

Erweiterung des Sand- und Kiestagebaus der H. Krichbaum GbR, Babenhausen

Hydrogeologisches Fachgutachten

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	6
2	Grundlagen und Rahmenbedingungen	7
2.1	Standort und Vorhabensbeschreibung	7
2.2	Untersuchungsgebiet	7
2.3	Klimatische Verhältnisse	8
3	Geologie, Hydrogeologie und Böden	10
3.1	Geologie und Hydrogeologie	10
3.2	Böden	11
3.3	Grundwasserstände	13
3.4	Entwicklung der Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet	13
4	Veränderung des Grundwasserdargebotes	15
4.1	Grundwasserneubildung über Landflächen	15
4.1.1	Modellierung des Bodenwasserhaushaltes	15
4.1.2	Abgebildete Prozesse und Eigenschaften	15
4.1.3	Niederschlag und potentielle Verdunstung	16
4.1.4	Böden und Wasserbewegung in der ungesättigten Zone	16
4.1.5	Landnutzung	17
4.1.6	Grundwasserflurabstand – kapillarer Aufstieg	17
4.1.7	Tatsächliche Verdunstung von Landflächen	17
4.2	Verdunstung offener Wasserflächen	18
4.2.1	Berechnungsverfahren	18
4.2.2	Bestimmung der Verdunstung der offenen Wasserfläche	19
4.3	Wasserbilanz der geplanten Erweiterung	21
5	Änderung der Grundwasserstände	23
5.1	Grundlagen und Rahmenbedingungen der Modellrechnungen	23
5.2	Änderung der Grundwasserstände	23
5.2.1	Betriebsphase der geplanten Erweiterung	24
5.2.2	Endzustand der geplanten Erweiterung	24
5.3	Mittlerer Seewasserstand	25
6	Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung	27
6.1	Genehmigter Abbau	27
6.2	Planzustand	27
7	See- und Grundwasserqualität	29
7.1	Allgemeine Beschreibung und morphometrische Kenndaten	29
7.2	See- und Grundwasserbeschaffenheit	30
7.3	Auswirkungen der geplanten Südosterweiterung auf die Seewasserqualität des bestehenden Baggersees	32
7.4	Auswirkungen des Tagebaus auf die Wasserqualität des Länderbachs	33
8	Grundwassermonitoring	34
9	Literatur	35

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Niederschlagssummen DWD-Messstation Mainhausen-Zellhausen	8
Abb. 2	Bodenformen im Untersuchungsgebiet (Digitale Bodenflächendaten Hessen BFD50)	12
Abb. 3	Grundwasserstandsganglinien der Messstellen ZVG-He-50030 und ZVG-He-50033	14
Abb. 4	Prozesse des Bodenwasserhaushaltes	16
Abb. 5	Mittlere Monatsverdunstung im Jahresverlauf (1987-2018), Windfunktion „Neckar, Rhein“ (WMO 1996)	20
Abb. 6	Mittlere Monatsverdunstung im Jahresverlauf (1987-2018), Windfunktion „Baggerseen“ (Werner 1987)	20
Abb. 7	Grundwasserstandsganglinien im Bereich des Tagebaus und der geplanten Erweiterung	26

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Leitbodenformen im Untersuchungsgebiet (nach Digitale Bodenflächendaten 1:50 000 Hessen)	12
Tab. 2	Jahresmittel der Verdunstung der Wasserfläche (1971-2000)	21
Tab. 3	Morphometrische Kenndaten des bestehenden Baggersees (Ost-See) im genehmigten Zustand	30
Tab. 4	Morphometrische Kenndaten der geplanten Süderweiterung	30

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan	1:25.000
Anlage 2	Verbreitung der Trennschichten	1:25.000
Anlage 3	Geologischer Schnitt	d.H. 1:150, d.L. 1:5.000
Anlage 4	Grundwassergleichen im Hauptgrundwasserleiter für mittlere Verhältnisse (2013)	1:25.000
Anlage 5	Lage ausgewählter Messstellen (Stockwerkszuordnung)	1:25.000
Anlage 6	Mittlerer Grundwasserflurabstand zum Hauptgrundwasserleiter	1:15.000
Anlage 7.1	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem 1. Abbauzustand (Betriebsphase) und dem genehmigten Abbauzustand (Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen	1:15.000
Anlage 7.2	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem geplanten Abbau (Betriebsphase) und dem genehmigten Abbauzustand (Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen	1:15.000
Anlage 7.3	Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem geplanten und dem genehmigten Abbauzustand (jeweils Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen	1:15.000
Anlage 8.1	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, genehmigter Abbauzustand (Endzustand)	1:20.000
Anlage 8.2	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, genehmigter Abbauzustand (Endzustand)	1:20.000
Anlage 9.1	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, 1. Abbauzustand (Betriebsphase)	1:20.000
Anlage 9.2	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, 1. Abbauzustand (Betriebsphase)	1:20.000
Anlage 10.1	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Betriebsphase)	1:20.000
Anlage 10.2	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Betriebsphase)	1:20.000
Anlage 11.1	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Endzustand)	1:20.000

Anlage 11.2	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Endzustand)	1:20.000
Anlage 12.1	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand mit HSK (Endzustand)	1:20.000
Anlage 12.2	Strömungsbild bei mittl. klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand mit HSK (Endzustand)	1:20.000
Anlage 13	Monitoringmessnetz	1:10.000
Anlage 14	Parameterliste der Vor-Ort-Parameter und Laboranalytik zur qualitativen Grundwasserüberwachung	Liste

1 Veranlassung

Die H. Krichbaum GbR betreibt am Standort Babenhausen einen Sand- und Kiestagebau (**Anlage 1**), für den eine Erweiterung in südöstliche Richtung geplant ist.

Da die Auskiesung des bestehenden Sees weitgehend abgeschlossen ist, plant die Fa. Krichbaum, die Abbaufäche nach Süden hin zu erweitern. Dabei findet eine Verlagerung des Werkstandortes an den Neuaufschluss statt.

Der Planungsraum wird wegen der günstigen geohydraulischen Eigenschaften auch intensiv zur öffentlichen Wasserversorgung genutzt. In der Nähe des Tagebaus befinden sich die Brunnen X und XIII des Zweckverband Gruppenwasserwerk (ZVG) Dieburg.

Das derzeitige Abbaugebiet befindet sich innerhalb der geplanten Trinkwasserschutzzone III A der o.g. Gewinnungsanlagen. Da in dieser kein weiterer Rohstoffabbau erfolgen soll, ist die neue Abbaustätte ausschließlich außerhalb der Trinkwasserschutzzone III A vorgesehen. Um keine Gewässerverbindung von außerhalb in die Trinkwasserschutzzone III A zu schaffen, ist geplant, einen vom bisherigen Baggersee getrennten Baggersee neu anzulegen.

In der zur Genehmigung beantragten Südosterweiterung mit Trenndamm soll zum Schutz des im Brunnen XIII gewonnenen Grundwassers der Kiestagebau lediglich bis auf die Basis des 1. Grundwasserleiters oben (Trennschicht) geführt werden.

2 Grundlagen und Rahmenbedingungen

2.1 Standort und Vorhabensbeschreibung

Die H. Krichbaum GbR betreibt in Babenhausen einen Sand- und Kiestagebau. Das genehmigte Abbaugelände befindet sich in der Wasserschutzgebietszone III A der Trinkwasserbrunnen des ZVG Dieburg. Die geplante Südosterweiterung liegt in der Wasserschutzgebietszone III B der Brunnen des ZVG Dieburg.

Die derzeit in Abbau befindlichen Flächen wurden mit Bescheid vom 19.04.2016 planfestgestellt. Die Genehmigung sieht vor, die Abbautiefe im Bereich der Seefläche auf eine Tiefe von 119,65 müNN zu begrenzen. Auch im Bereich der geplanten Südosterweiterung ist vorgesehen, die Nassauskiesung lediglich oberhalb der Trennschicht auszuführen (siehe Kapitel 3). Das geplante Abbaugelände umfasst insgesamt eine Fläche von 13 ha. Der erste Abbauzustand umfasst eine Fläche von ca. 5 ha.

Zu Beginn der Rohstoffgewinnung innerhalb der Erweiterung werden der Oberboden und nicht verwertbare Deckschichten abschnittsweise abgetragen und ordnungsgemäß in Mieten bzw. als Erdwall entlang des jeweiligen Gewinnungsabschnitts bis zur weiteren Verwendung gelagert, sofern das Material nicht unmittelbar für Rekultivierungszwecke am Abbaustandort genutzt werden kann.

Die eigentliche Gewinnung erfolgt oberflächennah bis zu einer Tiefe von ca. 124 müNN im Trockenschnittverfahren. Die entstehenden Trockenböschungen werden mit einer maximalen Neigung von 1 : 2 im Endzustand hergestellt. Die Abgrabung erfolgt mittels Bagger und Radlader.

Unterhalb des Geländeniveaus von ca. 124 müNN erfolgt die Rohstoffgewinnung durch Nassauskiesung bis zur Trennschicht (Basis des 1. Grundwasserleiters oben). Die Unterwasserböschungen werden mit einer maximalen Neigung von 1 : 3 im Endzustand angelegt. Die gewonnenen Rohstoffe werden durch eine mobile Siebanlage mit Trockensieb aufbereitet. Die maximale Rohmaterialentnahme im Nassschnitt beträgt 15.000 m³/a.

2.2 Untersuchungsgebiet

Die östliche Untermainebene setzt sich aus der Mainniederung und den randlich begleitenden Terrassen zusammen, die von den feuchten Niederungen der Gersprenz und Rodau gegliedert sind. Neben Niederungen und Terrassenabschnitten, die auf Erosion und Akkumulation des Mains bezogen sind, ergibt sich eine Hauptgliederung durch die Heraushebung des Spremlinger Horstes, der sich im Sachsenhäuser Rücken markiert und die westliche von der östlichen Untermainebene trennt.

Das Landschaftsbild der Untermainebene wird von großen Waldflächen bestimmt, in die teilweise ohne Übergänge die Siedlungen eingebettet sind. Andere große Teile der Landschaft sind praktisch waldfrei. Die im flachen Relief eingebetteten Bäche sind häufig begradigt und ohne

Uferbewuchs. Die zentralen Waldflächen sind Laubwälder (z.B. Eichenwaldbestände) oder Mischwälder mit hohem Nadelholzanteil. Die Offenlandflächen sind meist durch intensiven Ackerbau geprägt.

2.3 Klimatische Verhältnisse

Das Klima im Untersuchungsgebiet ist dem Klimabezirk Rhein-Main-Gebiet zuzurechnen, welcher dem größeren Klimaraum Südwest-Deutschland untergeordnet ist. Im Vergleich zum übrigen Hessen zeichnet sich der Klimaraum durch warme Sommer und milde Winter aus.

Repräsentative Stationen mit langjährigen Messreihen sind die in der Untermainebene gelegenen Niederschlagsstationen Heusenstamm (mittl. Jahresniederschlag 1960-1990 704 mm), Rödermark-Ober-Roden (mittl. Jahresniederschlag 1960-1990 735 mm), Babenhausen-Hergershausen (mittl. Jahresniederschlag 1960-1990 693 mm), Babenhausen-Harreshausen (mittl. Jahresniederschlag 1960-1990 672 mm), Schaafheim-Schlierbach (mittl. Jahresniederschlag 1987-2018 630 mm) und Mainhausen-Zellhausen des DWD.

Abb. 1 zeigt die Jahresniederschlagssumme der Messstation Mainhausen-Zellhausen für den Zeitraum 1987-2020. Das Mittel für diesen Zeitraum liegt bei 662 mm. Im Zeitraum 1960-1990 lagen die mittleren Jahresniederschläge mit 687 mm noch etwas höher.

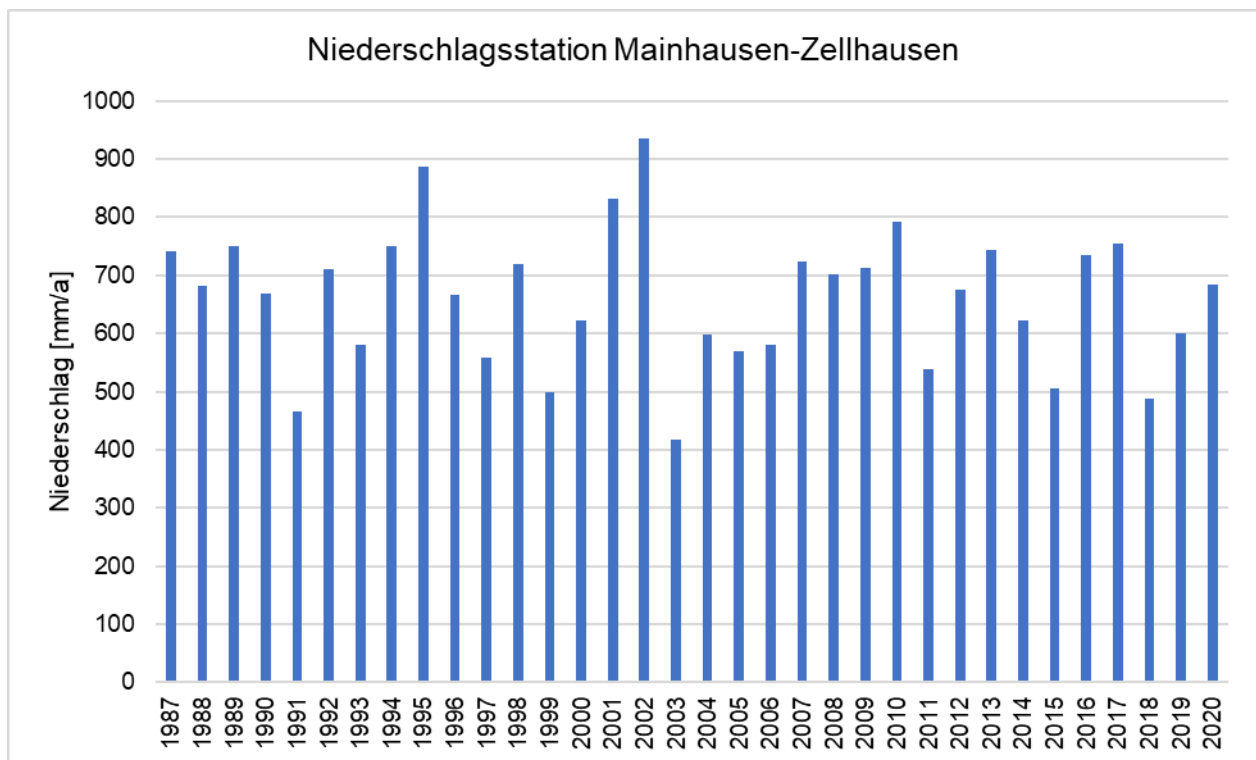


Abb. 1 Niederschlagssummen DWD-Messstation Mainhausen-Zellhausen

In der räumlichen Verteilung des Niederschlags im ebenen Untersuchungsgebiet ist nach den Daten der genannten Niederschlagsstationen davon auszugehen, dass die Niederschläge von Nordwesten nach Südosten geringfügig zunehmen.

Für die Grundwasserneubildung sind vor allem die Winterniederschläge entscheidend, da die Sommerniederschläge größtenteils direkt oder indirekt über die Pflanzen verdunsten oder untergeordnet bei sommerlichen Starkregenereignissen oberflächlich abfließen. Die Niederschläge im Winterhalbjahr liegen im langjährigen Mittel etwas unter den Niederschlägen im Sommerhalbjahr.

Die mittlere potentielle Verdunstung (Penman-Monteith) liegt im langjährigen Mittel im Untersuchungsgebiet geringfügig über 650 mm. Als Messdaten von DWD-Klimastationen sind die Daten von Schaafheim-Schlierbach (seit 1987) und Frankfurt/Flughafen verfügbar. Die langjährige mittlere Verdunstung nach Penman-Monteith liegt in Frankfurt/Flughafen bei 667 mm (Zeitraum 1971-2000). Für den Zeitraum 1987-2018 beträgt die mittlere Verdunstung 744 mm an der Station Frankfurt/Flughafen bzw. 676 mm an der Station Schaafheim-Schlierbach.

Die langjährige klimatische Wasserbilanz ist demnach im Untersuchungsgebiet in etwa ausgeglichen.

3 Geologie, Hydrogeologie und Böden

3.1 Geologie und Hydrogeologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der tektonischen Einheit des Hanauer Beckens, welches im Osten durch den Spessart, im Süden durch den Odenwald und im Westen durch den Sprendlinger Horst eingegrenzt wird. Der Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet besteht aus pliozänen und pleistozänen Lockergesteinen. Die pleistozänen Lockergesteine sind in erster Linie Terrassenablagerungen des Mains, der im Altpleistozän bis tief in die Gersprenzbucht hineinreichte. Als Folge der Verlagerung des Mains nach Osten wurden die Mainablagerungen durch die Odenwaldbäche zum Teil ausgeräumt und umgelagert, so dass eine starke Verzahnung der Main- und Odenwaldbachablagerungen eingetreten ist. Für die Grundwasserhydraulik ist die Verbreitung von feinkörnigen Trennschichten entscheidend, die den pleistozänen/pliozänen Grundwasserleiter in einzelne Stockwerke untergliedern können.

Im Untersuchungsgebiet ergibt sich aufgrund hydraulisch wirksamer Trennschichten folgende hydrogeologische Schematisierung:

- Schwebender Grundwasserleiter,
- Deckschicht,
- 1. Grundwasserleiter oben,
- Trennschicht,
- 1. Grundwasserleiter unten,
- Unterer Ton,
- 2. Grundwasserleiter,
- Aquiferbasis

Im Rahmen einer detaillierten hydrogeologischen Systemanalyse wurden die für das Untersuchungsgebiet vorhandenen Bohrprofile ausgewertet. Auf Grundlage der Bohrprofile wurde der Untergrund für die detaillierte Implementierung in das dreidimensionale Grundwassermodell in hydrostratigraphische Einheiten untergliedert. Hierbei wurde besonders beachtet, inwieweit die Aufschlüsse die Durchgängigkeit hydraulischer Trennschichten belegen. Die Verbreitung der flächenhaft korrelierten Trennschichten ist in **Anlage 2** dargestellt.

Der zu untersuchende Tagebau liegt inmitten der flächenhaft ausgebildeten Trennschicht, welche den 1. Grundwasserleiter in den 1. Grundwasserleiter oben und den 1. Grundwasserleiter unten unterteilt. An den Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg ist die Trennschicht in Form eines Tons mit einer Mächtigkeit von mehr als 1 m nachgewiesen. Weiterhin ist im Bereich der geplanten Südosterweiterung bereichsweise eine oberflächennahe bindige Deckschicht ausgebildet, die östlich des Abbaus bis zu 10 m mächtig ist. Westlich der geplanten Südosterweiterung keilt diese Deckschicht aus, so dass hier eine ungedämpfte Wechselwirkung zwischen Vorfluter und

Grundwasser möglich ist. Einzelne Bohrprofile weisen auf lokale Fehlstellen bzw. geringe Mächtigkeit der Deckschicht hin.

Der Untere Ton trennt den 1. Grundwasserleiter (Hauptgrundwasserleiter) vom 2. Grundwasserleiter und wird im Osten des Untersuchungsgebietes durch die aufsteigende Aquiferbasis begrenzt.

Anlage 3 zeigt einen hydrogeologischen Schnitt durch die Grundwassermessstellen ZVG-He-50031, ZVG-He-50137 sowie den Aufschlussbohrungen 0655 Hergershausen und 0652 Hergershausen. Die Lage der Schnittpur ist in Anlage 2 dargestellt. Die geplante Südosterweiterung befindet sich zwischen der Bohrung 0652 Hergershausen und der Grundwassermessstelle ZVG-He-50137.

Die Brunnen X und XIII sind ausschließlich unterhalb der Trennschicht im 1. Grundwasserleiter unten verfiltert. Der 2. Grundwasserleiter wird bislang vom ZVG Dieburg nicht genutzt und ist nicht dargestellt. Die geplante Süderweiterung befindet sich zwischen den ehemaligen Brunnen XI und XII des ZVG Dieburg.

Im Untersuchungsgebiet ist der Main als Hauptvorfluter für die regionale Grundwasserströmung bestimmend. **Anlage 4** zeigt den Grundwassergleichenplan im 1. Grundwasserleiter oben für Oktober 2013, d.h. für mittlere klimatische Verhältnisse. Die Grundwasserfließrichtung verläuft in nordöstliche Richtung. Das Gewässernetz ist ebenfalls nach Nordosten auf den Main hin ausgerichtet. Die mittleren Grundwasserstände betragen im Bereich des genehmigten Tagebaus der Fa. Krichbaum ca. 125 müNN.

Der Rohstoffabbau in der geplanten Erweiterung reicht bis an die Basis des 1. Grundwasserleiters oben. Die Trennschicht wird demnach nicht durchörtert und die hydraulische Trennfunktion dieser undurchlässigen Schicht bleibt erhalten. Die Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg sind ausschließlich unterhalb der Trennschicht verfiltert.

Soweit vorhanden wird die oberflächennahe Deckschicht im Tagebaubetrieb in der geplanten Erweiterung entfernt.

3.2 Böden

Ausgangspunkt der Bodengenese bilden im Untersuchungsgebiet flächendeckend fluviatile, schluffig-lehmige oder sandige Ablagerungen.

Unter diesen Voraussetzungen haben sich auf einem Großteil der betrachteten Fläche Braunerden entwickelt. Aus lössarmem, flugsandführendem, kiesführendem Sand über kiesführendem (pleistozänem) Flusssand bildeten sich Braunerden (Digitale Bodenflächendaten für Hessen BFD50, GEN-ID 106) mit geringen nutzbaren Feldkapazitäten (bis 100 cm Profiltiefe) von 60 bis 140 mm.

Entlang des Länderbachs, im potentiellen Überflutungsbereich von Auen mit Grundwassereinfluß entwickelten sich aus Auenschluffen -lehm- und -tonen sowie örtlich Kolluvialschluffen dagegen

Auengleye mit Gleyen (GEN-ID 42). Die nutzbaren Feldkapazitäten liegen hier im mittleren Bereich (140 bis 200 mm bis 100 cm Profiltiefe).

Im Erweiterungsgebiet des Tagebaus nehmen die Braunerden etwa 97 % der Fläche ein. Nur im Südosten sind Auengleye zu finden.

Tab. 1 Leitbodenformen im Untersuchungsgebiet (nach Digitale Bodenflächendaten 1:50 000 Hessen)

106 - Braunerde (BBn)				42 - Auengley (GGa)			
Horizont	Tiefe	Bodenart	nFK	Horizont	Tiefe	Bodenart	nFK
Ap	0 - 3 dm	Su3	52 mm	Ap	0 - 3 dm	Lu	84 mm
Bv	3 - 5 dm	Su3	34 mm	aGo	3 - 9 dm	Lu	114 mm
ilCn	5 - 20 dm	gS	74 mm	aGr	9 - 13 dm	Lu	76 mm

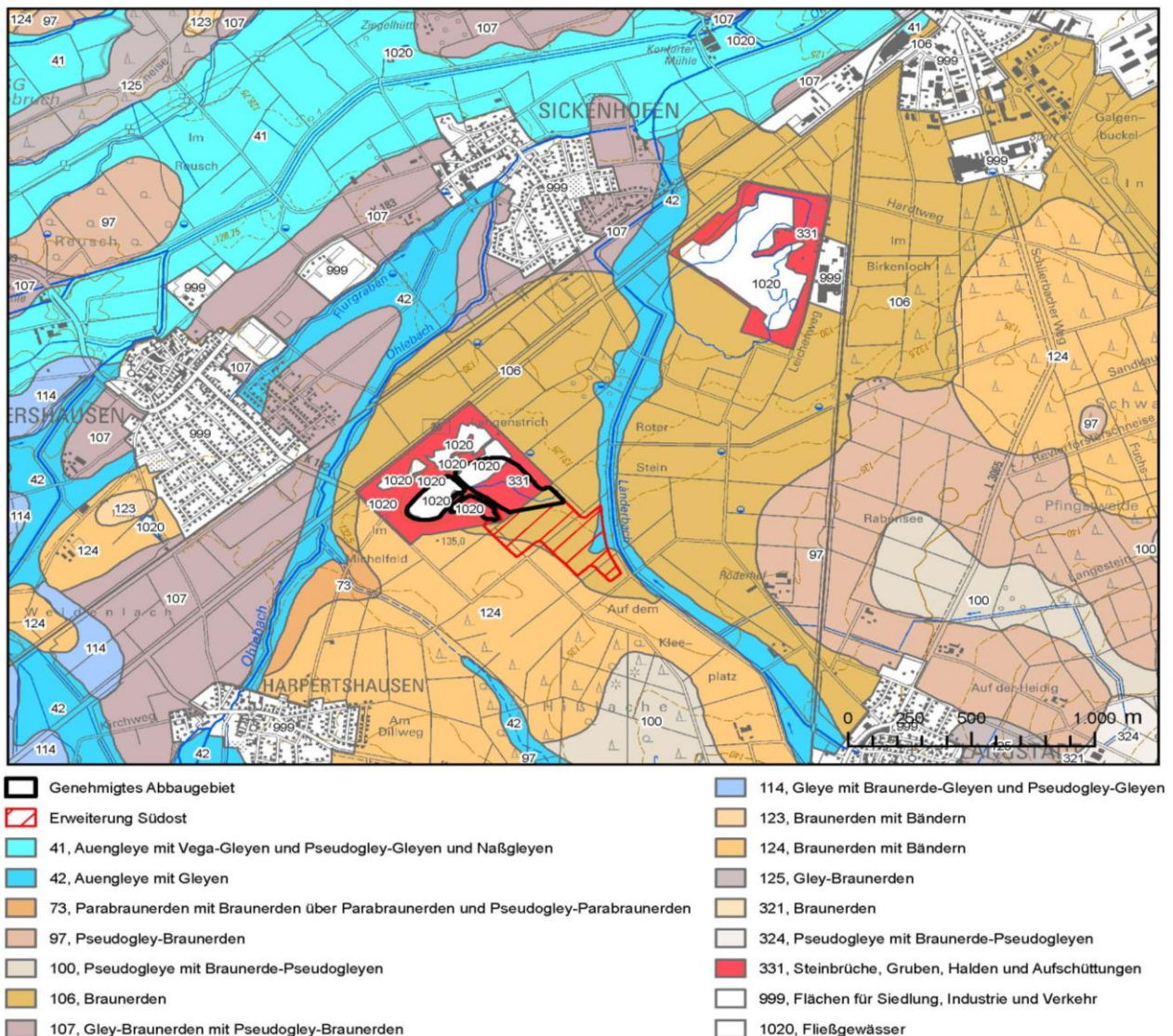


Abb. 2 Bodenformen im Untersuchungsgebiet (Digitale Bodenflächendaten Hessen BFD50)

3.3 Grundwasserstände

Anlage 5 zeigt die Grundwassermessstellen im Gebiet des Tagebaus der Fa. Krichbaum mit den zugehörigen Messwerten von Oktober 2013. Hierbei ist unterschieden, in welchem Grundwasserleiter die Grundwassermessstellen verfiltert sind. Viele Grundwassermessstellen können eindeutig z.B. dem 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) oder dem 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) zugeordnet werden, so dass die dort gemessenen Grundwasserstände eindeutig das Druckniveau des jeweiligen Grundwasserleiters repräsentieren. Dagegen gibt es auch andere Grundwassermessstellen, die über mehrere Stockwerke verfiltert sind und somit einen Mischwasserstand angeben.

Zum Messzeitpunkt im Oktober 2013 traten südöstlich der geplanten Erweiterung geringe Druckdifferenzen vom 1. Grundwasserleiter oben (ZVG-He-50 030) zum 1. Grundwasserleiter unten (ZVG-He-50 137) von ca. 0,2 m auf.

Der Flurabstandsplan für Oktober 2013 ist in **Anlage 6** dargestellt.

3.4 Entwicklung der Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet

Das Jahr 1991 fällt ausgesprochen trocken aus, was sowohl die Winterniederschläge als auch die Sommerniederschläge betrifft. In 1993 folgt das zweite Trockenjahr Anfang der 1990er Jahre. Im Untersuchungsraum erreichen die Grundwasserstände daraufhin in 1993/1994 Tiefstände. Mehrere trockene Winter in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre lassen die Grundwasserstände Ende der 1990er Jahre erneut einen Tiefstand erreichen.

Im Jahr 2000 setzt eine Folge von Nassjahren ein. Der Jahresniederschlag in 2003 sowie die Winterniederschläge in 2004 waren extrem gering, so dass die Grundwasserstände mangels Grundwasserneubildung nach dem Überschreiten des Höchststandes in 2003 bis Ende 2007 rückläufig sind. Auch die Folgejahre 2005 und 2006 wiesen unterdurchschnittliche Niederschläge auf, während die Niederschläge in den Jahren 2007 bis 2010 wiederum überdurchschnittlich hoch waren, so dass sich die Grundwasserstände ab dem Jahr 2012 in etwa auf mittlerem Niveau bewegen.

In Abb. 3 sind die Grundwasserstandsganglinien der Messstellen ZVG-He-50030 und ZVG-He-50033, die beide den 1. Grundwasserleiter oben repräsentieren, dargestellt. Anlage 5 gibt den Untersuchungsraum sowie die Lage der Brunnen und Messstellen an. Grundsätzlich lassen sich die beiden Trockenperioden Mitte der 1970er und Anfang der 1990er Jahre erkennen, während sich die Grundwasserstände in den 1980er Jahren auf mittlerem Niveau bewegen. Während in den Jahren 2002-2004 eine deutliche Nassperiode ausgeprägt ist, bewegen sich die Grundwasserstände im Zeitraum von 2012-2018 in etwa auf mittlerem Niveau. An der Messstelle ZVG-He-50030 beträgt der höchste gemessene Grundwasserstand 126,67 müNN (April 2004) und der niedrigste gemessene Grundwasserstand 123,21 müNN (Oktober 1993). Die langjährige Amplitude der Grundwasserstandsschwankungen beträgt etwas mehr als 3m.

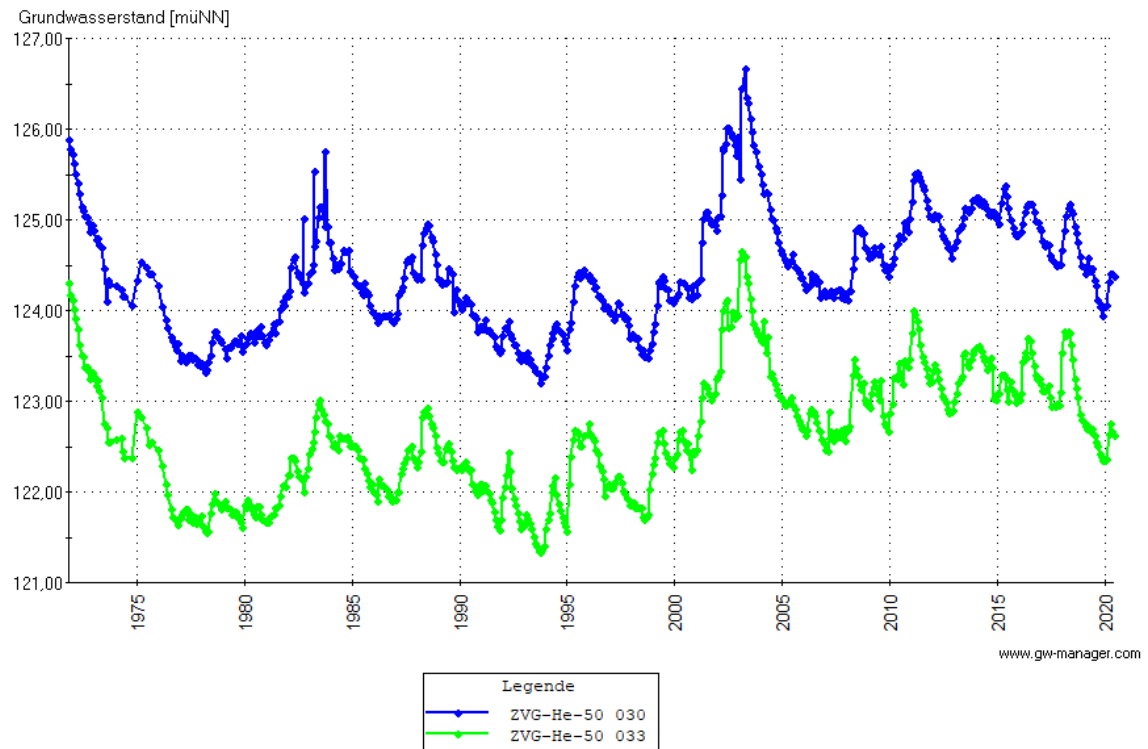


Abb. 3 Grundwasserstandsganglinien der Messstellen ZVG-He-50030 und ZVG-He-50033

4 Veränderung des Grundwasserdargebotes

4.1 Grundwasserneubildung über Landflächen

4.1.1 Modellierung des Bodenwasserhaushaltes

Die prozessbasierte Modellierung des Bodenwasserhaushalts zur Ermittlung der Veränderung der Grundwasserneubildung durch das Erweiterungsvorhaben erfolgte mit Hilfe der hydrologischen Modellierungs- und Simulationssoftware MIKE SHE.

Die horizontale Diskretisierung des das Unterraingebiet abbildenden numerischen Rechenmodells erfolgte in einem gleichmäßigen, quadratischen Raster mit einer Seitenlänge von 200 m. Es besteht aus über 8.000 Rasterzellen. Die Rasterzellen können für lokale Detailuntersuchungen entsprechend feiner aufgelöst werden.

Die räumliche Auflösung des Modells stellt dabei einen Kompromiss dar zwischen einer möglichst feinen Diskretisierung des Modellgebietes und der damit verbundenen Simulationsdauer. Die gewählte Auflösung ist insbesondere hinreichend, die charakteristischen Bodenformen in ihrer räumlichen Verbreitung im Modell abzubilden.

Die zeitliche Diskretisierung des Simulationszeitraumes von 1987 bis 2018 erfolgte in Zeitschritten mit einer maximalen Länge von 30 Minuten, wobei diese zu Zeitpunkten mit hohen hydraulischen Gradienten an der Geländeoberfläche (z.B. bei starkem Niederschlag) von der Simulationssoftware dynamisch auf bis zu 1 Minute verkürzt wurden.

4.1.2 Abgebildete Prozesse und Eigenschaften

Abb. 4 skizziert in einer Übersicht die wichtigsten im Rahmen der Simulation berücksichtigten hydrologischen Prozesse. Neben dem Niederschlag und der potentiellen Verdunstung als Eingangsgrößen werden im Rahmen der Modellrechnungen sowohl alle den Bodenwasserhaushalt betreffenden relevanten Prozesse wie Interzeption, Transpiration, Evaporation, Pflanzenwachstum, Wurzelwasseraufnahme, Versickerung und kapillarer Aufstieg ebenso simuliert wie die künstliche Beregnung landwirtschaftlich genutzter Flächen. Wegen der geringen Reliefenergie wird ein längerer lateraler Transport bis in ein Fließgewässer (Oberflächenabfluss) nicht betrachtet.

In der Modellrechnung der ungesättigten Zone wurde die Grundwasserneubildung an der Grundwasseroberfläche ermittelt. Ein Fluss in das Grundwasser wird als positive Grundwasserneubildung und ein Fluss aus dem Grundwasser durch kapillaren Aufstieg als negative Grundwasserneubildung (Grundwasserzehrung) gewertet (hydraulischer Gradient im geschlossenen Kapillarsaum = 1).

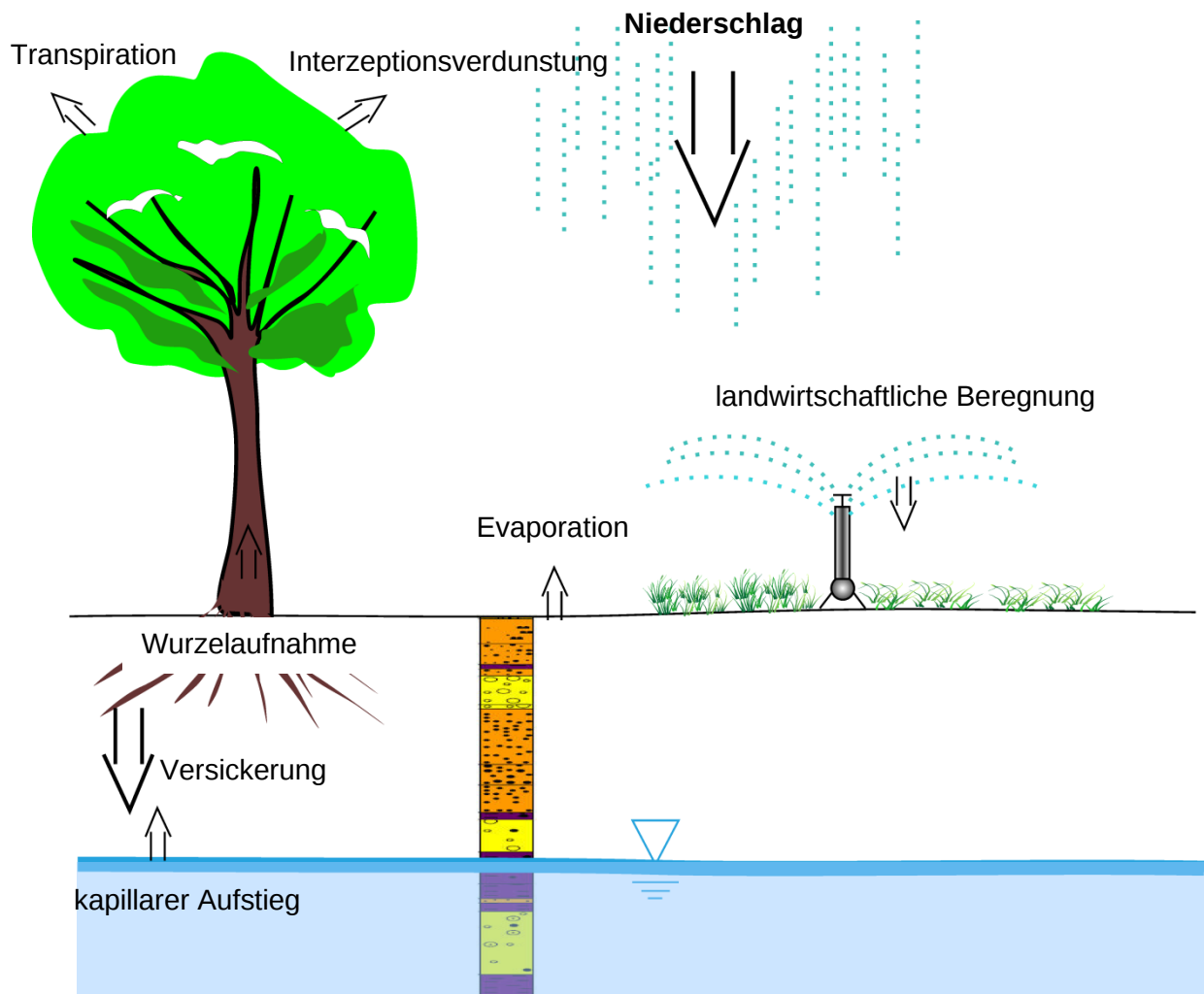


Abb. 4 Prozesse des Bodenwasserhaushaltes

4.1.3 Niederschlag und potentielle Verdunstung

Der Niederschlag im Untersuchungsgebiet wurde über den gesamten Simulationszeitraum auf Tageswertbasis berücksichtigt. Die Modellierung erfolgte über eine Regionalisierung stationsbezogener Niederschlagszeitreihen in einer räumlichen Auflösung von 200 m und einer anschließenden Übertragung auf das Modellraster.

Die Ermittlung der potentiellen Verdunstung (Grasreferenzverdunstung) erfolgte nach ATV-DVWK-M 504 mit der Methode von Penman-Monteith auf Tageswertbasis. Die Modellierung erfolgte wie auch für den Niederschlag über eine Regionalisierung stationsbezogener Zeitreihen in einem 200 m-Raster mit anschließender GIS-Verschneidung auf das Modellraster.

4.1.4 Böden und Wasserbewegung in der ungesättigten Zone

Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes des Bodens und der tieferen Schichten (ungesättigte Zone) sind die Speicher- und Durchlässigkeitseigenschaften (bodenhydraulische Eigenschaften)

maßgebend. Als Arbeitsgrundlage im Untersuchungsgebiet dienten die digitalen Bodenflächen-daten (Kartiermaßstab 1:50.000) der BFD-50-Karte und Bohrungen aus dem Modellgebiet.

Zunächst wurden den einzelnen Böden in den typisierten Bodeneinheiten der BFD-50-Karte ihre bodenhydraulischen Kennwerte aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (2005) zugewiesen. In einer Clusteranalyse mit den Kriterien Schichtmächtigkeit, Speichervermögen und Durchlässigkeit wurden insgesamt 15 Bodenprofilklassen mit unterschiedlichen bodenhydraulischen Eigenschaften identifiziert, die sich aus insgesamt 21 Bodenarten zusammensetzen und sich in ihrem vertikalen Aufbau voneinander unterscheiden.

Der Aufbau der Schichten in Tiefen größer 2 m wurde aus den Profilen für das Untersuchungsgebiet charakteristischer Bohrungen abgeleitet. Im Wesentlichen stehen Sande an. Die vertikale Diskretisierung dieser Bodenprofile erfolgte in Schichten mit einer über die Tiefe ansteigenden Mächtigkeit von 1 cm an der Geländeoberfläche bis zu 2 m in der vom Grundwasser gesättigten Bodenzone.

Die ungesättigte Bodenwasserbewegung wird mit dem physikalisch begründeten Richards-Ansatz beschrieben. Die Parametrisierung der ungesättigten hydraulischen Bodeneigenschaften (Retentionskurve, ungesättigte hydraulische Durchlässigkeit) erfolgte getrennt für jede Bodenart über die Methode von Mualem und van-Genuchten. Die Kennwerte der Lockergesteine basieren auf den Verknüpfungsregeln der Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der BGR. Die k_r -Werte wurden aus der Tabelle 76 der Bodenkundlichen Kartieranleitung übernommen. In Einzelfällen wurde die Parametrisierung auf Grund der Ergebnisse aus der Kalibrierung des Grundwassermodells angepasst.

4.1.5 Landnutzung

Die Landnutzung im Modellgebiet beruht dabei auf einer multitemporalen Satellitenbilddauswertung für das Jahr 2000. Die räumliche Auflösung der Auswertung beträgt 15 m. Es wurden 17 Nutzungsklassen abgegrenzt.

4.1.6 Grundwasserflurabstand – kapillarer Aufstieg

Bei Böden mit Stauhorizonten in relevanten Tiefen bzw. bei entsprechenden Grundwasserflurabständen wird der Pflanzenwasserbedarf nicht nur aus dem Bodenwasserspeicher sondern auch durch kapillaren Aufstieg gedeckt.

Die Wirkung von Stauhorizonten auf den Bodenwasserhaushalt wird durch die schichtengerechte Erfassung der ungesättigten Zone erfasst. Um den Einfluss des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser abzubilden, fanden die mittleren Grundwasserstände (1997) als untere Randbedingung Eingang in die Modellrechnungen der ungesättigten Zone.

4.1.7 Tatsächliche Verdunstung von Landflächen

Die Verdunstung von bewachsenen Böden wurde in die Prozesse Bodenevaporation, Transpiration und Interzeptionsverdunstung untergliedert.

Der Ansatz zur Berechnung der Bodenevaporation berücksichtigte den Bodenwassergehalt und die Vegetation. Lediglich bei vegetationsfreien Böden und optimaler Wasserversorgung der Bodenoberfläche entsprach die Bodenevaporation der potentiellen Verdunstung.

Für jede vegetative Nutzungsklasse wurde für das Pflanzenwachstum anhand der saisonalen Entwicklung zeitlich variierend Blattflächenindex, Wurzeltiefe und k_c -Faktor (pflanzenspezifische Korrektur der Grasreferenzverdunstung) vorgegeben. Die Daten wurden aus einschlägigen Datenbanken und Literaturangaben abgeleitet.

Der Interzeptionsspeicher ist eine Funktion des Blattflächenindex. Bei gefülltem Speicher entspricht die Interzeptionsverdunstung der potentiellen Verdunstung. Der Verdunstungsanspruch wird zunächst aus dem Interzeptionsspeicher gedeckt. Die Speicherfüllung erfolgt, indem von jedem Niederschlag Benetzungsverluste bis zur Speicherfüllung abgezogen werden, die Überschussmenge infiltriert in den Boden (max. bis zur Infiltrationskapazität).

Die Verknüpfung der einzelnen Prozesse zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung erfolgte anhand der Methode von Kristensen & Jensen. Anhand der potentiellen Verdunstung wurden zur Laufzeit Interzeption, Interzeptionsverdunstung, Transpiration und Evaporation unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Entwicklung der jeweiligen kulturspezifischen Daten (Blattflächenindex, k_c -Faktor, Wurzelwachstum und -verteilung) in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Landnutzung und der Bodenfeuchte(-verteilung) in der effektiven Wurzelzone ermittelt.

4.2 Verdunstung offener Wasserflächen

4.2.1 Berechnungsverfahren

Bei den Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Verdunstung von offenen Wasserflächen lassen sich im Wesentlichen 3 Gruppen unterscheiden.

Bei den Massentransportverfahren wird der Wasserdampftransport in den bodennahen Luftschichten in Abhängigkeit von Wind und Dampfdruckgradient zwischen Wasseroberfläche und Luft bestimmt. Energiebilanzverfahren basieren auf der Analyse des Wärmehaushalts des Gewässers, indem über Strahlungsbilanz und Wärmeinhaltsänderung der Verdunstungswärmestrom ermittelt wird. Die Kombinationsverfahren verbinden die beiden genannten Ansätze.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden vier Methoden zur Bestimmung der Verdunstung offener Wasserflächen vergleichend angewendet – ein Massentransportverfahren und drei Kombinationsverfahren.

Energiebilanzverfahren setzen nach Vietinghoff (2000) eine genaue und sichere Messung vieler meteorologischer, vor allem strahlungsklimatischer Größen voraus und führen bei der Abschätzung zu vieler dieser Parameter zu großen Unsicherheiten. Aus diesem Grund wurde hier von einer Verwendung abgesehen.

Zum Einsatz kamen die folgenden Verfahren (in DVWK 1996):

- Dalton-Verfahren oder auch aerodynamisches Verfahren
- Penman-Verfahren
- Temperaturgleichgewichtsverfahren
- Vereinfachtes Kombinationsverfahren nach Richter

4.2.2 Bestimmung der Verdunstung der offenen Wasserfläche

4.2.2.1 Eingangsdaten

Als Eingangsdaten für die Berechnung der Verdunstung dienten Zeitreihen der DWD-Station Frankfurt / Flughafen, für die für alle benötigten Parameter langjährige Zeitreihen vorlagen. Der Betrieb durch den Deutschen Wetterdienst gewährleistet zudem Genauigkeit und Qualität der Messreihen.

Die jeweils fehlenden Eingangsgrößen in die Formeln der betrachteten Berechnungsverfahren wurden - wie in DVWK (1996) beschrieben - entweder Tafeln entnommen oder rechnerisch aus den vorliegenden Parametern abgeleitet.

Folgende Parameter lagen als Tageswerte vor:

- Lufttemperatur
- Windgeschwindigkeit
- Relative Luftfeuchte
- Sonnenstunden

Die Berechnung der Verdunstung erfolgte auf Grundlage von Monatswerten für die Jahre 1987 bis 2018 - den Simulationszeitraum des Bodenwasserhaushaltsmodells -, aus denen dann die langjährigen Jahresmittel der Verdunstung ermittelt wurden.

In Ermangelung eigener Kalibrierungsmöglichkeiten für die in drei der vier Verfahren verwendete Windfunktion wurde hier mit Literaturwerten gerechnet. Dazu wurden zwei Varianten betrachtet. Zum einen wurde ein für Neckar und Rhein erprobter Satz von Koeffizienten gemäß WMO-Richtlinie (1996, in DVWK 1996) verwendet, zum anderen eine Variante die von Werner (1987, in DVWK 1996) für Baggerseen im westfälischen Tiefland entwickelt wurde.

4.2.2.2 Ergebnisse

Abb. 5 zeigt den Jahresverlauf der ermittelten Verdunstungsmonatsmittel über den Zeitraum 1987-2018 für die Windfunktion der WMO (Rhein, Neckar), Abb. 6 den entsprechenden Verlauf für die Windfunktion von Werner (westfälische Baggerseen). Zum Vergleich ist der Jahresverlauf der Grasreferenzverdunstung nach Penman-Monteith dargestellt (ETP).

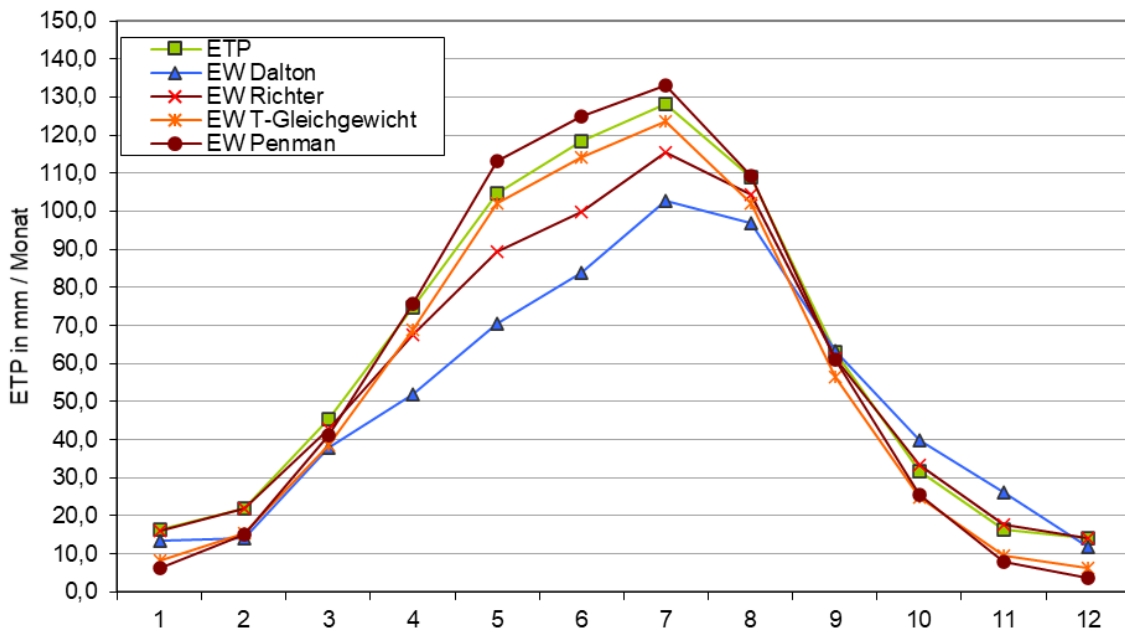


Abb. 5 Mittlere Monatsverdunstung im Jahresverlauf (1987-2018), Windfunktion „Neckar, Rhein“ (WMO 1996)

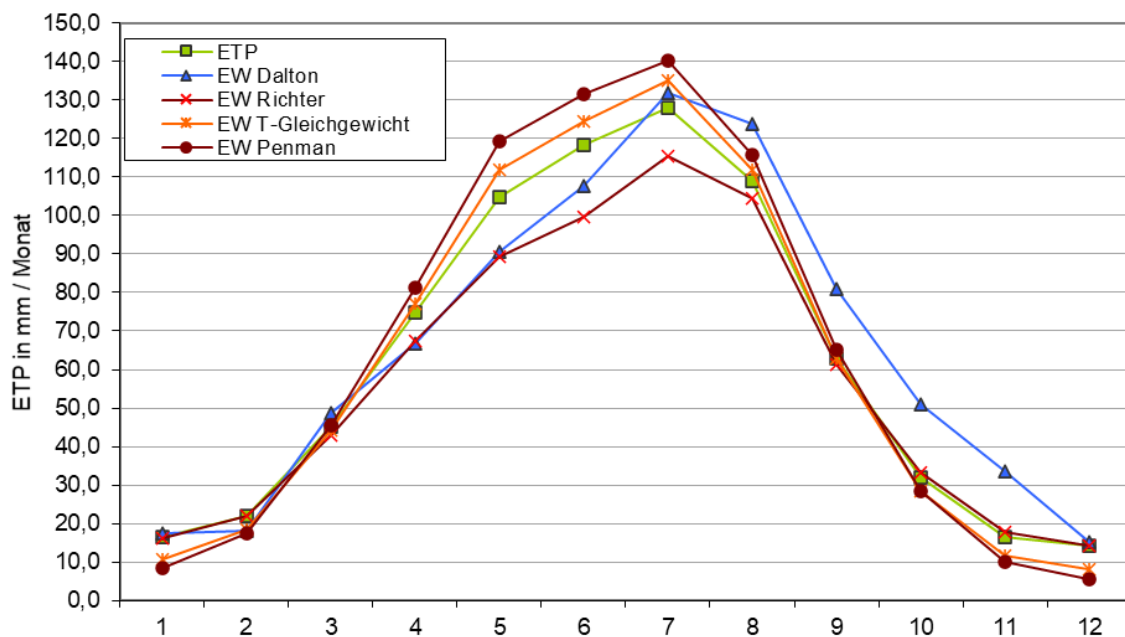


Abb. 6 Mittlere Monatsverdunstung im Jahresverlauf (1987-2018), Windfunktion „Baggerseen“ (Werner 1987)

In den Abbildungen zeigt sich zum einen der große Einfluss, den der verzögerte Verlauf der Wassertemperaturen beim Dalton-Verfahren auf die Resultate hat. Zum anderen macht der Vergleich der beiden Abbildungen die Bedeutung der korrekten Windfunktion deutlich.

Der Penman-Ansatz lieferte in Abhängigkeit von der Windfunktion Werte von 717 mm/a bzw. 769 mm/a, wurde aber aufgrund der Nichtberücksichtigung des Temperaturgradienten zwischen Wasseroberfläche und Luft nicht weiter verwendet. Ebenso wurde das vereinfachte Kombinationsverfahren nach Richter (684 mm/a) aufgrund der starken Reduzierung und der Tatsache, dass das Verfahren anhand von Seen in Nord- und Mitteleuropa geeicht wurde, fallen gelassen.

Nach Analyse der Resultate wurden zur Bestimmung eines aussagekräftigen, belastbaren Jahresmittels der Verdunstung lediglich die Ergebnisse des Dalton- und die des Temperaturlangleichsverfahrens herangezogen.

Tab. 2 Jahresmittel der Verdunstung der Wasserfläche (1971-2000)

Berechnungs-Verfahren	Verdunstung [mm/a]	
	Windfunktion	
	WMO 1996	Werner 1987
Dalton-Verfahren	613	786
Temperaturlangleichgewichts-Verfahren	670	745

Um die Unsicherheit hinsichtlich der geeigneten Windfunktion zu minimieren, wurden die Mittelwerte über die Resultate beider Varianten berechnet, so dass sich insgesamt eine mittlere Jahresverdunstung von 703 mm ergibt. Zur Berechnung der Wasserbilanz wurde ein unter Verwendung mehrerer DWD-Stationen auf die Lage des Sees interpolierter mittlerer Jahresniederschlag (1987-2018) von 701 mm herangezogen. Hieraus folgt eine Grundwasserneubildungsrate von etwa -2 mm/a.

Der vereinfachte Ansatz, die Wasserbilanz einer offenen Wasserfläche mit der klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag – Grasreferenzverdunstung) abzuschätzen, führt mit einem Verdunstungsansatz nach Penman-Monteith für den Simulationszeitraum 1987-2018 zu einem Grundwasserneubildungswert von etwa 23 mm am Standort des Tagebaus der Fa. Krichbaum.

4.3 Wasserbilanz der geplanten Erweiterung

Für die Bewertung der infolge der geplanten Erweiterung des Sand- und Kiestagebaus im Vergleich zum genehmigten Zustand hervorgerufenen Änderungen im Bodenwasserhaushalt wurde die mittlere Grundwasserneubildung beider Zustände auf der Erweiterungsfläche gegenübergestellt.

Die geplante gesamte Erweiterungsfläche (Nassauskiesungsfläche) umfasst etwa 7,8 ha und ist derzeit ausschließlich in ackerbaulicher Nutzung.

Die Mittelwerte der jährlichen Grundwasserneubildung über den Betrachtungszeitraum betragen im Ist-Zustand 142 mm/a. Die Grundwasserneubildungsrate unter offenen Wasserflächen wird nach Kap. 4.2.2.2 zu -2 mm/a angenommen.

Hieraus ergibt sich eine Verringerung der mittleren Grundwasserneubildung durch die Erweiterung um etwa 144 mm/a bzw. rund 11.300 m³/a. Diese Minderung des Grundwasserdargebots wird hinsichtlich des regionalen Grundwasserdargebots als unbedeutend angesehen.

Im aktualisierten Referenzzeitraum 1991-2020 verringert sich die mittlere Grundwasserneubildung um etwa 153 mm/a bzw. rund 12.000 m³/a. Diese Minderung des Grundwasserdargebots ist hinsichtlich des regionalen Grundwasserdargebots ebenfalls als unbedeutend anzusehen.

Für den 1. Abbauabschnitt mit einer Nassauskiesungsfläche von 2,9 ha ergibt sich eine Verringerung um etwa 153 mm/a bzw. rund 4.400 m³/a. Diese Minderung des Grundwasserdargebots ist hinsichtlich des regionalen Grundwasserdargebots ebenfalls als unbedeutend anzusehen.

5 Änderung der Grundwasserstände

5.1 Grundlagen und Rahmenbedingungen der Modellrechnungen

Zur Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Erweiterung des Kiestagebaus auf die Grundwasserstände und die Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet wurden der genehmigte Abbau und die geplante Südosterweiterung in das vorhandene Grundwassermodell implementiert (Verfeinerung des FE-Netzes, Parameteranpassung für Rekultivierungsbereiche und offene Wasserflächen) und stationäre Modellrechnungen durchgeführt.

Eine Analyse von Grundwasserstandsganglinien für den Hauptgrundwasserleiter und aktueller Stichtagsauswertungen führte zum Ergebnis, dass der Oktober 2013 auch unter den derzeitigen Bewirtschaftungsverhältnissen als repräsentativ für mittlere Verhältnisse angesehen werden kann.

Die aktuellen Grundwasserverhältnisse im Bereich des Tagebaus Krichbaum weichen hiervon nicht ab. Abb. 7 auf S. 26 zeigt nach 2013 stabile Grundwasserstände im Bereich des Tagebaus.

In der Zone III B erfolgt die Auskiesung als Nassabbau oberhalb der hydraulischen Trennschicht.

Nassauskiesungen wirken wie eine Wasserentnahme, da das entnommene Kiesvolumen durch nachströmendes Grundwasser ersetzt wird, und sind in den Grundwassermodellrechnungen entsprechend zu berücksichtigen.

Ausgehend von einer Rohmaterialentnahme im Nassschnitt von 15.000 m³/a ergibt sich unter Berücksichtigung des im Baggergut enthaltenen Grundwassers bei einem Porenvolumen von $n = 0,20$ eine der Abbaugrube max. zuströmende Grundwassermenge von rechnerisch 12.000 m³/a.

Die stationären Grundwassermodellrechnungen werden unter den Rahmenbedingungen des Jahres 2013 durchgeführt, d.h. die Entnahmemengen der Brunnen entsprechen den Jahresentnahmen von 2013. Für die in Nähe des Tagebaus liegenden Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg werden die mit dem ZVG abgestimmten, vergleichsweise hohen Entnahmeraten (Brunnen X 150.000 m³/a und Brunnen XIII 400.000 m³/a) angesetzt. Somit ergeben sich im Hinblick auf die Aufgabenstellung unter den derzeitigen Verhältnissen maximale Einzugsgebiete der Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg.

5.2 Änderung der Grundwasserstände

Im Bereich des Kiestagebaus ist die generelle Grundwasserströmung im Hauptgrundwasserleiter in nordöstliche Richtung orientiert. Durch den Abbaubetrieb im Tagebau wird die Grundwasserströmung und damit auch die Grundwasserstände durch verschiedene Effekte verändert.

Mit einer Mineralstoffentnahme im Grundwasser kommt der „Seeeffekt“ zum Tragen. Durch den im offenen Gewässer gegenüber dem Grundwasser vernachlässigbar geringen Fließwiderstand

(horizontaler Wasserspiegel) wird das Grundwasser im Anstrombereich des Sees abgesenkt und im Abstrombereich aufgehöhht.

In Grundwassermodellrechnungen wurde sowohl für die Betriebsphase als auch für den Endzustand die Beeinflussung der Grundwasserstände durch den Tagebaubetrieb quantifiziert. Die beiden Fälle sind im Folgenden beschrieben.

5.2.1 Betriebsphase der geplanten Erweiterung

Während des Abbaubetriebs in der Südosterweiterung des Tagebaus wird das Volumen des entnommenen Sandes und Kieses durch in den Tagebau einströmendes Grundwasser ersetzt. Bei einer Rohmaterialentnahme im Nassschnitt von 15.000 m³/a beträgt unter Berücksichtigung des Porenvolumens von 0,2 die der Abbaugrube max. zuströmende Grundwassermenge rechnerisch 12.000 m³/a. Nachfolgend wird neben der vollen Ausdehnung des Sees (Endzustand) ebenfalls der 1. Abbauzustand betrachtet.

In **Anlage 7.1** sind die berechneten Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem 1. Abbauzustand (Betriebsphase bei voller Ausdehnung der Seefläche am Ende des 1. Abbauabschnittes) und dem bereits genehmigten Abbau (Endzustand) dargestellt. Die 0,25 m Absenkungslinie im Anstrombereich des Sees erreicht einen Durchmesser von 200 m. Die maximale Absenkung beträgt bis zu 0,50 m im unmittelbaren Bereich der südlichen Ecke der Erweiterung im 1. Abbauzustand.

In **Anlage 7.2** sind die berechneten Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem geplanten Gesamtabbau (Betriebsphase bei voller Ausdehnung der Seefläche) und dem bereits genehmigten Abbau (Endzustand) dargestellt. Die 0,25 m Absenkungslinie im Anstrombereich des Sees erstreckt sich im Westen fast bis zur Messstelle ZVG-He-50 32 des ZVG Dieburg. An den südlichen Ecken der Seeerweiterung erreicht der Einflussbereich eine Länge von ca. 350 m. Die maximale Absenkung beträgt bis zu 0,65 m im Nahbereich der beiden südlichen Ecken der geplanten Erweiterung.

Im Grundwasserabstrom dominieren die Leeeffekte auf die Grundwasserströmung, so dass es im Bereich der nördlichen Ecke der Erweiterung zu einer Aufhöhung der Grundwasserstände kommt, welche jedoch knapp unterhalb der Signifikanzschwelle von 0,25 m liegt. Differenzen in den Grundwasserständen von weniger als 0,25 m gelten im Rahmen der natürlichen Schwankungen verschiedener Einflussgrößen als nicht signifikant und nicht nachweisbar bzw. eindeutig zuordenbar.

5.2.2 Endzustand der geplanten Erweiterung

Nach Abbauende wird der Anteil zuströmenden Grundwassers zum Ersetzten des entnommenen Sandes und Kieses wegfallen und die Grundwasserstände werden dann gegenüber der Betriebsphase wieder ansteigen.

Die berechneten Grundwasserstandsdifferenzen zwischen dem geplanten Abbau (Endzustand) und dem bereits genehmigten Abbau (Endzustand) sind in **Anlage 7.3** dargestellt. Die

Grundwasserstandsänderung wird von dem „Seeeffekt“ dominiert. Der Einflussbereich mit Grundwasserstandsabsenkungen von mehr als 0,25 m verringert sich nur geringfügig. Im Bereich der nördlichen Ecke der geplanten Erweiterung kommt es wiederum zu einer Aufhöhung der Grundwasserstände welche jedoch weiterhin unterhalb der Signifikanzschwelle von 0,25 m liegt.

Insgesamt zeigt sich folgende Situation: Auf der Zustromseite des Sees sinken die Grundwasserstände im 1. Grundwasserleiter oben am Tagebaurand maximal um bis zu 0,50 m. Die maximale Wirkung auf die Grundwasserstände entsteht im letzten Abbaubereich, d.h. bei voller Ausdehnung des Sees während des Abbaubetriebs (Anlage 7.2). Nach Abbaubetrieb steigen die Grundwasserstände wegen der fehlenden Mineralstoffentnahme im 1. Grundwasserleiter oben um einige Zentimeter an.

Die Grundwasserflurabstände zum Hauptgrundwasserleiter betragen im Bereich des Tagebaus der Fa. Krichbaum mindestens 4 m (in weiten Bereichen Richtung Osten sind sie deutlich größer, s. Anlage 6).

Die Änderung der Grundwasserstände hat auch unter Berücksichtigung kumulativer Wirkungen auf die Grundwasserstände im Einflussbereich der Tagebauerweiterung keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt der umliegenden vegetativen Flächen.

5.3 Mittlerer Seewasserstand

Zur Ermittlung des mittleren Seewasserstandes der geplanten Erweiterung werden die Grundwasserstandsganglinien der umliegenden Messstellen sowie der Seewasserstand der bestehenden Wasserfläche herangezogen. Abb. 7 zeigt die Grundwasserstandsganglinien der im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) verfilterten Messstellen ZVG-He-50029 und ZVG-He-50030 im Osten und Süden der geplanten Erweiterung sowie der Messstelle ZVG-He-50127 nordwestlich der bestehenden Wasserfläche. Die Messstelle ZVG-He-50032 im Südwesten der Erweiterung ist im 1. Grundwasserleiter oben und unten verfiltert, wird jedoch als näherungsweise repräsentativ für die Auswertung angesehen. Im Zeitraum von 2011-2016 bewegen sich die Grundwasserstände etwa auf mittlerem Niveau. Der mittlere Grundwasserstand beträgt an den Messstellen ZVG-He-50029 und ZVG-He-50127 ca. 124,2 müNN, an der Messstelle ZVG-He-50030 ca. 125,1 müNN und an der Messstelle ZVG-He-50032 ca. 126,9 müNN. Stationäre Grundwassermodellrechnungen zeigen, dass der Seewasserstand ca. 40 cm über dem Grundwasserstand der Messstelle ZVG-He-50127 liegt. Dies führt zu einem rechnerischen mittleren Seewasserstand der bestehenden Wasserfläche von ca. 124,6 müNN. Die Interpolation der Grundwasserstände für mittlere Verhältnisse ergibt im Bereich der Kipplinie der neu entstehenden Seefläche einen mittleren Grundwasserstand bzw. einen nach Abbaubetrieb zu erwartenden mittleren Seewasserstand der geplanten Erweiterung von ca. 124,8 müNN.

Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände an diesem Standort lässt sich aus der langjährigen Grundwasserstandsganglinie in Abb. 3 ablesen und beträgt mehr als 3 m bzw. in den Jahren 2011-2016 ca. 1 m.

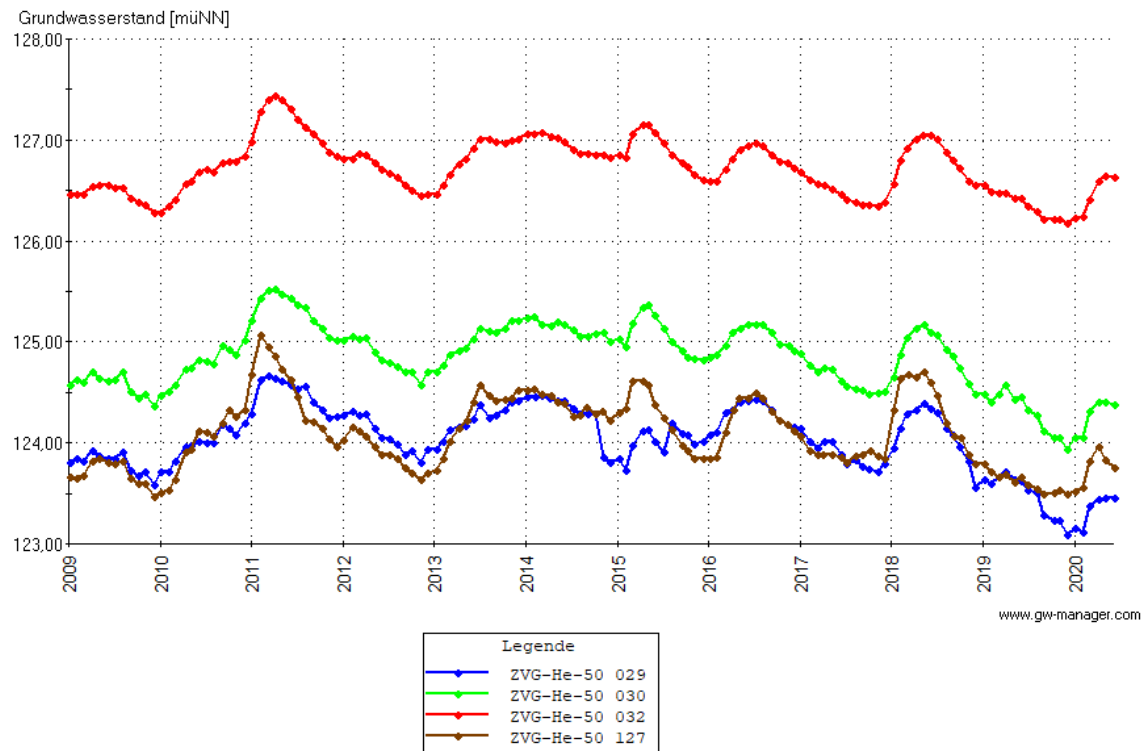


Abb. 7 Grundwasserstandsganglinien im Bereich des Tagebaus und der geplanten Erweiterung

6 Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung

Die geplante Südosterweiterung des Tagebaus der Fa. Krichbaum befindet sich südlich der Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg. Die Veränderungen in deren Brunneneinzugsgebieten durch die geplante Süderweiterung wurden in Grundwassermodellrechnungen ermittelt. Hierbei werden wiederum hohe Entnahmeraten für die angrenzenden Brunnen (Brunnen X 150.000 m³/a und Brunnen XIII 400.000 m³/a) angesetzt, so dass die Einzugsgebiete maximal sind.

6.1 Genehmigter Abbau

Anlage 8.1 zeigt das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) für den genehmigten Abbauzustand. Der An- und Abstrombereich der Nassauskiesungsfläche des genehmigten Abbaus sind dargestellt. Der Grundwasserabstrom unterquert den Länderbach und fließt dem Tagebau Babenhausen der Heidelberger Sand- und Kies GmbH (HSK) zu.

In **Anlage 8.2** sind für den genehmigten Abbauzustand das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) sowie die Einzugsgebiete der Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg, die beide unterhalb der Trennschicht verfiltert sind, dargestellt. Das Einzugsgebiet des Brunnens X verläuft im Bereich des genehmigten Abbaus unterhalb der Trennschicht. Das Einzugsgebiet von Brunnen XIII liegt östlich des genehmigten Tagebaus. Es gibt keinen Zustrom aus dem Tagebau der Fa. Krichbaum zu den Brunnen.

6.2 Planzustand

Für den geplanten 1. Abbauzustand (Betriebsphase) ist das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) in **Anlage 9.1** dargestellt. Infolge der Erweiterung erweitert sich der Zustrombereich zum Tagebau in östliche Richtung. Auch der Abstrombereich ist im Vergleich zum genehmigten Abbau (siehe Anlage 8.1) wie zu erwarten vergrößert. Im oberen Stockwerk fließt dennoch unverändert der Grundwasserstrom aus dem Tagebau der Fa. Krichbaum vollständig dem Tagebau der HSK zu.

Anlage 9.2 zeigt das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) für die Betriebsphase des 1. Abbauzustands. Es zeigt sich keine signifikante Änderung der Einzugsgebiete.

Für den vollständig ausgedehnten Abbauzustand des Sees (Betriebsphase) ist das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) in **Anlage 10.1** dargestellt. Infolge der Flächenvergrößerung erweitert sich der Zustrombereich zum Tagebau in östliche Richtung. Im oberen Stockwerk fließt dennoch unverändert der Grundwasserstrom aus dem Tagebau der Fa. Krichbaum vollständig dem Tagebau der HSK zu.

Anlage 10.2 zeigt das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) für die Betriebsphase des vollständig ausgedehnten Abbauzustandes der Wasserfläche. Es zeigt sich wiederum keine signifikante Änderung der Einzugsgebiete.

In **Anlage 11.1** ist das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) für den geplanten Abbau (Endzustand) dargestellt. Gegenüber der Betriebsphase (Anlage 10.1.) ergeben sich nahezu keine Veränderungen, da das dem Tagebau zum Ausgleich des entnommenen Mineralstoffvolumens zuströmende Grundwasser mit einer Menge von 12.000 m³/a vergleichsweise gering ist.

Das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) für den geplanten Abbau (Endzustand) zeigt **Anlage 11.2**. Auch hier sind keine signifikanten Unterschiede in den Brunneneinzugsgebieten im Vergleich zur Betriebsphase (Anlage 10.2) zu erkennen.

Um mögliche Veränderungen in der Grundwasserströmung durch die geplante Erweiterung des nordöstlich liegenden Tagebaus der Fa. HSK zu erkennen, wurde ergänzend der Endzustand beider Erweiterungen betrachtet. In **Anlage 12.1** ist das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter oben (oberhalb der Trennschicht) für den geplanten Abbau (Endzustand beider Erweiterungen) dargestellt. Gegenüber dem in Anlage 11.1 betrachteten Zustand ohne HSK-Erweiterung ergeben sich nur geringfügige Änderungen. Die geplante Erweiterungsfläche der Fa. HSK liegt zum Teil im Abstrom des Tagebaus der Fa. Kirchbaum. Ansonsten fließt das Grundwasser aus dem Tagebau Krichbaum dem vorhandenen Baggersee von HSK zu.

In **Anlage 12.2** sind für den Abbauzustand mit beiden geplanten Erweiterungsflächen im Endzustand das Strömungsbild im 1. Grundwasserleiter unten (unterhalb der Trennschicht) sowie die Einzugsgebiete der Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg, die beide unterhalb der Trennschicht verfiltert sind, dargestellt. Das Einzugsgebiet des Brunnens X zeigt keine signifikanten Veränderungen. Das Einzugsgebiet des Brunnens XIII wird in Folge der Süderweiterung HSK im Westen deutlich größer. Das westliche Einzugsgebiet des Brunnens XIII (unterhalb der Trennschicht) liegt nunmehr unter der Südosterweiterung des Tagebaus der Fa. Krichbaum. Unverändert bleibt das Einzugsgebiet des Brunnens X durch die Süderweiterung von HSK. Der Zustrom zu Brunnen X verläuft (unterhalb der Trennschicht) unter dem vorhandenen Tagebau der Fa. Krichbaum. Durch die Begrenzung des Abbaus bis auf die Trennschicht ist gegeben, dass der Grundwasserabstrom aus dem Tagebau der Fa. Krichbaum nicht den Brunnen X und XIII des ZVG Dieburg zu fließt.

7 See- und Grundwasserqualität

7.1 Allgemeine Beschreibung und morphometrische Kenndaten

Für die derzeit in Abbau befindlichen Flächen des genehmigten Abbaubereiches liegen die Flächen sowie die genehmigte Abbautiefe von 119,65 m üNN vor. Eine exakte Seevermessung ist nicht vorhanden. Anlage 1 zeigt die Nassauskiesungsfläche des bestehenden Abbaus im Ist-Zustand (Stand November 2020). Dies entspricht bei einem mittleren Seewasserstand von 124,6 m üNN und einer Auskiesung auf 119,65 m einer maximalen Tiefe von 4,95 m. Das abgeschätzte Wasservolumen in den vorhandenen Baggerseen beträgt ca. 425.000 m³, davon ca. 300.000 m³ im größten östlichen See.

Nachfolgend wird nur der größte der bestehenden Baggerseen betrachtet, da die westlich liegenden Seen nicht durch das Vorhaben beeinflusst werden.

Der Zustrom zum Baggersee erfolgt aus südlicher Richtung (s. Anlage 8.1). Das Einzugsgebiet umfasst derzeit zu großen Teilen landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie im Süden einen Teil des zwischen Harpertshausen und Langstadt gelegenen Waldgebietes. Mit der Südosterweiterung wird sich das Einzugsgebiet nach Osten hin vergrößern.

Der Grundwasserzustrom zum bestehenden Baggersee von HSK erfolgt im 1. Grundwasserleiter oben, d.h. oberhalb der Trennschicht. Die mittlere Verweilzeit des Wassers im See ergibt sich bei einem Wasservolumen von ca. 0,3 Mio. m³ somit zu 1,4 Jahren.

Tab. 3 fasst die morphometrischen Kenndaten des bestehenden Tagebausees (Ost-See) im Ist-Zustand zusammen.

Die nach der empirischen Formel von Ventz berechnete theoretische Durchmischungstiefe beträgt 4,00 m. Der Tiefengradient, der das Verhältnis von maximaler Tiefe zu theoretischer Durchmischungstiefe angibt, ist ein Maß für die thermische Schichtungsstabilität. Seen mit einem Tiefengradienten > 1,5 sind in der Regel im Sommer geschichtet (DWA 2006). Bei einem berechneten Tiefengradienten von 1,2 und der ständigen Durchmischung des Seewassers während der Betriebsphase kann davon ausgegangen werden, dass sich keine Schichtung einstellt.

Tab. 3 Morphometrische Kenndaten des bestehenden Baggersees (Ost-See) im genehmigten Zustand

Maximale Länge [m]	182
Maximale Breite [m]	332
Seefläche [m²]	60.385
Mittlere Wassertiefe [m]	4,95
Seevolumen [m³]	273.472
Mittlerer Abfluss [m³/a]	195.000
Mittlere Verweilzeit des Wassers [a]	1,40
Theoretische Durchmischungstiefe [m]	4,00
Tiefengradient (max. Wassertiefe/theoret. Durchmischungstiefe)	1,20

Für die geplante Südosterweiterung ist vorgesehen, dass die Auskiesung weiterhin nur oberhalb der Trennschicht erfolgt. Bei einem zu erwartendem mittleren Seewasserstand von 124,80 müNN ergibt sich die maximale Wassertiefe zu 5,30 m. Bei einer geplanten Böschungsneigung von 1 : 3 ergibt sich das entstehende Wasservolumen für einen mittleren Wasserstand von 124,80 müNN zu ca. 340.000 m³. Die morphometrischen Kenndaten der geplanten Erweiterung sind in Tab. 4 zusammengefasst. Aufgrund der geringen Tiefe bleibt offen, ob sich eine stabile Schichtung im See einstellt.

Tab. 4 Morphometrische Kenndaten der geplanten Süderweiterung

Maximale Länge [m]	272
Maximale Breite [m]	464
Seefläche [m²]	77.794
Mittlere Wassertiefe [m]	5,30
Seevolumen [m³]	340.000
Mittlerer Abfluss [m³/a]	278.000
Mittlere Verweilzeit des Wassers [a]	1,20
Theoretische Durchmischungstiefe [m]	4,40
Tiefengradient (max. Wassertiefe/theoret. Durchmischungstiefe)	1,20

7.2 See- und Grundwasserbeschaffenheit

Der Gewinnungssee ist anthropogen entstanden. Er stellt einen Grundwasseraufschluss dar und steht somit in Wechselwirkung mit dem Grundwasser. Der Seewasserstand ist stark witterungsgeprägt und korreliert eng mit dem Grundwasserstand der im Nahbereich des Baggersees befindlichen Grundwassermessstellen. Zur Bewertung der Seewasserqualität wurde eine Beprobung am 07.10.2020 im östlichen See der bestehenden Anlage in einer Tiefe von 2,00 m und 3,80 m durchgeführt. Grundwasserproben liegen aus den Jahren 2018, 2019 und 2020 jeweils im Zustrom des Sees an der GWM 1 „Weg nach Hergertshausen“ sowie im Abstrom des Sees an der GWM 2 „an der Holzhütte“ vor. Die GWM 1 ist im 1. Grundwasserleiter oben verfiltert und insgesamt 12 m tief. Für die GWM 2 liegen keine weiteren Informationen vor.

Die Nitratkonzentrationen im Zustrom zum bestehenden Baggersee betragen an der GWM 1 in den Jahren 2018-2019 47,7 mg/l und 57,3 mg/l. In der neuesten vorliegenden Probe vom 05.06.2020 liegt die Nitratkonzentration bei 50,9 mg/l und damit knapp über dem Schwellenwert für Nitrat von 50 mg/l der GrwV. Ammonium liegt bei zwei der drei Messungen im Zustrom des Sees unterhalb der Bestimmungsgrenze. Im Jahr 2019 wurde Ammonium mit einem Wert von 0,063 mg/l nachgewiesen. Der Schwellenwert der GrwV wird mit 0,5 mg/l somit nicht überschritten.

Im Abstrom des bestehenden Sees kann keine Nitratkonzentration nachgewiesen werden. Der Gesamtphosphatgehalt liegt am 10.06.2019 bei 1,1 mg/l und im Jahr 2020 bei 0,972 mg/l. Auffällig sind jedoch die Messwerte für Ammonium im Abstrom des Sees. Hier wurden Werte von 6,40 mg/l, 5,33 mg/l und 5,88 mg/l dokumentiert. Ammonium ist ein Indikator für Nitratabbau. Ebenso auffällig ist der erhöhte Arsenwert im Abstrom des Sees. Die Messwerte liegen hier zwischen 0,074 mg/l und 0,103 mg/l und somit bei allen Messungen über dem Schwellenwert der GrwV von 0,01 mg/l. Da keine weiteren Informationen über den Ausbau der Messstelle vorliegen, wurden Informationen zu umliegenden Messstellen des ZVG Dieburg eingeholt. Hier konnten keine Auffälligkeiten für Ammonium und Arsen nachgewiesen werden.

Bei den Seewasserproben in 2 m und 3,80 m Tiefe liegt der Nitratgehalt im bestehenden Ost-See am 07.10.2020 bei 1,7 mg/l. Gesamtphosphat lag in der Messung bei 0,156 mg/l (2 m) und 0,063 mg/l (3,80 m). In einer Tiefe von 3,80 m konnte Ammonium mit einem Wert von 0,064 mg/l nachgewiesen werden. Der Sulfatgehalt im Baggersee liegt bei den Proben am 07.10.2020 bei rund 45 mg/l.

Im Grundwasserzustrom zum bestehenden See liegen die Sauerstoffgehalte in den Jahren 2018-2020 zwischen 3,3 mg/l und 4,5 mg/l und liegen damit durchweg über der Grenze für sauerstoffarme Verhältnisse (< 2 mg/l). Bei den Seewasserproben wurde am 07.10.2020 bei einer Wassertemperatur von 14,5 °C ein Sauerstoffgehalt von 9,5 mg/l gemessen. Dies entspricht einer Sauerstoffsättigung von über 95 %.

Das Eutrophierungspotential des bestehenden Baggersees ist mit einer Nährstoffkonzentration gemessen als Gesamtphosphor zwischen 63 und 156 µg/l (Herbst 2020) nicht eindeutig bestimmbar (LfU 2004). Messungen im Frühjahr liegen nicht vor. Zu den weiteren Kriterien für die Zustandsbewertung bzgl. der Trophie wie z.B. Chlorophyll a und die Sichttiefe liegen keine Angaben vor. Da sich der Baggersee noch in der Auskiesung befindet, kann es ohnehin durch abbaubedingte Trübungen zu veränderten lichtklimatischen Verhältnissen kommen, die sich auf die Produktivität der Algenbiomasse und auf die Sichttiefe auswirken. Der Auskiesungsbetrieb führt zumindest zu Teilzirkulationen im Wasserkörper und damit zu einer instabilen Schichtung.

7.3 Auswirkungen der geplanten Südosterweiterung auf die Seewasserqualität des bestehenden Baggersees

Für die Seewasserqualität bzw. die sich einstellende Trophiestufe, ist letztlich die Sauerstoffversorgung und der Eintrag von Nährstoffen, v. a. von dem das Pflanzenwachstum limitierenden Phosphor, entscheidend. Diese beiden Faktoren sind wiederum mit dem Wasseraustausch zwischen See und Grundwasserleiter, dem Einzugsgebiet und der Seegeometrie verknüpft.

Der bestehende Baggersee liegt sowohl im genehmigten als auch im geplanten Zustand mit Südosterweiterung quer zur Grundwasserströmungsrichtung. Der Zustrom zum bestehenden See von ca. 195.000 m³/a im Ist-Zustand verringert sich nach Abbauende der Südosterweiterung geringfügig auf ca. 187.000 m³/a. Der Anteil an Grundwasser, der nach Abbauende aus der geplanten Süderweiterung kommt, beträgt ca. 50 %.

Aufgrund der Bündelungswirkung der geplanten Südosterweiterung auf das Grundwasser im 1. Grundwasserleiter oben verbreitert sich das Einzugsgebiet des bestehenden Sees (siehe Anlage 11.1) gegenüber dem Zustand ohne Südosterweiterung (siehe Anlage 8.1).

Das Einzugsgebiet vergrößert sich nach Osten hin. Dadurch werden landwirtschaftlich genutzte Flächen und Waldflächen erfasst. Weiterhin wird die derzeit landwirtschaftlich genutzte Fläche im Bereich der geplanten Erweiterung in eine offene Wasserfläche umgewandelt, was infolge des fehlenden Nitrat- und Phosphateintrags einen positiven Effekt auf den Nährstoffeintrag ins Grundwasser bzw. in den bestehenden See hat. Insgesamt ist infolge des geringeren Zustroms nicht mit einem größeren Nährstoffeintrag auf dem Grundwasserpfad zu rechnen.

Die Seegeometrie des bestehenden Sees wird durch die geplante Süderweiterung nicht beeinflusst. Die Seegeometrie beeinflusst die Wasserqualität und den Stoffkreislauf im See dahingehend, ob sie eine ständige Durchmischung des Wasserkörpers ermöglicht oder ob sich im Sommer und ggf. im Winter eine stabile thermische Schichtung einstellt, die den vertikalen Nährstoffaustausch unterbindet. Da zwischen dem genehmigten See und der geplanten Südosterweiterung ein Trenndamm bestehen bleibt, hat die Erweiterung des Kiestagebaus keinen Einfluss auf den Aufbau einer thermischen Schichtung im bestehenden See.

Darüber hinaus zeigen Untersuchungen zu den Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser, dass bei sauerstoffhaltigem Grundwasser ein Rückgang der Nitratkonzentrationen im See und bei reduzierendem Grundwassermilieu ein Rückgang der Konzentrationen an Eisen und Mangan im See beobachtet werden kann. Unter bestimmten Randbedingungen kann ein Baggersee somit als effektive Stoffsenke wirken und zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität beitragen (LGRB 2001).

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass die geplante Südosterweiterung nicht zu einer Verschlechterung der Wasserqualität im bestehenden Baggersee führt und die derzeitige Wasserqualität erhalten bleibt. Entscheidender für die Wasserqualität im bestehenden See sind vielmehr die möglichen Auswirkungen infolge der Einstellung des Auskiesungsbetriebes und der Folgenutzung des bestehenden Baggersees selbst.

7.4 Auswirkungen des Tagebaus auf die Wasserqualität des Länderbachs

Der Länderbach verläuft am westlichen Rand der geplanten Süderweiterung und mündet weiter im Norden in den Ohlebach (siehe Anlage 1). Die mittleren Flurabstände am westlichen Rand der Süderweiterung betragen zwischen 5 und 7,5 m. Die Sohle des Länderbachs liegt etwa 1,5 m unter GOK. Der Länderbach führt auf seinem Abschnitt im Vorhabensgebiet in der längsten Zeit eines Jahres kein Wasser. Bei einer Ortsbegehung im September 2020 war der Länderbach auf dem gesamten Abschnitt bereits seit längerem trockengefallen. Da die Sohle des Länderbachs auf dem gesamten Abschnitt deutlich oberhalb der Grundwasseroberfläche liegt, so dass der Länderbach potentiell ins Grundwasser infiltriert, haben die veränderten Grundwasserstände keinen Einfluss auf die Wasserführung des Länderbachs.

Da der Länderbach nur temporär wasserführend ist und zudem potentiell ins Grundwasser infiltriert, bestehen durch die geplante Südosterweiterung keine Auswirkungen auf die Wasserqualität des Länderbachs.

8 Grundwassermonitoring

Nachweise hinsichtlich einer Beeinflussung der Grundwasserqualität im bewirtschafteten Hauptgrundwasserleiter durch das Vorhaben können langfristig nur mit Hilfe eines gezielten Überwachungsprogrammes gewonnen werden.

Zur Überwachung des Grundwasserzustroms zum Tagebau werden im Rahmen des bestehenden Monitorings die im 1. Grundwasserleiter oben verfilterte Grundwassermessstelle GWM 1 „Kieswerk Hergershausen“ sowie die im Abstrom liegende GWM 2 „an der Holzhütte“ beprobt.

Mit Beginn der Abbautätigkeit in der Südosterweiterung soll der Zustrom des Sees durch eine neue, im 1. Grundwasserleiter oben ausgebaute Grundwassermessstelle (GWM 3) überwacht werden. Die Überwachung des Grundwasserabstroms der Südosterweiterung erfolgt durch die neu zu errichtende Grundwassermessstelle GWM 4. Mit dem Ende der Abbautätigkeit im genehmigten Tagebau entfällt die Überwachung an der Grundwassermessstelle GWM 2. Ein Standortvorschlag für die beiden neuen Grundwassermessstellen GWM 3 und GWM 4 ist in **Anlage 13** dargestellt.

Die Seewasserqualität ist in der geplanten Südosterweiterung zu überwachen.

Die Probenahmen an den beiden neuen Grundwassermessstellen sowie im Seewasser sollen jährlich im Herbst durchgeführt werden. Der Analyseumfang des bestehenden Monitorings wird um einige Parameter erweitert, die zur hydrogeologischen Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit erforderlich sind. Der Parameterkatalog ist in **Anlage 14** aufgeführt.

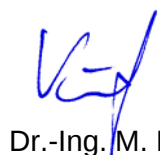
Die Grundwasserstände der neu errichteten Grundwassermessstellen GWM 3 und GWM 4 sind monatlich zu messen.

Die neuen Messstellen müssen für die Nullmessungen rechtzeitig vor Beginn des Abbaus der Südosterweiterung errichtet werden.

Die Bohrung für die beiden neuen Messstellen GWM 3 und GWM 4 am Tagebaurand werden bis an die Unterkante der Trennschicht geführt (s. Anlage 3). Hierdurch wird die Mächtigkeit der Trennschicht unter der Lagerstätte dokumentiert. Im Umfeld des Tagebaus liegt bereits eine vergleichsweise hohe Aufschlussdichte vor, die die Durchgängigkeit der Trennschicht belegt.

Brandt Gerdes Sitzmann
Umweltplanung GmbH

Darmstadt, den 25.04.2023



Dr.-Ing. M. Kämpf



Svenja Rother, M-Sc.

9 Literatur

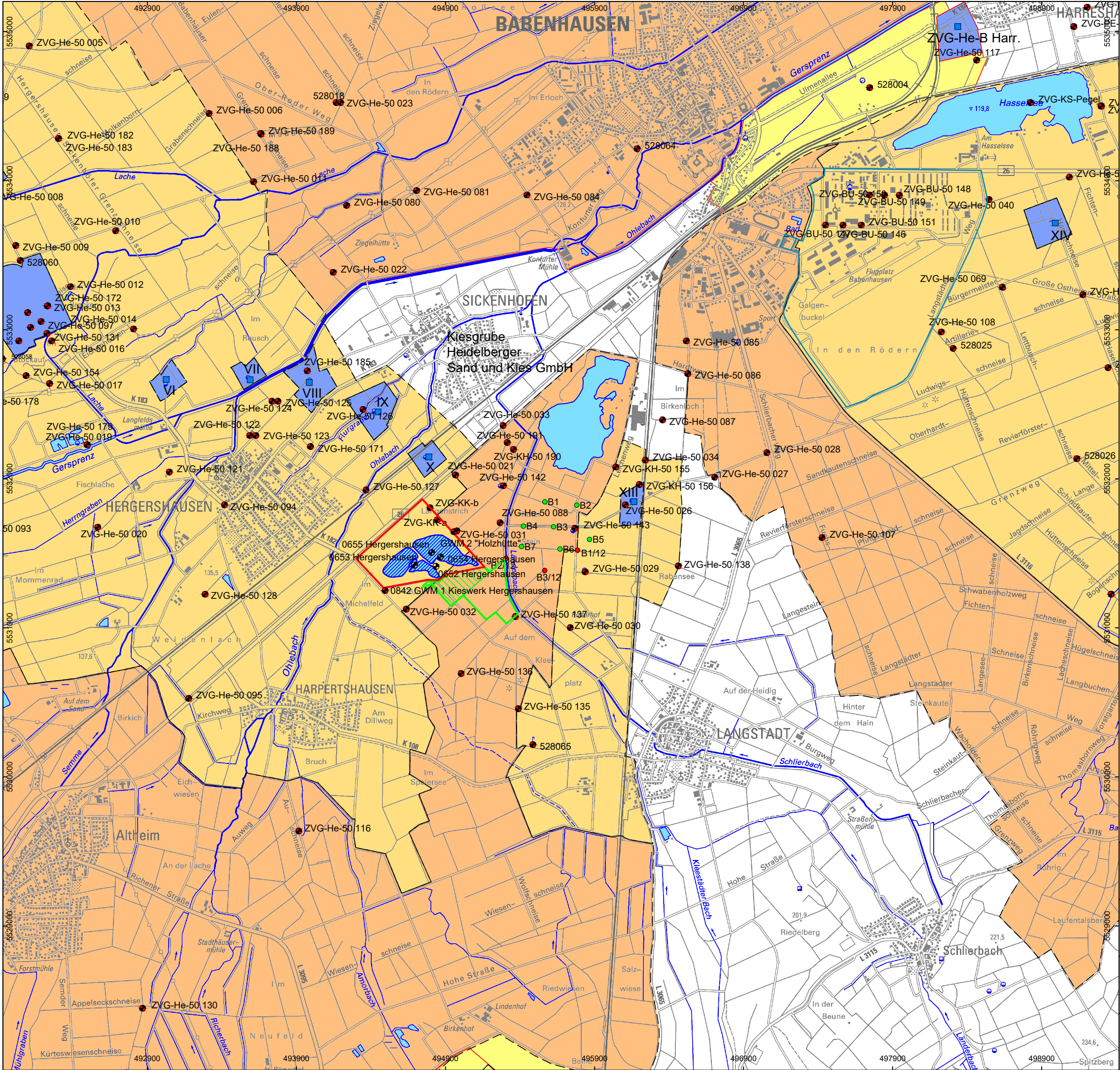
DWA (2002): Merkblatt ATV-DVWK-M 504 Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden, September 2002.

DVWK (1996): Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Ermittlung der Verdunstung von Land-und Wasserflächen, Merkblatt 238/1996, Bonn.

LfU (2004): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft, Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaues von Kies und Sand, Karlsruhe, 2004

LGRB (2001): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser, Ergebnisse isotopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen (KaBa)“, Freiburg 2001

Vietinghoff, H. (2000): Die Verdunstung freier Wasserflächen. Ufo Naturwissenschaft Band 201.



Legende:

- ZVG-PE-B3 Messstellen
- Bohrung
- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Erkundungsbohrungen 2018
- Erkundungsbohrungen 2012
- Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020

Grenzen Kiesabbau:

- Genehmigtes Abbauggebiet
- Erweiterung Südost
- Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)

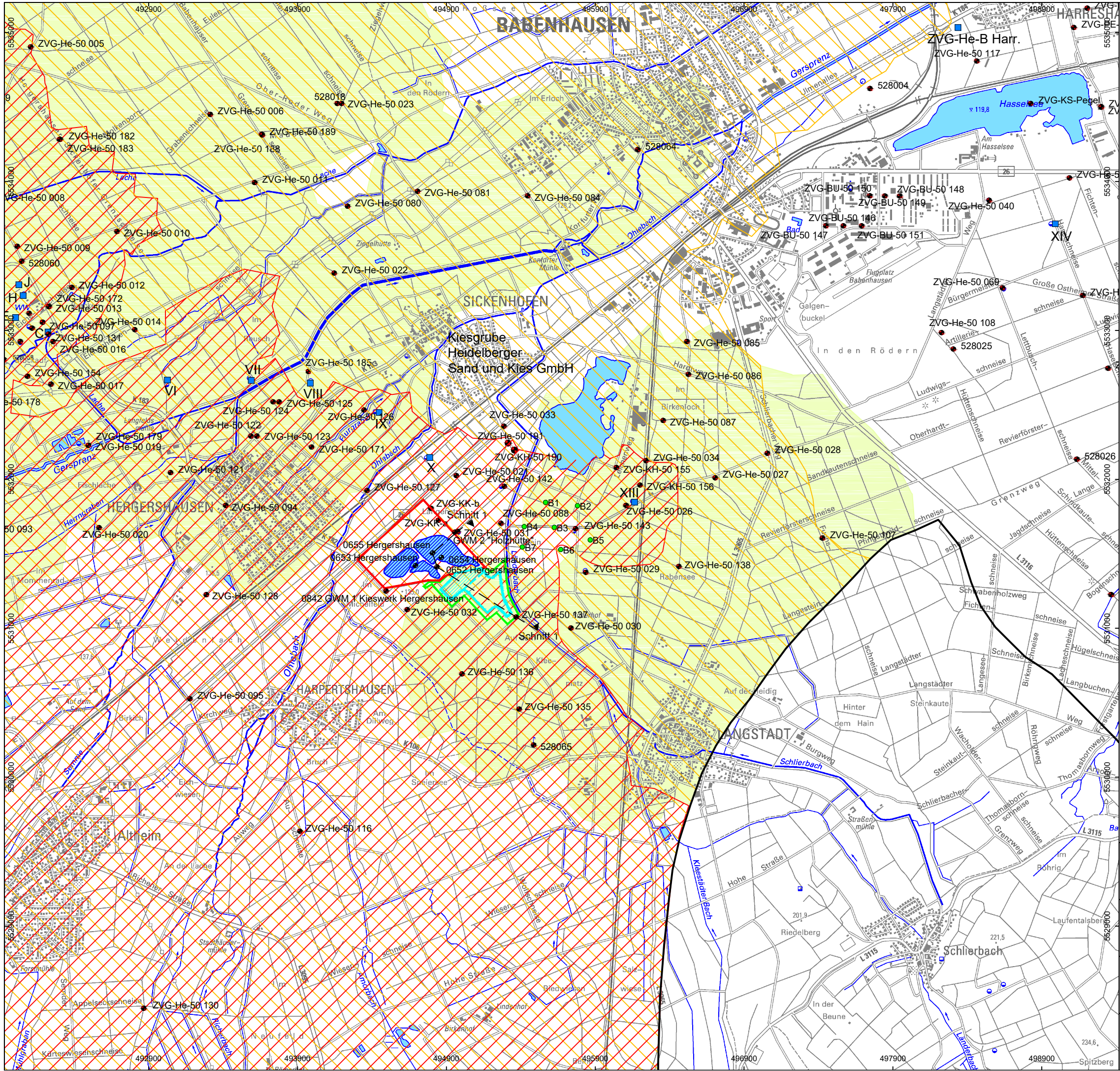
Festgesetzte Wasserschutzgebiete:

- Zone II
- Zone III
- Zone IIIA
- Zone IIIB

Wasserschutzgebiete im Festsetzungsverfahren:

- Zone II
- Zone IIIA
- Zone IIIB

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 1	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:25.000	
Planbezeichnung: Lageplan		Datei: 5961-001.dwg	
Auftraggeber:		Gez.: See.	
BGS UMWELT Darmstadt, den		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	

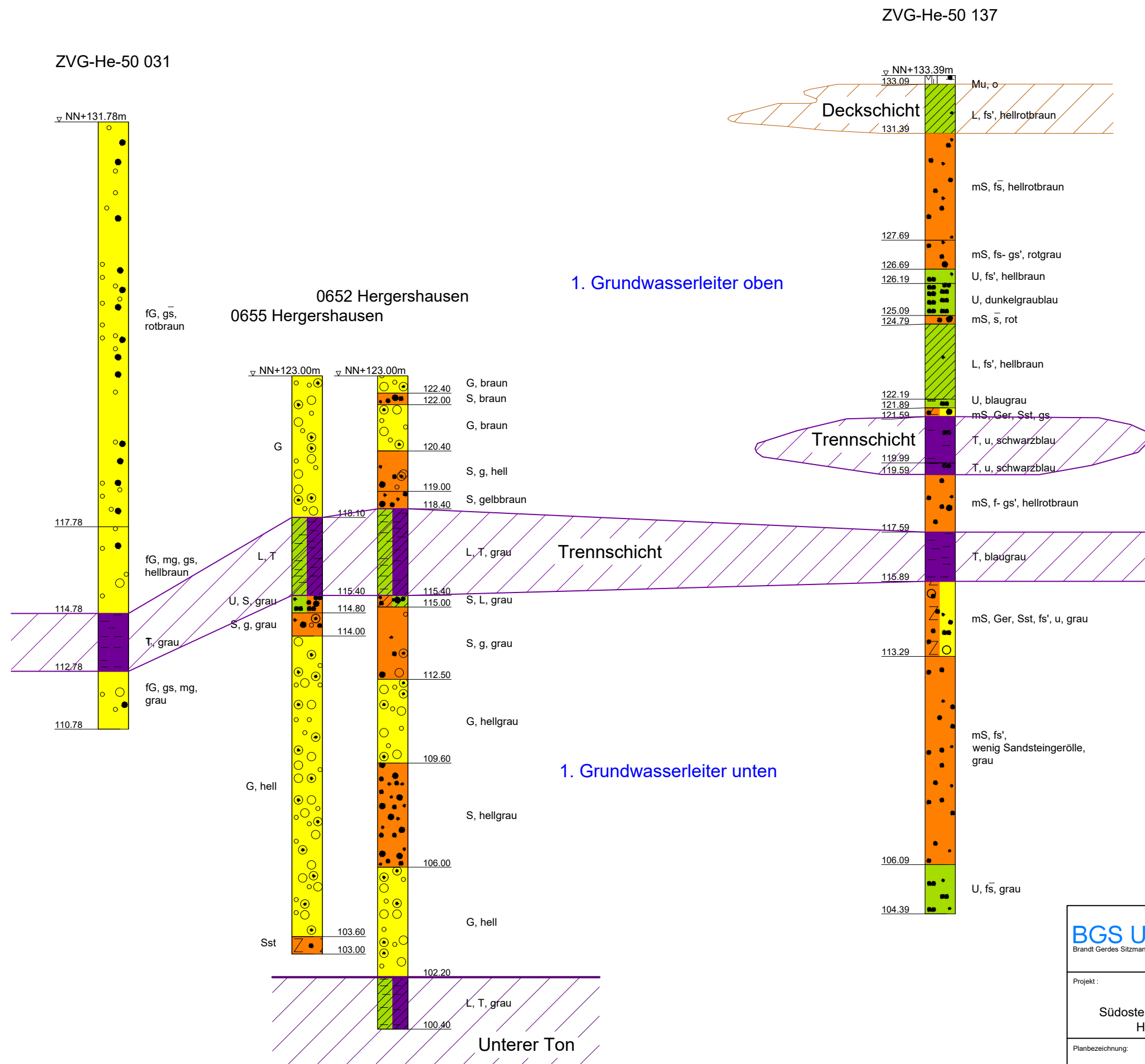
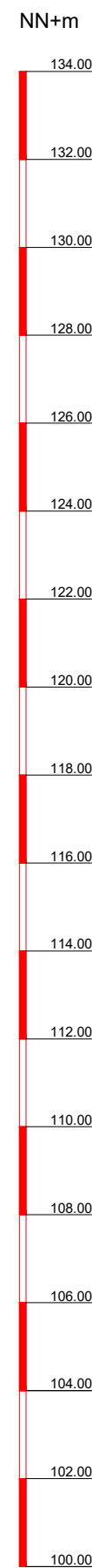


- Legende:**
- B111 Messstellen
 - Bohrung
 - Brunnen ZVG (Dieburg)
 - Erkundungsbohrungen 2018

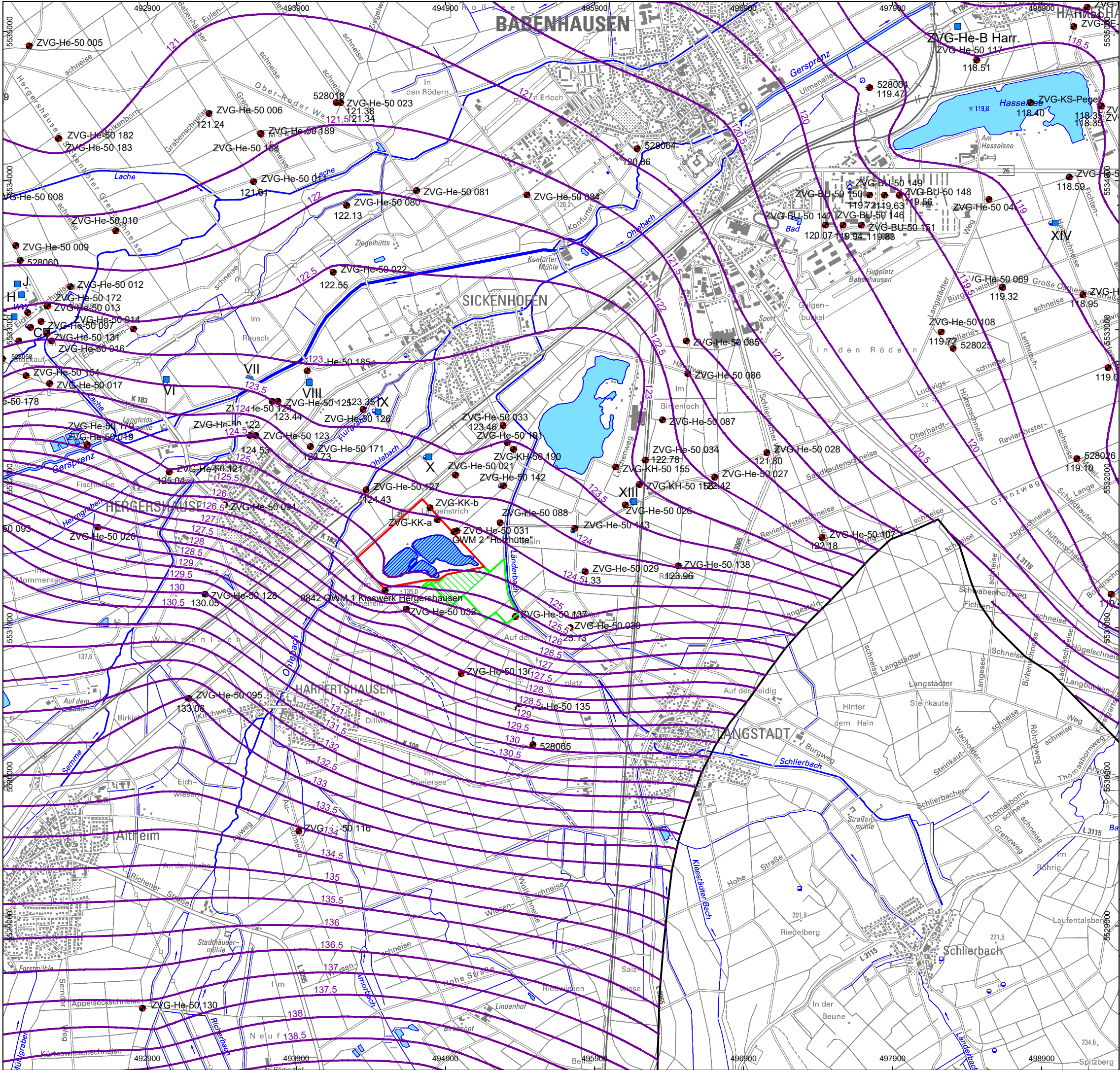
- Deckschicht
- Trennschicht
- Unterer Ton
- Modellgebiet
- Schnittspur

- Grenzen Kiesabbau:**
- Genehmigtes Abbauggebiet
 - Erweiterung Südost
 - Erweiterung Südost angestrebte Nassauskiesungsfläche
 - Erweiterung Südost (1. Abbauszustand) angestrebte Nassauskiesungsfläche
 - Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 2	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:25.000	
Planbezeichnung: Verbreitung der Trennschichten		Datei: 5961-002.dwg	
Auftraggeber:		Gez.: See.	
BGS UMWELT Darmstadt, den		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



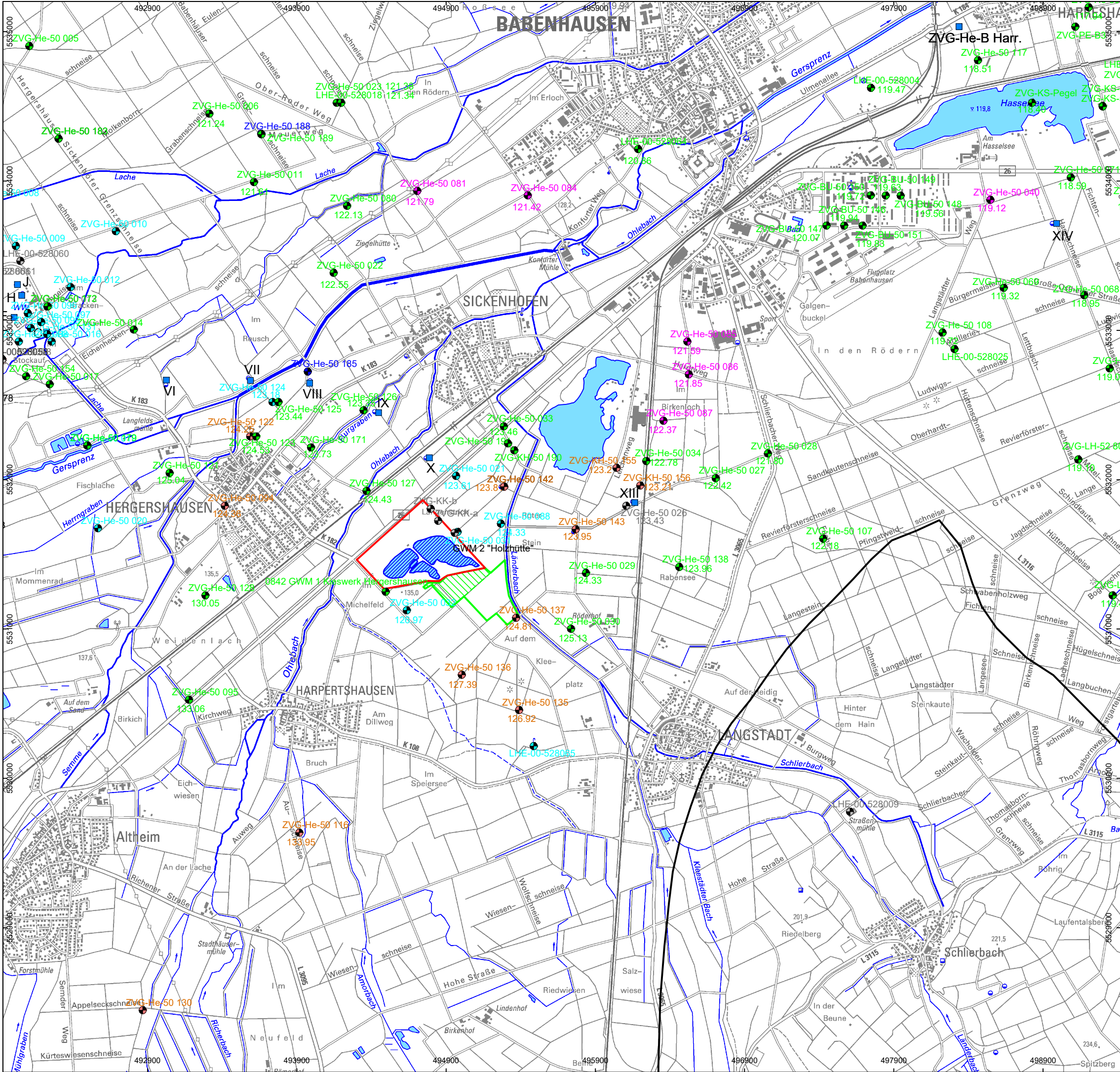
BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 3
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten				Maßstab: d.H. 1:150 d.L. 1:5.000
Planbezeichnung: Geologischer Schnitt				Datei: 5961-003.dwg Layout: Anlage-03 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den		Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

- ZVG-PE-B3 Messstellen
- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020
- Grundwassergleichen
- Modellrand
- Grenzen Kiesabbau:**
 - Genehmigtes Abbaugebiet
 - Erweiterung Süd
 - Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)
- 119.32 Messwerte Oktober 2013 (1. Grundwasserleiter bzw. 1. Grundwasserleiter oben)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 4	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:25.000	
Planbezeichnung: Grundwassergleichen (Oktober 2013)		Datei: 5961-004.dwg	
		Layout: Anlage-04	
		Bearb.: Rot.	
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den	
		Gez.: See.	
		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



Legende:

- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020
- Modellrand

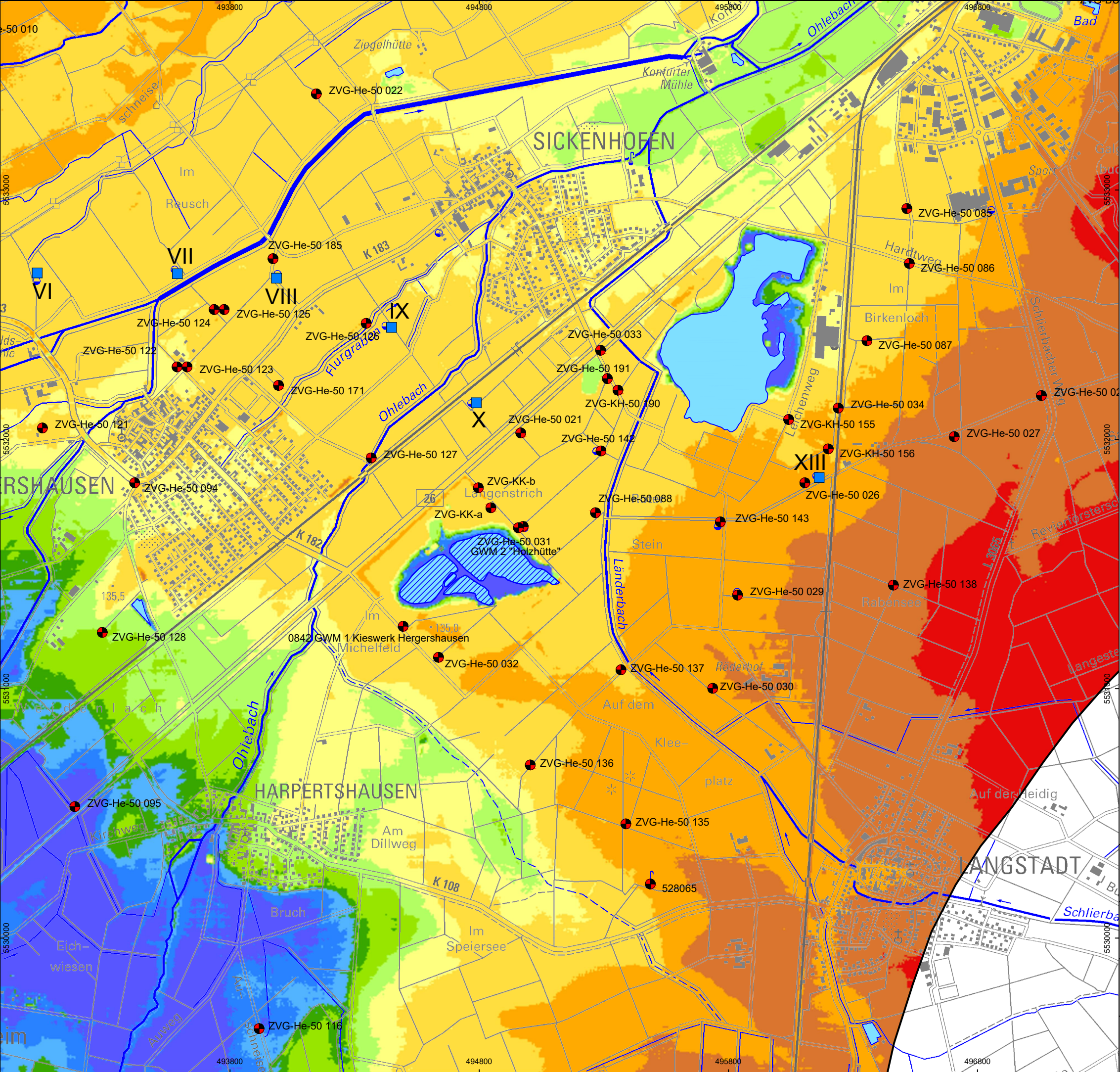
Grenzen Kiesabbau:

- Genehmigtes Abbaugebiet
- Erweiterung Südost
- Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)

Grundwassermessstellen mit Messwert Oktober 2013:

- schwebender und 1. Grundwasserleiter
- 1. Grundwasserleiter bzw. 1. Grundwasserleiter oben
- 1. Grundwasserleiter oben und unten
- 1. Grundwasserleiter unten
- 2. Grundwasserleiter
- in mehreren Grundwasserstockwerken verfiltert bzw. nicht zuordenbar

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 5
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:25.000
Planbezeichnung: Lage ausgewählter Grundwassermessstellen und Grundwasserstand Oktober 2013		Datei: 5961-005.dwg
		Layout: Anlage-05
		Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		Gez.: See.
BGS UMWELT Darmstadt, den		Datum: Okt. 2021
		Projekt- nummer: 5961



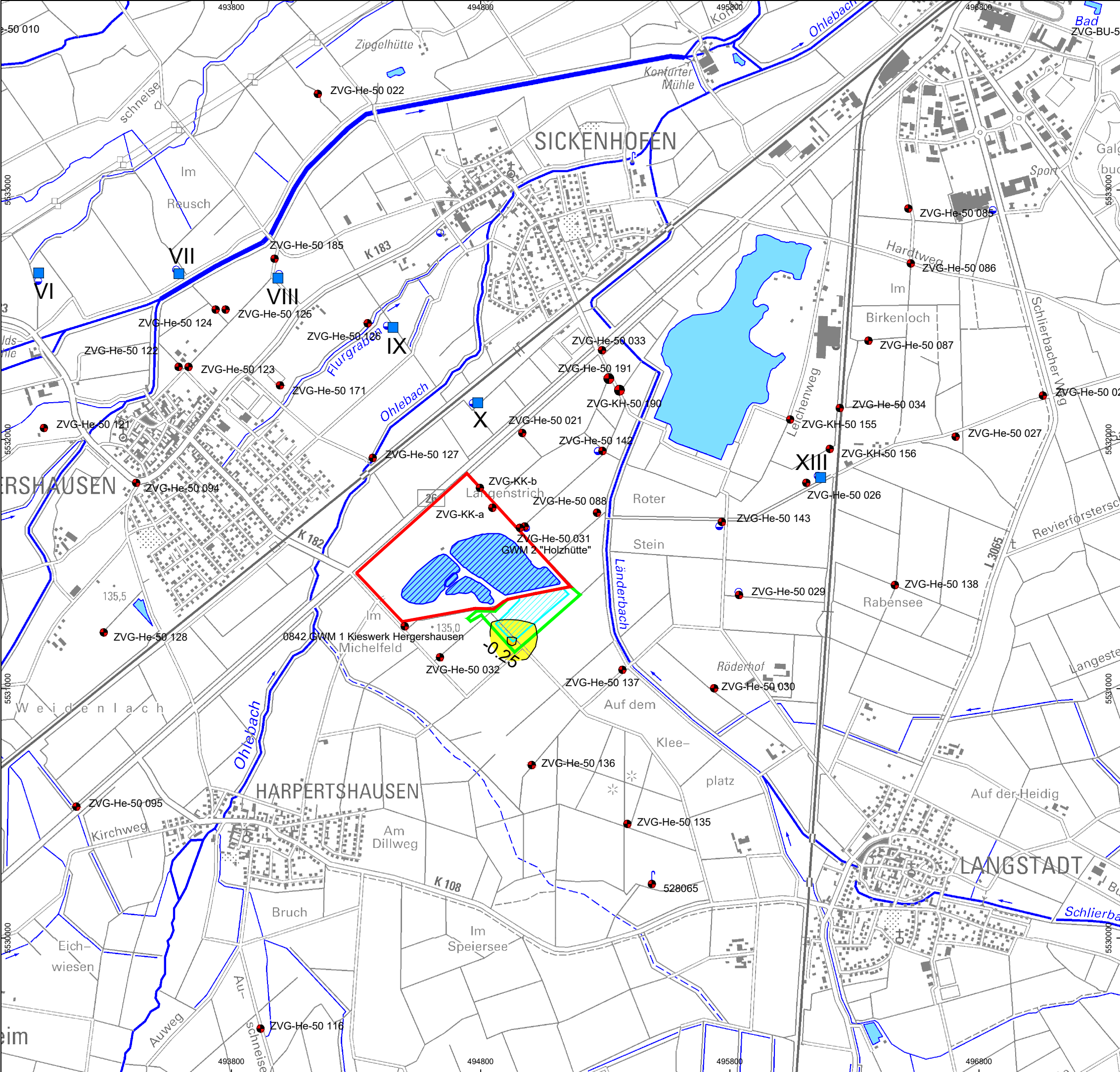
Legende:

- ZVG-PE-B3 Messstellen
- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020
- Modellrand

Grundwasserstand unter Gelände:

- <= 0,5 m
- 0,5 bis 1,0 m
- 1,0 bis 1,5 m
- 1,5 bis 2,0 m
- 2,0 bis 3,0 m
- 3,0 bis 4,0 m
- 4,0 bis 5,0 m
- 5,0 bis 7,5 m
- 7,5 bis 10,0 m
- 10,0 bis 15,0 m
- 15,0 bis 20,0 m
- > 20,0 m

BGS UMWELT Brandt Gerdas Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 6
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten				Maßstab: 1:15.000
Planbezeichnung: Grundwasserflurabstandsplan (Oktober 2013)				Datei: 5961-006.dwg
				Layout: Anlage-06
				Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den		Gez.: See.
				Datum: Okt. 2021
				Projekt- nummer: 5961



Legende:

B111

Messstellen

Brunnen ZVG (Dieburg)

Grenzen Kiesabbau:

Genehmigtes Abbaugebiet

Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)

Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)
angestrebte Nassauskiesungsfläche

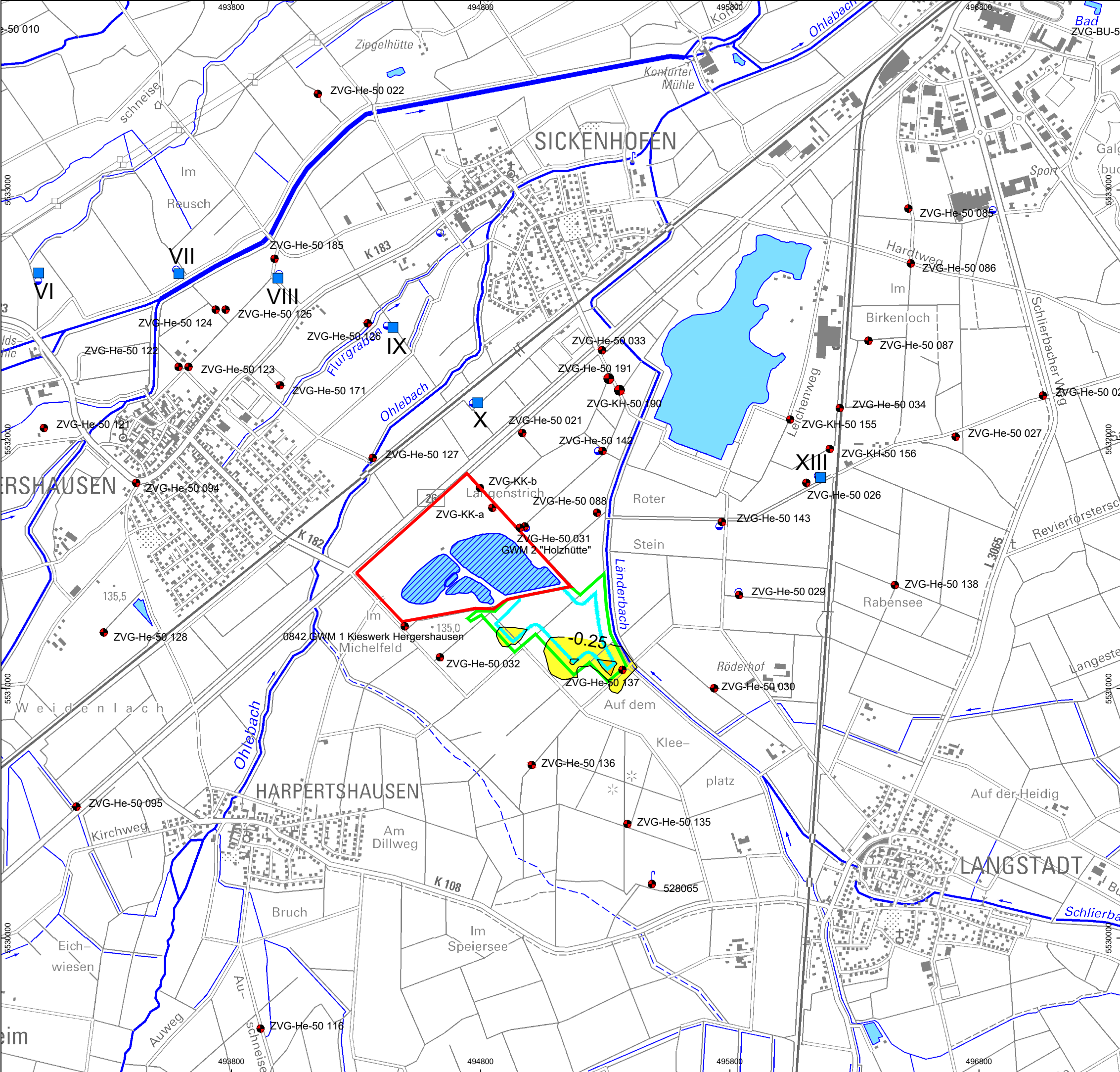
genehmigtes Abbaugebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

Absenkung [m]:

-0.25 - -0.50

-0.50 - -1.00

BGS UMWELT Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 7.1
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:15.000
PlanbezeichnungBerechnete Grundwasserstands differenzen zwischen dem 1. Abbauzustand (Betriebsphase) und dem genehmigten Abbauzustand (Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen		Datei: 5961-014.dwg Layout: Anlage-07.1 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See.
		Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

B111

Messstellen

Brunnen ZVG (Dieburg)

Grenzen Kiesabbau:

Genehmigtes Abbaugebiet

Erweiterung Südost

Erweiterung Südost
angestrebte Nassauskiesungsfläche

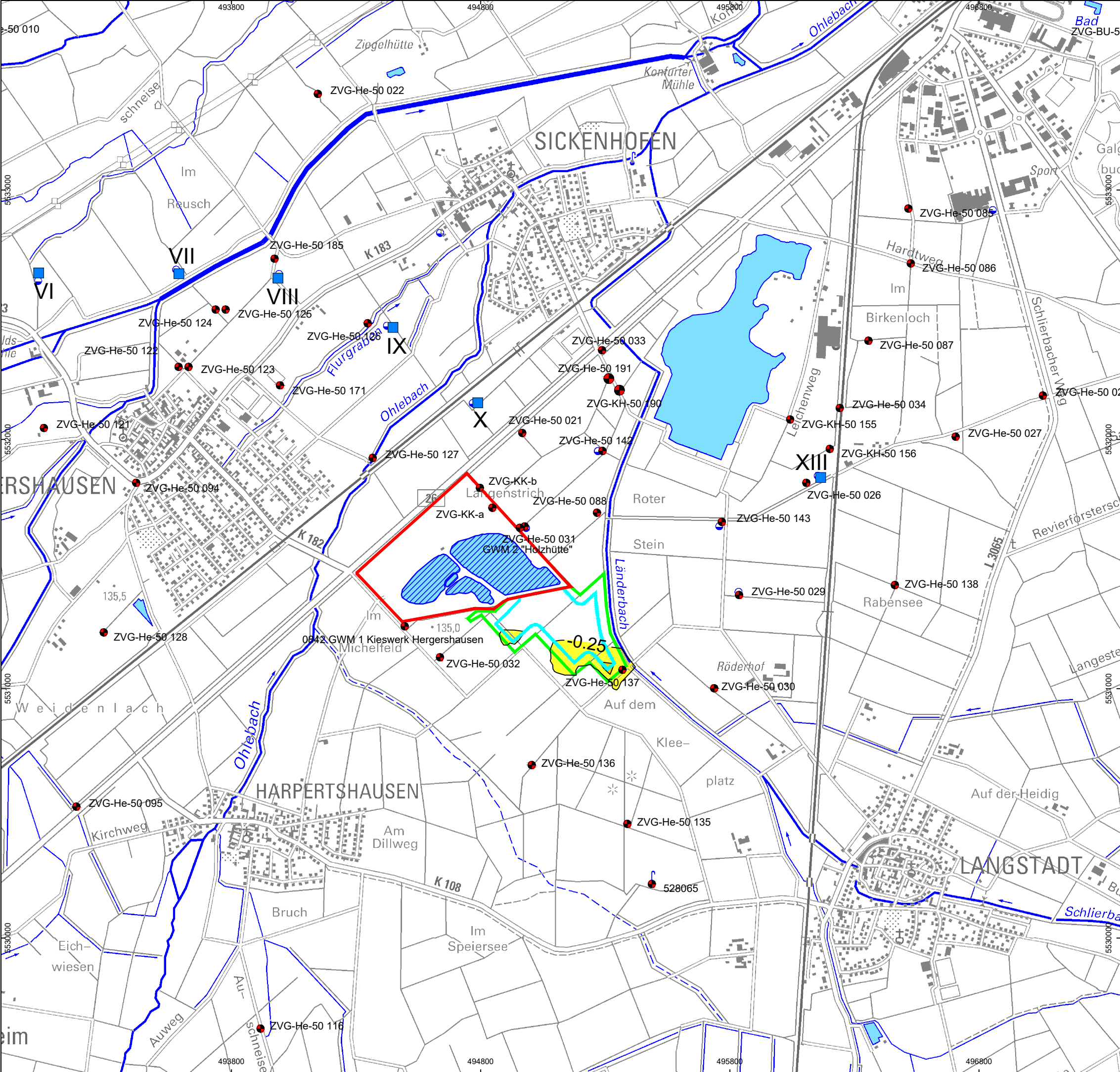
genehmigtes Abbaugebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

Absenkung [m]:

-0.25 - -0.50

-0.50 - -1.00

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 7.2
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten			Maßstab: 1:15.000
PlanbezeichnungBerechnete Grundwasserstands differenzen zwischen dem geplanten Abbau (Betriebsphase) und dem genehmigten Abbauzustand (Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen			Datei: 5961-007.dwg Layout: Anlage-07.2 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

B111

Messstellen

Brunnen ZVG (Dieburg)

Grenzen Kiesabbau:

Genehmigtes Abbauggebiet

Erweiterung Südost

Erweiterung Südost
angestrebte Nassauskiesungsfläche

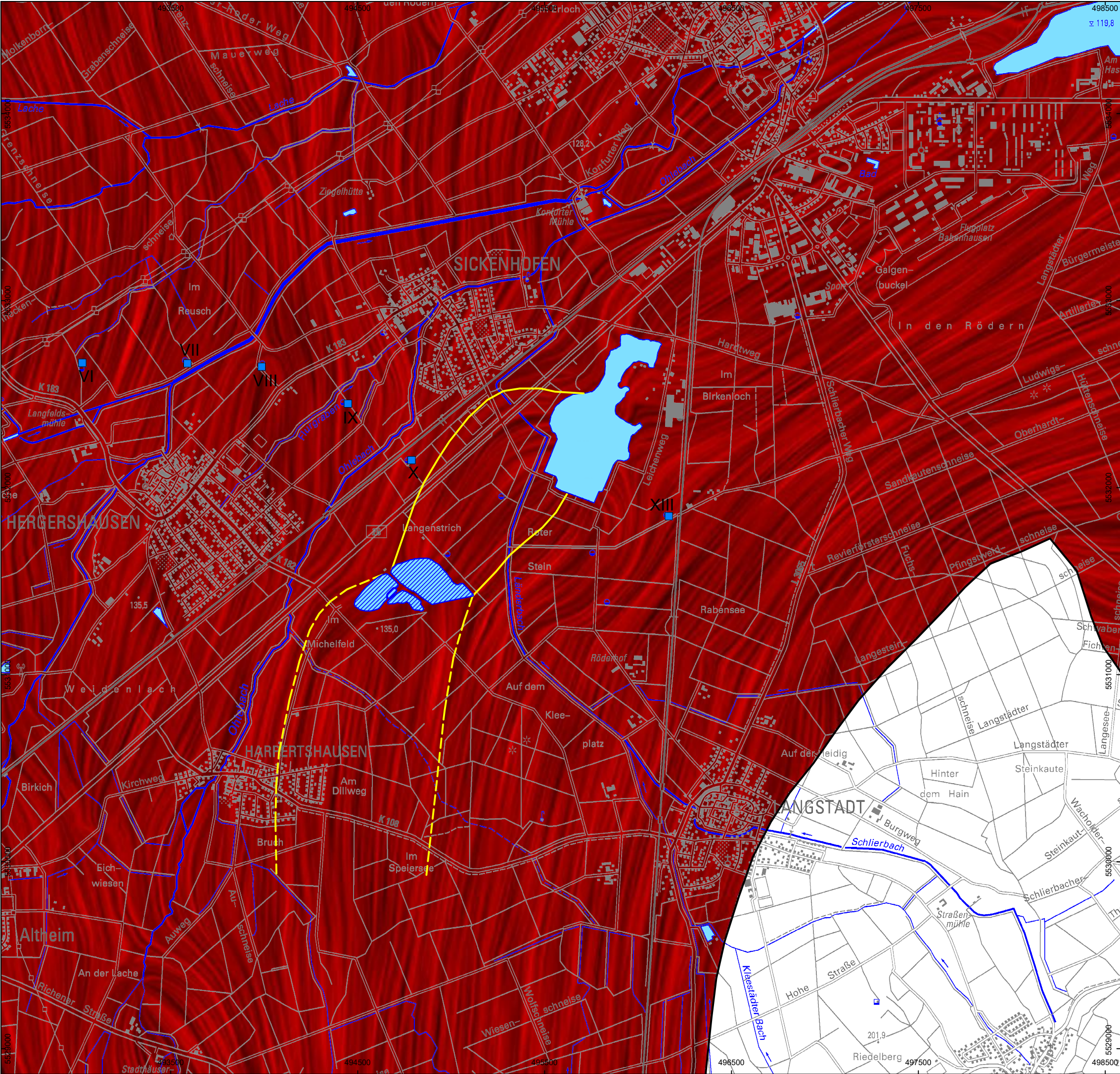
genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

Absenkung [m]:

-0.25 - -0.50

-0.50 - -1.00

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 7.3
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:15.000	
Planbezeichnung: Berechnete Grundwasserstands differenzen zwischen dem geplanten und dem genehmigten Abbauzustand (jeweils Endzustand) bei mittleren klimatischen Verhältnissen		Datei: 5961-008.dwg Layout: Anlage-07.3 Bearb.: Rot.	
Auftraggeber:		GZ: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961	
BGS UMWELT Darmstadt, den			



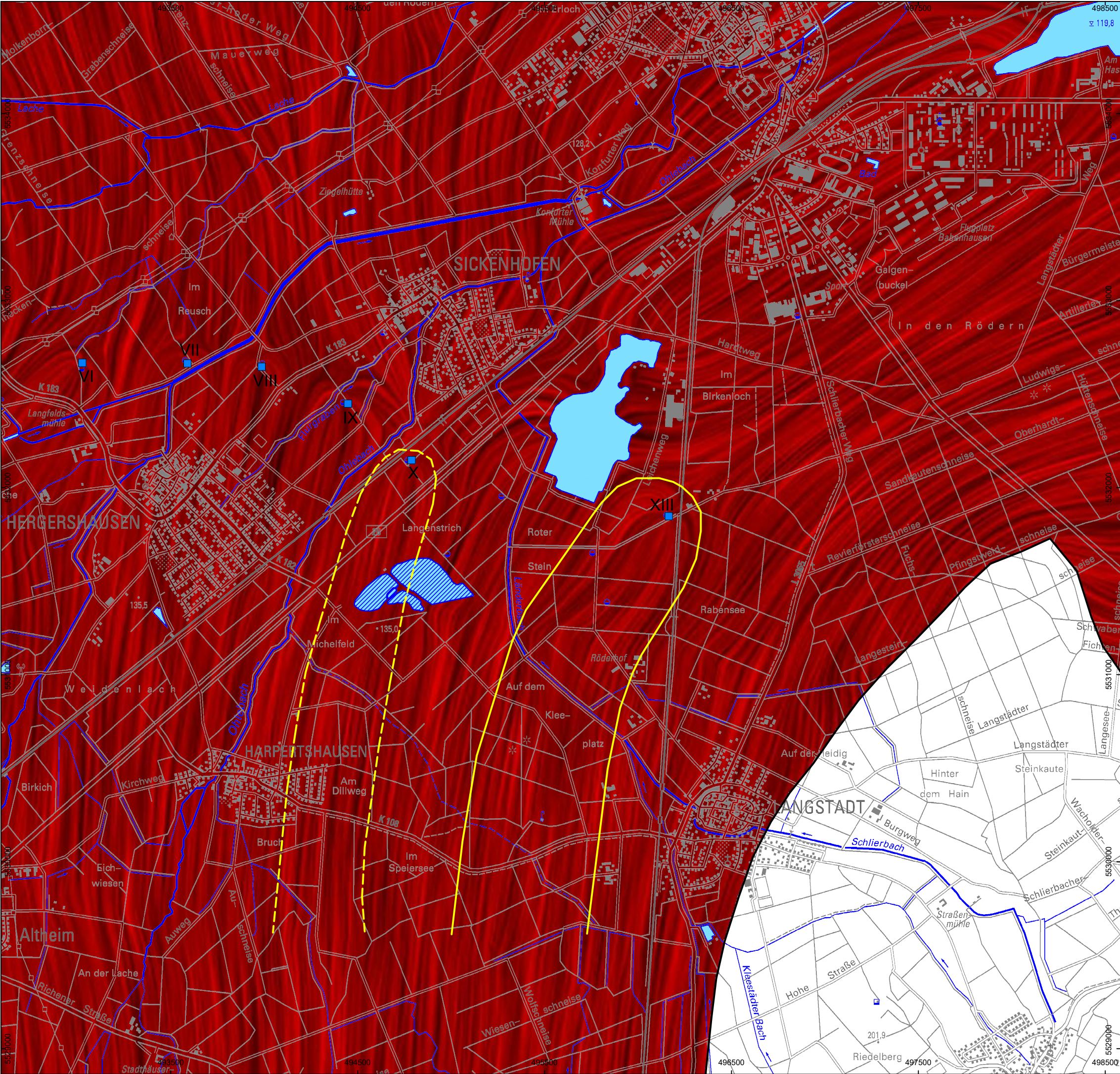
Legende:

- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Modellgebiet
- Abstrombereich
- Anstrombereich

Grenzen Kiesabbau:

- genehmigtes Abbaugebiet (offene Wasserfläche im Endzustand)

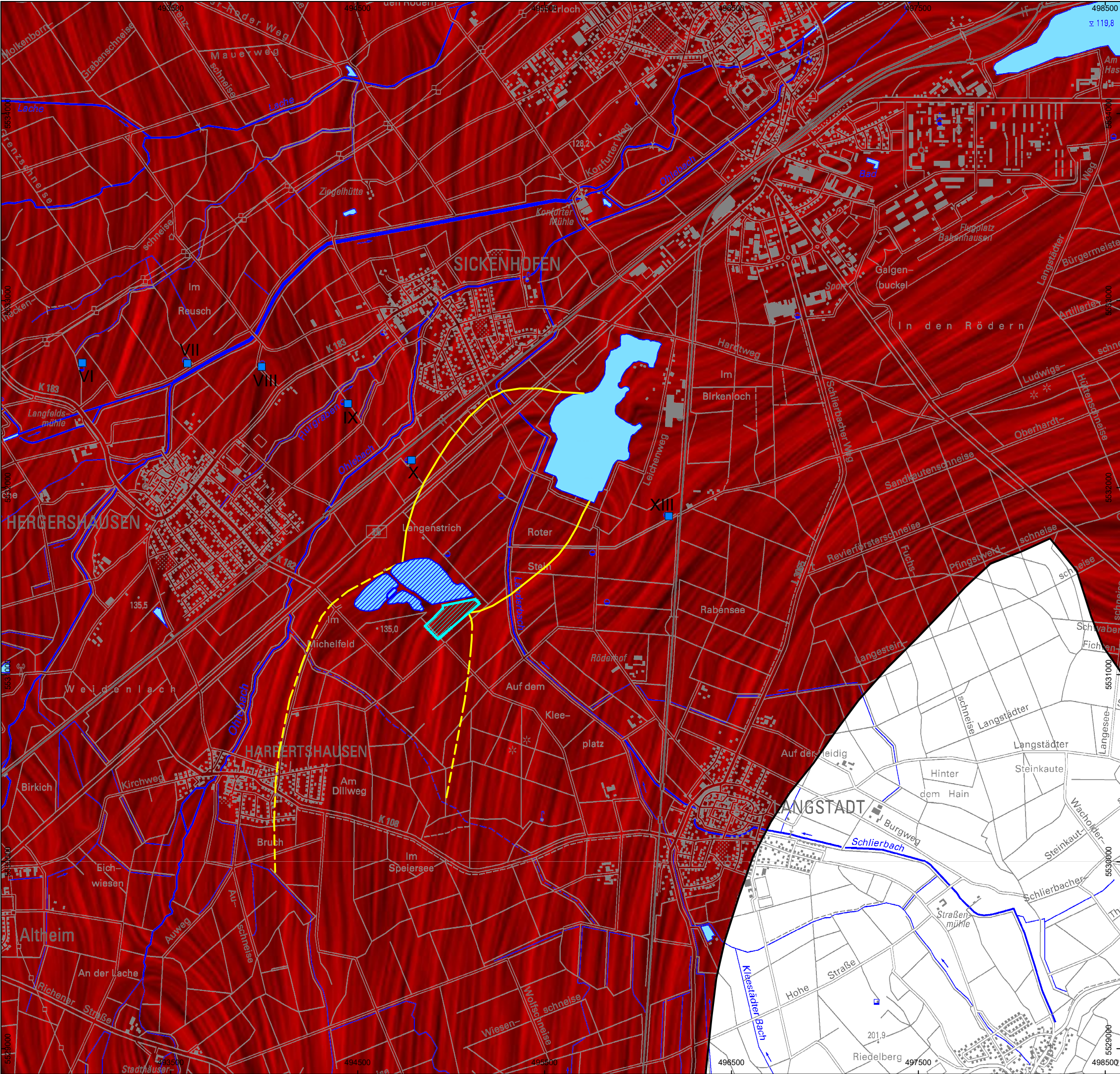
BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 8.1	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000	
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, genehmigter Abbauzustand (Endzustand)		Datei: 5961-009.dwg	
Auftraggeber:		Gez.: See.	
BGS UMWELT Darmstadt, den		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	
		Layout: Anlage-08.1	
		Bearb.: Rot.	



Legende:

-  Brunnen ZVG (Dieburg)
-  Modellgebiet
-  Einzugsgebiet Brunnen X
-  Einzugsgebiet Brunnen XIII
- Grenzen Kiesabbau:**
-  genehmigtes Abbauggebiet (offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 8.2
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten			Maßstab: 1:20.000
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, genehmigter Abbauzustand (Endzustand)			Datei: 5961-009.dwg Layout: Anlage-08.2 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Abstrombereich

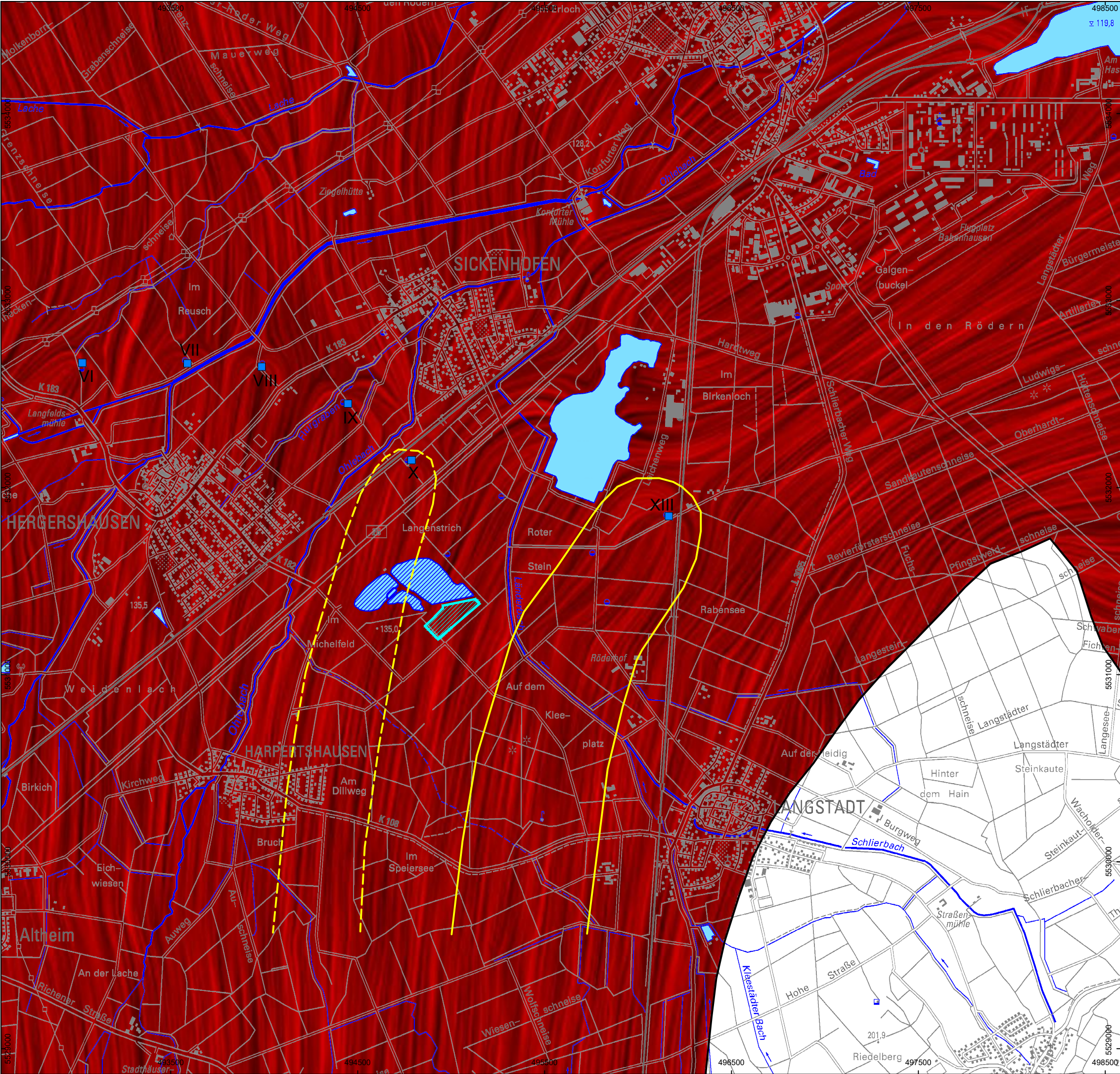
Anstrombereich

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)
angestrebte Nassauskiesungsfläche

genehmigtes Abbaugebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 9.1
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000	
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, 1. Abbauzustand (Betriebsphase)		Datei: 5961-015.dwg Layout: Anlage-09.1 Bearb.: Rot.	
Auftraggeber: BGS UMWELT Darmstadt, den		Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961	



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Einzugsgebiet Brunnen X

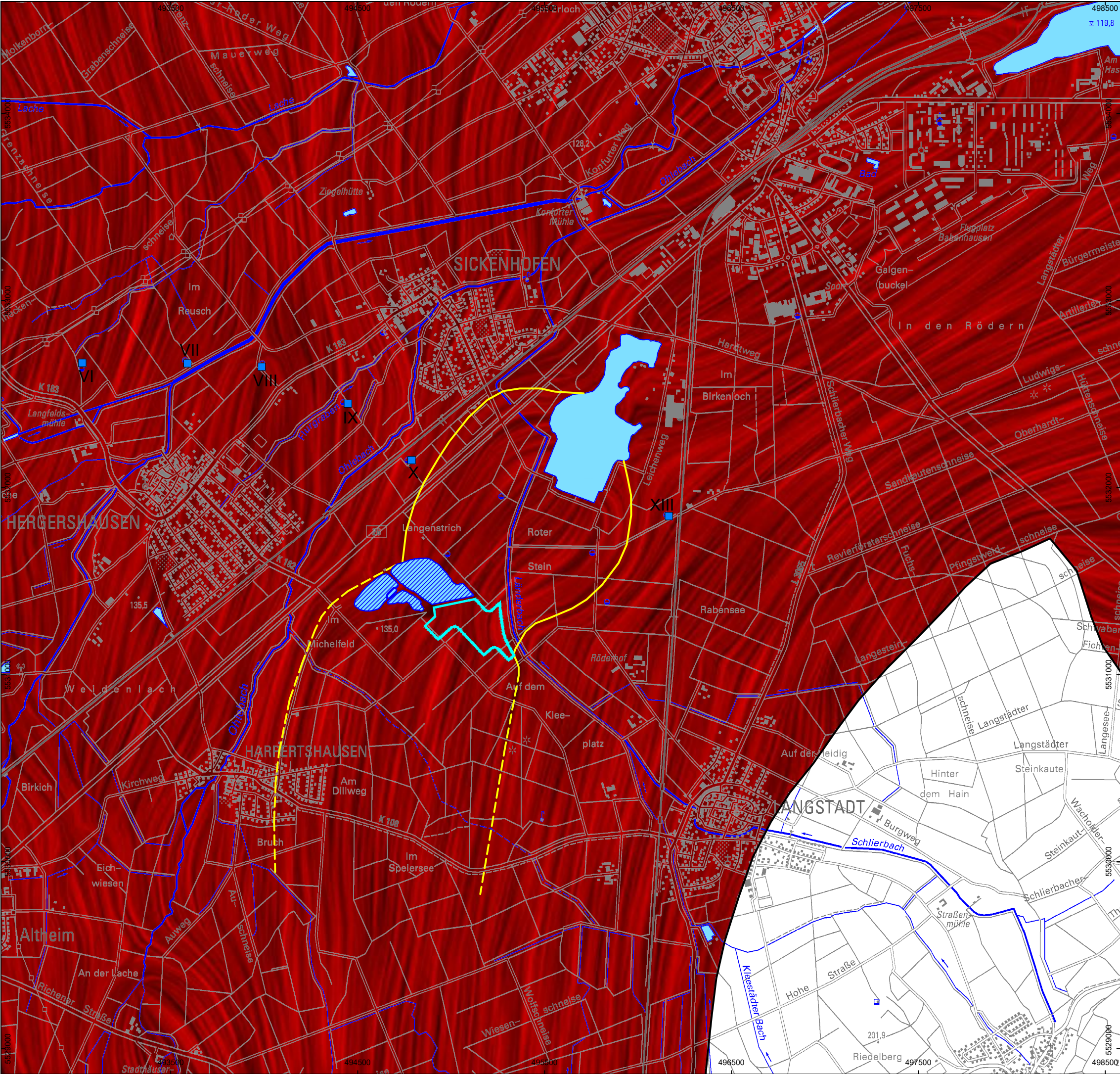
Einzugsgebiet Brunnen XIII

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)
angestrebte Nassauskiesungsfläche

genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 9.2
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten			Maßstab: 1:20.000
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, 1. Abbauzustand (Betriebsphase)			Datei: 5961-015.dwg Layout: Anlage-09.2 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:		BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Abstrombereich

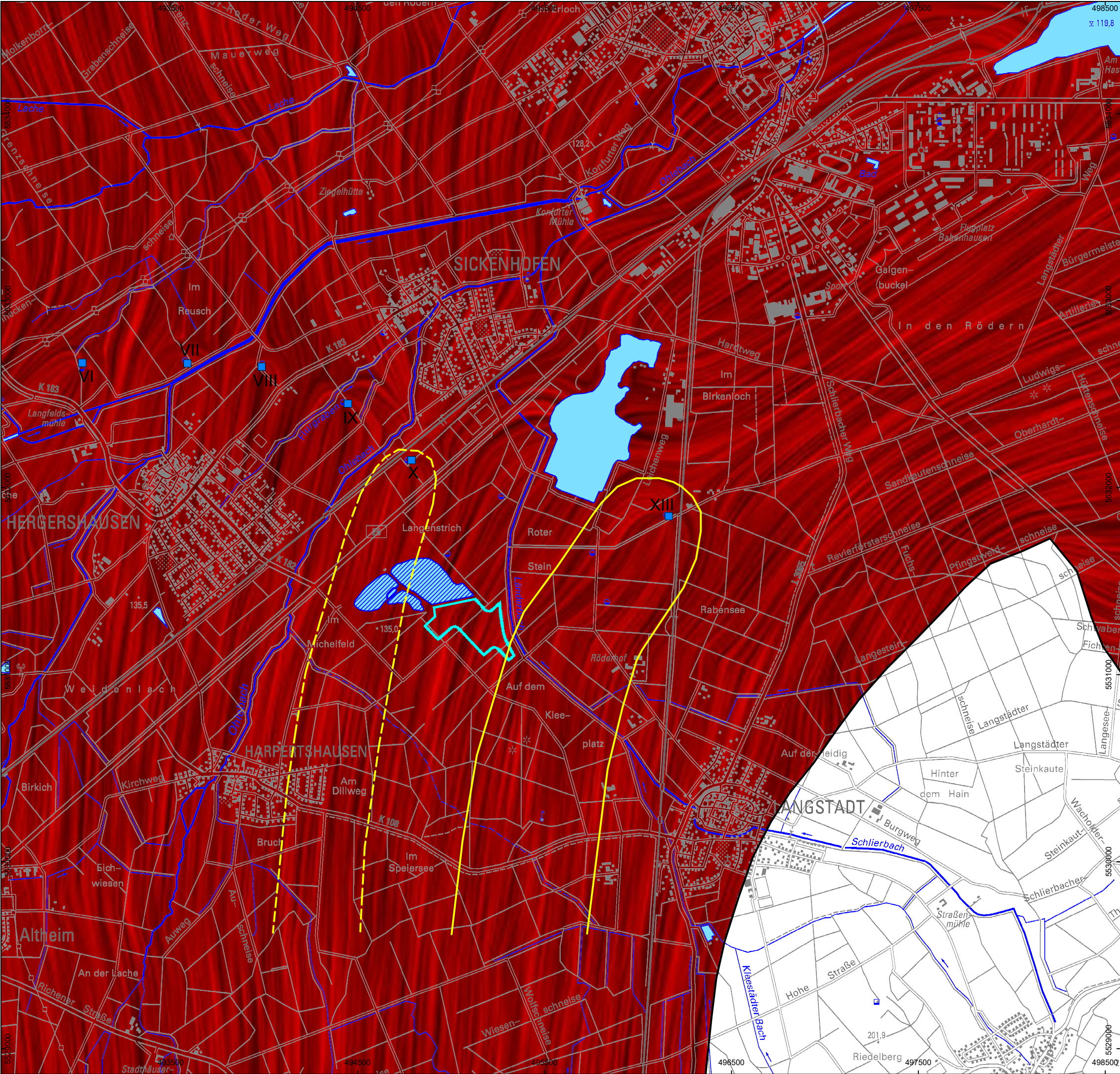
Anstrombereich

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

genehmigtes Abbaugebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 10.1	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000	
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Betriebsphase)		Datei: 5961-010.dwg	
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Layout: Anlage-10.1	
		Bearb.: Rot.	
		Gez.: See.	
		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Einzugsgebiet Brunnen X

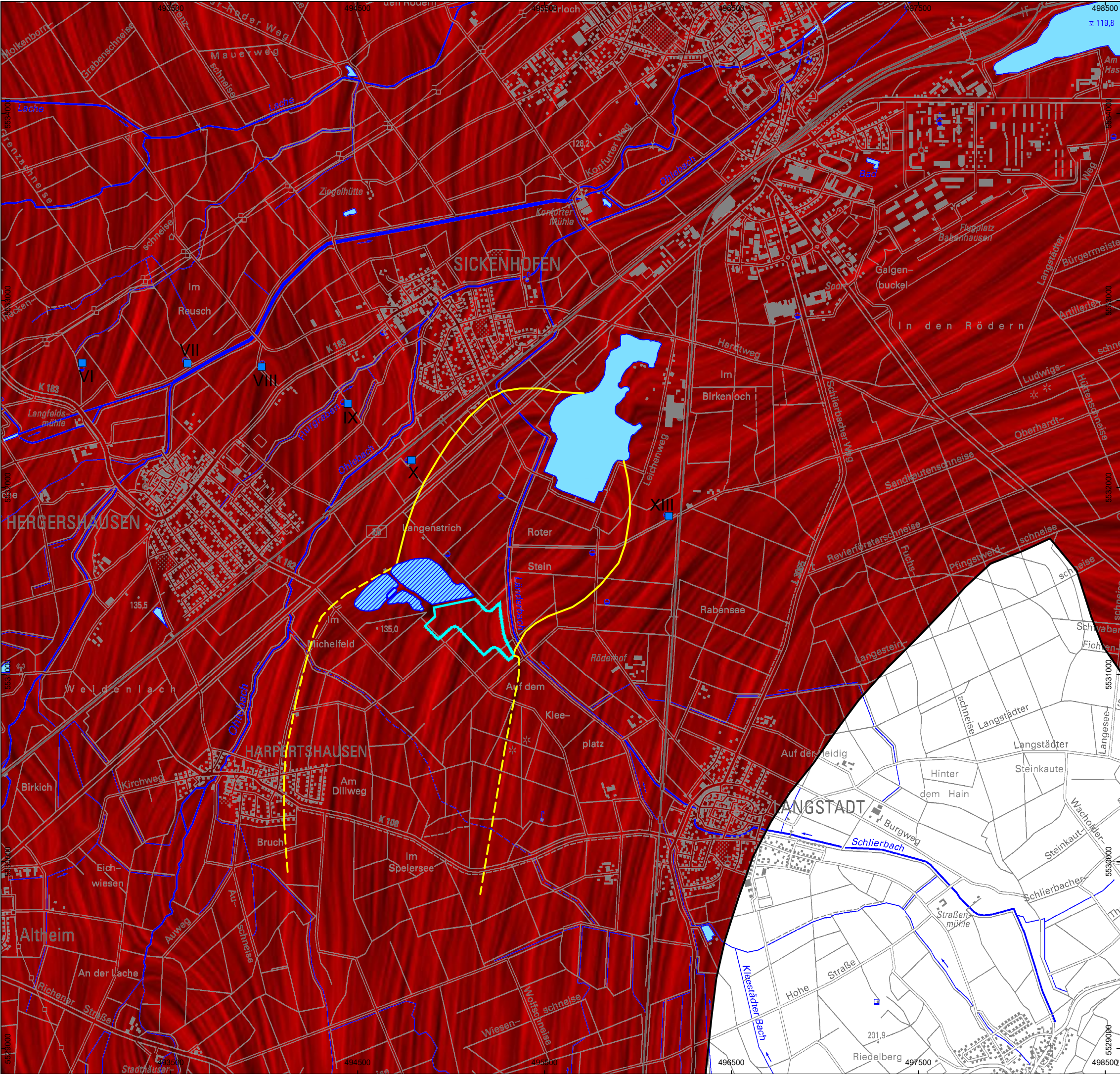
Einzugsgebiet Brunnen XIII

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 10.2	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000	
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Betriebsphase)		Datei: 5961-010.dwg	
Auftraggeber:		Gez.: See.	
BGS UMWELT Darmstadt, den		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Abstrombereich

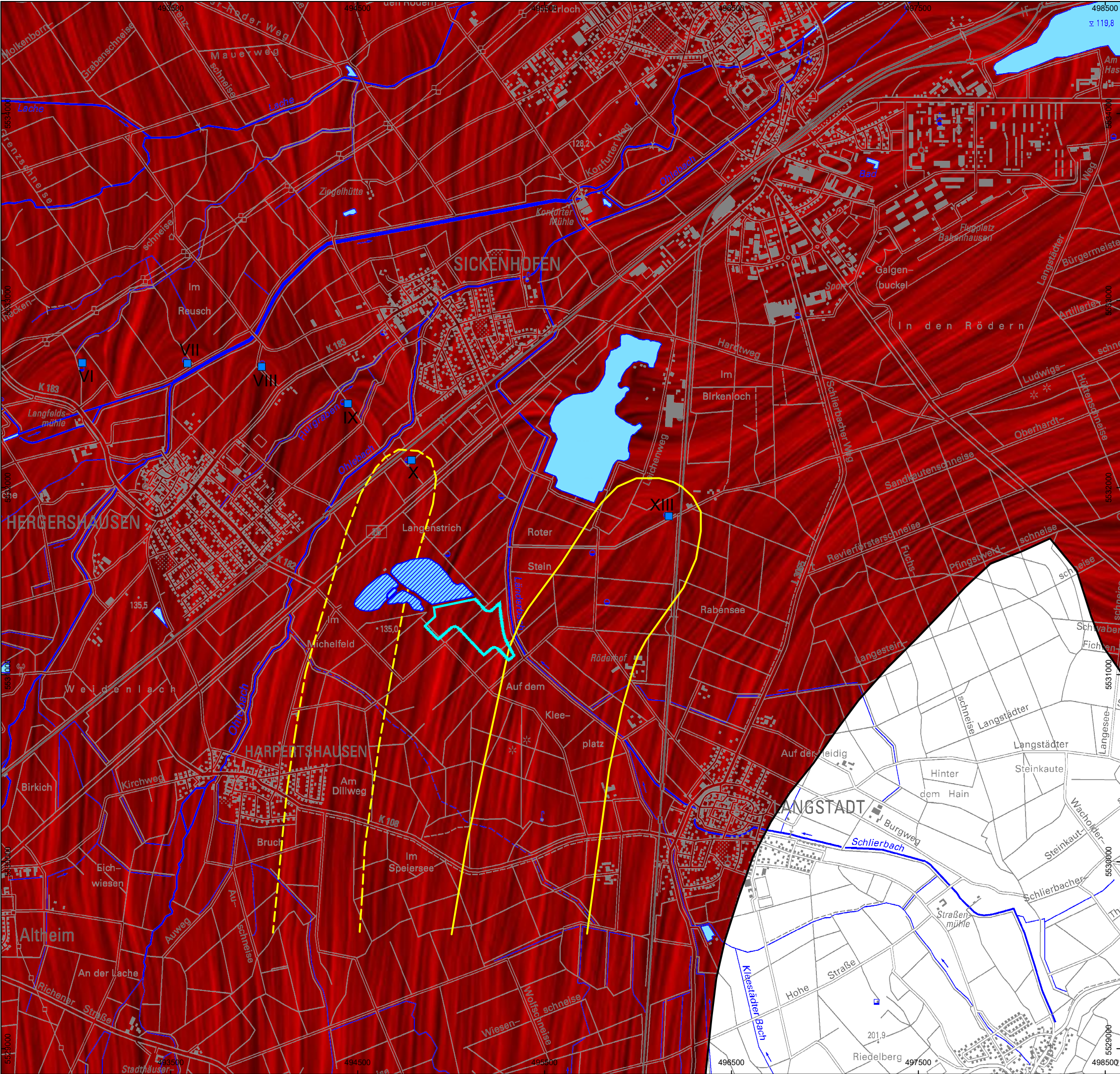
Anstrombereich

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdas Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 11.1	
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000	
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Endzustand)		Datei: 5961-011.dwg	
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Layout: Anlage-11.1	
		Bearb.: Rot.	
		Gez.: See.	
		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Einzugsgebiet Brunnen X

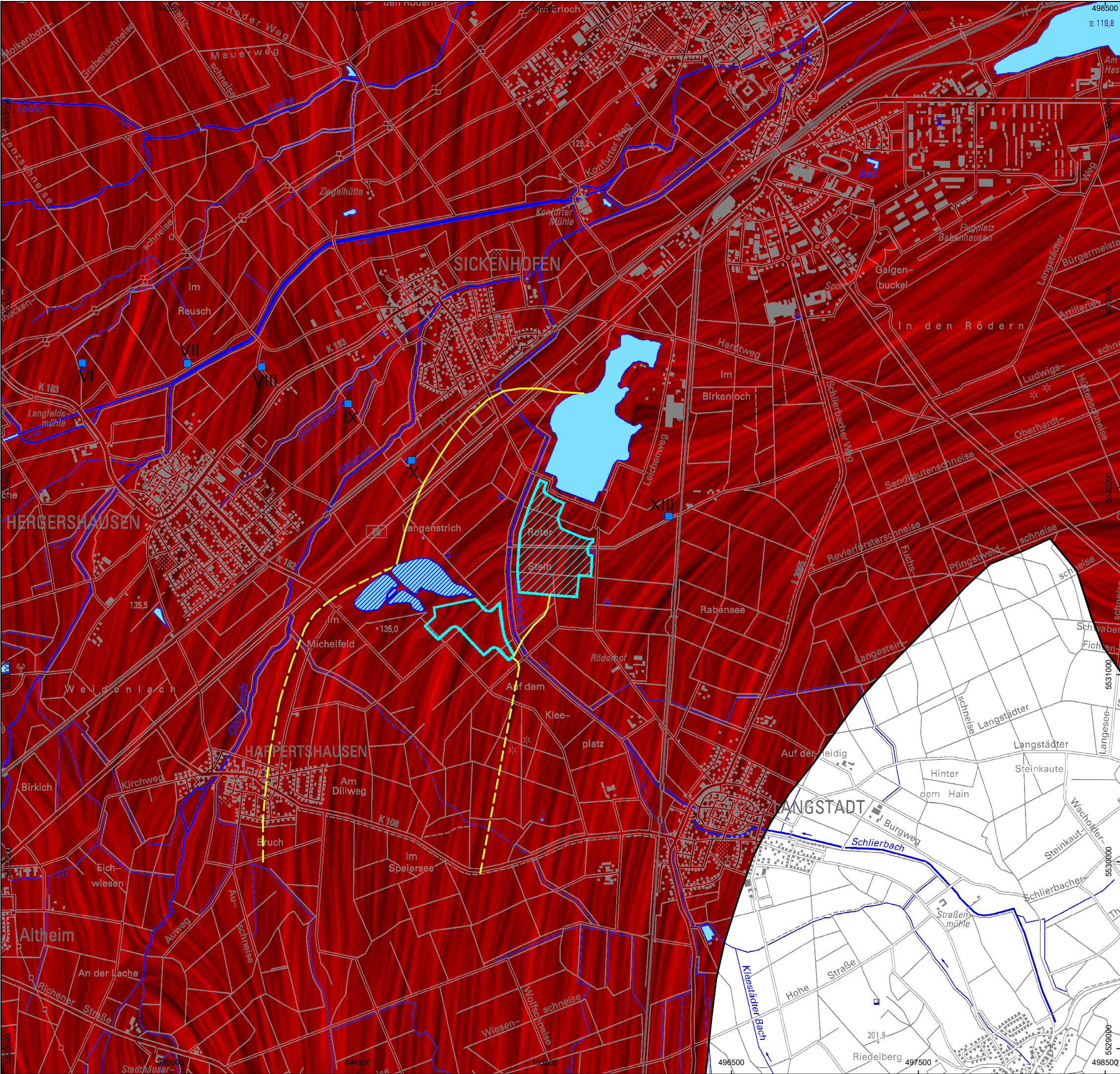
Einzugsgebiet Brunnen XIII

Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Südost
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 11.2
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand (Endzustand)		Datei: 5961-011.dwg Layout: Anlage-11.2 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See.
		Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



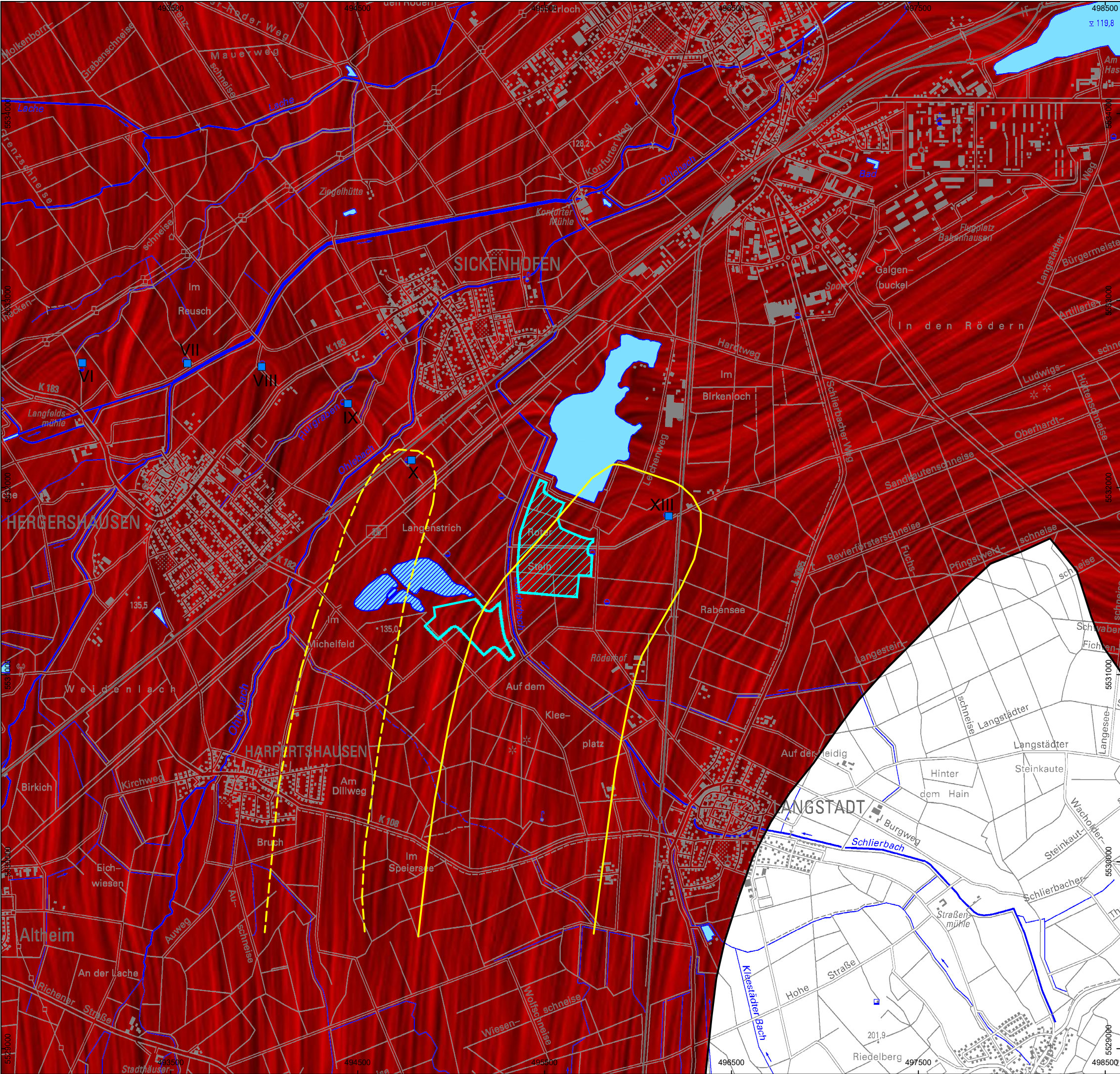
Legende:

- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Modellgebiet
- Abstrombereich
- Anstrombereich

Grenzen Kiesabbau:

- Erweiterung Süd HSK (angestrebte Nassauskiesungsfläche)
- Erweiterung Südost (angestrebte Nassauskiesungsfläche)
- genehmigtes Abbauggebiet (offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdas Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt	Anlage: 12.1
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten			Maßstab: 1:20.000
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen oberhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand mit HSK (Endzustand)			Datei: 5961-012.dwg Layout: Anlage-12.1 Bearb.: Rot.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See.	
		Datum: Okt. 2021	
		Projekt- nummer: 5961	



Legende:

Brunnen ZVG (Dieburg)

Modellgebiet

Einzugsgebiet Brunnen X

Einzugsgebiet Brunnen XIII

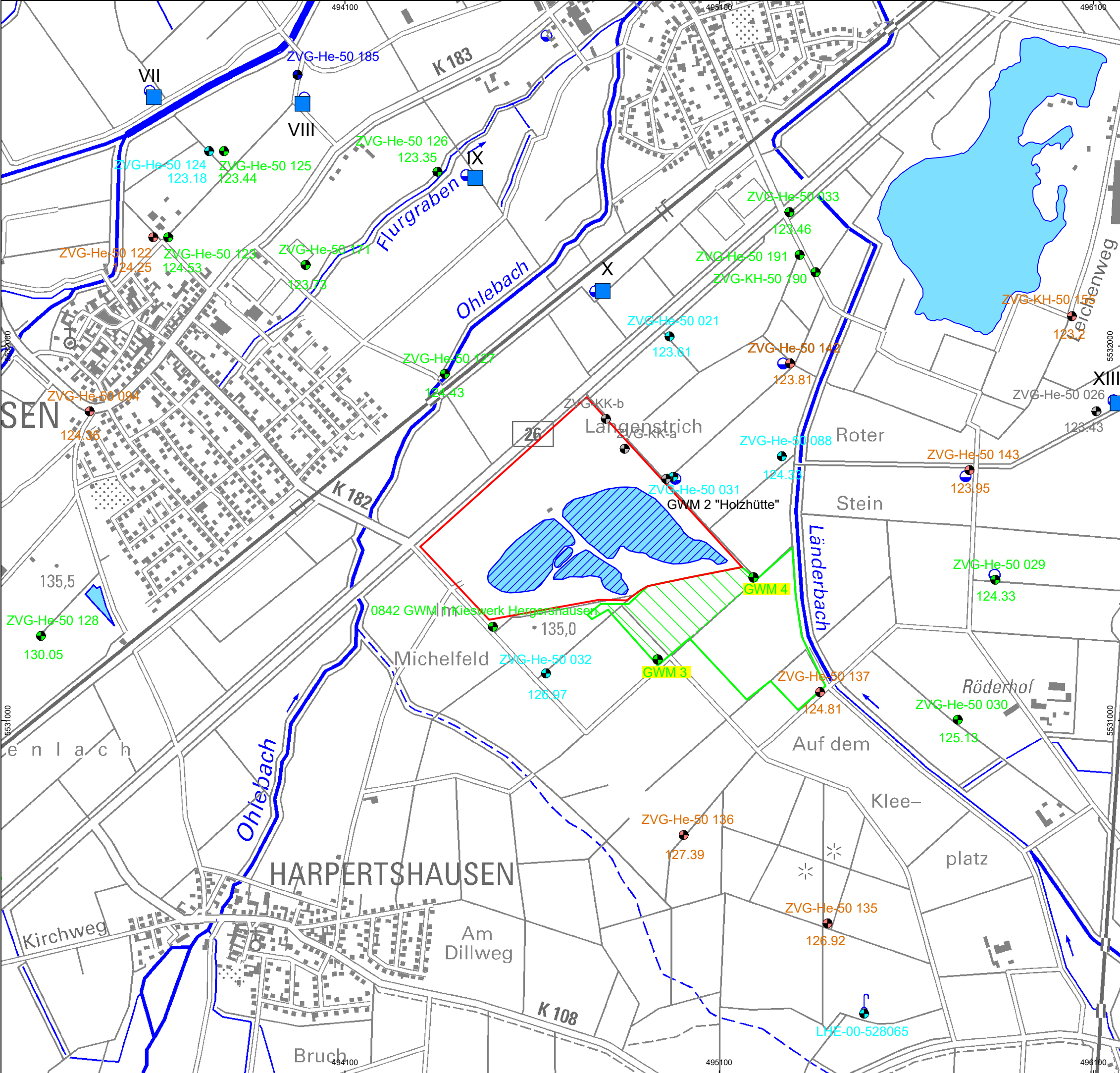
Grenzen Kiesabbau:

Erweiterung Süd HSK
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

Erweiterung Südost
(angestrebte Nassauskiesungsfläche)

genehmigtes Abbauggebiet
(offene Wasserfläche im Endzustand)

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Anlage: 12.2
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten		Maßstab: 1:20.000
Planbezeichnung: Strömungsbild bei mittleren klimatischen Verhältnissen unterhalb der Trennschicht, Förderrate Brunnen XIII 400.000 m³/a, geplanter Abbauzustand mit HSK (Endzustand)		Datei: 5961-012.dwg Layout: Anlage-12.2 Bearb.: Rot.
Auftraggeber: BGS UMWELT Darmstadt, den		Gez.: See. Datum: Okt. 2021 Projekt- nummer: 5961



Legende:

- Brunnen ZVG (Dieburg)
- Nassauskiesungsfläche H. Krichbaum November 2020
- Modellrand

Grenzen Kiesabbau:

- Genehmigtes Abbauggebiet
- Erweiterung Südost
- Erweiterung Südost (1. Abbauzustand)
- Monitoringmessstelle

Grundwassermessstellen mit Messwert Oktober 2013:

- schwebender und 1. Grundwasserleiter
- 1. Grundwasserleiter bzw. 1. Grundwasserleiter oben
- 1. Grundwasserleiter oben und unten
- 1. Grundwasserleiter unten
- 2. Grundwasserleiter
- in mehreren Grundwasserstockwerken verfiltert bzw. nicht zuordenbar

BGS UMWELT Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH		Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 13
Projekt : H. Krichbaum GbR Südosterweiterung des Tagebaus Babenhausen Hydrogeologisches Fachgutachten				Maßstab: 1:10.000
Planbezeichnung: Monitoringmessnetz				Datei: 5961-016.dwg
Auftraggeber:				Gez.: See.
BGS UMWELT Darmstadt, den				Datum: Nov. 2021
				Projekt- nummer: 5961

Anlage 14

Parameterliste der Vor-Ort- und Laboranalytik zur qualitativen See- und Grundwasserüberwachung

Tab. 1: Zusammenstellung der zu analysierenden Parameter

Parameter	Trinkwasserverordnung	DVWK Regeln 125
Vor-Ort-Parameter		
Wassertemperatur		x
pH-Wert	Anlage 3 Teil I	x
elektr. Leitfähigkeit	Anlage 3 Teil I	x
Sauerstoff		x
Redoxspannung		x
Mikrobiologie		
Escherichia Coli	Anlage 1 Teil I	
Enterokokken	Anlage 1 Teil I	
Coliforme Bakterien	Anlage 3 Teil I	
Koloniezahl bei 20°C	Anlage 3 Teil I	
Koloniezahl bei 360°C	Anlage 3 Teil I	
Clostridium perfringens	Anlage 3 Teil I	
Laboranalysen		
BTEX		x
Benzol	Anlage 2 Teil I	
Bor	Anlage 2 Teil I	x
Chrom	Anlage 2 Teil I	x
Cyanid	Anlage 2 Teil I	
1,2-Dichlorethan	Anlage 2 Teil I	
Fluorid	Anlage 2 Teil I	
Nitrat	Anlage 2 Teil I	x
Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte	Anlage 2 Teil I	x
Quecksilber	Anlage 2 Teil I	x
Selen	Anlage 2 Teil I	
Uran	Anlage 2 Teil I	
Antimon	Anlage 2 Teil II	
Arsen	Anlage 2 Teil II	x
Benzo-(a)-pyren	Anlage 2 Teil II	
Blei	Anlage 2 Teil II	
Cadmium	Anlage 2 Teil II	x
Kupfer	Anlage 2 Teil II	x
Nickel	Anlage 2 Teil II	x
Nitrit	Anlage 2 Teil II	x
PAK (nach EPA-Liste)	Anlage 2 Teil II	
Tetrachlorethen und Trichlorethen	Anlage 2 Teil I	
Vinylchlorid	Anlage 2 Teil II	

Parameter	Trinkwasserverordnung	DVWK Regeln 125
Natrium	Anlage 3 Teil I	x
Kalium		x
Ammonium	Anlage 3 Teil I	x
Calcium		x
Magnesium		x
Eisen ges.	Anlage 3 Teil I	x
Mangan	Anlage 3 Teil I	x
Chlorid	Anlage 3 Teil I	x
Hydrogencarbonat		x
Sulfat	Anlage 3 Teil I	x
Phosphor		x
Zink		x
TOC	Anlage 3 Teil I	
DOC		x
Säurekapazität pH 4,3		
anionische Tenside		
kationische Tenside		