

# Anlage 15.1

**Hydrologisches Großraummodell Jänschwalde HGMJaWa**

**Fachgutachterliche Bewertung: Gestaltung der  
Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde im  
geohydrologischen Kontext**



# Hydrogeologisches Großraummodell Jänschwalde HGMJaWa

Fachgutachterliche Bewertung: Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft  
Jänschwalde im geohydraulischen Kontext

**Auftraggeber:** LEAG - Lausitz Energie Bergbau AG  
Leagplatz 1  
03050 Cottbus

**Auftragnehmer:** Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstraße 9  
04229 Leipzig

**Projekt Nr.:** 2022/0060

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. A. Thom  
M.Sc. Hyd. S. Köhler  
Prof. Dr.-Ing. H. Mansel  
(Sachverständiger für Montanhydrologie)

Leipzig, 26.05.2023

Prof. Dr. Ing. H. Mansel  
Geschäftsführer

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Veranlassung und Zielstellung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Methodik</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Allgemeine Beschreibung</b> .....	<b>3</b>
3.1 Räumliche Einordnung.....	4
3.2 Klima.....	4
3.3 Hydrologie.....	5
3.4 Geologie.....	6
3.5 Hydrogeologie.....	7
<b>4 Grundwassermodellierung</b> .....	<b>11</b>
4.1 Berechnungsmethodik.....	11
4.2 Räumliche Abgrenzung des Modellgebiets.....	12
4.3 Zeitliche Abgrenzung.....	14
4.4 Abbildung der geohydraulischen Randbedingungen.....	14
4.5 Abbildung der Bergbaufolgeseen.....	15
4.6 Abbildung der bergbautechnologischen Randbedingung.....	15
4.7 Abbildung der Wasserhaushaltsgrößen.....	18
<b>5 Bergbaulich unbeeinflusste Grundwasserverhältnisse</b> .....	<b>20</b>
5.1 Historischer Grundwassergleichenplan.....	20
5.2 Berechneter bergbaulich unbeeinflusster Grundwassergleichenplan.....	20
5.3 Konstruktion der Hydrokatabasen.....	23
<b>6 Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde</b> .....	<b>24</b>
6.1 Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft.....	24
6.2 Wasserwirtschaftlichen Restraumgestaltung der Bergbaufolgelandschaft.....	26
6.2.1 Kippenableiter zu den Bergbaufolgeseen.....	27
6.3 Dichtwand Jänschwalde.....	27
<b>7 Berechnung der prognostischen Grundwasserverhältnisse</b> .....	<b>30</b>
7.1 Nachbergbauliche Grundwassergleichen.....	30
7.2 Nachbergbauliche Grundwasserflurabstände.....	31
<b>8 Schutzgutbezogene Verhältnisse zur Gemeenschadensprüfung</b> .....	<b>33</b>
8.1 Bergbaufolgelandschaft.....	34
8.2 Bereiche außerhalb der Bergbaufolgelandschaft.....	35
<b>9 Zusammenfassung</b> .....	<b>36</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Lage des Hydrogeologischen Großraummodells Jänschwalde	3
Abbildung 3-2: Hydrogeologischer Modellschnitt durch das Modellgebiet Jänschwalde (Strukturmodell und Umsetzung in PCGEOFIM)	10
Abbildung 4-1: Lupenstruktur des Modellgebietes	12
Abbildung 4-2: Modellgrundwasserleiterzuordnung (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2018)	13
Abbildung 4-3: Prinzipdarstellung der Stützkörperherstellung aus dem SBP „Malxetal und Düringsgraben“ (Quelle: (Lausitz Energie Bergbau AG, 2010))	16
Abbildung 4-4: Umsetzung der vorhandenen und geplanten Stützkörper im bergrechtlichen Verantwortungsbereich der LE-B	17
Abbildung 4-5: Grundwasserneubildungsänderung in Abhängigkeit der Landnutzungsänderung	19
Abbildung 5-1: Schema der Konstruktion eines flächendeckend verbreiteten bergbaulich unbeeinflussten Grundwassergleichenplans	22
Abbildung 6-1: Zielkarte der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde (Quelle: LEAG 12/2022)	25
Abbildung 6-2: Darstellung des Drei-Seen-Konzepts in der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde	27
Abbildung 6-3: Nachbergbauliche Grundwassergleichen bei Verbleiben der Dichtwand über den gesamten Trassenverlauf	29
Abbildung 7-1: Berechnete Grundwassergleichen und Grundwasserflurabstand mit der unterirdischen Wasserscheide nach dem Grundwasserwiederanstieg (stationärer Endzustand)	31
Abbildung 8-1: Hydrokatabasen des stationären Endzustands	33

## Literaturverzeichnis

- AQUAVEO** GMS User Manual (v8.3) - <http://www.aquaveo.com>. - Provo : AQUAVEO, 2012.
- ATV-DVWK-M-504 Merkblatt:** Korrekturverfahren nach Richter in Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. - Hennef : GFA - Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2002.
- Benthaus F.-C.** Wasserwirtschaftliche Sanierung // In: Der Braunkohlesanierung, Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.
- Büro für Angewandte Hydrologie** ArcECGMO onlineDokumentation „<http://www.doku.arcegmo.de>“. - Berlin : Büro für Angewandte Hydrologie, 2016.
- Deutscher Wetterdienst** Meteorologische Daten ausgewählter Standorte - digitale Daten. - Cottbus : Deutscher Wetterdienst, 2018.
- Deutscher Wetterdienst** Mittlere jährliche Klimatische Wasserbilanz der Gewässeroberfläche (mittlere Tiefe 6m). - Cottbus : Deutscher Wetterdienst, 2018.
- Gehlich und Meinert** Ergebnisbericht über die hydrogeologische Detailerkundung. - Guben : VEB Hydrogeologie Erkundung Nordhausen, 1966/67.
- Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH** Aufbau eines Bodenwasserhaushaltsmodells zur Ermittlung der Grundwasserneubildung für das Gebiet der Tagebaue Jänschwalde und Cottbus-Nord. - Leipzig : Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2017.
- Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH** Grundwasserströmungsverhältnisse in der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde-Herleitung des 3-Seen-Konzeptes. - Leipzig : Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2020.
- Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH** Hydrogeologisches Großraummodell Jänschwalde HGMJaWa 2017 - Modellbeschreibung. - Leipzig : Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2018.
- Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH** PCGEOFIM - Anwenderdokumentation, Version 8.4. - Leipzig : [s.n.], 2003.
- IPP Hydro Consult GmbH** Wasserwirtschaftliche Untersuchung zum Mittel- und Oberlauf der Malxe - Studie. - Cottbus : IPP Hydro Consult GmbH, 2013.
- Klocek G.** Abbau mit kontinuierlichem Direktversturz am Beispiel des Tagebaus Jänschwalde // In: Der Braunkohlentagebau, Bedeutung Planung, Betrieb, Technik, Umwelt. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- Land Brandenburg** Verordnung über den Braunkohlenplan Tagebau Jänschwalde. - Potsdam : Land Brandenburg, 2002.
- Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg** Atlas zur Geologie von Brandenburg. - Cottbus : Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, 2010.
- Lausitz Energie Bergbau AG** Reliefmodell mit Höhenlinien der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde. - Cottbus : Lausitz Energie Bergbau AG, 2020.
- Lausitz Energie Bergbau AG** Sonderbetriebsplan "Malxetal und Düringsgraben". - Cottbus : Lausitz Energie Bergbau AG, 2010.
- Nowel W. [et al.]** Geologie des Lausitzer Braunkohlereviere. - Senftenberg : Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft, 1994.
- Vattenfall Europe Mining** Autorenkollektiv: Die geologische Entwicklung der Lausitz. - Cottbus : Vattenfall Europe Mining, 2010.



## Abkürzungsverzeichnis

ABP	Abschlussbetriebsplan
ArcEGMO	GIS-gestütztes Einzugsgebietsmodell
BBergG	Bundesberggesetz
BKP	Braunkohlenplan
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GWBA	Grubenwasserbehandlungsanlage
GWFA	Grundwasserflurabstand
GWGL	Grundwassergleichen
GWL	Grundwasserleiter
GWN	Grundwasserneubildung
HGMJaWa	Hydrogeologisches Großraummodell Jänschwalde
HH-GWL	Haupthangendgrundwasserleiter
LEAG	Lausitz Energie Bergbau AG
LMBV	Lausitzer u. Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
OL	Ortslage
PCGEOFIM	Simulationsprogramm für Geofiltration und Geomigration
SBP	Sonderbetriebsplan
uGOK	unter Geländeoberkante

## 1 Veranlassung und Zielstellung

Der Tagebau (Tgb.) Jänschwalde wird auf Grundlage der jeweils geltenden Haupt- (HBP) und Sonderbetriebspläne (SBP) geführt. Innerhalb der genehmigten Abbaugrenzen wird die Gewinnung der Rohbraunkohle planmäßig bis zum Jahresende 2023 abgeschlossen sein.

Für die Einstellung des Tagebaubetriebes bedarf es gemäß § 53 BBergG eines Abschlussbetriebsplanes (ABP). Inhalt des Abschlussbetriebsplanes (ABP) sind die bergbaulichen Tätigkeiten nach Einstellung der Kohleförderung im Tagebau Jänschwalde sowie die Wiedernutzbarmachung im bergrechtlichen Verantwortungsbereich der Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) im zugehörigen Geltungsbereich.

Mit dem ABP erfolgt die Wiedernutzbarmachung im Einklang mit den landesplanerischen Zielen des Braunkohlenplanes (BKP) Tagebau Jänschwalde<sup>1</sup> mit dem Ziel, nach deren Durchführung die Bergaufsicht im beantragten Geltungsbereich zu beenden. Nach Abschluss der Arbeiten gehen von der durchgeführten bergbaulichen Tätigkeit keine Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter aus.

Hinsichtlich der mit diesem ABP eingereichten Bergbaufolgelandschaft mit drei Bergbaufolgeseen gegenüber der im BKP vorgesehenen Bergbaufolgelandschaft mit dem Taubendorfer See als einem Bergbaufolgesee, erfolgte durch LE-B am 16.10.2020 ein Antrag auf Abweichung von Zielen der Raumordnung des BKP bei der gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin Brandenburg.

Ziel der vorliegenden Unterlage ist die fachgutachterliche Bewertung der bergbaulich unbeeinflussten und prognostischen Grundwasserstände im stationären Endzustand im Bearbeitungsgebiet des ABP Tagebau Jänschwalde.

Grundlage für das Gestaltungskonzept der herzustellenden Bergbaufolgelandschaft bilden die Ziele des o.g. Braunkohlenplanes inkl. des Antrages auf Abweichung von den Zielen der Raumordnung in u.a. der Anzahl und Lage der Bergbaufolgeseen. Mit den sich daraus ergebenden Randbedingungen werden die Grundwasserströmungsverhältnisse und die komplexe Wirkung der drei Bergbaufolgeseen im unterirdischen Einzugsgebiet für den stationären Endzustand prognostiziert.

Darüber hinaus ist im Zusammenhang mit der Wiederherstellung großräumiger Austauschverhältnisse im Grundwasserbereich zu untersuchen mit welchen Maßnahmen die Gewährleistung geotechnischer und wasserwirtschaftlicher Anforderungen sichergestellt werden kann.,

Vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Objektschutzes und der Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften geschützte Bestandteile von Natur und Landschaft ist die Darstellung der künftig zu erwartenden hydrogeologischen Verhältnisse von besonderem Interesse. Insbesondere kommt es darauf an, darzulegen und nachzuweisen, dass mit den geplanten Maßnahmen gemeinschädliche Einwirkungen im Sinne des § 55 Abs. 1 Satz 1 Nr. 9 BBergG ausgeschlossen sind und diese dem öffentlichen Interesse nicht entgegenstehen (§ 48 Abs. 2 BBergG).

---

<sup>1</sup> Verordnung über den Braunkohlenplan Tagebau Jänschwalde vom 5. Dezember 2002; Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg Teil II – Nr. 32 vom 30. Dezember 2002



## 2 Methodik

Die Ermittlung der zukünftigen Grundwasserströmungsverhältnisse im Rahmen dieses Gutachtens erfolgt unter Verwendung des bestehenden Hydrogeologischen Großraummodells Jänschwalde (HGMJaWa) der LEAG. Das HGMJaWa wurde für die Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse, ihrer Entwicklung und die Prognose des Grundwasserwiederanstiegs nach Beendigung des aktiven Tagebaubetriebs aufgebaut. Als bestätigtes Werkzeug dient das Hydrogeologische Großraummodell Jänschwalde (HGMJaWa) zur quantitativen Bewertung innerhalb der Prognosezeitpunkte. Am 15.05.2018 wurde dem LBGR und LfU das HGMJaWa unter Einvernehmen vorgestellt und die dazugehörige Modelldokumentation am 29.11.2018 übergeben.

Die Modellierung der Grundwasserströmung erfolgt auf Basis eines dreidimensionalen Strömungsmodells mit PCGEOFIM, dessen Lösungsalgorithmus auf der Finiten-Volumen-Methode basiert. PCGEOFIM ist speziell für die Anforderungen der bergbaulichen und nachbergbaulichen Wasserwirtschaft entwickelt worden.

Das Bearbeitungsgebiet des ABP stellt einen Teilausschnitt des HGMJaWa dar. Im Wesentlichen folgt das Bearbeitungsgebiet hydrologischer und bergrechtlicher Grenzen. Somit ragt es über den räumlichen Geltungsbereich des Abschlussbetriebsplanes hinaus, um die sich einstellenden hydrologischen Verhältnisse, die mit der Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Zusammenhang stehen, umfassend zu bewerten. Der zeitliche Geltungsbereich ergibt sich einerseits aus der Bewertung der vorbergbaulichen Grundwasserverhältnisse vor Beginn der Entwässerungsmaßnahmen im Tagebau Jänschwalde und andererseits aus stationären nachbergbaulichen Strömungsverhältnissen.

Im vorliegenden Gutachten werden die Grundwasserströmungsverhältnisse und die komplexe Wirkung der in der Bergbaufolgelandschaft entstehenden Vorfluter und Bergbaufolgeseen prognostiziert. Darüber hinaus werden die Auswirkungen der Dichtwand Jänschwalde untersucht.

Als Bezugsmaßstab zur Planung der verbleibenden Grundwasserverhältnisse sind die vorbergbaulichen Zustände heranzuziehen. Um die mit dem Braunkohleabbau verbundenen Beeinträchtigungen im Abbaugbiet als auch im Tagebaumfeld zu überwinden, ist auf die zügige Wiederherstellung eines sich weitgehend selbst regulierenden Wasserhaushaltes nach Abschluss der Braunkohlegewinnung hinzuwirken (Ziel 14 BKP).

- Sichtvermerk -

Landesamt für Bergbau,  
Geologie und Rohstoffe  
Brandenburg



### 3 Allgemeine Beschreibung

Das Bearbeitungsgebiet des Abschlussbetriebsplans (ABP) liegt innerhalb des Hydrogeologischen Großraummodells Jänschwalde HGM Jänschwalde (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2017). In nördlicher Richtung wurde das Grundwassermodell durch die natürlichen Einzugsgebietsgrenzen des Haupthangendgrundwasserleiters begrenzt. In südlicher Richtung reicht das HGMJaWa in den Verantwortungsbereich der LMBV. Innerhalb des Modellgebietes (Abbildung 3-1, gelbe Umrandung) liegen der aktive Tagebau Jänschwalde, der Tagebau Cottbus-Nord der LEAG Energie Bergbau AG und das Sanierungsgebiet B5 der LMBV. Die Schwerpunkte der hydrogeologischen Aussagen begrenzen sich im Wesentlichen auf das Bearbeitungsgebiet des ABP (Abbildung 3-1, pinke Umrandung).

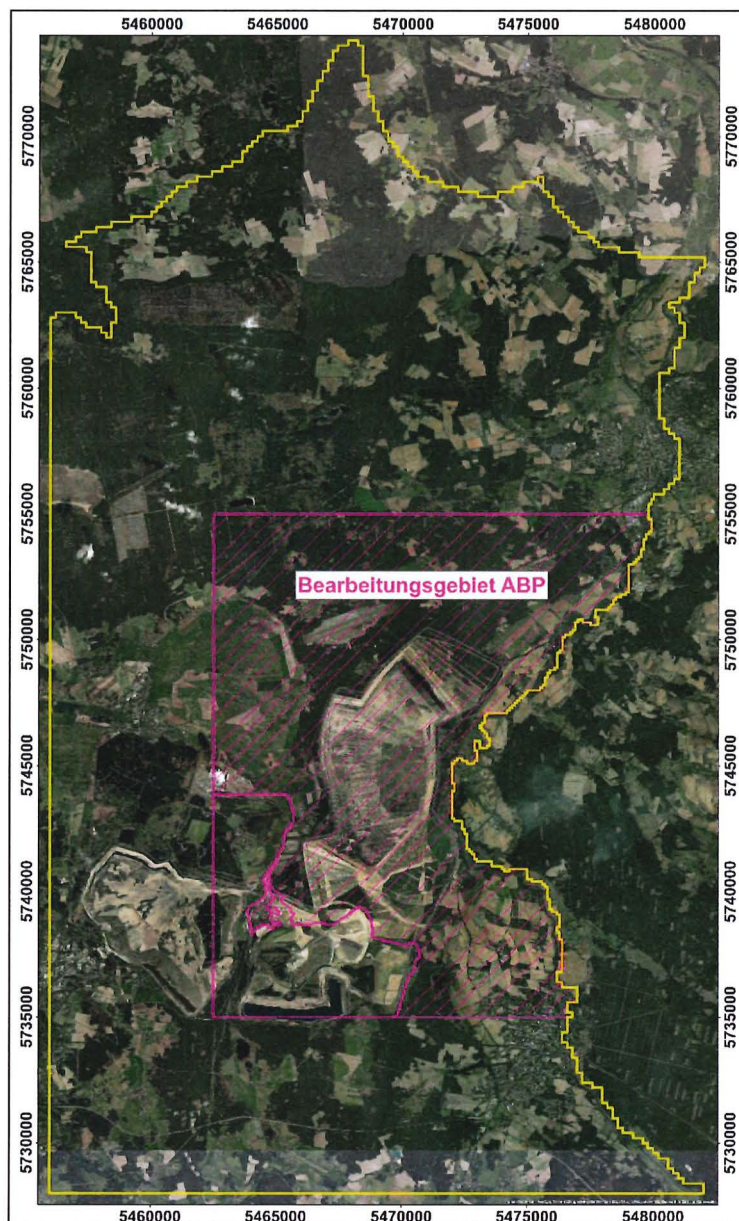


Abbildung 3-1: Lage des Hydrogeologischen Großraummodells Jänschwalde

### 3.1 Räumliche Einordnung

Administrativ befindet sich das Bearbeitungsgebiet nordöstlich von Cottbus im Landkreis Spree-Neiße (Land Brandenburg). Naturräumlich erfasst es Teile der Lieberoser und Gubener Hochfläche im Norden und liegt in den Einzugsbereichen der Spree und der Lausitzer Neiße. Geomorphologisch sind die Hochflächen ebene bis flachwellige, allmählich nach Norden ansteigende eiszeitlich geprägte Jungmoränenlandschaften. Südlich davon schließt sich die Spree-Malxe-Niederung an, im Südosten die Hornoer Hochfläche mit dem dort in Betrieb befindlichen Braunkohletagebau Jänschwalde. Die Spree-Malxe-Niederung im Süden und das Neißetal im Osten markieren die naturräumliche Grenze.

### 3.2 Klima

Das Bearbeitungsgebiet liegt im Übergangsbereich zwischen maritim und kontinental geprägtem Klima mit warmen Sommern und kalten Wintern. Langjährige Klimaaufzeichnungen stehen von der meteorologischen Station Cottbus des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. Für die Klimanormalreihe 1981-2010 liegen die höchsten Durchschnittstemperaturen im Juli bei 19,4°C und die Tiefsttemperaturen im Januar bei 0,3°C. Der mittlere jährliche Niederschlag erreicht 568 mm/a.

Zur Ermittlung der räumlichen Verteilung des Niederschlags sind Messdaten weiterer Niederschlagsstationen verfügbar. Die mittlere korrigierte Niederschlagsmenge (ATV-DVWK-M-504, 2002) variiert zwischen 617 mm/a im Niederungsraum der Neiße um die Ortslage Grießen und 696 mm/a im Bereich der Pinnower Hochlage.

Für die klimatische Charakterisierung des Untersuchungsgebietes wurde die mit den Behörden (LBGR und LfU) abgestimmte langjährige Messreihe von 1961 bis 2019 der Klimastation Cottbus des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Klimatische Aussagen können unter anderem aus langjährigen Messreihen der Parameter Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer abgeleitet werden. Eine gebietstypische Klimaentwicklung für den Raum existiert nicht.

Nach WMO-Richtlinie (World Meteorological Organisation) sind für wasserwirtschaftliche Fragestellungen in der Regel 30-jährige Klimanormalreihen heranzuziehen. Als meteorologischer Bezugszeitraum für die Berechnung des Wasserhaushaltes dient die klimatische Reihe 1981-2010. In der Prognoserechnung bildet diese klimatische Reihe Grundlage zur Berechnung der langjährigen mittleren Wasserhaushaltsgrößen.

### 3.3 Hydrologie

Die Hauptabflussrichtungen im Bearbeitungsgebiet erfolgen in östliche Richtung zur Lausitzer Neiße und in südliche Richtung zur Malxe-Spree-Niederung. Sie bilden die natürliche Drainage der pleistozänen und tertiären Haupthangendgrundwasserleiter. Somit verläuft eine Wasserscheide zwischen der Lausitzer Neiße und der Spree in Nordwest-Südost-Richtung.

Die fließenden und stehenden Gewässer befinden sich in einer ursächlichen Abhängigkeit zum Grundwasserstand im oberen GWL, der wiederum den Wechselbeziehungen zu den klimatischen Einflüssen (Niederschlag, Verdunstung usw.) unterliegt.

Die bergbaubedingte Sumpfung stellt nur einen von vielen künstlichen Einflussfaktoren dar und kann auf Oberflächengewässer einwirken, indem sie den Wasserstand im oberen Grundwasserstockwerk beeinflusst.

Die Malxe wurde 1991 im Mittellauf zwischen Mulknitz und Heinersbrück durch den Bergbau in Anspruch genommen (IPP Hydro Consult GmbH, 2013). Eine Trennung des natürlichen Verlaufes wurde bereits 1972 vorgenommen, sodass der Abfluss, der aus dem Resteinzugsgebiet kommenden natürlichen Wässer, zur Lausitzer Neiße über den Malxe-Neiße-Kanal erfolgt. Seitdem dient der Unterlauf der Malxe ausschließlich der Ableitung des Grubenwassers zur GWBA (Kraftwerk Jänschwalde).

Die Einleitung von Sumpfungswasser aus den Tagebauen Jänschwalde und Cottbus-Nord hat zu einer Erhöhung des Mittelwasserabflusses der Malxe geführt. Für die Malxe werden die Versickerungsmengen bei Weitem von den eingeleiteten Grubenwassermengen übertroffen.

Mit der Umleitung des Tranitzfließes zur Spree erfolgt seit 1979 der Abfluss über diesen künstlich errichteten Vorfluter zur Spree, sodass der Abschnitt der neu verlegten Tranitz zwischen den Tagebauen seitdem nur für die Grubenwasserableitung genutzt wird. Für die Tranitz zwischen den Tagebauen sind keine Sickerverluste anzusetzen, da sie als Betonkanal ausgebaut ist.

Hauptvorfluter im Osten ist die Lausitzer Neiße. Im nordöstlichen Bereich des Bearbeitungsgebietes befinden sich als Nebenvorfluter die Moaske und das Eilenzfließ, im Norden etwas außerhalb das Schwarze Fließ und im nordwestlichen Bereich das verzweigte Grabensystem der Jänschwalder Laßzinswiesen.

Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse werden maßgeblich durch die mit dem Braunkohletagebau einhergehende bergmännische Wasserhaltung und -ableitung geprägt. Ein großer Teil des Sumpfungswassers des Tagebaus Jänschwalde dient als Brauchwasser im Kraftwerk Jänschwalde. Ein weiterer Teil wird zur Stützung geschützter Naturräume genutzt.

Neben der Vielzahl an Fließgewässern befinden sich eine Reihe von Standgewässern im Bearbeitungsgebiet. Im Norden sind hier beispielsweise der Deulowitzer See und der Pastlingsee zu erwähnen. Südlich der Malxe liegen die Peitzer und die Bärenbrücker Teiche. Im Süden liegen u.a. die Euloer Teiche.

### 3.4 Geologie

Das Bearbeitungsgebiet liegt im Nordosten des Lausitzer Braunkohlereviere. Regionalgeologisch ist das Gebiet der Ostbrandenburgischen Kreidesenke zuzuordnen (Klocek, 2009). Das Gebiet der Niederlausitz wurde signifikant durch seine Lage am Südrand der Paläo-Nordsee bzw. in der Nordwest-Europäischen Senke beeinflusst. Den prätertiären Untergrund bilden Karbonatsedimente wie Tonmergelsteine und Kalksandstein der Ostbrandenburgischen Kreidemulde, welche an den Randbereichen durch verschiedene Störungszonen begrenzt wird.

Im Hangenden schließt sich eine 150 bis 200 m mächtige tertiäre Folge aus Lockersedimenten an (Nowel, et al., 1994), die zeitlich einen Rahmen vom Oberligozän bis Obermiozän umspannt. Zyklisch stattfindende Senkungs- und Hebungsprozesse, sowie klimatisch bedingte Meeresspiegelschwankungen begünstigten den Wechsel mariner und terrestrischer Verhältnisse und damit den Wechsel zwischen wasserdurchlässigen und bindigen Sedimentabfolgen (GWL und Kohlekomplexe). Basierend auf den damals vorherrschenden Sedimentationsbedingungen konnten sich zahlreiche zum Teil mächtige Kohleflöze bilden, welche heute unter dem Begriff Niederlausitzer Braunkohlenrevier zusammengefasst werden. Nach Klocek (2009) werden im Bearbeitungsgebiet drei Flözhorizonte in den tertiären Sedimenten ausgehalten und vom Liegenden zum Hangenden wie folgt gegliedert:

- 4. Lausitzer Flözhorizont      Oberligozän: Spremberger Formation,
- 3. Lausitzer Flözhorizont      Miozän: Untere Briesker Formation,
- 2. Lausitzer Flözhorizont      Miozän: Obere Briesker Formation.

Neben den kohligen Bildungen spielen ebenso mächtige fluviatile sowie marine Ablagerungen eine erhebliche Rolle. Die Sedimente wurden zum einen über Meeresströmungen von Norden in den Niederlausitzer Raum gespült und zum anderen als fluviatile Sedimentfracht aus dem Süden herangetragen (Vattenfall Europe Mining, 2010). Die dabei entstandenen Sedimentabfolgen zeigen ein relativ ebenes Ablagerungsniveau, was darauf schließen lässt, dass Prozesse wie Hebungen des prätertiären Untergrundes oder glazitektonische Lagerungsstörungen nur in geringem Maße stattgefunden haben.

Die wesentliche quartäre Schichtenfolge beginnt mit den Ablagerungen des Elster-Glazials. Ebenfalls Teil der quartären Schichtenfolge sind saale- sowie weichsel-kaltzeitliche Bildungen. Neben Geschiebemergeln mit zahlreichen nordischen Geschieben (Grundmoränensedimente), sind Schmelzwassersande ebenso wie feinkörnige Beckenablagerungen wie Schluffe, Tone und Feinsande charakteristisch für die quartäre Sedimentabfolge, die innerhalb der Rinnensysteme häufig eine chaotische Lagerung aufweist.

Während des Elster-Glazials wurde das Relief der Quartärbasis durch tiefgreifende Schmelzwasserosion entscheidend geprägt (Landesamt für Bergbau, 2010). Im Süden liegt die Quartärbasis bei einem Niveau von +83 m NHN. Nach Norden hin sinkt sie in den glazialen Rinnen bis auf -260 m NHN ab und schneidet lokal bis ins Prätertiär ein. Bei den im Bearbeitungsgebiet hydraulisch wirksamen Rinnen sind vor allem die Lieberose-Gubener sowie die Burg-Peitzer Hauptrinne zu nennen, daneben gibt es weitere weniger tiefgründigere Rinnen, wie zum Beispiel die Taubendorfer Rinne.

Holozäne Bildungen beschränken sich auf geringmächtige Auekiese/-lehme sowie anthropogene Auffüllungen, die sich auf die Flächen des ehemaligen Braunkohlenbergbaus beschränken und sich aus rolligen (Sande und Kiese) und bindigen (Geschiebemergel, Löss, tertiäre Schluffe und Tone) Komponenten zusammensetzen.

### 3.5 Hydrogeologie

Die pleistozänen und tertiären Sande und Kiese der Hangendschichten des 2. Lausitzer Flözes sind durch lokal verbreitete grundwasserstauende Schichten (Geschiebemergel, Schluffe, etc.) in Teilgrundwasserleiter gegliedert. Diese sind durch die Sedimente der verschiedenen Inlandseisvorstöße geprägt. Die wesentliche quartäre Schichtenfolge im Lausitzer Raum beginnt mit den Ablagerungen des Elster-Glazials. Ebenfalls Teil der quartären Schichtenfolge sind saale- sowie weichsel-kaltzeitliche Bildungen. Neben Geschiebemergeln mit zahlreichen nordischen Geschieben (Grundmoränensedimente) sind Schmelzwassersande ebenso wie feinkörnige Beckenablagerungen wie Schluffe, Tone und Feinsande charakteristisch für die quartäre Sedimentabfolge, die innerhalb der Rinnensysteme häufig eine chaotische Lagerung aufweist. Aufgrund der weiträumigen hydraulischen Verbindungen werden diese im Folgenden als Haupthangendgrundwasserleiter (HH-GWL) bezeichnet.

Durch die flözleeren pleistozänen Rinnensysteme bestehen großräumige hydraulische Kontakte zu den tertiären Liegendgrundwasserleitern (Benthaus, 2014). Im Liegenden des 2. Lausitzer Flözhorizontes (LHF) folgen die tertiären Grundwasserleiter G500, G611 und G750/G820.

Hydrogeologisch kann das Gebiet in 6 Einheiten unterschieden werden (vgl. Abbildung 3-2):

#### Tertiär

Die älteste tertiäre Schichtenfolge beginnt mit den Sanden des GWL 820. Darüber lagert die Spremberger Formation mit dem 4. LHF (MF4) aus überwiegend kohlehaltigen Schluffen und mehreren Flözbänken (Benthaus, 2014). Die Kohlebildung wurde durch die Sedimentation von bis zu 20 m mächtigen Sandablagerungen beendet, die als GWL 750 zusammengefasst werden. Die Schichten sind durch eine gleichmäßige Mächtigkeit und nach Nordosten abfallende Liegendhöhen charakterisiert.

Der tieferliegende Abschnitt der Briesker Formation gliedert sich in einen unteren Teil, meist schluffig und einen oberen Teil, meist sandig. Die Basis der Briesker Formation wird durch den 3. Lausitzer Flözhorizont (MF3) gebildet. Zum schluffigen Teil gehören die Ablagerungen des GWL 620 und 630. Der sandige Teil setzt sich aus einer Wechsellagerung von Schluffen und Sanden der GWL 610 und 500 sowie dem Unterbegleiterkomplex des 2. Lausitzer Flözhorizontes zusammen.

Das 2. Lausitzer Flöz (MF2) ist durch zwei Zwischenmittel aufgespaltet und somit in drei Flözbänke gegliedert. Die Mächtigkeit aller drei Bänke beträgt ca. 12 m. Im Hangenden des 2. Lausitzer Flözes folgen die obersten tertiären Ablagerungen der Briesker Folge. Diese werden durch Schluffe und Sande des GWL 400 bzw. GWL 300 gebildet.

#### Pleistozäne Rinnensysteme

Während des Elsterglazials (gE1-gE2) wurden tiefe glazigene Rinnensysteme angelegt, die teilweise bis tief in den tertiären Untergrund einschneiden. Als Hauptverfüllungszeit gilt das Elsterglazial (Vattenfall Europe Mining, 2010), wo sowohl Schmelzwassersande und -kiese, glazilimnische Tone und Schluffe sowie Schollen aus tertiärem Untergrund und Grundmoränen chaotisch abgelagert wurden.

Zu den großflächigsten und wirksamsten Rinnensystemen zählen die Burg-Peitzer und die Liebrose-Gubener Hauptrinne. Beide Rinnensysteme queren das nördliche Bearbeitungsgebiet in SW-NE- beziehungsweise W-E-Richtung und schneiden dort bis auf -150 m NHN, stellenweise über -200 m NHN tief in das unterlagernde Tertiär sowie Prätertiär ein (Landesamt für Bergbau,

2010). Wegen des hohen Anteils an durchlässigen glazifluviatilen Sedimenten in den Rinnen bestehen großräumige Kopplungen zwischen den quartären (vorrangig GWL 150 und 160) und den tertiären Grundwasserleitern (GWL 500/611/750+820).

Neben der Lieberose-Gubener sowie der Burg-Peitzer Hauptrinne stellen im südlichen Bearbeitungsgebiet die Bärenbrücker Rinne, die Taubendorfer Rinne, die Kerkwitzer Rinne, die Trinitz-Heinersbrücker Rinne sowie die Dubrau-Bohrauer Rinne wichtige geohydraulische Einheiten dar.

### Haupthangendgrundwasserleiter

Der Haupthangendgrundwasserleiter wird durch Sedimente des Pleistozäns und des Holozäns charakterisiert. Nach dem ausgehenden Elster-Glazial (gE1-gE2) kam es zur weiträumigen Ablagerung mächtiger saalekaltzeitlicher fluviatiler bis glazifluviatiler Schotterkomplexe, die ferner Elster-kaltzeitliche Sedimente ausräumten und ersetzten. Diese hydraulisch gut bis sehr gut durchlässigen Ablagerungen sind durch bindige Ablagerungen der glazilimnischen Vor- und Nachschüttlungen sowie der Grundmoränen der drei saalekaltzeitlichen Eisvorstöße lokal unterbrochen und in lokale Stockwerke untergliedert.

Die ausgedehnten Bildungen der Elster-II-Nachschüttlung und die Saale-I-Vorschüttlung mit ihren Sanden und Kiesen bilden den GWL 160. Sie weisen Mächtigkeiten zwischen 30 m und 70 m auf, wobei die maximalen Werte innerhalb der Rinnenstrukturen zu finden sind. Das Hauptverbreitungsgebiet beschränkt sich auf den nordwestlichen bis westlichen Modellraum und reicht in seiner südlichen Ausdehnung bis an den Tgb. Jänschwalde heran. Der GWL 160 wird nur lokal von Saale-I-kaltzeitlichen Bildungen (gS1) lokal überlagert.

Zwischen dem Saale-I und Saale-II-Eisvorstoß kam es zu Ablagerungen fluviatiler bis glazifluviatiler Kiessande durch Einschüttungen ausgeprägter Flusssysteme. Diese bis zu 60 m mächtigen Bildungen entsprechen dem GWL 150 und sind fast im gesamten Modellgebiet anzutreffen, ausschließlich im nordöstlichen Modellgebiet und südlich des Tagebaus Cottbus zwischen Kahren und Forst ist die Verbreitung des GWL 150 auf die Rinnensysteme beschränkt. Der GWL 150 wird fast flächendeckend durch Bildungen der Saale-II-Grundmoräne (gS2) überlagert.

Glazifluviatile Nachschüttlungen des Saale-II-Eisvorstoßes bilden zusammen mit den kiesig-sandigen Vorschüttlungen der Saale-III-Kaltzeit den Grundwasserleiter 140. Er ist nur im Süden des Modellgebietes zwischen den Ortslagen Forst und Cottbus sowie in einem begrenzten Bereich im Nordwesten bei Jamnitz nahezu flächenhaft verbreitet. Neben den durchschnittlichen Liegendhöhen von +60 m NHN sinkt das Höhenniveau in der Lieberose-Gubener Hauptrinne bis zu +30 m NHN ab. Die durchschnittlichen Mächtigkeiten liegen zwischen 10 und 20 m. Die größte Mächtigkeit erreichen die Schichten in der Dubrau-Bohrauer Rinne am Rande des Tagebaus Jänschwalde.

Die Sedimente der glazifluviatilen Saale-III-Nachschüttlungen und Weichsel-Vorschüttlung beschränken sich auf den mittleren nördlichen Teil des Modellgebietes im Areal der Naturschutzgebiete Reichskreuzer Heide und Pinnower Lauche. Diese Ablagerungen bilden den bis zu 30 m mächtigen GWL 130.

### Hochflächen

Nördlich bis nordöstlich des Baruther Urstromtals schließt sich die flachwellige Jungmoränenlandschaft an. Dieser Bereich stellt den durch das Weichselglazial überformten Rest der saalekaltzeitlichen Ablagerungen dar. Die Hochflächen bestehen oberflächennah hauptsächlich aus einer Wechsellagerung von glazilimnischen Ablagerungen des Saale- und Weichsel-Glazials sowie lokalen Schmelzwassersanden und Flussablagerungen jüngerer Bildungen.



## Urstromtal

Das Baruther-Urstromtal grenzt südlich an das pleistozäne Jungmoränengebiet. Es wurde während des Weichsel-Glazials von Schmelzwässern des Inlandeises zur Zeit des Brandenburger Stadiums gestaltet. Innerhalb des Urstromtals liegt die mit einem schwachen Gefälle von Südost nach Westen verlaufende Spree-Malxe-Niederung. Die weichselfrühglazialen gut durchlässigen Schmelzwassersedimente innerhalb des Urstromtals bilden den GWL 120. Aufgrund fehlender Trennschichten zwischen weichselfrühglazialen Ablagerungen und den fluviatilen Bildungen des Holozäns bilden die Sedimente einen zusammenhängenden Grundwasserleiterkomplex.

## Kippen

Die Braunkohlenfelder Jänschwalde und Cottbus-Nord liegen östlich der Stadt Cottbus im südlichen Modellgebiet. Durch die ca. 6 km lange, in N-S-Richtung verlaufende Tranitz-Heinersbrücker Rinne werden beide Abbaufelder getrennt.

Infolge der bergmännischen Abtragung und Umlagerung des Kohledeckgebirges erfolgt eine Vermischung von sandigen mit schluffigen Sedimenten. Das entstehende Kippenmassiv ist aufgrund der verschiedenen Kippenarbeitsebenen als Folge der Abbautechnologie und der oft ungleichmäßig verlaufenden Setzungen in seinen geohydraulischen Eigenschaften stark heterogen.

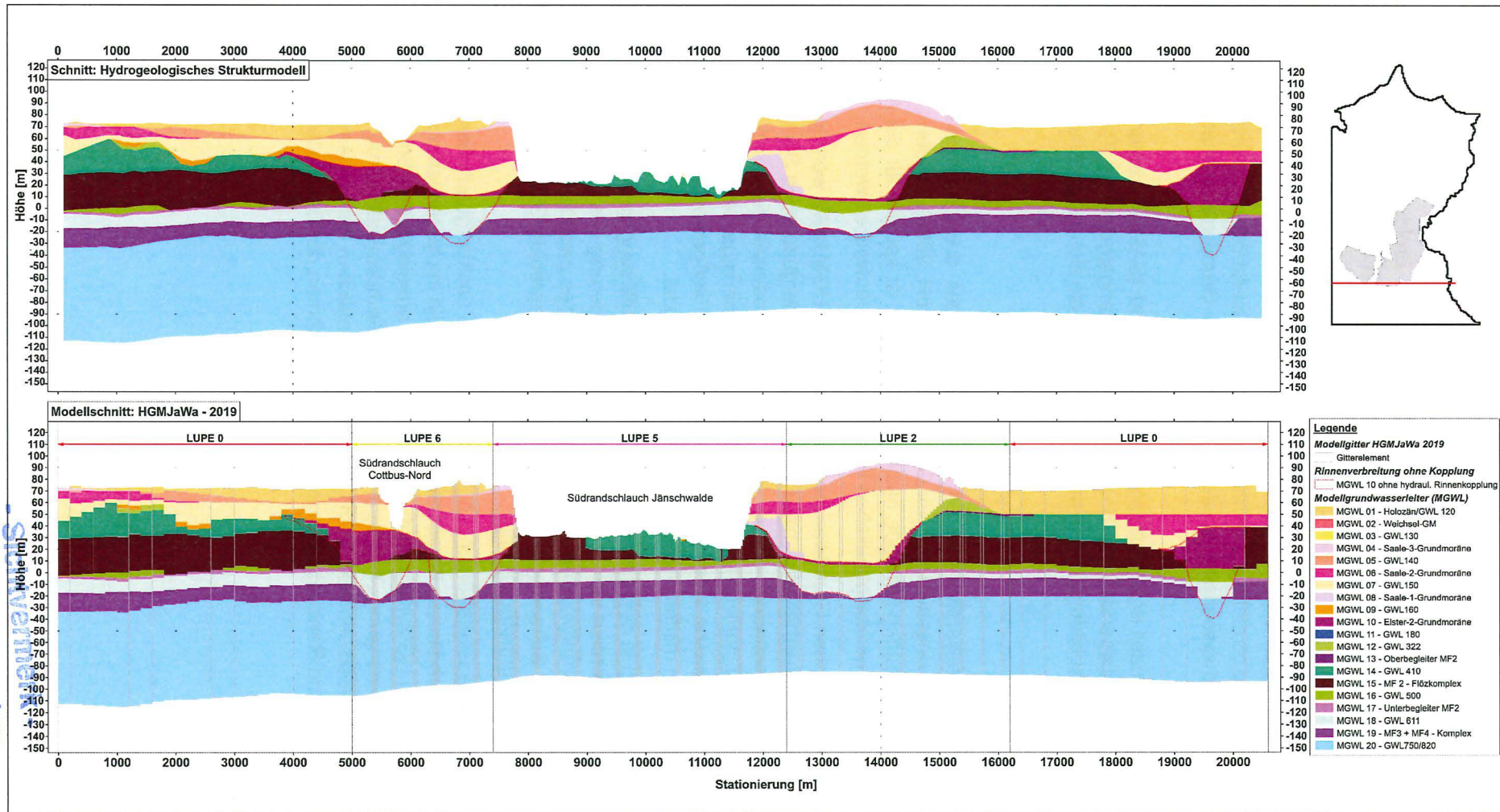


Abbildung 3-2: Hydrogeologischer Modellschnitt durch das Modellgebiet Janschwalde (Strukturmodell und Umsetzung in PCGEOFIM)



## 4 Grundwassermodellierung

Die Modellierung der Grundwasserströmung erfolgt auf Basis eines dreidimensionalen Strömungsmodells mit PCGEOFIM, dessen Lösungsalgorithmus auf der Finiten-Volumen-Methode basiert. PCGEOFIM ist speziell für die Anforderungen der bergbaulichen und nachbergbaulichen Wasserwirtschaft entwickelt worden.

Das vorliegende Grundwasserströmungsmodell Jänschwalde HGMJaWa (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2018) beschreibt die großräumigen Grundwasserströmungsverhältnisse im quartären Haupthangendgrundwasserleiter sowie in den tertiären Grundwasserleitern als 3D-Mehrschichtmodell.

Das Grundwasserströmungsmodell ist als ständig arbeitendes Modell (SAM) konzipiert, welches fortlaufend qualifiziert wird. Insbesondere die hoch sensitiven Eingangsparameter Tagebauentwässerung und Grundwasserneubildung haben großen Einfluss auf die sich prognostisch einstellenden Grundwasserstände.

### 4.1 Berechnungsmethodik

Die Modellierung der Grundwasserströmung erfolgt auf Basis eines dreidimensionalen Strömungsmodells mit PCGEOFIM (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2003), dessen Lösungsalgorithmus auf der Finiten-Volumen-Methode basiert. PCGEOFIM ist speziell für die Anforderungen der bergbaulichen und nachbergbaulichen Wasserwirtschaft entwickelt worden.

Ausgehend vom hydrogeologischen Grundwasserströmungsmodell HGMJaWa werden die stationären Grundwasserströmungsverhältnisse nach Beendigung der bergbaulichen Sümpfung berechnet. Für die Prognoserechnung wurde die mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell (ArcEGMO) berechnete mittlere jährliche ortsdiskrete flurabstandabhängige Grundwasserneubildung auf Basis der Klimanormalreihe 1981-2010 angesetzt. Für die Fließgewässer und Standgewässer im Modellgebiet wurden mittlere Abflussverhältnisse verwendet.

Das Grundwassermodell besitzt in dem betrachteten Gebiet eine Auflösung von 100 m x 100 m. Die vertikale Modellstruktur orientiert sich an der lithofaziellen Gliederung des Gebietes. Es berücksichtigt im Hangenden 6 Grundwasserleiter und im Liegenden des zweiten Lausitzer Flözes drei tertiäre Grundwasserleiter. Schwebende bzw. kleinräumig abgegrenzte GWL bzw. Wasservorkommen bleiben im Modell unberücksichtigt.

Mittels des kalibrierten Grundwasserströmungsmodells werden die nachbergbaulichen stationären Grundwasserströmungsverhältnisse berechnet. Hierfür erfolgt die Implementierung der Bergbaufolgelandschaft in das dem HGMJaWa zugrunde liegende Hydrogeologischen Strukturmodell und eine Kopplung der Randbedingung „Tagebaurestsee“ an das Grundwasserströmungsmodell. Die Hohlformen der Tagebaurestseen wurden mit dem nachbergbaulichen Parametermodell verschnitten. Modellparameter und Randbedingungen wurden im Rahmen der Bearbeitung mit der LEAG abgestimmt.

## 4.2 Räumliche Abgrenzung des Modellgebiets

Der Modellraum orientiert sich an geologischen und hydrologischen Rändern und dort, wo kein derartiger Modellrand zugewiesen werden konnte, insbesondere an den in das Gebiet einfließenden oder ausfließenden Volumenströmen, wurden die Ränder über die Einzugsgebiete bzw. hydraulischen Potentiale ermittelt. Die **horizontal-ebene Modellstruktur** (Abbildung 4-1) des Grundwassermodells (GWM) besteht aus einem Grundraster mit einer Kantenlänge von 200 m x 200 m. Eine Netzverfeinerung wurde in entsprechenden Modelllupen umgesetzt. Das Bearbeitungsgebiet zum ABP befindet sich vollständig im Modellgebiet des HGMJaWa.

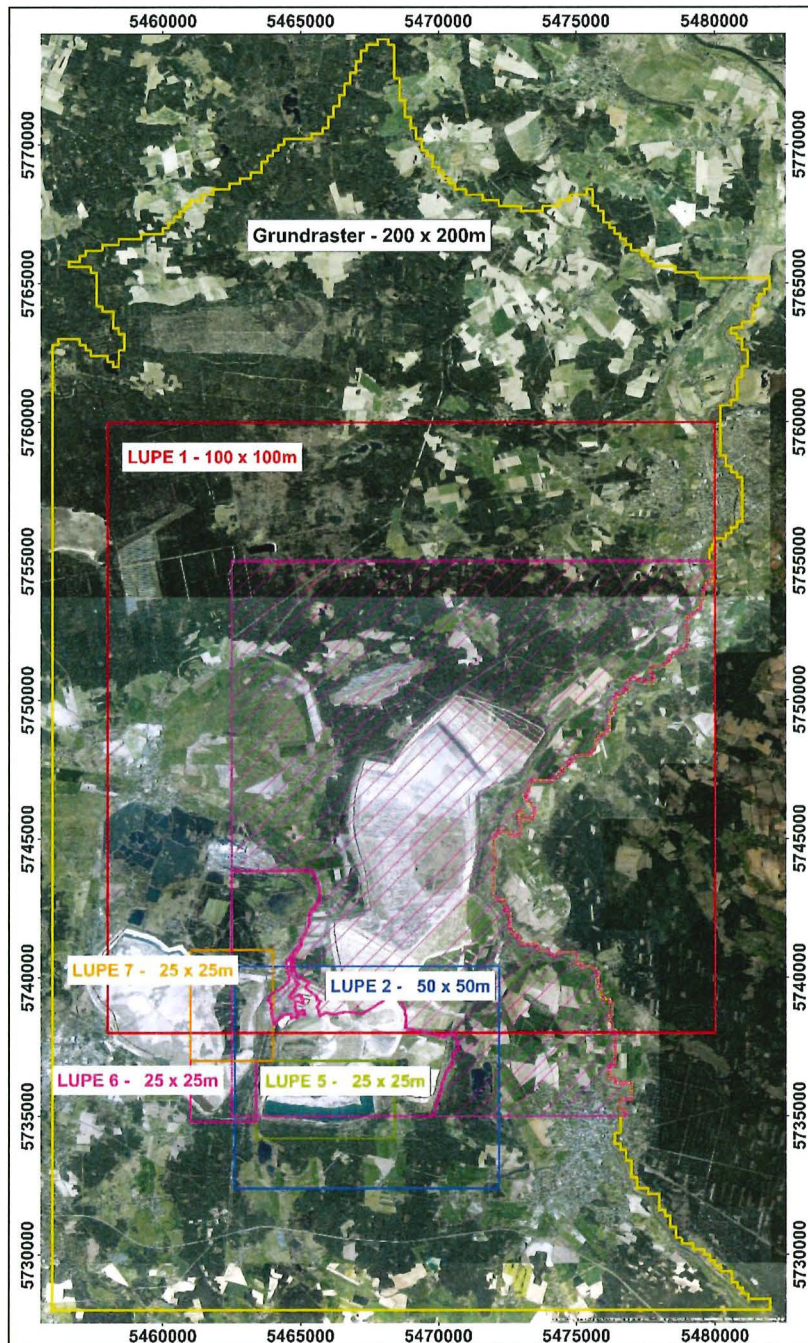


Abbildung 4-1: Lupenstruktur des Modellgebietes

Die Erstellung des **hydrogeologischen Strukturmodells** erfolgte mit dem Programmsystem GMS (Groundwater Modeling System) von AQUAVEOTM (AQUAVEO, 2012). Die hydrogeologischen Verhältnisse des bergbaulich unbeeinflussten sowie des geplanten nachbergbaulichen Zustands werden in zwei separaten Modellen abgebildet.

Die **vertikale Modellstruktur** (Abbildung 4-2) orientiert sich an der lithofaziellen Gliederung des Gebietes. Es berücksichtigt im Hangenden sechs Grundwasserleiter (GWL) und im Liegenden des zweiten Lausitzer Flözes drei tertiäre Grundwasserleiter. Schwebende bzw. kleinräumig abgegrenzte GWL bzw. Wasservorkommen bleiben im Modell unberücksichtigt.

Vorhandene Kopplungen der Grundwasserleiter wurden insbesondere im Bereich der pleistozänen Erosionsrinnen und mögliche Kopplungen außerhalb der Erosionsrinnen durch eine entsprechende Parametrisierung der Stauer berücksichtigt. Hydraulisch miteinander verbundene Grundwasserleiter können in den Grundwassergleichen als ein einheitliches Grundwasserstockwerk zusammengefasst werden.

System	MGWL	$k_f$ -Werte [m/s]	Schichtenfolge	Darstellung im GWGL-Plan
QUARTÄR	MGWL 1	$10^{-3}$ bis $10^{-5}$	Holozän	Haupthangendgrundwasserleiter
	MGWL 2	$10^{-6}$	$gW^1$	
	MGWL 3	$10^{-4}$ bis $10^{-5}$	GWL130	
	MGWL 4	$10^{-6}$	$gS3^2$	
	MGWL 5	$10^{-3}$ bis $10^{-5}$	GWL140	
	MGWL 6	$10^{-6}$ bis $10^{-8}$	$gS2^2$	
	MGWL 7	$10^{-3}$ bis $10^{-5}$	GWL150	
	MGWL 8	$10^{-5}$ bis $10^{-6}$	$gS1^2$	
	MGWL 9	$10^{-4}$ bis $10^{-5}$	GWL160	
	MGWL 10	$10^{-5}$ bis $10^{-8}$	$gE2^3$	
	MGWL 11	$10^{-6}$	GWL170-180	
TERTIÄR	MGWL 12	$10^{-5}$	GWL300	
	MGWL 13	$10^{-6}$	OBGL_MF2 <sup>4</sup>	
	MGWL 14	$10^{-4}$ bis $10^{-5}$	GWL410	
	MGWL 15	$10^{-7}$ bis $10^{-9}$	MF2 <sup>5</sup>	
	MGWL 16	$10^{-4}$ bis $10^{-6}$	GWL500	Liegend-GWL 500
	MGWL 17	$10^{-7}$	UBGL_MF2 <sup>6</sup>	
	MGWL 18	$10^{-4}$ bis $10^{-6}$	GWL600	Liegend-GWL 600
	MGWL 19	$10^{-7}$ bis $10^{-8}$	MF3+MF4 <sup>7</sup>	
	MGWL 20	$10^{-4}$ bis $10^{-6}$	GWL700-800	Liegend-GWL 800

<sup>1</sup> gW - Weichsel-Kaltzeit; <sup>2</sup> gS1, gS2, gS3 - Saale-Kaltzeit; <sup>3</sup> gE2 - Elster-Kaltzeit;

<sup>4</sup> OBGL MF2 – Oberbegleiter Miozänes Flözbank 2;

<sup>5</sup> MF2 - Miozänes Flözbank 2; <sup>6</sup> UBGL MF2 – Unterbegleiter Miozänes Flözbank 2; <sup>7</sup> MF3+MF4 - Miozänes Flözbank 3+4

Abbildung 4-2: Modellgrundwasserleiterzuordnung (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2018)

Das Hauptaugenmerk des Modells liegt auf den Haupthangend-GWL (HH-GWL). Für die Darstellung im GWGL-Plan ist es deshalb notwendig, Ortsdiskret die entsprechenden MGWL dem HH-GWL zuzuweisen (vgl. Abbildung 4-2). Die modellseitige Umsetzung erfolgt durch die Zuweisung der einzelnen Modellzellen zu einem einheitlichen Isolinienthema in der Parameterdatei (Spalte ISOTH).

Bei der Klassifizierung der MGWL als HH-GWL wurden die Grundwassermessstellen (GWMST) herangezogen, welche dem HH-GWL zugeordnet sind. Daraus konnte punktuell ein GWL sowie daran hydraulisch gekoppelte GWL dem Isolinienthema HH-GWL zugewiesen werden. Zwischen den Punktinformationen erfolgte die Auswahl anhand von Verbreitungsgrenzen und Kopplungen geologischer Strukturen. Lokal kann es nach der Zuweisung der MGWL zum Isolinienthema Haupthangend zu „Sprüngen“ kommen, welche sich auf den Isolinienplan des HH-GWL auswirken. Deshalb wurde das Isolinienthema im Laufe der Modellkalibrierung angepasst.

Bei der Darstellung der Grundwassergleichen (Isolinienplan) wird jeweils der oberste wassererfüllte MGWL des Isolinienthemas dargestellt. Außerdem werden alle GWMST, welche einer Modellzelle des Isolinienthemas Haupthangend zugeordnet sind, mit dargestellt.

#### 4.3 Zeitliche Abgrenzung

Die Modellberechnung unter dem Aspekt der zeitlichen Abgrenzung erfolgt in mehreren Berechnungsphasen. Die Kalibrierung und Epignose erfolgt unter Berücksichtigung gemessener wasserhaushaltlicher Größen für den Zeitraum 1993-2019 instationär, d.h. Wasserhaushaltgrößen, geohydraulische Randbedingungen und geotechnische Maßnahmen werden zeitabhängig im Modell entsprechend ihrer Wirkung bzw. Betriebszeiten berücksichtigt.

Die sich anschließende Prognoseberechnung gliedert sich in eine Wiederanstiegsphase bis zum Erreichen stationärer Grundwasserströmungsverhältnisse, dem sog. stationären Endzustand. Formal wurde der Zeitpunkt 01/2100 gewählt, der lange genug nach dem tatsächlichen Erreichen stationärer Grundwasserströmungsverhältnisse liegt. Die Wasserhaushaltsgrößen werden hierbei als langjährig gemittelte Grundwasserneubildungshöhen, Niederschläge und Verdunstung berücksichtigt. Der Basiszeitraum stellt die Klimanormalreihe 1981-2010 dar.

#### 4.4 Abbildung der geohydraulischen Randbedingungen

An den Modellrändern können über das Grund- und Oberflächenwasser Austauschprozesse mit den angrenzenden Gebieten erfolgen. Die Wahl der Modellränder ist daher so zu definieren, dass eine Beeinflussung durch bergbauliche Prozesse ausgeschlossen werden kann. In der Regel eignen sich Wasserscheiden (Einzugsgebietsgrenzen), Fließ- oder Standgewässer.

Die äußeren Grenzen des Modellgebiets müssen so weit nach außen gelegt werden, dass durch diese Grenzen, also die zu wählenden Randbedingungen (RB), das Geschehen im Untersuchungsgebiet, nicht (wesentlich) hydraulisch beeinflusst wird.

Innere Randbedingungen sind solche, die unabhängig vom äußeren Modellrand die Grundwasserdynamik durch Wasserstand oder Durchfluss im Innenbereich des Modells beeinflussen.

Die hydraulischen Randbedingungen wurden auf Basis der zur Verfügung stehenden klimatologischen und hydrologischen Daten fachgerecht nach dem Stand der Technik aufgebaut. Die Daten wurden durch recherchierte technologische Daten zu Wasserhaltungs- und Wasserversorgungs- und -ersatzmaßnahmen des aktiven und des Sanierungsbergbaus sowie Dritter ergänzt.

Wesentliche innere Randbedingungen sind:

- Vorfluter (Fließgewässer, Zu- und Ableiter),
- Standgewässer, speziell wenn sie wasserstandsgesteuert sind (Überläufe),
- Wasserentnahmen/-einleitungen in Stand- und Fließgewässer,
- Versickerungen an der Geländeoberkante,
- Technologische Randbedingungen des Bergbaus (Brunnen, Drainagen, Dichtwände, Sanierungselemente usw.).

#### 4.5 Abbildung der Bergbaufolgeseen

Für die korrekte Berechnung des Einflusses der Bergbaufolgeseen auf das Grundwasser wurde die Randbedingung „See“ entwickelt (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2003). Diese ermöglicht durch Digitalisierung der entstehenden Hohlform eine exakte Erfassung der limnologischen Basisdaten eines Bergbaufolgesees in der Berechnung. Als Randbedingung See werden neben den Bergbaufolgeseen auch natürliche Seen, Teichgruppen und Vernässungsflächen in grundwassererfüllten Geländesenken berücksichtigt.

Sie können wasserstand- oder durchflussgesteuert (h- oder Q-gesteuert) sein. Zeitliche Randbedingungen wie Flutungsbeginn etc. werden berücksichtigt. Die Abbildegenauigkeit der Wechselwirkungen See-Grundwasser richtet sich hierbei nicht nach der Ortsdiskretisierung des Modells, sondern ergibt sich aus der die Hohlform beschreibenden Datenbasis. Die Änderung des im Standgewässer vorhandenen Wassers berechnet sich aus der Summe der Flüsse zwischen dem horizontal und/oder vertikal gekoppelten Grundwasserkörper (Grundwassermodell) und dem Standgewässer plus Summe oberirdische Zuflüsse minus Zehrung.

#### 4.6 Abbildung der bergbautechnologischen Randbedingung

Neben der Dichtwand an der Ostmarkscheide des Tagebaus Jänschwalde werden im Modell die errichteten sowie geplanten Verdichtungsdämme (RDV-Dämme) berücksichtigt.

Die Dichtwände bzw. Verdichtungsdämme werden im Grundwasserströmungsmodell als richtungsabhängige Störungen abgebildet. Die Einführung eines richtungsabhängigen Störfaktors vermindert den horizontalen Austausch über die betreffende Grenzfläche zweier benachbarter Elemente. Modellseitig wurde für die Dichtwände ein Störfaktor von  $STOX=STOY=1 \cdot 10^{-5}$  angesetzt. Dieser stellt den  $k_f$ -Wert  $\leq 1 \cdot 10^{-8}$  m/s sicher. Die Abbildung des Baufortschrittes erfolgt zeitabhängig. Darüber hinaus wird die Wirkung der RDV-Dämme in den entsprechenden Modellelementen durch eine Verringerung der Durchlässigkeitsbeiwerte um einen Faktor von 0,5 bis 0,1 berücksichtigt (Abbildung 4-4).

#### Dichtwand Jänschwalde

Die Dichtwand wurde auf einer Länge von ca. 12 km längs der Neiße zur Begrenzung der bergbaulichen Grundwasserbeeinflussung in östlicher Richtung errichtet. Sie reicht bis in eine Tiefe von ca. 52 m bis 84 m u GOK und somit in den gering durchlässigen 2. Miozänen Flözkomplex. Modellseitig entspricht der Einbindehorizont dem MGWL 15.

#### Stützkörper

Folgende Stützkörper der LE-B (u.a. RDV-Dämme) werden im Modell berücksichtigt (Abbildung 4-4): Stützkörper Bergbaufolgeseen, Stützkörper Kippenableiter zu den Bergbaufolgeseen, Stützkörper Depot Jänschwalde II, Stützkörper Malxe und Düringsgraben.

Stützkörper der LMBV sind im Modell implementiert, werden jedoch an dieser Stelle, da außerhalb der bergrechtlichen Verantwortung der LE-B, nicht dargestellt (bspw. die RDV-Damm Abstrom Klinger See und RDV Cottbuser Ostsee).

Die bereits im HGMJaWa 2017 implementierten Stützkörper und Dichtwände mussten an die Lu-  
 penstruktur erneut angepasst werden. Im Modell werden die Stützkörper ab deren Fertigstellung  
 berücksichtigt. Dabei wird zunächst davon ausgegangen, dass sich die hydraulische Leitfähigkeit  
 der relevanten Modellelemente um eine Zehnerpotenz verringert.

Die Tiefenwirkung bzw. Einbindetiefen leiten sich aus den übergebenen Daten ab. Diese liegen  
 für die schwebenden Dämme bei +34 bis +55 m NHN und reichen für die Stützkörper der Berg-  
 baufolgeseen bis zum Liegenden (ca. -15 m NHN). Die Abbildung 4-3 zeigt eine Prinzipdarstel-  
 lung eines schwebenden RDV-Stützkörpers. Die Stützkörper werden räumlich und zeitlich in das  
 nachbergbauliche 3D-Strukturmodell übertragen.

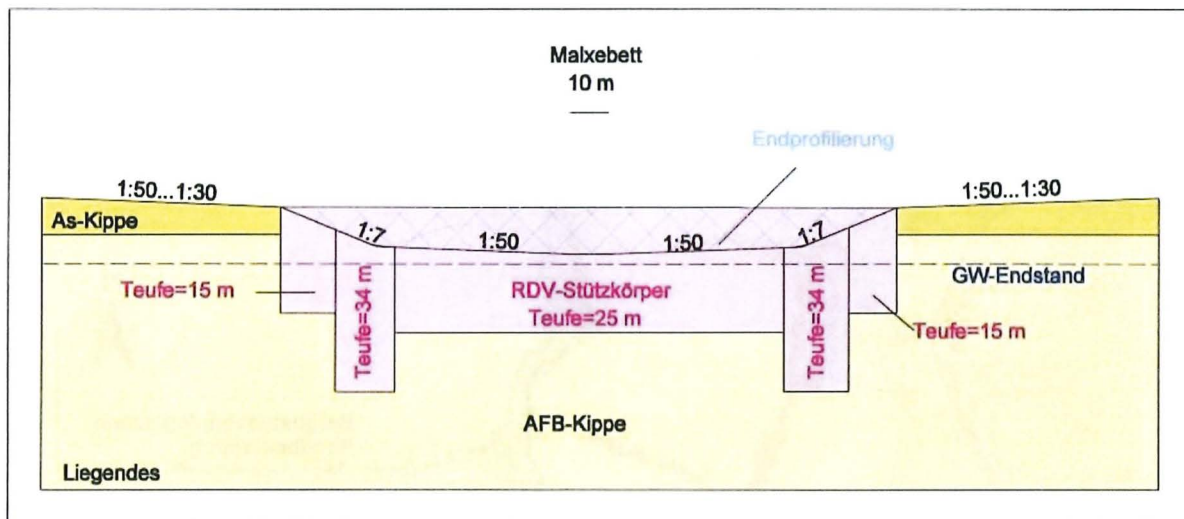


Abbildung 4-3: Prinzipdarstellung der Stützkörperherstellung aus dem SBP „Malxetal und Düringsgraben“  
 (Quelle: (Lausitz Energie Bergbau AG, 2010))

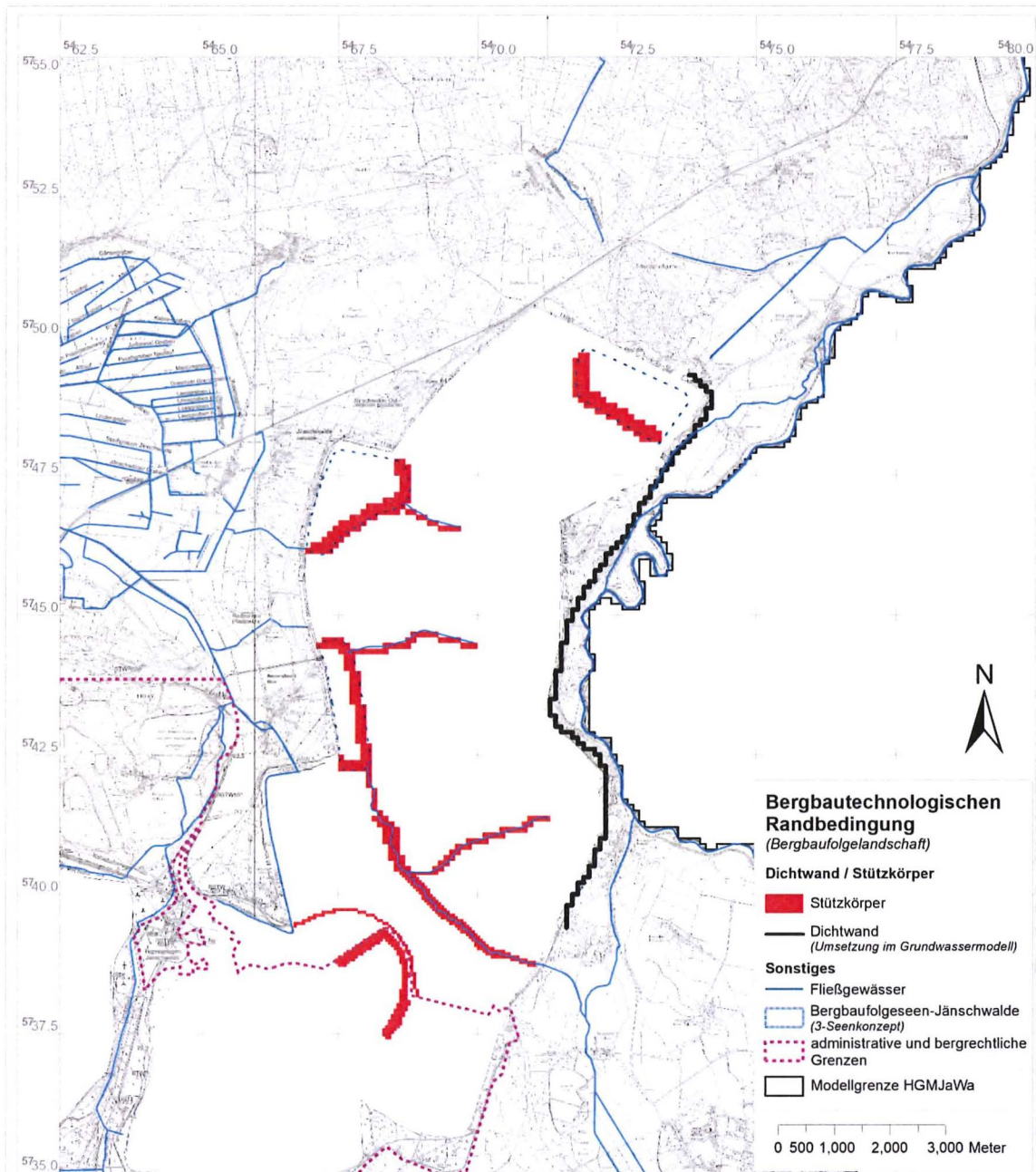


Abbildung 4-4: Umsetzung der vorhandenen und geplanten Stützkörper im bergrechtlichen Verantwortungsbereich der LE-B

#### 4.7 Abbildung der Wasserhaushaltsgrößen

Einflussfaktoren wie Witterung und Klima, Landnutzung und Vegetation, Bodeneigenschaften, Morphologie und Grundwasserflurabstand (GWFA) beeinflussen die Grundwasserneubildung (GWN). Deshalb werden diese implizit über die GWN berücksichtigt. Die GWN wird mit ArcEGMO (Büro für Angewandte Hydrologie, 2016) als Bodenwasserhaushaltsmodell (BWHM) berechnet und dem HGMJaWa (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2017) übergeben. Die Kopplung des BWHM und des HGMJaWa erfolgt offline über einen Datenaustausch beider Modelle.

Die Berücksichtigung der langfristig veränderlichen Grundwasserneubildungsbedingungen infolge des sich vollziehenden Landnutzungswandels von einer vorbergbaulichen walddominierten Landschaft über eine bergbaulich geprägte vegetationsfreie Landschaft bis zur nachbergbaulichen Landschaft (Bergbaufolgelandschaft) erfolgt durch die Vorgabe der entsprechenden Grundwasserneubildungsklassen (Abbildung 4-5).

Das Abflussregime der Fließgewässer, limnologischen Basisdaten der Standgewässer sowie die Witterungsverhältnisse Niederschlag, Verdunstung (Deutscher Wetterdienst, 2018) werden dem Modell vorgegeben. Als meteorologischer Bezugszeitraum für die Berechnung des Wasserhaushaltes dient die klimatische Reihe 1981-2010 (Deutscher Wetterdienst, 2018). In der Kalibrierungs- und Epignosephase werden auf Basis der klimatischen Reihe in ihrer räumlichen Verteilung monatliche Grundwasserneubildungswerte sowie langjährige mittlere Werte angesetzt.

Extreme Witterungsverhältnisse, im Sinne von Hoch- und Niedrigwasserereignisse der Fließgewässer, finden generell in der Berücksichtigung der Wasserhaushaltsgrößen einer Grundwassermodellprognose keine Berücksichtigung. Sie sind in den entsprechenden Gewässerausbauverfahren der Oberflächenwasserkörper näher zu ergründen



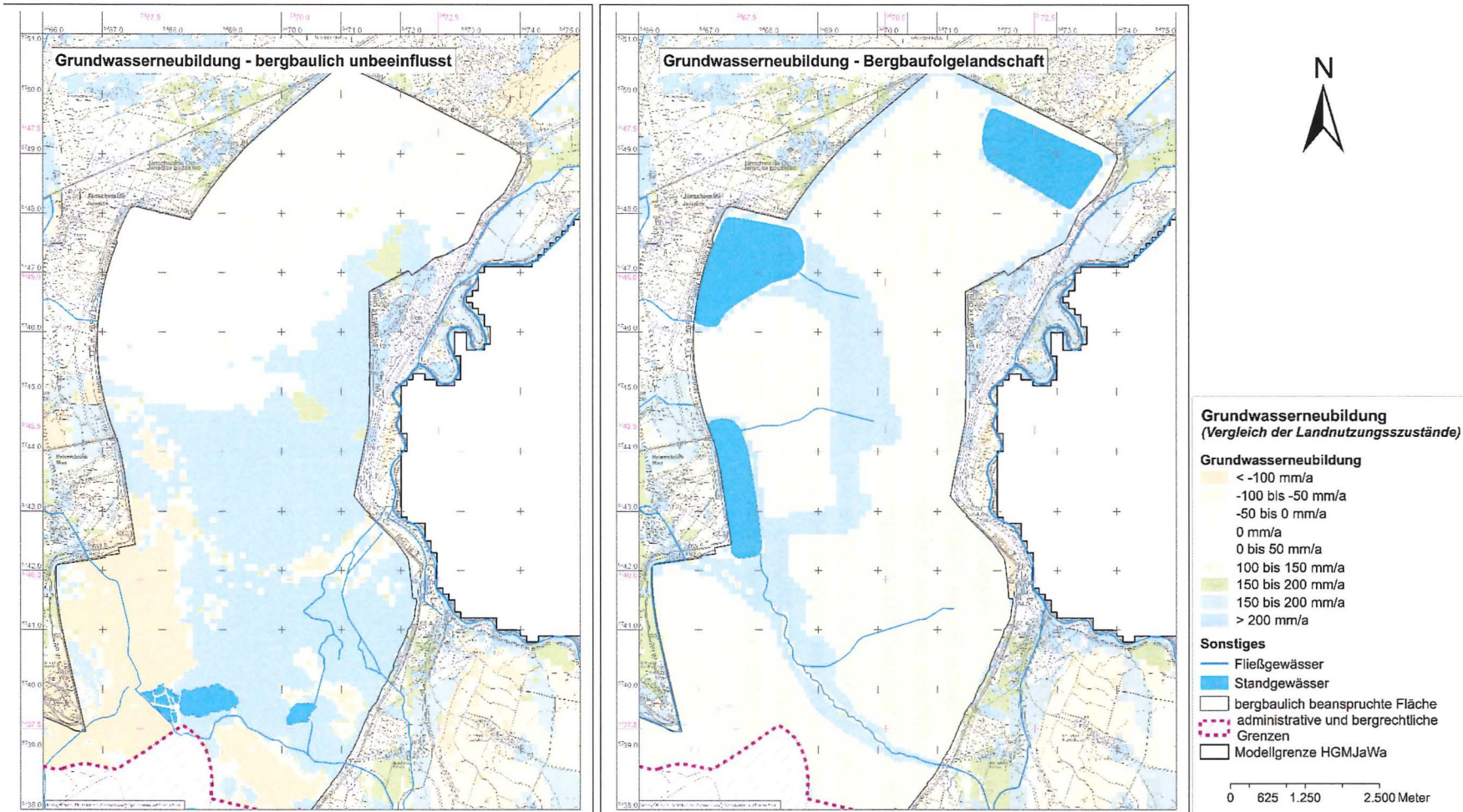


Abbildung 4-5: Grundwasserneubildungsänderung in Abhängigkeit der Landnutzungsänderung

## 5 Bergbaulich unbeeinflusste Grundwasserverhältnisse

Die recherchierte historische (vorbergbauliche) Grundwasserdynamik (Gehmlich, et al., 1966/67) deckt lediglich den südlichen Raum des in Rede stehenden Abschlussbetriebsplanes ab. Für den nördlichen Teil erfolgt die Berechnung bergbaulich unbeeinflusster Grundwasserverhältnisse modellgestützt. Auf Basis beider Grundwassergleichenpläne (GWGLP) wird ein bergbaulich unbeeinflusster Referenzzustand konstruiert, mit dessen Hilfe die Bildung eines das gesamte Modellgebiet abdeckenden bergbaulich unbeeinflussten GWGLP erfolgt.

### 5.1 Historischer Grundwassergleichenplan

Im Jahr 1959 beginnend, wurde die Lagerstätte Jänschwalde bis 1966 geologisch systematisch erkundet und für die Kohlegewinnung vorbereitet. Diese Erkundungsdaten lieferten auch erste zusammenhängende Darstellungen der angetroffenen Grundwasserhöhen. Die Detailerkundung Guben (DE Guben) des VEB Hydrogeologie Nordhausen aus den Jahren 1966/67 ergänzte die Darstellungen für den Raum nördlich Gießen bis nach Guben hin. Somit lag um 1972, dem erstmaligen Beginn von Sumpfungmaßnahmen, ein geschlossener Grundwassergleichenplan für den künftigen Wirkraum des Tagebaues Jänschwalde vor. Die durch zahlreiche gesichtete Unterlagen erfassten Daten wurden nach entsprechender Plausibilitätsprüfung in Bezug auf ihre Verwendbarkeit für die Erstellung eines vorbergbaulichen Grundwassergleichenplans verifiziert und in der Folgezeit fortwährend präzisiert (Abbildung 5-1).

### 5.2 Berechneter bergbaulich unbeeinflusster Grundwassergleichenplan

Da für das nördliche Modellgebiet sind aus den historischen Daten unzureichende Aussagen vorhanden sind, einigte man sich für diesen Bereich auf die Festlegung eines Referenzzeitpunktes. Auf Basis langjähriger Messreihen von GWMST lässt sich schlussfolgern, dass im nördlichen Modellgebiet zum Zeitpunkt 01/1998 etwa mittlere bergbaulich unbeeinflusste Grundwasserverhältnisse vorlagen. Dieser mit dem HGMJaWa berechnete Grundwassergleichenplan deckt den nördlichen Teilbereich des Modellgebietes ab, welcher die noch zu erwartende Absenkung durch die Tagebauentwässerung umfasst.

In großen Teilen stimmen die berechneten und konstruierten/historischen Grundwassergleichen im HH-GWL (vgl. Kap. 5.1) gut überein, so dass ein klarer Übergangsbereich im nördlichen Teil des Tagebaus erkennbar ist (Abbildung 5-1). Einzig im aktiven Tagebaubereich sind höhere Abweichungen festzustellen. Zum Zeitpunkt 01/1998 ist das nördliche Modellgebiet unbeeinflusst von der Grundwasserabsenkung des Tagebaus Jänschwalde und kann somit als Referenzzustand angesehen werden. Die konkrete Übergangsgrenze ergibt sich nach Süden aus dem Wirkungsbereich der Tgb. Jänschwalde und Cottbus-Nord zum Zeitpunkt 1998 (Differenzbildung 1998 und histor. Grundwassergleichen) und nach Norden aus dem zum Zeitpunkt 1998 übrigen Bereich ohne Tagebaueinfluss.

Abbildung 5-1 (links) zeigt die Verbreitung des berechneten Grundwassergleichenplans im nördlichen Modellgebiet. Südlich umfasst dieser Grundwassergleichenplan die noch zu erwartende Absenkung durch die Tagebauentwässerung. Nördlich der Darstellungsgrenze des Grundwassergleichenplans werden die Lücken des HH-GWL im Bereich der Lieberoser und Gubener Hochflächen modellgestützt geschlossen.

Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung zeitvariabler Grundwasserneubildungsverhältnisse. Für die Hochflächen, als natürliches Grundwasserspeisungsgebiet, hängen die Grundwasserstände maßgeblich von der klimatischen Entwicklung ab. Von den Hochflächen strömt das

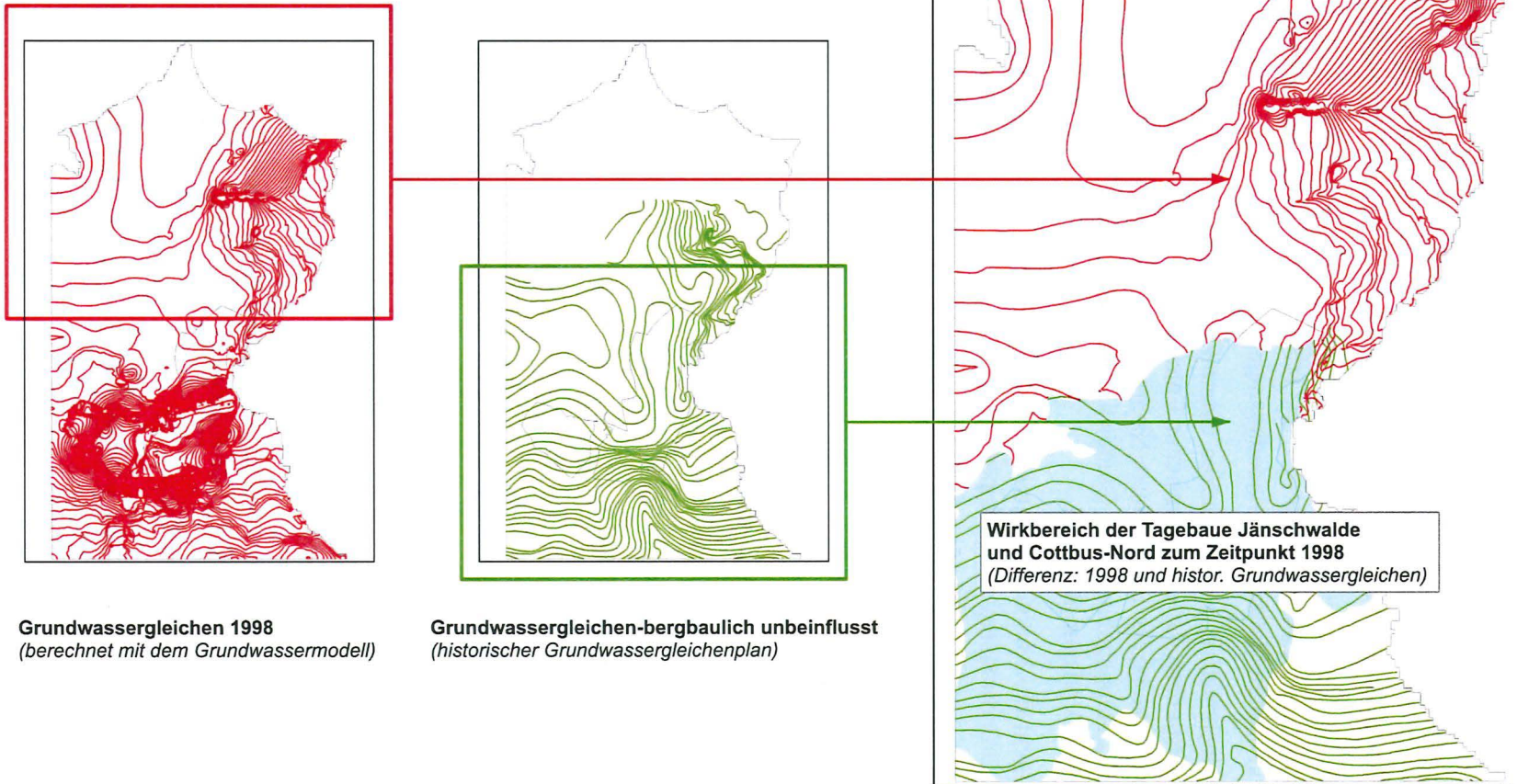


---

Grundwasser in Richtung der Spree-Malxe-Niederungen. Die Niederungsbereiche fungieren als Grundwasserentlastungsgebiete. Die Grundwasserstände sind hier maßgeblich von den Abflussverhältnisse der Vorfluter abhängig.

## Kombination der Grundwassergleichenpläne

(bergbaulich unbeeinflusst)



Grundwassergleichen 1998  
(berechnet mit dem Grundwassermodell)

Grundwassergleichen-bergbaulich unbeeinflusst  
(historischer Grundwassergleichenplan)

Wirkbereich der Tagebaue Jänschwalde  
und Cottbus-Nord zum Zeitpunkt 1998  
(Differenz: 1998 und histor. Grundwassergleichen)

Abbildung 5-1: Schema der Konstruktion eines flächendeckend verbreiteten bergbaulich unbeeinflussten Grundwassergleichenplans

### 5.3 Konstruktion der Hydrokatabasen

Ein geeignetes Mittel um Änderungen oder Auswirkungen der geplanten Bergbaufolgelandschaft (BFL) auf die Grundwasserströmungsverhältnisse beurteilen zu können, ist die Bildung von Hydrokatabasen. Die Hydrokatabasen haben das Ziel die hydrogeologische Situation vor und nach dem Bergbau zu vergleichen, um bleibende Einflüsse durch die Bergbautätigkeit herauszustellen.

Das Untersuchungsgebiet ist gekennzeichnet durch regionale Besonderheiten wie Hochflächen (Lieberoser und Gubener Hochfläche) und Niederungsbereiche (Spree-Malxe-Niederung), die im unterschiedlichen Maße auf Klimabedingungen reagieren.

Für die Hochflächen, als natürliches Grundwasserspeisungsgebiet, hängen die Grundwasserstände maßgeblich von der klimatischen Entwicklung ab. Von den Hochflächen strömt das Grundwasser in Richtung der Spree-Malxe-Niederungen. Die Niederungsbereiche fungieren als Grundwasserentlastungsgebiete. Die Grundwasserstände sind hier maßgeblich von den Abflussverhältnissen der Vorfluter abhängig.

Somit nimmt die Kenntnis bergbaulich unbeeinflusster Verhältnisse der Oberflächengewässer und des Grundwassers zur Konzipierung und Bewertung der BFL eine entscheidende Rolle ein. Dazu muss gewährleistet sein, dass keine anderen grundwasserbeeinflussenden Prozesse die Differenzbildung überlagern und eventuell verzerren. Dafür müssen im Wesentlichen drei Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Lagerungsverhältnisse des durchströmten Grundwasserkörpers müssen die Gleichen sein.
- Die historischen und prognostischen Grundwasserstände müssen vergleichbare klimatische Verhältnisse repräsentieren.
- Die Randbedingungen für die historischen und prognostischen Grundwasserstände müssen übereinstimmen.

In der Hydrokatabasenkarte werden die Unterschiede in den hydrodynamischen Verhältnissen im historischen Zustand ohne unmittelbare und weitreichende Bergbaubeeinflussung und dem prognostizierten stationären Endzustand nach Abschluss aller bergbaulichen und nachbergbaulichen Tätigkeiten deutlich.

Sie stellt Flächen (o. Linien) gleicher dauerhafter Grundwasserspiegeldifferenzen dar. Sie folgt dem Berechnungsgrundsatz „historisch minus stationär“.

- **Positive Hydrodifferenz:**
  - Die Lage Grundwasseroberfläche im stationären Endzustand ist über dem recherchierten historischen Niveau.
- **Negative Hydrodifferenz:**
  - Die sich zukünftig einstellenden Grundwasserstände liegen unter dem historischen Niveau.

## 6 Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde

Die allgemeine Zielstellung nach Beendigung der Kohleförderung im Tagebaubereich Jänschwalde besteht vordergründig darin, bergbaubedingte Gefährdungspotentiale zu beseitigen, um die öffentliche Sicherheit zu gewährleisten. Durch Maßnahmen zur Oberflächengestaltung ist eine vielfach nutzbare, den Zielen der Raumordnung folgende Bergbaufolgelandschaft herzustellen. Dabei ist die Wiedereingliederung des Sanierungsgebietes in den Naturhaushalt geboten, wobei die Wiederherstellung eines sich weitestgehend selbst regulierenden Wasserhaushaltes den Schwerpunkt bildet.

### 6.1 Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft

Im Rahmen des Antrages auf Abweichung von den Zielen der Raumordnung in Bezug auf die Verordnung über den „Braunkohlenplan Tagebau Jänschwalde“ (Land Brandenburg, 2002) wurden unter Berücksichtigung folgender Punkte alternative Varianten zur veränderten räumlichen Anordnung der Wasserflächen untersucht:

- Schaffung eines sich weitgehend selbstständig regulierenden, ausgeglichenen nachbergbaulichen Grundwasserhaushaltes,
- Vereinbarkeit der künftigen Bergbaufolgelandschaft mit den bestehenden naturschutzfachlichen und raumordnerischen Belangen und
- Beibehaltung der Flächenbilanz des BKP trotz räumlicher Verschiebung von Wasser- und Festlandsflächen.

Die Abweichung von der ursprünglichen Planung des BKP resultiert aus der Erfordernis zur Wiederherstellung der unterirdischen Wasserscheide von Nordsee (Spree-Elbe) und Ostsee (Lausitzer Neiße-Oder). Durch die Kalkulation verschiedener Seevarianten wurde der nachbergbauliche Verlauf der unterirdischen Wasserscheide gegenüber ihrer vorbergbaulichen Lage geprüft.

Das Ergebnis dieser Untersuchung ist die für den vorliegenden ABP vorgesehene Bergbaufolgelandschaft mit drei Bergbaufolgeseen (Drei-Seen-Konzept) mit unterschiedlichen Wasserspiegeln (Abbildung 6-2).

Gemäß den Zielen des BKP entsteht eine klare nutzungsorientierte Gebietstrennung in land- und forstwirtschaftliche Flächen sowie Renaturierungs- und Sukzessionsflächen. Am Südrand des Abgrabungsbereiches wird der künftige Klinger See entstehen. Im mittleren Bereich liegt das Flussbett der rückverlegten Malxe, die Bergbaufolgelandschaft von Südosten nach Nordwesten querend und damit annähernd ihren ursprünglichen Flussverlauf einnehmen wird. Für die unterschiedlichen Nutzungen werden im BKP folgende Größenordnungen vorgegeben:

- Landwirtschaft 25 %,
- Forstwirtschaft 47 %,
- Renaturierungsflächen davon mind. 50 % mit dem Entwicklungsziel Wald 15 %,
- Wasserflächen 12 %,
- sonstige Flächen (Straßen, Wege) 1 %.

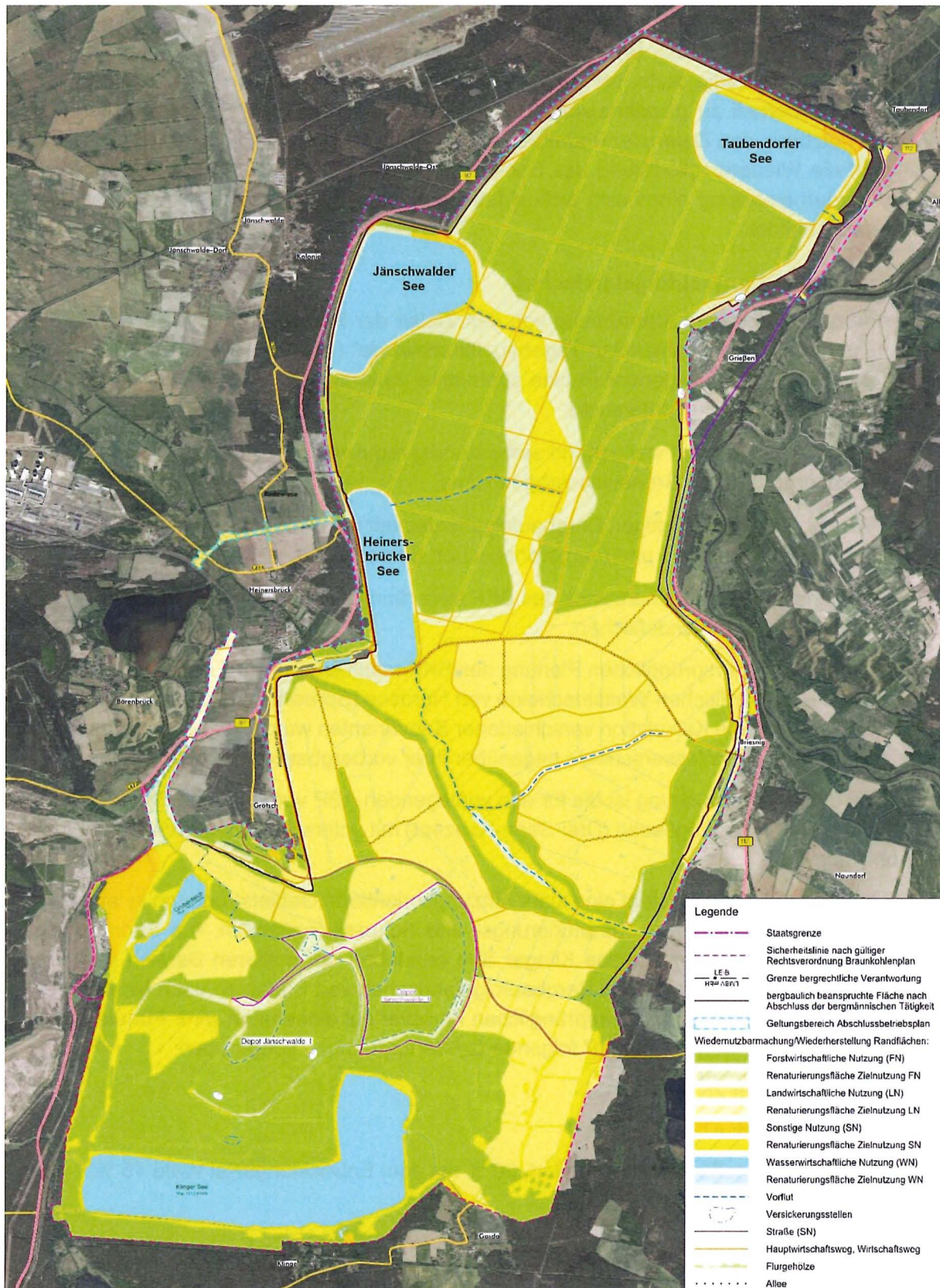


Abbildung 6-1: Zielkarte der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde (Quelle: LEAG 12/2022)

## 6.2 Wasserwirtschaftlichen Restraumgestaltung der Bergbaufolgelandschaft

Ziel der wasserwirtschaftlichen Restraumgestaltung ist eine umfassende und nachhaltige Sicherung sowie die Wiederherstellung eines sich weitgehend selbst regulierenden Gebietswasserhaushaltes. Die Reaktivierung bergbaubedingt gekappter Vorfluter ist dabei ein wesentlicher Aspekt.

Eine wichtige hydrologische Randbedingung der Bergbaufolgelandschaft ist die im Kippenbereich in das vorbergbauliche Fließbett zurückverlegte Malxe mit Anbindung an den Altlauf der Malxe bei Bohrau im Südosten und Heinersbrück im Nordwesten. Mit der Rückverlegung wird das Wasser des Oberlaufs der Malxe wieder dem ursprünglichen Einzugsgebiet der Spree zugeführt. Der verbleibende Malxe-Neiße-Kanal bleibt in der Funktion als Hochwasserableiter bestehen (IPP Hydro Consult GmbH, 2013). Darüber hinaus werden durch die Wiederherstellung und Ertüchtigung vorhandener Fließgewässer im Raum Briesnig-Bohrau nahezu vorbergbauliche Vorflutverhältnisse geschaffen.

Der entstehende Randschlauch an der Westmarkscheide und der Bereich der Tagebauendstellung nach Beendigung des aktiven Tagebaubetriebs bilden einen nahezu komplett flutungsfähigen Hohlraum. Unter Berücksichtigung der im Braunkohlenplan verfassten wasserwirtschaftlichen Sanierungsziele wurden verschiedene Seevarianten bewertet sowie die zu erwartende geohydraulische Entwicklung aufgrund der differenzierten Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft in einer fachgutachterlichen Bewertung (Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, 2020) dargelegt. Durch die Kalkulation verschiedener Seevarianten wurde der nachbergbauliche Verlauf der unterirdischen Wasserscheide gegenüber ihrer vorbergbaulichen Lage geprüft.

Im Ergebnis werden in der Bergbaufolgelandschaft drei Bergbaufolgeseen nahe der Ortslagen Taubendorf, Jänschwalde und Heinersbrück entstehen (Abbildung 6-2). Der Heinersbrücker See und der Taubendorfer See werden jeweils in das vorhandene Gewässersystem eingebunden. Zukünftig wird der Heinersbrücker See über die Malxe in das Einzugsgebiet der Spree eingebunden, der Taubendorfer See über das Eilenzfließ in das Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße. Eine Ableitung des Jänschwalder Sees im Sinne eines Überlaufs wird über einen Graben nach Süden zum Heinersbrücker See möglich sein.

Im Süden entstehen der Klinger See, welcher gem. Planfeststellungsbeschluss<sup>2</sup> mit dem geplanten Wasserstand von +71,5 m NHN in die hier ermittelten Prognosen des HGM Jawa implementiert ist. Gleiches gilt für den Grubenteich mit dem geplanten Wasserstand von +64,0 m NHN.

<sup>2</sup> Planfeststellungsbeschluss, wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren „Gewässerherstellung des Klinger Sees“, Gz.: 34.1.1.8, zugelassen am 12.10.2018.



### Drei-Seen-Konzept:

(Wasserfläche gesamt: 511 ha)

#### (I) Heinersbrücker See

Wasserspiegellage = +61,9 mNHN

Wasserfläche=120 ha

#### (II) Jänschwalder See

Wasserspiegellage = +62,0 mNHN

Wasserfläche = 205 ha

#### (III) Taubendorfer See

Wasserspiegellage = +56,5 mNHN

Wasserfläche = 186 ha

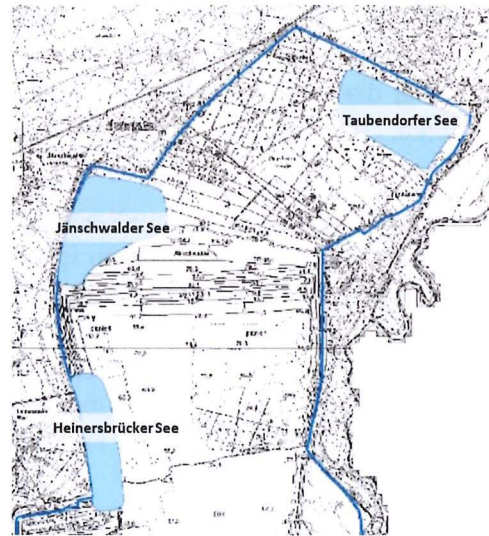


Abbildung 6-2: Darstellung des Drei-Seen-Konzepts in der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde

### 6.2.1 Kippenableiter zu den Bergbaufolgeseen

Die Kippenableiter an den westlichen Bergbaufolgeseen Heinersbrück und Jänschwalde dienen zum einen als Entwässerungselement, um die geotechnische Sicherheit auf der Innenkippe zu gewährleisten und zum anderen als Landschaftselement in der Bergbaufolgelandschaft.

Auf Grund des im zentralen Bereich des Tagebaus liegenden Grundwasserneubildungsgebietes (Abbildung 4-5) bilden sich in den Hochlagen der Bergbaufolgelandschaft höhere Grundwasserstände aus. Über die genannten Ableiter soll das Grundwasser im Sinne einer Vorflut druckentspannt bzw. entwässert werden, so dass der Grundwasserstand reduziert und größere Flurabstände (> 3m) erreicht werden. Diese wiederum werden als Voraussetzung in den Standsicherheitsnachweisen der Innenkippe zum Schutz der öffentlichen Sicherheit gefordert.

Kippenableiter zum:	Länge [m]	Sohlhöhe Quellgebiet [m NHN]	Sohlhöhe Mündung [m NHN]	Gefälle [‰]
Jänschwalder See	900	+65,5	+61,6	7
Heinersbrücker See	1500	+63,0	+61,5	6

Insbesondere mit dem weiter in die Bergbaufolgelandschaft gerichteten Graben zum Heinersbrücker See können die Grundwasserstände im zentralen Bereich des Tagebaus entsprechend der Anforderungen reduziert werden.

### 6.3 Dichtwand Jänschwalde

Die Dichtwand Jänschwalde wurde auf einer Länge von ca. 12 km zur Begrenzung der bergbaulichen Grundwasserbeeinflussung in östlicher Richtung längs der Abgrabungsgrenze errichtet. Sie reicht bis in eine Tiefe von ca. 52 m bis 84 m u GOK und somit in den gering durchlässigen 2. Miozänen Flözkomplex. Die Fertigstellung erfolgte im Jahre 2009. In den nachfolgenden Darstellungen ist die Dichtwand als Bestandteil des HGMJawa dargestellt. Der Verlauf passt sich der Rasterdarstellung an.



Im Zuge der Wiedernutzbarmachung ist zu klären, ob und in welchem Maße die bestehende Dichtwand zur Gewährleistung der geotechnischen Sicherheit perforiert werden muss. Die Prüfung erfolgt unter dem Aspekt geotechnischer Mindestgrundwasserflurabstände.

In Abbildung 6-3 werden die Grundwasserflurabstände (GWFA) des nachbergbaulichen Zustandes dargestellt. Die GWFA-Klassenbildung folgt den geotechnischen Anforderungen zur Einhaltung der Kippenhöchstwasserstände.

Im zentralen Kippenbereich (sog. „Grünes Herz“) werden die geringsten GWFA mit größer 3 m u GOK prognostiziert. Im Bereich der Westmarkscheide (entlang der Bergbaufolgeseen) und im Malxetal mit dem Düringsgraben liegen flächendeckend GWFA von 3 bis 6 m u GOK vor.

Die Hauptfließrichtung des Grundwassers in der Bergbaufolgelandschaft wird durch die Wasserstände der Bergbaufolgeseen und der rückverlegten Malxe geprägt. Alle Vorfluter in der Bergbaufolgelandschaft werden kippenseitig gespeist. Lediglich der Taubendorfer See erhält einen Grundwasserzustrom aus dem Gewachsenen. In der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde bildet sich eine unterirdische Wasserscheide in Süd-Nord-Richtung aus.

Die im zentralen Kippenbereich vorherrschende Grundwasserströmung erfolgt ausgehend vom sog. „Grünen Herz“ in nordöstlicher sowie südwestlicher Richtung. Die Prognose der Grundwasserstände im Raum Bohrau-Briesnig gegenüber den bergbaulich unbeeinflussten Verhältnissen unterscheiden sich nicht wesentlich. Das Grundwasserniveau wird hier maßgeblich durch die Wasserführung der Neiße bestimmt.

Die verbleibende Dichtwand entlang der Ostmarkscheide verhindert zwischen der hydraulisch abgeschnittenen Lausitzer Neiße und der Bergbaufolgelandschaft großräumige Austauschverhältnisse.

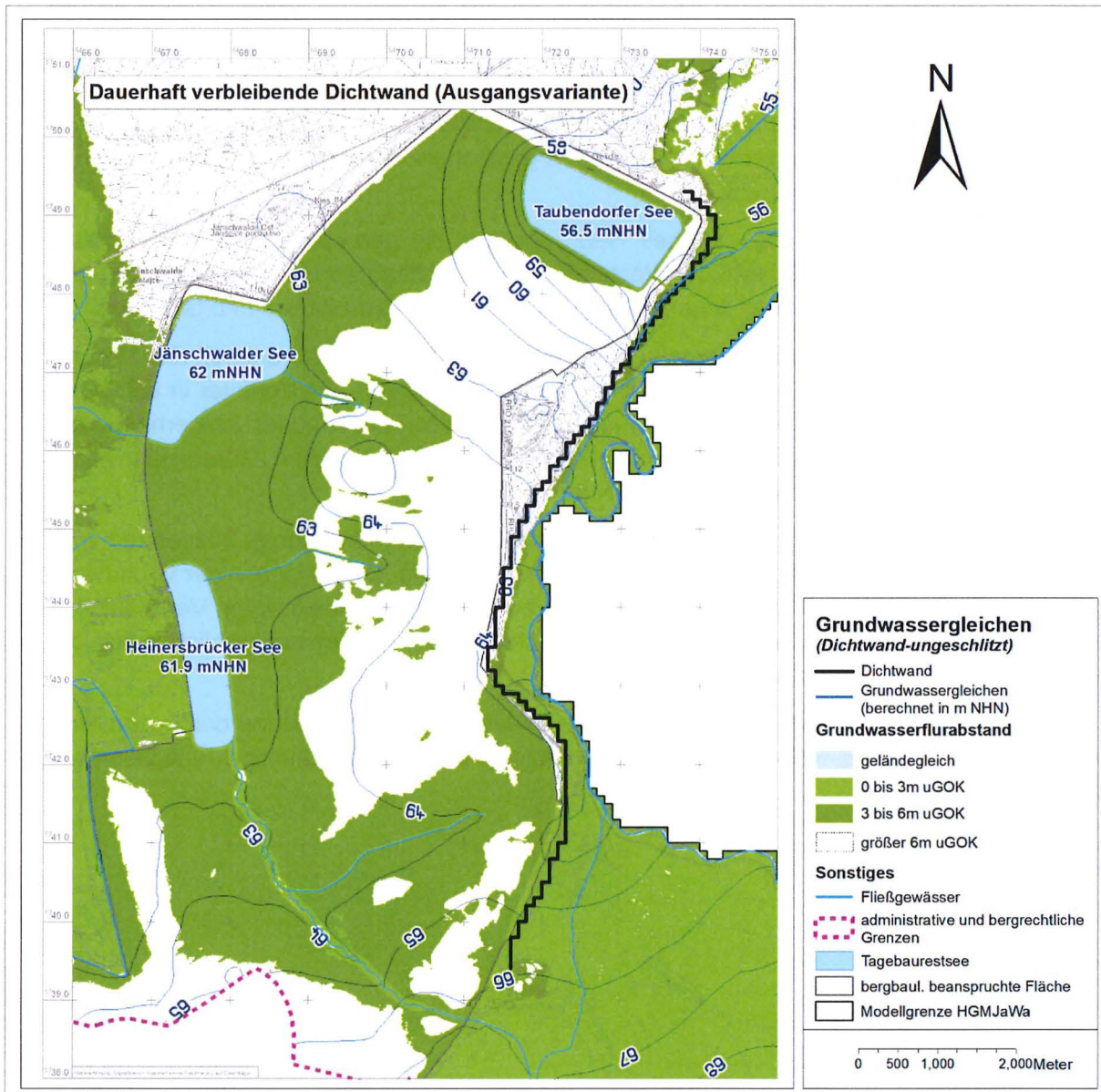


Abbildung 6-3: Nachbergbauliche Grundwassergleichen bei Verbleiben der Dichtwand über den gesamten Trassenverlauf

## 7 Berechnung der prognostischen Grundwasserverhältnisse

Im Arbeitsbereich des numerisch arbeitenden Grundwasserströmungsmodells Jänschwalde werden hinsichtlich der Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen langjährig gemittelte Grundwasserneubildungshöhen in ihrer räumlichen Verteilung zugrunde gelegt (siehe Abbildung 4-5). Die im Grundwassermodell angesetzten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte wurden anhand der Kenntnisse zum Aufbau der Kippe des Tagebaus, in den gewachsenen Bereichen mit Hilfe zahlreicher geologischer Informationen wie geologischen Karten, Bohrungen und ausgewerteten Proben festgelegt und durch Kalibrierung anhand zahlreicher Grundwassermessstellen überprüft und ggf. angepasst. Extreme Witterungsereignisse, Hochwasserereignisse der Lausitzer Neiße sowie in verschiedenen Richtungen diskutierte globale und regionale Klimaveränderungen bleiben in der Betrachtung außen vor.

### 7.1 Nachbergbauliche Grundwassergleichen

Die Abbildung 7-1 stellt die stationären Grundwasserströmungsverhältnisse unter mittleren Grundwasserneubildungsverhältnissen dar. Es zeigt die hydrodynamische Situation nach abgeschlossenem allgemeinem Grundwasserwiederanstieg unter Einhaltung der vorgesehenen Endwasserspiegel für die Bergbaufolgeseen und der übrigen für den stationären Dauerbetrieb vorgesehenen Randbedingungen und Fließgewässergestaltungen.

Die hydrodynamischen Verhältnisse des Bearbeitungsgebiets werden durch die Wasserstände der Bergbaufolgeseen geprägt. Im Süden wirkt die rückverlegte Malxe mit dem Düringsgraben als Vorfluter. Im Raum zwischen Bohrau-Briesnig östlich der Dichtwand entsprechen die nachbergbaulichen Grundwasserverhältnisse nahezu dem vorbergbaulichen Niveau.

Alle Bergbaufolgeseen werden weitestgehend kippenseitig gespeist. Die unterirdischen Einzugsgebiete der Bergbaufolgeseen, welche auf Basis der nachbergbaulichen Grundwassergleichen konstruiert sind, sind ebenfalls in der Abbildung 7-1 dargestellt. Ausgehend von dem maximalen Grundwasserstand auf der Innenkippe mit +66,0 m NHN sinken die Kippenwasserstände in Richtung der Restseen bzw. Vorfluter in Abhängigkeit der Seewasserstände schnell ab.

Im Bereich des Jänschwalder Sees liegt das Grundwasserniveau bei +62,0 m NHN. Der Heinersbrücker See besitzt Nahe der namensgebenden Ortslage einen Abfluss in Richtung Malxe. In Richtung Heinersbrücker See sinken die Grundwasserhöhen auf +61,9 m NHN. Die tiefsten Kippenwasserstände mit +56,5 m NHN resultieren aus der Regulierung der Wasserspiegellage des Taubendorfer Sees. Der Ablauf des Sees wird über das Eilenzfließ erfolgen. Der See wird vornehmlich in einem recht steilen Gefälle aus südwestlicher Richtung angeströmt. Ein weiterer Teil des Einzugsgebietes des Taubendorfer Sees liegt im Gewachsenen. Hier erfolgt der Zustrom aus nördlicher Richtung. Im Bereich des Grubenteichs sowie Klinger Sees prägen die Endwasserstände von +64,0 m NHN bzw. +71,5 m NHN die umgebenden Grundwasserverhältnisse.

Aufgrund der räumlichen Lage der Bergbaufolgeseen und der damit verbundenen Einbindung der Seen in die Einzugsgebiete der Spree und Lausitzer Neiße kommt es zur Ausbildung einer unterirdischen Wasserscheide innerhalb der Bergbaufolgelandschaft. Der prognostizierte Verlauf besitzt eine Süd-Nord-Abprägung, d.h. sie verläuft östlich des Jänschwalder und Heinersbrücker Sees und südwestlich des Taubendorfer Sees. Der Verlauf entspricht annähernd der bergbaulich unbeeinflussten Lage. Eine geringfügige Verlagerung nach Osten erfolgt im Bereich der OL Briesnig aufgrund des Düringsgrabens, eine weitere leichte Verschiebung in Richtung Westen erfolgt auf Höhe der OL Jänschwalde.

## 7.2 Nachbergbauliche Grundwasserflurabstände

In der Abbildung 7-1 werden die Grundwasserflurabstände (GWFA) auf Basis der berechneten nachbergbaulichen GWGL des Drei-Seen-Konzeptes dargestellt.

Während die Niederungen und Vorflutbereiche außerhalb des Tagebaus überwiegend durch geländegleiche (<0 m u GOK) oder flurnahe Grundwasserverhältnisse (0 bis 2,0 m u GOK) gekennzeichnet sind, ergeben sich auf den umliegenden Hochflächen GWFA von 2,0 m bis 6,0 m u GOK. Grundwasserflurabstände größer 6 m u GOK werden in der Abbildung 7-1 nicht gesondert dargestellt.

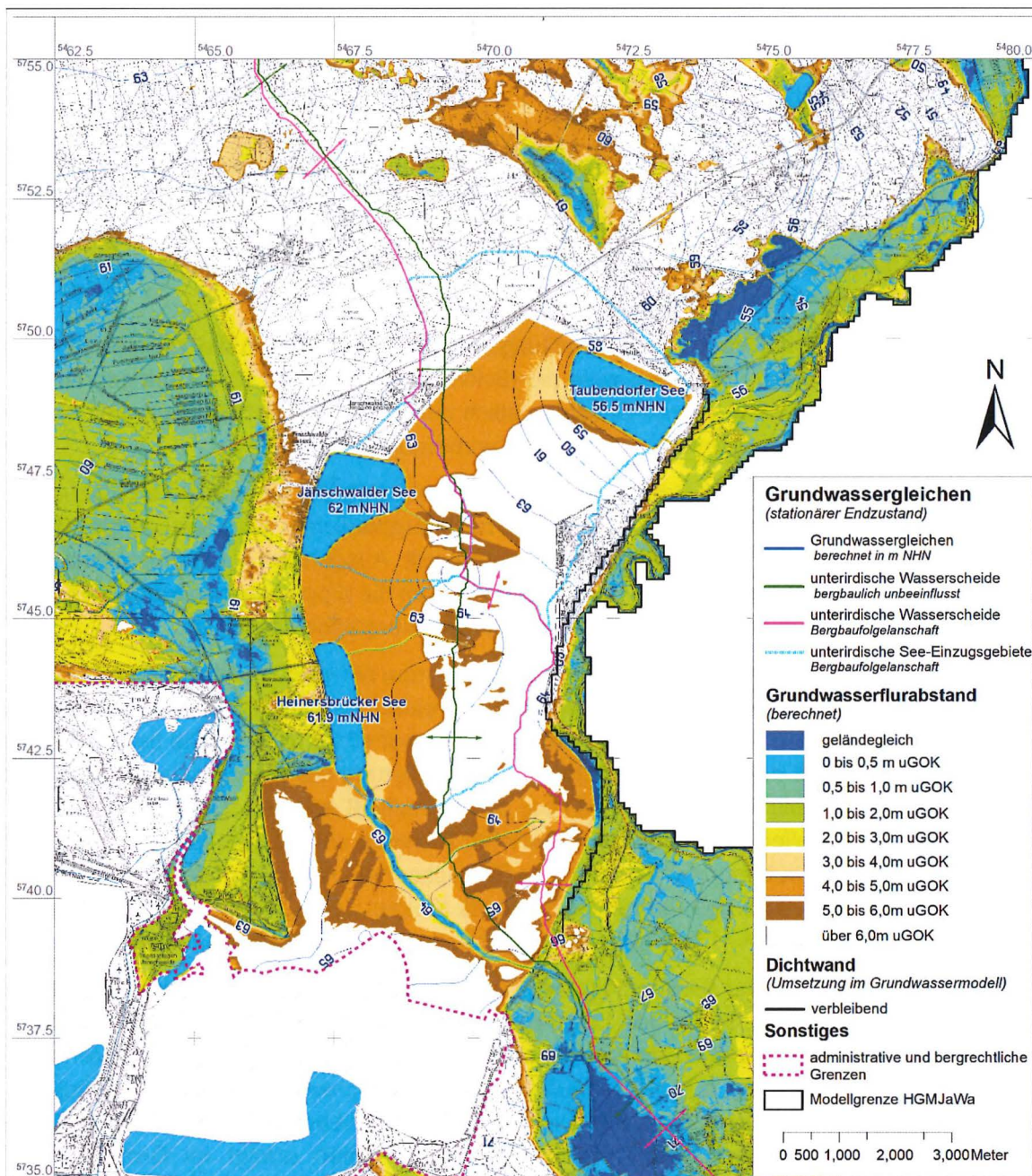


Abbildung 7-1: Berechnete Grundwassergleichen und Grundwasserflurabstand mit der unterirdischen Wasserscheide nach dem Grundwasserwiederanstieg (stationärer Endzustand)

## Geländegleiche Grundwasserflurabstände

Geländegleiche GWFA können als potentielle Vernässungsflächen interpretiert werden. Maßgebend für die Interpretation der tatsächlichen Grundwasserflurabstände ist die Berücksichtigung der Mächtigkeit bindiger Deckschichten bei gespannten Grundwasserverhältnissen. So treten häufig in Auengebieten halbgespannte bis gespannte Grundwasserverhältnisse durch holozäne Ablagerungen (Auenlehm, Torfe) auf. Flächendeckend verbreitete bindige Deckschichten (Auenlehmschichten) können Grundwasseraustritte verhindern. In Bereichen, wo die bindige Deckschicht fehlt bzw. nur ungenügend ausgebildet ist, ist temporär bzw. dauerhaft mit potentieller Vernässung zu rechnen. Sättigungswasseraustritte im Bereich der rückverlegten Malxe im Mündungsbereich des Düringsgrabens sind damit nicht auszuschließen. Im Falle der Senke nördlich der Ortslage Briesnig kann durch eine Reaktivierung und durch den weiteren Ausbau der vorhandenen Grabenstruktur dem Entstehen einer potenziellen Vernässungsfläche rechtzeitig entgegengewirkt werden. Folgende Bereiche werden mit geländegleichen GWFA ausgewiesen:

- Allg. in Flussaue (Moaske, Malxe, Lausitzer Neiße),
- Jänschwalder Laßzinswiesen,
- im Nahbereich von Seen und Teichen (u.a. Deulowitzer See und Bärenbrücker Teiche),
- in der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde im Bereich der rückverlegten Malxe,
- Senke nördlich von Briesnig.

## Flurnahe Grundwasserverhältnisse (0 bis 2 m uGOK)

Innerhalb der BFL Jänschwalde werden flurnahe Grundwasserstände im Bereich der landschaftsgerecht ausgeformten Malxe-Niederung sowie im Bereich des ihr zugeleiteten Düringsgrabens prognostiziert. Darüber hinaus sind im unmittelbaren Uferbereich der Bergbaufolgeseeen flurnahe Grundwasserstände anzutreffen.

Außerhalb der BFL treten nur dort flurnahe Grundwasserstände auf, wo bereits vor dem Bergbau flurnahe Grundwasserverhältnisse beobachtet wurden. Vor allem in den Niederungsbereichen von Vorflutern, Teichen und Seen ist mit flurnahen Verhältnissen zu rechnen. Es werden nahezu für den gesamten Bereich der Jänschwalder Laßzinswiesen  $GWFA \leq 2,0$  m u GOK berechnet. Im Bereich der kesselförmigen Beckenstrukturen der Grabkoer Seewiesen und des Pastlingsees werden flächenhaft flurnahe Grundwasserstände prognostiziert.

In der von Süden nach Norden verlaufenden Neißeau sind weitestgehend flurnahe Grundwasserstände anzutreffen. Die Grundwasserverhältnisse im HH-GWL werden dort direkt durch die Wasserspiegellage der Lausitzer Neiße bestimmt. An den Rändern des Neißetals steigen die Geländehöhen deutlich an. Die Grundwasserflurabstände liegen über 6 m u GOK.

## Flurferne GWFA (2 bis 6 m uGOK)

In dem umgebenden Bereich des Malxetals einschließlich des Düringsgrabens werden Grundwasserflurabstände zwischen 2 und 6 m u GOK berechnet. An der Westmarkscheide und entlang der Grundwasserscheide im mittleren Bereich der Bergbaufolgelandschaft („Grünes Herz“) werden ebenfalls GWFA zwischen 2 und 6 m u GOK prognostiziert.

## 8 Schutzgutbezogene Verhältnisse zur Gemeinschaftsprüfung

Zum Vergleich der sich in der Bergbaufolgelandschaft einstellenden nachbergbaulichen Verhältnisse zu bergbaulich unbeeinflussten Zuständen werden die Differenzen der Grundwasserstände dargestellt (Abbildung 8-1). Die Linien gleicher Differenzen werden als Hydrokatabasen bezeichnet. Negative Werte bedeuten nachbergbaulich tiefere Grundwasserstände, positive Werte höhere Grundwasserstände. Da aber in den Hydrokatabasen nicht das Niveau der Geländeoberfläche eingeht, sind diese zur Beurteilung der Grundwasserverhältnisse stets im Zusammenhang mit den Grundwasserflurabständen zu betrachten.

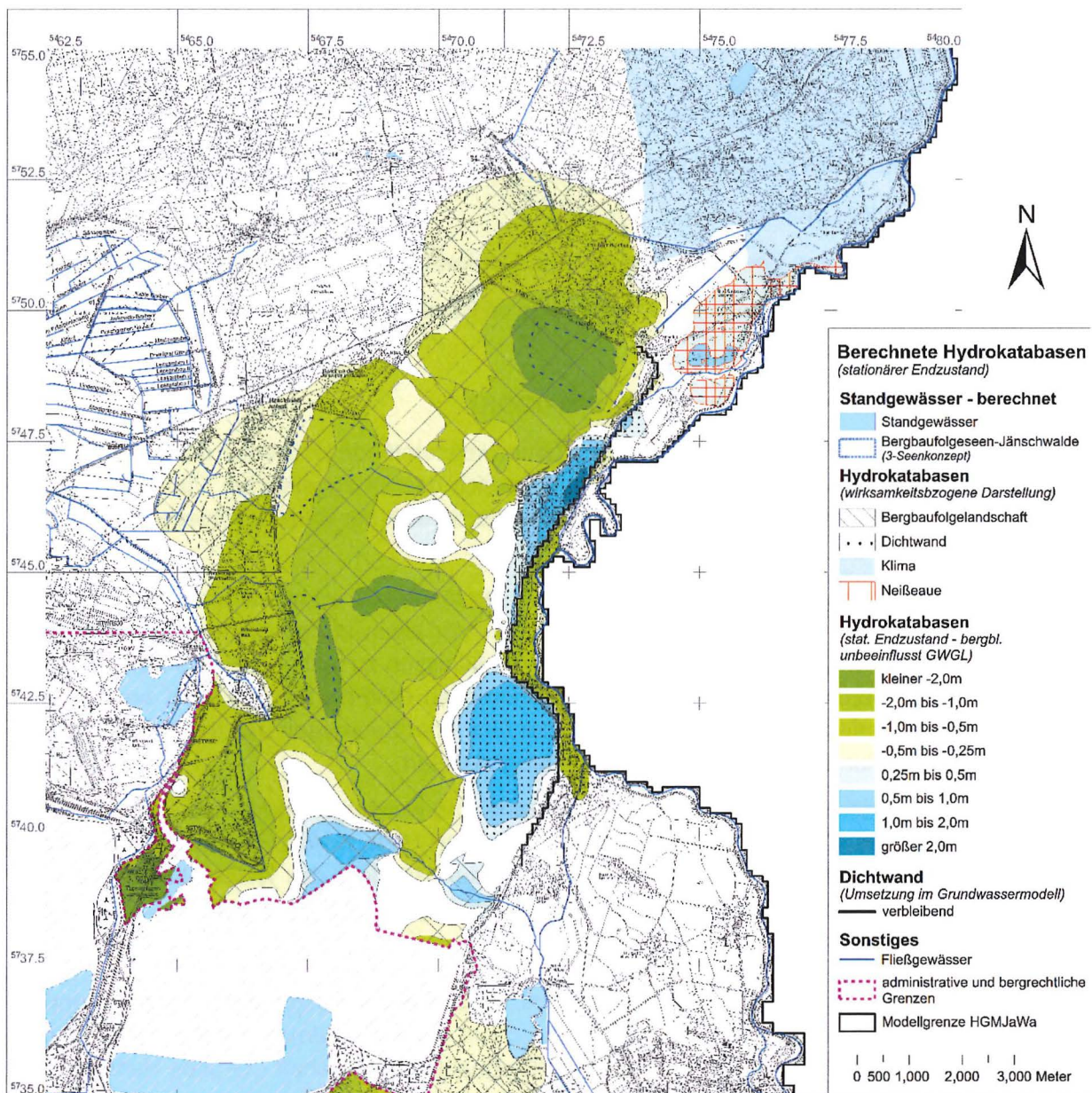


Abbildung 8-1: Hydrokatabasen des stationären Endzustands

Die wirksamkeitsbezogene Darstellung der Hydrokatabasen lässt sich für den Tagebau Jänschwalde in folgenden Ursachen begründen:

- *die Bergbaufolgelandschaft*, insbesondere die Rekultivierungsareale entsprechend der nachbergbaulichen Geologie, Morphologie und Landnutzung,
- *die Dichtwand*, als verbleibende Barriere zwischen Tagebau und Neiße,
- *die Neißeau* bei Groß Gastrose, insbesondere aufgrund der Anbindung des Taubendorfer Sees an das umgebende Gewässersystem,
- *das Klima*, insbesondere unter Beachtung der im Modell verwendeten Referenzzustände (u.a. 01/1998) und der in der Prognose angenommenen Klimanormalreihe.

### 8.1 Bergbaufolgelandschaft

Maßgebend für den Gebietswasserhaushalt im Endzustand sind die drei Bergbaufolgeseen und die dazugehörigen Kippenableiter, die rückverlegte Malxe inkl. Düringsgraben sowie die verbleibende Dichtwand. Beeinflusst werden die Grundwasserverhältnisse durch die Morphologie und Geologie der Innenkippe sowie die Gestaltung der BFL mit seinen unterschiedlichen Landnutzungsarten und den daraus resultierenden Grundwasserneubildungsraten. Unterschiedliche Grundwasserneubildungs- und -zehrungsgebiete sowie das Vorflutsystem bestimmen letztlich die sich einstellende Grundwasserdynamik im stationären Endzustand.

#### Dichtwand

An der Ostmarkscheide im Raum Grießen sorgt die verbleibende Dichtwand dafür, dass in den gewachsenen Bereichen zwischen Dichtwand und Kippe der Wasserstand den bergbaulich unbeeinflussten Grundwasserstand um bis zu 2 m überschreitet. Aufgrund der Geländemorphologie liegen Grundwasserflurabstände deutlich größer 6 m vor.

Umso wichtiger ist die Wiederherstellung und Gewährleistung der Durchgängigkeit vorhandener Fließgewässer im Raum Briesnig-Bohrau. In diesem Bereich werden die Hydrokatabasen vornehmlich durch die Dichtwand bestimmt. Maßgebend ist die Barrierewirkung der Dichtwand zur Neiße hin, die nachbergbaulich den möglichen Austrag von Kippenwasser reduziert.

#### Rekultivierungsareale

Die sichere Gestaltung der nachbergbaulichen Geländeoberfläche erfordert Grundwasserflurabstände von mehr als 3 m. Gegenüber dem bergbaulich unbeeinflussten Zustand werden daher die Grundwasserstände tiefer liegen. Im Zentrum der Bergbaufolgelandschaft ergibt sich landnutzungsbedingt eine erhöhte Grundwasserneubildung und ein gegenüber dem bergbaulich unbeeinflussten Zustand um etwa 1 bis 2 m höherer GW-Stand.

Im südlichen und östlichen Teil des ehemaligen Tagebaus sind verbreitet etwas höhere Grundwasserstände im Vergleich zu den bergbaulich unbeeinflussten Verhältnissen zu erwarten (ca. 1 m bis höchstens 2 m).

Diese im Wesentlichen auf veränderte Grundwasserneubildungsraten zurückzuführende Entwicklung ist deshalb unproblematisch, weil die betreffenden Teilflächen als flurfern klassifiziert werden und sich hierdurch zum bergbaulich unbeeinflussten Zustand keine relevante Veränderung ergeben. Durch die zu erwartende Grundwasseraufhöhung entstehen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt.

- Sichtvermerk -



Die in der Malxe-Niederung sowie im Geländeeinschnitt des Düringsgrabens und der Kippenableiter zu erwartenden geringen bis sehr geringen Grundwasserflurabstände sind gewollt und liegen im Bereich der Stützkörper. Sie sind ein wichtiger Standortfaktor für die Erreichung naturschutzfachlicher Zielstellungen.

Der Wasserspiegel im Grubenteich wird sich im Zusammenhang mit dem Grundwasserwiederanstieg auf ein Niveau von +64,0 m NHN einstellen. Zur Regulierung des Wasserstandes ist eine Vorflutanbindung an die Tranitz vorgesehen.

Aus geotechnischer Sicht sind die Setzungsentwicklungen der sich allmählich mit Grundwasser aufsättigenden Kipprohböden (Sättigungssetzungen) sowie die Eigenlast- und Alterungssetzungen zu berücksichtigen.

## **8.2 Bereiche außerhalb der Bergbaufolgelandschaft**

### **Neißeau**

Innerhalb der Neißeau stellen sich im Raum Briesnig-Bohrau den bergbaulich unbeeinflussten Verhältnissen vergleichbare Grundwasserstände ein. Es werden Grundwasserflurabstände kleiner 1 m prognostiziert. Änderungen östlich der Dichtwand ergeben sich nur im Umströmungsbereich der Dichtwandenden im Norden.

Der Abfluss des Taubendorfer Sees erfolgt über das Eilenzfließ. Die mit dem Modell prognostizierte Überleitmenge aus dem Taubendorfer See führt zu einem bilanziell höheren Basisabfluss im Eilenzfließ und somit zu einer Grundwasseraufhöhung um maximal 1 m innerhalb der Neißeau zwischen Moaske und Eilenzfließ.

### **Hochflächen**

Für die Hochflächen nördlich der Bergbaufolgelandschaft, als natürliches Grundwasserspeisungsgebiet, hängen die Grundwasserstände maßgeblich von der klimatischen Entwicklung ab.

### **Jänschwalder Laßzinswiesen**

Mit der Wiederherstellung der Wasserscheide mit Süd-Nord-Ausrichtung, die einen Gebietsabfluss ausgehend von der BFL nach Westen in Richtung Malxe bzw. nach Osten zur Neiße Niederung bewirkt, werden im Bereich der Jänschwalder Laßzinswiesen nachbergbaulich flurnahe bis geländegleiche Grundwasserstände erreicht. Sie nähern sich im Wesentlichen den bergbaulich unbeeinflussten Grundwasserständen an. Auch die Fließrichtung ist wie zuvor aus Nord und Nordwest in Richtung des Vorfluters Malxe gerichtet. Veränderte Grundwasserverhältnisse werden maßgeblich durch die Wasserspiegellage des Jänschwalder und Heinersbrücker Sees verursacht.

## 9 Zusammenfassung

Für die Einstellung des Tagebaubetriebes bedarf es gemäß § 53 BBergG eines Abschlussbetriebsplanes (ABP). Inhalt des Abschlussbetriebsplanes sind die bergbaulichen Tätigkeiten nach Einstellung der Kohleförderung im Tgb. Jänschwalde sowie die Wiedernutzbarmachung im bergrechtlichen Verantwortungsbereich der Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) im zugehörigen Geltungsbereich. Ziel dabei ist, dass nach Abschluss der Arbeiten von der durchgeführten bergbaulichen Tätigkeit keine Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ausgehen.

Die Betrachtung der zukünftigen Grundwasserströmungsverhältnisse im Rahmen dieses Gutachtens erfolgt unter Verwendung des Hydrogeologischen Großraummodells Jänschwalde (HGMJaWa) der LEAG. Das Grundwasserströmungsmodell HGMJaWa ist als ständig arbeitendes Modell (SAM) konzipiert, welches fortlaufend qualifiziert wird. Die Festlegung des Bearbeitungsgebiets ABP Tagebau Jänschwalde richtet sich nach hydrologischen und bergrechtlichen Grenzen und liegt innerhalb des HGMJaWa.

Zur Bewertung der nachbergbaulichen Grundwasserverhältnisse wird ein Vergleich zum bergbaulich unbeeinflussten Zustand als Referenz herangezogen. Die sich daraus ergebenden Abweichungen werden als Hydrokatabasen (auch Hydrodifferenzen) dargestellt. Zur Einschätzung der räumlichen Wiederherstellung der unterirdischen Wasserscheide werden die Berechnungsergebnisse mit den bergbaulich unbeeinflussten Grundwasserverhältnissen verglichen.

In der Bergbaufolgelandschaft Jänschwalde entstehen drei Bergbaufolgeseen bei Taubendorf, Jänschwalde und Heinersbrück. Der Heinersbrücker See und der Taubendorfer See werden in das vorhandene Gewässersystem eingebunden. Zukünftig wird der Heinersbrücker See über die Malxe in das Einzugsgebiet der Spree eingebunden, der Taubendorfer See über das Eilenzfließ in das Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße. Eine Ableitung des Jänschwalder Sees im Sinne eines Überlaufs wird über einen Graben nach Süden zum Heinersbrücker See möglich sein. Kippenableiter der spreeseitigen Seen sichern den nötigen Grundwasserflurabstand im Bereich der Innenkippe.

Eine weitere wichtige hydrologische Randbedingung der Bergbaufolgelandschaft ist die im Kippenbereich in das vorbergbauliche Fließbett zurückverlegte Malxe mit Anbindung an den Altlauf der Malxe bei Bohrau im Südosten und Heinersbrück im Nordwesten. Mit der Rückverlegung wird das Wasser des Oberlaufs der Malxe wieder dem ursprünglichen Einzugsgebiet der Spree zugeführt. Der verbleibende Malxe-Neiße-Kanal bleibt in der Funktion als Hochwasserableiter bestehen.

Mit dem Grundwassermodell wurden die stationären Grundwasserströmungsverhältnisse unter mittleren Grundwasserneubildungsverhältnissen berechnet. Dies erfolgte unter Einhaltung der vorgesehenen Endwasserspiegel für die Bergbaufolgeseen und der übrigen für den stationären Dauerbetrieb vorgesehenen Randbedingungen und Fließgewässergestaltungen.

Die hydrodynamischen Verhältnisse im Geltungsbereich des ABP werden durch die Wasserstände der Bergbaufolgeseen geprägt. Aufgrund der räumlichen Lage der Bergbaufolgeseen und der damit verbundenen Einbindung der Seen in die Einzugsgebiete der Spree und Lausitzer Neiße kommt es zur Ausbildung einer unterirdischen Wasserscheide innerhalb der Bergbaufolgelandschaft. Im Süden wirkt die rückverlegte Malxe mit dem Düringsgraben als Vorfluter. Im Bereich zwischen Bohrau-Briesnig östlich der Dichtwand entsprechen die nachbergbaulichen Grundwasserverhältnisse nahezu dem vorbergbaulichen Niveau.

- Sichtvermerk -



In den Niederungen und Vorflutbereichen werden überwiegend geländegleiche (<0 m u GOK) oder flurnahe Grundwasserverhältnisse (0 bis 2,0 m u GOK) prognostiziert. Gefahrenpotentiale können in erster Linie nur dort auftreten, wo die Grundwasserflurabstände im Bereich von 0 bis 2 m u GOK liegen. Innerhalb der BFL Jänschwalde sind flurnahe Grundwasserstände im Bereich der landschaftsgerecht ausgeformten Malxe-Niederung sowie den Bereich des ihr zugeleiteten Düringsgrabens flurnahe Grundwasserverhältnisse berechnet. Darüber hinaus sind lediglich im unmittelbaren Uferbereich der Bergbaufolgeseen flurnahe Grundwasserstände anzutreffen. Außerhalb der BFL treten nur dort flurnahe Grundwasserstände auf, wo schon vor dem Bergbau ein flurnaher Grundwasserstand beobachtet wurde. Vor allem in den Niederungsbereichen von Vorflutern, Teichen und Seen ist mit flurnahen Verhältnissen zu rechnen.

Zur Einschätzung der schutzgutbezogenen Verhältnisse wird das Bearbeitungsgebiet in die Bereiche Bergbaufolgelandschaft, bergbaulich nicht beanspruchte Bereiche gegliedert. Innerhalb der Bergbaufolgelandschaft werden flurferne Grundwasserstände prognostiziert, mit Ausnahme von unmittelbaren Ufer- bzw. Vorflutbereichen. Die sich in der Bergbaufolgelandschaft in Süd-Nord-Ausrichtung ergebende Wasserscheide entspricht in ihrer Ausprägung nahezu der bergbaulich unbeeinflussten Lage. Auch in den angrenzenden Bereichen außerhalb der Bergbaufolgelandschaft können nach Abschluss der Wiedernutzbarmachung nahezu die vorbergbaulichen bzw. bergbaulich unbeeinflussten Zustände wiederhergestellt werden.