



**Kippenflächen nördlich Grünwalde  
Nordbereich Fläche 8 (ehem. Tagebau Koyne)  
Errichtung eines Solarparks**

**Bodenmechanische Bewertung der  
geplanten Folgenutzung**

Projekt-Nr.: **114281**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:

**Energiebauern GmbH  
Maria-Birnbaum-Str. 20  
86577 Sielenbach**

Dipl.-Ing. Yves Koitzsch  
Dipl.-Ing. Sabine Klemm

28.11.2016

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG ..... 4</b>
<b>2</b>	<b>UNTERLAGEN ..... 5</b>
<b>3</b>	<b>BEARBEITUNGSGEBIET UND TECHNISCHE BEDINGUNGEN..... 6</b>
3.1	Lage des Bearbeitungsgebietes ..... 6
3.2	Geländemorphologie ..... 6
3.3	Bergtechnische Charakteristik ..... 7
3.4	Anlagen des Tiefbaus..... 7
3.5	Hydrogeologie / Hydrologie ..... 7
3.6	Erfolgte Sicherungsmaßnahmen ..... 8
3.7	Bisherige Deformationen ..... 8
3.8	Geplante Nutzung / Anlagen..... 9
<b>4</b>	<b>GEOTECHNISCHE SITUATION ..... 9</b>
4.1	Relevante Altaufschlüsse ..... 9
4.2	Bewertung der geotechnischen Situation in U 2.1 ..... 10
4.3	Realisierte ergänzende Drucksondierungen ..... 10
4.4	Neubewertung der geotechnischen Situation ..... 11
<b>5</b>	<b>GEOTECHNISCHE BERECHNUNGEN ..... 13</b>
5.1	Bodenkennwerte ..... 13
5.2	Geforderte Sicherheiten ..... 13
5.3	Ergebnisse ..... 13
5.3.1	Solarmodul ..... 13
5.3.2	Transformatorstation ..... 14
5.3.3	Bereifte Baugeräte ..... 14
5.3.4	Kettengeführte Baugeräte ..... 14
<b>6</b>	<b>BEWERTUNG DER GEPLANTEN FLÄCHENNUTZUNG ..... 15</b>
<b>7</b>	<b>EMPFEHLUNGEN ..... 16</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 1.1	4
Abbildung 3.1	6

## TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 4.1	9
Tabelle 4.2	11
Tabelle 5.1	13
Tabelle 5.2	15

## ANLAGENVERZEICHNIS

### **Anlage 1** Lagepläne

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan
- Anlage 1.2 Lageplan mit relevanten Aufschlüssen
- Anlage 1.3 Lageplan mit Darstellung Flurabstand
- Anlage 1.4 Lageplan mit freigegebenem Baubereich

### **Anlage 2** Ergebnisse ergänzender Erkundungen

- Anlage 2.1 Originalprotokolle Drucksondierungen
- Anlage 2.2 Einzelauswertung Drucksondierungen
- Anlage 2.3 Gesamtheitliche Auswertung Drucksondierungen

### **Anlage 3** Geotechnische Berechnungen

- Anlage 3.1 Grundbruchsicherheit Trafostation
- Anlage 3.2 Grundbruchsicherheit 2-achsiger LKW

## 1 VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG

Durch die Energiebauern GmbH wird aktuell der Bau eines Solarparks südlich der Stadt Finsterwalde im ehemaligen Tagebauegebiet Koyne geplant. Abbildung 1.1 zeigt den Bereich innerhalb des ehemaligen Tagebaues, der (teilweise) durch den Solarpark bebaut werden soll.

Die Kippenflächen befinden sich innerhalb eines geotechnischen Sperrbereiches, der seitens der LMBV mbH vorsorglich aufgrund potentieller Gefährdung durch Verflüssigungsgrundbrüche eingerichtet wurde. Verflüssigungsgrundbrüche können zu großflächigen Verformungen (Sackungen) und damit zu erheblichen Nutzungseinschränkungen, Schäden an Bebauung / Fahrzeugen etc. und Gefährdungen für die Öffentlichkeit führen. In der Lausitz ist eine große Anzahl von Flächen aus diesem Grund momentan gesperrt.

Verflüssigungsgrundbrüche können in wassergesättigten Kippenbereichen auftreten, sofern locker gelagertes, sandiges Material mit gerundeten Körnern ansteht und ein entsprechendes Initial wirkt (z.B. Erschütterungen durch Baugeräte). Durchgeführte Erkundungen im ehem. Tagebau Koyne belegen, dass die Voraussetzungen für das Eintreten von Verflüssigungsgrundbrüchen zumindest in Teilbereichen gegeben sind. Zur genauen Abgrenzung von Bereichen, die ohne aufwendige Sicherungsmaßnahmen unter Restriktionen für eine Folgenutzung freigegeben werden können, waren weiterführende Erkundungen notwendig.

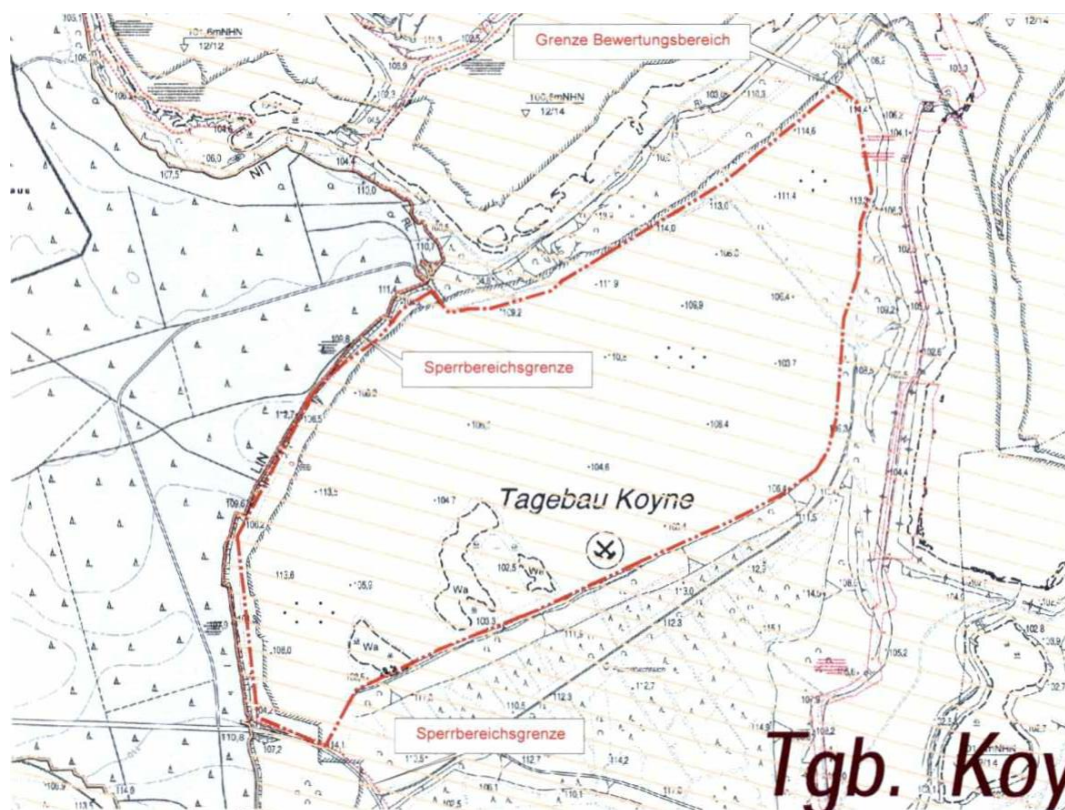


Abbildung 1.1 Lage der geplanten Solarparkfläche (Nordbereich Fläche 8)

Ziel und Inhalt der vorliegenden Bearbeitung ist die bodenmechanische Bewertung der Kippenflächen hinsichtlich der geplanten Folgenutzung als Solarpark. Dabei soll auch eingeschätzt werden, welche Bereiche vorzeitig bebaubar wären, welche evtl. in einem weiteren Schritt (innerhalb der nächsten Jahre) bebaubar wären und welche nur unter großem Aufwand (z.B. Masenauf/-abträge) bebaubar wären. Die Bearbeitung baut auf umfangreichen Vorkenntnissen zum Bearbeitungsgebiet und ergänzend ausgeführten Drucksondierungen auf..

## **2 UNTERLAGEN**

### **U 1 Vertragsgrundlagen**

- U 1.1.1 Anfragen vom 07.10.2015, 09.11.2015 und 07.09.2016.
- U 1.1.2 Angebot der CDM Smith Consult GmbH. Leipzig, 24.05.2016.
- U 1.1.3 Angebot der CDM Smith Consult GmbH zur 1. Bearbeitungsstufe. Leipzig, 17.06.2016.
- U 1.1.4 Beauftragung vom 11.08.2016, einschl. nachverhandeltem Angebot.

### **U 2 Gutachten, Bodenmechanische Bearbeitungen**

- U 2.1 Bodenmechanische Bewertung einschl. Standsicherheitseinschätzung der Flächen 1 und 8 einschließlich der L 63 im Kippenbereich nördlich von Grünwalde. Leipzig, 04.06.2015, rev. 28.01.2016.

### **U 3 Planungen**

- U 3.1 Planungsunterlagen für das Tragsystem zur Aufnahme von Solarmodulen FS-Duo 3V. Projekt: 01 03238 SP Finsterwalde - FS3V-Duo-Combi-25°-24 - Energiebauern Anlagenbau GmbH, Modultyp: 1640 x 992 mm. Schletter GmbH. Kirchdorf, September 2016.

### **U 4 Daten**

- U 4.1 Airborne-Laserscanning-Daten (Rasterabstand 1 x 1 m) aus Befliegung 2011.
- U 4.2 Grundwassergleichen im Bereich der Flächen 1 und 8 nördlich von Grünwalde (Ausschnitt aus Frühjahrsberechnung 2014 der Haupthangendgrundwassergleichen). Senftenberg, 21.01.2015.

### **U 5 Normen / Richtlinien / Regelwerke**

- U 5.1 Beurteilung der Setzungsfließgefahr und Schutz von Kippen gegen Setzungsfließen. LMBV mbH, TU Bergakademie Freiberg, Uni Karlsruhe, Dez. 1998.

### 3 BEARBEITUNGSGEBIET UND TECHNISCHE BEDINGUNGEN

#### 3.1 Lage des Bearbeitungsgebietes

Das Bearbeitungsgebiet befindet sich großräumig innerhalb des Landkreises Elbe-Elster im Nordwesten von Lauchhammer (Bundesland Brandenburg). Es liegt nördlich der Ortslage Grünnewalde im Bereich des ehemaligen Tagebaus Koyne. Das Bearbeitungsgebiet ist eine ehemalige landwirtschaftliche Fläche im nördlichen Teil der s.g. Fläche 8 des Tagebaugesbietes. Es befindet sich innerhalb einer geotechnischen Sperrbereichsgrenze.

#### 3.2 Geländemorphologie

Das Bearbeitungsgebiet ist anhand der Geländemorphologie als flachwelliges bis bewegtes Kippengelände mit Absoluthöhen von +100 ... +115 m NHN einzuordnen, siehe U 2.1. Bereichsweise sind Geländetief und -hochlagen vorhanden. In Geländetiefen (Geländeneiveau +101 m NHN) sind Vernässungsflächen ausgebildet (hellblaue Einfärbung in Abbildung 3.1). Es grenzen im Norden wassergefüllte Tagebauhohlformen an (Restloch RL 129 und 130). Im Nordosten bis Osten grenzt RL 131 an.

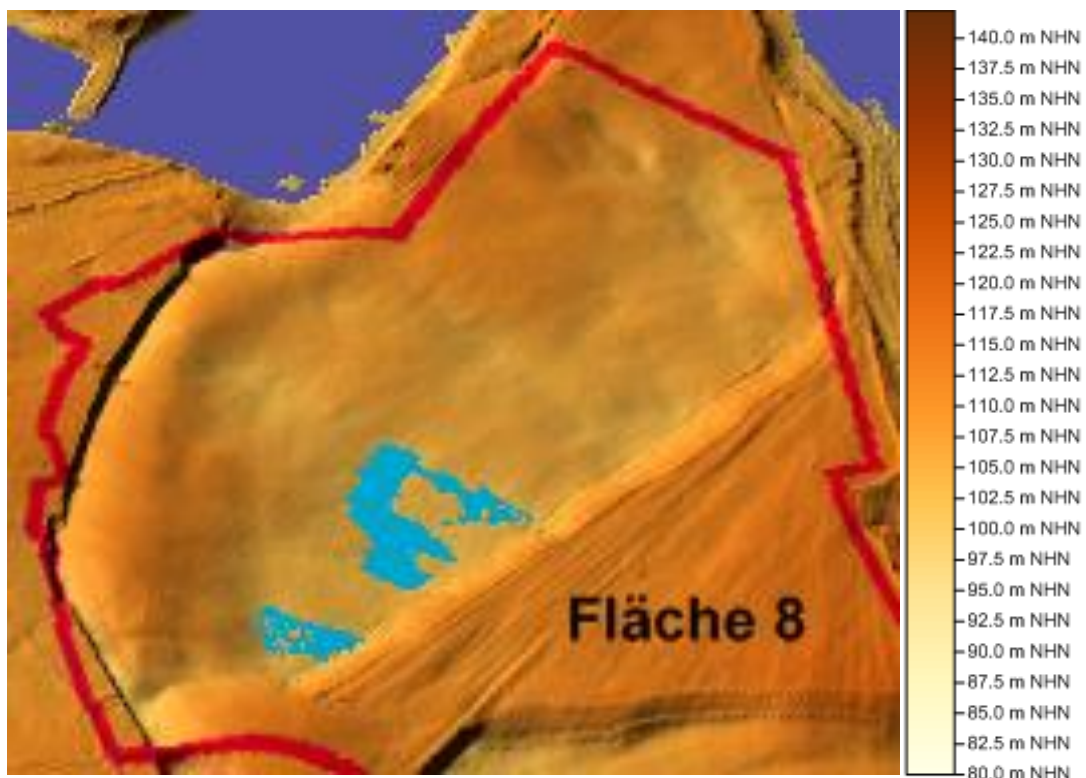


Abbildung 3.1 Bearbeitungsgebiet im nördlichen Teil der Fläche 8 (3D-Relief auf der Grundlage von U 4.1, Darstellung stark überhöht)



### **3.3 Bergtechnische Charakteristik**

Die Kippenflächen im Bereich des Bearbeitungsgebiet sind im Zusammenhang mit dem Verfall des Abraumförderbrücken-Tagebaus Koyné in den Jahresscheiben 1930 bis 1944 entstanden. Der Drehpunkt befand sich außerhalb des Bearbeitungsgebietes, etwa im Bereich des heutigen Restlochs 113. Die Schwenkrichtung erfolgte im Uhrzeigersinn. Liegendhöhen um +77 m NHN waren dem Risswerk im Drehpunktbereich zu entnehmen.

### **3.4 Anlagen des Tiefbaus**

Aus Gründen der Vorfelddentwässerung für den Tagebaubetrieb wurden unterirdische Strecken bergmännisch aufgeföhren und ausgebaut (Tiefbau). Diese stellen je nach Lage und Zustand eine potenzielle Geföhrdung für die Tagesoberfläche dar (Tagesbrüche).

Der gesamte westliche bis nördliche Teil des Bearbeitungsgebietes beinhaltet zusammenhängende Streckenrelikte im Niveau +70... +80 m NHN sowie einzelne Schächte. Versatzbohrungen deuten auf eine entsprechende Sicherung hin, so dass die Strecken in Hinblick auf die geplanten Bauaufgaben keine Geföhrdungen darstellen. Im nördlichsten Teil sind die Strecken auch als versetzt im Risswerk gekennzeichnet. Es liegt gemäß Auskunft der LMBV eine Verwährdokumentation vor, siehe U 2.1.

### **3.5 Hydrogeologie / Hydrologie**

Vor den hydrologischen Eingriffen für den Tagebaubetrieb war das erweiterte Bearbeitungsgebiet durch flurnahe Grundwasserverhältnisse geprägt. Die GW-Stände lagen bei +100 m NHN, siehe U 2.1. Die GW-Strömung war einheitlich von Nordost nach Südwest gerichtet.

Mit den bergbaulichen Eingriffen wurden durch GW-Absenkung und Veränderungen der natürlichen Schichtabfolgen die hydrologischen Verhältnisse gestört. Der danach folgende allgemeine Grundwasserwiederanstieg (GWWA) ist inzwischen weitgehend als abgeschlossen anzusehen. Sämtliche Wasserstände in den das Bearbeitungsgebiet umgebenden Restlöchern haben den quasi stationären Zustand erreicht. Es sind kaum Schwankungen zu verzeichnen.

Der quasi-stationäre Strömungszustand (Endzustand) bezieht sich auf mittlere Grundwasserneubildungsraten. Temporär erhöhte GW-Neubildungsraten (Starkniederschlagsperioden) und damit verbundene lokale Aufsättigungen werden praktisch stark vereinfacht durch einen Aufschlag von 1 m auf die prognostischen Verhältnisse bei mittlerer GW-Neubildung erfasst.

Für eine flächendeckende Bewertung der hydrologischen Situation liegen die Ergebnisse der Frühjahrsberechnung 2014 sowie durch die LMBV vorgenommene Auswertungen vor. Eine Aufbereitung der Daten zur Ableitung der vorliegenden Grundwasserflurabstände (GWFA) erfolgte mit U 2.1. Die GWFA für den Istzustand enthält Anlage 1.2. Es sind Abstufungen in den Farben „Rot“ bis „Lila“ für GWFA 0,0 m bis 7,5 m in Schritten von  $\Delta = 0,5$  m dargestellt worden.

Innerhalb des Bearbeitungsgebietes liegen mit der Frühjahrsmessung 2014 in folgenden Bereichen ungünstige GWFA kleiner 1 m vor:

- lokale Tieflagen am südlichen Rand des Bearbeitungsgebietes (westlich CPT 05-F8/14, im Bereich der KDS 5 und nordöstlich CPT 07-F8/14)
- lokale Tieflagen im Nordwesten des Bearbeitungsgebietes (nordöstlich CPT 8-F8/14)

Auch die lokale Tieflage im Bereich der DS 13 weist mit GWFA  $< 1,5$  m flurnahe Grundwasserstände auf.

### **3.6 Erfolgte Sicherungsmaßnahmen**

Ausgehend von den Risswerksdaten wurde bereichsweise ein Versatz unterirdischer Streckenrelikte sowie von Hohlräumen und eine entsprechende Sicherung vorgenommen.

Bereichsweise wurden außerhalb des Bearbeitungsgebietes im nördlichen Teil Verdichtungsmaßnahmen in den Uferbereichen der Restlöcher ausgeführt. In den seeseitigen Böschungsbereichen des RL 131 (östlich) wurden versteckte Dämme durch Rütteldruckverdichtung und Sprengverdichtung angelegt.

Auf der Fläche 8 selbst wurden bisher keine Sicherungsmaßnahmen ausgeführt.

### **3.7 Bisherige Deformationen**

Entlang der westlichen bis nordwestlichen Grenze des Bearbeitungsgebietes sind zahlreiche Verbrüche (aus Tiefbau) dokumentiert. Sie folgen der Verbreitung ehemaliger Streckenrelikte. Im nördlichen Bereich (versetzte Streckenabschnitte) sind in diesem Umfang keine Verbrüche dokumentiert. Die Gefahr weiterer für die Bauaufgabe schädlicher Deformationen aus dem Verbruch von Tiefbaustrecken ist als gering einzuschätzen.

Mit dem Nordraum der Lausitz vergleichbare Geländedeformationen infolge Bodenverflüssigung sind im Lauchhammer Revier dem erreichten Kenntnisstand entsprechend bisher nicht eingetreten.



### 3.8 Geplante Nutzung / Anlagen

Es ist eine Nutzung der Fläche als Solarpark geplant. Nach U 3.1 sollen Photovoltaik-Moduln auf Tischen mit einer Gesamtlänge von 24,34 m und einer Gesamtbreite von 4,97 m (4,50 m projiziert auf die Horizontale) eingesetzt werden. Als Unterkonstruktion sind Rammstützen im Abstand von 2,84 m vorgesehen. Die Einbindetiefe der Rammstützen soll gemäß U 3.1 ca. 1,4 bis 1,6 m betragen.

Zudem werden Stationen mit Transformatoren und Wechselrichtern aufgestellt, die mit einem Gesamtgewicht von ca. 20 Tonnen auf einer Fläche von ca. 9 m<sup>2</sup> eine entsprechende Bodenpressung erzeugen.

## 4 GEOTECHNISCHE SITUATION

### 4.1 Relevante Altaufschlüsse

Im unmittelbaren Bearbeitungsgebiet liegen aus vorangegangenen Erkundungskampagnen bereits Aufschlüsse vor, die bei der Bewertung der anstehenden Kippenmaterialien Berücksichtigung fanden. Ihre Lage zeigt Anlage 1.2. Die wichtigsten Daten fasst Tabelle 4.1 zusammen. Die auf der Basis der Hydroisohypsen von 2014 (U 4.2) resultierende hydrologische Situation am Aufschlusspunkt (GWFA) ist in Tabelle 4.1 mit dargestellt.

Tabelle 4.1 Relevante Bestandsaufschlüsse

Bezeichnung	Datum	RW [m]	HW [m]	GOK [m NHN]	Endteufe [m]	GWFA [m NHN]	GWFA [m]
KDS 05/05	09.12.2005	5411198,73	5711824,76	+102,44	22,50	+79,94	0,50
DS 11/05	18.01.2006	5411799,98	5711900,00	+106,75	34,00	+72,75	4,80
DS 12/06	18.01.2006	5411100,03	5711572,36	+104,32	29,80	+74,52	2,00
DS 13/05	14.12.2005	5411900,02	5712256,14	+103,78	24,20	+79,58	1,50
DS 15/05	14.12.2005	5410799,99	5712193,50	+111,62	16,50	+95,12	> 7,50
CPT 05-F8/14	22.05.2014	5411075,98	5711554,46	+103,98	31,20	+72,78	2,00
CPT 06-F8/14	22.05.2014	5410622,54	5711664,98	+106,04	14,98	+91,06	4,50
CPT 07-F8/14	21.05.2014	5411478,21	5711729,65	+105,36	32,08	+73,28	3,40
CPT 08-F8/14	22.05.2014	5410964,36	5711970,5	+106,48	30,64	+75,84	4,55
CPT 10-F8/14	21.05.2014	5412010,35	5712330,78	+107,44	35,34	+72,10	5,40
CPT 11-F8/14	21.05.2014	5411713,67	5712618,01	+112,37	37,94	+73,67	> 7,50
KRB 06/14	11.09.2014	5410715,80	5711361,13	+110,86	15,00	+95,86	> 7,50
DS 07/11 ELM	24.05.2012	5411298,02	5712353,01	+110,40	≈ 35,0	≈ +75,4	> 7,50
CPT06.L63/13	18.09.2013	5410718,93	5711386,36	+108,74	32,38	+76,36	7,50

## 4.2 Bewertung der geotechnischen Situation in U 2.1

Mit U 2.1 wurde festgestellt, dass südlich der Linie KDS 5/05 – DS 13/05 (und damit im südlichen Teil des Bearbeitungsgebietes) gemischtkörnige Kippenabfolgen mit heterogener Zusammensetzung anstehen. Eine Gefährdung durch großräumige Bodenverflüssigung konnte damit für diesen Bereich weitgehend ausgeschlossen werden. Lokal auftretende grundbruchartige Geländeeinbrüche infolge lokaler Verflüssigungserscheinungen oder Verlust der Tragfähigkeit und Einsinken von Geräten tiefer 0,5 m sind in Bereichen flurnaher Grundwasserstände jedoch auch hier möglich. Aufgrund der Materialzusammensetzung ist in diesem Bereich aber von einer geringen Gefährdung durch Bodenverflüssigung auszugehen.

Nördlich der Linie KDS 5/05 – DS 13/05 (und damit in einem großen Teil des Bearbeitungsgebietes) wurden mit mehreren Aufschlüssen (DS 7/11ELM, CPT 08-F8/14, CPT 11-F8/14) bis zur Kippenbasis überwiegend grobkörnige Materialien mit bereichsweise um  $R_f = 0,8$  bis 1,5 schwankenden Reibungsverhältnissen erkundet. Dieses Bandbreite des  $R_f$ -Wertes deutet im Besonderen auf die Existenz sandiger Kippenmischböden hin, die bei entsprechender Wassersättigung und lockerer Lagerungsdichte verflüssigungsempfindlich sind. Das Auftreten von Bodenverflüssigungen konnte in diesem Bereich daher nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Es wurde empfohlen, den genannten Bereich durch weiterführende ergänzende Erkundungen (Drucksondierungen und Kernbohrungen) einzugrenzen und so den Sanierungsumfang zu präzisieren.

Unabhängig davon ist die Grundbruchsicherheit in Bereichen mit sehr flurnahen bzw. überspannten Verhältnissen (Vernässungsflächen) auch für kleinere Geräte nicht gewährleistet. Zur Bewirtschaftung der entsprechenden Flächen ist eine Sanierung zwingend erforderlich, z.B. in Form von Geländeauffüllungen.

## 4.3 Realisierte ergänzende Drucksondierungen

Nach entsprechenden Abstimmungen mit der LMBV, der notwendigen Beantragung und der zusätzlichen Erarbeitung von Verhaltensanforderungen wurden im Oktober 2016 die geplanten 11 Drucksondierungen durch den NAN Geotechnik Heiligenstadt realisiert. Die Ansatzpunkte wurden aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (Zufahrt) vereinzelt gegenüber ihrer ursprünglich geplanten Lage geringfügig verschoben. Damit ergeben sich keine grundlegenden Verschiebungen. Die Lage zeigt Anlage 1.2. Die Koordinaten der Sondieransatzpunkte sowie die realisierten Teufen enthält Tabelle 4.2. Die auf der Basis der Hydroisohypsen von 2014 (U 4.2) resultierende hydrologische Situation am Aufschlusspunkt (GWFA) ist mit dargestellt. Vor Ort festgelegte Anpassungen in der Erkundungstiefe resultierten aus der tatsächlich angetroffenen Kippensituation. Statt der ursprünglich veranschlagten 373 Sondiermeter wurden tatsächlich 397 Sondiermeter geteuft.

Tabelle 4.2 Realisierte ergänzende Drucksondierungen

Bezeichnung	Datum	RW	HW	GOK	Endteufe		GWFA
		[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[m NHN]	[m]
CPT 1-F8/16	05.10.2016	5410707	5711605	+111,7	38,8	+72,9	> 7,5
CPT 2-F8/16	05.10.2016	5410671	5711734	+111,2	34,5	+76,7	> 7,5
CPT 3-F8/16	04.10.2016	5410846	5711785	+109,5	37,3	+72,2	> 7,5
CPT 4-F8/16	04.10.2016	5411035	5712253	+110,0	37,5	+72,5	> 7,5
CPT 5-F8/16	29.09.2016	5411071	5712217	+109,1	38,2	+70,9	ca. 6,3
CPT 6-F8/16	29.09.2016	5411195	5712188	+106,9	34,4	+72,5	ca. 4,0
CPT 7-F8/16	29.09.2016	5411297	5712121	+106,3	35,1	+71,2	ca. 4,7
CPT 8-F8/16	28.09.2016	5411446	5712212	+110,0	36,0	+74,0	> 7,5
CPT 9-F8/16	28.09.2016	5411552	5712367	+110,9	36,7	+74,2	> 7,5
CPT 10-F8/16	28.09.2016	5411769	5712596	+112,8	34,5	+78,3	> 7,5
CPT 11-F8/16	28.09.2016	5411854	5712506	+110,6	34,1	+76,5	> 7,5

#### 4.4 Neubewertung der geotechnischen Situation

Die ergänzenden Aufschlüsse wurden nördlich der Linie KDS 5/05 – DS 13/05 geteuft. Sie liegen damit ausnahmslos in dem Flächenareal, in dem mit U 2.1 die Existenz überwiegend grobkörniger Materialien nicht ausgeschlossen werden konnte.

Mit den ergänzenden Drucksondierungen im südwestlichen Bearbeitungsgebiet (CPT 1-F8/16 bis CPT 3-F8/16) wurden vorwiegend gemischtbindige Kippenmaterialien mit regelloser Verteilung rolliger und bindiger Abfolgen erkundet. Dies gilt auch für den nordöstlichen Bereich des Bearbeitungsgebietes (CPT 10-F8/16 und CPT 11-F8/16). Die Materialien beider Teilbereiche entsprechen denjenigen südlich der Linie KDS 5/05 – DS 13/05. Eine Gefährdung durch großräumige Bodenverflüssigung kann damit auch für diese Teilbereiche weitgehend ausgeschlossen werden. Der starke Materialwechsel, einhergehend mit den geringen Lagerungsdichten und weichen bis breiigen Materialkonsistenzen, führt bei einer Nutzung der Flächen insbesondere bei geringen Grundwasserflurabständen (GWFA)<sup>1</sup> zu entsprechenden Verformungen und Tragfähigkeitseinschränkungen.

Die zentral im Bearbeitungsgebiet liegenden Drucksondierungen CPT 6-F8/16 bis CPT 9-F8/16 zeigen vergleichsweise gleichmäßig verteiltes Kippenmaterial. Es weist einen signifikanten

<sup>1</sup> Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Geländeoberfläche

Feinkornanteil auf. Das Reibungsverhältnis liegt bei  $R_f > 1,5$ . Eine Gefährdung durch großräumige Bodenverflüssigung kann auf Basis des Spitzenwiderstandes und der  $R_f$ -Werte auch für diesen Teilbereich weitgehend ausgeschlossen werden.

Mit den Sondierungen CPT 4-F8/16 und CPT 5-F8/16 (nordwestliches Bearbeitungsgebiet) wurde unterhalb von ca. 3 m bzw. ca. 10 m bis zum Liegenden überwiegend Kippenmaterial mit  $R_f$ -Werten um 1,5 angetroffen. Diese rolligen Materialien können sich bei entsprechender Lagerungsdichte verflüssigen. Zur Abschätzung der Lagerungsdichte wurde eine gesamtheitliche Auswertung der Drucksondierungen vorgenommen, siehe Anlage 2.3. In dieser Auswertung wurden für bestimmte Intervalle des  $R_f$ -Wertes die jeweils gemessenen Spitzenwiderstände mehrerer Sondierungen in einem Diagramm dargestellt. Zusätzlich dargestellt wurde die Grenzkurve der Spreetaler Sande (grüner Kurvenzug in Anlage 2.3). Diese Kurve beruht auf der Auswertung des gegangenen Verflüssigungsereignisses im Tagebau Spreetal. Erfahrungsgemäß kann bei Vorliegen von Spitzenwiderständen oberhalb der Grenzkurve eine großräumige Verflüssigung des Bodens, aufgrund ausreichend großer Lagerungsdichte der anstehenden Materialien, ausgeschlossen werden. Für das kritische Reibungsverhältnis von  $R_f < 1,5$  liegen die Spitzenwiderstände der CPT 4-F8/16 bis CPT 10-F8/16 durchweg oberhalb der Grenzkurve. Ausgehend von diesen Bewertungen sind großräumige Bodenverflüssigungen auch in diesem lokalen Bereich als unwahrscheinlich einzuschätzen.

Unabhängig davon bleibt bei flurnahen Grundwasserständen eine geringe Gefährdung bezüglich lokal auftretender grundbruchartiger Geländeeinbrüche bestehen. Ein solcher grundbruchartiger Geländeeinbruch kann bei sehr geringen GWFA bereits durch sehr geringe Lasten ausgelöst werden, während bei hohen GWFA auch ein größerer Lasteintrag unproblematisch wäre.

In Abhängigkeit des vorhandenen GWFA können Bereiche definiert werden, in denen die geplanten Lasten (Solarmodule, Transformatorstationen, Baugeräte) gefahrlos in den Boden abgetragen werden können, siehe nachfolgender Abschnitt.

## 5 GEOTECHNISCHE BERECHNUNGEN

### 5.1 Bodenkennwerte

In den geotechnischen Berechnungen wurden die in Tabelle 5.1 zusammengestellten Bodenkennwerte angesetzt. Sie orientieren sich an U 2.1.

Tabelle 5.1 Bodenkennwerte

Schicht	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Brückenhochkippe über Grundwasser	13,8	25	5
Brückenhochkippe unter Grundwasser	17,5	25	0

### 5.2 Geforderte Sicherheiten

Für Grundbruchuntersuchungen werden nach DIN 4017 folgende Sicherheiten gefordert:

- für den permanenten Zustand (Lastfall 1):  $\eta_{\text{erf}} = 2,0$  und
- für den temporären Zustand (Lastfall 2):  $\eta_{\text{erf}} = 1,5$ .

### 5.3 Ergebnisse

#### 5.3.1 Solarmoduln

Die Solarmoduln tragen ihre Lasten über Rammpfähle in den Untergrund ab. Für die Pfähle sind Probelastungen zum Nachweis der ordnungsgemäßen Übertragung der Beanspruchungen in den Baugrund durchzuführen. Geotechnische Berechnungen zur Grundbruchsicherheit erübrigen sich damit.

### 5.3.2 Transformatorstation

Aufgrund der auf 9 m<sup>2</sup> flächig verteilten Last sind in den statischen Grundbruchuntersuchungen keine Probleme erkennbar. Die nach DIN 4017 für den permanenten Zustand geforderte Grundbruchsicherheit von 2,0 kann bei einem GWFA von 1,0 m eingehalten werden, siehe Anlage 3.1. Die Sicherheit ist damit gegeben.

### 5.3.3 Bereifte Baugeräte

Bereifte Baugeräte wurden mit einer Radlast von maximal 5,75 t in den statischen Grundbruchuntersuchungen berücksichtigt. Durch diesen Ansatz wird ein 2-achsiger LKW mit einer Gesamtmasse von 18 t erfasst. Für das Rad ergibt sich unter Einhaltung eines GWFA von 1,5 m eine Sicherheit von 1,5. Die für den temporären Zustand geforderte Grundbruchsicherheit ist damit gegeben, siehe Anlage 3.2.

### 5.3.4 Kettengeführte Baugeräte

Kettengeführte Baugeräte können Schwingungen in den Boden eintragen, die in der Folge lokale grundbruchartige Bodenverflüssigungen auslösen können. Zur Verhinderung dieser lokalen Verflüssigungsgrundbrüche muss der GWFA daher so groß sein, dass sich die Schwingungen nicht in wassergesättigte Bereiche ausbreiten. Zur Abschätzung des erforderlichen GWFA wurde in U 5.1 eine mathematische Beziehung entwickelt, die auf der statistischen Auswertung zahlreicher Feldversuche beruht. Demnach lässt sich der kritische Bereich, in dem mit dem Auslösen einer Verflüssigung zu rechnen ist, wie folgt abschätzen:

$$r_{krit} = \frac{1}{k} \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{(a_z/g)^2 + (a_x/g)^2}}{(a/g)_{krit}} \right)$$

Dabei sind:

- $r_{krit}$  ... radiale (kritische) Entfernung zur Erregerquelle
- $k$  ... Absorptionswert
- $a_x/g$  ... bezogene Beschleunigung in horizontaler Richtung
- $a_z/g$  ... bezogene Beschleunigung in vertikaler Richtung
- $(a/g)_{krit}$  ... kritische Beschleunigung (= 0,08 gemäß U 5.1)



Unter Ansatz der in U 5.1 gegebenen Zusammenhänge und der nach DIN 4017 für den temporären Zustand geforderten Grundbruchsicherheit von 1,5 ergeben sich für unterschiedliche kettenbetriebene Fahrzeuge die in Tabelle 5.2 angegebenen erforderlichen GWFA.

Tabelle 5.2      Erforderlicher GWFA bei bauzeitlichem Einsatz kettenbetriebener Fahrzeuge

	Planier- raupe	Bagger
<b>dyn. Elastizitätsmodul <math>E_{dyn}</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>	5,7E-04	5,7E-04
<b>Absorptionswert <math>k</math> [m<sup>-1</sup>]</b>	0,145	0,12
<b>Maximale Geschwindigkeit <math>v</math> [m/s<sup>2</sup>]</b>	-	5
<b>bezogene vertikale Beschleunigung <math>a_z/g</math> [-]</b>	0,06	0,065
<b>bezogene horizontale Beschleunigung <math>a_x/g</math> [-]</b>	0,0774	0,065
<b>kritischer Abstand <math>r_{krit}</math> [m]</b>	1,4	1,2
<b>Erforderlicher GWFA (bei 1,5-facher Sicherheit) [m]</b>	2,1	1,7

Die erforderliche Sicherheit für kettenbetriebene Baugeräte ist damit in allen Bereichen mit GWFA  $\geq 2,1$  m gegeben.

## 6 BEWERTUNG DER GEPLANTEN FLÄCHENNUTZUNG

Auf der Basis der ergänzenden Erkundungen ist zu schlussfolgern, dass innerhalb der zu bewertenden Kippenfläche keine großräumigen Bodenverflüssigungen zu erwarten sind. Eine Nutzung der Fläche ist daher grundsätzlich möglich.

Durch Baugeräte, die zur Herstellung des Solarparkes eingesetzt werden, ist ein GWFA von 2,1 m einzuhalten. Eine Befahrung von Flächen mit GWFA  $< 2,1$  m ist nicht gestattet. Kettenbetriebene Fahrzeuge (z.B. Bagger) haben zwingend eine Geschwindigkeit von 10 km/h einzuhalten.

Die zur Nutzung freigegebene Fläche mit GWFA  $> 2,1$  m ist in Anlage 1.4 dargestellt. Sie ist ca. 91 ha groß. Die nicht freigegebenen Flächen mit geringerem GWFA können als Biotope belassen und für naturschutzfachliche Ausgleichsmaßnahmen genutzt werden. Sie haben insgesamt eine Größe von ca. 16 ha.

## 7 EMPFEHLUNGEN

Aufgrund der Heterogenität der Kippenmaterialien werden sich Setzungen und aus Grundwasserstandsschwankungen resultierende Sackungen nicht gleichmäßig ausbilden. Setzungsunterschiede zwischen den einzelnen Fundamenten der Solarmodule können zur Schädigung der Module führen. Es wird daher im Fundamentbereich ein entsprechender Setzungsausgleich notwendig.

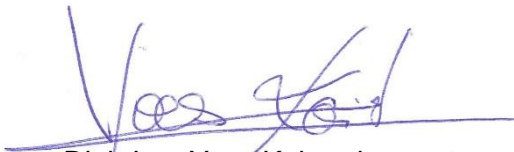
Da sich Sackungen in der Regel plötzlich einstellen können, ist die regelmäßige Kontrolle (Monitoring) des Solarparkgeländes zu empfehlen. Das Monitoring hat sich vordergründig auf die Stützenfüße zu konzentrieren und sämtliche Unregelmäßigkeiten der Geländeoberfläche einzubeziehen.

Für die Rammpfähle sind Probelastungen zum Nachweis der ordnungsgemäßen Übertragung der Beanspruchungen in den Baugrund durchzuführen.

Im Rahmen zusätzlich gewünschter geotechnischer Beratungen oder im Falle von Rückfragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

CDM Smith Consult GmbH

28.11.2016

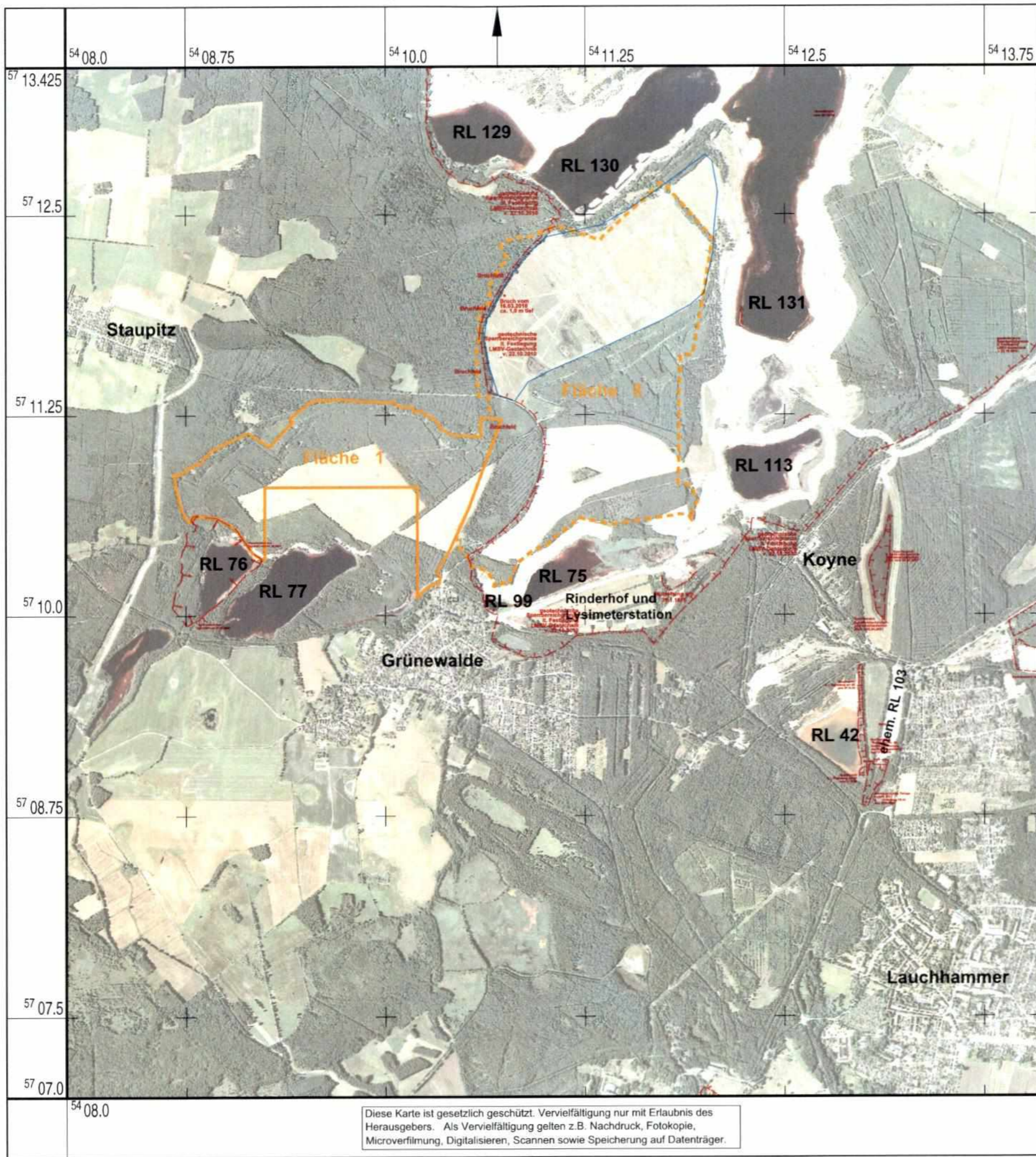


Dipl.-Ing. Yves Koitzsch  
vom Sächsischen Oberbergamt  
anerkannter Sachverständiger für Geotechnik








Dipl.-Ing. Sabine Klemm





Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.

**Legende:**

-  Grenze des Geltungsbereiches "Abschlussbetriebsplan Restlöcher und bergbauliche Anlagen im Raum Plessa" (Ausschnitt)
-  geotechnischer Sperrbereich
-  Fläche 1
-  Fläche 8
-  Bearbeitungsgebiet

Anlage 1.1

Projekt: **Kippenflächen nördlich Grünewalde Nordbereich Fläche 8 (ehem. Tagebau Koyne) Errichtung eines Solarparks**  
**Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung**

Plan-Bezeichnung: **Übersichtslageplan**

Auftragnehmer: **CDM Smith**  
 CDM Smith Consult GmbH  
 Weißenfesler Straße 65 H  
 04229 Leipzig  
 tel: 0341 33389300  
 fax: 0341 33389392  
 leipzig@cdmsmith.com  
 www.cdmsmith.com

Auftraggeber: **Energiebauern GmbH**  
 Energiebauern GmbH  
 Maria-Birnbaum-Str. 20  
 86577 Sielenbach

	Datum	Name / Abt.	Bestätigt	Maßstab  <b>1:25.000</b>
Risswerksverantw.				
thematisch bearbeitet				
thematisch bearbeitet	11/2016	Wagner / CDMSmith		
thematisch verantw.	11/2016	Klemm / CDMSmith		

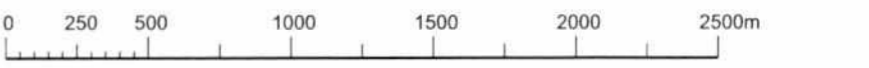
Auftragsnr. CDM: **114281**

Bezugssysteme:  
 Lage: Gauß-Krüger (Bessel) RD/83 /Lagestatus: 150  
 Höhe: Deutsches Haupthöhennetz 1992/ DHHN 92/ HS 160

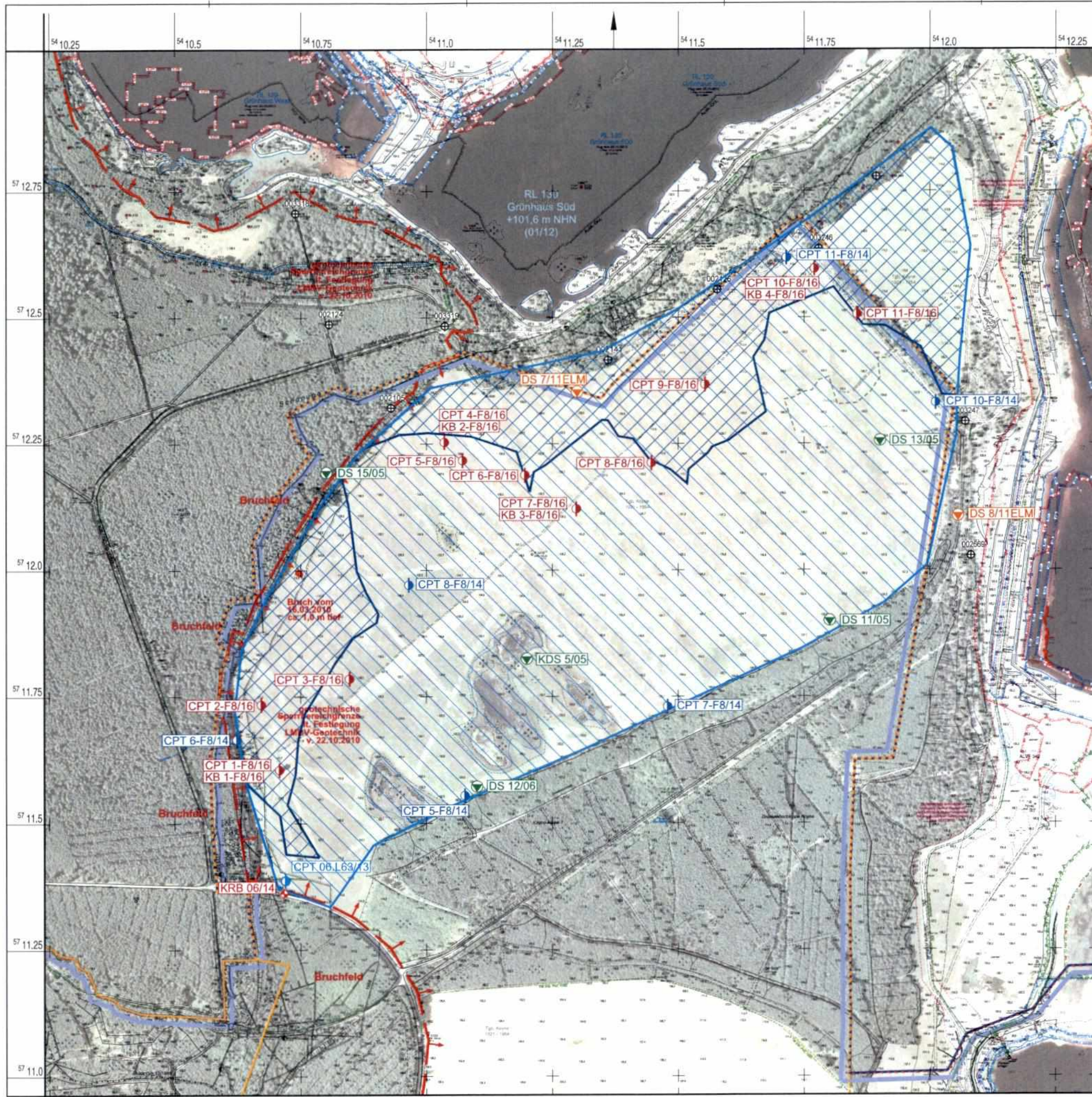
Kartengrundlage:  
 Bergm. Risswerk: 12/2013(1:2000)  
 Orthofoto: Hochbefliegung 2013  
 Realisierte Sanierungsmaßnahmen-Bereich Lauchhammer(Stand 11/2011)

Registr. -Nr.

Für die Richtigkeit der Markscheiderischen Unterlagen:  
 Leipzig, den .....Markscheider.....







- Legende:**
- Grenze des Geltungsbereiches "Abschlussbetriebsplan Restflächen und bergbauliche Anlagen im Raum Plesso" (Ausschnitt)
  - geotechnischer Sperrbereich
  - Fläche 1
  - Fläche 8
  - Bearbeitungsgebiet
  - von der LMBV vorläufig freigegebene Fläche
  - Trinkwasserleitung 200 PVC 1990
  - Realisierte Sprengverdichtung
  - Realisierte Rütteldruckverdichtung
  - Realisierte Leichte Rüttelverdichtung
  - Realisierte Vorfeld Rütteldruckverdichtung
  - Drucksondierungen Fläche 1 und 8, Dez. 2005 / Jan. 2006
  - Drucksondierungen, L63, Mai 2012
  - Drucksondierungen Flächen 1 und 8, Mai 2014
  - Kleinrammbohrungen und Schürfe, L 63, Sept. 2014
  - Drucksondierungen, L63, Aug. / Sept. 2013
  - vorhandene Pegel
  - Aufschlüsse Forstweg südl. Fläche 1, Jan./Febr. 2015
  - Ergänzende Erkundungen Fläche 1
  - Ergänzende Erkundungen Fläche 8

Anlage 1.2

Projekt: **Kippenflächen nördlich Grünewalde Nordbereich Fläche 8 (ehem. Tagebau Koyne) Errichtung eines Solarparks**  
**Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung**

Plan-Bezeichnung:  
 Lageplan mit relevanten Aufschlüssen

Auftragnehmer:  
 CDM Smith Consult GmbH  
 Weißensefelder Straße 65 H  
 04229 Leipzig  
 Tel: 0341 33389300  
 Fax: 0341 33389392  
 info@cdmsmith.com  
 www.cdmsmith.com

Auftraggeber:  
 Energiebauern GmbH  
 Maria-Birnbaum-Str. 20  
 86577 Sielenbach

Risikoverantwortliche	Datum	Name / Abl.	Bestätigt	Maßstab  <b>1:5.000</b>
Thematik bearbeitet				
Thematik bearbeitet	11/2016	Wagner / CDMSmith		
Thematik bearbeitet	11/2016	Klemm / CDMSmith		

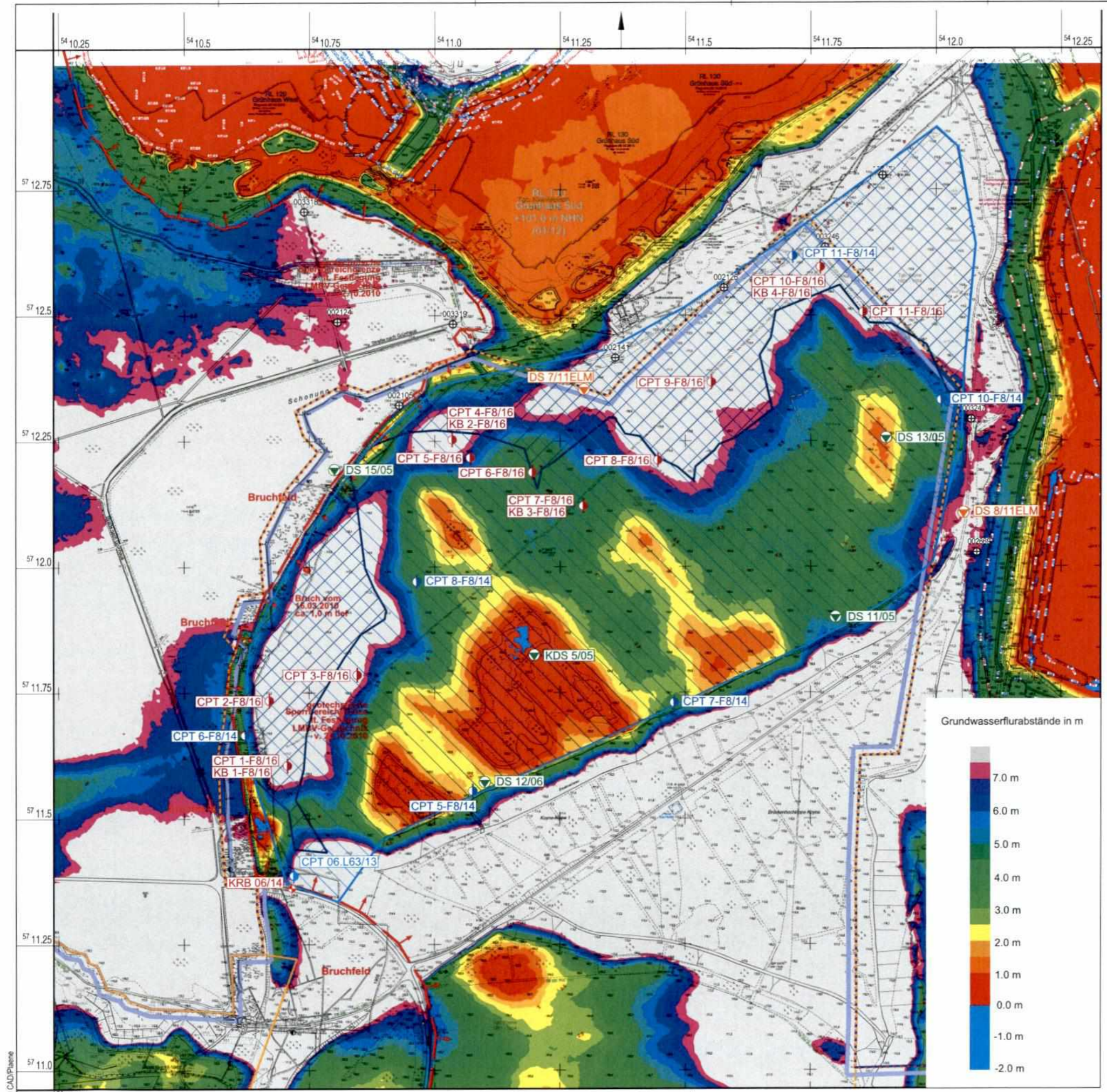
Auftragsnr. CDM: 114281  
 Bezugssysteme:  
 Lage: Gauß-Krüger (Bessel) RD83 / Legentour: 150  
 Höhe: Deutsches Hauptknotennetz 1982 DTM44 IZ: H5 160  
 Kartengrundlage:  
 Bergl. Posit. 12/2013 (1:2000)  
 Ortho: Hochbelegung 2013  
 Realisier. Sanierungsmaßnahmen  
 Maßnahmen Bereich Lauchhammer (Stand 11/2011)

Regist.-Nr.  
 Für die Richtigkeit der Markscheiderischen Unterlagen:  
 Leipzig, den ..... Markscheider.....



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.





- Legende:**
- Grenze des Geltungsbereiches "Abschlussbetriebsplan Restflöcher und bergbauliche Anlagen im Raum Plesso" (Ausschnitt)
  - geotechnischer Sperrbereich
  - Fläche 1
  - Fläche 8
  - Bearbeitungsgebiet
  - von der LMBV vorläufig freigegebene Fläche
  - Trinkwasserleitung 200 PVC 1990
  - Realisierte Sprengverdichtung
  - Realisierte Rütteldruckverdichtung
  - Realisierte Leichte Rüttelverdichtung
  - Realisierte Vorfeld Rütteldruckverdichtung
  - Drucksondierungen Fläche 1 und 8, Dez. 2005 / Jan. 2006
  - Drucksondierungen, L63, Mai 2012
  - Drucksondierungen Flächen 1 und 8, Mai 2014
  - Kleinrammb Bohrungen und Schürfe, L 63, Sept. 2014
  - Drucksondierungen, L63, Aug./Sept. 2013
  - vorhandene Pegel
  - Aufschlüsse Forstweg südl. Fläche 1, Jan./Febr. 2015
  - Ergänzende Erkundungen Fläche 1
  - Ergänzende Erkundungen Fläche 8

Anlage 1.3

Projekt: **Kippenflächen nördlich Grünewalde Nordbereich Fläche 8 (ehem. Tagebau Koyné) Errichtung eines Solarparks**  
**Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung**

Plan-Bezeichnung: **Lageplan mit Darstellung Flurabstand**

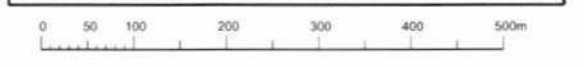
Auftragnehmer: **CDM Smith**  
 CDM Smith Consult GmbH  
 Weissenfeller Straße 65 H  
 04229 Leipzig  
 Tel: 0341 33389300  
 Fax: 0341 33389302  
 Leipzig@cdmsmith.com  
 www.cdmsmith.com

Auftraggeber: **Energiebauern GmbH**  
 Energiebauern GmbH  
 Maria-Birnbaum-Str. 20  
 86577 Sielenbach

Risikoverantwort	Datum	Name / Abt.	Bestätigt	Maßstab <b>1:5.000</b>
Thematisch bearbeitet				
Thematisch bearbeitet	11/2016	Wagner / CDMSmith		
Thematisch bearbeitet	11/2016	Klemm / CDMSmith		

Auftragsnr. CDM: 114281  
 Bezugssysteme:  
 Lage: UTM-Koordinaten (Bezug: RDR3) Lagerstatus: 150  
 Höhe: Deutsches Hauptmeridiannetz 1952 DTM 52 HS 150  
 Kartengrundlage:  
 Bergm. (Brosch. 12013) 1:2000  
 Orthofoto: Hochbelegung 2013  
 Realisierte Sanierungsmaßnahmen: Maßnahmen Bereich Lauchhammer (Stand 11/2011)

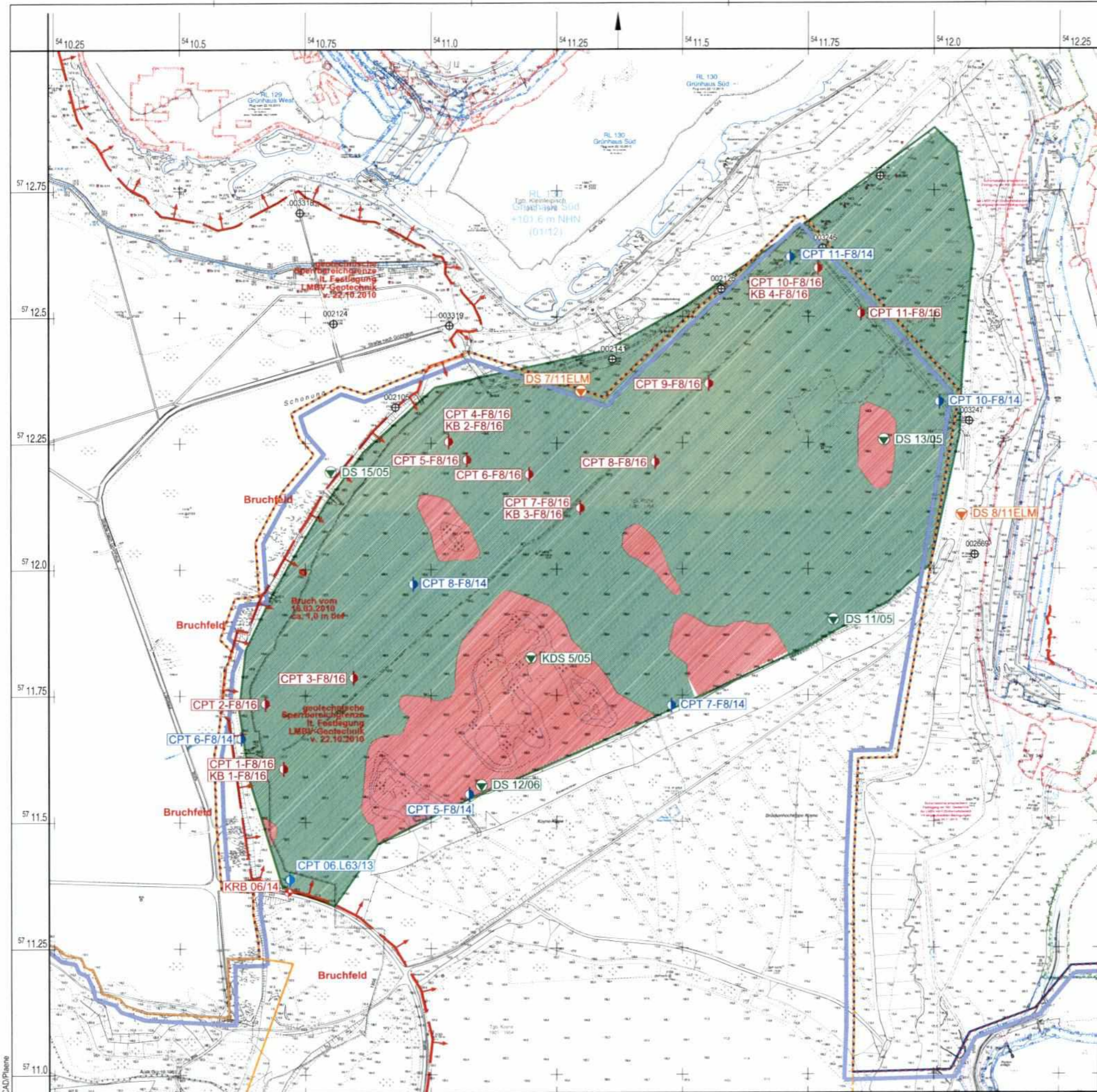
Regist.-Nr. \_\_\_\_\_  
 Für die Richtigkeit der Markscheiderischen Unterlagen:  
 Leipzig, den ..... Markscheider.....



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.

114281/500 CAD/Plan





- Legende:**
- Grenze des Geltungsbereiches "Abschlussbetriebsplan Restflöcher und bergbauliche Anlagen im Raum Plessa" (Ausschnitt)
  - geotechnischer Sperrbereich
  - Fläche 1
  - Fläche 8
  - freigegebener Baubereich
  - Bereich zur Befahrung nicht freigegeben
  - Trinkwasserleitung 200 PVC 1990
  - Realisierte Sprengverdichtung
  - Realisierte Rütteldruckverdichtung
  - Realisierte Leichte Rüttelverdichtung
  - Realisierte Vorfeld Rütteldruckverdichtung
  - DS 9 Drucksondierungen Fläche 1 und 8, Dez. 2005 / Jan. 2006
  - DS 5/11ELM Drucksondierungen, L63, Mai 2012
  - CPT 3-F8/14 Drucksondierungen Flächen 1 und 8, Mai 2014
  - KRB 03/14 Kleinrammbahrungen und Schürfe, L 63, Sept. 2014
  - CPT 03 L63/13 Drucksondierungen, L63, Aug./Sept. 2013
  - 002179 vorhandene Pegel
  - KRB 01-LRS15 Aufschlüsse Forstweg südl. Fläche 1, Jan./Febr. 2015
  - CPT 1-F1/16  
KB 1-F1/16 Ergänzende Erkundungen Fläche 1
  - CPT 7-F8/16  
KB 3-F8/16 Ergänzende Erkundungen Fläche 8

Anlage 1.4

Projekt: **Kippenflächen nördlich Grünewalde Nordbereich Fläche 8 (ehem. Tagebau Koyné) Errichtung eines Solarparks**  
**Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung**

Plan-Bezeichnung: **Lageplan mit Darstellung freigegebener Baubereich**

Auftragnehmer: **CDM Smith**  
 CDM Smith Consult GmbH  
 Weissenfeller Straße 65 H  
 04229 Leipzig  
 Tel: 0341 33389300  
 Fax: 0341 33389392  
 info@cdmsmith.com  
 www.cdmsmith.com

Auftraggeber: **Energiebauern GmbH**  
 Energiebauern GmbH  
 Maria-Birnbaum-Str. 20  
 06577 Sielenbach

Risikoverantwort	Datum	Name / Abt.	Bestätigt	Maßstab  <b>1:5.000</b>
thematisch bearbeitet				
thematisch bearbeitet	11/2016	Wagner / CDMSmith		
thematisch bearbeitet	11/2016	Klemm / CDMSmith		

Auftragsnr. CDM: 114281  
 Bezugssysteme: Lage: Gauss-Krüger (Bessel) RD83; Legende: 150; Höhe: Deutsches Hauptkennnetz 1985 (DHN 92 HS 180)  
 Kartengrundlage: Bergm. (Bayerl.) 1:20000; Datum: Hochbefragung 2013; Realisierte Sicherungsmaßnahmen: naturnaher Bereich Lauchhammer (Stand 11/2011)

Regist.-Nr. \_\_\_\_\_  
 Für die Richtigkeit der Markscheiderischen Unterlagen:  
 Leipzig, den \_\_\_\_\_ Markscheider \_\_\_\_\_





Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.

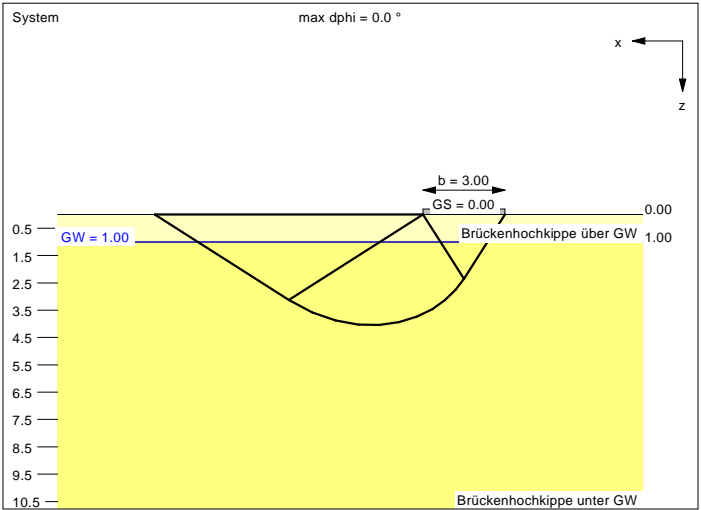
114281/500 CAD/Planung



Grundbruchberechnung nach DIN 4017  
 Tragfähigkeit der Kippenmaterialien / erdfeuchte Mindestüberdeckung  
 Dauerstandicherheit Transformatorstationen

Kippenflächen nördlich Grünwalde, Nordbereich Fläche 8  
 Errichtung eines Solarparks  
 Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	13.8	3.8	25.0	5.0	3.0	0.00	Brückenhochkippe über GW
	17.5	7.5	25.0	0.0	5.0	0.00	Brückenhochkippe unter GW

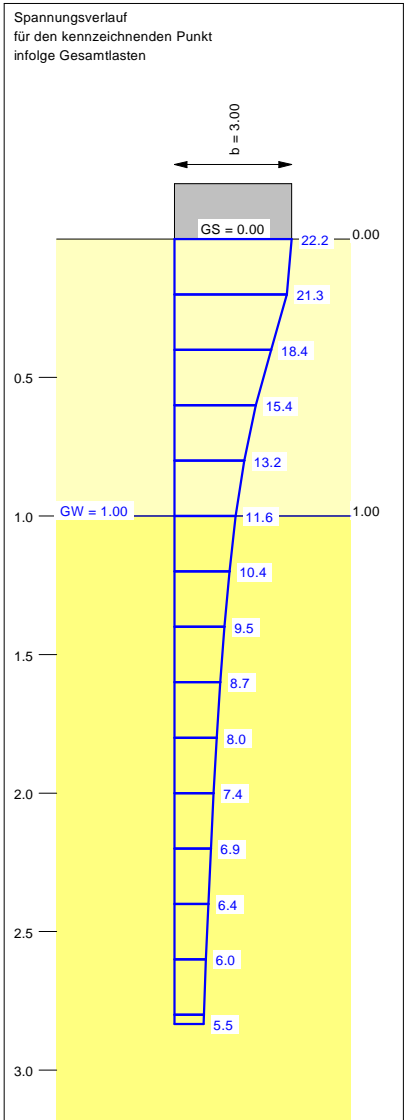


**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Vertikallast  $V = 200.00$  kN  
 Horizontalkraft  $H_x = 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $H_y = 0.00$  kN  
 Moment  $M_x = 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_y = 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 3.00$  m  
 Breite  $b = 3.00$  m  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 3.00$  m  
 Breite  $b' = 3.00$  m

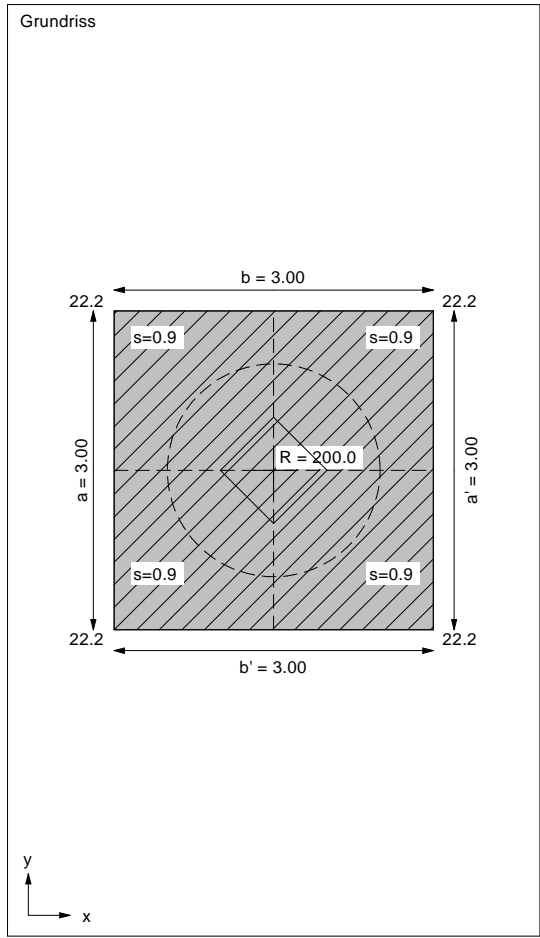
$N_{c0} = 20.72$ ;  $N_{d0} = 10.66$ ;  $N_{b0} = 4.51$   
 Formbeiwerte (x):  
 $v_c = 1.466$ ;  $v_d = 1.423$ ;  $v_b = 0.700$   
 Tiefenbeiwerte (x):  
 $\tau_c = 1.000$ ;  $\tau_d = 1.000$ ;  $\tau_b = 1.000$

**Setzung:**  
 Grenztiefe  $t_g = 2.83$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.86 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 0.86 cm  
 rechts oben = 0.86 cm  
 links unten = 0.86 cm  
 rechts unten = 0.86 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0

**Grundbruch:**  
 Bezugsgröße: Last  
 erf  $\eta = 2.00$   
 vorh  $\sigma = 22.2$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma$  (Bruch) = 121.7 kN/m<sup>2</sup>  
 vorh  $V = 200.0$  kN  
 $V$  (Bruch) = 1095.0 kN  
 min  $\eta$  (parallel zu x) = 5.48  
 cal  $\varphi = 25.0^\circ$   
 cal  $c = 0.97$  kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 9.75$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 4.04 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 15.75 m  
 Fläche log. Spirale = 32.74 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):



**Berechnungsgrundlagen:**  
 Norm: DIN 1054 (alt)  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Globalsicherheitskonzept  
 Bezugsgröße: Last  
 Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)  
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 1.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 Datei: 114281\_Trafostat.gdg  
 ——— 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite



Massstab	---
Projekt-Nr.	100564
Bericht	1
Anlage Nr.	A 3.1



Grundbruchberechnung nach DIN 4017  
 Tragfähigkeit der Kippenmaterialien / erdfeuchte Mindestüberdeckung  
 Bauzeitliche Sicherheit 2-achsiger LKW

Kippentflächen nördlich Grünwalde, Nordbereich Fläche 8  
 Errichtung eines Solarparks  
 Bodenmechanische Bewertung der geplanten Folgenutzung

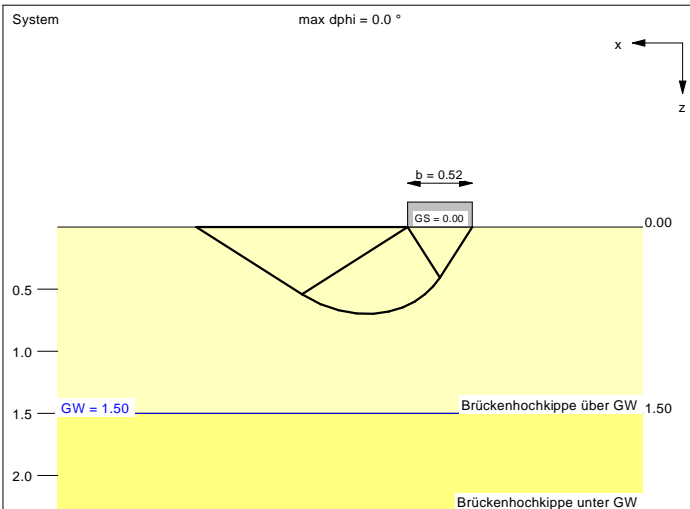
Massstab ---

Projekt-Nr. 100564  
 Bericht 1

Anlage Nr. A 3.2



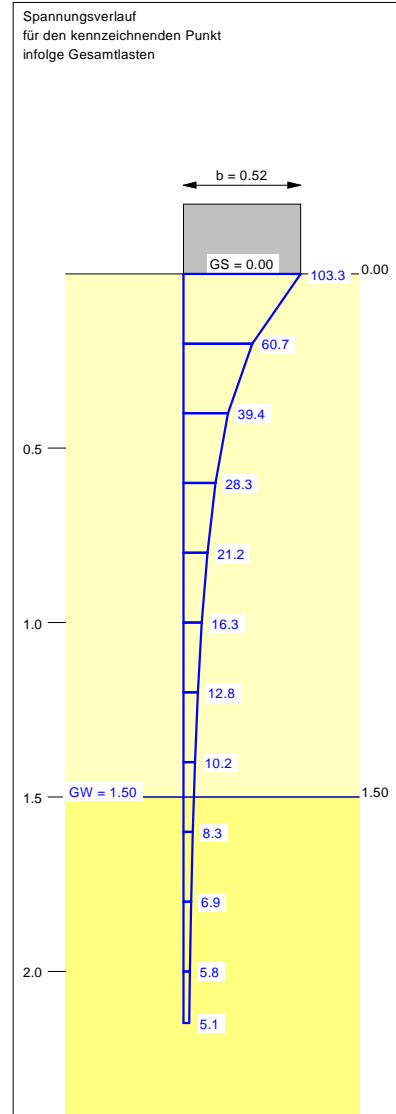
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	13.8	3.8	25.0	5.0	3.0	0.00	Brückenhochkippe über GW
	17.5	7.5	25.0	0.0	5.0	0.00	Brückenhochkippe unter GW



Ergebnisse Einzelfundament:  $N_{c0} = 20.72$ ;  $N_{d0} = 10.66$ ;  $N_{b0} = 4.51$   
 Vertikallast  $V = 57.50$  kN  
 Formbeiwerte (x):  
 Horizontalkraft  $H_x = 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $H_y = 0.00$  kN  
 Moment  $M_x = 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_y = 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 1.07$  m  
 Breite  $b = 0.52$  m  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 1.07$  m  
 Breite  $b' = 0.52$  m

Setzung:  
 Grenztiefe  $t_g = 2.15$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.68 cm  
 Setzungen der KPs:  
 links oben = 1.68 cm  
 rechts oben = 1.68 cm  
 links unten = 1.68 cm  
 rechts unten = 1.68 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0  
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0

Grundbruch:  
 Bezugsgröße: Last  
 erf  $\eta = 1.50$   
 vorh  $\sigma = 103.3$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma$  (Bruch) = 154.7 kN/m<sup>2</sup>  
 vorh  $V = 57.5$  kN  
 $V$  (Bruch) = 86.1 kN  
 min  $\eta$  (parallel zu x) = 1.50  
 cal  $\varphi = 25.0$  °  
 cal c = 5.00 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.80$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_0 = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 0.70 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 2.73 m  
 Fläche log. Spirale = 0.98 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):



Berechnungsgrundlagen:  
 Norm: DIN 1054 (alt)  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Globalsicherheitskonzept  
 Bezugsgröße: Last  
 Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)  
 Gründungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 1.50 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 Datei: 114281\_Bauzeit\_LKW.gdg  
 --- 1. Kernweite  
 - - - 2. Kernweite

