

Erweiterung Tagebau Langsdorf

7. Änderung des planfestgestellten Rahmenbetriebsplans zum Kiessandtagebau Langsdorf

Geohydraulische Modellierung

Projekt-Nr.: 22226-00

Fertigstellung: März 2014 / Juni 2017

Plausibilisierung: April 2023



Geschäftsführerin: Dipl.-Geogr. Synke Ahlmeyer



Projektleitung: Dipl.-Geogr. Catrin Lippold

Mitarbeit: Dipl.-Hydrologe
H. Hennig

Dipl.-Geologin
Dr. rer. nat. C. Bönsch



Regionalplanung

Umweltplanung

Landschaftsarchitektur

Landschaftsökologie

Wasserbau

Immissionsschutz

Hydrogeologie

GIS-Solutions

UmweltPlan GmbH Stralsund

info@umweltplan.de
www.umweltplan.de

Sitz Hansestadt Stralsund

Tribseer Damm 2
18437 Stralsund
Tel. +49 38 31/61 08-0
Fax +49 38 31/61 08-49

Niederlassung Rostock

Majakowskistraße 58
18059 Rostock
Tel. +49 381 877161-50

Außenstelle Greifswald

Bahnhofstraße 43
17489 Greifswald
Tel. +49 38 34/231 11-91
Fax +49 38 34/231 11-99

Geschäftsführerin

Dipl.-Geogr. Synke Ahlmeyer

Zertifikate

Qualitätsmanagement
DIN EN 9001:2015
TÜV CERT Nr. 01 100 010689

Familienfreundlichkeit
Audit Erwerbs- und Privatleben

Inhaltsverzeichnis

0	Bewertung der Aktualität des hydrogeologischen Gutachtens zur Erweiterung des Kieswerkes Langsdorf (Plausibilisierung 2023)	4
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	6
2	Hydrogeologische Verhältnisse	7
2.1	Schichtaufbau und Lagerungsverhältnisse des Pleistozän	7
2.2	Holozäne Schichtenfolge	9
2.3	Grundwasserstand / Grundwasserdynamik	9
2.4	Grundwasserbeschaffenheit	11
3	Geohydraulische Modellierung	13
3.1	Modellaufbau	13
3.2	Grundwasserneubildung	15
3.3	Modellkalibrierung	16
3.4	Szenariorechnungen	19
4	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	24
5	Quellenverzeichnis	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hydrogeologisches Normalprofil	8
Tabelle 2:	Wasserstände	10

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundwasserdynamik August 2013.....	4
Abbildung 2: Grundwasserdynamik August 2013.....	10
Abbildung 3: Wasserstandsganglinien und Niederschlag.....	11
Abbildung 4: Genetische Interpretation der Grundwasseranalysen (2003-2012).....	12
Abbildung 5: Modellrandbedingung „Moorbereich“	14
Abbildung 6: Hydrotope der Grundwasserneubildung	15
Abbildung 7: Grundwasserneubildungsberechnung	16
Abbildung 8: Wasserstandsganglinien 2005-2013	17
Abbildung 9: Modellkalibrierung – Vergleich beobachteter und gemessener Wasserstände	18
Abbildung 10: Unterirdisches Einzugsgebiet des Kiesees zu Beginn des Nassschnittes....	20
Abbildung 11: Unterirdisches Einzugsgebiet des Kiesees zum Ende des Abbaus	21
Abbildung 12: Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet des Kiesees zu Beginn des Nassschnittes.....	22
Abbildung 13: Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet des Kiesees zum Ende des Abbaus.....	23

Anlagen

Blatt-Nr.	Bezeichnung	Maßstab
1	Übersichtskarte	1 : 25.000
2	Unterkante des Grundwasserleiters und Schnittspuren	1 : 25.000
3	Hydrogeologische Schnitte	
4	Aufbau des geohydraulischen Modells	1 : 25.000
5	Kalibrierungsergebnis – Aktuelle Grundwassergleichen	1 : 25.000
6	Referenzzustand – Grundwassergleichen nach der Einstellung des derzeitigen Tagebaus	1 : 10.000
7	Szenariorechnung – Grundwasserabsenkung während des Abbaus auf der Erweiterungsfläche	1 : 10.000
8	Szenariorechnung – Grundwasserstandsänderungen im Endzustand	1 : 10.000

0 Bewertung der Aktualität des hydrogeologischen Gutachtens zur Erweiterung des Kieswerkes Langsdorf (Plausibilisierung 2023)

Das nachfolgende Gutachten (Kapitel 1–5) umfasst eine geohydraulische Modellierung sowie eine Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse.

Das Modell wurde auf der Basis der geologischen Erkundungsergebnisse erstellt und anhand von Wasserstandsmessungen an sieben Grundwassermessstellen und am Tagebausee stationär kalibriert. Es wurde eine gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Wasserstände für mittlere Verhältnisse erzielt. Lediglich das Rechenergebnis für die Messstelle Hy Ldr 4/95 wich etwas stärker von den Messwerten ab, was 2014 nicht erklärt werden konnte. Ein Vergleich mit dem vorliegenden Monitoringbericht (Geo Projekt Schwerin 2023¹) zeigt, dass die damals verwendeten Koordinaten der Messstelle fehlerhaft waren. Geo Projekt Schwerin (2023) verortet die Messstelle ca. 300 m weiter westlich, näher am Tagebausee (siehe Abbildung). Der für diesen Standort berechnete Grundwasserstand entspricht ziemlich genau dem an der Messstelle Hy Ldr 4/95 gemessenen Wert, wodurch die Qualität der Modellanpassung zusätzlich bestätigt wird.

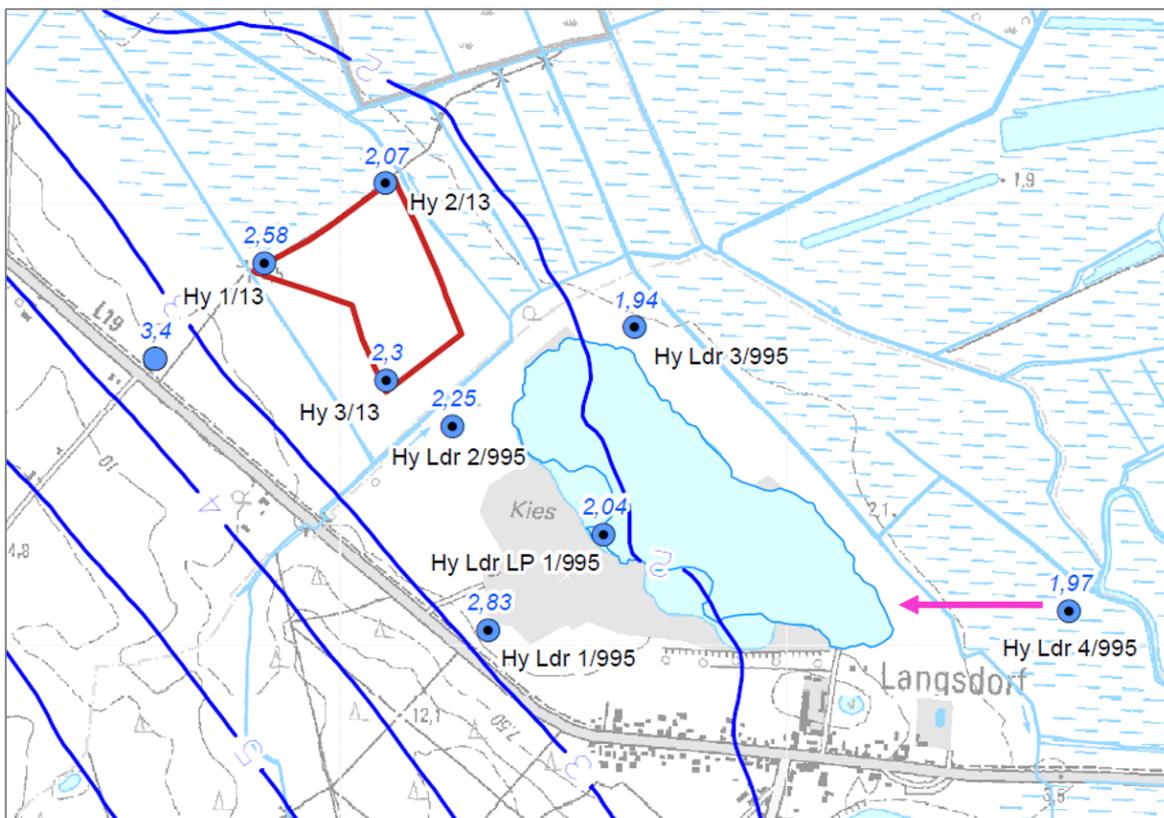


Abbildung 1: Grundwassergleichen der Modellkalibrierung
(Wasserstandsangaben in m NHN)

¹ GEO Projekt Schwerin GbR: Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 15 (Untersuchungszeitraum 2022). Schwerin, unveröff. Bericht vom 20.01.2023

Die Wasserstandsmessungen seit 2014 wurden in den Monitoringberichten ausgewertet. Dabei zeigten sich die typischen saisonalen und überjährigen Schwankungen, eine Änderung der geohydraulischen Verhältnisse ist nicht gegeben (Geo Projekt Schwerin 2023). Somit bestätigen die aktuellen Wasserstandsmessungen die Beobachtungen bis 2014, so dass eine Nachbearbeitung der geohydraulischen Modellierung nicht erforderlich ist.

Die Grundwasserproben und hydrochemischen Analysen wurden ebenfalls in den Monitoringberichten ausgewertet. Entsprechend Geo Projekt Schwerin (2023) zeigten sich dabei keine zeitlichen Entwicklungen, so dass auch die hydrochemische Bewertung von 2014 weiterhin Gültigkeit besitzt.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Kieswerk Langsdorf GmbH plant die Erweiterung des Kieswerkes Langsdorf. Das Vorhabensgebiet liegt innerhalb des EU-LIFE-Projektgebietes „Flusstalmoorrenaturierung Mittleres Trebeltal / Wiesen am Grenztaalmoor“ und grenzt an das Moorschutzprojekt „Grenztaalmoor“ (s. Anlage 1). Die Genehmigungsfähigkeit der Tagebauerweiterung hängt unter anderem grundlegend davon ab, ob im geplanten Bereich bedeutende Moorflächen vorhanden sind. Die UmweltPlan GmbH Stralsund führte im Sommer 2013 acht Sondierungen und eine Vegetationsaufnahme im Bereich der Vorhabensfläche durch. Es konnte nachgewiesen werden, dass im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche kein bedeutendes Moorkommen existiert und die Vegetation von Arten ruderaler Standorte dominiert wird.

Die Genehmigungsfähigkeit der Abbauerweiterung hängt weiterhin grundlegend davon ab, dass die angrenzenden, nicht degradierten Moorflächen durch den Nassabbau nicht negativ beeinflusst werden. Im nächsten Bearbeitungsschritt sollte deshalb durch ein hydrogeologisches Gutachten die potentielle Beeinflussung der angrenzenden Moorflächen durch die Erweiterung des Abbaus untersucht werden. Dabei sind die Grundwasserabsenkung infolge der Volumenentnahme aus dem Grundwasserleiter durch Nassauskiesung und die Grundwasserstandsänderungen infolge der Ausspiegelung im entstehenden Baggersee zu berücksichtigen.

Die UmweltPlan GmbH Stralsund wurde am 12.11.2013 auf der Grundlage des Angebotes vom 09.10.2013 mit der Erarbeitung eines hydrogeologischen Modells beauftragt. Die Leistung umfasste nachfolgend genannte Arbeitsschritte:

- Datenerfassung und -aufbereitung,
- Geohydraulische Modellierung,
- Erstbewertung der prognostizierten Umweltauswirkungen,
- Ableitung von Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen sowie
- Dokumentation der Ergebnisse in Text und Anlagen.

Darüber hinaus wurden die Hinweise berücksichtigt, die das Landesamt für Umwelt und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern in seiner Stellungnahme vom 18.01.2017 gegeben hat (Berechnung des unterirdischen Einzugsgebietes des Kiessees und Dargebotsbetrachtung).

Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 3 km westlich von Tribsees und ca. 1 km nordwestlich der Ortslage Langsdorf an der Straße L 19 Langsdorf – Bad Sülze in den sog. Sülzer Wiesen. Der geplante Erweiterungsbereich schließt sich unmittelbar an den in aktiver bergbaulicher Nutzung befindlichen Tagebau Langsdorf an und liegt innerhalb einer Vorbehaltsfläche zur Rohstoffgewinnung für Kiessand /13/.

Das Untersuchungsgebiet gehört landschaftlich zur Stralsund-Grimmener Platte und ist durch das Nordostmecklenburg-Vorpommersche Tieflandsklima gekennzeichnet. Die Jahresmitteltemperatur kann mit ca. + 8 °C und die mittlere nicht korrigierte Jahresniederschlagsmenge mit ca. 590 mm (Station Tribsees Reihe 1961-1990) bis 630 mm (Station Tribsees Reihe 1981-2010) angegeben werden /1/.

Die geplante Erweiterungsfläche umfasst das Flurstück 86 (Gemarkung Bad Sülze, Flur 7), welches sich im Eigentum der Unternehmensgruppe befindet /7/. Die Geländeoberfläche ist durch ein relativ flach ausgeprägtes Relief gekennzeichnet.

Die Vegetation im Bereich der Vorhabensfläche ist durch Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Gemeine Quecke (*Elytrigia repens*), Große Brennnessel (*Urtica dioica*), Wiesen-Lieschgras (*Phleum pratense*) und Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) als bestandsbildende Arten gekennzeichnet /15/.

2 Hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Schichtaufbau und Lagerungsverhältnisse des Pleistozän

Die hydrogeologischen Verhältnisse wurden auf der Grundlage der vorliegenden Archivbohrungen (Unterlagen des Auftraggebers, Landesbohrdatenspeicher), der Hydrogeologischen Karte der DDR 1 : 50.000 und der Lithofazieskarte Quartär 1 : 50.000 erarbeitet. Im Untersuchungsgebiet existiert eine Vielzahl weiterer Bohrungen aus der Lagerstätten erkundung, deren Schichtenverzeichnisse im Rahmen dieser Bearbeitung nicht zugänglich waren². Es ist einzuschätzen, dass die Lagerungsverhältnisse durch die vorliegenden Bohrungsdaten in ausreichender Detailliertheit abgebildet werden und durch die Kenntnis weiterer Aufschlüsse lediglich eine Verfeinerung des Strukturmodells hinsichtlich der lithologisch/faziellen Ausprägung zu erwarten ist.

Im weiteren Untersuchungsgebiet sind insgesamt sechs pleistozäne Grundwasserleiter ausgebildet. Die pleistozäne Schichtenfolge hat eine Gesamtmächtigkeit von ca. 100 m, wobei bei ca. -50 mNHN die Süß-Salzwassergrenze liegt /16/. An der Quärtärbasis stehen Eozäne Sedimente an /17/. Das hydrogeologische Normalprofil für das Untersuchungsgebiet ist in Tabelle 1 zusammengestellt. In Anlage 3 sind die Lagerungsverhältnisse in zwei hydrogeologischen Schnitten zusammengestellt.

Die Basis der pleistozänen Schichtenfolge wird vom Geschiebemergel der Elsterkaltzeit gebildet, der mit Ausnahme weniger lokaler Fehlstellen flächenhaft verbreitet ist. Der GWL 6 ist nur östlich / nordöstlich der Vorhabensfläche vorhanden und im Raum Bad Sülze durch den Aufstieg geogener Tiefenwässer versalzen.

² Schichtenverzeichnisse mit Sperrvermerk „vertrauliche Unterlagen“ im Landesbohrdatenspeicher, Datenfreigaben konnten innerhalb der Bearbeitungszeit nicht erwirkt werden.

Der Geschiebemergel der älteren saalezeitlichen Vereisung $qs(1)$ ist flächenhaft verbreitet. Auch der GWL 5 und der warthestadiale Geschiebemergel $qs(2)$ sind flächenhaft verbreitet. Darüber folgt der GWL 4, der nur lokal durch die Ablagerungen des frühweichselzeitlichen Warnowvorstoßes $qw0$ vom hangenden GWL 3 getrennt wird. Der Geschiebemergel des Brandenburger Vorstoßes $qw1$ ist nur in geringer Mächtigkeit verbreitet und weist zahlreiche Fehlstellen auf, so dass die GWL 2, 3, 4 und 5 einen mächtigen Grundwasserleiterkomplex bilden. Der Geschiebemergel des Pommerschen Vorstoßes $qw2$ kommt verbreitet vor, ist jedoch in den Niederungsbereichen des Recknitz- und Trebeltales nicht flächenhaft vorhanden, wodurch der tiefere Grundwasserleiterkomplex mit dem oberen unbedeckten Wasserleiter in hydraulischer Verbindung steht. Der obere GWL 1 ist nur lokal verbreitet und ist aufgrund der groben lithologischen Ausbildung nördlich und südöstlich der Ortslage Langsdorf das Ziel der bergbaulichen Kiessandgewinnung /2/.

Tabelle 1: Hydrogeologisches Normalprofil

Nr.	Stratigraphie ³	Lithologie	Bemerkungen
	qh	Torf, Mudde	im Niederungsbereich von Recknitz und Trebel verbreitet
GWL 1	qw2-qh	Fluviatile Sande, kiesige Sande, lokal Kiese	lokales Vorkommen zwischen Schabow und Tribsees
	qw2	Geschiebemergel	Fehlstellen im Niederungsbereich von Recknitz und Trebel, sonst flächenhaft verbreitet
GWL 2	qw1-qw2	Kiesige Sande bis feinsandige Mittelsande (heterogen)	flächenhaft verbreitet mit lokalen Fehlstellen, hydraulische Kontakte zum hangenden und zum liegenden GWL
	qw1	Schluff, feinsandig, Ton, Geschiebemergel	lokal verbreitet, teilweise geringmächtig
GWL 3	qw0-qw1	überwiegend feinsandige Mittelsande	flächenhaft verbreitet mit lokalen Fehlstellen, hydraulische Kontakte zum hangenden und zum liegenden GWL
	qw0	Geschiebemergel	lokal vorkommend
GWL 4	qs(2)-qw0	überwiegend feinsandige Mittelsande	flächenhaft verbreitet, z.T. in Bohrungen nicht erreicht
	qs(2)	Geschiebemergel	flächenhaft verbreitet
GWL 5	qs(1)-qs(2)	Feinsande bis Mittelsande	flächenhaft verbreitet mit lokalen Fehlstellen, hydraulische Kontakte zum hangenden GWL
	qs(1)	Geschiebemergel	flächenhaft verbreitet
GWL 6	qe-qs(1)	überwiegend Mittelsande	östlich / nordöstlich der Vorhabensfläche verbreitet, z.T. geogen versalzen
	qe	Geschiebemergel	flächenhaft verbreitet

³ Kürzel nach Schlüsseliste zur Stratigraphie von Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)

2.2 Holozäne Schichtenfolge

Holozäne Ablagerungen sind auf die Niederungsbereiche beschränkt /17/ und bestehen überwiegend aus Niedermoor torfen, die zum Teil von Mudden bzw. fluviatilen Sanden unterlagert werden. Lokal treten schluffig-feinsandige Abschlammungen auf.

Im Moorstandortkatalog /10/ ist im Bereich der Vorhabensfläche eine flächenhafte Moorverbreitung ausgewiesen. Dies konnte durch die 2013 durchgeführten Sondierungen nicht bestätigt werden /15/. Etwa auf einem Drittel der Vorhabensfläche stehen oberflächennah Sande an. Die Grenze der Torfverbreitung (Nulllinie) liegt etwa im Bereich der Höhenlinie +3,05 mNHN. Ein weiterer großer Anteil der Vorhabensfläche weist Torfmächtigkeiten $< 0,6$ m auf /15/. Die größte Moormächtigkeit ist im Nordosten des Untersuchungsgebietes anzutreffen. Der Moorkörper im Bereich der Vorhabensfläche ist durch eine starke Vererdung gekennzeichnet.

2.3 Grundwasserstand / Grundwasserdynamik

Im Zuge der Erkundungsarbeiten der Lagerstätte wurden im Auftrag der Peene Kies GmbH im Juni 2013 drei Grundwassermessstellen (GWM) errichtet. Zur Gewährleistung einer unabhängigen Prüfung der Eigenmessung des Grundwasserstandes durch den Betreiber erfolgte am 21.08.2013 eine Stichtagsmessung in den drei GWM. Ferner erfolgen durch den Betreiber monatliche Messungen in vier weiteren Grundwassermessstellen im Umfeld des bestehenden Tagebausees (vgl. /3/, /4/, /5/, /6/ und /8/). In nachfolgender Tabelle 2 sind die im Monat August 2013 gemessenen Wasserstände sowie die Wasserspiegelschwankungen zusammengestellt. Abbildung 2 zeigt die daraus abgeleitete Grundwasserdynamik (August 2013). Die Grundwasserspiegel im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche entsprechen der bisher angenommenen Grundwasserfließrichtung /2/. Die Grundwasserströmung ist etwa nach Nordost gerichtet.

Die gemessenen Grundwasserspiegelschwankungen (vgl. Abbildung 3) spiegeln die klimatische Wasserbilanz wider und sind niederschlagsabhängig. Die Amplitude der Grundwasserschwankung ist mit < 1 m um MW typisch für oberflächennahe Grundwasserleiter und überwiegend grundwassergespeiste Oberflächengewässer. Die höchsten Grundwasserstände wurden im August 2011 gemessen. Die niedrigsten Grundwasserstände wurden im Herbst 1997 gemessen.

Der leicht ansteigende Trend der Grundwasserstände (vgl. /8/) hat sich auch im Jahr 2013 fortgesetzt. Die Wasserstände des Baggersees deuten auf eine stabile hydrodynamische Situation und einen ausgeglichenen Wasserhaushalt hin.

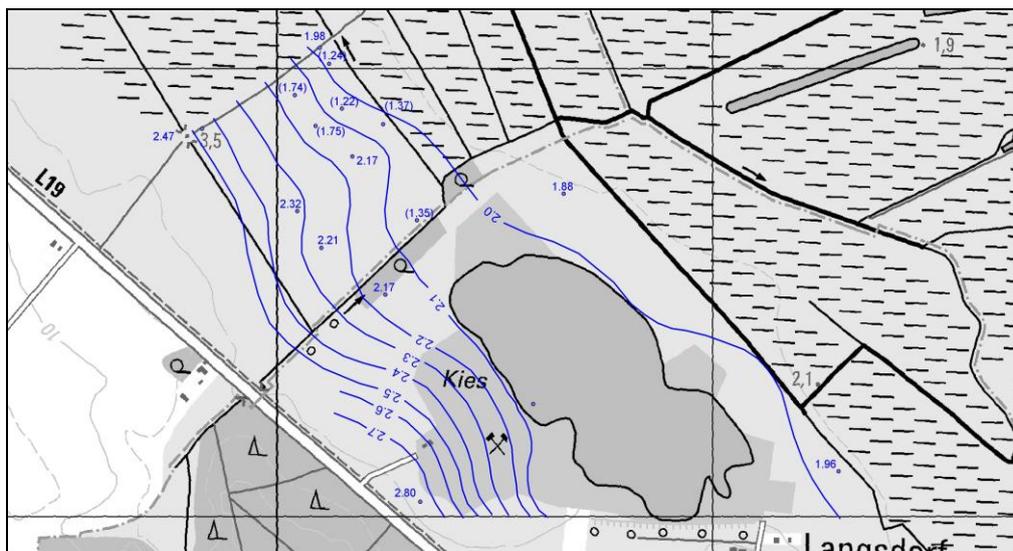


Abbildung 2: Grundwasserdynamik August 2013⁴

Tabelle 2: Wasserstände

Name	GOK [mNHN]	Wasserstand August 2013 [mNHN]	MW 2002-2013 (1996-2000) [mNHN]	HW 2002-2013 (1996-2000) [mNHN]	NW 2002-2013 (1996-2000) [mNHN]	Maximale GW-Schwankung um MW 2002-2013 (1996-2000) [m]
Hy 1/13	+3,0	+2,47	-	-	-	-
Hy 2/13	+2,3	+1,98	-	-	-	-
Hy 3/13	+3,2	+2,21	-	-	-	-
P 1/95	+3,9	+2,80	+2,80 (+2,42)	+3,30 (+2,80)	+2,40 (+1,97)	+0,50/-0,40 (+0,38/-0,45)
P 2/95	+2,4	+2,17	+2,24 (+1,90)	+2,52 (+2,25)	+1,95 (+1,45)	+0,28/-0,29 (+0,38/-0,45)
P 3/95	+2,1	+1,88	+1,92 (+1,45)	+2,18 (+1,79)	+1,68 (+1,05)	+0,26/-0,24 (+0,38/-0,40)
P 4/95	+3,0	+1,96	+1,95 (+1,47)	+2,26 (+1,91)	+1,71 (+1,09)	+0,31/-0,24 (+0,38/-0,38)
LP	-	-	+2,09 ⁵ (+1,54)	+2,44 (+1,91)	+1,78 (+0,96)	+0,35/-0,31 (+0,38/-0,58)

GOK – Geländeoberkante, MW – Mittelwasser, HW – Höchstwasser, NW – Niedrigstwasser

⁴ Für die Konstruktion der Grundwasserisohypsen wurden die Wasserspiegel aus den Moorsondierungen /15/ als Orientierungswerte verwendet. Mit Ausnahme der BP 6 und BP 12 sind die im offenen Bohrloch gemessenen Grundwasserstände durch die Torfüberlagerung der Sande verfälscht (Werte in Klammern).

⁵ Messwerte für den Lattenpegel (LP) lagen für diese Bearbeitung bis einschließlich November 2012 vor.

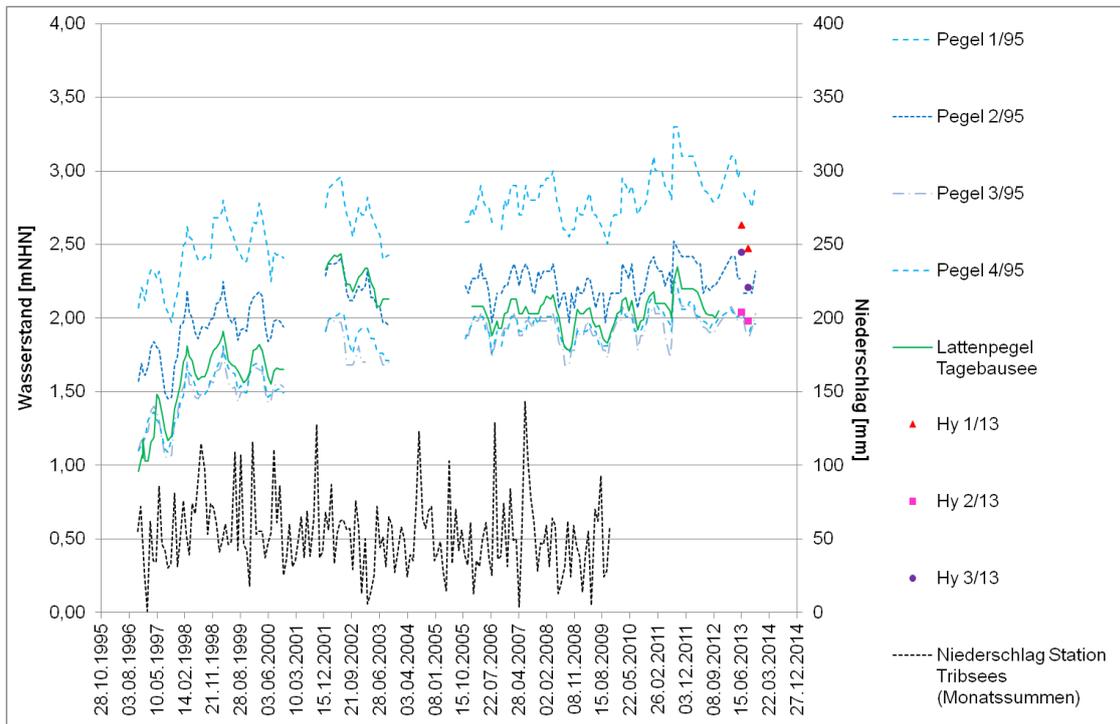


Abbildung 3: Wasserstandsganglinien und Niederschlag

2.4 Grundwasserbeschaffenheit

Die Grundwasserbeschaffenheit im An- und Abstrom des Tageausees unterscheidet sich kaum. Das Grundwasser weist eine für die hydrogeologischen und hydrodynamischen Verhältnisse typische Beschaffenheit auf. Die gelösten Inhaltsstoffe unterliegen klimatisch bedingten Schwankungen. Ein zeitlicher Trend ist mit Ausnahme des Parameters Sulfat nicht zu beobachten. Das Grundwasser ist dem Magnesium-Sulfat-Typ zuzuordnen und liegt damit im Übergangsbereich zwischen einem jungen gespannten und einem ungespannten Grundwasser /11/. Dabei wird vor allem aus den Anionenverhältnissen (vgl. Abbildung 4) eine zeitweise verstärkte anthropogene Beeinflussung deutlich, die auf der landwirtschaftlichen Nutzung im Umfeld des Tagebaus beruht.

Typisierung nach
 LÖFFLER (1972)

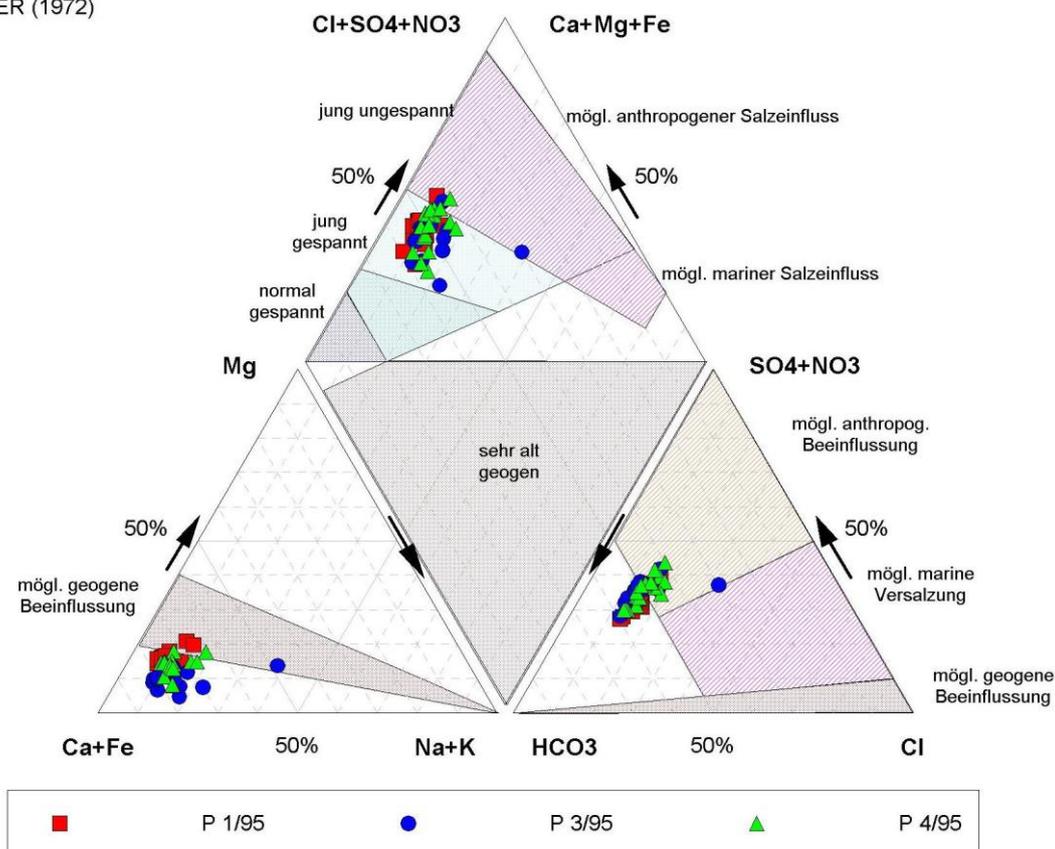


Abbildung 4: Genetische Interpretation der Grundwasseranalysen (2003-2012)

Die Sulfatgehalte sind in allen Pegeln von < 100 mg/l vor Beginn der Nassauskiesung im Juni 1996 auf 141 bis 166 mg/l im Herbst 2012 deutlich gestiegen. Dies spiegelt einen überregionalen Trend im oberflächennahen Grundwasser Mecklenburg-Vorpommerns wider und ist auf ein komplexes Zusammenspiel von Denitrifikationsprozessen im Grundwasserleiter, einer verstärkten Schwefeldüngung beim Anbau von Energiepflanzen und ggf. geogenen Tiefenwassereinflüssen zurückzuführen.

3 Geohydraulische Modellierung

3.1 Modellaufbau

Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe des Finite-Differenzen-Modells Visual MODFLOW für stationäre Strömungsverhältnisse. Es wurde ein horizontal ebenes Grundwasserströmungsmodell für den unbedeckten Grundwasserleiter erstellt. Die Sohle des Grundwasserleiters wurde anhand der Bohrungen interpoliert, das Interpolationsergebnis ist in der Anlage 2 dargestellt.

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von $7,6 \times 9,0 \text{ km}^2$. Die gewählte Diskretisierungsweite beträgt im Randbereich 200 m und wurde im Bereich des Tagebaus sukzessiv bis auf 25 m verfeinert. Zur besseren Anpassung an die Strömungsverhältnisse wurde das Modell um ca. 10° gedreht. In der Anlage 4 ist der Modellaufbau dokumentiert. Sie zeigt auch die räumliche Verteilung der hydraulischen Leitfähigkeiten, die in Auswertung der Bohrungen und im Ergebnis der Modellkalibrierung (Abschnitt 3.3) ermittelt wurde. Um die Ausspiegelung im Bereich der Seen abzubilden, erhielten diese Bereiche eine hohe hydraulische Leitfähigkeit von 0,1 m/s.

Die Gewässerrandbedingungen sind mit Hilfe des Geländehöhenmodells als Randbedingung 3. Art implementiert worden. Dabei wurde nur eine Grundwasserentlastung, keine Speisung zugelassen, so dass die Randbedingungen nur wirken, wenn der Grundwasserstand über den Wasserstand der Randbedingung steigt. Zwei Bereiche wurden unterschieden:

- Moorbereich: maximaler Grundwasserspiegel 1 cm unter der Geländeoberkante; Leitwert = $0,04 \text{ d}^{-1}$
- übriges Modellgebiet: maximaler Grundwasserspiegel 50 cm unter der Geländeoberkante; Leitwert = $1,0 \text{ d}^{-1}$

In der Abbildung 5 ist die räumliche Verteilung der Moorrandbedingung dokumentiert. Der im Vergleich zum übrigen Modellgebiet schlechtere Leitwert bewirkt hier eine Druckdifferenz zwischen Grundwasserstand und Vorflutwasserstand von ca. 10 cm.

Die Leitwerte der Randbedingung 3. Art weisen eine geringe Sensitivität auf und beeinflussen das Rechenergebnis nur wenig, da die Absenkung in der Umgebung der Vorfluter (niedriges Geländeniveau) so groß ist, dass die morphologisch höher gelegenen Flächen ohnehin inaktiv sind. Im Bereich des Grenztaalmoores ergeben sich nur lokal begrenzte Grundwasserentlastungen.

Im Modellgebiet befinden sich zwei Wasserfassungen mit folgenden mittleren Entnahmen, die bei der Modellierung zu berücksichtigen waren:

- Recknitztalkaserne: $30 \text{ m}^3/\text{d}$ aus zwei Brunnen
- Betonwerk Langsdorf: $6 \text{ m}^3/\text{d}$.

Im Tagebau werden jährlich etwa 300.000 t Kies und Sand gewonnen. Diese Volumenentnahme muss durch zuströmendes Grundwasser ausgeglichen werden. Bei einer Dichte von 2,6 t/m³ und einer angenommenen Restfeuchte von 5 % entspricht die Kiesgewinnung einer Grundwasserentnahme von etwa 330 m³/d.

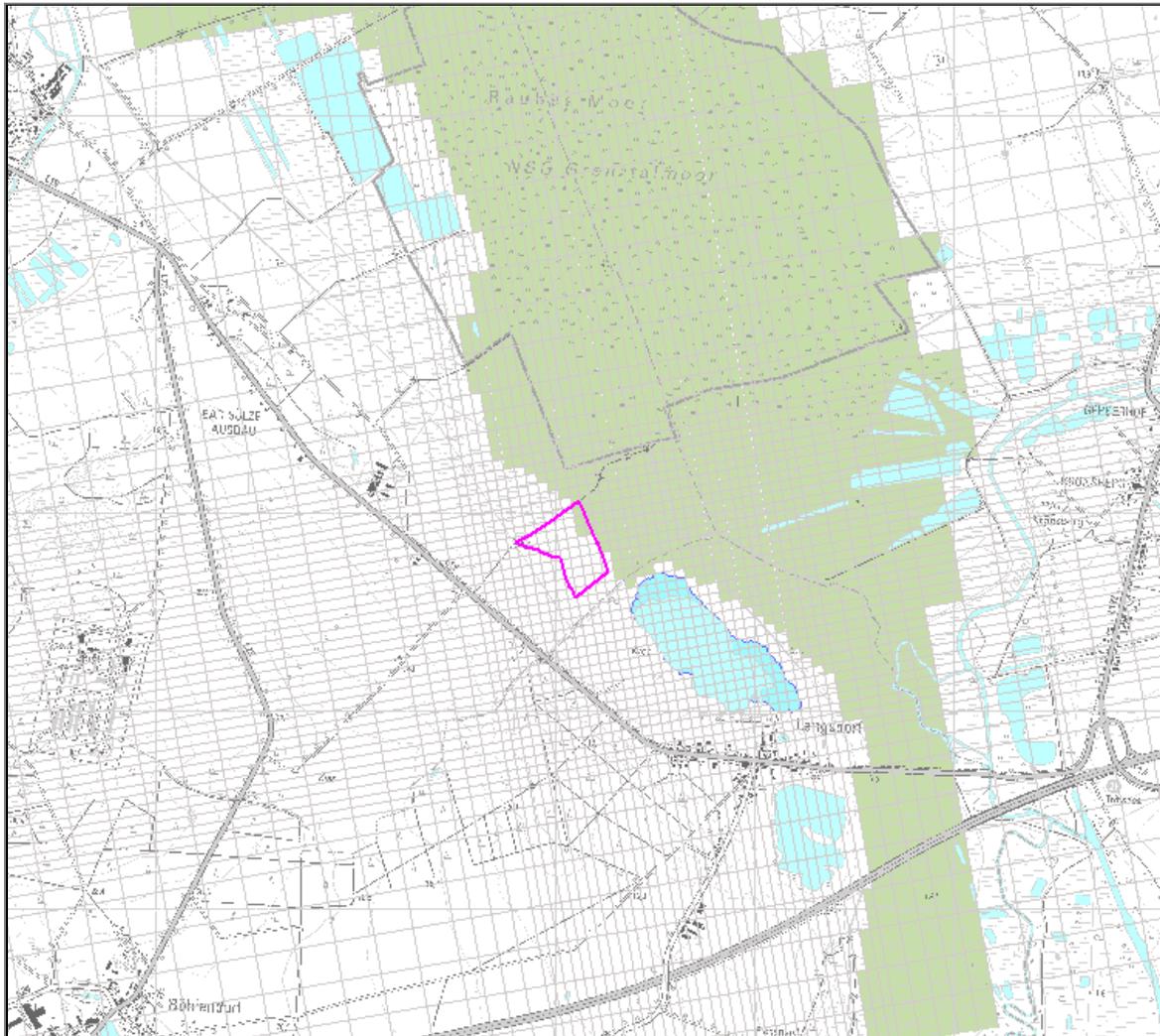


Abbildung 5: Modellrandbedingung „Moorbereich“

3.2 Grundwasserneubildung

Die Ermittlung der Grundwasserneubildung basiert auf dem Verfahren zur Berechnung des langjährigen Mittels der Realen Verdunstung nach BAGLUVA /18/, unter Beachtung dränungsbedingter Direktabflüsse /19/.

Durch Verschnitt der Landnutzung und der Böden ergaben sich Hydrotöpfe, für die die Neubildungsraten berechnet wurden. In der Abbildung 6 ist die Verteilung der Hydrotöpfe dargestellt; die Berechnung ist in der Abbildung 7 dokumentiert. Die ermittelten Grundwasserneubildungsraten wurden flächendifferenziert in das geohydraulische Modell übernommen.

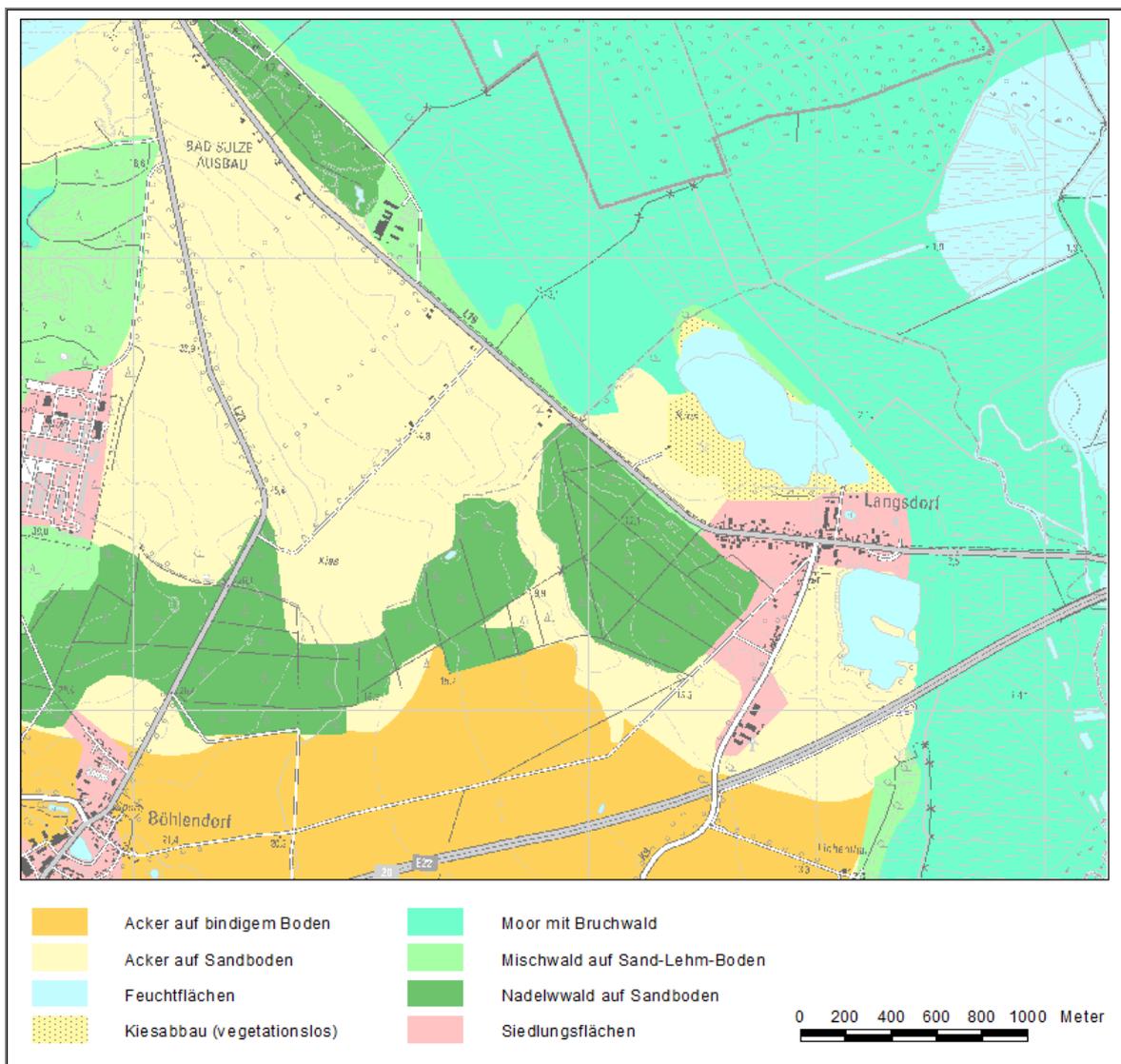


Abbildung 6: *Hydrotöpfe der Grundwasserneubildung*

Berechnung der Grundwasserneubildung nach Bagrov-Glugla
Einzugsgebiet: Kiestagebau Langsdorf

Allgemeine Eingangsdaten:

mittlere Jahresniederschlagssumme in Bodennähe	Pk	700 mm/a
mittlere Sommerniederschlagssumme in Bodennähe	Pks	385 mm
mittlere jährliche Gras-Referenzverdunstung	ETo	540 mm/a
mittlere jährliche Gewässerverdunstung	Ew	650 mm/a
mittlere klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode	kWB	-2 mm/d

Hydrotop	spezifische Eingangsdaten						GWN [mm/a]
	R _{Dir} [mm/a]	Ber. [mm/a]	kap. A. [mm/d]	nFk [%]	Vers. [%]	Kan. [%]	
Acker auf bindigem Boden	160		0.1	17			134
Acker auf sandigem Boden				13			284
Kiesabbau (vegetationslos)				13			394
Mischwald auf Sand-Lehm				15			158
Nadelwald auf Sand				13			112
Dorf auf sandigem Boden	0			13	20		310
Moor			2.0	35			20
Gewässer							50

Legende:

R _{Dir}	Direktabfluss	Vers.	Versiegelungsanteil ohne Kanalisation
Ber.	Beregnung	Kan.	Versiegelungsanteil mit Kanalisation
kap. A.	kapillarerer Aufstieg	GWN	Grundwasserneubildung
nFk	nutzbare Feldkapazität		

Literatur: ATV-DVWK-Regelwerk M 504 / 2002 - Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs
 DVWK-Merkblatt 238/1996 - Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen.
 Hennig & Hilgert: Dränabflüsse – Der Schlüssel zur Wasserbilanzierung...
 In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51, H. 6 / 2007

Abbildung 7: Grundwasserneubildungsberechnung

3.3 Modellkalibrierung

Das Ziel einer Modellkalibrierung ist die Bestimmung unbekannter Parameter, indem das Rechenergebnis durch Variation dieser Parameter an beobachtete Zustände angepasst wird. Die Modellanpassung erfolgte stationär.

Eine stationäre Kalibrierung setzt Zeitinvarianz voraus. Die Ganglinien in der Abbildung 3 zeigen, dass Ende der 1990er Jahre der Grundwasserstand tendenziell ansteigt was auf die Renaturierung des im Abstrom gelegenen Grenztalmoores zurückzuführen ist. Seit 2005 schwanken die Wasserstände nur noch um den Mittelwert, so dass nunmehr wieder von zeitinvarianten Verhältnissen ausgegangen werden kann.

Da bei einem ungespannten Grundwasserleiter deutliche saisonale Speicheränderungen auftreten, ist eine stationäre Kalibrierung nur für langjährige Mittel sinnvoll. Für die vier 1995 errichteten Grundwassermessstellen und den Lattenpegel können aus der Jahres-

reihe 2005 bis 2013 mehrjährige Mittelwerte berechnet und der Kalibrierung zugrunde gelegt werden (gestrichelte Linien in der Abbildung 8). Neben den genannten Pegeln sind in der Abbildung 8 auch die Wasserstandsmessungen an den drei im Jahr 2013 errichteten Messstellen dargestellt. Der Vergleich mit den langjährigen Ganglinien zeigt, dass die Oktoberwerte 2013 etwa mittlere Wasserstände widerspiegeln, so dass diese Messwerte der Kalibrierung zugrunde gelegt werden können.

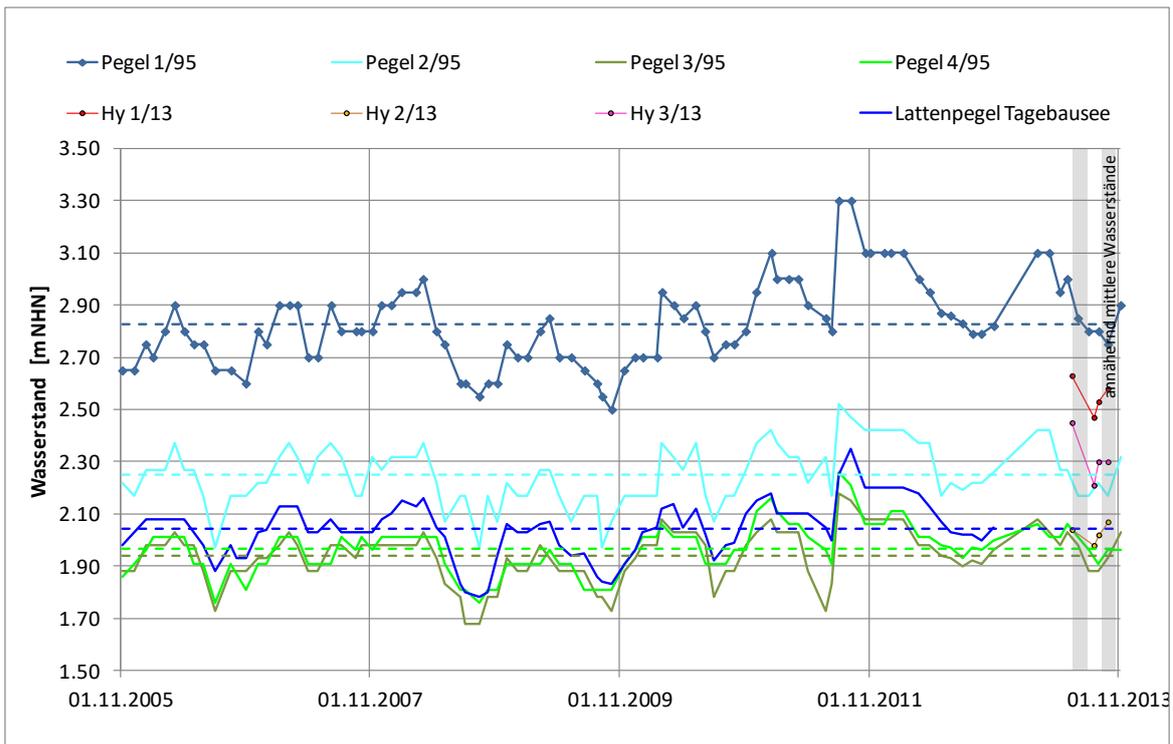


Abbildung 8: Wasserstandsganglinien 2005-2013

Die Kalibrierung erfolgte durch Variation der Durchlässigkeitskoeffizienten. Zur Verbesserung der Datengrundlage wurden die mittleren Wasserstände im Tagebaubereich durch 23 asynchrone Wasserspiegel ergänzt, die aus Archivangaben recherchiert wurden. Zur Bewertung der Anpassungsgenauigkeit diente das Fehlerkriterium „Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung“:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum w \cdot (h_{\text{beob}} - h_{\text{ber}})^2}{\sum w}} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{\sum w \cdot (h_{\text{beob}} - h_{\text{ber}})^2}{\sum w}} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{\sum w \cdot (h_{\text{beob}} - h_{\text{ber}})^2}{\sum w}}$$

h - beobachtete bzw. berechnete Piezometerhöhe

w - Wichtungsfaktor

Durch Bezug auf die maximale Wasserspiegeldifferenz im Gebiet (17 m) erhält man eine prozentuale Angabe des Modellfehlers. Die Messwerte im Tagebaubereich gingen mit

der Wichtung 1 in die Fehlerberechnung ein; der Einfluss der asynchronen Wasserstandsdaten wurde mit dem Wichtungsfaktor 0,1 gemindert.

Mit den in der Anlage 4 dokumentierten Durchlässigkeitskoeffizienten wurde eine gute Anpassung erzielt; der Modellfehler ist mit $0,29 \text{ m} \pm 1,7 \%$ gering. Die Wasserstände und die berechneten Grundwassergleichen sind in der Anlage 5 dargestellt.

Die Abbildung 9 zeigt einen Vergleich der gemessenen und berechneten Werte. Eine weitergehende Anpassung an die asynchronen Archivwasserstände ist in Anbetracht ihrer (Un-)Zuverlässigkeit nicht gerechtfertigt. Im Tagebaubereich werden die gemessenen Wasserstände sehr genau wiedergegeben. Lediglich an der östlich des Tagebaus gelegenen Messstelle Hy Ldr 4/95 tritt mit etwa 40 cm eine größere Abweichung auf, die mit dem derzeitigen Kenntnisstand nicht hydraulisch erklärt werden kann.

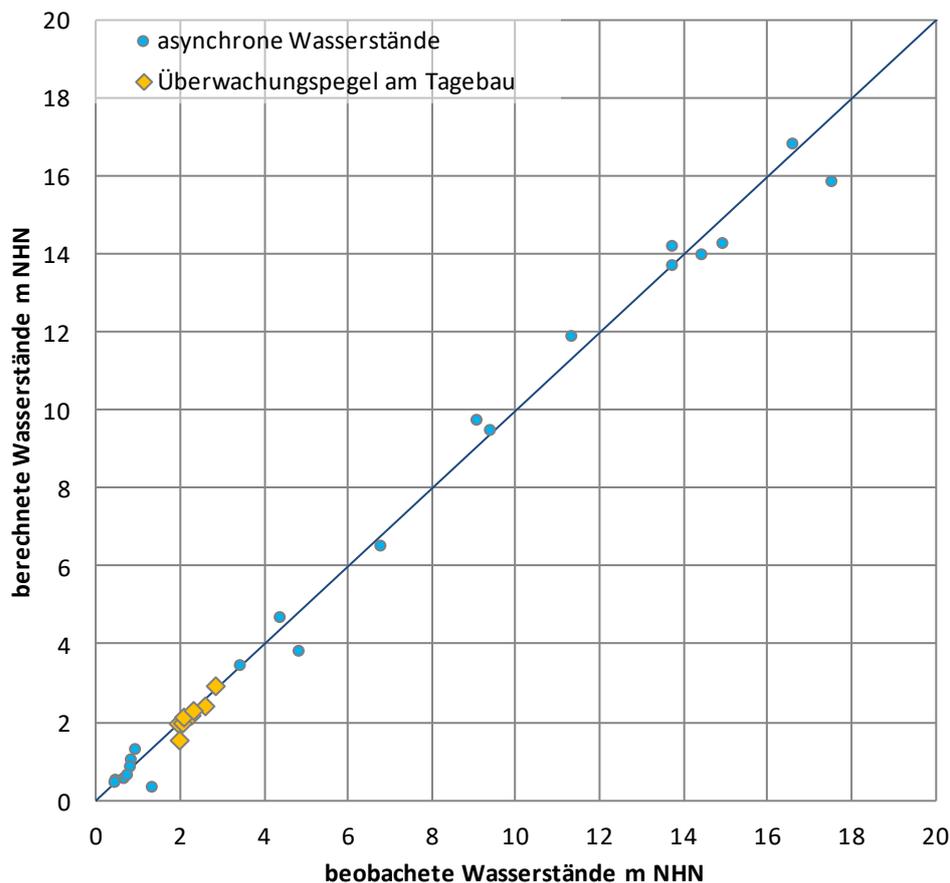


Abbildung 9: Modellkalibrierung – Vergleich beobachteter und gemessener Wasserstände

3.4 Szenariorechnungen

Um die Auswirkungen der Tagebauerweiterung auf die Grundwasserverhältnisse zu untersuchen, wurden folgende Modelrechnungen durchgeführt:

- (1) Das derzeitige Abbaufeld ist ausgeküst, die Seefläche hat die maximale Größe erreicht.
- (2) Der Tagebau auf der Erweiterungsfläche ist in Betrieb, die Südhälfte ist bereits ausgeküst. Die Kiesgewinnung beträgt 300.000 t/a, was einer Grundwasserentnahme von 330 m³/d entspricht (analog zu Abschnitt 3.1).
- (3) Der Kiessee hat nahezu seine geplante Ausdehnung erreicht; die Kiesgewinnung beträgt weiterhin 300.000 t/a
- (4) Die Kiesgewinnung ist abgeschlossen, der See umfasst die gesamte Erweiterungsfläche.

Mit der ersten Modellrechnung wurde der Referenzzustand berechnet. In der Anlage 6 sind die Grundwasserströmungsverhältnisse dargestellt, die nach der Beendigung des derzeitigen Tagebaubetriebes einstellen werden.

Die Anlagen 7 und 8 zeigen die auf den Referenzzustand bezogenen Grundwasserstandsänderungen, die bei einer Nassausküstung auf der Erweiterungsfläche zu erwarten sind. Während des Betriebes (Volumenentnahme aus dem Grundwasserleiter) ergibt sich im westlichen Anstrom eine Grundwasserabsenkung von maximal 12,5 cm; am Ostrand des Tagebausees ist die berechnete Absenkung mit <5 cm noch deutlich geringer (Anlage 7). Die berechneten Absenkungsbeträge gelten für den Grundwasserleiter, die Absenkung des freien Wasserspiegels innerhalb der Torfüberdeckung wird noch etwas kleiner sein.

Nach Einstellung des Tagebaubetriebes bewirkt der entstandene See eine Ausspiegelung des Grundwassers. Dadurch kommt es im Anstrom zu einer leichten Absenkung (12,5 cm) und im Abstrom zu einer geringen Erhöhung (5 cm) des Grundwasserspiegels. Das Berechnungsergebnis ist in der Anlage 8 dargestellt.

Entsprechend den Hinweisen des LUNG vom 18.01.2017 wurden für die Szenariorechnungen (2) und (3) das unterirdische Einzugsgebiet ermittelt und das Grundwasserangebot im jeweiligen Einzugsgebiet berechnet. Die Ergebnisse sind in den nachstehenden Abbildungen dokumentiert.

Zu Beginn des Nassschnittes umfasst das Einzugsgebiet des entstehenden Sees eine Fläche von ca. 0,67 km², das Grundwasserangebot beträgt 4,4 l/s, was etwa 140.000 m³/a entspricht. Im Laufe des Betriebes vergrößert sich das Einzugsgebiet in nördliche Richtung auf maximal 1,57 km²; das Grundwasserangebot beträgt dann 10,1 l/s (318.000 m³/a). Durch den Zustrom aus dem Einzugsgebiet wird die durch die

Nassauskiesung bewirkte Volumenentnahme ($120.450 \text{ m}^3/\text{a}$) ausgeglichen, der überschüssige Anteil durchströmt bzw. unterströmt den See.

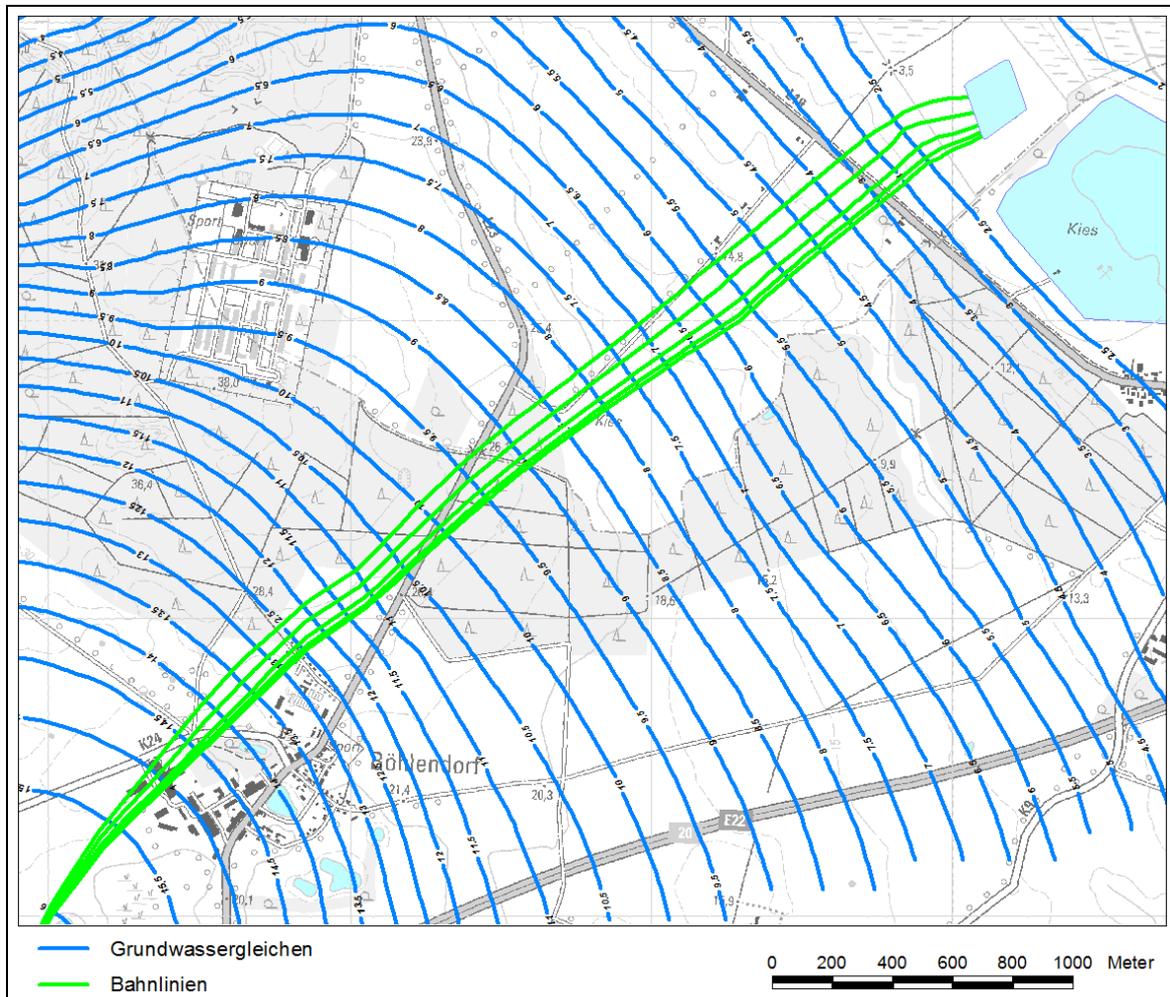


Abbildung 10: Unterirdisches Einzugsgebiet des Kieseesees zu Beginn des Nassschnittes

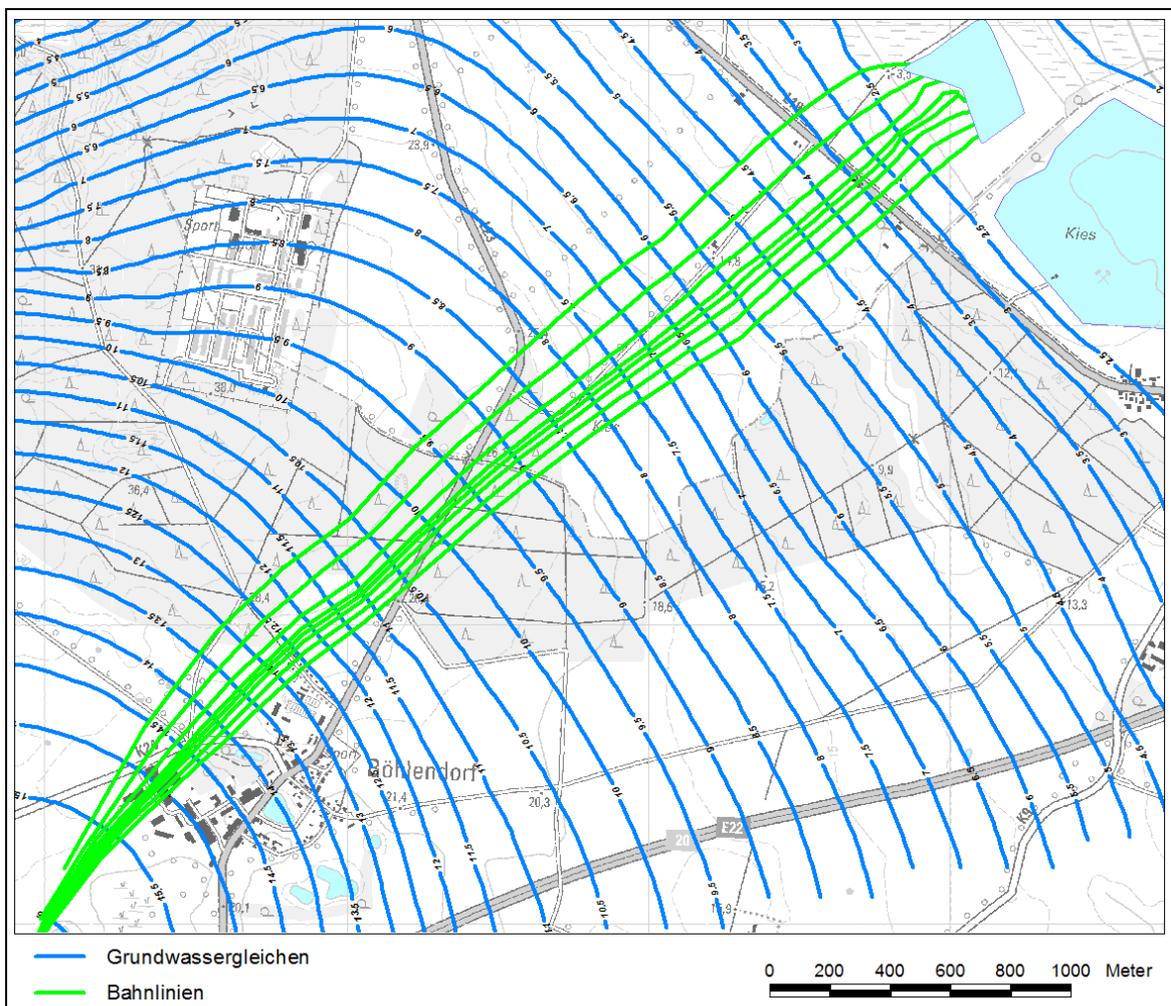


Abbildung 11: Unterirdisches Einzugsgebiet des Kiesees zum Ende des Abbaus



Abbildung 12: Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet des Kieseesees zu Beginn des Nassschnittes

Berechnung der Grundwasserneubildung nach Bagrov-Glugla
 Einzugsgebiet: Kiestagebau Langsdorf

Allgemeine Eingangsdaten:

mittlere Jahresniederschlagssumme in Bodennähe	Pk	700 mm/a
mittlere Sommerniederschlagssumme in Bodennähe	Pks	385 mm
mittlere jährliche Gras-Referenzverdunstung	ETo	540 mm/a
mittlere jährliche Gewässerverdunstung	Ew	650 mm/a
mittlere klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode	kWB	-2 mm/d

Hydrotop	spezifische Eingangsdaten						GWN [mm/a]	Gesamtgebiet		
	R _{Dir} [mm/a]	Ber. [mm/a]	kap. A. [mm/d]	nFk [%]	Vers. [%]	Kan. [%]		A [km ²]	GWN [l/s]	R _{Dir} [l/s]
Acker auf bindigem Boden	160		0,1	17			134	0,200	0,85	1,01
Acker auf sandigem Boden				13			284	0,747	6,72	
Kiesabbau (vegetationslos)				13			394	0,020	0,25	
Mischwald auf Sand-Lehm				15			158	0,069	0,35	
Nadelwald auf Sand				13			112	0,337	1,20	
Dorf auf sandigem Boden	0			13	20		310	0,066	0,65	0,00
Moor			2,0	35			20	0,132	0,08	
Gewässer							50		0,00	
Summe:								1,571	10,09	1,01
Grundwasserentnahmen:										
Gesamtabfluss:										11,11

Legende:

R _{Dir}	Direktabfluss	Vers.	Versiegelungsanteil ohne Kanalisation
Ber.	Beregnung	Kan.	Versiegelungsanteil mit Kanalisation
kap. A.	kapillarerer Aufstieg	GWN	Grundwasserneubildung
nFk	nutzbare Feldkapazität		

Literatur: ATV-DVWK-Regelwerk M 504 / 2002 - Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden.
 DVWK-Merkblatt 238/1996 - Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen.
 Hennig & Hilgert: Dränabflüsse – Der Schlüssel zur Wasserbilanzierung...
 In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51, H. 6 / 2007

Abbildung 13: Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet des Kieseesees zum Ende des Abbaus

4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Im Rahmen von Sondierungen im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche /15/ konnte nachgewiesen werden, dass auf etwa auf einem Drittel der Fläche oberflächennah Sande anstehen. Ein weiterer großer Flächenanteil weist Torfmächtigkeiten $< 0,6$ m auf. Die größte Moormächtigkeit mit 1,88 m wurde im Nordosten des Untersuchungsgebietes nachgewiesen, angrenzend an das Moorschutzprojekt „Grenztalmoor“. Damit stehen ausschließlich im Nordosten des Vorhabensgebietes tiefgründige Niedermoore an (Moormächtigkeit $> 1,20$ m, s. Anl. 2 zu /15/). Alle Profile sind durch eine starke Vererdung gekennzeichnet.

Mit dem vorliegenden hydrogeologischen Gutachten wurde die potentielle Beeinflussung der östlich angrenzenden Moorflächen durch die Erweiterung des Abbaus untersucht. Die im Ergebnis festgestellte Absenkung des Grundwasserleiters am Ostrand des zukünftigen Tagebausees (Randbereich des Moorschutzprojektes) während des Betriebes ist mit < 5 cm sehr gering, als noch geringer wurde die Absenkung des freien Wasserspiegels innerhalb der Torfüberdeckung prognostiziert. Nach Einstellung des Tagebaubetriebes kommt es in diesem Bereich sogar zu einer geringen Erhöhung (5 cm) des Grundwasserspiegels. Die hier an die Vorhabensfläche angrenzenden Torfe unterliegen bereits jetzt einem zeitweisen Trockenfallen infolge der saisonalen oberflächennahen Grundwasserschwankungen. Die Tiefe der Vererdungshorizonte bis zu ca. 0,6 m unter Gelände (BP 1, BP 2, BP 5 und BP 13) korreliert mit der ermittelten Grundwasseroberfläche (vgl. Abbildung 2) und Amplitude der Grundwasserschwankung (vgl. Tabelle 2).

Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Tagebaubetrieb zu keiner messbaren Veränderung der Torfe im angrenzenden Projektgebiet des Moorschutzes führen wird.

Im Rahmen des weiteren Verfahrens sollte geprüft werden, ob der Bereich mit tiefgründigen Niedermoorböden (Mächtigkeit $> 1,20$ m) im Nordosten des geplanten Erweiterungsfeldes von einem Abbau ausgenommen werden kann.

Unter dieser Voraussetzung stehen dem geplanten Vorhaben aus Sicht der betrachteten Boden- und Wasserverhältnisse keine unüberwindlichen Hindernisse entgegen.

Hinweise für die weitere Planung:

Für das Gebiet als Bestandteil des EU-LIFE-Projekt „Flusstalmoorrenaturierung Mittleres Trebeltal/Wiesen am Grenztalmoor“ erfolgten zwei Planfeststellungsverfahren (Planfeststellungsbehörde LUNG M-V). Daher ist wahrscheinlich vor Bestätigung der Planung der Peene Kies GmbH die Änderung der Planfeststellung erforderlich. Dieses Prozedere ist mit dem Bergamt abzustimmen.

Gemäß § 1 der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben (UVP-V Bergbau) bedürfen die nachfolgend aufgeführten betriebsplanpflichtigen Vorhaben der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP):

1. Gewinnung von Steinkohle, Braunkohle, bituminösen Gesteinen, Erzen und sonstigen nichtenergetischen Bodenschätzen:

- b) im Tagebau mit
 - aa) Größe der beanspruchten Abbaufäche von 25 ha oder mehr oder in ausgewiesenen Naturschutzgebieten oder gemäß den Richtlinien 79/409/EWG (Vogelschutzrichtlinie) oder 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) ausgewiesenen besonderen Schutzgebieten

Das geplante Vorhaben hat eine Abbaufäche > 25 ha und liegt im Vogelschutzgebiet DE 1941-401 (SPA 04) "Recknitz- und Trebeltal mit Seitentälern und Feldmark" (ausgewiesen gem. Vogelschutzrichtlinie der EU: Richtlinie 79/409/EWG, s. Anlage 1). Damit unterliegt die geplante Abbauerweiterung der UVP-Pflicht. Wenn ein Vorhaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung bedarf, ist gem. BBergG § 52 (2a) die Aufstellung eines Rahmenbetriebsplanes zu verlangen und für dessen Zulassung ein Planfeststellungsverfahren nach Maßgabe der §§ 57a und 57b durchzuführen.

Folgende Unterlagen sind für das weitere Verfahren aus Umweltsicht erforderlich:

- Scoping-Tischvorlage (Unterrichtung über voraussichtlich beizubringende Unterlagen gem. § 5 UVPG: entweder Antragskonferenz oder schriftliche Beteiligung)
- Kartierungen als Grundlage für nachstehend aufgeführte Gutachten:
 - Brutvogelkartierung (**Kartierbeginn ab Mitte/Ende März eines Jahres**)
 - Biotopkartierung
 - Amphibien-/Reptilienkartierung (**Kartierbeginn ab Ende März eines Jahres**)
 - ggf. weitere Kartierungen (z. B. Rastvögel) nach Maßgabe der zuständigen Behörden (Abstimmung auf der Antragskonferenz - Scoping)
- Umweltverträglichkeitsuntersuchung
- FFH-Verträglichkeitsuntersuchung für das EU-Vogelschutzgebiet DE 1941-401 (FFH-Hauptstudie) gem. § 34 BNatSchG
- FFH-Verträglichkeitsuntersuchung für das angrenzende DE 1941-301 "Recknitz und Trebeltal mit Zuflüssen" gem. § 34 BNatSchG (ggf. FFH-Vorstudie ausreichend)
- artenschutzrechtlicher Fachbeitrag gem. § 44 BNatSchG
- Landschaftspflegerischer Begleitplan (Eingriffsregelung gem. § 15 BNatSchG, Festlegung von Rekultivierungsmaßnahmen und ggf. den Abbau flankierenden Maßnahmen)

Bei einem gewünschten Start in das Verfahren noch im Frühjahr 2014 kann (vor einem Scopingtermin) im März der erforderliche Kartierumfang mit der zuständigen Naturschutzbehörde abgestimmt werden, um ggf. eine Kartiersaison nicht zu verpassen.

Im Rahmen der UVP ist eine Alternativenprüfung zwingend erforderlich. Hier ist durch den Vorhabenträger schlüssig darzulegen, aus welchen Gründen eine Abbauerweiterung z. B. weiter westlich (Richtung Straße) innerhalb des Vorbehaltsgebiet Rohstoffsicherung gem. RREP VP nicht möglich ist (Thema Flächenverfügbarkeit).

5 Quellenverzeichnis

- /1/ DEUTSCHER WETTERDIENST – DWD: Temperatur und Niederschlagsdaten deutscher Wetterstationen Reihen 1961-1990 und 1981-2010 (im Internet: www.dwd.de).
- /2/ GEBHARDT, W. (2000): Hydrogeologisches Kurzgutachten zum Kiessandabbau Langsdorf, unveröff. Bericht Geologisches Büro Dipl.-Geol. W. Gebhardt Sanitz vom 20.11.2000.
- /3/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2009): Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 1 (Untersuchungszeitraum 2003-2008). Schwerin, unveröff. Bericht vom 02.02.2009.
- /4/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2010): Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 2 (Untersuchungszeitraum 2009). Schwerin, unveröff. Bericht vom 01.03.2010.
- /5/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2011): Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 3 (Untersuchungszeitraum 2010). Schwerin, unveröff. Bericht vom 20.01.2011.
- /6/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2012): Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 4 (Untersuchungszeitraum 2011). Schwerin, unveröff. Bericht vom 13.01.2012.
- /7/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2012): Hauptbetriebsplan Aufsuchung von Kiessand zur lagerstättengeologischen Untersuchung im Bereich Langsdorf Erweiterung NW, 17.09.2012
- /8/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2013): Auswertung Grundwasserstand und Grundwasserbeschaffenheit im Bereich des Kiessandtagebaus Langsdorf – Untersuchungsbericht Nr. 5 (Untersuchungszeitraum 2012). Schwerin, unveröff. Bericht vom 17.01.2013.
- /9/ GEO PROJEKT SCHWERIN (2013): Nutzungskonzept für eine Erweiterung der Kiessandgewinnung in der Lagerstätte Langsdorf - Übersichtsplan, 09/2013

- /10/ GLA M-V (1995): Moorstandortkatalog Trebeltalmoor – Wiesen am Grenztalmoor – Moormächtigkeitskarte (Stand März 1995)
- /11/ LÖFFLER, H (1972): Typisierung von Grundwässern im Lockergesteinsbereich.- unveröff. Arbeit VEB Hydrogeologie, Schwerin, 1972.
- /12/ PFAU GBR (2009) Endbericht: Fortführung der Dokumentation der Wasserstands-entwicklung für das NSG „Grenztalmoor“ (1994-2009). unveröff. Bericht PfaU Dr. Bönsel & Runze GbR Marlow vom 12/2009.
- /13/ RREP VP (2010): Festlegung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Rohstoffsiche- rung aus dem Regionalen Raumentwicklungsprogramm Vorpommern gemäß Landesverordnung vom 19. August 2010 (GVOBl. M-V 2010 S. 453)
- /14/ STALU. (2013.): [http://www.stalu-mv.de/cms2/StALU_prod/StALU/de/vp/Themen/Naturschutz_und_Landschaftspflege/EU-Life Projekte/ Renaturierung_des_Flusstalmoores der_mittleren_Trebel/index.jsp](http://www.stalu-mv.de/cms2/StALU_prod/StALU/de/vp/Themen/Naturschutz_und_Landschaftspflege/EU-Life_Projekte/Renaturierung_des_Flusstalmoores_der_mittleren_Trebel/index.jsp). aufgerufen am 19.09.2013
- /15/ UMWELTPLAN GMBH (2013): Erweiterung Kieswerk Langsdorf: Erkundung Moor- verbreitung, unveröff. Bericht Stralsund 09/2013.
- /16/ VOIGT ET AL. (1984): Hydrogeologische Karte der DDR 1:50.000 Blatt 307-3/4 Bad Sülze / Tribsees.
- /17/ ZGI – ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT (1985): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50.000, Blatt 1366 Demmin.
- /18/ ATV-DVWK-M 504 (Hrsg.): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 144 S., Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser, Bonn 2001
- /19/ HENNIG & HILGERT (2007): Dränabflüsse – Der Schlüssel zur Wasserbilanzierung im nordostdeutschen Tiefland. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51, H.6/ 2007, S.248-257