige Urstromtal. In diese Richtung verlaufen auch die ursprünglichen Bach-läufe. Ihre noch nicht veränderten Bachbette entwässern Mitte des 19. Jahrhunderts die zahlreichen Feuchtflächen ebenfalls nach Nordwesten (Anlage 1.4).

Die Bachläufe aus dem südlichen Hinterland der Stauendmoräne fließen im östlichen Teil des Modellgebietes im Jahr 1934 in den Peickwitzer Mühlgraben und werden schließlich in die Teiche der Quarzsandwerke eingeleitet (Anlage 1.5). Sie sind 2012 besonders im Abstrom des RL Heide bei Trockenwetter stark versauert.

Die ursprünglichen Bachläufe des 19. Jahrhunderts sind in weiten Bereichen begradigt und vertieft, um das Gelände großflächig und schnell zu entwässern und die maschi-nelle Landnutzung voranzutreiben.

Die Meliorationsgräben haben starke Auswirkungen auf die Grundwasserspiegel im Sandkastenmodell, besonders in den stark wasserdurchlässigen Bereichen des Ur-stromtals in denen auch die Peickwitzer Teiche liegen. Durch die bis zu 3 m tiefen Gräben ist der Grundwasserspiegel hier großflächig abgesenkt und liegt im nieder-schlagsreichen Jahr 2012 unterhalb der sandigen Teichböden der Peickwitzer Teiche.

Im Zentralbereich des Urstromtals biegt die Fließrichtung der Gewässer nach Südwe-ten ab. Es ist davon auszugehen, dass das Modellgebiet im Bereich des Urstromtals bei abgesenkten Grundwasserspiegeln von Nordosten nach Südwesten stark durchströmt wird und für Brunnenanlagen große Wassermengen liefern kann.

Verglichen mit dem Nordwestrand sind die Abflüsse am Südrand des Modellgebietes sehr gering und deuten auf eine südliche, unterirdische Wasserscheide, die nahe der Modellgrenze und nahe dem Ruhländer Schwarzwasser verläuft. Hier werden 8 L/s (MQ) Abfluss nach Süden gemessen.



Der Modellrand wird so gelegt, dass sich die unterirdische Wasserscheide im Bedarfsfall noch ausreichend nach Süden bewegen kann.

Nach Osten fließen am Pegel MP 30 ca. 10 L/s (MNQ) aus dem gefluteten RL Heide ab. Der Wasserspiegel im RL Heide ist mittels Auslaufbauwerk eingestellt. Im Modell wird dieser Abfluss als Wasserabgabe des RL Heide berechnet. Das Grundwasser strömt am Ostrand vornehmlich in Richtung Fabiansteich und Senftenberger See in Richtung NNW.

Das Restloch Heide stabilisiert den Grundwasserabstrom durch den fest eingestellten Seewasserspiegel und ist als ebener 'river' programmiert. Dabei kann mittels Leakagefaktor die Abdichtung des Seebodens im Modell zusätzlich eingestellt werden.

Stark versauertes Grundwasser fließt aus dem nördlichen Umfeld des RL Heide über Gräben in Richtung Quarzwerke Speicherteich 13 und in Richtung Peickwitz.

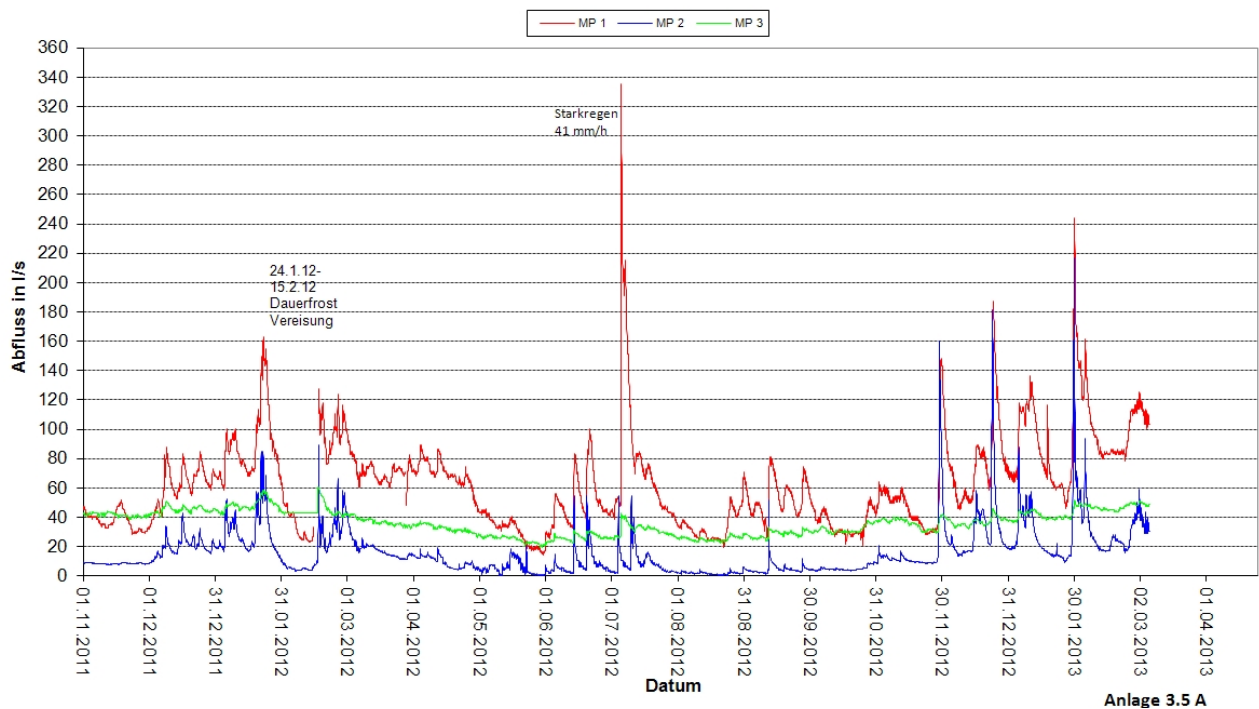
Die Stichtagsmessungen dienen der ersten hydrologischen Orientierung und der Eingrenzung des zunächst großzügig bemessenen Modellgebietes.

4.2.3.2 Fließgewässer und Teiche im Modellgebiet Istzustand 2011/12

Die Abflussganglinien der drei Abflusspegel zeigt Anlage 3.5. Die unterirdischen Einzugsgebiete der Abflusspegel sind mittels sog. 'pathlines' im Strömungsmodell HB3D2012 abgrenzbar.

Die Abflusspegel mit Datensammlern liegen außerhalb des Urstromtals und werden mit Wasser aus dem Bereich der Quarzsandlagerstätten, der Stauchendmoräne und deren südöstlichem und südlichem Hinterland versorgt. Ihre Abflusswerte lassen eine genauere Berechnung der Grundwasserneubildung im Anstrom des Gewinnungsteiches zu.

Die Abflussganglinien zeigen eine deutliche Dämpfung der Abflussspitzen durch die Teiche der Quarzsandwerke und die Retention der sandigen Flächen.

**Monitoring Abflusspegel Quarzsandwerk Hohenbocka
01.11.2011 bis 06.03.2013**

Abflussganglinien der drei Abflusspegel im 1-h-Messtakt.

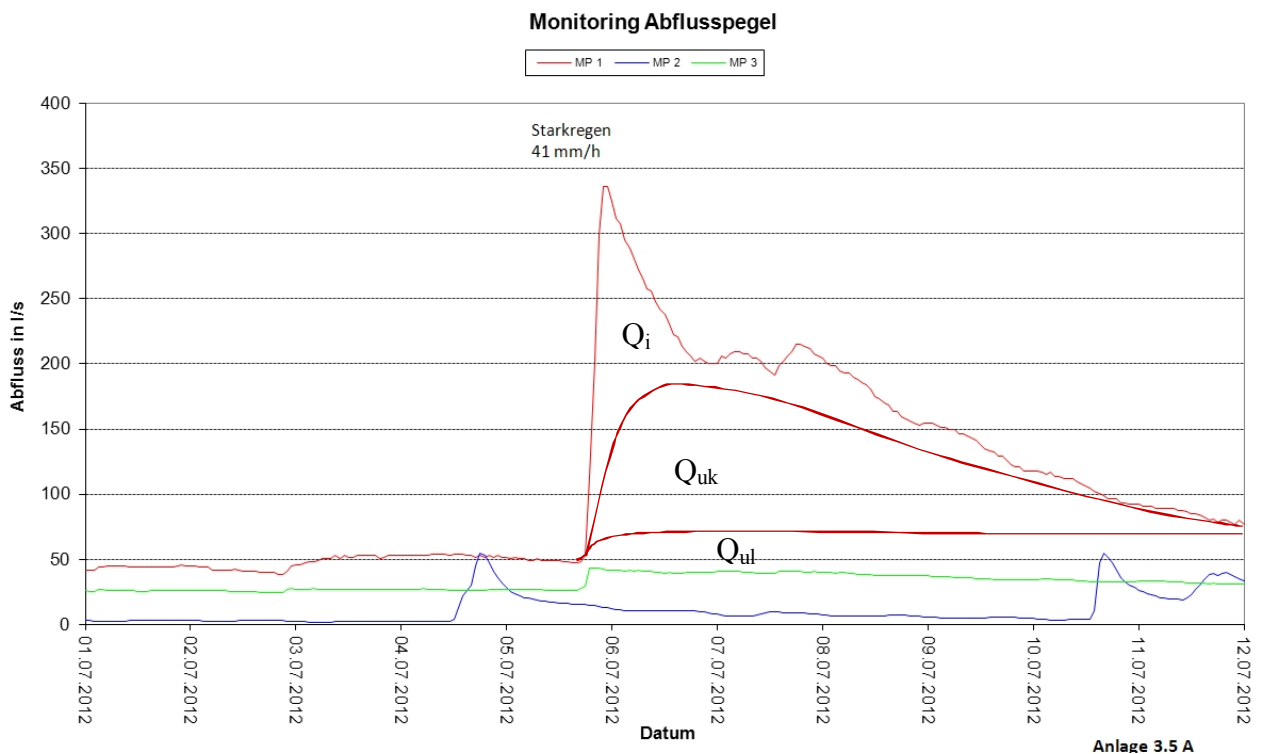
Für das Bilanzjahr 2012 sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen der drei Abflusspegel mit Datensammlern in folgender Tabelle zusammengefasst.

	MP1	MP 2	MP 3
Einzugsgebiet km ²	14.0	4.0	9.0
HHQ L/s	335.7	181.6	60.8
HHQ L/(s*km ²)	24.0	45.4	6.8
MHQ L/s	84.0	48.7	35.2
MQ in L/s	58.8	13.2	33.6
MQ L/(s*km ²)	4.2	3.3	3.7
MNQ L/s	39.2	5.6	28.2
MNQ (L/s*km ²)	2.8	1.4	3.1
NNQ L/s	14.1	0.2	19.4

Das Einzugsgebiet von MP 1 umschließt die Einzugsgebiete von MP 2 und MP 3. MP 2 besitzt Einzugsgebietsflächen im Bereich der Stauendmoräne und zeigt einen relativ geringen langfristigen Grundwasserabfluss mit relativ hohem Interflow und kurzfristigem Grundwasserabfluss, was auf gering ausgeprägte und eher schwach durchlässige Untergrundverhältnisse deutet. Der Abfluss am MP 3 wird vom Wasserspeicher des Gewinnungsteiches der Quarzwerke geprägt und zeigt sehr träge Abflussschwankungen.



Direkte Oberflächenabflüsse werden an den Abflusspegeln im Bilanzjahr 2012 nicht registriert, auch nicht nach dem extremen Starkregen mit 41 mm Regen in einer Stunde. Die Einzugsgebiete zeigen bereichsweise eine sehr hohe Infiltrationsrate für Niederschlagswasser (Sandkastenmodell). Der Oberflächenabfluss Q_o wird bei der Berechnung der Wasserbilanzen im Bereich der Quarzsandlagerstätte gleich Null gesetzt, denn es entsteht kein messbarer Oberflächenabfluss auf den Sandflächen.



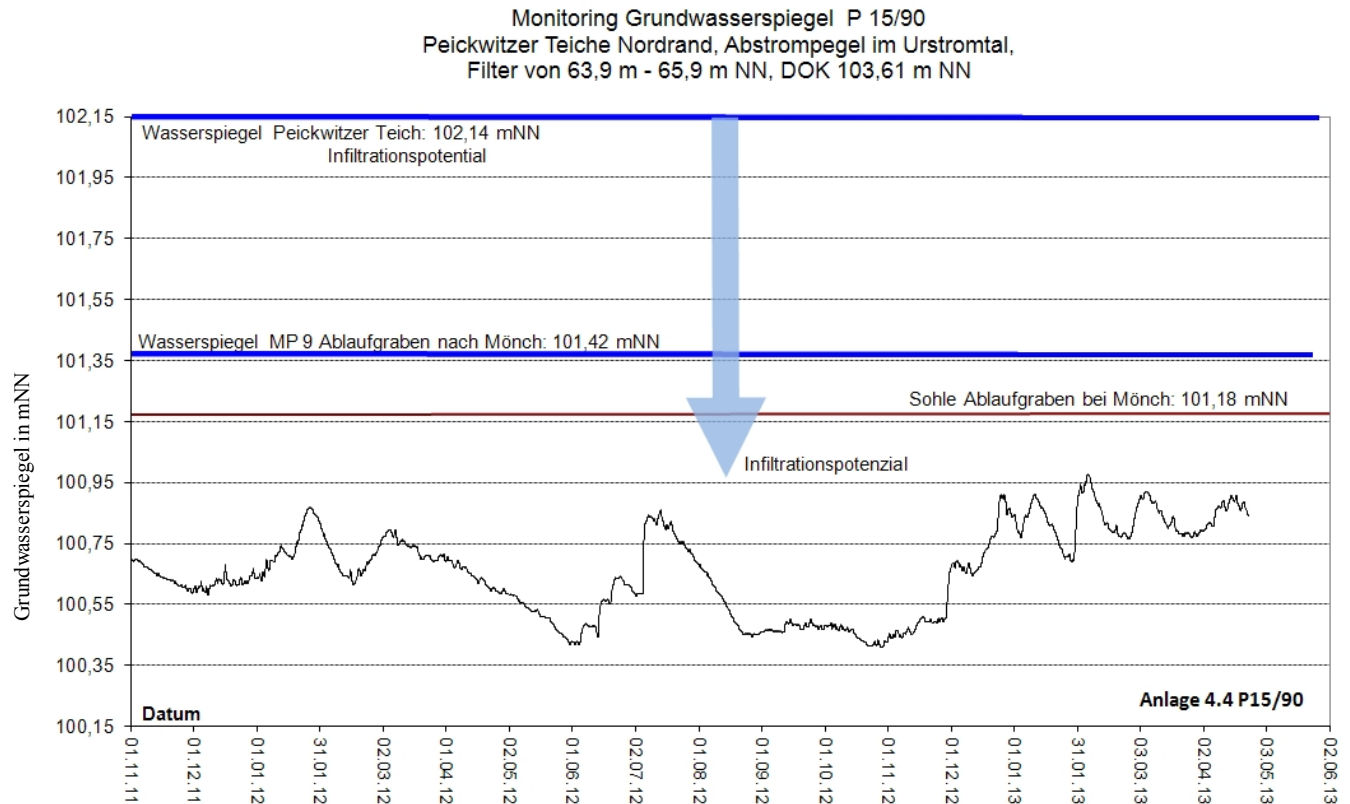
Abflussganglinien mit Interflow Q_i und kurzfristigem Grundwasserabfluss Q_{uk} nach Starkregen am 5.7.2012. Die Gewitterzelle ist räumlich eng begrenzt, denn MP 2 zeigt keine erhöhten Abflüsse.

Die gemessenen Abflüsse stammen aus dem unterirdischen Abfluss, der sich in den Bachläufen und Gräben in Form von Q_i , Q_{uk} und Q_{ul} sammelt. Der MNQ_6 -Wert entspricht in etwa dem langfristigen Grundwasserabfluss Q_{ul} . Interflow und kurzfristiger Grundwasserabfluss ($Q_i + Q_{uk}$) erzeugen am MP 1 ca. 33 % des Gesamtabflusses.

NSG Peickwitzer Teiche West

Von MP 3 fließt das Wasser über das Flachmoor Wolsche Teichwiesen und den Erlenteich zum Abflusswehr MP 1. Abstromig MP 1 wird an einem weiteren Wehr vor MP 7 fast der gesamte Abfluss über den Verbringgraben zu den Peickwitzer Teichen

39

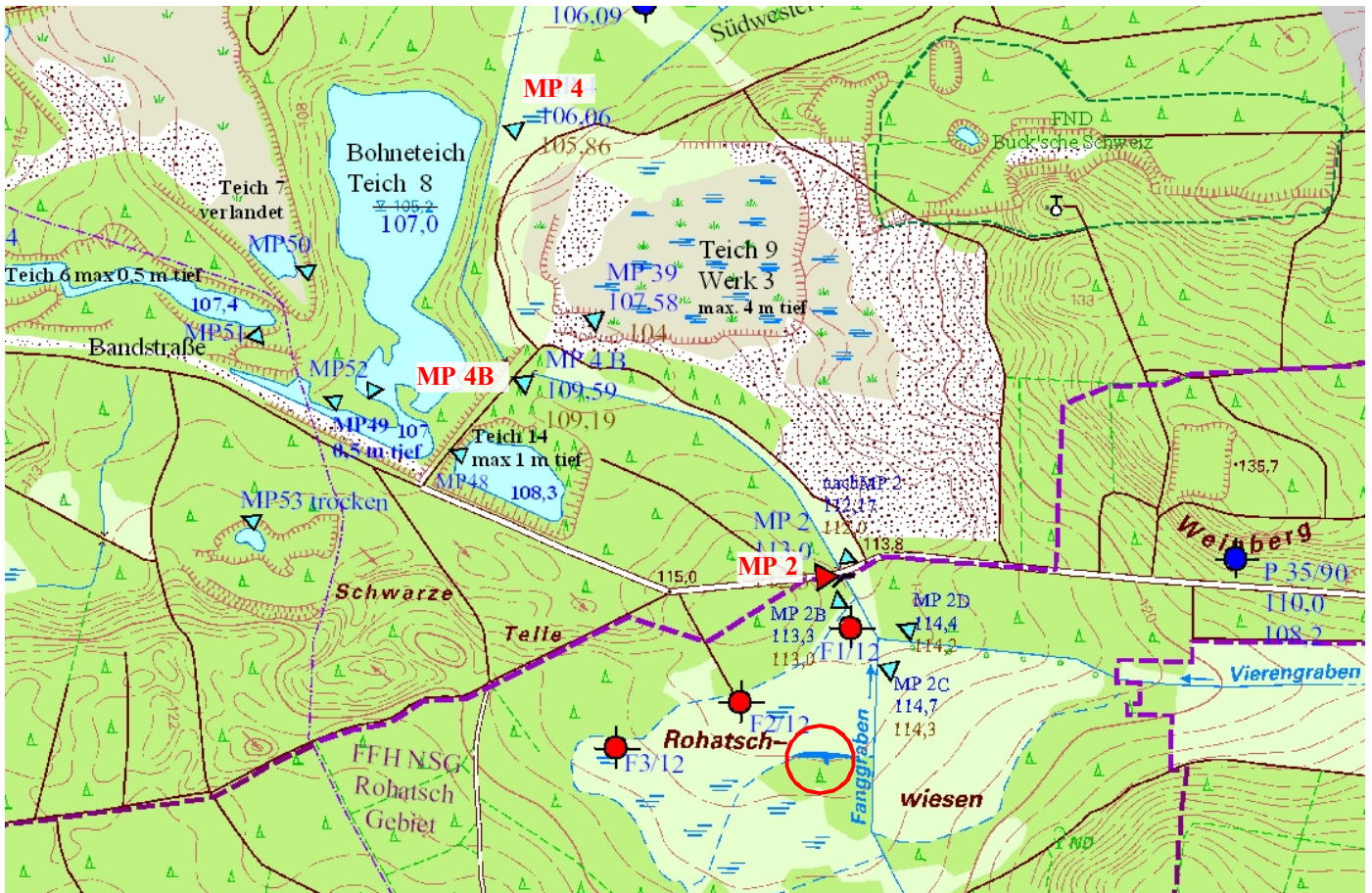


Infiltrationspotenzial Peickwitzer Teiche West. Unten Ganglinie des Grundwasserspiegels im 1-h-Takt in GWM 15/90 am Nordufer von Peick 2.

Die Infiltration reicht nicht aus, um den abgesenkten Grundwasserspiegel im Bereich der Peickwitzer Teiche so anzuheben, dass die Teiche vollständig bespannt sind. Die Grundwasserabsenkungsanlage aus Meliorationsgräben ist im Umfeld der wasser-durchlässigen, grobsandigen Teichböden deutlich stärker. Der Grundwasserspiegel kann in HB3D im Bereich der Peickwitzer Teich nur ansteigen, wenn die Sohlen der Meliorationsgräben in einem Umfeld von mindestens 1 km im Modell angehoben werden (Kap. 5.6). Bei sommerlichen Trockenwetter wird unterhalb von MP 9 bei MP 47 ein Abfluss von ca. 4 L/s gemessen, der hier auf kurzer Strecke aus dem Grundwasserleiter in den Graben strömt.

NSG Peickwitzer Teiche Ost

Zwischen MP 13 und MP 12 fällt der Peickwitzer Mühlgraben im Sommer 2012 bereichsweise trocken und liefert kein Wasser in Richtung Peickwitzer Teiche Ost. Dasselbe gilt für den kleinen Bach im Anstrom von Peick 5, der bei MP 18 ausgetrocknet ist. Die Grundwasserabsenkung im stark wasserdurchlässigen Urstromtal wirkt auch hier auf die Bachläufe und Teiche.



Rohatschwiesen Nord mit Fanggraben und umlaufenden Meliorationsgräben. Der Wassergraben südwestlich F2/12 ist geflutet und erzeugt hier geländenahe Wasserstände.

Abstromig von MP 2 versickert das Bachwasser im sandigen Untergrund und fließt dem RL-Teich 9 unterirdisch zu. MP 4B liegt an der Zufahrt zum Pumpenponton von Teich 9 und ist im Sommer bei Trockenwetter abflusslos. Die Pumpe bei MP 39 befördert das Wasser aus Teich 9 in den südöstlichen Teil des Bohneteiches und hält den Wasserspiegel in Teich 9 bei ca. 107,6 mNN (Anlage 1.3).

Der Bohneteich entwässert bei MP 4 in den Graben Richtung Erlenwiesen und erzeugt hier im Sommer wieder einen messbaren Abfluss.

Die flachgründigen RL-Teiche 6, 7 und 14 erhalten keine Zuflüsse aus Fließgewässern. Ihre Wasserspiegel sind von den Grundwasserständen im Umfeld abhängig.

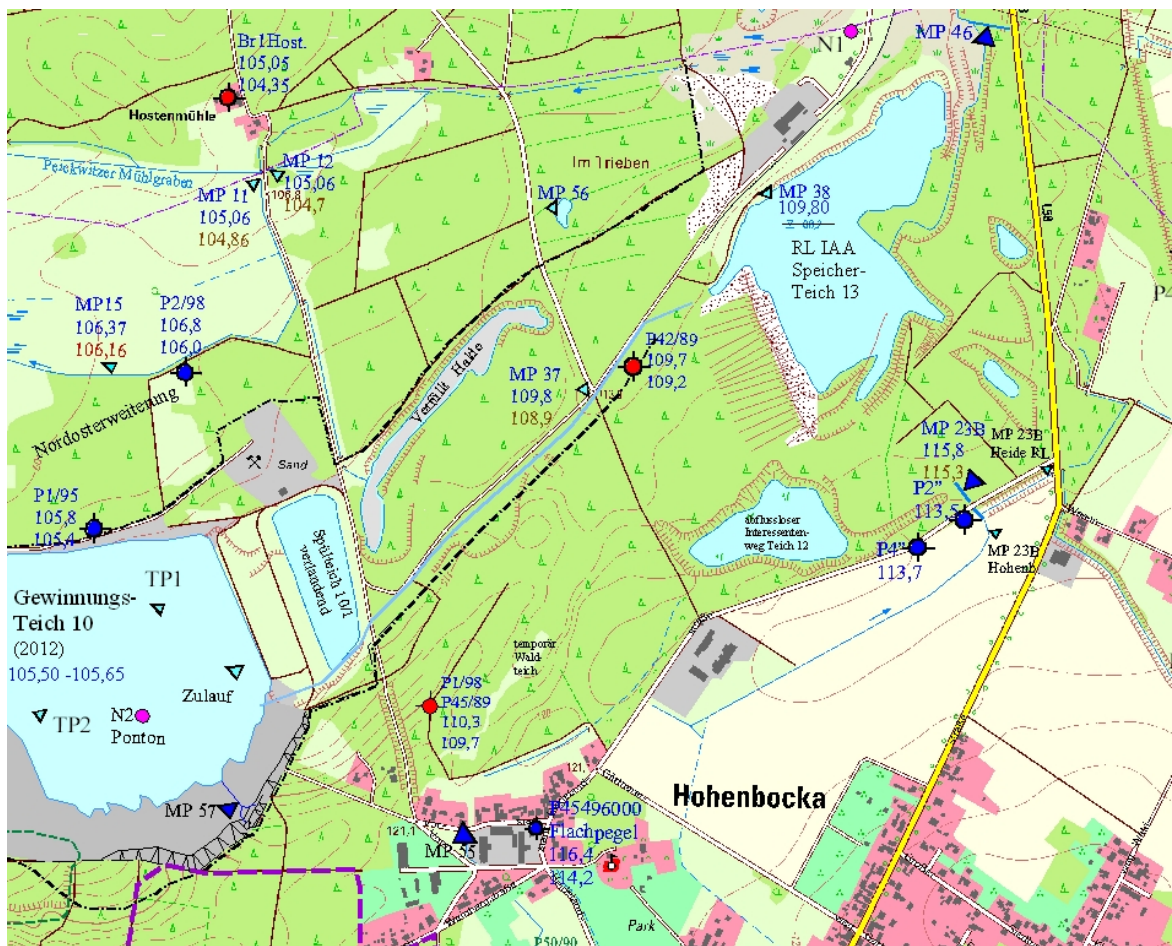
Teich 7 fällt im Sommerhalbjahr 2012 trocken.



Zuflüsse Werkgelände Speicherteich 13

Der Speicherteich 13 der Quarzsandwerke erhält Zuflüsse aus Süden, die zum Teil in den Bachläufen messbar sind. Im Rahmen des Monitorings sind die Messpegel MP 55, MP 23B und MP 46 eingerichtet. MP 55 erfasst die Abflüsse aus Süden, die durch Hohenbocka fließen und anschließend nördlich von MP 55 im sandigen Gelände versickern. Bei Hochwasser kann der Abfluss den temporären Waldteich östlich von P1/98 erreichen und diesen zeitweise fluten.

MP 28B erhält bei Trockenwetter schwefelsaures Wasser aus dem Umfeld des RL Heide, bei Regenwetter vermehrt pH-neutrales, stickstoffreiches Wasser aus Hohenbocka. MP 46 registriert ausschließlich stark versauertes Wasser aus Südosten.



Zuflusspegel MP 55 Hohenbocka, MP 23B Hohenbocka - RL Heide und MP 46 RL Heide mit teils stark versauerten Wässern aus Südosten



4.2.4 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung wird für das Jahr 2012 zunächst aus den Abflusswerten der drei Abflusspegel und dem Grundwasserbegleitstrom ermittelt. Folgende Tabelle zeigt die berechneten Werte für den unterirdischen Abfluss an den Abflusspegeln im niederschlagsreichen Jahr 2012.

2012	MP1	MP 2	MP 3
Q_{ul} mm/a	88.2	44.5	98.7
$Q_i + Q_{uk}$ mm/a	44.3	59.2	19.2

Die Summe aus $Q_i + Q_{uk} + Q_{ul}$ liegt am Pegel MP 1 bei ca. 132 mm. Der Pegel MP 1 erfasst nicht den unterirdischen Abfluss, der an der Nordgrenze seines Einzugsgebietes zwischen MP 1 und MP 46 nach Norden in Richtung Urstromtal absickert (Q_{ub}). Bei einem durchschnittlichen Gefälle (J) von 0,5 %, einer Mächtigkeit (M) von 45 m, einer Breite (B) von 2900 m und einem kf-Wert von $3 \cdot 10^{-5}$ m/s berechnet sich nach DARCY ein nach Norden ausgerichteter Grundwasserbegleitstrom in den tertiären Quarzsanden von maximal:

$$Q_{ub} = kf \cdot M \cdot B \cdot J = 0,00003 \text{ m/s} \cdot 40 \text{ m} \cdot 2900 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} / 1000 \text{ m} = 17 \text{ L/s}$$

Das Strömungsmodell HB3D2012 berechnet an der Nordgrenze des Einzugsgebietes zwischen MP 1 und MP 46 eine Grundwasserabstrom von 16 L/s. Umgerechnet auf das Einzugsgebiet von MP 1 liegt der Grundwasserabstrom (Darcy) an der nördlichen Einzugsgebietsgrenze bei ca. $1,2 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ bzw. 38 mm/a Abflusshöhe.

Obige Messungen und Berechnungen deuten zunächst auf eine Grundwasserneubildung im sandigen Einzugsgebiet des Abflusspegels MP 1 die im niederschlagsreichen Jahr 2012 zwischen 126 mm (nur Q_{ul}) und 170 mm ($Q_i + Q_{uk} + Q_{ul}$) anzusiedeln wäre. Es liegen noch keine Messdaten der installierten Abflusspegel für unterschiedliche Niederschlagsjahre vor. Die programmierte mittlere Grundwasserneubildung orientiert sich deshalb vorerst an den mittleren Abflusswerten des ABIMO-Modells Brandenburg (Anlage 3.8). In HB3D2012 werden weniger als 70 % der ABIMO-Werte programmiert, um auf der sicheren Seite zu bleiben. Die ursprünglichen ABIMO-Werte liegen im Einzugsgebiet von MP 1 zwischen 68 mm/a und 263 mm/a.



Anlage 6.1 zeigt die programmierte Grundwasserneubildung. Sie bewegt sich vorläufig zwischen 50 mm/a und 130 mm/a in Richtung trockene Wetterbedingungen. Die Wasserflächen und Feuchtgebiete sind ohne Grundwasserneubildung mit einem Wasserdefizit von 100 mm/a programmiert (Anlage 6.5 Evapotranspiration).

Im sandigen Gelände verläuft die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen spontan und unregelmäßig und ist vermutlich höher als in HB3D programmiert. Alleine bei dem Starkregenereignis am 05.07.2012 wird eine Versickerung von ca. 40 mm/h in den sandigen Bereichen gemessen. Die installierten Datensammler mit Drucksonden registrieren einen spontanen Grundwasserspiegelanstieg von maximal 0,8 m in den sandigen Lagen (Anlage 4.4). Allerdings fließt das neugebildete Grundwasser zügig über die Meliorationsgräben als Interflow Q_i ab, wie die Abflussganglinien in Anlage 3.5 zeigen. Der Sandkasten wird schnell über die Meliorationsgräben entwässert, wenn der eingestellte Grundwasserspiegel überschritten ist.

4.2.5 Wasservorräte

In Anlage 3.7 sind die Wasserflüsse und Grundwasservorräte schematisch dargestellt. Zusätzlich ist der Abfluss der Schwarzen Elster am Pegel Biehlen (Daten, Anlage 3.4) integriert, um das sehr hohe Wasserangebot im Urstromtal zu verdeutlichen. Es liegt bei ca. 3.000 L/s (MQ), wovon ca. 400 L/s (MQ) in den Meliorationsgräben den nördlichen Bereich des Modellgebietes durchströmen. Im Modellgebiet speichert das Urstromtal ca. 95 Mio. m³ Grundwasser.

Im Einzugsgebiet vom MP 1 liegt der Wasservorrat zusammen mit den Wasserkörpern der Quarzsandteiche bei ca. 17 Mio. m³ mit einer Wasserabgabe von ca. 60 L/s (MQ, 2012) in das Urstromtal. Der Grundwasserbegleitstrom aus dem Einzugsgebiet des MP 1 in Richtung Urstromtal wird mit 17 L/s berechnet. Die Wasserabgabe aus dem Einzugsgebiet von MP 1 kann die durch Meliorationsgräben und andere Grundwasserhaltungen abgesenkten Grundwasserspiegel im stark wasserdurchlässigen Urstromtal nicht anheben.



4.2.6 Wasserbilanzgleichung Abflusspegel MP 1

Anfang 2013 liegt noch kein ausreichend langer Messzeitraum für die Erstellung einer mittleren Wasserbilanz für das Modellgebiet vor. Die Wasserbilanzgleichung für den Abflusspegel MP 1 ist vorerst mit Fehlern bezüglich der Quantifizierung von S und der Einzugsgebietsgröße behaftet.

Mit nachfolgender Gleichung wird die aktuelle Evapotranspiration im niederschlagsreichen Messjahr 2012 vorläufig nur grob abgeschätzt.

$$aET_{2012} = N - (Q_o + (Q_i + Q_{uk}) + Q_{ul} + Q_{ub} + Q_{ex} + Q_{im}) - S$$

$$aET_{2012} \approx 832 \text{ mm} - (0 \text{ mm} + (44,3 \text{ mm}) + 88,2 \text{ mm} + 38 \text{ mm} + 0 \text{ mm} + 0 \text{ mm}) - ? \text{ mm}$$

$$aET_{2012} \approx 661 \text{ mm}$$

In Kapitel 4.2.2 wird eine Spanne von 428 mm/a bis 590 mm/a für die aET hergeleitet. Die nunmehr zu hoch berechnete aET deutet auf ein eher zu groß bemessenes Einzugsgebiet für MP 1 und damit verbundenen zu niedrig berechnete Abflusshöhen und Grundwasserneubildungshöhen.

4.3 Hydrogeologische Modellvorstellung

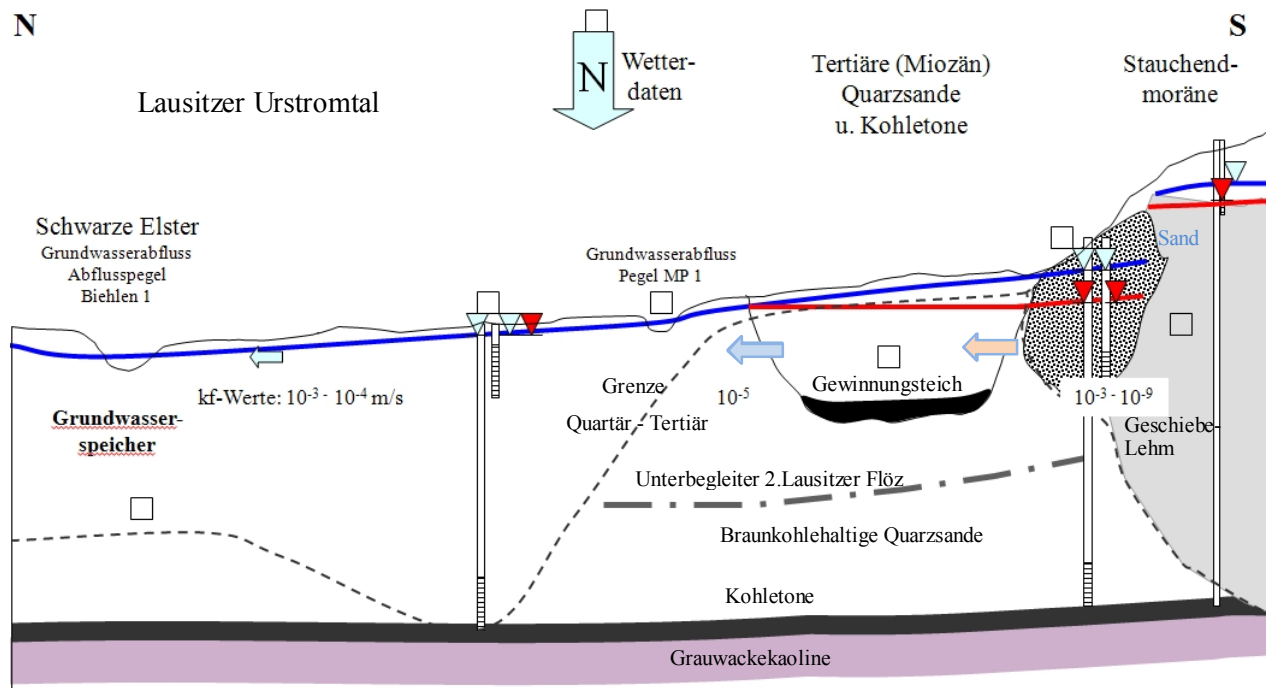
Der Schichtenaufbau im Modellgebiet basiert auf [3, 4, 17].

Details können in [4] nachgelesen werden.

Geologische und hydrogeologische Schnitte sind in Anlage 2 dargestellt.

In Anlage 2.7 ist die hydrogeologische Modellvorstellung vereinfacht abgebildet.

Die Schnittspuren zeigt die Geologische Karte in Anlage 1.2.



Schema der hydrogeologischen Modellvorstellung aus der Präsentation am 24.05.2012 im LGRB Cottbus mit Lage des Gewinnungsteiches nördlich der Stauchendmoräne und südlich des Urstromtals.

4.3.1 Allgemeine Angaben zur Geologie der Lagerstätte

Die Quarzsandlagerstätte liegt am nördlichen Rand der Hohenbockaer Hochfläche, die strukturell durch die Stauchendmoräne der Saale-II-Vereisung geprägt ist und sich morphologisch aus den angrenzenden Urstromtalbereichen heraushebt.

Die Eistektonik hat tiefliegende tertiäre Schichten der Lausitzer Braunkohlenformation (Miozän) lokal in eine höhere Position befördert, so dass nach anschließender pleistozäner Erosion Relikte dieser Schichtpakete heute oberflächennah anstehen.

Die Lagerstätte Hohenbocka/Gutenborn wird durch ausgeprägte pleistozäne Auswaschungsrinnen, den sog. Urstromtälern, an ihrer Nord- und Westflanke begrenzt und stellt die größte zusammenhängende Lagerstätte hochwertiger Quarzsande in den östlichen Bundesländern dar. Sie ist als ca. 11 km langer und 1 bis 2 km breiter Lagerstättenzug zwischen den Orten Hosena im Nordosten und Guteborn im Südwesten ausgebildet.



Durch umfangreiche Erkundungsarbeiten in den vergangenen Jahrzehnten sind die lagerstättenkundlichen Verhältnisse ausführlich dokumentiert und im Lagerstättenbericht der Quarzwerke GmbH (BECKER, November 2009) für den Planbereich zusammengefasst, mit neuesten Erkundungsergebnissen ergänzt, entsprechend aktueller Rohstoffanforderungen und Aufbereitungstechnik interpretiert und in einem dreidimensionalen, rechnergestützten Lagerstättenmodell dargestellt (Grenzflächen- und Qualitätsmodell, Bohrpunkte Anlage 2.1, Schnitte Anlage 2.5).

Mit dem entwickelten Lagerstättenmodell ist eine exakte Vorausberechnung der Mengen an Abraum und Rohquarzsand sowie der Rohquarzsandqualitäten in der Fläche und der Teufe möglich. Das Lagerstättenmodell bildet die Grundlage für die Qualitätsfahrweise des Tagebaus.

Im Tagebau Hohenbocka/Guteborn werden ca. 25 bis 30 m mächtige tertiäre Quarzsande der Unteren Briesker Folge, Unteres Miozän im Liegenden des erodierten 2. Lausitzer Flözes abgebaut. Es handelt sich aufgrund der Mächtigkeits- und Qualitätsdifferenzierung, z. B. extrem enges Kornband, um Strand- und Dünensande, siehe Dünen, Titelbild.

Die Ausgangsgesteine der tertiären Serien waren vermutlich Lausitzer Granodiorite und die Sandsteine der Elbezone, welche das Erzgebirge und die Granodiorite teilweise bedeckten. Durch feinverteilte, humose, in tieferen Lagen kohlige Bestandteile sind die Sande grau bis braun gefärbt - 'dunkle Sande'.

In der Lagerstätte ist das 2. Lausitzer Flöz im Bereich der von Guteborn nach Nordosten streichenden weiträumigen pleistozänen Erosionsrinnen größtenteils erodiert und nur noch in geringmächtigen Relikten anzutreffen. An den Stellen, an denen der typische Liegendton des 2. Lausitzer Flözes fehlte, bewirkten aus dem ehem. Paläomoor, dem heutigen Braunkohlehorizont, zum Liegenden hin diffundierende, huminstoffreiche Wässer die Enteisung und Bleichung der oberen Bereiche der Sande - 'helle Sande'.

Stellenweise werden die oberen Partien der gebleichten Sande durch ein kieseliges Bindemittel zu Sandstein verfestigt - 'Buck'sche Schweiz'.



Die Lausitzer Braunkohlenhorizonte haben das gleiche Alter (Miozän) wie die der Niederrheinischen Bucht und bilden sich in einem Schwemmlandbecken zwischen Elbe und Weichsel. Im Liegenden der tertiären Sande stehen präkambrische Gesteine der Lausitzer Grauwacken-Einheit an.

Das die Lagerstätte bedeckende Quartär wird aus einer geringmächtigen Mutterbodenschicht (ca. 0,3 m), im Norden und Osten aus einer Torfschicht (bis 1 m) sowie darunter lagernden saaleglazialen Schmelzwassersanden mit sehr wechselhaftem Korn- und Schluffanteil gebildet. Die durchschnittliche Deckgebirgsmächtigkeit liegt im Planbereich bei rd. 4 m 'Abraum'.

Im Bereich der ehemaligen Tagebaue Werk 3, Restloch Bohne lagern teilweise früher im Direktversturz verkippte Abraummaterialien der Lagerstätte in ähnlichen Mächtigkeiten auf.

Der helle Rohquarzsand kommt nur örtlich konzentriert entlang der südlichen Lagerstättengrenze und meist oberhalb von 103 mNN mit horizontaler Liegendbegrenzung vor. Die Mächtigkeiten im Abbau erreichen 2 bis 3 m.

Im Bereich der geplanten Südweiterung werden im Tagebau Werk 3 und im Restloch Bohne die oberen hellen Sande bereits früher gewonnen, so dass heute nur noch die dunklen Sande für die Gewinnung zur Verfügung stehen.

Der dunkle Rohquarzsand schließt sich zur Teufe an und ist 20 bis 25 m mächtig. Er wird bereichsweise bei ca. 80-82 mNN durch einen kohligen Schluffton, den sogenannten Unterbegleiter des 2. Lausitzer Flözhorizontes begrenzt.

Die Liegendfläche der dunklen Rohsande besteht aus Kohleton der Buchhainer Schichten und Grauwackekaolin der Kamenzer Folge. Der Grundwasserstauer ist bei 60 mNN fast söhlig und großflächig ausgeprägt.

Im Folgenden wird der Schichtenaufbau im Modellgebiet dargestellt und die modelltechnische Relevanz erläutert.



4.3.2 Schichtenaufbau Peickwitzer Urstromtal

Folgende Tabelle zeigt den Schichtenaufbau und die modelltechnische Funktion im Urstromtal innerhalb des Modellgebietes (Schnitt Anlage 2.2, 2.6).

Geologische Schicht Benennung	Beschreibung der geologischen Schicht	Modelltechn. Grundwasserleiter	Modelltechn. Aquitarden oder Stauer	Mächtig- keiten (Bereich)
Quartär, Holozän	Torf, geringe Verbreitung	Porenraum	-	0 - 5 m
Quartär, Pleistozän	Schmelzwassersande und Kiese, Hauptgrundwasserleiter des Urstromtals (13)	Porenraum	-	20 - 40 m
Quartär, Pleistozän	Vereinzelt Zwischenlagen aus Schluffen und Tonen die in der Fläche nicht aushalten	modelltechnisch unbedeutend	-	0 - 3 m
Tertiär, Miozän	Quarzsande mit Braunkohle, Grundwasserleiter (61)	Porenraum	-	0 - 15 m
Tertiär, Miozän	Buchhainer Schichten 3. Lausitzer Flöz, Kohletone und Braunkohlenschluffe	-	Stauer	10 - 20 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Zersatz aus sandigem Kaolin, Grauwackekaolin	-	Stauer	bis 20 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Lausitzer Grauwacke	Klüfte	-	unbekannt

Die Abfolge aus kohligen Tonen, Schluffen und Grauwackekaolin bildet die untere Modellgrenze und wird als Grundwasserstauer eingeordnet, der bei ca. 60 mNN einsetzt, in der Fläche aushält und bis zu 40 m mächtig ist. Die Abfolge definiert den untersten Modellrand bei 60 mNN.

Darüber lagert im Urstromtal ein bis 50 m mächtiger Grundwasserleiter (GWL 13/61), der im Modellgebiet keine aushaltenden Stauerschichten zeigt, die eine Untergliederung in hydraulisch getrennte Grundwasserstockwerke zulassen würden.

Die tertiären Sande sind weniger durchlässig als die quartären Kiese und Sand. Modellläufe mit horizontaler Grenzfläche zwischen Tertiär und Quartär liefern während der Sensitivitätsanalysen keine signifikanten Unterschiede zu Modellläufen ohne Schichtenaufbau bezüglich der berechneten, hydraulischen Auswirkungen der geplanten Tagebauerweiterung der Quarzwerke.



Bei Annäherung des Urstromtals durch die Nordosterweiterung des geplanten Tagebaus treten im Modell allerdings hohe Sensitivitäten auf.

Wird z.B. kein hydraulischer Widerstand zwischen den stark wasserdurchlässigen quartären Grundwasserleitern im Urstromtal und dem nach Norden fortschreitenden Tagebau aufrechterhalten, so bestimmt letztendlich der Grundwasserstand im Urstromtal den Wasserspiegel im Gewinnungsteich. Dieser kann dann nicht mehr auf dem optimalen Niveau gehalten werden und sinkt ab. Die bestehende großräumige Grundwasserabsenkung im Urstromtal könnte sich bei nicht Einhaltung eines Sicherheitsabstandes zum Urstromtal über die Nordosterweiterung des Gewinnungsteiches nach Süden in das südliche Modellgebiet ausbreiten. Laut Lagerstättenmodell der Quarzwerke ist dies auszuschließen, wird aber bei der Abbauplanung in der Nordosterweiterung berücksichtigt. Geplant ist ein Abbau von Ost nach West im Nordostfeld. Bei Antreffen durchlässiger grober Sande oder Kiese kann der Abbau dann modifiziert, bzw. bei ausreichend handhabbarer Geometrie z.B. eine stark durchlässige Rinne plombiert werden.

4.3.3 Schichtenaufbau Quarzsandlagerstätte

Modelltechnisch ist eine hydraulische Untergliederung der Quarzsande durch die in der Fläche nicht aushaltenden, tonigen Braunkohlelagen des Unterbegleiters des 2. Lausitzer Flöz nicht erforderlich. In den Quarzsanden gibt es keine hydraulischen Trennschichten, die in der Fläche aushalten. Es wird somit ein Porengrundwasserleiter programmiert, der aus den Drebkauer Sanden (GWL 50/61) besteht.

Die von Prof. VULPIUS (2004) beschriebene glaziale Überschiebung der Glassande (Anlage 2.4) wird in der Lagerstätte nicht nachgewiesen und hätte auch keine hydraulischen Auswirkungen, da in den Glassanden keine signifikanten, hydraulischen Trennschichten entstanden sind, die in der Fläche aushalten.

Modellläufe mit einem Schichtenaufbau, der die Grenzfläche zwischen Tertiär und Quartär im Bereich der geplanten Erweiterungsflächen berücksichtigt, liefern auch hier keine signifikanten Unterschiede zu Modellläufen ohne Schichtenaufbau bezüglich der berechneten, hydraulischen Auswirkungen der Tagebauerweiterung der Quarzwerke.



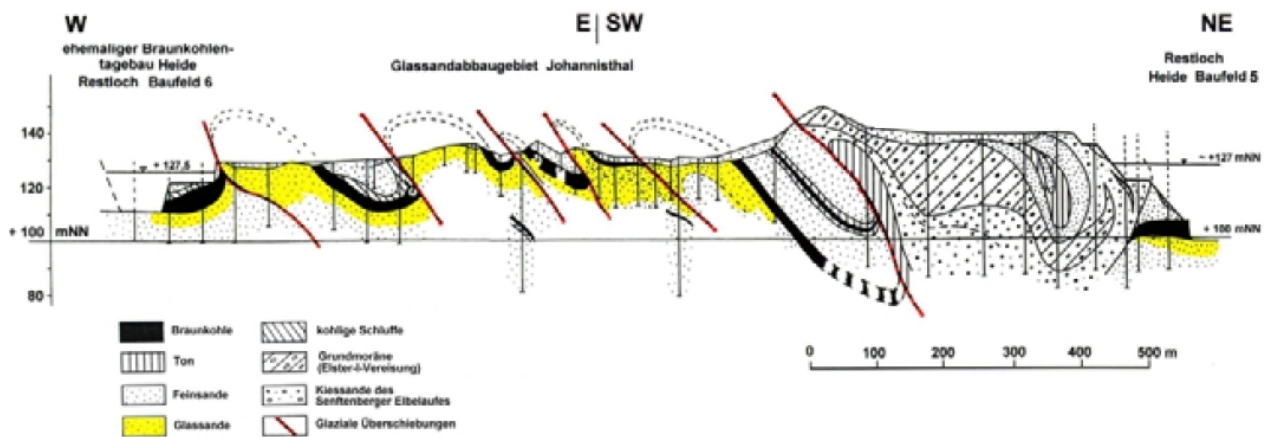
Grundwasserstauer ist die Abfolge aus kohligen Tonen, Schluffen und Grauwackenkaolin, die bei ca. 60 mNN einsetzt, in der Fläche aushält und bis zu 50 m mächtig ist. Sie bedingt den unteren, undurchlässigen Modellrand bei 60 mNN, der zum südlichen Modellrand auf ca. 70 mNN ansteigt. Wird dieser Anstieg nicht programmiert ergeben sich keine signifikanten Änderungen bezüglich der hydraulischen Auswirkungen der geplanten Tagebauerweiterung.

Folgende Tabelle zeigt den Aufbau der Schichten im Bereich der Quarzsandlagerstätten. (Anlage 2.2, Schnitte in Anlage 2.4, 2.5, 2.6).

Geologische Schicht Benennung	Beschreibung der geologischen Schicht	Modelltechnisch Grundwasserleiter	Modelltechn. Aquitarden oder Stauer	Mächtig- keiten (Bereich)
Quartär, Holozän	Torf, geringe Verbreitung	Porenraum	-	0 - 1 m
Quartär, Pleistozän, Weichselvereisung, Elstervereisung	Obere Talsande und bereichsweise Elstergrundmoräne in der Fläche nicht aushaltend	Porenraum	-	0 - 4 m
Tertiär, Oberes Miozän	Kiessande des Senftenberger Elbelaufes	Porenraum		0 - 1 m
Tertiär, Mittleres Miozän	2. Lausitzer Flöz		Aquitarde	0 - 5 m
Tertiär, Unteres Miozän	Oberer Drebkauer Sand, weißer Hohenbockaer Glassand, Grundwasserleiter (50), bereits abgebaut	Porenraum	-	0 - 5 m
Tertiär, Unteres Miozän	Mittlerer Drebkauer Sand, brauner Quarzsande mit Braunkohleeinlagerungen, Grundwasserleiter (61)	Porenraum	-	20 - 25 m
Tertiär, Unteres Miozän	Unterbegleiter 2. Lausitzer Flöz, Braunkohle, xylitisch, z.T. schluffig, in der Fläche nicht aushaltend bei ca. 90 mNN	modelltechnisch unbedeutend, 0 - 1 m mächtig	-	
Tertiär, Unteres Miozän	Mittlerer und unterer Drebkauer Sand, brauner Quarzsande mit Braunkohleeinlagerungen, Grundwasserleiter (61)	Porenraum	-	
Tertiär, Miozän	Buchhainer Schichten 3. Lausitzer Flöz, Kohletone und Braunkohlenschluffe	-	Stauer	8 - 10 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Zersatz aus sandigem Kaolin, Grauwackenkaolin	-	Stauer	bis 20 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Lausitzer Grauwacke	Klüfte	-	unbekannt

4.3.4 Schichtenaufbau Stauchendmoräne

Die Stauchendmoräne besteht aus einer chaotischen Abfolge steil gestellter Schichten aus Kiesen, Tonen, Schluffen, Braunkohle, Geschiebemergeln und Geschiebelehmen (Schnitte Anlage 2.4, 2.6, 2.7). Die chaotische Abfolge aus steil stehenden Schichten kann tabellarisch nicht dargestellt werden und ist den Schnitten in Anlage 2.4 zu entnehmen.



Stauchendmoräne nach VULPIUS, Auszug aus Anlage 2.4

Eine gestauchte Wechselfolge aus sehr gering bis stark wasserdurchlässigen Schichten kann im Modell nicht direkt programmiert werden. Behelfsmäßig wird über lokal stark variierende k_f -Werte die Durchlässigkeit in Teilbereichen so eingestellt, dass die hier gemessenen Grundwasserstände mit ± 1.5 m Abweichung getroffen werden. Dabei ergeben sich im Modell lokal höhere Durchlässigkeiten als im Gelände vorhanden, insbesondere dort wo im Gelände tonige Schichten steil stehen und wie ‘unterirdische Staudämme’ den Grundwasserzustrom aus Süden aufstauen können.

Das Modell rechnet weiter im worst-case-Modus unter trockeneren Verhältnissen und lässt maximale Grundwasserabsenkungen in der Stauchendmoräne und im südlichen Hinterland zu.

Ein Anschneiden gespannter Grundwasserleiter durch die geplante Südosterweiterung, die eine denkbare Grundwasserabsenkung weiter südlich der Stauendmoräne zur Folge haben könnte, ist aus den vorliegenden Daten zum geologischen Aufbau [4] nicht ersichtlich.



Hierfür müsste unter der relativ dichten Stauchendmoräne ein ausgedehnter, gespannter Grundwasserleiter vorhanden sein, der in den geologischen Schnitten im Bereich der geplanten Erweiterung nicht abgebildet ist.

Die Stauchendmoräne bindet mit den Geschiebelehmen und Geschiebemergeln im Bereich der geplanten Südosterweiterung eher in den Grundwasserstauer bei 60 mNN ein und verursacht dabei einen steilen Anstieg der Grundwasserspiegel nach Süden (Anlagen 2.6, 2.7).

Aufgrund der glazialen Stauchungen und Aufschiebungen sind hydraulisch großflächig wirksame Stauerlagen im Modellgebiet nicht zu erwarten. Trotzdem wird in einem Testlauf mit HB3D geprüft, wie sich ein großräumiger, mächtiger Grundwasserstauer auswirken könnte (Kap. 5.3).

Wahrscheinlich sind fingerartige Ausbreitungen von Grundwasserabsenkungen durch die geplante Erweiterung des Gewinnungsteiches entlang kiesiger und sandiger Lagen in der Stauendmoräne mit Reichweiten bis zu 600 m.

Die Stauchendmoräne wird modelltechnisch vorwiegend als gering wasserdurchlässiger Bereich verstanden, der lokal höhere Durchlässigkeiten haben kann, wie z.B. im sandig, kiesigen Bereich Weinberg.

4.3.5 Südliches Hinterland der Stauchendmoräne

Zwischen Stauchendmoräne und dem Einsetzen einer stauenden Zwischenlage, die nach Süden mächtiger wird und aus Geschiebelehmen und Geschiebemergel besteht, bilden die Grundwasserleiter 13, 50 und 61 erneut eine zusammenhängende hydraulische Einheit (Anlage 2.6).

Sie können direkt südlich der Stauchendmoräne als freie Grundwasserleiter ohne aushaltende horizontale Trennschichten gerechnet werden.

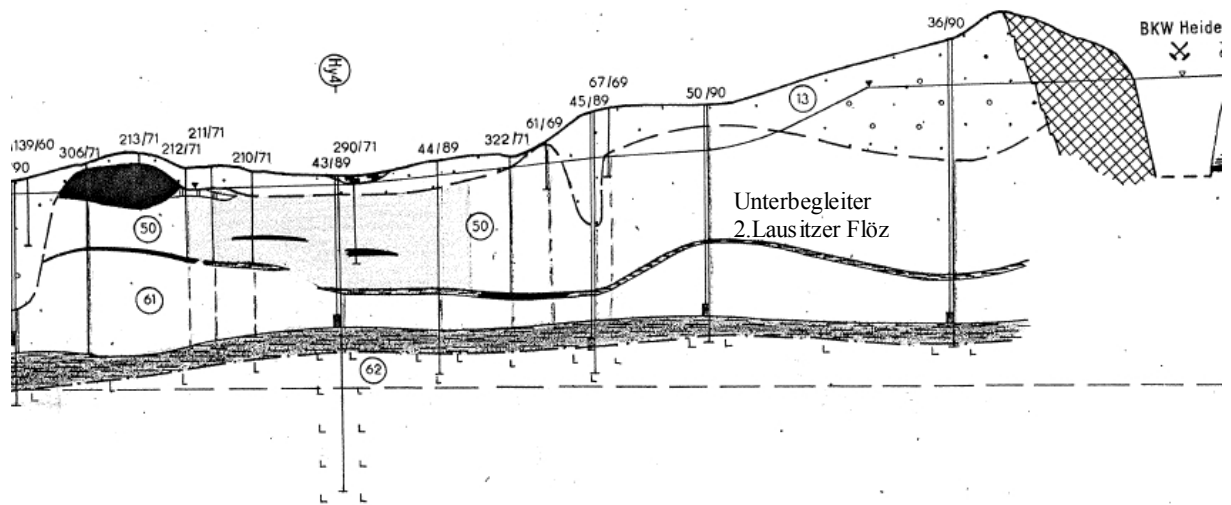


Folgende Tabelle zeigt den Aufbau der Schichten und deren Funktion im Modellgebiet südlich der Stauchendmoräne. (Schnitte in Anlage 2.6).

Geologische Schicht Benennung	Beschreibung der geologischen Schicht	Modelltechn. Grundwasserleiter	Modelltechn. Aquitarden oder Stauer	Mächtig- keiten (Bereich)
Aufschüttungen aus dem TGB Heide	Sande, Schluffe, Braunkohle	Porenraum	-	0 - 20 m
Quartär, Pleistozän, Saalekaltzeit	Schmelzwassersande	Porenraum	-	0 - 30 m
Quartär, Pleistozän, vermutl. Elstervereisung	Geschiebelehme und Geschiebemergel nach Südosten zunehmende Mächtigkeit	-	Nach Südosten zunehmend Stauerfunktion	0 - 50 m
Tertiär	Quarzsande, Grundwasserleiter (50)	Porenraum	-	5 - 20 m
Tertiär	Unterbegleiter 2. Lausitzer Flöz, Braunkohle, xylitisch, z.T. schluffig, in der Fläche nicht aushaltend		bereichsweise Stauer	0 - 3 m
Tertiär	Quarzsande mit Braunkohleeinlagerungen, Grundwasserleiter (61)	Porenraum	-	10 - 30 m
Tertiär, Miozän	Buchhainer Schichten 3. Lausitzer Flöz, Kohletone und Braunkohlenschluffe mit Braunkohlelagen	-	Stauer	8 - 10 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Zersatz aus sandigem Kaolin, Grauwackenkaolin	-	Stauer	10-30 m
Präkambrium, Kamenzer Folge	Lausitzer Grauwacke	Klüfte	-	unbekannt

Absenktrichter, die möglicherweise fingerartig durch die Stauchendmoräne reichen und von der Südosterweiterung des TGB ausgehen, würden im freien Grundwasserleiter südlich der Stauchendmoräne enden und könnten sich nicht großräumig ausbreiten, wie z.B. in einem ausgedehnten, gespannten Grundwasserleiter, der vom Gewinnungsteich angeschnitten wird.

Ein gespannter Grundwasserleiter südlich der Stauchendmoräne hätte im worst case einen kaum messbaren Absenkungsimpuls im Dezimeterbereich, der im Rauschen der natürlichen Grundwasserspiegelschwankungen untergehen würde (Kap. 5.3). Aufgrund der glazialen Stauchungen und Überschiebungen wird eine in der Fläche hydraulisch aushaltende Stauerlage mit gespanntem Grundwasserleiter im Liegenden ausgeschlossen. Der Unterbegleiter des 2. Lausitzer Flöz kann südliche der Stauchendmoräne in tektonisch weniger beanspruchten Zonen vereinzelt stauende Lage ausbilden, die großräumig aber nicht aushalten.



Unterbegleiter 2. Lausitzer Flöz im WE-Schnitt durch Hohenbocka, in der Fläche nicht aushaltend, Schnitt Hy3 aus [4].

Da im Zeitraum 1996 bis 2006 die Grundwasserstände in der Stauchendmoräne und im südlichen Hinterland auf die Wasserabsenkung im Reservefeld 1 schwach reagieren, ist eine großräumige Ausbreitung eines ausgeprägten Absenkebeckens vom Endsee nach Süden durch die Stauchendmoräne hindurch eher unwahrscheinlich. Der Endseewasserspiegel erzeugt mit 105,5 mNN außerdem deutlich geringere Grundwasserabsenkungen als die Wasserhaltung bei 101 mNN im Reservefeld 1, ehemaliger Trockenabbau bis 2006 [5].

4.3.6 Grundwasserstände Monitoring

Die Quarzwerke Hohenbocka betreiben seit 1997 ein Monitoring mit monatlichen Messungen der Grundwasserspiegel und Teichwasserspiegel. Die Vorgehensweise ist mit den Behörden abgestimmt. Die Messergebnisse der Grundwasserspiegelmessungen sind in Anlage 4.3 für die Bereiche Werk 1 und das ehemalige Werk 3 graphisch ausgewertet.

Anlage 4.5 zeigt die Eckdaten der vorwiegend 1989/1990 eingerichteten GWM. Es liegen Bohrprofile ohne Ausbaupläne vor. Ebenso fehlen hydraulische Pumpversuche. Recherchen bei den Behörden blieben erfolglos, die Bohrfirma gibt es nicht mehr und



die Bohrmeister sind nicht mehr auffindbar. Da gemäß [4] keine Stockwerkstrennung von Grundwasserleitern mit möglicherweise unterschiedlichen Piezometerhöhen zu erwarten ist, können die gemessenen Grundwasserspiegel in den unterschiedlich tiefen, noch funktionsfähigen 2-Zoll-GWM vorerst auch ohne Ausbaupläne als Wasserstände eines Grundwasserleiters interpretiert werden, der aus den Grundwasserleitern 13 und 50/61 besteht. Zitat aus [4, S.44, Hydrodynamik]: 'Die geologisch-hydrogeologischen Lagerungsverhältnisse und die im wesentlichen rollige Ausbildung sowohl der pleistozänen als auch der tertiären Sedimente und deren ausgeglichene Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet gestatten eine gemeinsame Darstellung der hydrodynamischen Verhältnisse des Grundwasserleiters 13 und 50/61.' Dies trifft auch für die installierten Flachpegel und Flachbrunnen zu, wenn sie in den Hauptgrundwasserleitern ausgebaut sind. Ein 3 m tiefer Flachbrunnen im kiesigen Sand des quartären Urstromtals zeigt z.B. denselben oberflächennahen Grundwasserspiegel wie eine 10 m tiefe GWM an derselben Stelle.

Die natürliche, langjährige Schwankungsbreite der Grundwasserspiegel liegt im Bereich der Stauchendmoräne bei max. 2,5 m ($\pm 1,25$ m Amplitude) und im Bereich der Quarzsandlagerstätte bei max. 0,8 m ($\pm 0,4$ m Amplitude).

Mitte 2006 steigen nach Einstellung der Grundwasserhaltung im Reservefeld 1 die Grundwasserspiegel im direkten Umfeld in der Quarzsandlagerstätte um mehrere Meter an. Im Bereich Vorstadt Hohenbocka wird innerhalb der Stauchendmoräne ein ausgesprochen langsamer Anstieg von ca. 1,5 m nach Einstellung der Wasserhaltung registriert, der im niederschlagsreichen Zeitraum 2007 bis 2012 von erhöhten Grundwasserneubildungsraten überlagert wird. Ein ähnlich langsamer, vom Niederschlagsgeschehen mit beeinflusster Anstieg, wird in P 35/90, Weinberg mit ca. 2 m aufgezeichnet.

Das LUGV stellt Daten der Grundwasserspiegelmessung für den Zeitraum 1955 bis 2011 zur Verfügung. Die Lage der GWM ist Anlage 1.1 zu entnehmen. Die GWM sind vorwiegend am Modellrand angeordnet. Am südlichen Modellrand wird keine Grundwasserabsenkung während der Wasserhaltungen im Reservefeld 1 gemessen. Eine hydrogeologische Modellvorstellung mit gespannten Grundwasserleitern, die unter der Stauchendmoräne hindurch hydraulische Signale weit nach Süden transpor-



tieren, ist somit auszuschließen.

Im Bereich Hosena Nord wird im Zeitraum 1955 bis ca. Ende der 1970er Jahre ein signifikanter Grundwasserspiegelanstieg um ca. 2,5 m gemessen, der mit der Flutung umliegender Tagebaurestlöcher des Braunkohlereviers zusammenhängt, die im Vergleich zum Gewinnungsteich der Quarzwerke weiträumige, hydraulische Auswirkungen zeigt.

Ende 2011 beginnen die Quarzwerke mit der Installation von Datensammlern in vorhandenen GWM im näheren Umfeld der geplanten Erweiterungsflächen. Die GWM werden außerdem vom Büro Martak neu eingemessen. Datensammler erfassen die Grundwasserstände seit November 2011 im Stundentakt. Anlage 4.4 zeigt die Grundwasserspiegel-Ganglinien für die einzelnen GWM.

In der Stauchendmoräne bewegen sich die Grundwasserstände sehr träge, was auf geringe Durchlässigkeiten deutet. Dagegen reagieren die Grundwasserstände in den Glassanden relativ schnell auf Niederschlagsereignisse und steigen z.B. während des Starkregens am 5.7.12 um bis zu 0,8 m an (Sandkastenmodell). Bei einem effektiven Porenvolumen von 5 % wäre der gesamte Starkregen in den Quarzsanden versickert. Die Grundwasserspiegel der gering durchlässigen Stauchendmoräne reagieren langsam auf das Starkregenereignis.

Für das langfristige Monitoring zur Überprüfung der prognostizierten Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches betreiben die Quarzwerke die in Anlage 4.5 aufgelisteten GWM. Davon sind 14 mit Datensammlern ausgerüstet, die im Stundentakt messen. Im Sommer 2012 werden zusätzlich 5 Flachpegel am Nordrand der Rohatschwiesen und im Bereich der Peickwitzer Teiche händisch eingerichtet. Die Bohrprofile der Flachpegel sind in Anlage 4.6 auszugsweise dargestellt und zeigen einen sandigen Untergrund. Wasserundurchlässige Sperrschichten fehlen.

4.3.7 Grundwasserfließrichtung

Die Grundwasserfließrichtung ist im Modellgebiet von Südosten nach Nordwesten ausgerichtet und biegt im Urstromtal zunehmend nach Südwesten ab. Die Grundwas-



sergleichen sind in Anlage 1.1, 1.3 und 6.6 für den Systemzustand 2011/12 dargestellt. Die höchsten Filtergeschwindigkeiten treten im Urstromtal, die geringsten in der Stauchendmoräne auf. Die Stauchendmoräne staut das Grundwasser nach Süden an und erzeugt dabei ein maximales Grundwassergefälle von bis zu 20 ‰ bei geringen Durchlässigkeiten. Mit zunehmender Durchlässigkeit wird das Grundwassergefälle geringer, am geringsten ist es im Urstromtal und liegt hier bei 1 ‰. Im Bereich der Glassande wird ein Grundwassergefälle von durchschnittlich 5 ‰ gemessen.

5 Entwicklung des Grundwasserströmungsmodells HB3D (MODFLOW)

5.1 Erste Modellvarianten und Sensitivitätsanalysen

Das numerische, dreidimensionale Grundwasserströmungsmodell HB3D MODFLOW [23] dient in der ersten Phase der Modellentwicklung der Eingrenzung sensibler Randbedingungen (Sensitivitätsanalyse). Es geht um die Entwicklung einer möglichst einfachen mathematischen Umsetzung eines komplexen hydrogeologischen Systems, ohne dass wesentliche Aspekte übersehen werden. Untersucht werden zunächst die folgenden Sensitivitäten mit Blick auf die berechneten hydraulischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches. Die Ergebnisse sind in Klammern dargestellt, bspw. bedeutet (+++), dass die Empfindlichkeit der modellierten Auswirkungen der geplanten Erweiterung auf Veränderungen dieses Parameters sehr hoch ist, (0) bedeutet dass dieser Parameter keinen Einfluss auf die modellierten Auswirkungen hat:

Meliorationsgräben und Bachläufe (+++)

Eigenschaften der Grenze Endsee - Peickwitzer Urstromtal (+++)

Durchlässigkeit Urstromtal (+++)

Durchlässigkeiten der Stauchendmoräne (+++)

Verteilung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen (++)

Lage der Grenze Glassande - Endmoräne (++)

Durchlässigkeiten südlich der Stauchendmoräne (+)

Randbedingung gefluteter Tagebau Heide (+)

Rinnenanbindung Südufer Senftenberger See (+)



Randbedingungen Richtung Guteborn (+)

Einbau des Unterbegleiters des 2. Lausitzer Flöz (+)

Randbedingung BASF Brunnen (0)

Programmierung der Schichtgrenze Quartär/Tertiär (0)

In Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden folgende Szenarien untersucht:

- der Systemzustand 2011/13 (HB3D2012) mit Monitoringdaten bis März 2013
- der angenäherten Ruhezustand 2011 ohne Quarzsandgruben (HB3DRUHE)
- der angenäherten Ruhezustand 1846 ohne GWS-Absenkung (HB3D1846)
- das Reservefeld 1 mit Vorfeldentwässerung Mitte 2006 (HB3D2006)
- der Endsee mit optimiertem Seewasserspiegel (HB3D2055)
- der eingedeichten Endsee ohne Auslaufbauwerke (HB3D205max)
- der Endsee mit starker hydraulischer Verbindung zum Urstromtal (HB3D205ur)
- teilverfüllte Meliorationsgräben im Umfeld der Peickwitzer Teiche (HB3D*peicur*)
- ein mächtiger Stauer zwischen GWL 50 und GWL 61 (HBFLOZ55, Kap. 5.3)

HB3D2012 berechnet den Systemzustand 2011/13 im worst case und wird mit vorläufigen Messdaten aus dem Monitoring geprüft.

Das Modell mit den Markern 205(5, max, ur) modelliert den Endzustand mit maximaler Wasserfläche im Gewinnungsteich, hier als sog. Endsee bezeichnet, ohne Abdichtung des Seebodens durch Sedimente:

- 5: Gewinnungsteich bei optimiertem Wasserspiegel 105.5 mNN, ohne Spülteich, mit Betriebswasserkanal und teilüberschütteten Speicherteich.
- max: freier Anstieg des Seewasserspiegels mit Deichen entlang der Nordufer
- ur: eine starke hydraulische Verbindung ist zwischen dem Endsee und dem Urstromtal in Form einer stark wasserdurchlässigen Kiesrinne programmiert.

Das Modell HB3DRUHE berechnet einen Ruhezustand mit den Randbedingungen Senftenberger See und Restloch Heide. Zusätzlich sind im HB3DRUHE die ursprünglichen Bachläufe im Bereich der Quarzsand Lagerstätte programmiert. Geflutete Restlöcher aus dem Sandabbau werden je nach Fragestellung eingegeben.

HB3D*peicur* wird z.B. zur Berechnung des Grundwasseranstieges im Bereich der Peickwitzer Teich in Abhängigkeit von den im Modell manipulierten Meliorationsgrabenstrecken verwendet.



5.2 Modellgröße

HB3D kann sich als Basismodell maximal über 90 km² Fläche erstrecken, je nach Anzahl der aktivierten Modellzellen. Der Modellrand ist an möglichst nicht beeinflussbaren Randbedingungen orientiert. HB3D2012 rechnet zunächst mit 85 km² Geländefläche als Zweischichtenmodell. Die Modellfläche (Anlage 1.1 und 1.2) liegt zwischen Neuer Graben Urstromtal, Südufer Senftenberger See im Norden, Grünewald im Süden, Guteborn im Westen und Restloch Heide, Fabiansteich im Osten. Im Bereich unscharfer Randbedingungen ist die Modellgröße durch Aktivierung oder Deaktivierung von Zellen veränderbar. Das Modell rechnet in UTM Koordinaten. Eckpunkte des maximal modellierbaren Geländeausschnittes (Rechteck) sind: U33 425000 E, 5695000 N und U33 435000 E, 5704000 N. Die Gitterweite beträgt im Randbereich 50 m * 50 m, im Zentralbereich (Lupe) 25 m * 25 m, bei Bedarf auch enger (Anlage 6.8).

5.3 Schichtenaufbau und Durchlässigkeiten

Der untere Modellrand ist auf 60 mNN festgelegt und orientiert sich an der Lage des Grundwasserstauers im Liegenden der tertiären Quarzsande.

HB3D besteht aus folgenden Grundwasserstauern und Grundwasserleitern:

Aufbau HB3D	kf-Wert m/s	Mögliche Lage in mNN	max. Mächtigkeit in m
Kohletone und Kaolin im Liegenden der tertiären Glassande	Stauer	60	Unterer Modellrand
Tertiäre Glassande	$3 \cdot 10^{-5}$	60 bis 108	45
Quartäre Deckschicht im Hangenden der Glassande	$1 \cdot 10^{-4}$	99 bis 108	0 - 6
Stauchendmoräne	$1 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-6}$	60 bis GOK	80
Urstromtal quartäre Sande und Kiese (13)	$1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$	60 bis GOK	40
Urstromtal tertiäre Sande (61)	$3 \cdot 10^{-5}$	60 bis 90	30
Wasserkörper Teiche	$1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-3}$	80 bis GOK	1 - 20
Sonderbereiche: Kieskörper in der Stauchendmoräne, 2. Lausitzer Flöz etc.	z.B. $1 \cdot 10^{-4}$ z.B. $1 \cdot 10^{-9}$	bereichsweise	0 - 50

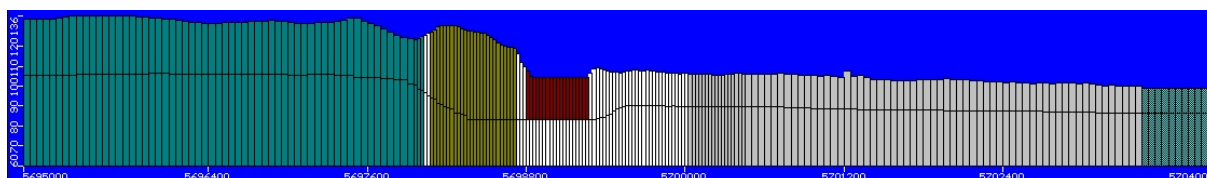
Die Geländeoberfläche ist in HB3D mittels DGM 2008 programmiert [27].

5.3.1 Schichtgrenze Quartär - Tertiär

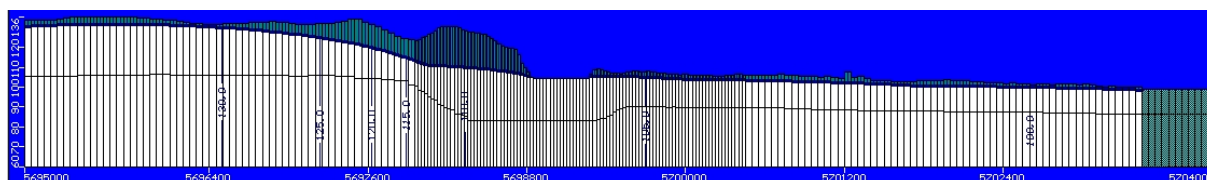
In einer Testphase wird die Schichtgrenze Quartär-Tertiär aus sämtlichen Bohrprofilen per Hand in einen Datenfile eingetragen und in HB3D programmiert. Damit wird den beiden durchlässigen Grundwasserleitern GWL 13 und GWL 50/61 Rechnung getragen, die ohne hydraulische Trennschichten übereinander liegen aber verschiedene Durchlässigkeitsbeiwerte besitzen. Bei den Testläufen zeigen sich keine Änderungen in den berechneten Auswirkungen der geplanten Erweiterungen im Vergleich zu einem Modellaufbau ohne Trennung der beiden durchlässigen Grundwasserleiter. Die Annahme dass GWL13 und GWL50/61 hydraulisch als ein Grundwasserleiter bei der Messung von Grundwasserständen betrachtet werden dürfen [4] bestätigt sich im Modell.

5.3.2 Grenzsicht Teichboden Gewinnungsteich

Die Trennschicht Quartär-Tertiär wird in HB3D wieder entfernt und als Trennschicht der Teichboden des Gewinnungsteiches eingebaut. Mit dieser Trennschicht ergeben sich signifikante Änderungen in der berechneten Wasserbilanz des Gewinnungsteiches. Die Trennschicht Teichboden wird beibehalten.



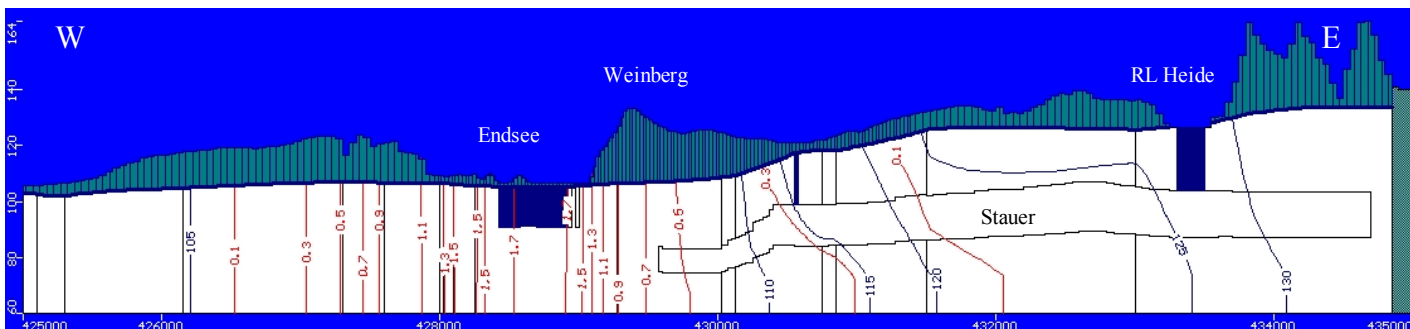
S-N-Schnitt durch den Gewinnungsteich in HB3D2012 zur Veranschaulichung der Trennschicht Teichboden mit kf-Werten (Legende in Anlage 6.2)



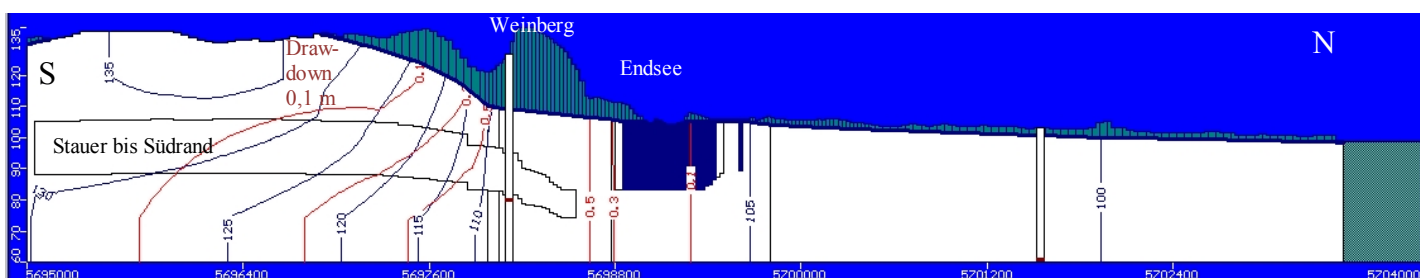
S-N-Schnitt durch den Gewinnungsteich in HB3D2012 mit Grundwasserständen

5.3.3 Unterbegleiter des 2. Lausitzer Flöz

In einer nächsten Testphase wird ein Stauer mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s südlich des Gewinnungsteiches als 3. Schicht in einem Vierschichtenmodell HBFLOZ11 eingebaut. Das 'undurchlässige Flöz' soll ungestört unter der Stauchendmoräne hindurchreichen. Mit dieser Modellvariante wird geprüft, wie stark sich hydraulische Signale der Quarzsandgruben in einem theoretischen, teilgespanntem Grundwasserleiter GWL 61, zwischen dem Unterbegleiter des 2. Lausitzer Flöz und den Buchhainer Schichten nach Süden ausbreiten würden, wenn der Unterbegleiter in der Fläche aushält, 15 m mächtig und dicht ist und nahe an den Gewinnungsteich heranreicht. Die Grundwasserabsenkungsgleichen wandern im GWL 61 nach außen, Richtung Modellrand.



Testlauf: Schnitt W-E (20-fach überhöht) durch Südteil Endsee mit einem Stauer der durch die Stauchendmoräne reicht. Die Grundwasserabsenkungsgleichen (rot) liegen in HBFLOZ55 relativ zu HBFLOZ11 im Bereich 0,4 m bis 0,1 m unter dem Stauer weiter im Osten Richtung RL Heide.

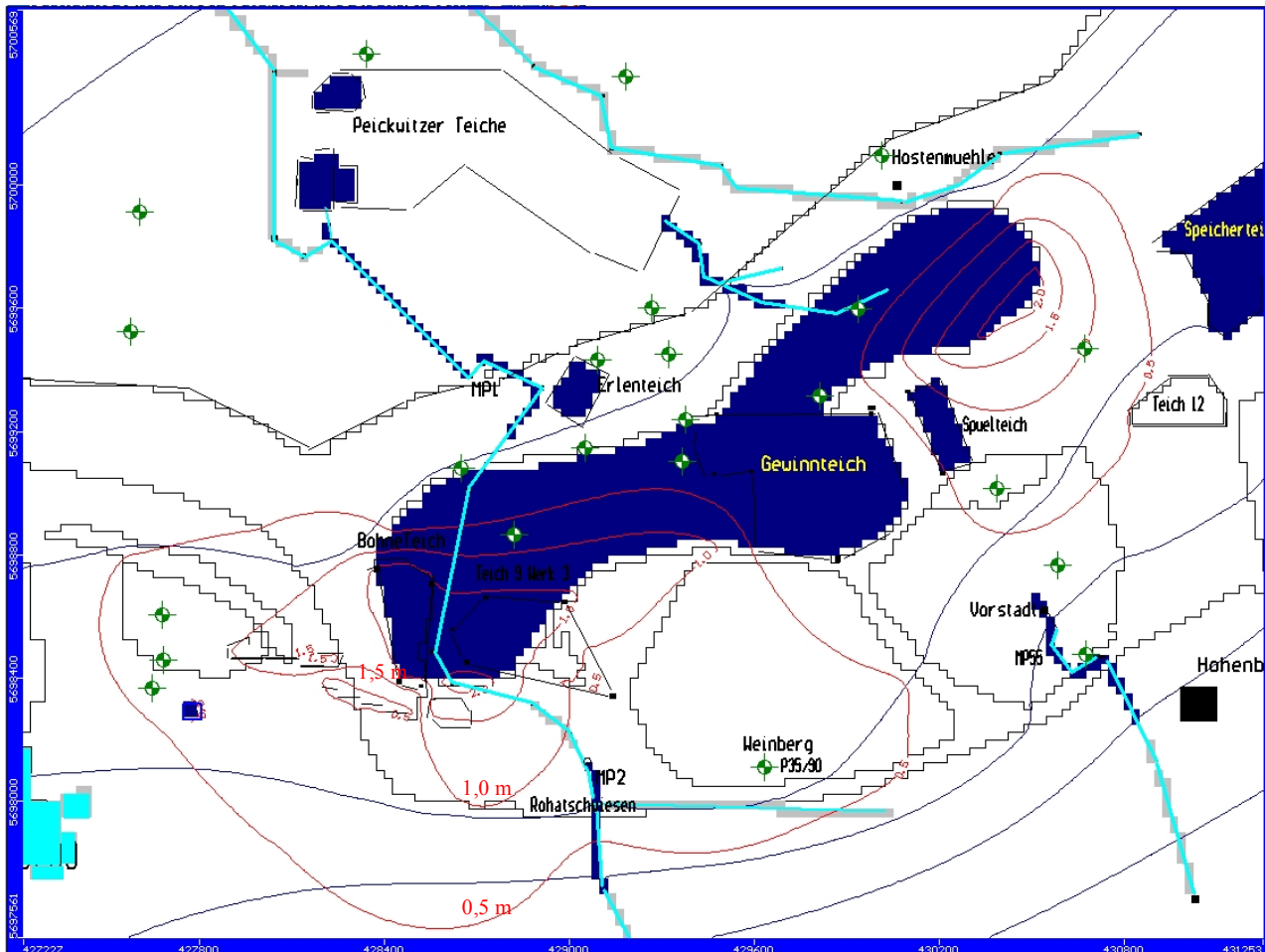


Testlauf: Schnitt S-N durch mittleren Endsee (Weinberg) mit Stauer der ungestört durch die Stauchendmoräne reicht. Die Grundwasserabsenkungsgleichen liegen unter dem Stauer weiter im Süden.

Die berechnete Verschiebung der schwach ausgeprägten Grundwasserabsenkungen 0,1 m bis 0,4 m nach Süden lässt eine Programmierung des Unterbegleiters des 2. Lausitzer Flöz in HB3D nicht notwendig erscheinen, zumal der Unterbegleiter in der Fläche nicht aushält und durch glaziale Stauchungen gestört ist.



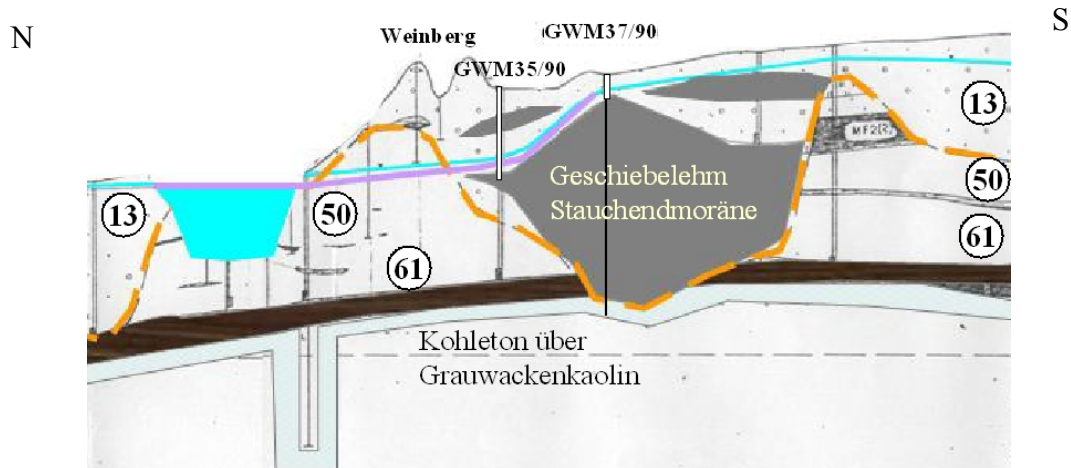
Das Vierschichtenmodell liefert keine wesentlichen Unterschiede zum Zweischichtenmodell bezüglich der prognostizierten Grundwasserabsenkungen der geländenahen Grundwasserstände.



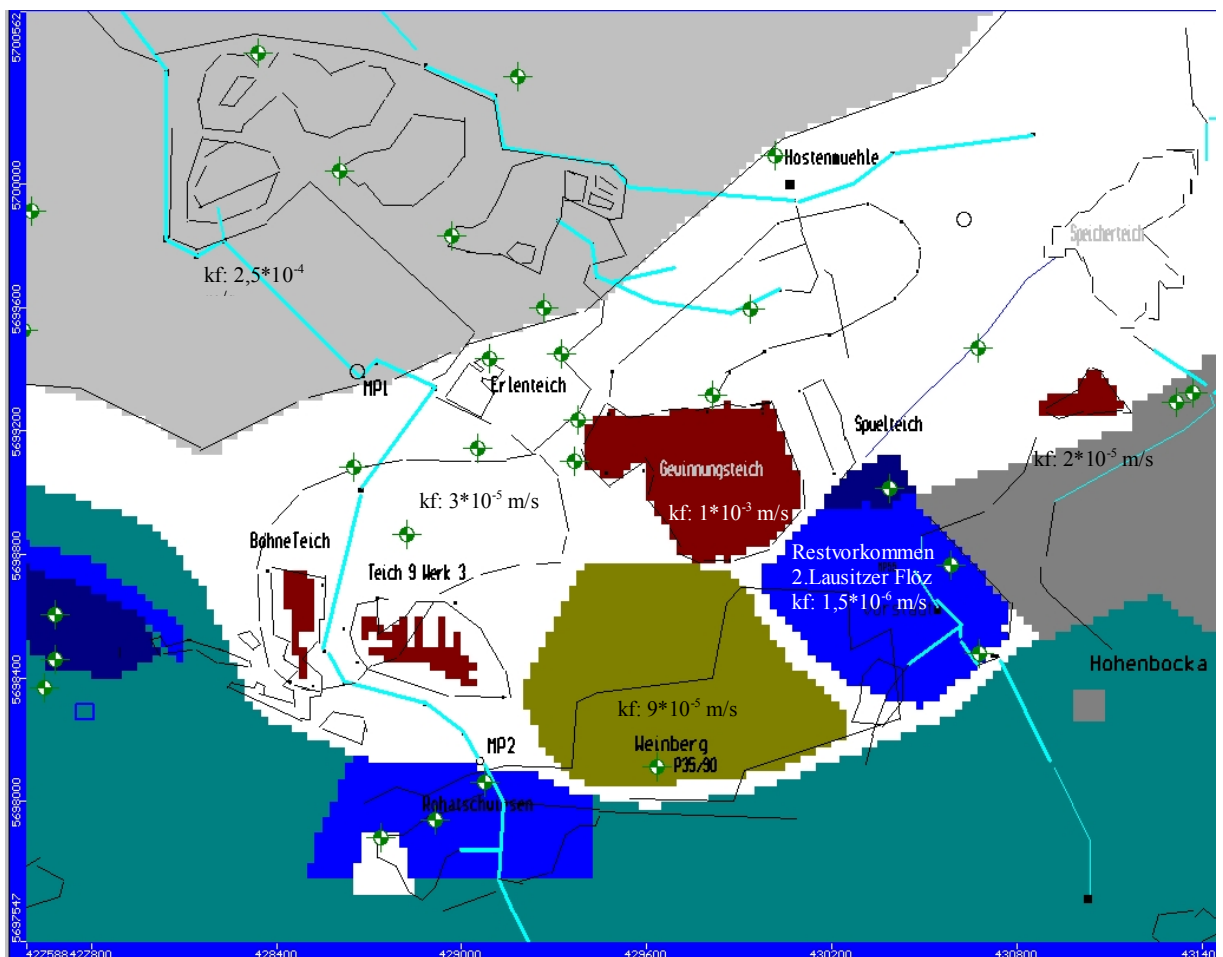
Testlauf: Endsee im Vierschichtenmodell HBFLOZ55 mit einem Stauer, der ungestört durch die Stauchendmoräne bis an den Modellrand im Süden und bis zum RL Heide reicht. Die Grundwasserabsenkungsgleichen (rot) verlaufen in der obersten Modellschicht ähnlich wie im Zweischichtenmodell HB3D2055.

5.3.4 Stauchendmoräne

Im Modellgebiet ist die hydraulische Trennung der Grundwasserleiter in der Fläche in erster Linie durch die Eigenschaften der Stauchendmoräne bedingt und wird im Modell über die k_f -Werte vereinfacht abgebildet. Theoretisch ist es zwar möglich, eine steil stehende, undurchlässige Schicht aus Geschiebemergel oder Kohleton zu programmieren, jedoch ist über die räumliche Ausdehnung der Schicht zu wenig bekannt. Außerdem wird das Modell zunehmend instabil wenn Wechselfolgen aus undurchlässigen bis stark durchlässigen, steil stehenden Schichten eingefügt sind.



Veranschaulichung des Aufbaus der Stauchendmoräne im Bereich Weinberg aus [4] (Anlage 2.6). Die pleistozänen Lehme binden in den Stauer aus Kohlethon und Grauwackekaolin im Liegenden ein und bilden quasi einen 'unterirdischen Staudamm', der mathematisch vereinfacht werden muss.



Veranschaulichung der Variation der kf-Werte in der Fläche im Bereich der Stauchendmoräne mit wasserstauenden Lagen Rohatschswiesen bei MP 2 und kiesigen Sanden im Bereich Weinberg. Heftige kf-Wert-Übergänge müssen für die Modellstabilität geglättet werden, weiße Ränder (Anlage 6.2).



5.4 Randbedingungen in HB3D

5.4.1 Nordrand

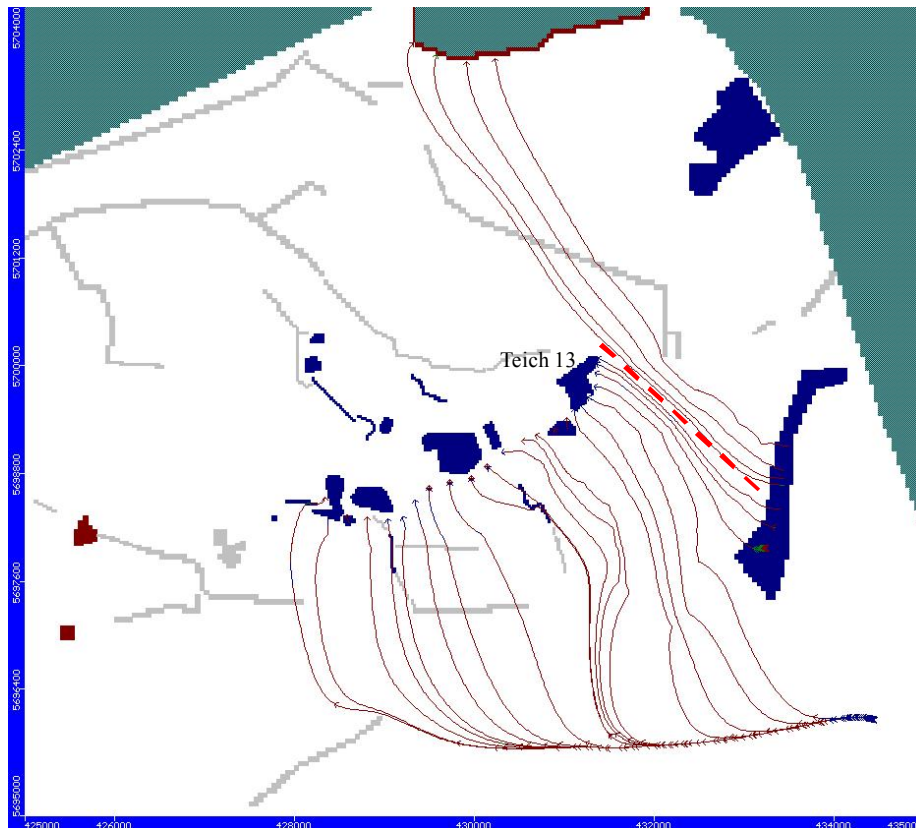
Den nordöstlichen Modellrand begrenzt das Südufer des Senftenberger Sees als Festpotential mit einer Höhe von 98,5 mNN. Das LUGV gibt als Stauziel einen Bereich zwischen 98 mNN und 99 mNN an. Bisher schwankt der Seewasserspiegel zwischen 98 und 99,4 mNN. Der Bereich von 99 bis 99,4 mNN soll laut LUGV als Retentionsraum bei Hochwasser genutzt werden.

Wird im Modell am Südufer ein schwach durchlässiger Block zur Nachbildung der Verfüllungen der ehemaligen Teiche 'Neuer Teich' und 'Großer Teiche' eingebracht, so wandert das Einzugsgebiet des Südufers geringfügig nach Osten. Bei direktem hydraulischem Kontakt zum Urstromtal besitzt das Südufer des Senftenberger Sees in HB3D sein maximales Einzugsgebiet im Modell.

Von GWM 45496172 (LUGV), westlich des Südufers, wird das Entwässerungspotenzial der Entwässerungsgräben südlich der Schwarzen Elster als Drainage Graben programmiert, dessen Sohle bei 98 mNN beginnt und bei 95 mNN am westlichen Modellrand, 1 km nördlich der Bahnlinie, nördlich Schwarzbach endet. Nördlich der programmierten Drainagegräben sind die Modellzellen vorerst deaktiviert (Anlage 6.3 u. 6.4). Dabei fällt zur Unterstützung der Stabilität der Rechengänge der Modellrand nicht unmittelbar mit dem nördlichsten Drängraben zusammen. Hier wird nach Norden noch etwas Platz gegeben, was aufgrund der geringen Sensitivität des Nordrandes bezüglich der Vorhersage der Auswirkungen der Erweiterung des Gewinnungsteiches möglich ist. Grundsätzlich könnte der Nordrand auch noch weiter an den zentralen Modellbereich heranrücken. Allerdings herrscht im Urstromtal eher eine nach Westen ausgerichtete Grundwasserströmung vor, die mit dem hier programmierten Nordrand besser getroffen wird.

5.4.2 Ostrand

Im Osten wirkt sich das Einzugsgebiet des Südufers des Senftenberger Sees auf die Lage der östlichen unterirdischen Wasserscheide des Einzugsgebietes der Teiche des Quarzsandwerkes Hohenbocka aus.



Veranschaulichung der östlichen unterirdischen Wasserscheide zwischen Einzugsgebiet Südufer Senftenberg See und Speicherteich 13 mittels sog. 'pathlines' (Strömungslinien).

Innerhalb der aktivierten Modellzellen liegt im Osten der Fabiansteich und im Südosten der geflutete Tagebau Heide VI, RL Heide. Der Seewasserspiegel im RL Heide ist als Flusspotential bei 126,6 mNN mit Leakagefaktor programmiert (Anlage 6.4). Die Modellgrenze ist so angelegt, dass das Einzugsgebiet des Südufers des Senftenberger Sees und das Einzugsgebiet des RL Heide ausreichend groß bemessen sind und variabel zum Einzugsgebiet der Quarzwerketeiche bleiben können. Die Einzugsgebietsgrenzen sind damit flexibel und können auf hydraulische Veränderungen reagieren.



5.4.3 Südrand

Der Südrand ist als GHB (general head boundary) gestaltet und soll das hydraulische Potential des weiter südlich verlaufenden Fließgewässers 'Ruhländer Schwarzwasser' auf das Modellgebiet abbilden. Dadurch bleibt auch die südliche Wasserscheide flexibel und liegt im Bereich der aktiven Modellzellen (Anlage 6.3).

5.4.4 Westrand

Zunächst war die unterirdische Wasserscheide aus bekannten Grundwassergleichkarten die programmierte Westgrenze. Diese musste nach Westen erweitert werden, da das Einzugsgebiet des Reservefeldes 1 im abgesenkten Betrieb 2006 die unterirdische Wasserscheide im Südwesten in HB3D beeinflusst.

Nördlich von Guteborn ist der Rohatschgraben als Dränagerandbedingung bis südlich ca. Schwarze Telle programmiert. Verglichen mit dem hydraulischen Potenzial des Peickwitzer Urstromtals im Norden wirkt er hydraulisch eher als schwache Randbedingung. Er kann die Grundwasserfließrichtung nicht signifikant nach Westen umlenken. Auch nach Programmierung eines zusätzlichen GHB westlich von Guteborn (Anlage 6.3) bleibt das Peickwitzer Urstromtal im Norden die dominante hydraulische Randbedingung im Modellgebiet.

5.4.5 BASF Brunnen Schwarzbach

Laut Umwelterklärung der BASF [13] liegt der Wasserbedarf der Werkanlagen in Schwarzheide bei 3,4 Mio. m³/a (Anlage 5.1). Die BASF Brunnen bei Schwarzbach werden im Modell mit einer Jahresentnahme bis maximal 3,4 Mio. m³/a programmiert. Zur genauen Grundwasserförderung konnten trotz mehrfacher Anfragen bei den Behörden keine Daten erhalten werden. Hier sei betont, dass die Brunnen am nord-westlichen Modellrand als sog. 'worst case Randbedingung' programmiert sind. Das Modell ist für die Einzugsgebietsermittlung der Brunnen nicht geeignet. Die Wasserentnahmen der Brunnen haben im Modell keine Auswirkung auf die geplante Tage-



bauerweiterung und umgekehrt. In extremen Trockenjahren kann sich der Absenkt-
richter der Brunnen im Modell in Richtung Peickwitzer Teiche ausdehnen. Vermutlich
bewirken die Brunnen zusammen mit den Meliorationsgräben eine nachhaltige
Grundwasserabsenkung im Urstromtal bei Schwarzbach. Die Grundwasserabsenkung
im Umfeld der Peickwitzer Teich ist durch die hier verlaufenden Meliorationsgräben
bedingt und weniger durch die BASF Brunnen, auch wenn z.B. deren Entnahme im
Modell bei Testläufen auf maximal 3,4 Mio. m³/a hochgefahren wird.

5.4.6 Teiche und Nassflächen

Die Randbedingung 'Teich' wird je nach Fragestellung als stark durchlässiger Modell-
zellenblock mit oder ohne Flussrandbedingung 'river' programmiert (Anlage 6.3 und
6.4). Als Flussrandbedingung mit einheitlichem Wasserspiegel bestimmt der Teich-
wasserspiegel die Grundwasserstände im Umfeld und bewirkt, je nach Höhe des
Teichwasserspiegels und Ausdehnung der Wasserfläche, eine Grundwasserabsenkung
im Anstrom oder/und einen Grundwasseranstieg im Abstrom. Werden nur stark
durchlässige Zellen programmiert ergibt sich der mittlere Teichwasserspiegel, der
ausschließlich durch den An- und Abstrom von Grundwasser erzeugt wird, wie z.B. in
HB3D2055^{nat}. Wird der Teichboden mittels Leakagefaktoren abgedichtet, so kann
der Grundwasserspiegel bereichsweise auch unter den Teichboden fallen, wenn der
Teich z.B. im Bereich einer Grundwasserabsenkung liegt.

Für die Wasserbilanz der Teiche wird vorerst angenommen, dass im Mittel die
Verdunstungshöhe die mittlere Niederschlagshöhe um 100 mm/a übersteigt, was einer
mittleren Evaporation von 766 mm/a entspricht. Über Modellwasserflächen und
Feuchtgebieten ist die Grundwasserneubildung Null und die Evapotranspiration mit
100 mm/a programmiert. Die Extinktionstiefe der aET wird in HB3D ausreichend
bemessen, um ständig die maximale aET zu gewährleisten (worst case).

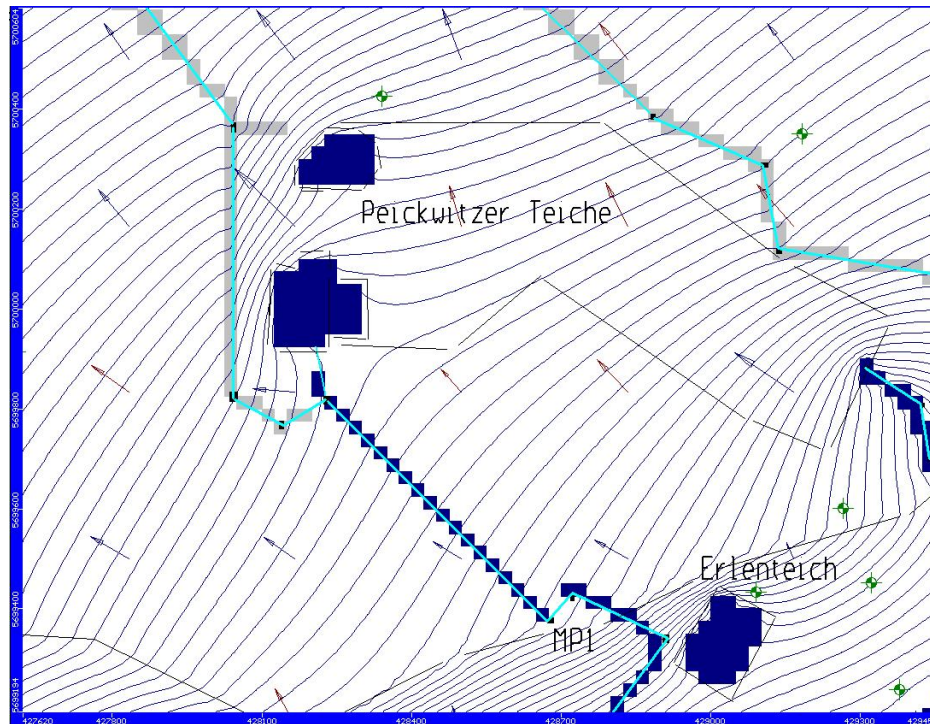
Der Erlenteich ist als Flussrandbedingung mit einem Wasserspiegel bei einheitlich
104,6 mNN und Leakagefaktor programmiert. Die hydraulische Verbindung des
Erlenteiches zum Grundwasserleiter Urstromtal kann über den Leakagefaktor kontrol-
liert werden.



Der Gewinnungsteich ist im Jahr 2011 als 'river' mit 105,5 mNN in einem 20 m mächtigen Zellblock mit hoher Durchlässigkeit und hohem Leakagefaktor programmiert und damit direkt hydraulisch an die Grundwasserleiter angebunden. Der Gewinnungsteich besitzt im Modell kein undurchlässiges Sediment und ex- bzw. infiltriert maximale Wassermengen aus bzw. in die angeschlossenen Grundwasserleiter (worst case).

5.4.7 Meliorationsgräben und Bachläufe

Die Randbedingung 'Einstau im Meliorationsgraben' hat erheblichen Einfluss auf die Grundwasserstände im Modellgebiet. Im Februar 2012 werden die Meliorationsgräben vom Vermessungsbüro Martak deshalb eingemessen. Nicht aufgestaute Meliorationsgräben sind in HB3D als Drainage-Randbedingung 'drain' programmiert und entwässern das Gebiet, wobei sie auch trocken fallen können, wenn die Grundwasserspiegel unter die Grabensohle absinken. Die Meliorationsgräben werden dann als Flussrandbedingung 'river' mit Leakagefaktoren programmiert, wenn eine Grundwasseranreicherung durch Wassereinbringung in den Graben oder/und Einstau gemessen wird oder der Graben langfristig als Ablaufgraben z.B. des Gewinnungsteiches genutzt wird, wobei dann ständig Wasser im Graben vorhanden sein muss.



Veranschaulichung der Infiltration aus den Peickwitzer Teichen West ('river', blau) in das Urstromtal bei nicht aufgestautem Meliorationsgraben im Westen ('drain', grau). Die Grundwassergleichen werden nach Nordwesten in Fließrichtung ausgebeult.

Über die programmierten Meliorationsgräben können Modellzellen sowohl entwässert als auch bewässert werden. Dränagen können im HB3D trocken fallen, Flüsse nicht. Das System Meliorationsgraben als Fluss oder als Dränage hat starken Einfluss auf die Grundwasserstände in HB3D.

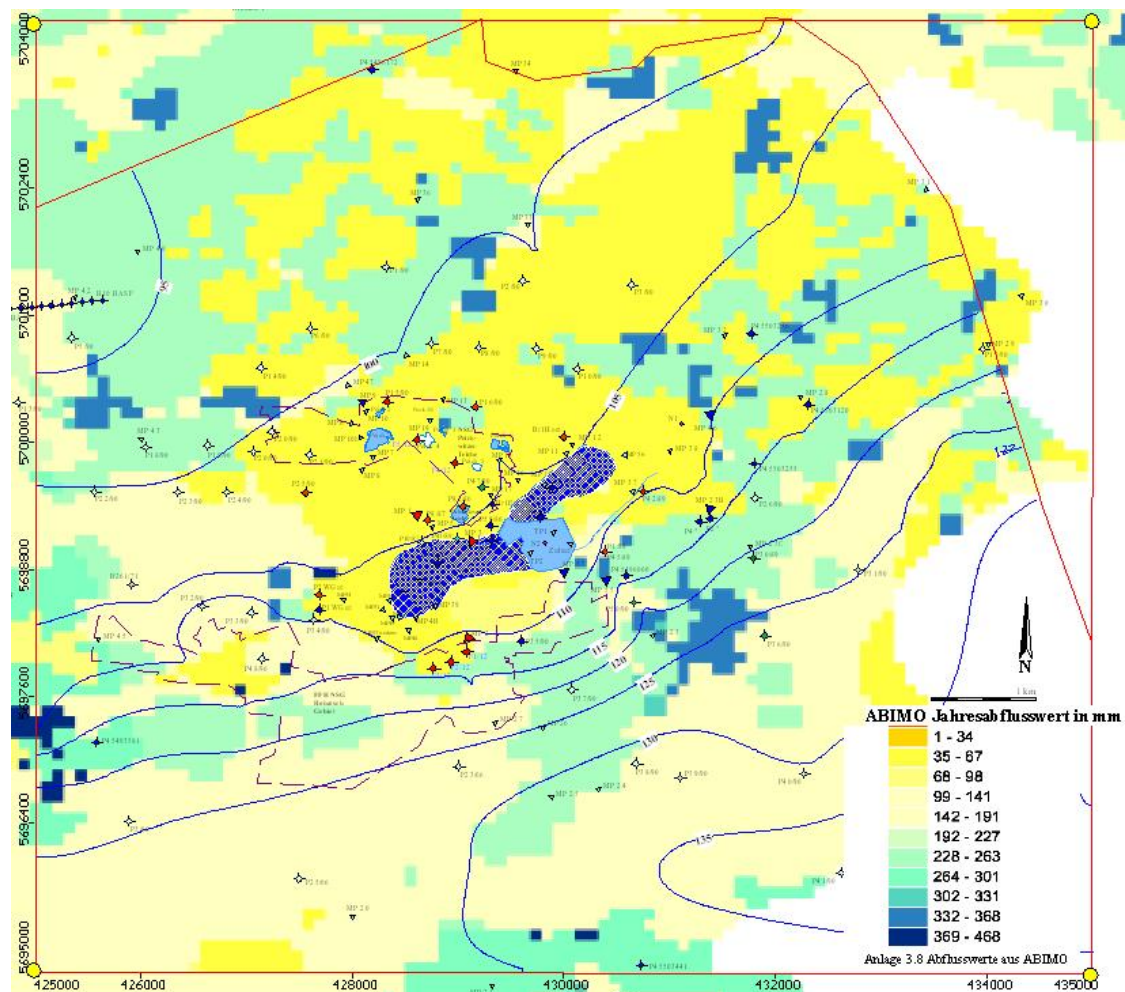
5.4.8 Grundwasserneubildungshöhe aus Niederschlägen

Das Abflussbildungsmodell ABIMO [15] berechnet für Brandenburg die mittlere Abflussspende aus der kleinräumigen Wasserbilanzierung spezifischer Teilflächen. Für wasserdurchlässige Bereiche wird in Brandenburg die langfristige Grundwasserneubildung mit 70 % der ABIMO Abflussspende angegeben.

Auf sandigen Brachflächen mit großem Grundwasserflurabstand berechnet ABIMO bis zu 320 mm/a Abflusshöhe, in Feuchtgebieten dagegen bis zu 122 mm/a Grundwasserzehrung. Die Abflusshöhe der Teilflächen wird der Karte 'mittlere Abflussspende für den Zeitraum 1976-2005' (ABIMO 2.1, Anlage 3.8) entnommen und die Grundwasserneubildung vorerst auf < 70 % der Abflusshöhen außerhalb von Siedlungsflä-



chen gesetzt.



Abflusshöhen ABIMO im Modellgebiet

Inwiefern die Ergebnisse von ABIMO für das Modellgebiet zutreffen, wird mit den Abflusspegeln MP1 bis MP3 im Laufe der nächsten Jahre geprüft. Zunächst wird im Modell HB3D die langfristige, mittlere Grundwasserneubildung außerhalb der Wasserflächen und Feuchtbiopte über bewachsenen Flächen mit Grundwasserflurabständen zwischen 1 m und 2 m und Siedlungsflächen mit 50 mm/a und auf den grundwasserfernen, bewachsenen, sandigen Hochflächen zwischen 120 mm/a und 130 mm/a Richtung worst case programmiert (Anlage 6.1).



5.5 Modellkalibrierung

5.5.1 Grundwassermessstellen als Beobachtungspegel

In HB3D werden die GWM der Quarzwerke Hohenbocka, die vom LUGV benannten GWM und weitere GWM aus den Jahren 1966, 1989 und 1990 als Beobachtungspegel programmiert (Eckdaten in Anlage 4.5). Bei der Modellierung wird auf das engere Umfeld des heutigen und künftigen Gewinnungsteiches fokussiert und hier eine Modelllupe mit Gitterweite 25 m * 25 m eingerichtet und ein mittlerer Fehler von $\pm 0,4$ m zugelassen. Die berechneten Grundwasserhöhen im weiteren Umfeld orientieren sich u.a. auch an bisher bekannten Grundwassergleichenplänen [4], an den Entwässerungsgräben und an den Teichwasserspiegeln der Tagebaurestlöcher.

Im sensiblen Umfeld des Gewinnungsteiches liegt die mittlere Abweichung zwischen beobachteten und modellierten Grundwasserspiegeln innerhalb der gemessenen natürlichen Schwankungen der Grundwasserspiegel von $\pm 0,5$ m. Die bisher gemessene natürliche Grundwasserspiegel-Schwankung von bis zu $\pm 1,1$ m im weiteren Umfeld, z.B. in der Stauchendmoräne, lässt im Modell entsprechende Abweichungen von den Messwerten zu. Im Zentralbereich mit Gewinnungsteich rechnet HB3D mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,4$ m, im Außenbereich mit einem mittleren Fehler von $\pm 1,1$ m (Anlage 6.6 mit Tabelle der Fehler jede GWM). Vorrangige Zielgröße der Modellierung ist die Berechnung der relativen langfristigen Änderung der Grundwasserspiegelhöhen durch den geplanten Abbau gegenüber dem stationären Istzustand 2011/12 im Dezimeterbereich, nachrangig dagegen ist die Treffgenauigkeit der gemessenen Grundwasserspiegel, die ja im Mittel um ca. einen Meter schwanken.

5.5.2 Wasserbilanzen zur Kalibrierung

Für die Modellkalibrierung wird neben den Grundwasserständen auch die Wasserbilanz herangezogen. Der langfristig gemessene Grundwasserabfluss an den Abflusspegeln soll mit dem berechneten Grundwasserabfluss möglichst gut übereinstimmen.

Wasserentnahmen gehen im Modell endgültig verloren. Wenn z.B. der Gewinnungs-



teich im Modell 30 L/s entnimmt, ist die Wassermenge aus dem Modell verschwunden. In Wirklichkeit fließt das Wasser über MP 3 nach Nordwesten ab und muss im Modell zwischen MP 3 und MP 9 wieder einprogrammiert werden, hier z.B. als 'river'. Dabei bläht sich die Gesamtwasserbilanz von HB3D auf und muss kontrolliert werden, um unrealistische Grundwasseranreicherungen aus Oberflächengewässern zu vermeiden, was über die sog. Leakagefaktoren möglich ist. Die Grundwasserneubildung durch Niederschläge bleibt dabei unverändert.

HB3D berechnet zur Kontrolle der Wasserflüsse die Grundwasserbilanz in folgenden Bilanzzonen:

Gesamtgebiet, Zone 1

Wachsender Gewinnungsteich bis zu 20 m tief, river, Zone 2

Erlenteich, river, 104,8 mNN, Zone 3

Spülteich östlich vom Gewinnungsteich, river, 108,5 mNN, Zone 4

IAA Speicherteich 13, river, 109,8 mNN, Zone 5

Abstrom MP 16 Richtung Peickwitzer Teiche Ost, river, Zone 6

Teich 9 Werk 3 abgesenkt durch Pumpe, river, 107,1 mNN, Zone 7

Bohneteich, river, 107 mNN, Zone 8

Abflussgraben Bohneteich Richtung MP 1, Zone 9

Geflutetes RL Heide VI, river, 127 mNN, Zone 10

Grenzgraben vor MP 29, nordöstlich RL Heide, Zone 11

Grundwasserabstrom Nordrand Einzugsgebiet MP3, Zone 12

Grundwasserabstrom Urstromtal bei Schwarzbach, Zone 13

Abfluss aus dem Einzugsgebiet von MP 2, drain, Zone 14

Wasserbilanz gespannte Peickwitzer Teiche, Modellversuch, Kap. 5.7, Zone 15

Peickwitzer Teiche West, Peick 1, 102,4 mNN, Peick 2, 101,8 mNN, river, Zone 16

Grundwasserabstrom Nordrand Einzugsgebiet MP1, Zone 17

Bachlauf vor MP 2, river, Zone 18

Bachlauf vor MP 55, Hohenbocka, river, Zone 19

Fabiansteich, 105 mNN, river, Zone 20

Bach zwischen MP 7 und MP 1, river, Zone 21

Zustrom MP1 2055 aus Erlenwiesen vom Nordufer Endsee, river, Zone 22

Grundwasserdurchstrom im Gewinnungsteich von Süden nach Norden, Zone 23



Interessentenweg Teich 12, freier Wasserspiegel, Zone 24

Folgende Tabelle zeigt auszugsweise eine Bilanzierung der modellierten Wasserströme für den Gewinnungsteich im Zustand 2012, verglichen mit dem geplanten Endsee 2055 und den Abflussmessungen aus dem Jahr 2012 (Messwerte 2012).

Wasserbilanz in m³/d	HB3D2012	HB3D2055	Messwerte 2012
A: Wasserabstrom aus dem Gewinnungsteich	2.200	2.800	MQ MP 3: 2.903
B: Grundwasserdurchströmung des Gewinnungsteiches, nicht messbar	170	1.650	-
C: Evaporation von der Wasserfläche aus Literaturdaten programmiert	50	300	-
Grundwasserstrom gesamt Gewinnungsteich, A + B + C	2.420	4.750	-
Infiltration in den Grundwasserleiter zwischen MP 1 u. MP 9 Erlenteich, Peickwitzer Teiche West	2.100	2.100	MNQ Sommer MP 1 abzüglich MNQ MP 9: 3.020
Infiltration in den Grundwasserleiter aus dem Fanggraben Rohatschwiesen vor MP 2	140	450	MP 2 MQ: 1.140

In Spalte 3 ist zu erkennen, dass die gemessenen mittleren Abflüsse (MQ) ausreichen, um die vom Modell beanspruchten Bachwasserinfiltrationen zu sichern.

Als Grundwasserdurchströmung wird der Anteil des Grundwasserzustroms definiert, der aus dem Seewasserkörper in die Grundwasserleiter abstromig infiltriert und nicht über ein Auslaufbauwerk an der Oberfläche abfließt.

Die modellierte Infiltration aus den Bachläufen südlich des Gewinnungsteiches, wie z.B. aus dem Fanggraben in die Rohatschwiesen, wird mit den Abflussmesswerten am MP 2 verglichen. Liegen die Abflussmesswerte höher als die Infiltration im Modell besteht das Potenzial 'Infiltration aus dem river Fanggraben' weiter. Der Fanggraben könnte z.B. im niederschlagsreichen Jahr 2012 potenziell 1050 m³/d in den sandigen Untergrund infiltrieren. Im Modell wird das Infiltrationspotenzial des Fanggrabens mittels Leakagefaktor vorerst auf maximal 450 m³/d begrenzt und dadurch ein Impuls



Richtung worst case gegeben.

Folgender Abbildung ist die Gesamtwasserbilanz des Strömungsmodells HB3D für den stationären Strömungsfall zu entnehmen. Das Wasserdargebot (Input) besteht im Modell mit insgesamt ca. 24 000 m³/Tag zu 87 % aus der Grundwasserneubildung (recharge) und zu ca. 13 % aus der Infiltration aus Bachläufen (river leakage). Die Wasserabgabe von insgesamt ca. 24 000 m³/Tag erfolgt im Modell zu 38 % über die Meliorationsgräben (drains, 9060 m³/Tag, 104 L/s), zu ca. 20 % über die BASF Brunnen, zu ca. 15 % an den Senftenberger See (constant head) und zu ca. 1 % über die Verdunstung von freien Wasserflächen (Et). Es sei hier angemerkt, dass die im Jahr 2012 gemessenen Abflüsse in den Meliorationsgräben am nordwestlichen Modellrand auch vom Senftenberger See und dessen Einzugsgebiet erzeugt werden und nicht allein vom Modellgebiet. Sie eignen sich also nicht zur Kalibrierung des Modells.

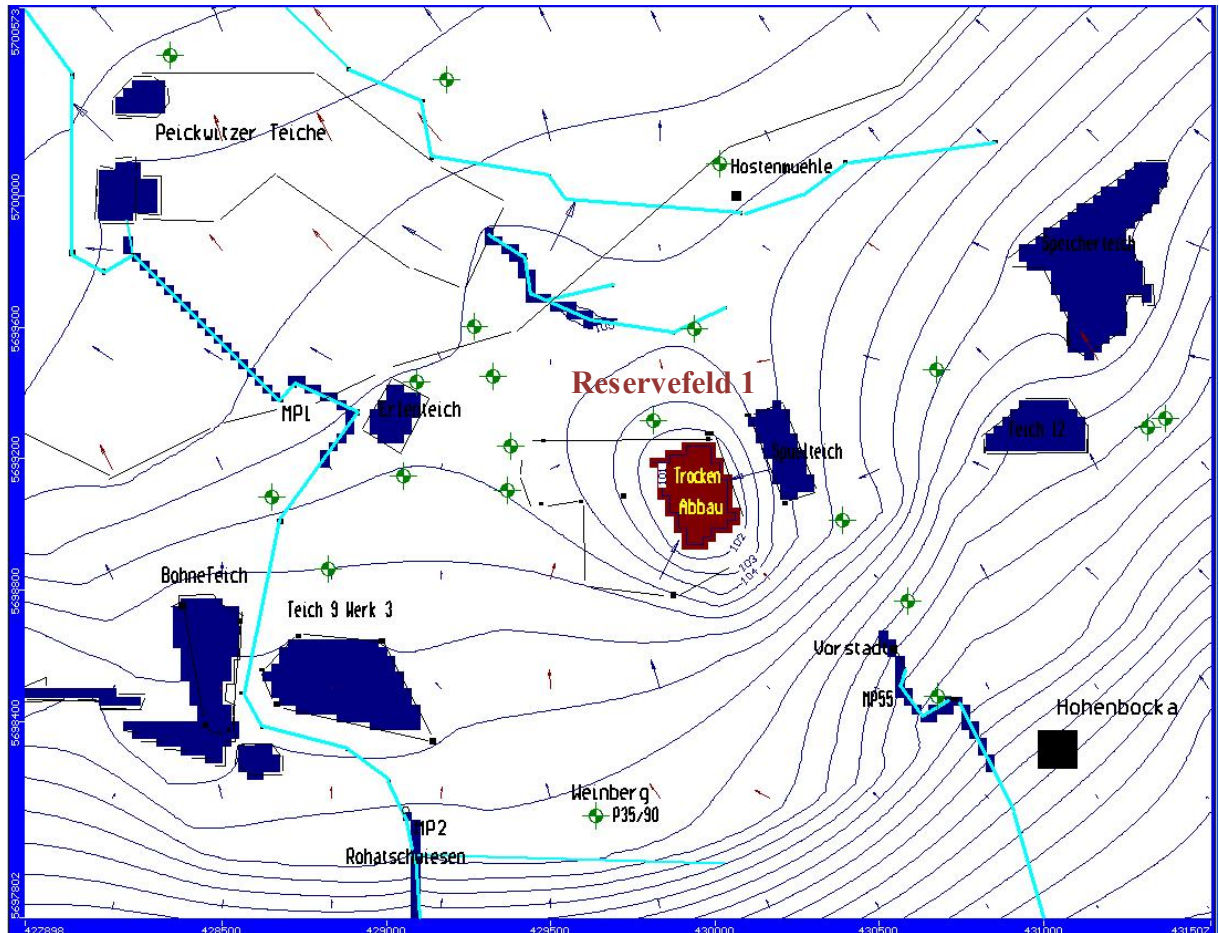
Zone Budget Output		
Zone: 1	Output Time: 1	Stress Period: 1
Input		Output
Storage = 0.000000 m ³ /day		Storage = 0.000000 m ³ /day
Constant Head = 0.000000 m ³ /day		Constant Head = 3602.500000 m ³ /day
Wells = 0.000000 m ³ /day		Wells = 4800.000000 m ³ /day
Drains = 0.000000 m ³ /day		Drains = 9060.100000 m ³ /day
Recharge = 20963.000000 m ³ /day		Recharge = 0.000000 m ³ /day
Et = 0.000000 m ³ /day		Et = 203.770000 m ³ /day
River Leakage = 3061.800000 m ³ /day		River Leakage = 5074.100000 m ³ /day
Difference		
IN - OUT = -1.988000 m ³ /day		
Percent Discrepancy = -0.010000		

Der Fehler der Gesamtwasserbilanz ist vernachlässigbar gering (1 %).

5.5.3 Hydraulische Versuche zur Kalibrierung

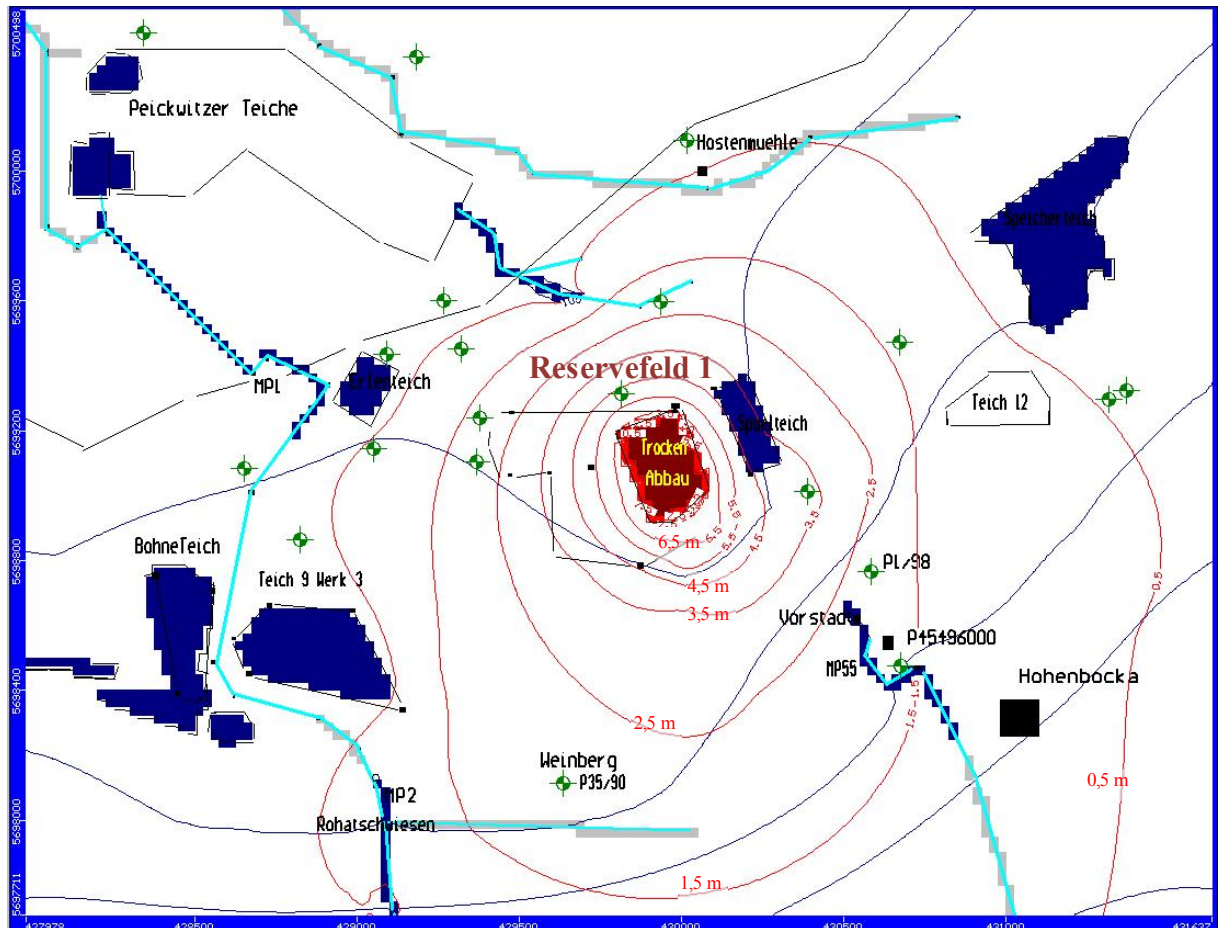
Als hydraulischer Großpumpversuch könnte die Grundwasserabsenkungsanlage im Reservefeld 1 dienen. Im Zeitraum 1996 bis Mitte 2006 wird mittels kombinierter Wasserhaltung aus einer Vorfeldentwässerung mit Brunnen und Pumpensumpf der Grundwasserspiegel auf ca. 101 mNN gehalten.

In [5] wird eine erforderliche Pumpenleistung von ca. 3.600 m³/d für eine Grundwasserabsenkung auf 101 mNN vorgegeben.



Modellausschnitt mit Grundwassergleichungen und Grundwasserströmungen während des **Trockenabbaus** 2006 bei abgesenktem Grundwasserspiegel 101 mNN im 'Reservefeld 1'.

Leider wird die Wasserentnahme der Grundwasserabsenkungsanlage nicht direkt gemessen. Damit ist der hydraulische Großpumpversuch für das Modell nur bedingt brauchbar. HB3D2006 berechnet eine Wasserentnahme von 3.500 m³/d aus dem im Jahr 2006 auf 101 mNN abgesenkten Grundwasserleiter.



Modellausschnitt mit Grundwasserabsenkungsgleichen (drawdown) während des **Trockenabbaus 2006** bei abgesenktem Grundwasserspiegel 101 mNN im **‘Reservfeld 1’**.

Für die Ortslage ‘Vorstadt’ berechnet HB3D2006 in P 45496000 eine Grundwasserabsenkung von 1,5 m durch den Trockenbau 2006 gegenüber dem Ruhezustand 2006 ohne Reservfeld, für P 35/90 Weinberg eine Absenkung von 2,2 m. Nach Einstellung der Wasserhaltung wird in den folgenden niederschlagsreichen Jahren ein langsamer Anstieg der Grundwasserspiegel um ca. 1,5 m in P 45496000, Vorstadt und um ca. 2,0 m in P 35/90, Weinberg gemessen, der von den erhöhten Niederschlägen in den Jahren nach Abschaltung der Wasserhaltung überlagert ist. Das Modell HB3D2006 sagt eher zu hohe Absenkungen vorher und rechnet auf der sicheren Seite in Richtung worst case.

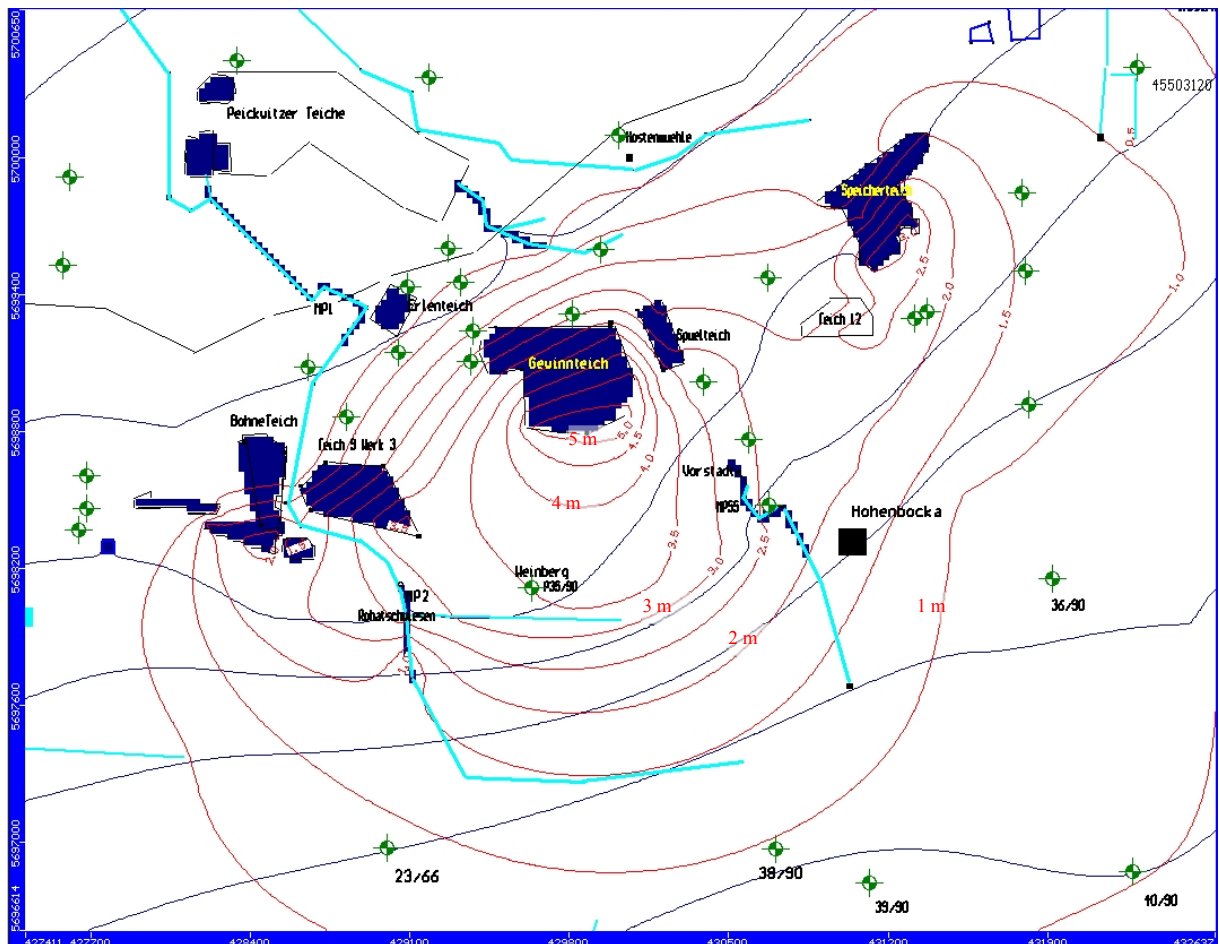
5.6 Ausgangszustand 2011

Für die Berechnung der hydraulischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches dient der Strömungszustand 2011/12 als Ausgangszustand. In



HB3D2012 sind die Grundwasserspiegel des ursprünglichen Ruhezustandes aus dem 19. Jahrhundert durch geflutete Braunkohletagebaue, Meliorationsgräben, Quarzsand Restlöcher und Gewinnungsteich bereits verändert.

Als Ruhezustand für die Berechnung der hydraulischen Auswirkungen sämtlicher Quarzsandgruben im Modellgebiet sei hier ein Modellzustand ohne Quarzsandgruben definiert, mit programmierten Meliorationsgräben und gefluteten Restlöchern. Folgende Abbildung zeigt die Grundwasserspiegelveränderung durch die Quarzsandgruben in HB3D2012 gegenüber HB3DRUHE ohne Quarzsandgruben.



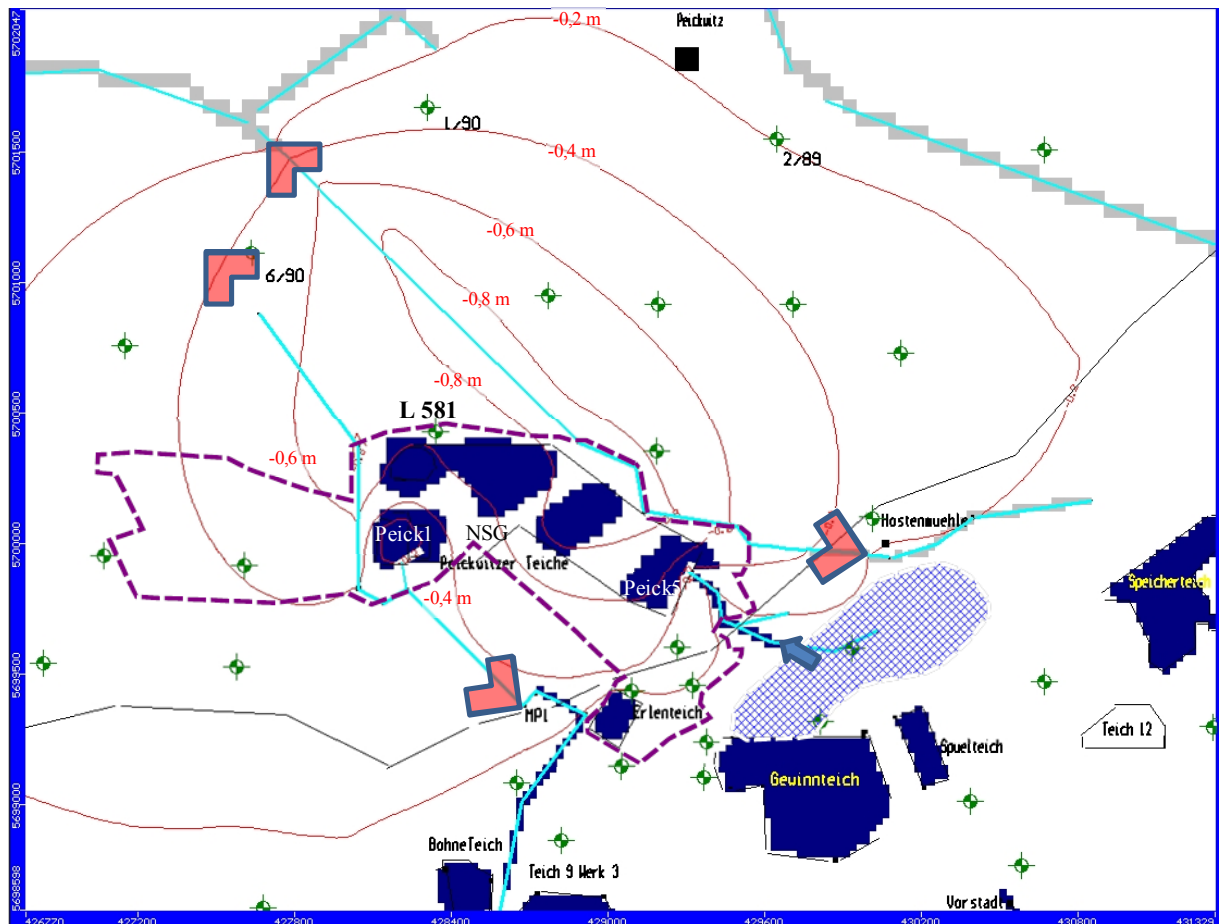
Berechnete Absenkung der Grundwasserspiegel im 'worst case' durch sämtliche Quarzsandgruben in HB3D2012 gegenüber einem fiktiven Ruhezustand ohne Quarzsandgruben in HB3DRUHE.

Die Berechnung zeigt, dass bis zum Jahr 2012 keine Grundwasserabsenkung im Bereich der Peickwitzer Teiche durch die Quarzsandgruben zustande kommt.



5.7 Modellversuche Peickwitzer Teiche

Wenn in HB3D2012 die Sohlen der Meliorationsgräben im Umkreis der Peickwitzer Teiche deutlich angehoben werden und verstärkt Wasser in Peick 5 fließt, steigt der Grundwasserspiegel unter den Teichen an.

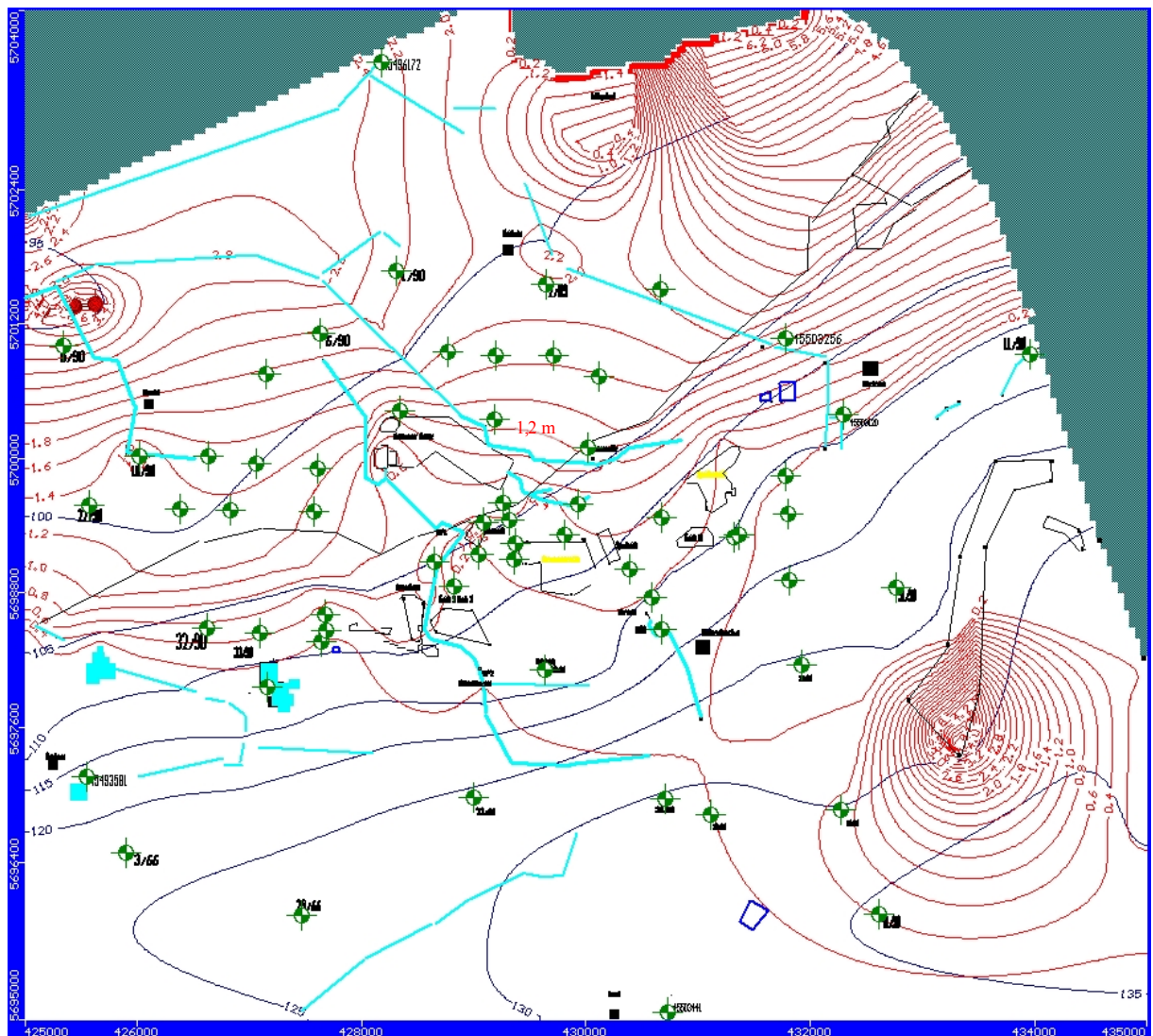


GWS Anstieg (neg. drawdown) bei teilverfüllten Meliorationsgräben: ca. -0,8 m im östlichen und nordwestlichen Bereich (Landstraße 581) und ca. -0,3 m bei der Hostenmühle. Erlenteich und Peick 1 werden weiter über MP 3 bewässert. Ca. 90 % der Wasserabgabe des Endsees fließen über MP 16 zu Peick 5. Es sind ca. 20 ha Teichfläche bespannt, die zusammen ca. 2600 m³/d an den Untergrund verlieren. Die Teichböden sind fast dicht, der Leakagefaktor ist minimal eingestellt.

In HB3D*peicur* sind die Meliorationsgräben zwischen obigen Markierungen teilverfüllt und es fließen ca. 2600 m³/d (30 L/s) in Peick 5. Der Grundwasserspiegel steigt im Bereich der Landstraße L581 im Laufe der Jahre an und müsste entlang der Straße beizeiten fest eingestellt werden. Mit stark durchlässigen Teichböden ist in HB3D eine vollständige Bespannung der Peickwitzer Teiche auch bei teilverfüllten Meliorationsgräben nicht möglich.

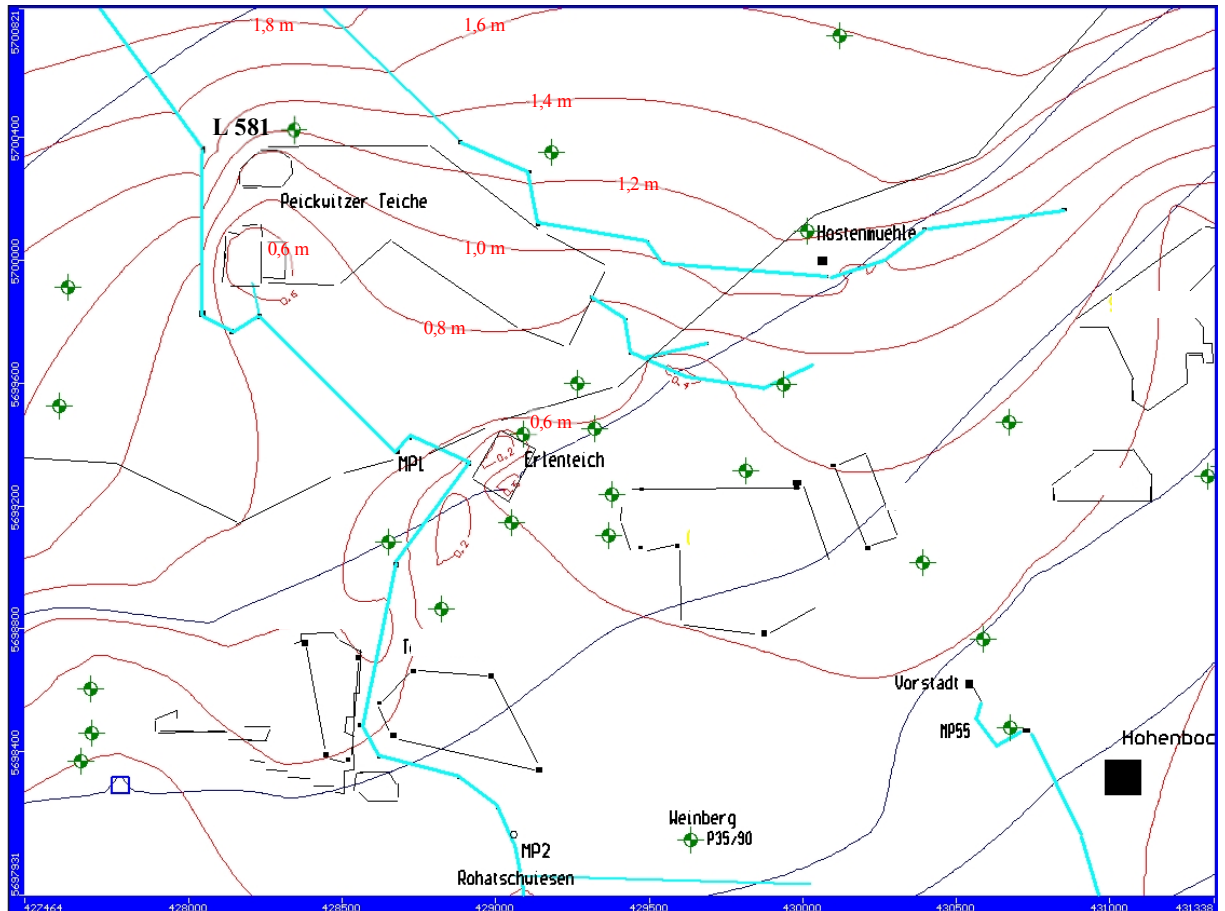


In einem nächsten Schritt wird versucht, die Grundwasserabsenkung im Bereich der Peickwitzer Teich zu berechnen, die seit 1846 ohne Beteiligung der Quarzsandgruben stattgefunden hat. Es wird quasi von einem Ruhezustand ohne Quarzsandgruben in einen Ruhezustand 1846 zurückgerechnet und der Verlauf der Fließgewässer in Anlehnung an die Geländehöhen von 1934 programmiert. Dabei fließt den Peickwitzer Teichen ('Himmelsweiher') in HB3D1846 zunächst kein Wasser zu.



Grundwasserabsenkung (drawdown) 2011 gegenüber Systemzustand HB3D1846 mit nicht bespannten Peickwitzer Teichen, berechnet von HB3DRUHE ohne Quarzsandgruben.

Die ehemaligen Wasserflächen 'Neuer Teich' und 'Großer Teich' sind am Rand des Senftenberger Sees in HB3D1846 als 'river' programmiert. Das Senftenberger Seeufer, das RL Heide und den Fabiansteich gibt es noch nicht. Die Sohlen der Bachläufe und Gräben liegen ca. 0,5 m unter Gelände.



Grundwasserabsenkung 2011 ohne Quarzsandgruben gegenüber Systemzustand '1846 mit nicht bespannten Peickwitzer Teichen'. Im Bereich Landstraße 581 und Hostenmühle steht das Grundwasser im Jahr 1846 nahe Geländeoberfläche.

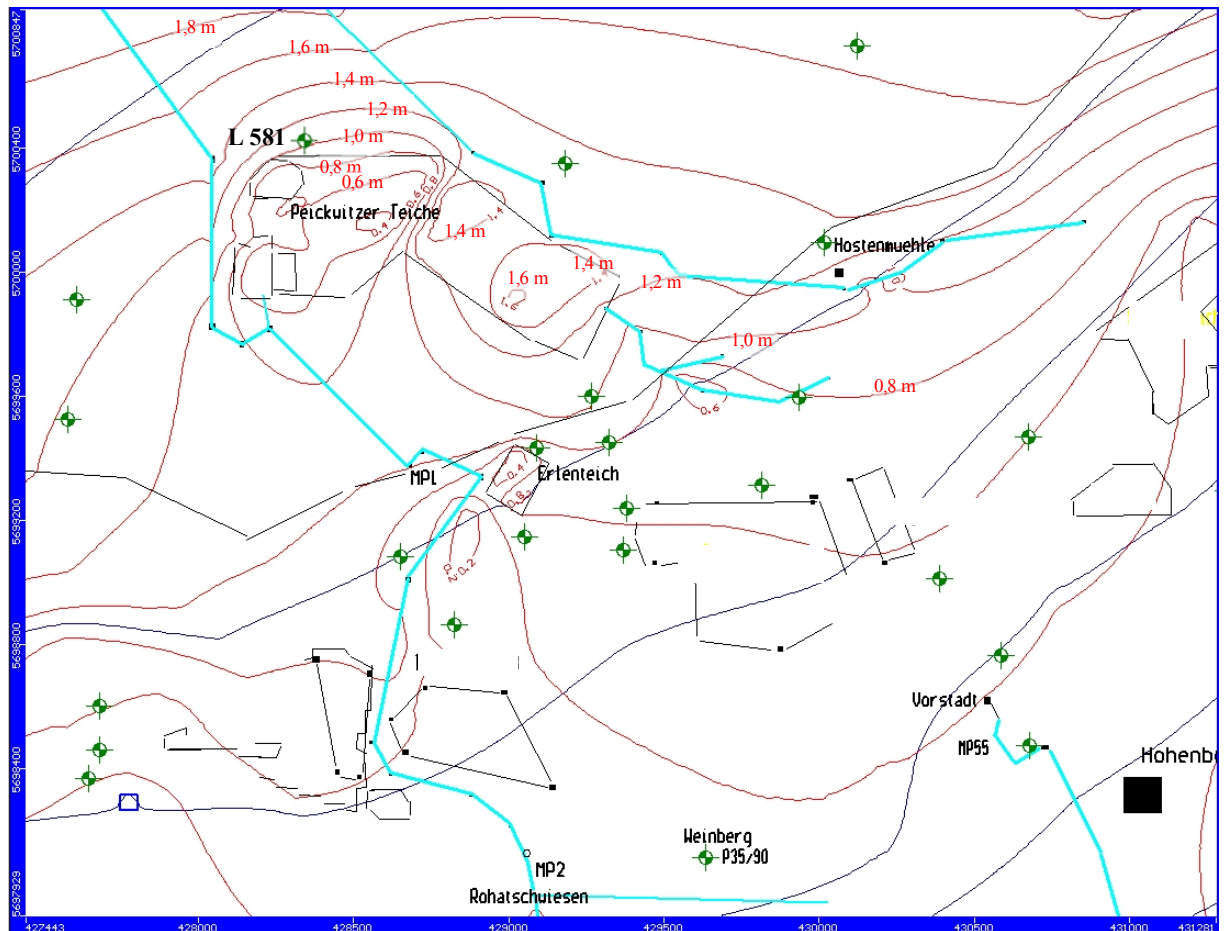
In HB3D1846 liegen die Grundwasserspiegel im Bereich der Peickwitzer Teiche um 0,6 bis 1,2 m höher als im Ruhezustand ohne Quarzsandgruben 2011. Auch ohne Wasserzuflüsse wären die westlichen Teiche bespannt, allein durch die hohen Grundwasserstände.

Die Ursachen für die Grundwasserabsenkung sind komplex und hängen vorrangig mit der Tiefe der Meliorationsgräben sowohl im Nahbereich als auch im nördlichen Randbereich und nur nachrangig mit dem Senftenberger Seeufer und den BASF Brunnen zusammen.

Im nächsten Schritt werden die Peickwitzer Teiche (Himmelsweiher) in HB3D1846 bespannt und als 'river' mit stark durchlässigen Teichböden programmiert. Die Wasserspiegel lassen sich aus den Geländevermessungen 2012 ableiten. Das Modell berechnet, wie viel Bachwasser den Teichen 1846 ständig zufließen müsste um die



Wasserspiegel zu halten.



Grundwasserabsenkung ohne Quarzsandgruben 2011 gegenüber dem 'Systemzustand 1846 mit 30 ha Wasserfläche Peickwitzer Teiche und Zuflüssen aus SE'.

HB3D1846 ermittelt einen Wasserverlust von ca. 1200 m³/d durch Infiltration in die modellierten, durchlässigen Teichböden. Die Evapotranspiration liegt im Modell bei ca. 80 m³/d. Die östlichen Teiche infiltrieren, die westlichen Teich exfiltrieren aus dem GWL, wobei ein Gesamtzufluss von ca. 1800 m³/d (21 L/s) über Bachläufe von HB3D1846 berechnet wird. Mit bespannten Teichen im Ausgangszustand 1846 kommen in HB3DRUHE obige Grundwasserabsenkungen bis zum Jahr 2011 zustande. In HB3DRUHE sind keine Quarzsandgruben programmiert. Der ursprüngliche hydraulische Zustand aus dem Jahr 1846 ist mit vernässten Flächen entlang der Landstraße 581 und im näheren Umfeld der Hostenmühle verbunden.

Im folgenden Kapitel werden die hydraulischen Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Gewinnungsteiches für den Systemzustand 'Endsee' beschrieben.



6 **Hydraulische Auswirkungen der geplanten Erweiterung**

Die prognostizierte maximale Grundwasserabsenkung gegenüber dem Systemzustand 2011 wird sich auf 2,5 m im Nahbereich der Erweiterung entlang der Südufer des Endsees und auf geringfügige Grundwasseranstiege entlang der Nordufer um wenige Dezimeter beschränken. Anlage 1.3 zeigt die modellierten Grundwasserabsenkungsgleichen und Grundwassererhöhungsgleichen aus HB3D2055 relativ zum Strömungszustand in HB3D2012, Anlage 1.3B relativ zu den Feuchtgebieten 2011. Anlage 1.3C zeigt die GWS-Flurabstände aus HB3D2055 mit Endsee.

Der Seewasserspiegel ist in HB3D2055 so eingestellt, dass Auswirkungen auf Schutzgüter im Abstrom, ganz besonders im Bereich der Hostenmühle, möglichst gering gehalten werden, die bisherige Wasserversorgung abstromiger Feuchtgebiete erhalten bzw. noch verbessert werden kann und die GWS-Absenkung möglichst außerhalb der NSG-Teilgebiete mit geringem GWS-Flurabstand liegt.

Der Abbau in der Nordosterweiterung wird so gestaltet, dass starke hydraulische Verbindungen zum Urstromtal rechtzeitig erkannt werden und bei Bedarf beseitigt werden können. Der Abbau verläuft also zunächst in nordöstliche und erst anschließend in nordwestliche Richtung. Die Einstellung des Seewasserspiegels ist nur dann möglich, wenn keine starke hydraulische Verbindung zwischen Teichwasserkörper und Urstromtal vorliegt. Mit obiger fettgedruckter Zielvorgabe liegt der optimierte, mittlere Seewasserspiegel im Gewinnungsteich bei:

105,5 mNN

Die Auslaufbauwerke des Gewinnungsteiches orientieren sich an obigem Seewasserspiegel und einer Wasserspiegelschwankung von $\pm 0,15$ m für die Retention. Sie sind erst dann zu dimensionieren, wenn ihre Position und Anzahl festgelegt worden ist. Geplant ist vorerst das Auslaufbauwerk MP 3 Nord, das weiterhin Wasser in das Flachmoor Wolsche Teichwiesen fließen lässt und ein zusätzliches Auslaufbauwerk westlich MP 15, das in Richtung östlicher Peickwitzer Teiche Wasser ableiten könnte. Die Breite der Auslaufbauwerke wäre in der Detailplanung so zu berechnen, dass der maximale Seewasserspiegelanstieg auf 105,65 mNN begrenzt bleibt, nämlich der Geländehöhe im Bereich Erlenwiesen Nordufer Südweiterweiterung. Diese Geländehöhe sollte im Laufe des Abbaus alle 5 Jahre mittels Vermessung geprüft werden.



6.1 Erhöhung der Retention

Die Schwankung des Seewasserspiegels sollte nicht mehr als $\pm 0,15$ m betragen. Ein Anstieg um 0,15 m in dem ca. 110 ha großen Endsee entspricht einer Retention von 165.000 m³ Wasser.

Im Zeitraum vom 05.07.2012, 19:00 Uhr bis 11.07.2012, 1:00 Uhr registriert der Abflusspegel MP 1 ein extremes Hochwasserereignis mit einem Interflow (Qi) von 58.000 m³ nach 41 mm/h Starkregen. Der Abfluss würde den geplanten Retentionsraum im Endsee zu ca. 30 % füllen. Der Seewasserspiegel würde um ca. 5 cm ansteigen.

Der geplante Endsee besitzt nach Endaussandung eine ausgesprochen hohe Retention, um Hochwässer in dem relativ kleinen Einzugsgebiet des MP 1 zurückzuhalten. Die geplante Erweiterung des Gewinnungsteiches führt zu einer sehr deutlichen Vergrößerung der Retention. Im Bereich der Erweiterungsflächen wird die ohnehin schon hohe Retention der sandigen Flächen um den Faktor 20 erhöht, bei Annahme von 5 % effektiven Porenvolumen in den erdfeuchten Quarzsanden.

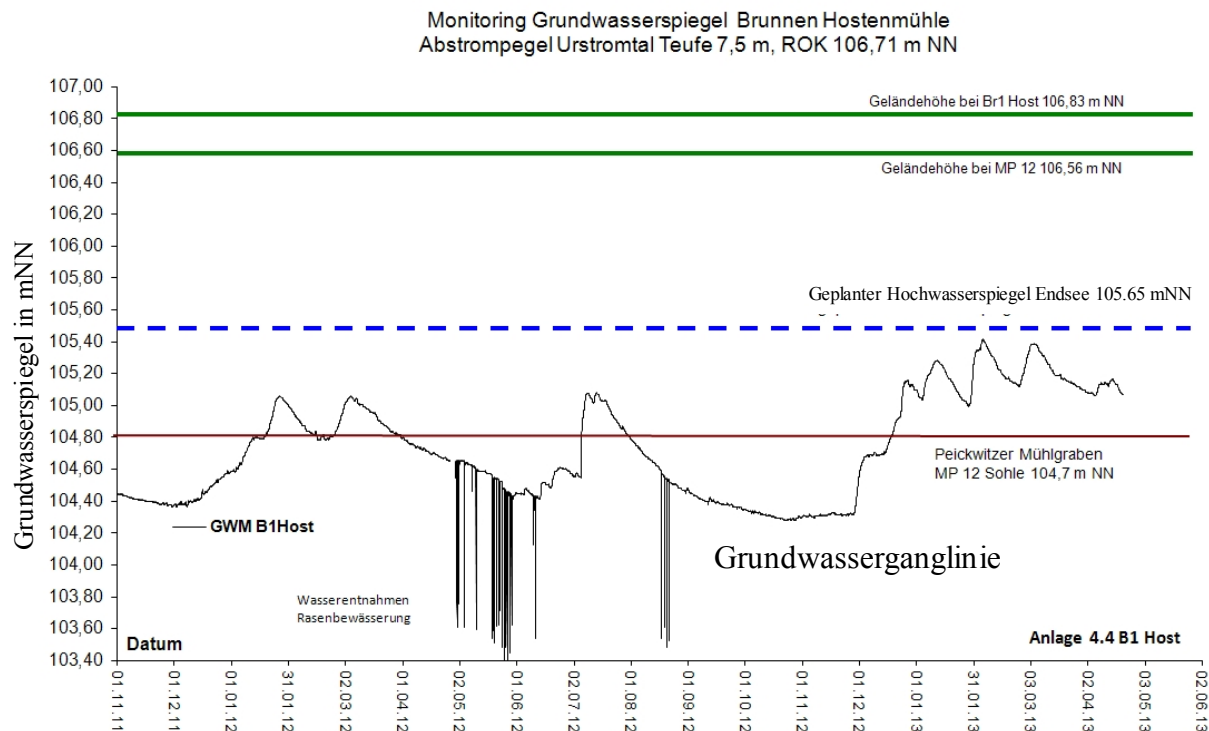
6.2 Auswirkungen im Abstrom der Erweiterungsflächen

Nachdem die Aufsichtsbehörden nachdrücklich auf die Schutzwürdigkeit der Gebäude der Hostenmühle hingewiesen haben, wird bei der Optimierung des Seewasserspiegels besonderes Augenmerk auf möglichst geringe bis keine hydraulischen Auswirkungen auf die Hostenmühle gelegt. Anlagen 1.3 (1: 5.000) und 1.3B/C (1: 10.000, Feuchtgebiete) zeigen die prognostizierten worst-case-GWS-Anstiege (2055) relativ zum Systemzustand 2011/12.



6.2.1 Hostenmühle

Im Bereich der Hostenmühle schwankt der Grundwasserspiegel im niederschlagsreichen Jahr 2012 zwischen 104,4 mNN und 105,1 mNN (Anlage 1.3).



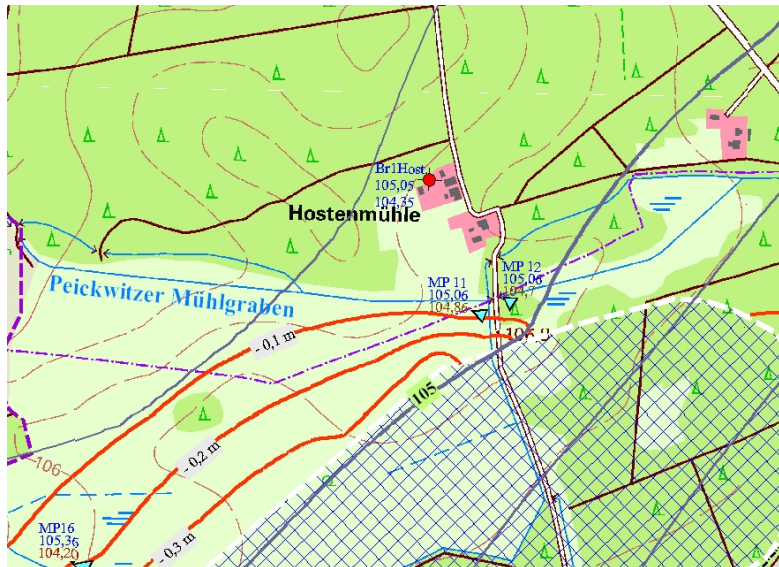
Der Grundwasserspiegel im Bereich Hostenmühle liegt unter dem geplanten Hochwasserspiegel des Endsees.

Zwischen Hostenmühle und Südufer Endsee verläuft der Peickwitzer Mühlgraben als 1,9 m tiefer Meliorationsgraben nahe der Hostenmühle. Die Grabensohle wird bei 104,7 mNN eingemessen. Der Graben wirkt als Drainage und leitet vorwiegend im Winterhalbjahr Grundwasser aus Süden nach Westen ab. Die Grundwasserabsenkung im Urstromtal verursacht im Sommer ein Trockenfallen des Grabens.

Im Bereich der Gebäude der Hostenmühle ist keine Veränderung des Grundwasserspiegels zu erwarten, da der Peickwitzer Mühlgraben seine Funktion als Drainage Graben mit 104,7 mNN Sohle beibehält. Im Hochwasserfall würde der Teichwasserspiegel auf maximal 105,65 mNN ansteigen. Das Gelände der Hostenmühle liegt zwischen 106,6 mNN und 106,8 mNN und somit 1,05 m bis 1,15 m über dem geplanten, höchsten Seewasserspiegel.

Wie bereits erwähnt sollte der Endsee zur Hostenmühle ausreichend Abstand halten.

Bei ausreichendem Abstand wird die Gefahr von Grundbrüchen entlang des Bachbetts des Peickwitzer Mühlgrabens verringert.



Bei Annäherung der Hostenmühle durch die Nordwesterweiterung wird der Peickwitzer Mühlgraben mehr Wasser führen.

6.2.2 Hostenwiesen direkt südlich der Hostenmühle

In den Wiesenflächen zwischen Nordufer der Nordwesterweiterung und Peickwitzer Mühlbach steigt in HB3D2055 der Grundwasserspiegel um ca. 20 cm an (Anlage 1.3). Der Grundwasserspiegel liegt dann bei ca. 105.4 mNN, das Gelände bei 106,5 mNN bis 107 mNN gemäß TK in Anlage 1.3. Der prognostizierte Grundwasseranstieg um 20 cm wird keine großflächige Vernässung der Wiesen erzeugen.

6.2.3 Zunahme der Wasserabgabe des Gewinnungsteiches

Nach Beendigung der Sandgewinnung kann der ‚Endsee‘ Wasser an den Kreygraben, an die Hasenteiche und an den Peickwitzer Mühlgraben über diverse Auslaufbauwerke



abgeben.

Dabei wird sich die Gesamtwasserabgabe des Endsees, verglichen mit der Wasserabgabe im Monitoringzeitraum (MQ 40 L/s, neue Daten aus Messzeitraum 2011 bis 2019) maximal verdoppeln. Der Endsee hat sich dann quasi das Einzugsgebiet des Abflusspegels MP1 Kreygraben (MQ: 65 L/s) fast vollständig einverleibt samt diverser Teileinzugsgebiete der Peickwitzer Teiche und des Peickwitzer Mühlgrabens (gesamt MQ: ca. 4 L/s).

Nachträglich eingefügter Auszug aus dem Monitoringbericht 2019: Für den Monitoringzeitraum 2011 bis 2018 sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen der drei Abflusspegel in folgender Tabelle zusammengefasst.

01.10.2011 bis 11.12.2018	MP1	MP 2	MP 3 bis 2015
km ² Einzugsgebiet	14.0	4.0	9.0
HHQ l/s	454.3	388.1	74.4
HHQ l/(s*km ²)	32.4	97.0	8.3
MHQ l/s	91.3	28.9	44.3
MQ in l/s	65	10	40
MQ (l/s*km ²)	4.6	2.4	4.5
MNQ l/s	44.5	3.7	29.0
MNQ l/(s*km ²)	3.2	0.9	3.2
NNQ l/s	1.6	0.0	19.4

Im Jahr 2015 wird MP3 vom Tagebau überfahren und stillgelegt.

Der Grundwasserbegleitstrom (Kap. 5.5.2), den HB3D mit ca. 1650 m³/d, (19 L/s) berechnet, strömt letztendlich über die Auslaufbauwerke ab. Voraussetzung ist ein vollständig abgedichteter Seeboden im Abstrombereich des Endsees mit klimatischen Randbedingungen wie im Messzeitraum des Monitorings (2011 bis 2018). Der mittlere Abfluss des Endsees (MQ-Wert) beträgt dann 88 L/s (65 L/s + 4 L/s + 19 L/s), wenn der Seeboden im Grundwasserabstrom vollständig abgedichtet ist. Ohne Abdichtung des Seebodens im Abstrom würde die mittlere Wasserabgabe (MQ) von 40 L/s auf ca. 70 L/s (65 L/s + 4 L/s) ansteigen. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dass der See nicht verlanden wird und sich nicht im Grundwasserabstrom abdichtet, zumal bereits im Jahr 2012 ein bis zu 0,5 m mächtiges Teichsediment im Gewinnungsteich vorhanden ist, das aus Kohleton aus der Sandaufbereitung besteht (Kap. 8.2.2).

An der Verdunstung ändert sich in der Wasserbilanz wenig, denn der Endsee ersetzt vorwiegend Feuchtflächen mit hohen Grundwasserständen, deren Verdunstung heute



ähnlich hoch ist wie die des Endsees (Kap. 4.2.2).

In den beantragten Erweiterungsflächen steht das Grundwasser heute geländenah und erzeugt eine maximale Evapotranspiration. Die Abflusswerte aus obiger Tabelle sind somit auch für den Systemzustand ‚Endsee‘ repräsentativ, wenn gleiche klimatische Randbedingungen bezüglich der Evapotranspiration vorliegen. In folgender Tabelle wird die Veränderung der Verdunstung (aET) im Zuge des Abbauvorhabens ermittelt. Die Werte sind der Fachliteratur entnommen.

Flächennutzung im Bereich des Gewinnungsteiches	Mittlere aET mm/a	Flächenanteil 2012 in %	Endsee Anteil %
Wasserflächen Tiefland Brandenburg und Sachsen	718	30	100
Wälder grundwassernah	600	25	
Wiesen zur Futtergewinnung	490	5	
Bewachsene Feuchtflächen	780	40	
Gesamtverdunstung mm/a:		702	718

Die Verdunstung nimmt um ca. 2 % (16 mm/a) zu. Bei einer Endseefläche von 1.1 km² entspricht die Verdunstungs-Zunahme ca. 18 000 m³/a (0,5 L/s). Die Verdunstungszunahme wird aus den zufließenden Bach- und Grundwasser (max. 88 L/s) gedeckt und macht ca. 0,5 % in der Gesamtwasserbilanz aus.

Die Auslaufbauwerke werden zeitgemäß auf die maximalen Abflüsse im Hochwasserlastfall so ausgelegt, dass der Seewasserspiegel im Hochwasserfall HQ(100) die 105,65 mNN Marke nicht überschreitet (siehe auch Kap. 6.1).

6.2.4 Zusätzliches Auslaufbauwerk Richtung Hasenteiche

Einhergehend mit der Grundwassererschließung des wachsenden Gewinnungsteiches steigt sowohl der Grundwasserzufluss als auch die Grundwasserdurchströmung des Seewasserkörpers langsam an. Ein zweites Auslaufbauwerk, das verstärkt Wasser in die östlichen Peickwitzer Teich (Hasenteiche) ableitet, könnte zur Wasserversorgung von kleineren Wasserflächen in den östlichen Peickwitzer Teichen dienen und wird empfohlen (Kap. 5.7, Anlage 1.3C). Für die Wasserableitung würde sich der Bachlauf

90

serspiegelanstieg von ca. 0,1 m in den Erlenwiesen, zwischen Erlenteichgraben und Seeufer (Anlage 1.3). Hier würde das Grundwasser bis zur GOK ansteigen. Andererseits kann die Wiese durch Wasserabsenkung im Erlenteichgraben trocken gehalten werden. Die Geländehöhe begrenzt hier den maximalen Seewasserspiegel und wäre bei Zeiten hinsichtlich Setzungen zu vermessen. Aus dem Endsee sickern in HB3D2055 ca. 4 L/s in den Erlenteichgraben. Auch hier könnte ein zusätzliches Auslaufbauwerk bei Bedarf entstehen.

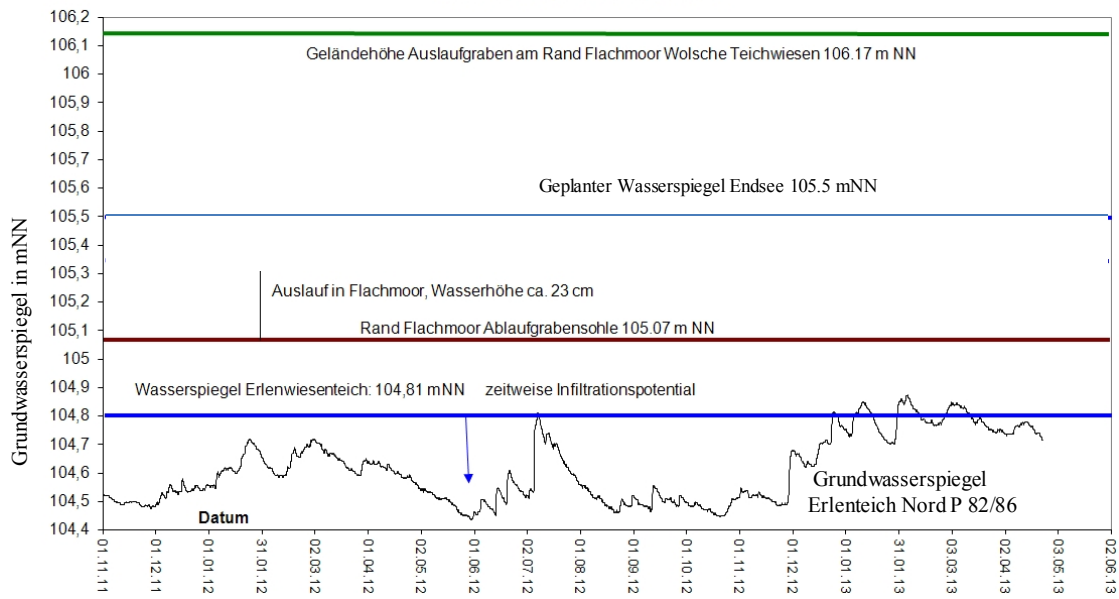


6.2.6 Erlenteich

Die Versorgung des 'Flachmoor Wolsche Teichwiesen', des Erlenteiches und der nordwestlichen Peickwitzer Restteiche mit Wasser aus dem Gewinnungsteich kann beibehalten werden. Das Auslaufbauwerk MP 3Nord (Anl. 1.3C) wäre ca. 60 m nördlich des Abflusspegels MP 3 am künftigen Uferrand des Endsees einzurichten.

Ingenieurbüro Auernheimer
Schwaigerstr. 17-19
92224 AmbergMonitoring Grundwasserspiegel P 82/86
Erlenteich Nordrand, Abstrompegel, Rand Urstromtal
Teufe 24,90 m, DOK 105,89 m NN

Anlage 4.4 P82/86



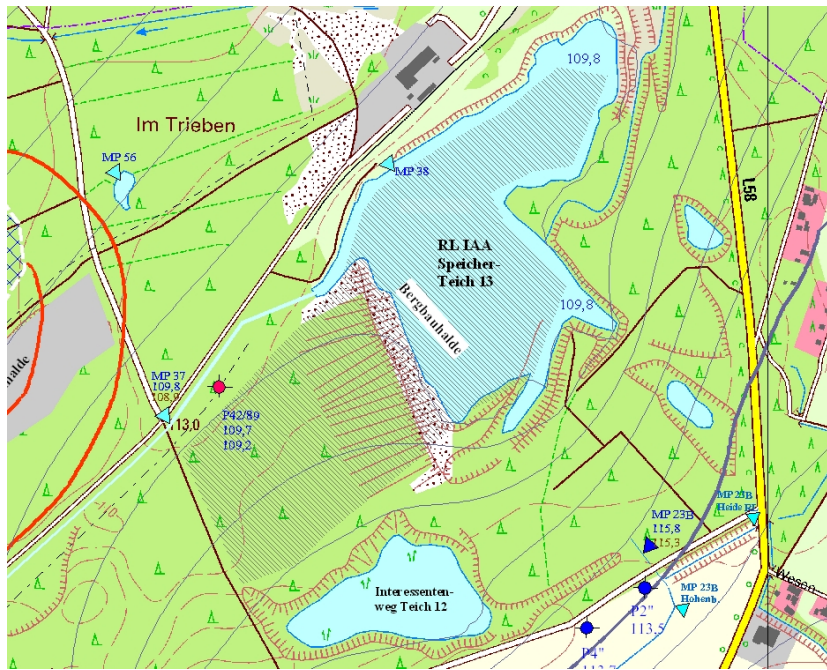
Wasserspiegel- und Geländehöhen am Rand des Flachmoors Wolsche Teichwiesen und Erlenteich

6.3 Auswirkungen im Anstrom der Erweiterungsflächen

Anlagen 1.3 (1: 5.000) und 1.3B/C (1: 10.000, Feuchtgebiete) zeigen die prognostizierten worst-case-GWS-Absenkungen (2055) relativ zum Systemzustand 2011/12.

6.3.1 Speicherteich 13

Der Wasserstand im IAA Teich 13 bleibt während der geplanten Überschüttung mit Abraum aus dem TGB erhalten, da ausreichend Zuflüsse aus dem südlichen Einzugsgebiet vorhanden sind und der Teichwasserspiegel weiter fest eingestellt ist.



6.3.2 Interessantenweg Teich 12

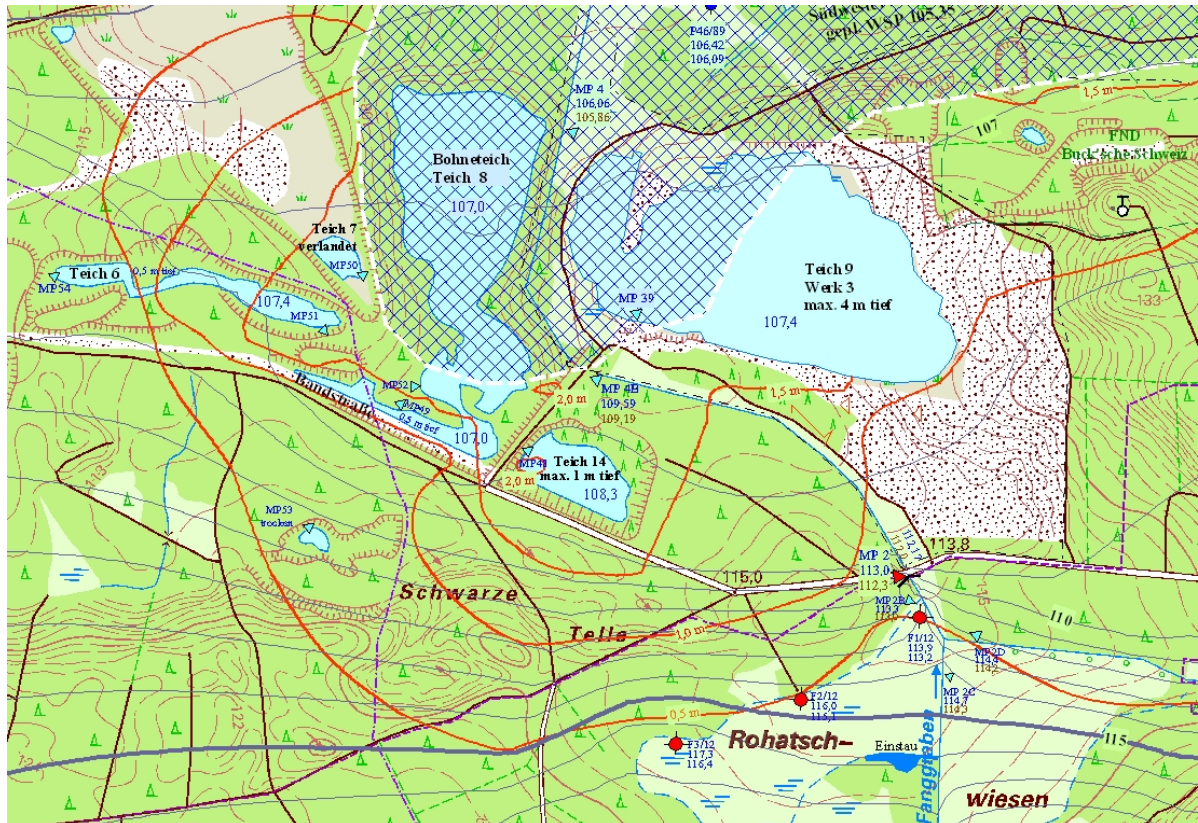
Im Interessantenweg Teich 12 werden Wasserspiegelschwankungen wie bisher erwartet solange weiterhin keine Zuflüsse über Oberflächengewässer existieren. Der Teichwasserspiegel reagiert im Modell geringfügig auf die Lage der südlichsten Wasserflächen des Speicherteiches die in einem möglichst langen Zeitraum langsam mit Abraum überschüttet werden sollten. Im Modell entstehen keine Veränderung des WSP in Teich 12 wenn die Wasserflächen in Teich 13 wie in Anlage 1.3 dargestellt erhalten bleiben, was mittels Monitoring überwacht und geprüft werden sollte.

6.3.3 RL Teich bei MP 56, RL Teich 6, RL Teich 7 und RL Teich 14

Im kleinen Restloch bei MP 56, östlich der Nordosterweiterung fällt der Wasserspiegel um ca. 30 cm. Das Restloch ist ohne Zuflüsse und dient u.a. als Wildbad für die Wildsau. Es könnte bei Bedarf auch maschinell vertieft werden.

Die Restlöcher Teich 6, Teich 7, Teich 14 und 'südlicher Anhang Bohneteich' fallen in HB3D2055 trocken (Anlage 1.3).

Mittels gedrosselter Umleitung von Bachwasser aus dem Fanggraben bei MP 2 in Richtung Teich 14 und Dammschüttungen am Südrand des Bohneteiches (Anl. 1.3C) könnte der Wasserspiegel in den Teichen südlich der Südweiterweiterungen temporär hoch gehalten werden. Für die ganzjährige Stabilisierung der Wasserspiegel wären wasserundurchlässige Teichsedimente Voraussetzung.



6.3.4 Bohneteich und Teich 9 Werk 3

Der Bohneteich wird vom Tagebau überfahren. Hier sinkt der Wasserspiegel um ca. 1,7 m von 107,0 mNN (2012) auf 105,35 mNN. Im Teich 9 Werk 3 sinkt der Wasserspiegel um ca. 2,1 m von 107,58 mNN (2012) auf 105,5 mNN. Aufgrund der 2012 gemessenen maximalen Wassertiefe von 4 m bleiben kleinere Wasserflächen zwischen zahlreichen Sandinseln zurück.



6.3.5 Rohatschwiesen im Bereich Fanggraben

Für den nordwestlichsten, sandigen Streifen der Rohatschwiesen im Bereich Fanggraben wird eine Grundwasserabsenkung von ca. 50 cm im worst case vorhergesagt. Sie könnte durch Wasserumleitung aus dem Fanggraben in die vorhandenen Meliorationsgräben erst dann kompensiert werden, wenn dieser Teil der Rohatschwiesen nicht mehr zur Futtererzeugung genutzt wird. Zur Beweissicherung sind seit 2012 drei GWM mit Datensammlern eingerichtet. Der Abflusspegel MP 2 zeichnet langfristig die Abflüsse aus den Rohatschwiesen auf, die möglicherweise für die Kompensation der berechneten Grundwasserabsenkung in den Rohatschwiesen und die Wasserversorgung von Teich 14 genutzt werden könnten.

6.3.6 Bachlauf zwischen MP 2 und MP 4B, Südrand Teich 9 Werk 3

Im Monitoringzeitraum 2011/2013 versickert bei Trockenwetter das Wasser zwischen MP 2 und MP 4B vollständig und strömt dem Teich 9 unterirdisch zu, aus dem es mittels Pumpvorrichtung in den südlichen Teil des Bohneteiches befördert wird.

Eine Bewässerung von Teich 14 mit Bachwasser ab MP 2 wäre nur in einem abgedichteten Graben machbar.

6.3.7 Hohenbocka

Die Grundwasserstände in Hohenbocka werden nicht signifikant von der geplanten Erweiterung beeinflusst. Das Modell berechnet eine Grundwasserabsenkung durch den Endsee, die unter 30 cm liegt bei einer natürlichen GWS-Amplitude von $\pm 1,0$ m in GWM 4549/6000 in Hohenbocka Vorstadt.

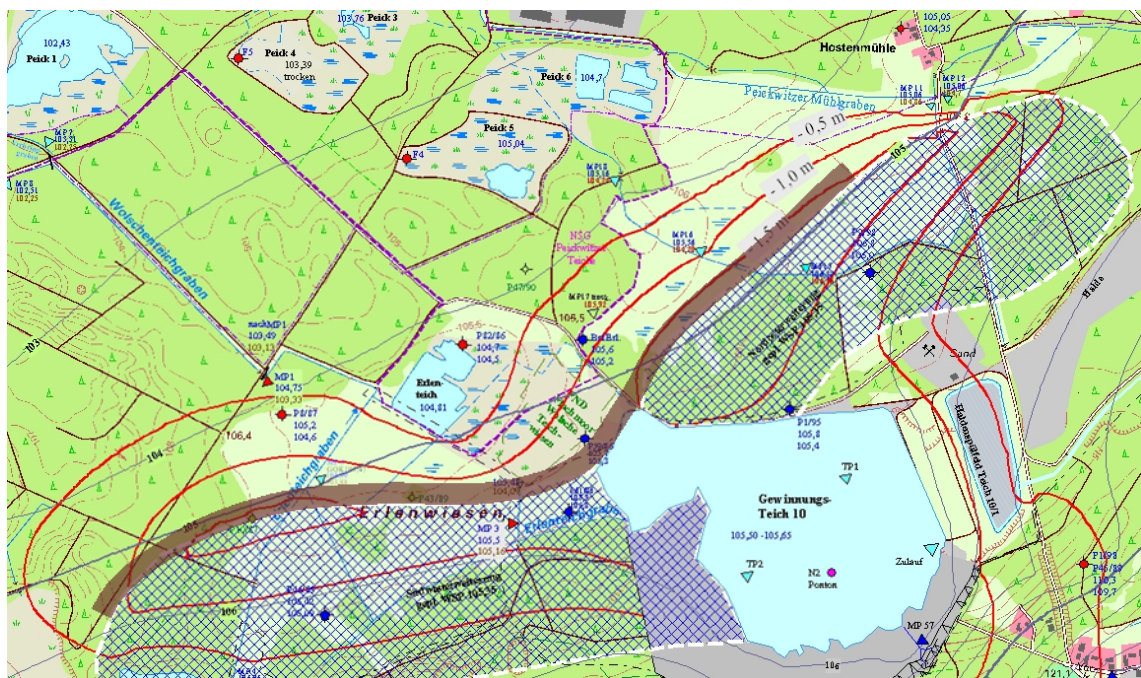
7 Untersuchte Endseevarianten zur Minimierung der Auswirkungen

Prinzipiell könnte mittels Stehenlassen von Dämmen zwischen mehreren Abbauschritten und der Herstellung mehrerer Gewinnungsteiche ein Anstieg der so getrennten Seewasserspiegel nach Süden und damit eine geringere Grundwasserabsenkung im Süden erreicht werden. Da die Quarzsande durchlässig sind müssten ca. fünf jeweils 40 m breite Dämme aus gewachsenem Sand für 2 m Wasserspiegelanstieg Richtung Süden stehen bleiben. Dies würde ca. 70 % Rohstoffverluste erzeugen, da die Dämme unter Wasser bis zum Seeboden in 20 m Tiefe flach abzuböschten wären.

Die Einschränkung des Abbaus in Richtung NW wäre ebenso mit Rohstoffverlusten verbunden.

Der Bau von kleineren, künstlichen Dämmen wäre kostenintensiv. Die Dämme würden außerdem eine geringe Wirkung haben, wenn sie seitlich umströmt werden.

Ein modelltechnisch eingedeichter Endsee mit freiem Wasserspiegel, ohne Auslaufbauwerke und ohne dichte Sedimente im Abstrom steigt in HB3D205_{max} auf ca. 106,7 mNN an. Der Wasserspiegel würde im Bereich Erlenwiesen ca. 1,0 m über GOK hinter einem breiten Deich liegen und wetterbedingt um ca. $\pm 0,2$ m schwanken.

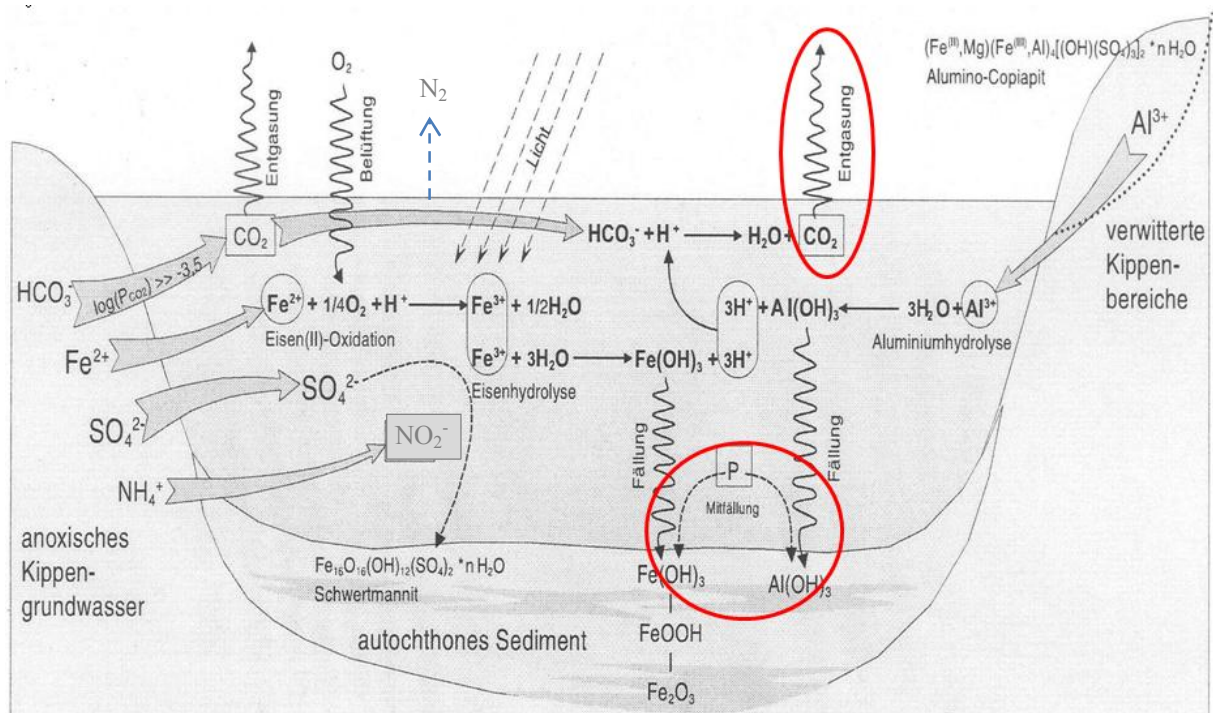


Starker Grundwasseranstieg bei freiem Wasserspiegel im eingedeichten Endsee, HB3D205_{nat}.

Entlang der nördlichen Ufer müssten ausreichend breite Deiche vorhanden sein – bautechnisch ist dies kaum machbar. Der zunächst abflusslose Endsee würde die höchsten Grundwasserspiegelanstiege entlang der Nordufer und immer noch ca. 1,0 m Grundwasserabsenkungen im südlichen Anstrom erzeugen, mit ähnlichen Auswirkungen auf die Restlöcher wie in Kapitel 6.3 beschrieben. Die Restlöcher südlich des Bohneteiches fallen auch in HB3D205 $_{max}$ trocken. Das Potenzial für die Pyritoxidation im Grundwasseranstrom des Endsees wäre deutlich geringer und im Grundwasserabstrom deutlich höher, da mehr sauerstoffreiches Seewasser in die Grundwasserleiter abstromig infiltrieren würde.

8 Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen

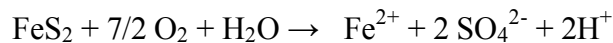
Im Untersuchungsraum sind die Gewässer aufgrund des ausgedehnten Braunkohletagebaus bereichsweise stark versauert. Im Folgenden wird kurz auf den Prozess der Versauerung und deren Auswirkungen auf den Gewinnungsteich eingegangen. Details zur Versauerung durch den Braunkohletagebau und die Auswirkungen auf die Limnologie der entstehenden Tagebauseen können u.a. im [12, 14] nachgelesen werden.



Chemismus stark versauerter Tagebauseen mit P-, N- und C-Mangel [12] mit 'autochthonem Sediment' (eigenbürtiges Sediment, das sich im See durch Sedimentation von Biomasse langsam aufbaut)

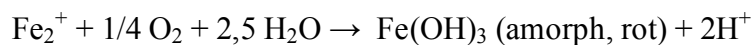
8.1 Versauerung der Gewässer

Im Laufe einer anhaltenden Grundwasserabsenkung kann Sauerstoff in vorher sauerstofffreie Grundwasserleiter vordringen. Pyrit- und markasithaltige Grundwasserleiter und Bergbauhalden können durch Sauerstoffeintrag und folgender Oxidation von Pyrit und Markasit hohe Konzentrationen an Schwefelsäure und Eisenionen im Grundwasser und im Haldensickerwasser freisetzen (Sulfidazidität, WISOTZKY 1994).



Die Oxidation der Sulfide kann durch das aerobe, chemoautotrophe Bakterium *Thiobacillus ferrooxidans* um den Faktor 100 beschleunigt werden (SINGER & STUMM 1970).

Bei der Oxidation der vorhandenen Sulfide werden zusätzlich die Eisen(II)-Ionen vollständig zu Eisen(III)-Ionen oxidiert und in Form von amorphem Eisenhydroxyd ausgefällt (Eisenazidität, WISOTZKY 1994). Dabei entsteht zusätzlich Säure.



Als Folge der Pyritoxidation werden durch die gebildeten Säuren Tonminerale und Feldspäte zersetzt und Metalle im Wasser gelöst. Der Gehalt an gelöstem Aluminium nimmt bei $\text{pH} < 5,6$ im Wasser deutlich zu und erreicht bei $\text{pH} < 5$ meist fischtoxische Konzentrationen in den Oberflächengewässern.

Bei Eintritt Fe^{2+} -haltiger Grundwässer in sauerstoffhaltige Oberflächengewässer wird Fe^{2+} zu Fe^{3+} hydrolysiert, das unter Bildung von $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ausfällt und neben der Säurefreisetzung eine Braunfärbung der Bachsedimente verursacht. Der pH-Wert fällt unter pH 3,0. Dies ist in den Bachläufen im nördlichen Abstrom des RL Heide zu beobachten, z.B. bei MP 32 Hosena und MP 33 Peickwitz. Das schwefelsaure Wasser mit hoher Leitfähigkeit (Salzgehalt) ist kristallklar, an der Bachsohle ist ein bräunlicher Belag erkennbar und der pH-Wert der Bachwässer liegt bei 2,8 (Anlage 7.5).



Braunfärbung durch Ausfällung von $\text{Fe}(\text{OH})_3$ im Abstrom des RL Heide, kristallklares Bachwasser bei MP 33 östlich der Ortschaft Peickwitz pH-Wert 2,8 Leitfähigkeit (25°): 1879 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Relativ geringen Braunfärbung durch Ausfällung von $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bei Abflusspegel MP 1, temporäre Eisenazidität, kristallklares Wasser mit pH-Werten zwischen 3,9 und 4,5 mittl. Leitf. (25°): 545 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

8.2 Versauerung und Neutralisation Gewinnungsteich

Im Gewinnungsteich ist die Versauerung geringer als in den umliegenden Tagebauen. Ursache ist die Zugabe von Natronlauge bei der Sandbleiche im Quarzsandwerk Hohenbocka. Im Gewinnungsteich liegt der pH-Wert im Mittel bei 4,15 und steigt im braunkohlehaltigen Teichsediment leicht an. Im Folgenden wird dies näher erläutert.



8.2.1 Wasserkreislauf Werk Hohenbocka

Anlage 3.6 zeigt den Wasserumsatz des Quarzsandwerkes Hohenbocka. Dem Werkgelände fließen im Bilanzjahr 2012 die gemessenen Abflüsse ($Q_i + Q_{uk} + Q_{ul}$) bei MP 23B, MP 46 und MP 55 in Höhe von ca. 0,76 Mio. m³/a (2082 m³/d, 24 L/s) aus dem südlichen Grundwasserspeicher zu. Der südliche Grundwasserspeicher fasst im Einzugsgebiet von MP 1 ca. 17 Mio. m³ Grundwasser (Anlage 3.7).

Die Zuflüsse bei MP 46 sind durch den ehemaligen TGB Heide stark und bei MP 28B schwach versauert. MP 28B registriert zeitweise nicht versauerte, nitratreiche Zuflüsse aus den landwirtschaftlichen Flächen bei Hohenbocka. Die Ganglinien der analysierten hydrochemischen Parameter der Fließgewässer sind den Graphiken in Anlage 7.7 zu entnehmen und in Kapitel 8.4 erläutert.

Zusätzlich erhält der Gewinnungsteich aus der Nordböschung am Südufer bei MP 57 einen stark versauerten (pH 3,5, Al 4,8 mg/L - 8,6 mg/L) Grundwasserzufluss von ca. 0,1 Mio. m³/a. Das Grundwasser tritt aus den braunkohlehaltigen, schluffigen, tonigen Lagen aus, die einem pyritartigen Restvorkommen des 2. Lausitzer Flöz am Nordrand der Stauchendmoräne zugeordnet werden können.

Aus der Wasserbilanz des Abflusspegels MP 3 lässt sich ein unterirdischer Grundwasserzufluss in die Teiche der Quarzsandwerke berechnen, der anschließend am Pegel MP 3 abfließt und im Bilanzjahr 2012 bei ca. 0,22 Mio. m³/a liegt.

HB3D2012 berechnet außerdem die Grundwassermenge, die nach Norden entlang der Linie MP 3 – Verwaltungsgebäude Quarzwerke abströmt. Es handelt sich um den Grundwasserabstrom Richtung Urstromtal, der durch die Teiche der Quarzsandwerke von Süden nach Norden fließt. Die Grundwasserdurchströmung der Teiche ist von der Teichtiefe und der Ostwesterstreckung des jeweiligen Teiches und dessen Abdichtung durch bindige Teichsedimente abhängig. Sie wird in HB3D2012 für den Wasserkörper des Gewinnungsteiches mit ca. 170 m³/d berechnet. Das Grundwasser strömt von Süden nach Norden durch den Gewinnungsteich. Der Durchstrom ist nicht mit dem

Grundwasserzufluss der Teiche zu verwechseln, der in Anlage 3.6 aus der gemessenen Wasserbilanz mit 0,22 Mio. m³/a (600 m³/d) berechnet wird und über MP 3 abfließt.

Der Grundwasseranstrom aus dem Bereich RL Heide ist versauert. Der Fremdeintrag von Säure aus Südosten über Bäche und Grundwasserzustrom wird vorläufig auf 30 % bis 50 % des gesamten Säureeintrages in den Speicherteich 13 geschätzt.

Das Quarzsandwerk nutzt den Speicherteich 13 und den Gewinnungsteich 10 als Wasserreservoir für die Aufbereitung der Quarzsande. Das System 'Teich 13 – Sandaufbereitung' führt 2012 ca. 4,2 Mio. m³ Wasser im Kreislauf, das System 'Gewinnungsteich-Sandaufbereitung' ca. 1,4 Mio. m³. Der kohletrübe Rücklauf der Sandaufbereitung in den Gewinnungsteich ist stark alkalisch (pH 9,5). Durch die Zugabe von Natronlauge wird eine weitere Versauerung des Gewinnungsteiches verhindert und der pH-Wert im Bereich 3,8 bis 4,5 (Mittelwert 4,15) gehalten.

8.2.2 Limnologische Exkursion Gewinnungsteich

Am 23.8.2011 unternehmen die Quarzsandwerke zusammen mit dem I.B.Auernheimer eine limnologische Exkursion auf dem Gewinnungsteich. Ein Taucher zieht Proben aus verschiedenen Wassertiefen und aus dem Teichsediment. Die Sedimentproben werden vom SGS Institut Fresenius analysiert (Anlage 7.8).



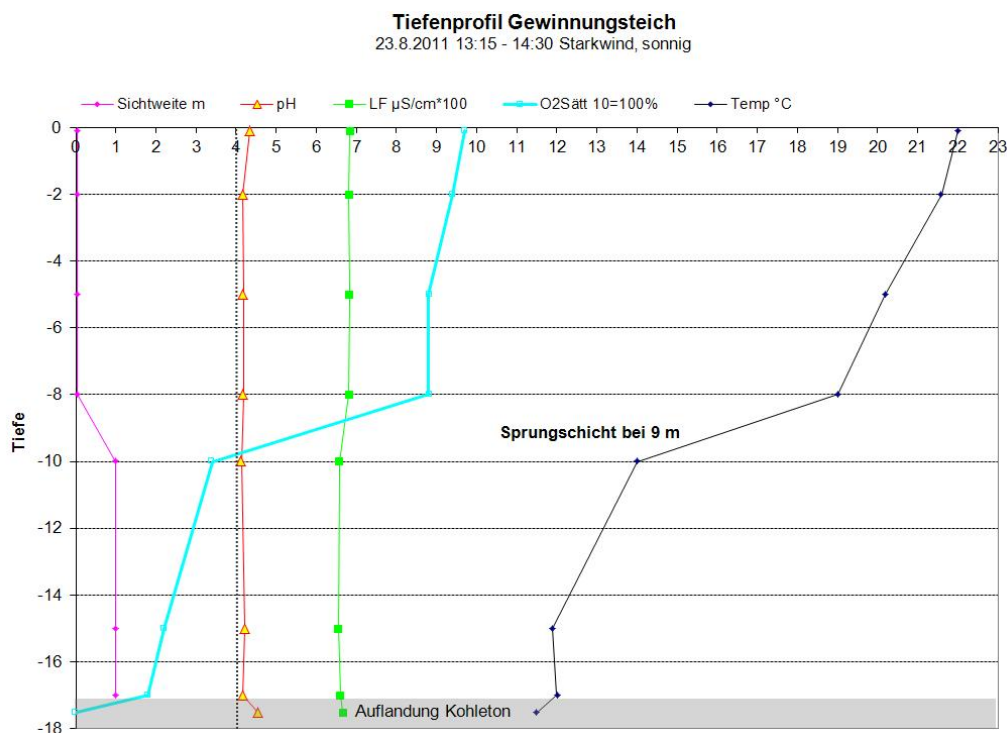


Taucher auf dem Weg zur Entnahme von Proben aus dem Gewinnungsteich

Die Messdaten zeigen das Schichtungsverhalten des Gewinnungsteiches während der Sommerstagnation bei laufender Sandaufbereitung. Dem Teich fließen während der Beprobung alkalische Wässer mit Kohletrübe aus der Sandaufbereitung zu.

Das Wasser wird in Betriebspausen innerhalb von ein bis zwei Tagen so klar, dass Sichttiefen bis zum Teichboden (20 m) entstehen können. Der Teich ist als oligotrophes Gewässer zu bezeichnen, was mit der Versauerung zusammenhängt, die zu Phosphor (P) -, Stickstoff (N) -, und Kohlenstoff (C) - Mangel im Teichwasser führt.

Am 23.08.2011 ändern sich die Leitfähigkeits- und pH-Werte nicht signifikant mit der Tiefe. Die Temperatursprungschicht liegt bei 9 m. Unterhalb der Sprungschicht nimmt die Sichtweite auf ca. 1,5 m zu.



Schichtungsverhalten des Gewinnungsteiches während der Sommerstagnation bei laufender Sandaufbereitung.

Aus der Sandaufbereitung fließen die alkalischen, kohletrüben Wässer am Ende des Betriebswasserkanals durch eine Rohrleitung in den Südwestbereich des Gewinnungsteiches und schichten sich oberhalb der Sprungschicht ein. Die Kohletrübe sinkt dann



langsam durch die Sprungschicht und bildet das Teichsediment, das in der Sedimentprobe zu ca. 30 % aus feinen Braunkohleteilchen besteht. Im vorerst relativ kleinen Gewinnungsteich wird das Teichsediment vom Saugschiff bei Standortänderung aufgesaugt und in der Vorklassierung abgeschieden. Mit zunehmender Erweiterung des Gewinnungsteiches sind Zonen mit ungestörten Teichsedimenten zu erwarten.

Im Bereich der Sprungschicht fällt die Sauerstoffsättigung von 90 % auf 30 % und erreicht im Sediment 0%. Dies deutet auf eine Sauerstoffzehrung, die vom Sediment ausgeht und zur pH-Wert-Erhöhung im Sediment führt (biogene Alkalinisierung).

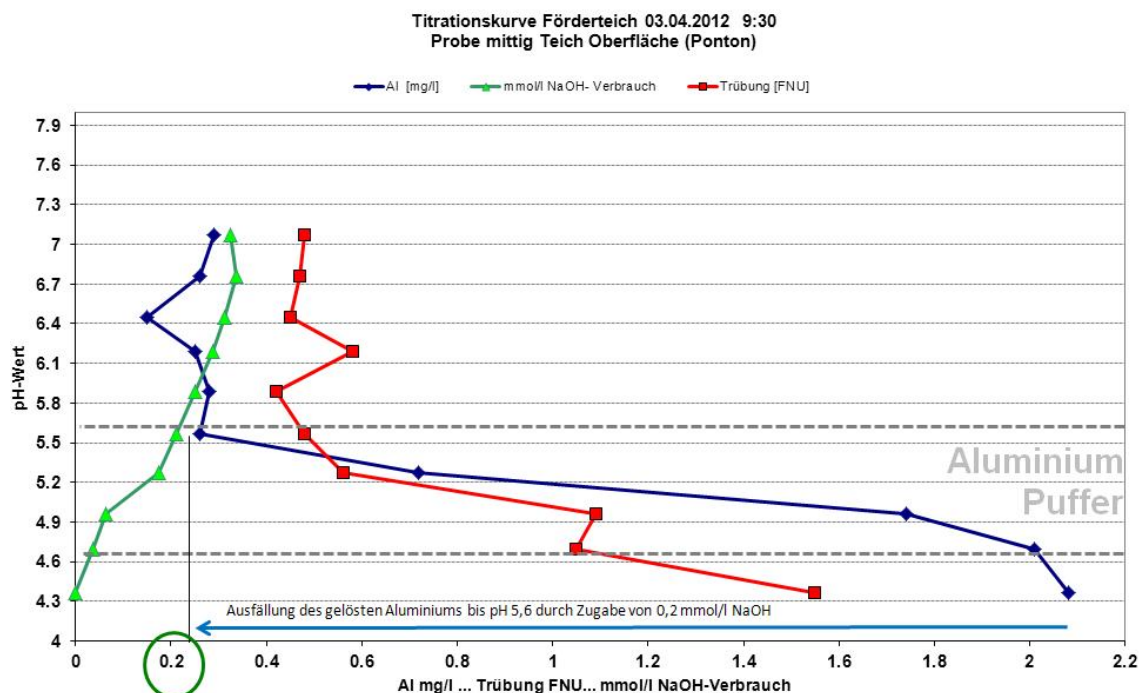
Außerdem sickert sauerstoffarmes, kühles Grundwasser aus Süden zu und schichtet sich unter der Temperatursprungschicht im Sommer ein.

Das analysierte Teichsediment zeigt hohe Aluminiumgehalte, was auf eine Ausfällung bei Durchlaufen der pH-Absenkung von pH-Wert 9,5 auf pH-Wert 4,3 deutet. Unter pH 5,6 geht Aluminium wieder in Lösung. Das Wasser im Gewinnungsteich besitzt einen fischtoxischen Aluminiumgehalt zwischen 2,8 mg/L und 1,8 mg/L.

Im Sediment des Gewinnungsteiches werden Aluminium (10.000 mg/kg), Eisen (14.000 mg/kg), Arsen (27 mg/kg), Barium (66 mg/kg), Kupfer (7 mg/kg), Mangan (41 mg/kg), Nickel (34 mg/kg), Strontium (14 mg/kg) und Zink (80 mg/kg) analysiert. Das Sediment besteht in der gewonnen Probe zu ca. 30 % aus Braunkohleteilchen und zu ca. 70 % aus Ton und Feinsand.

8.2.3 Optionen zur Neutralisation des Gewinnungsteiches

Am 03.04.2012 nimmt das Labor für Wasser und Umwelt, Bad Liebenwerda, Wasserproben aus dem Gewinnungsteich und führt im Labor aufwändige Titrations zur Bestimmung der Menge an Neutralisationsmittel durch, ab der der Aluminiumgehalt im Seewasser minimal ist. Während der Zugabe von 0,2 mmol/L NaOH fällt der Aluminiumgehalt von 2,1 mg/L auf 0,2 mg/L und erreicht ab pH 5,6 stabile Werte. Dabei nimmt die Trübe im Wasser schnell ab. Die Braunkohleteilchen werden an Aluminiumhydroxid mitgefällt. Die Ergebnisse zeigt Anlage 7.3 tabellarisch.



Ausfällung von gelöstem Aluminium durch Zugabe von 0,2 mmol/Liter NaOH in Wasserproben aus dem Gewinnungsteich.

Der Gewinnungsteich benötigt für die pH-Anhebung erheblich weniger Neutralisationsmittel als die umliegenden Restseen im ehemaligen Braunkohlerevier. Verglichen mit dem See im ehemaligen Tagebau Skado, dem Partwitzer See mit 1.103 ha Fläche und 9,2 mmol/L Neutralisationsbedarf, benötigt der Gewinnungsteich nur 0,2 mmol/L um den Aluminiumpuffer zu überwinden (Anlage 7.3).

In erster Linie bietet sich für die Aluminiumausfällung und pH-Wert-Anhebung eine Erhöhung der Zugabe von Natronlauge an. Die Anlage hierfür wäre bereits vorhanden. Es sind voraussichtlich ca. 9 g zusätzliche 50%ige NaOH pro m³ abfließendes Wasser nötig. Im Jahr 2012 könnten die ca. 1,14 Mio. m³ Abfluss aus dem Gewinnungsteich mit ca. 13 t zusätzlicher 50%iger NaOH auf pH 5,6 gehalten werden.

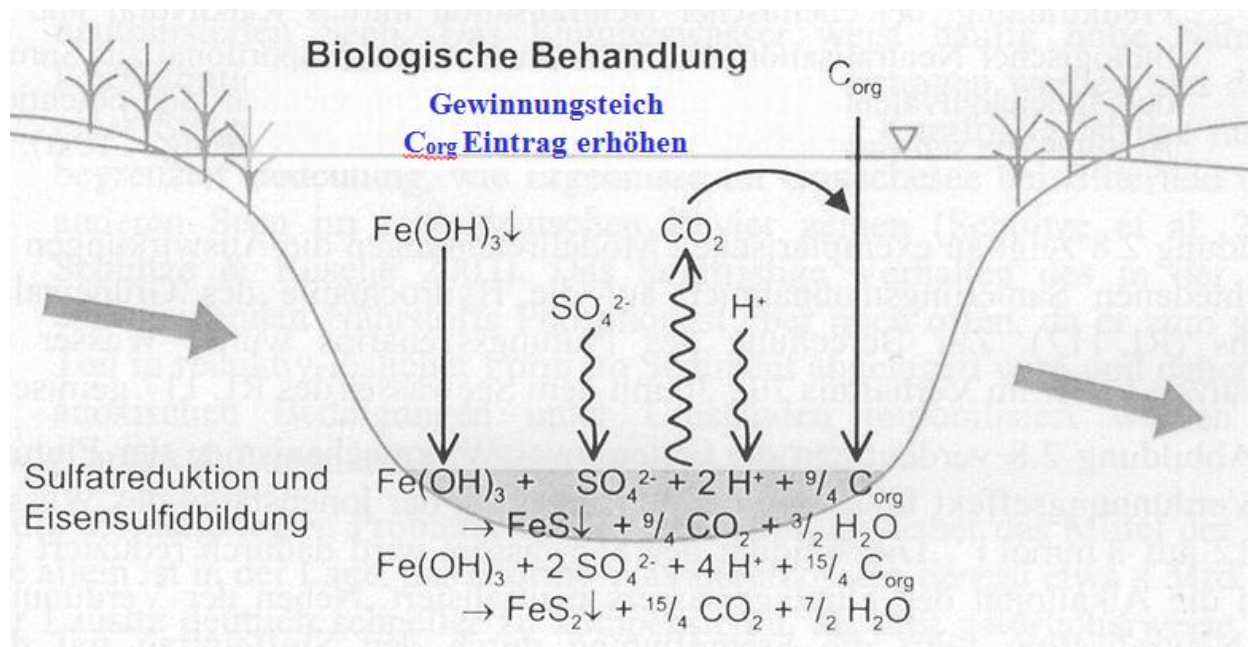
Um den pH-Wert im Gewinnungsteich einmalig von 4,2 auf 5,6 anzuheben und dabei das Aluminium auszufällen, wäre zunächst über mehrere Monate eine Gabe von zusätzlich ca. 22 t der 50%igen NaOH nötig.

Bevor mit der Überwindung des Al-Puffers begonnen wird, sollten die produktionstechnischen Auswirkungen der pH-Wert-Erhöhung von 4,2 auf 5,6 untersucht werden. Im Labor wird während der Titration der Wasserproben auf pH 5,6 eine schnelle

Abnahme der Kohletrübe gemessen.

Erste Laboranalysen (Anlage 7.8) des Teichsedimentes zeigen ein sehr weites CSB/BSB5 Verhältnis (660/2), das auf eine sehr langsame Sauerstoffzehrung im kohligen Sediment des Gewinnungsteiches schließen lässt.

Durch die Sauerstoffzehrung wird die sog. 'biogene Alkalinisierung' in Gang gesetzt. Der langsame biogene Abbau der kohlenstoffhaltigen (C-) Sedimente aus der Sandaufbereitung zehrt Sauerstoff. Im sauerstofffreien C-Sediment kann sich über die Jahre wieder Pyrit aus Schwefelsäure und Eisen bilden, es entsteht eine sog. 'Sulfatsenke' im Seewasserkörper und der pH-Wert steigt im See langsam an. Dieser Prozess ist bereits messbar und sollte für den Gewinnungsteich verstärkt werden, um die biogene Alkalinisierung weiter in Gang zu halten. Hierzu werden Feldversuche mit C-Sedimenten empfohlen.



Schema der biogenen Alkalinisierung mit Sulfatsenke im allochthonen, sauerstofffreien Sediment das im Gewinnungssee durch Sedimentation der Kohletrübe relativ schnell entstehen kann [12]. Sanierung saurer Seen, Lausitz, Video www.youtube.com/watch?v=ExXyR5qLOLA



Die wesentlichen Optionen zur Anhebung der pH-Werte in versauerten Tagebauseen sind in Anlage 7.4 zusammenfassend dargestellt.

Eine Alkalinisierung durch Fremdflutung mittels Durchleitung größerer Fließgewässer, wie z.B. im Senftenberger See, ist im Gewinnungsteich bei Einleitung der pH-neutraleren Abflüsse aus dem Einzugsgebiet des MP 2 im Winterhalbjahr und bei Hochwässern nur zeitweise in geringem Ausmaß zu erwarten.

Zur Überwindung des Al-Puffers im Gewinnungsteich bleibt langfristig in erster Linie die biogene Alkalinisierung mittels sauerstoffzehrendem C-Sediment und kurzfristig die erhöhte Zugabe von Natronlauge für die optimale Einstellung des pH-Wertes.

8.2.4 Empfehlungen zum Monitoring Hydrochemie

Gewinnungsteich

Zusätzlich zu den behördlich vorgeschriebenen, hydrochemischen Analyseparametern für den Gewinnungsteich wird eine jährliche Titration des Seewassers bis pH-Wert 5,6 empfohlen, um die Menge an NaOH zu bestimmen, die zur Ausfällung des gelösten Aluminiums im Gewinnungsteich benötigt wird.

Fließgewässer und Teiche

Die Messpunkte MP 1, MP 2, MP 3, MP 9, MP 23B, MP 46, MP 55 und MP 57 werden 2012 einem monatlichen hydrochemischen Monitoring mit Stichtagsabflussmessungen unterzogen.

Zusätzlich zum behördlich festgelegten Untersuchungsprogramm wird bis Ende 2013 Aluminium, Kupfer, Mangan, Nickel und Zink im Bachwasser gemessen.

Zur künftigen Überwachung der Fließgewässer wird eine vierteljährliche Beprobung mit Abflussmessung an obigen Messpunkten vorgeschlagen.



Die behördlich vorgegebene, jährliche Probenahme aus den Teichen 8, 9, 10 und 13 bleibt davon unberührt.

Folgende Tabelle zeigt das vorgeschlagene Analyseprogramm für Oberflächenwasser.

Bisheriges Analyseprogramm Teiche bis 2012	Vorschlag Analyseprogramm ab 2013
pH-Wert	pH-Wert
Leitfähigkeit	Leitfähigkeit
Wassertemp.	Wassertemp.
Redoxspannung	Red. u. Sauerstoffsättigung in %
abfiltr. Stoffe	abfiltr. Stoffe
Huminstoffe	Huminstoffe
CSB	CSB
TOC	TOC
Ammonium	Ammonium
Nitrat	Nitrat
Stickstoff gesamt	Stickstoff gesamt
Phosphor gesamt	Phosphor gesamt
-	ortho-Phosphat-P nach DIN EN 1189 mit 5 µg/L Nachweisgrenze
Chlorid	Chlorid
Sulfat	Sulfat
Eisen gesamt	Eisen gesamt
Eisen gelöst	Eisen gelöst
Kohlenwasserstoff-Index	Kohlenwasserstoff-Index
AOX	AOX
BTEX	- leichtflüchtig
	Aluminium gelöst
	Schwermetalle

Grundwässer

Im Laufe der Jahre werden vom Tagebau 4 Grundwasserpegel überfahren, die 2012 in das behördlich vorgegebene Monitoring eingebunden sind. Es handelt sich um die Messstellen:

P 46/89 Wasserstand monatlich

P 61/86 Wasserstand monatlich

P 1/95 Wasserstand monatlich und Gewässergüte jährlich

P 2/98 Wasserstand monatlich und Gewässergüte jährlich



Als Ersatzpegel werden die folgenden Messstellen vorgeschlagen:

Für P 46/89: P 8/87 Datensammler und Gewässergüte jährlich ab 2014

Für P 61/86 : P 82/86 Datensammler

Für P 1/95: Br.1 Erlenwiesen Wasserstand monatlich

Für P 2/98: Br.1 Host. Datensammler und Gewässergüte jährlich ab 2014

Empfohlenes Analyseprogramm Grundwasser:

Bisheriges Analyseprogramm GWM bis 2012	Vorschlag Analysepro- gramm ab 2013
pH-Wert	pH-Wert
Leitfähigkeit	Leitfähigkeit
Wassertemp.	Wassertemp.
Redoxspannung	Redoxspannung
abfiltr. Stoffe	abfiltr. Stoffe
Huminstoffe	Huminstoffe
CSB	CSB
TOC	TOC
Ammonium	Ammonium
Nitrat	Nitrat
Stickstoff gesamt	Stickstoff gesamt
Phosphor gesamt	Phosphor gesamt
Chlorid	Chlorid
Sulfat	Sulfat
Eisen gesamt	Eisen gesamt
Eisen gelöst	Eisen gelöst
Kohlenwasserstoff-Index	Kohlenwasserstoff-Index
AOX	AOX
BTEX	BTEX
	Aluminium
	Schwermetalle

8.3 Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Teiche

Die Analyseergebnisse der jährlichen Beprobung der Teichwässer zeigt Anlage 7.7 'Hydrochemie Teiche'. Die Lage der Probeentnahmestelle geht aus der jeweiligen Bezeichnung hervor und kann Anlage 1.3 entnommen werden.

pH-Werte

Die gemessenen pH-Werte deuten auf eine relativ geringe Versauerung der beprobten Teichwässer mit Schwefelsäure aus der Pyritoxidation im Vergleich zur Versauerung

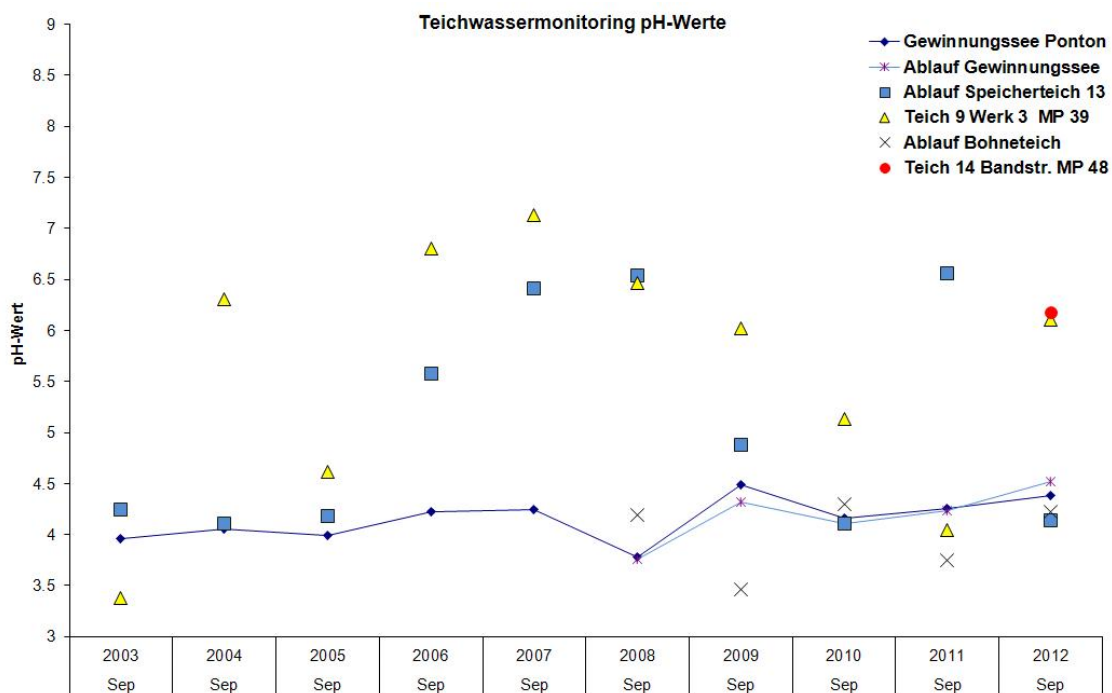


der Tagebauseen in den umliegenden Restlöchern des Braunkohletagebaus. Der Ablauf des Bohneteiches ist ähnlich versauert wie der Ablauf aus dem Gewinnungsteich. Teich 9 Werk 3 zeigt die stärkste Schwankung der pH-Werte. Grund hierfür ist die zeitlich variierende Infiltration von pH-neutralerem Bachwasser zwischen MP 2 und MP 4B, das dem Teich 9 am Südrand unterirdisch auf kurzem Weg zuströmt und den pH-Wert anhebt.

Dasselbe wird im Anstrom des Speicherteiches 13 vermutet. Die Menge der zufließenden pH-neutraleren Wässer aus Süden bestimmt den pH-Wert im Speicherteich vor allem im Winterhalbjahr. Überwiegt bei Trockenheit der Zufluss stark versauerter Grundwässer aus dem Bereich RL Heide so fällt der pH-Wert im Speicherteich 13.

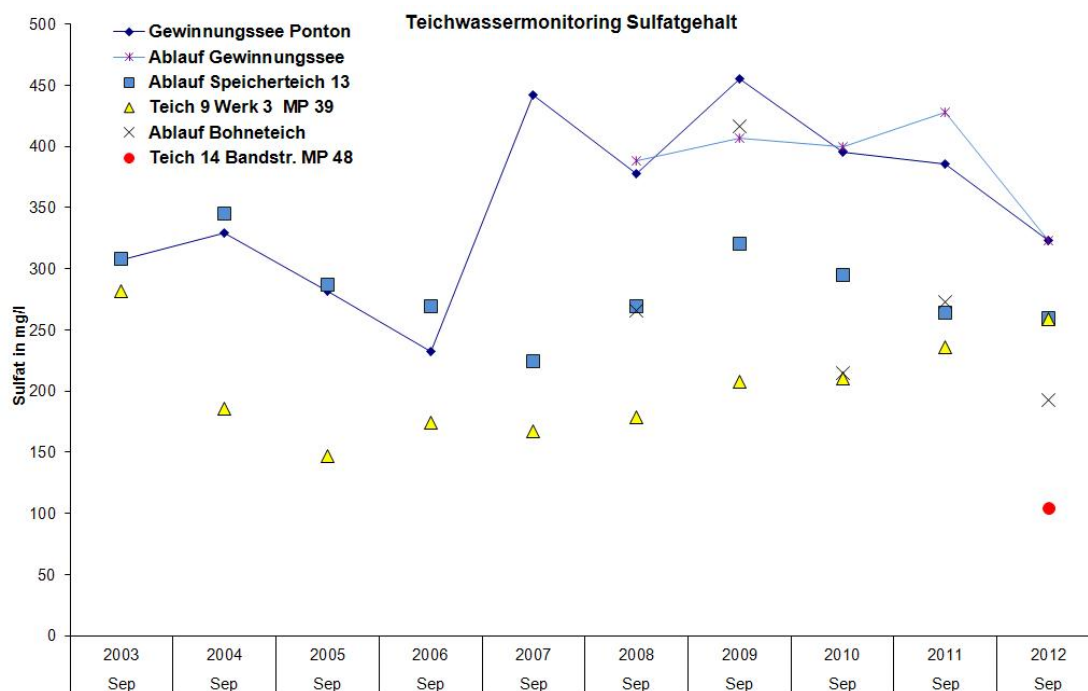
Im September 2012 wird der kleine Teich 14 mit in das Teichwassermonitoring aufgenommen. Möglicherweise hat in dem ehemaligen Badeteich eine langjährige biogene Alkalinisierung durch Nährstoffeintrag stattgefunden und den pH-Wert nachhaltig angehoben.

Das autochthone Teichsediment des ca. 1 m tiefen Teiches ist sauerstofffrei und mit Schilfrohr bewachsen. Im benachbarten Bohneteich ist das Wasser trotz Schilfgürtel versauert, hier ist wohl weniger gebadet worden.



Sulfatgehalt Teiche

Die höchsten Sulfatgehalte zeigt der Gewinnungsteich. Grund hierfür ist der Zustrom schwefelsaurer Grundwässer aus Süden und Südosten. Teich 14 besitzt den geringsten Sulfatgehalt, obwohl dem Teich kein pH-neutraleres Wasser aus Bachläufen zuströmt wie im Fall Teich 9 Werk 3 und Speicherteich 13.



Aluminium, Arsen, Barium, Kupfer, Mangan, Nickel, Strontium, Zink

Am 12.09.2012 werden obige Parameter vom Labor LWU (Anlage 7.8) zusätzlich untersucht. Die höchsten Al-Werte werden im Gewinnungsteich (2,72 mg/L) und dessen Ablauf (2,76 mg/L) gemessen, gefolgt vom Ablauf Bohneteich (1,45 mg/L) und Speicherteich 13 (0,79 mg/L).

In Teich 14 liegt Aluminium unter der Nachweisgrenze von 0,03 mg/L was als Hintergrundwert gelten sollte.

Für die Parameter Arsen, Barium, Kupfer, Nickel, Strontium werden keine Auffälligkeiten festgestellt. Zink ist mit 0,19 mg/L im Gewinnungsteich leicht erhöht. Mangan ist außer in Teich 14 (0,02 mg/L) in sämtlichen Teichen mit leicht erhöhten Mengen nachweisbar (0,5 mg/L – 1,2 mg/L).

Weitere Parameter

Für die weiteren Analyseparameter werden in den Teichwässern wetterbedingt deutliche jährliche Schwankungen analysiert, außer für Stickstoff (N)-Gesamt. Die Stickstoffwerte fallen im Laufe der Jahre in sämtlichen Teichen linear und lassen eine zunehmende Denitrifikation in den Teichen vermuten.

Im Ablauf des Gewinnungsteiches liegt der Parameter 'abfiltrierbare Stoffe' nahe 0 mg/L, während in den übrigen Teichen deutlich höhere Mengen abfiltrierbare Stoffen gemessen werden, was auf eine stärkere Biomasseproduktion in den übrigen Teichen schließen lässt.

Im Gewinnungsteich selbst ist die Menge der abfiltrierbaren Stoffe aufgrund der Kohletrübe aus der Sandaufbereitung bei Betrieb konstant hoch. Die Trübstoffe sedimentieren relativ schnell im Gewinnungsteich. Weitere Parameter werden in Kapitel 8.4 mit abgehandelt.



8.4 Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Fließgewässer

Messpunkte an den Fließgewässern sind MP 1, MP 2, MP 3, MP 9, MP 23B, MP 46, MP 55 und MP 57 (Anlage 1.3).

Neben dem behördlich festgelegten, jährlichem Untersuchungsprogramm werden 2012 die im Gewinnungsteichsediment auffälligen Parameter Aluminium, Arsen, Barium, Kupfer, Mangan, Nickel, Strontium und Zink auch in den Bachwässern vorsorglich mit analysiert.

Anfang 2013 werden die Parameter Arsen, Barium, Kupfer und Strontium wegen der festgestellten Unauffälligkeit wieder aus dem Analyseprogramm genommen.

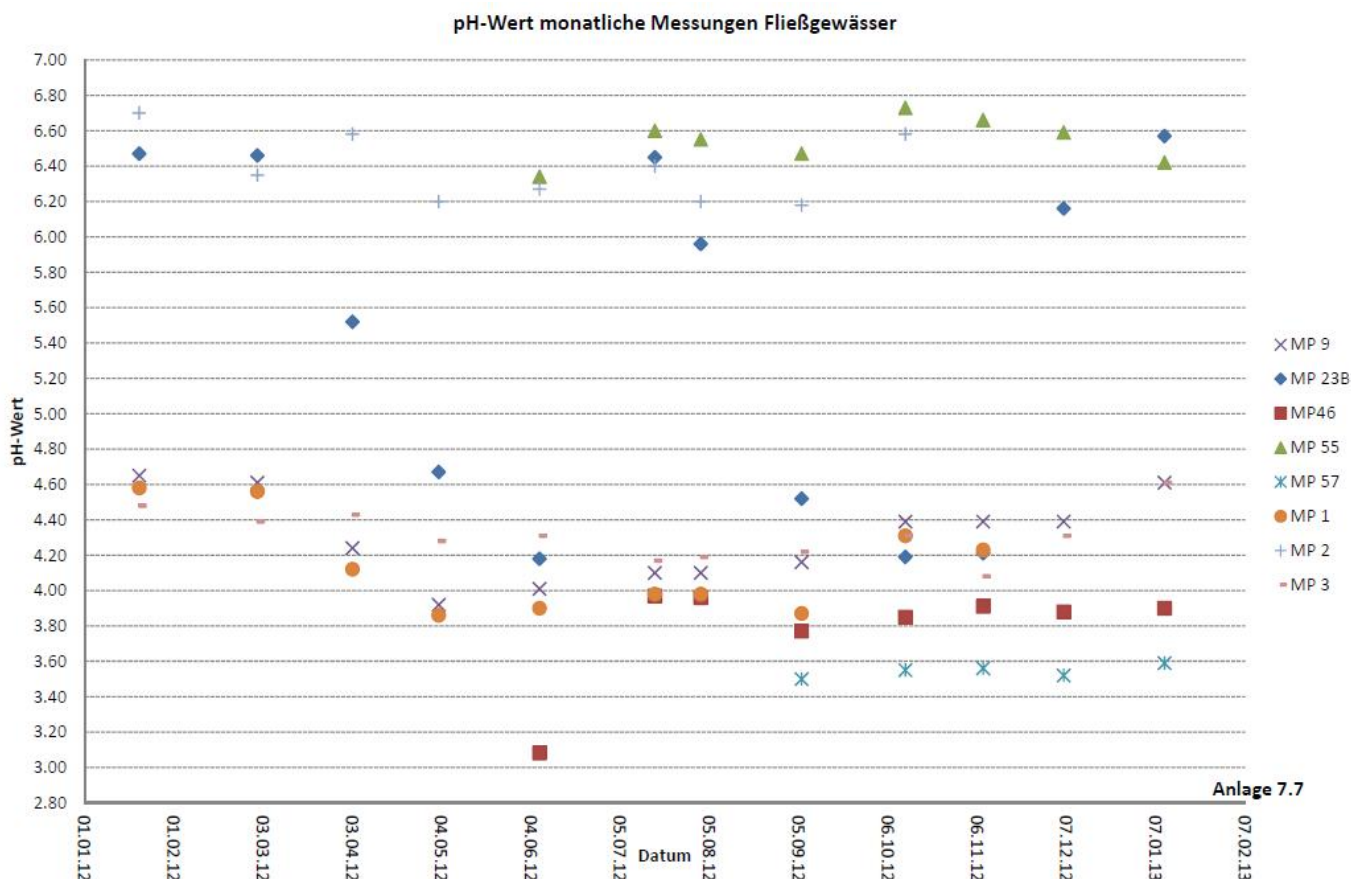
Die Ergebnisse der monatlichen Analysen zeigen die Graphiken in Anlage 7.7.

Feldparameter

Die höchsten pH-Werte werden an den Zuflusspegeln des Werkgeländes im Bereich der Stauchendmoräne bei Hohenbocka bei MP 55 und im Bereich Rohatschwiesen bei MP 2 gemessen. Sie liegen zwischen pH 6,0 und pH 6,8 und zeigen die natürlichen pH-Werte der Fließgewässer aus Einzugsgebieten mit Mergelvorkommen.

In Trockenperioden sinkt bei MP 28B der pH-Wert auf 4,2 und es dominiert der schwefelsaure Zufluss aus dem Bereich Restloch Heide.

Die niedrigsten pH-Werte zeigen die Zuflusspegel MP 46 Restloch Heide und MP 57 Kohleflöz Nordhang Südufer Gewinnungsteich mit Werten zwischen 3,1 und 3,9.



Abstromig des Gewinnungsteiches liegen die pH-Werte in den Fließgewässern zwischen 3,8 und 4,6 deutlich höher und fallen bis MP 9 im Sommerhalbjahr geringfügig. Zwischen MP 1 und MP 9 neigen die Abflüsse im warmen Sommer zu einer geringfügigen weiteren Versauerung mit Ausfällung von Eisenhydroxid (Eisenacidität).

Die geringsten Leitfähigkeitswerte zeigt MP 2 (Rohatschwiesen) mit Werten zwischen 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Hintergrundwerte), die höchsten Leitfähigkeiten werden bei MP 3 im Abstrom des Gewinnungsteiches mit Werten zwischen 642 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 693 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Grund für den Anstieg ist die Zugabe von Natronlauge in der Sandbleiche und der erhöhte Sulfatgehalt aus der Pyritoxidation im Grundwasseranstrom.

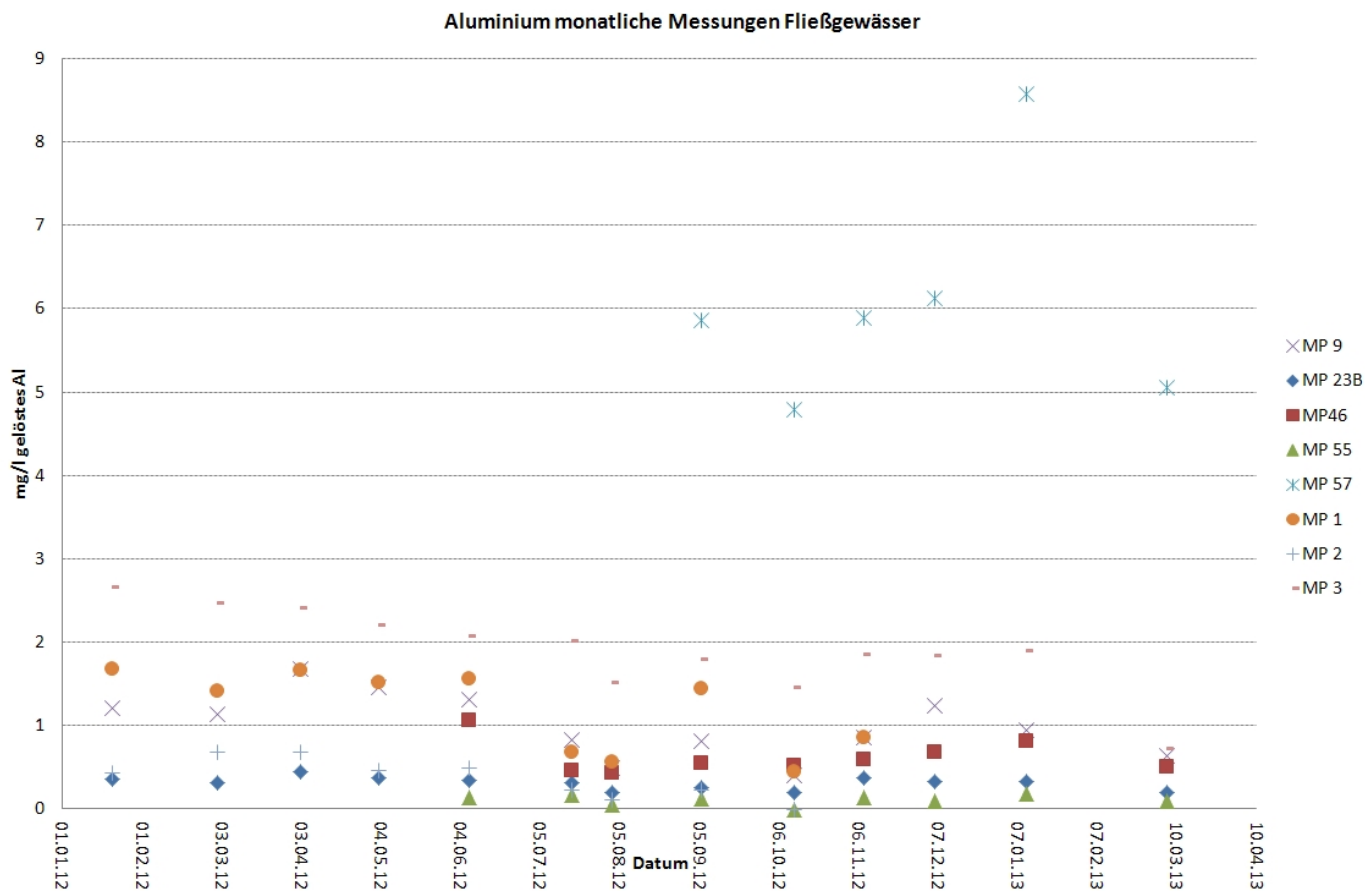
Die Sauerstoffsättigung unterliegt besonders in den Teichen einem Tag-Nacht-Rhythmus, könnte künftig aber trotzdem mitgemessen werden.

Aluminium

Die höchsten Al-Gehalte werden erwartungsgemäß im stark versauerten Wasseraustritt aus der Nordböschung am Südufer des Gewinnungsteiches MP 57 nachgewiesen, die



geringsten bei MP 2 und MP 55 bei hohen pH-Werten (Anlage 7.7).



Abstromig des Gewinnungsteiches liegen die Aluminiumwerte bei MP 3, MP 1 und MP 9 im Bereich 0,5 mg/L bis 2,8 mg/L.

Auch wenn geringe Aluminiumkonzentrationen ein natürlicher Bestandteil von Gewässern sind kann gelöstes Aluminium in höheren Konzentrationen schädliche Auswirkungen auf aquatische Biozönosen haben. Es gilt in sauren Gewässern als fischtoxisch ab einem Gehalt größer 0,1 mg/L.

Aluminiumwerte unter 0,1 mg/L werden bei MP 55 im Bachlauf Hohenbocka und in Teich 12 nachgewiesen. Ansonsten liegen die Aluminiumwerte auch im Zustrom des Gewinnungsteiches in den Fließgewässern über 0,1 mg/L, zwischen 0,15 mg/L und 0,8 mg/L.

Eisen

Während in den stark versauerten Zuflusspegeln MP 46 und MP 57 sehr hohe Gehalte



an gelöstem Eisen und Gesamteisen bis zu 8 mg/L gemessen werden, zeigt der Abstrom des Gewinnungsteiches die niedrigsten Eisenwerte im Bereich 0,13 mg/L bis 0,43 mg/L.

Der Eisengehalt des Teichsedimentes deutet mit 14.000 mg/kg auf eine starke Eisenfällung im Gewinnungsteich. Der mittlere pH-Wert des Gewinnungsteiches liegt mit 4,15 an der Grenze zwischen Eisenpuffer und Aluminiumpuffer, Eisen fällt aus.

Phosphor und Stickstoff

Wie zu erwarten sind Stickstoff und Phosphor im Abstrom des Gewinnungsteiches eliminiert. Phosphor wird mit Eisen ausgefällt und erzeugt so einen Phosphorgehalt von 140 mg/kg im Teichsediment.

Stickstoff wird vermutlich durch die langsam zunehmende Denitrifikation im Grenzbereich zwischen sauerstoffhaltigem Seewasser und sauerstofffreiem Sediment entgasen.

Die Hydrochemie versauerter Seen ist in Anlage 7.2 grob skizziert.

Versauerte Tagebauseen verlieren erhebliche Mengen Kohlenstoff über CO₂-Entgasung. Phosphor wird vor allem an Eisenhydroxiden mitgefällt und im Sediment gebunden. So entstehen nährstoffarme, sehr klare Gewässer mit geringer Biomasse aufgrund des P- und C-Mangels bei niedrigen pH-Werten.

Die Neigung zur weiteren Versauerung ist auch im Gewinnungsteich zu beobachten und sollte durch Zufuhr von Kohlenstoff (biogene Alkalinisierung) und pH-Wert-Anhebung mittels NaOH abgeschwächt werden.

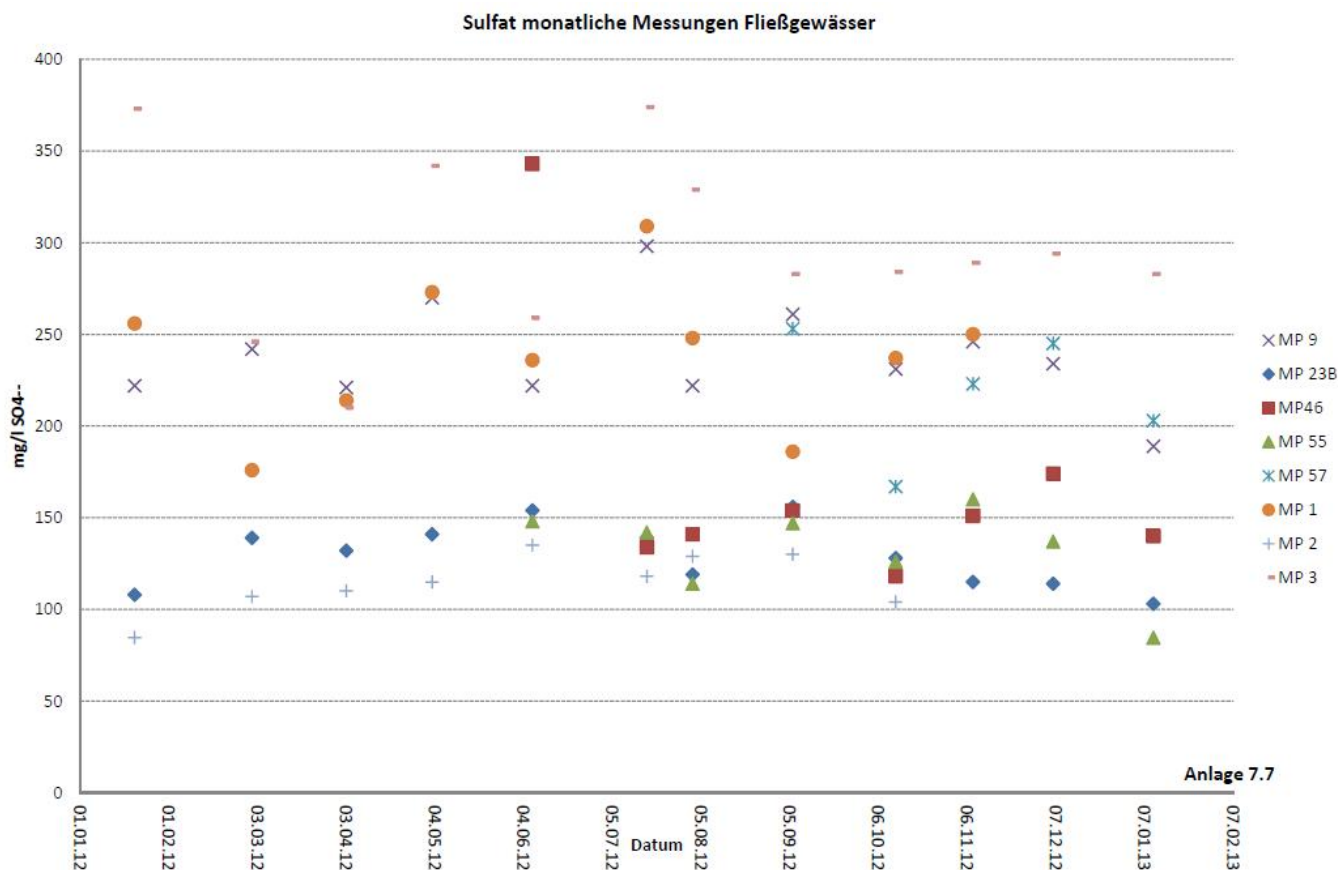
Sulfat

Die relativ höchsten Sulfatwerte werden mit 220 mg/L bis 370 mg/L im Abstrom des Gewinnungsteiches bei MP 3, MP 1 und MP 9 gemessen. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung liegt bei 250 mg/L.

Im Zustrom sind die Werte der Fließgewässer ca. 50 % niedriger als im Abstrom. Die Sulfaterhöhung im Gewinnungsteich deutet auf einen sulfathaltigen, nicht messbaren Grundwasserzustrom in den Gewinnungsteich aus Süden und/oder eine Sulfatproduk-

tion durch Pyritoxidation im Gewinnungsteich und im Wasserkreislauf der Sandaufbereitung.

MP 2 und MP 55 zeigen die Hintergrundwerte mit Sulfatwerten zwischen 80 mg/L und 160 mg/L.



Nickel, Zink, Mangan, Kupfer

Die höchsten Manganwerte werden im Zustrom am MP 46 aus dem Bereich RL Heide analysiert, die höchsten Nickel und Zinkwerte am Pegel MP 57, Restvorkommen 2. Lausitzer Flöz, Südufer Gewinnungsteich.

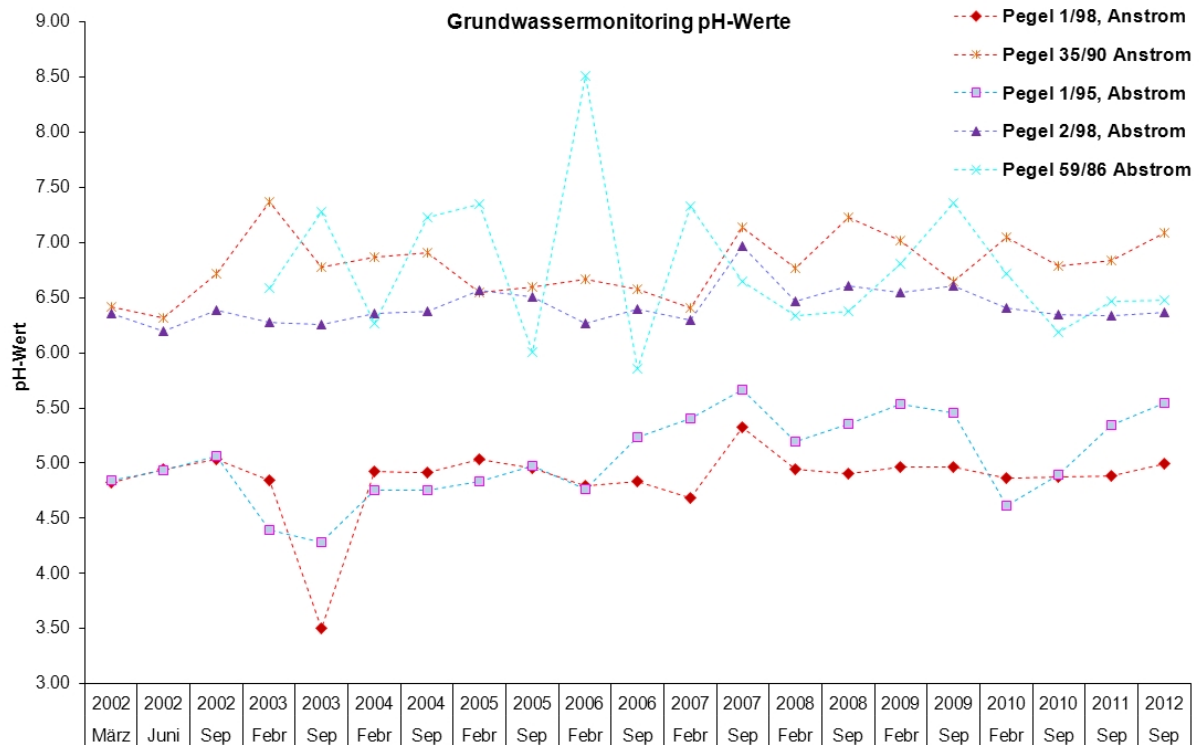
Die unterschiedlichen Werte sind geogen bedingt und werden durch die Freisetzung von Schwefelsäure erhöht. Kupfer liegt unter oder im Bereich der Nachweisgrenze.

8.5 Ergebnisse Hydrochemie Monitoring Grundwässer

Feldparameter GWM (Anlage 7.6)



Sowohl im Anstrom als auch im Abstrom des Gewinnungsteiches haben die Grundwässer aus den kohlehaltigen Sanden die höchsten pH-Werte, wenn ihr Sauerstoffgehalt am niedrigsten ist. In sauerstoffhaltigen Grundwässern fällt der pH-Wert sobald Schwefelsäure aus Pyritoxidation entstehen kann (P 1/98 Anstrom, P1/95 Abstrom).



Die Probenahme mittels MP 1 Pumpe ist aufgrund eines Schadens an der Rohrtour der 17 m tiefen 2-Zoll-GWM nicht mehr möglich.

16.02.2011	Teufe m	Pump. L/s	Absenk. m	O ₂ mg/L	O ₂ Sätt. %
P 59/86	16.1	0.05	6.36	0.35	3
P 1/95	13.44	0.41	0.01	0.49	4
P 2/98	14.64	0.41	0.53	0.43	4
P 1/98	23.66	0.41	0.2	0.49	4
P 35/90	16.93	Schöpf.	0.48	5.05	50

Probenahme GWM am 16.02.2011

Das Grundwasser aus P 35/90, Weinberg ist sauerstofffrei und kohletrüb wenn lange geschöpft wird. Der pH-Wert steigt dann auf 7,25 an.

Datum	Uhr	Q L/s	Temp. C°	LF 25° μS/cm	pH 25°	O ₂ Sätt %	WS u. GOK m	Aussehen	Geruch
19.08.2011	10:35	0.03	11.3	515	6.84	19	16.7	klar	o.B.
	10:45	0.03	11.1	520	7.12	5	16.7	schwärzlich	faulig
	10:50	0.03	10.7	477	7.23	2	17.6	schwärzlich	faulig



	11:00	0.03	10.7	465	7.24	2	18.2	schwärzlich	faulig
	11:10	0.03	10.7	461	7.25	2	18.5	schwärzlich	faulig

Langzeitschöpfest mit Entnahme von 63 Liter aus GWM 35/90, pH-Anstieg auf 7,25

Ein Ersatzpegel für P 35/90 ist am Südufer des Gewinnungsteiches geplant.

P 35/90 (Weinberg) liefert ein sauerstofffreies, kohletrübes, pH-neutrales Grundwasser im Anstrom des Gewinnungsteiches. Dagegen zeigt GWM 1/98 (Hohenbocka Nord) eine deutliche Versauerung im Grundwasseranstrom bei nur geringfügig höheren Sauerstoffwerten. In beiden GWM ist der ursprüngliche GWS deutlich abgesenkt.

Bei der Interpretation der Laborwerte bleibt zu berücksichtigen, dass die tiefen Grundwasserbereiche eher sauerstofffrei und sulfatarm, die oberflächennahen Grundwasserbereiche eher sauerstoffhaltig und sulfatreich sein können.

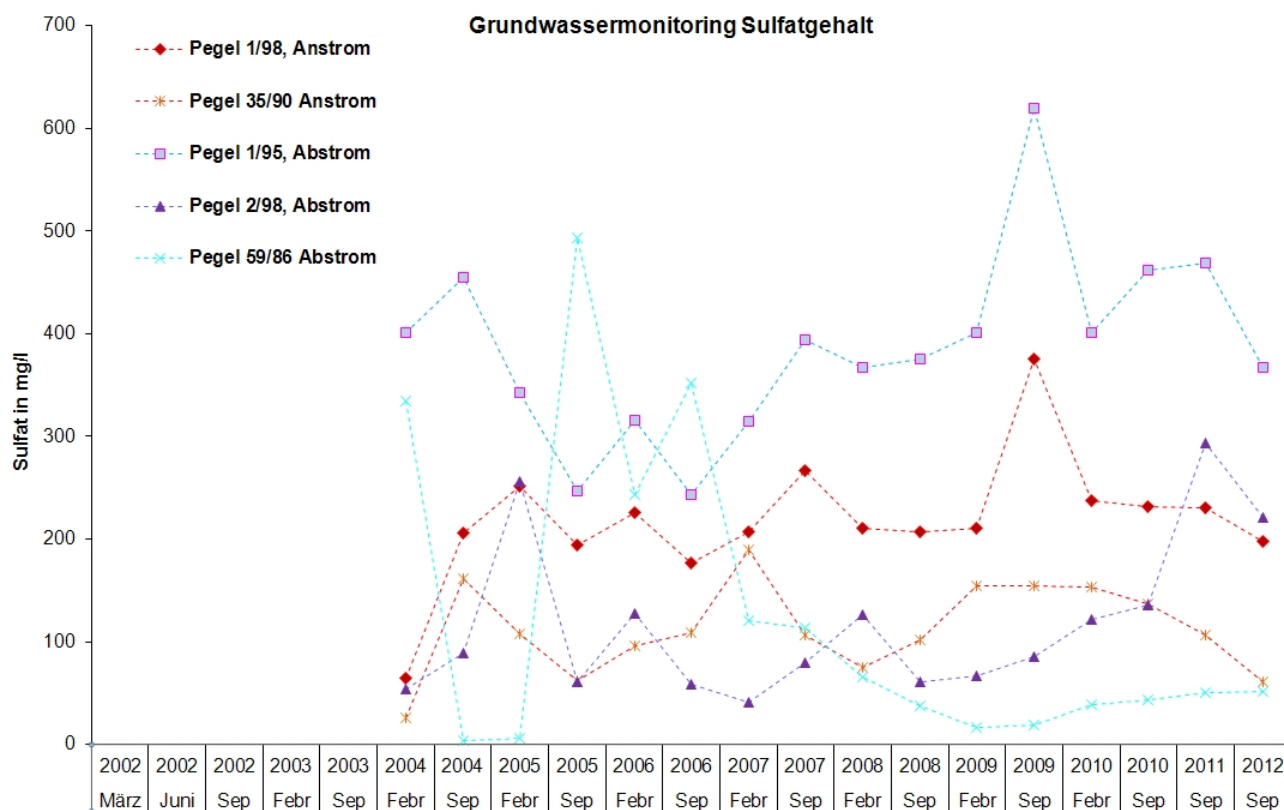
Für die GWM liegen keine Ausbaupläne mit Lage der Filterstrecken vor. Flache GWM würden vermutlich eine stärkere Versauerung im Grundwasseranstrom zeigen.

Sulfat

Der Sulfatgehalt ist im unmittelbaren Grundwasserabstrom des Gewinnungsteiches nach Norden direkt am Nordufer in P 1/95 am höchsten, mit steigendem Trend, gefolgt von P1/98 im versauerten Grundwasseranstrom östlich des Südufers.

Eine zusätzliche Sulfat Freisetzung durch Pyritoxidation im sauerstoffreichen Grundwasserabstrom bei P 1/95 ist wahrscheinlich.

Der Gewinnungsteich erhält u.a. auch stark versauerte Wässer aus der Nordböschung am Südufer deren Sulfatgehalt im Jahr 2012 bei maximal 250 mg/L liegt (Anl.7.7). Im Ablauf des Gewinnungsteiches liegt der langjährige Mittelwert bei 390 mg/L Sulfat (Anl.7.7).



In P59/86 fällt der Sulfatgehalt nach Flutung des Reservefeldes 1 im Jahr 2006.

Während der Grundwasserabsenkung im Reservefeld 1 erhöht sich vermutlich der Sauerstoffeintrag im C-haltigen Grundwasserleiter bei P59/89 aufgrund der Grundwasserabsenkung (Anlage 4.3, GWM Werk 1) und setzt vermehrt Sulfat frei. Nach der Flutung des Reservefeldes 1 und abgeschlossenem Wiederanstieg des Grundwasserspiegels kommt die Pyritoxidation wieder zum Erliegen und der Sulfatgehalt erreicht minimale Werte. Die Messwertschwankungen sind vermutlich wetterbedingt. Im An- und Abstrom des Gewinnungsteiches wird bereichsweise ein erhöhter Sulfatgehalt im Grundwasser gemessen, der im Abstrom zunimmt. Ursache für den erhöhten Sulfatgehalt ist die Freisetzung von Schwefelsäure bei der Pyritoxidation nach Sauerstoffeintrag in braunkohlehaltige Grundwasserleiter infolge der Grundwasserabsenkung und infolge der Infiltration von sauerstoffhaltigem Teichwasser in den Grundwasserabstrom nach Nordwesten.

HB3D2055 berechnet im Grundwasseranstrom des Endsees Grundwasserabsenkungen im Meterbereich, die eine zusätzliche Freisetzung von Sulfat aus der Pyritoxidation bedingen könnten. Bis zur Endaussandung wird eine Zunahme der Grundwasserdurchströmung des Gewinnungsteiches im Zuge des fortschreitenden Abbaus vorhergesagt,



die zu einem Sauerstoffeintrag in die sauerstoffarmen Grundwasserleiter abstromig führen kann.

Die Reichweite der Pyritoxidation im Grundwasserabstrom wird von der Sauerstoffzehrung im Abstrom und der sauerstoffhaltigen, 'influenten' Wassermenge bestimmt, die aus dem Endsee in die tertiären Grundwasserleiter mit ca. 60 m Fließstecke pro Jahr einsickert.

Der Sauerstoffeintrag könnte durch Aufbringung dichter C-Sedimente auf die nördlichen Teichböden während des fortschreitenden Abbaus minimiert werden. Im Gewinnungsteich 2011 liegt bereits ein dichtes, sauerstofffreies Sediment im Tiefsten, das sich aus Kohleteilchen und Tonpartikeln zusammensetzt, die aus der Sandaufbereitung stammen. Infolge der empfohlenen Ankurbelung der biogenen Alkalinisierung kann über die Jahrzehnte im Endsee ein autochthones Sediment aus organischem Schlick entstehen, der die Teichböden abdichtet – ähnlich wie in den Peickwitzer Teichen Mitte des 19. Jahrhunderts.

Aluminium, Arsen, Barium, Kupfer, Mangan, Nickel, Strontium, Zink

Am 12.09.2012 werden obige Parameter im Grundwasser vom Labor LWU mit untersucht. Arsen und Kupfer liegen unter der Nachweisgrenze. Für P 35/90 Weinberg ergeben sich erhöhte Werte für Al (1,15 mg/L) und Zn (0,73 mg/L), gefolgt von P 1/95 (Nordufer Gewinnungsteich) mit Al (0,87 mg/L). Die übrigen Werte zeigen keine Auffälligkeiten.

Phosphor, Stickstoff, Huminstoffe, CSB, TOC, AOX

Die Messwerte lassen sich nicht eindeutig dem An- oder Abstrom des Gewinnungsteiches zuordnen und variieren stark, bedingt durch die mehr oder weniger anmoorig ausgeprägten, quartären Deckschichten und die kohlehaltigen Grundwasserleiter. Diese können C-haltige Substanzen an das Grundwasser abgeben und dabei die CSB- und TOC-Werte in den Grundwasserproben erhöhen. Die AOX-Werte zeigen keine Auffälligkeiten.

KW-Index und BTEX-Aromate

Die Analysewerte liegen unter den Nachweisgrenzen.



9 Ausblick

In den nächsten Jahren werden mit Hilfe der installierten Messstationen Daten zur Fortschreibung und Prüfung des Grundwasserströmungsmodells mit hoher zeitlicher Auflösung entstehen. Eine Prognose der hydraulischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Auswirkungen ist mit dem 2013 erreichten Kenntnisstand bereits in hinreichender Schärfe möglich. Das Grundwasserströmungsmodell HB3D berechnet Veränderungen der Grundwasserspiegellhöhen im Dezimeter und Meterbereich, die auf das unmittelbare Umfeld des Gewinnungsteiches begrenzt sind, ähnlich wie bei einem Meliorationsgraben. Die Auswirkungen können durch diverse Maßnahmen minimiert werden, wie z.B. Wasserableitung von MP 2 zu Teich 14, zusätzliche Bewässerung von 'Peick 5' und 'Peick 6' (Anlage 1.3C), Aufbringen von abdichtenden Sedimenten auf den Teichböden im Grundwasserabstrom des Gewinnungsteiches, pH-Anhebung im Gewinnungsteich durch Ankurbelung der biogenen Alkalinisierung und vorübergehender, erhöhter NaOH-Zugabe zur Aluminiumausfällung.

HB3D ist als sog. 'worst-case-model' mit einem niederschlagsarmen Klima und relativ hohen Durchlässigkeiten in der Stauchendmoräne kalibriert und berechnet ohne abdichtende Sedimente im Gewinnungsteich die maximalen hydraulischen Auswirkungen des Endsees.

Die Auswertung der Messergebnisse aus dem hydrologischen, hydrogeologischen und meteorologischen Monitoring mit Prüfung der Vorhersagen des Strömungsmodells wird in Jahresberichten erfolgen.

Ingenieurbüro Auernheimer

Amberg, 29.04.2013,

geändert am 26.09.2019

Ralph Auernheimer

Dipl.-Geoökologe