

ICP – Johannes-Kepler-Straße 7 – D-54634 Bitburg

Solargrün GmbH
Oi Yun Man
Marie-Curie-Ring 15
55291 Saulheim



ICP
INGENIEURE
GMBH

Geotechnik
Ingenieurgeologie
Umwelt / Rückbau

Geschäftsführer
Frank Neumann
Oliver Semmelsberger

Amtsgericht
Kaiserslautern
HRB2687

USt-Id-Nr. DE 152749803
USt-Id-Nr. LU 18399128

Geotechnischer Bericht

Projekt-Nr.: SB24043-1
Projekt: PV-Anlage, 54608 Mützenich
Aktualisierte Version vom 28.10.2024
Betreff: Baugrunderkundung mit geotechnischem Bericht, inkl. Kf-Wert Bestimmung
Bearbeiter: Pascal Begon (B.Eng., B.Sc. UGW) /ns
Datum: 04.12.2024
Verteiler: vorab per E-Mail an oiyun.man@solargruen.de

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Leistungsumfang	4
2	Baugrundbeschreibung.....	8
2.1	Geologie, Baugrundsichtung und Bodenkenngößen	8
2.2	Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach Kersten	13
2.3	Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung	14
3	Verfahrenstechnik - Rammen	18
3.1	Allgemeines	18
3.2	Bewertung	20
3.3	Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen.....	21
4	Verfahrenstechnik - Schraubfundamente.....	22
5	Analytik.....	23
6	Erdbautechnische Hinweise	26
7	Wegebau.....	27
8	Versickerungseignung der anstehenden Böden	31
8.1	Allgemeines	31
8.2	Ermittlung des kf-Wertes.....	33
9	Ermittlung des spezifischen Erdwiderstands mittels.....	35
	Wenner-Methode	35
10	Schlussbemerkung	39

Anlagen:

1. Lageplan
2. Bohrprofile nach DIN 4023 und
Rammprofile in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2
3. Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
4. Korngrößenverteilung nach DIN 18123
5. Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
6. Messung Erdwiderstand
7. Analytik:
 - Stahlaggressivität nach DIN 50929
 - Betonaggressivität nach DIN 4030
8. Versickerungsversuche nach LANG/HUDER

Abkürzungen

RB	-	Kleinrammbohrung (DN80/60)
DPH	-	Schwere Rammsondierung (dynamic probe heavy)
ES	-	Erkundungsstelle (Punkt)
m üNN	-	Meter über Normalnull
m uAP	-	Meter unter Ansatzpunkt
m uGOK	-	Meter unter Geländeoberkante
OK	-	Oberkante
FP / RP / KD	-	Festpunkt / Referenzpunkt / Kanaldeckel

Erläuterungen

Bsp.		
[GW]	-	Bodengruppe GW nach DIN 18196, Klammerung = Auffüllung
3,0 m uGOK	-	alle im Bericht genannten Tiefen beziehen sich immer, sofern nicht anders benannt, auf die Geländeoberkante (GOK) zum Zeitpunkt der Feldarbeiten

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die ICP Ingenieure GmbH wurde vom AG (solargrün GmbH) mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts für das obige Bauvorhaben, sowie im September 2024 mit ergänzenden Versickerungsversuchen zur Bestimmung von kf-Werten beauftragt.

Vorhaben

Auf den Flurstücken 26, 65 und 33, Flur 7, Gemarkung Mützenich, südwestlich der Ortslage Mützenich und nordwestlich des Ortsteils Schweiler, ist die Errichtung eines Solarparks (Photovoltaik-Freiflächenanlage) geplant. Die Fläche ist aktuell als landwirtschaftliche Nutzfläche (Grün-/Ackerland) zu klassifizieren und neigt sich großflächig Richtung Südwesten.

Planunterlagen (AG-seitig)

[1] Luftbild / Geltungsbereich, M. 1:3500, solargrün, 17.11.2022

Fotos (Feldarbeiten am 10./11.06.2024)



Feldarbeiten

Zur Erkundung des Untergrundes wurden im Baufeld insgesamt **-12-** Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 12 (DN 80/60) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen zwischen 1,2 – 2,0 m abgeteuft.

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der anstehenden Lockergesteinsböden sowie zur Erkundung der Tiefenlage der nicht mehr rambbaren Übergangszone zum Festgestein kamen **-24-** schwere Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 24 nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung. Die Sondierungen wurden in Tiefen zwischen 1,2 m und 3,0 m (Zieltiefe 3,0 m) beendet (Stillstand / Abbruch).

Erdwiderstand:

Die ICP wurde zudem mit der geoelektrischen Bodenwiderstandsmessung beauftragt. Die Ergebnisse sind als Anlage 6 beigelegt.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden mittels GNSS-Vermessung nach Lage (UTM-Koordinaten) und Höhe (m üNN) aufgenommen.

Bodenmechanisches Labor

Zur Bodenklassifikation nach DIN 18196 wurden im bodenmechanischen Labor an **-1-** charakteristischen Bodenprobe die Korngrößenverteilungen mittels Sieb- / Schlämmanalyse nach DIN 18123 bzw. DIN EN 933 und an **-2-** charakteristischen Bodenproben die Korngrößenverteilungen mittels Siebanalyse bestimmt (Anlage 4).

Zudem wurden an **-2-** charakteristischen Bodenproben die Zustandsgrenzen nach ATTERBERG gemäß DIN EN ISO 17892-12 bestimmt (Anlage 5).

Auf die Bestimmung der Kornform wurde aufgrund der überwiegend aufgeschlossenen feinkörnigen Böden verzichtet.

Analytik (Anlage 7)

An **-1-** Mischprobe aus allen Bohrungen wurde die Stahlaggressivität nach DIN 50929, Teil 3, und die Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht.

Bericht

Die UTM-Koordinaten sowie die Endteufen der niedergebrachten Aufschlüsse (m uAP und m üNN) sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Lage der Ansatzpunkte ist dem beigelegten Lageplan zu entnehmen (Anlage 1).

Tabelle 1: Höhen- und Koordinatenangaben

Höhen- und Koordinatenangaben					
Beobachter:		JK			
Koordinatensystem:		UTM-Koordinatensystem			
Erkundungs- stellen (ES) Punkt	Aufschluss	UTM-Koordinaten		Ansatzpunkt (AP)	Endteufe
		Rechtswert [m]	Hochwert [m]	[m üNN]	[m uAP]
1	DPH1 / RB1	5570015.84947	304242.54677	515,09	2,9 / 1,6
2	DPH2	5570093.19219	304126.17336	520,63	2,5
3	DPH3 / RB2	5570151.43416	304023.29402	524,33	2,6 / 1,4
4	DPH4	5570079.82344	303994.88309	513,17	2,3
5	DPH5 / RB3	5570035.58736	304099.50760	511,41	2,6 / 1,2
6	DPH6	5569968.27809	304221.32853	508,59	2,9
7	DPH7	5569978.25062	304116.97336	502,76	3,0
8	DPH8 / RB4	5569981.81728	304028.15591	501,53	2,8 / 1,7
9	DPH9 / RB5	5569925.34220	304127.42760	494,77	2,9 / 1,6
10	DPH10 RB6	5569893.29703	304175.71953	496,02	2,7 / 1,3
11	DPH11 / RB7	5569769.15508	304066.93073	475,45	3,0 / 2,0
12	DPH12	5569824.49277	303913.32067	481,83	2,9
13	DPH13 / RB8	5569880.06827	303886.25111	486,83	2,8 / 1,6
14	DPH14 / RB9	5569876.36442	304013.22325	485,00	2,6 / 1,4
15	DPH15	5569869.41801	304077.40006	484,61	3,0
16	DPH16	5569932.77537	304032.80685	491,90	2,9
17	DPH17	5569704.20450	304080.31125	468,80	2,9
18	DPH18	5569652.27177	304150.97505	472,41	2,9
19	DPH19 / RB10	5569619.01677	304234.14685	489,37	2,9 / 1,4
20	DPH20	5569737.96388	304192.61221	486,01	2,9
21	DPH21 / RB11	5569775.49691	304138.83220	479,95	2,8 / 1,5
22	DPH22	5569849.36947	304223.70629	492,48	2,3
23	DPH23	5569666.02652	304304.31335	496,49	2,5
24	DPH24 / RB12	5569750.80624	304372.13274	504,51	2,9 / 1,7
E1		5569878.23882	304081.13997	485,76	
E2		5570063.67706	304139.88185	517,52	
Versickerung	LH1	5569696.79487	304104.56417	471,01	
	LH2	5569773.82955	304036.68637	474,61	
	LH3	5569820.27982	303980.50174	474,12	
	LH4	5569811.77947	303957.87314	474,55	

Die Aufschlussergebnisse wurden in Schlagzahl diagrammen für Rammsondierungen in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2 und Bohrprofilen nach DIN 4023 (Anlage 2) sowie in Schichtenverzeichnissen nach DIN 4022 (Anlage 3) dargestellt.

Für die erbohrten Bodenschichten wurden die charakteristischen Bodenkenngrößen nach DIN 1055, die Bodengruppen nach DIN 18196, die Bodenklassen nach DIN 18300: 2012-09 und die Frostepfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 ermittelt. Weiterhin wurden Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 gebildet.

Der vorliegende geotechnische Bericht fasst die Ergebnisse der voran genannten Untersuchungen zusammen und gibt Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung.

2 Baugrundbeschreibung

2.1 Geologie, Baugrundsichtung und Bodenkenngößen

Gemäß der Geologischen Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz, CC 6302 Trier, M. 1 : 300.000 (herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland; 1987) liegt das Untersuchungsgebiet wie folgt:

Geologische Einheit: dzG
Stratigraphie: Devon, Unterdevon, Unterems in grauer klastischer Fazies (Ulmen- bis Vallendar-Unterstufe, ohne Klerf-Schichten)
Petrographie: Wechsellagerung aus Ton-, Silt- und Sandstein

Abfrage Bodenkarte BFD50 (Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz):

Böden aus solifluidalen Sedimenten – Regosol aus flachem lössarmem Gruslehm (Hauptlage) über Lehmgrus (Basislage) über Schutt aus Schiefer oder Sandstein (Devon).

In situ aufgeschlossene Baugrundsichtung

Unter Berücksichtigung der geschilderten regionalgeologischen Situation sowie auf Grundlage der Aufschlussresultate lassen sich die angetroffenen Baugrundverhältnisse in nachfolgende Schichtglieder (SG) unterteilen:

SG 0 - Oberboden

Der Oberboden ist durchwurzelt und wurde in einer Mächtigkeit von ca. 0,2 m aufgeschlossen, wobei die Dicke der Oberbodenschicht im Baufeld darüber hinaus variieren kann.

SG I – Bindige Böden

Unterhalb des Oberbodens wurden maßgeblich bindige Böden aus sandigen, tonigen, kiesigen Schluffen in meist steifer, steif-halbfester und zur Tiefe auch halbfester-fester Konsistenz von leichter und mittlerer Plastizität mit graubrauner/brauner Färbung aufgeschlossen. In diesen Böden endeten die Bohrungen durch zu hohen Reibungswiderstand.

SG II – Nichtbindige Böden - Grus

Unterhalb sind erfahrungsgemäß mit steigendem Skelettanteil schwach schluffige, sandige Kiese (Verwitterungsgrus) von brauner Färbung in dichter Lagerung zu erwarten, welche als **Nichtbindige Böden** bezeichnet werden. Mit der Tiefe nimmt der Grusanteil und erfahrungsgemäß die Korngröße des stark verwitterten Ausgangsgesteins (Wechsellagerung aus Ton-, Silt- und Sandstein) sukzessive zu.

SG III - Übergangszone zum Festgestein bzw. das Festgestein

Die **Übergangszone zum Festgestein bzw. das Festgestein** im Liegenden wurde mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen und kann somit bei derzeitigem Kenntnisstand nicht weitergehend nach DIN 18300 klassifiziert werden. Zunächst ist jedoch davon auszugehen, dass die Übergangszone im Bereich von Sondierstillständen vor Erreichen der Zieltiefe von 3 m ab Tiefen von etwa >2,5 m (bspw. ES23) beginnt (siehe Kapitel 2/3). Überwiegend ist jedoch bis 3 m nicht von massivem Festgestein auszugehen.

Die charakteristischen Kenngrößen für Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 1 der anstehenden Schichtglieder sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Kenngrößen und Bodenparameter

	SG I Bindige Böden Lehme	SG II Nichtbindige Böden Grus	SG III Übergangszone/ Festgestein⁺⁺⁺⁺
Bodengruppe (DIN 18196)	TL, TM, GU*, SU*	GU	--
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4, 2 ⁺ , 6 ⁺⁺	3	6, 7
Homogenbereich ⁺⁺⁺ (DIN 18300:2019-09)	B1	B2	X1, X2
Lagerungsdichte	--	mitteldicht – sehr dicht	--
Konsistenz	weich – halbfest, fest	--	--
Plastizität	leicht, mittel	--	--
Wichte (DIN 1055) erdfeucht γ_k [kN/m ³] unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	19,5 – 20,5 9,5 – 10,5	20,0 – 22,0 10,0 – 12,0	22,0 – 24,0 12,0 – 14,0
<i>Scherfestigkeit</i> Reibungswinkel α φ' [Grad] (DIN 1055)	22,5 – 27,5	32,5 – 35,0	35,0 – 37,5 Kluftreibungswinkel
<i>Scherfestigkeit</i> Kohäsion (DIN 1055) $c_{u,k}$ [kN/m ²] c'_k [kN/m ²]	20 – 60 2 – 10	--	-- --
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10 – 50	40 – 80	>100
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F3	F2	--
Durchlässigkeitsbeiwert α k_f [m/s] (Literaturangaben)	10 ⁻⁶ bis 10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁸	Kluftabhängig
Bemessungswert des Sohllwiderstands für Streifenfundamente $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] (DIN 1054:2010-12)	200 ¹⁾	380 ²⁾	500-700
Schätzwerte Massenanteil (M.-%) Steine Blöcke große Blöcke	0 – 30 0 0	0 – 30 0 – 30 ---	--

- ^{*)} Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes.
 Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr und dynamische Belastung lässt sie in die Bodenklasse 2 übergehen.
- ⁺⁺⁾ ab fester Konsistenz
- ⁺⁺⁺⁾ Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen und nicht gemäß der durchgeführten LAGA-Analytik. Die für Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 1 nach DIN 4020 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung der Bandbreite möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten.
- ⁺⁺⁺⁺⁾ Auf Grundlage der regionalgeologischen Situation angenommene Werte
- 1) Dieser Wert gilt nur für **Streifenfundamente** mit b bzw. $b' = 0,5$ m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von **1,0 m**, bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds hingewiesen. Für andere Einbindetiefen gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.1. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12). Bei Anwendung der Werte nach Tabelle A 6.1 ist bei Fundamentbreiten bis **1,5 m mit Setzungen von etwa 2 cm**, bei breiteren Fundamenten mit ungefähr proportional zur Fundamentbreite stärkeren Setzungen zu rechnen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.
- 2) Dieser Wert gilt nur für **Streifenfundamente** mit b bzw. $b' = 0,5$ bis 2,0 m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von **1,0 m** bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife Konsistenz. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A. 6.6. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12).
 Die Anwendung der in DIN 1054:2010-12, Tab. A. 6.6 genannten Werte kann bei mittig belasteten Fundamenten je nach Fundamentbreite zu **Setzungen in der Größenordnung $s \approx 2$ bis 4 cm** führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

Erläuterungen zu Bodenkennwerten

Frostempfindlichkeitsklassen

Die Frostempfindlichkeitsklassen (FE-Klassen) sind eine Einteilung, die die Empfindlichkeit von Böden gegenüber Frost verdeutlicht. Sie gibt an, wie stark ein Boden bei Frost-Tau-Wechseln zur Volumenzunahme und damit zur Bildung von Frostschäden neigt. Die Klassifizierung erfolgt typischerweise nach dem Anteil der Feinpartikel und der Wasserdurchlässigkeit des Bodens.

FE-Klasse F1: Frostunempfindlich. Diese Böden enthalten kaum feine Partikel und sind stark wasserdurchlässig, beispielsweise grobkörnige Sande und Kiese.

FE-Klasse F2: Gering frostempfindlich. Diese Böden weisen geringe Mengen an Feinanteilen auf und sind mäßig wasserdurchlässig, wie beispielsweise Sand-Kies-Gemische mit etwas Lehm.

FE-Klasse F3: Frostempfindlich. Enthalten deutlich mehr Feinanteile und nehmen daher Wasser gut auf. Böden wie lehmige Sande gehören zu dieser Klasse.

→ **die vorhandenen Böden des SGI (aufliegende Lehme) sind damit frostempfindlich, zur Tiefe sinkt der Feinkornanteil und auch die Frostempfindlichkeit nimmt ab.**

Reibungswinkel

Der Reibungswinkel, oft auch als innerer Reibungswinkel bezeichnet, beschreibt den Winkel, unter dem Bodenpartikel aneinander vorbeigleiten können, bevor sie zu rutschen beginnen. Ein hoher Reibungswinkel, wie er bei kiesigen oder sandigen Böden vorliegt, zeigt eine gute Scherfestigkeit, also Stabilität gegen Scherbeanspruchungen an.

Tonige Böden haben hingegen einen niedrigeren Reibungswinkel und sind dadurch weniger stabil, was besonders bei Böschungen oder Baugruben relevant ist.

Kohäsion (undrainiert und drainiert)

Die Kohäsion beschreibt die innere Bindungskräfte im Boden. Sie tritt besonders in fein- und tonhaltigen Böden auf und wirkt zusätzlich zum Reibungswiderstand stabilisierend. Man unterscheidet zwischen drainierter und undrainierter Kohäsion:

Undrainierte Kohäsion (kurzfristig): Wird bestimmt, wenn der Boden gesättigt und keine Wasserabgabe an die Umgebung möglich ist. Dies tritt bei plötzlicher Belastung auf, wie zum Beispiel beim Aushub von Baugruben, wenn das Wasser keine Zeit hat, sich zu verteilen.

Drainierte Kohäsion (langfristig): Beschreibt die Bodenfestigkeit unter Berücksichtigung der Wasserabgabe über einen längeren Zeitraum, was zu einer stabileren Lastverteilung führt. Dieser Wert ist wichtig für die langfristige Standsicherheit von Bauwerken.

Wichte

Die Wichte beschreibt das Gewicht eines Bodens pro Volumeneinheit und ist essenziell für die Berechnung von Erdlasten auf Bauwerken. Sie wird in kN/m^3 angegeben und unterscheidet sich, je nachdem, ob der Boden trocken oder gesättigt ist. Eine hohe Wichte (wie bei dichten, tonigen Böden) bedeutet höhere Auflasten auf Bauwerke und eine potenziell höhere Tragfähigkeit des Bodens.

Plastizität

Die Plastizität beschreibt die Verformbarkeit von Böden bei Feuchtigkeitsänderungen und ist ein Maß für die Konsistenz und Formbarkeit toniger Böden. Sie wird durch die Atterberg-Grenzen (Flüssigkeits- und Plastizitätsgrenzen) bestimmt:

Flüssigkeitsgrenze: Der Wassergehalt, ab dem der Boden flüssig wird.

Plastizitätsgrenze: Der Wassergehalt, ab dem der Boden von einem festen in einen plastischen Zustand übergeht.

Plastische Böden wie Ton können sich unter Feuchtigkeitsveränderungen deutlich verformen, was für die Setzungsprognose von Bauwerken eine Rolle spielt.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte
B1	Bindige Böden der Bodengruppen TL, TM, UM, UL, SU*, GU* leichte/mittlere Plastizität weiche bis halbfeste Konsistenz Feinkornanteil: 20 - 50 M. % Sandkornanteil: 15 – 35 M. % Kieskornanteil: 20 - 50 M.-% <i>Steinanteil 0-10%</i> <i>Blöcke 0 – 5%</i> <i>Große Blöcke 0%</i> Wassergehalt: 10 – 25 M.-% EBV Materialklasse / LAGA Zuordnungs-kategorie / Deponieklasse: nicht untersucht Betonaggressivität: nicht angreifend Stahlaggressivität: schwach aggressiv Bodenklasse 4
B2	Grus - Nichtbindige Böden der Bodengruppen GW, GU lockere – sehr dichte Lagerung <i>Schätzwerte</i> <i>Feinkornanteil: 0 - 15 M. %</i> <i>Sandkornanteil: 15 – 35 M. %</i> <i>Kieskornanteil: 40 - 80 M.-%</i> <i>Steinanteil 0-10%</i> <i>Blöcke 0 – 5%</i> <i>Große Blöcke 0%</i> Wassergehalt: 3 – 10 M.-% EBV Materialklasse / LAGA Zuordnungs-kategorie / Deponieklasse: nicht untersucht Betonaggressivität: nicht angreifend Stahlaggressivität: schwach aggressiv Bodenklasse 3
X1*	Verwitterungslehme Feste Konsistenz Übergangszone / Wechsellagerung aus Ton-, Silt- und Sandstein (entfestigt) Fels mit sehr kleinen bis mittleren ($\triangleq$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) Abmessungen der Gesteinskörper, vollständig bis mäßig verwittert, Trennflächenabstand <10 cm Bodenklasse 6
X2*	Fels mit mittleren ($\triangleq$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) bis sehr großen Abmessungen der Gesteinskörper, schwach verwittert bis frisch Trennflächenabstand >10 cm Bodenklasse 7

Schätzwerte (kursiv) / *Nicht aufgeschlossen

2.2 Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach Kersten

Die Formel von Kersten zur Abschätzung der Wärmeleitfähigkeit (λ) von Böden ist wie folgt:

$$\lambda = k_1 + k_2 \cdot \theta$$

Dabei sind:

- λ : Wärmeleitfähigkeit des Bodens
- k_1 und k_2 : empirische Konstanten, die vom Bodentyp abhängen
- θ : volumetrischer Wassergehalt des Bodens

Festlegung der Konstanten k_1 und k_2

Für leicht plastische, kiesige, sandige Schluffböden (Bodengruppe TL) wird angenommen:

$k_1 = 0,5 \text{ W/mK}$ (Annahme basierend auf typischen Werten für schluffige Böden)

$k_2 = 2,5 \text{ W/mK}$ (Annahme basierend auf typischen Werten für sandige Schluffböden)

Bestimmung des volumetrischen Wassergehalts θ

Der volumetrische Wassergehalt θ ist definiert als:
$$\theta = \frac{W}{100} \cdot \frac{\rho_{\text{bulk}}}{\rho_{\text{water}}}$$

Dabei ist:

- W : Wassergehalt in Masseprozent (M.-%)
- ρ_{bulk} : Dichte des Bodenmaterials
 - (typisch etwa 1.6 g/cm^3 für kiesige, sandige Schluffböden)
- ρ_{water} : Dichte von Wasser (1.0 g/cm^3)

→ Bandbreite der Wassergehalte in den Laborversuchen ca. **11 – 18 M.-%**.

Für $W = 11\%$:

$$\theta_{11} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1.6 \text{ g/cm}^3}{1.0 \text{ g/cm}^3} = 0.176$$

Für $W = 18\%$:

$$\theta_{18} = \frac{18}{100} \cdot \frac{1.6 \text{ g/cm}^3}{1.0 \text{ g/cm}^3} = 0.288$$

Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach Kersten:

Für $\theta_{11} = 0.176$:

$$\lambda_{11} = 0.5 \text{ W/mK} + 2.5 \cdot 0.176 = 0.5 + 0.44 = 0.94 \text{ W/mK}$$

Für $\theta_{18} = 0.288$:

$$\lambda_{18} = 0.5 \text{ W/mK} + 2.5 \cdot 0.288 = 0.5 + 0.72 = 1.22 \text{ W/mK}$$

Die **Wärmeleitfähigkeit (λ)** der anstehenden Böden wird bei Wassergehalten von 11 - 18 M.-% im Bereich von **0,94 W / mK** bis **1,22 W / mK** abgeschätzt.

Hinweis: um genauere Angaben zu erhalten, sind Feldversuche zu nennen wie bspw:

- Nadelsonde (Transient Line Source Methode)
- Platten-Methode
- Guarded Hot Plate (GHP)
- Thermal Response Test (TRT)
- Thermal Conductivity Probe (TC Probe)

2.3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

Allgemeines

Ab durchgehend mindestens steifer Konsistenz stellen bindige Böden allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar. Bindige Böden von weicher bzw. breiiger Konsistenz sind aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit hingegen kaum belastbar und als ungeeignet für Gründungszwecke zu beurteilen. Bindige Böden von weicher bis halbfester Konsistenz sind der Bodenklasse 4, bei breiig-weicher Konsistenz der Bodenklasse 2 und bei fester Konsistenz der Bodenklasse 6 nach DIN 18300: 2012-09 zugehörig.

Bindige Böden sind als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h., sie weichen bei Wasserzutritten bzw. Durchfeuchtung (z. B. durch Durchwalkungen während des Baubetriebes) rasch auf und verlieren so ihre in ungestörtem Zustand ab mindestens steifer Konsistenz befriedigenden bodenmechanischen Eigenschaften.

Nichtbindige Böden (Unterhalb der Lehme als Grus zu erwarten, nicht aufgeschlossen) stellen ab mindestens mitteldichter Lagerung einen gut tragfähigen, unter statischer Belastung im Allgemeinen nur zu geringen Setzungen neigenden Baugrund dar. Sie sind in die Bodenklasse 3 einzuordnen.

Bereich geplante Freiflächenanlage

Unterhalb des Oberbodens sind hauptsächlich bindige Böden (Lehme) des SG I anzutreffen, die partiell in Verwitterungsgrus (nichtbindige Böden) des anstehenden Ton-, Silt- und Sandsteins von mitteldichter bis sehr dichter Lagerung übergehen. Unterhalb steht die Übergangszone bzw. das Festgestein an, welches vereinzelt bereits nach 1,7 - 2,5 m auftritt.

Die Lehme weisen eine meist oberflächlich steife Konsistenz im oberen Meter auf. Unterhalb nimmt die Festigkeit zu, wobei die Konsistenzen bis zur Zieltiefe von 3,0 m, sofern diese erreicht wurde, zwischen steif-halbfest bis halbfest-fest liegen werden. Sie gehören weitestgehend den Boden- gruppen TL, TM, SU* und GU* nach DIN 18196 bzw. der Bodenklasse 4 an. Böden von fester Konsistenz sind der Bodenklasse 6 zuzuordnen, sind jedoch nicht aufgeschlossen worden, aber in der Tiefe, teils ab 2 m, anzunehmen.

Partiell steht die Übergangszone bereits nach ca. 1,7 m an, wo die Böden eine feste Konsistenz oder dichte bis sehr dichte Lagerung annehmen können. Aufgrund der geringen Anzahl an Bohrungen, kann die tatsächliche Schichtenfolge und Zusammensetzung nur geschätzt werden. Grundsätzlich sollte aber überall, wo in Anlage 2 Schlagzahlen >30 dargestellt sind mit felsigem Boden oder Fels (Bk6 / Bk7) gerechnet werden, wodurch ein Einrammen von Stahlträgern erschwert wird bzw. Sondermaßnahmen erfordert.

Als Hilfskriterium zur Beurteilung einer durchgängig ausreichenden Festigkeit des Baugrunds wurde der Sondierwiderstand N_{10} (Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe) mit der schweren Rammsonde bestimmt. Hierbei sind bodenspezifisch in Anlehnung an PLACZEK (1985) und durch Korrelation zwischen Bohrung und schweren Rammsondierungen erfahrungsgemäß folgende Schlagzahlen zu erreichen (aufgrund der teils erhöhten Plastizität können die Werte jedoch auch von den genannten abweichen, da die Mantelreibung dann abnimmt):

Schwere Rammsonde:	mitteldichte Lagerung steife Konsistenz	Schlagzahlen $N_{10} \geq 4 \pm 1$ Schlagzahlen $N_{10} \geq 5 \pm 1$
	dichte Lagerung halbfeste Konsistenz	Schlagzahlen $N_{10} \geq 13 \pm 1$ Schlagzahlen $N_{10} \geq 9 \pm 1$

Fazit

Ein erhöhter Widerstand beim Einbringen der Stützen ist, unabhängig vom Verfahren, nach den vorliegenden Erkenntnissen partiell ab 1,7 m bis 2,5 m uGOK zu erwarten. Ansonsten sind die Bedingungen mind. bis ca. 1,0 m uGOK als günstig, darunter bei meist steifer Konsistenz als meist moderat bis schwierig (halbfeste-feste Konsistenz bzw. Übergangszone) zu beurteilen.

Vereinfacht kann sich in Anlage 2 nach der Einfärbung der Sondierungen orientiert werden
– Grüne Farbe bedeutet hohe Schlagzahlen = hoher Widerstand.

Nachfolgend sind AG-spezifische Geländebeschreibungen aufgeführt.

Zieltiefe (3 m) wurde nicht erreicht bei:

Tabelle 4: Rammhindernisse / höhere Rammwiderstände

Ansatzpunkt	Erhöhter Widerstand nach [m]	Stillstand nach [m]
DPH2	2,1	2,5
DPH3	2,3	2,6
DPH4	1,8	2,3
DPH5	2,1	2,6
DPH6	2,4	
DPH7	2,8	
DPH8	2,0	2,8
DPH9	2,3	2,9
DPH10	2,2	2,7
DPH13	2,2	2,8
DPH14	2,0	2,6
DPH21	2,4	2,8
DPH22	2,3	2,3
DPH23	2,4	2,5
DPH24	2,6	

Eine Angabe von Wahrscheinlichkeiten eines Rammhindernisses in % ist schwierig und auf Grundlage dieser Aufschlüsse anteilig der Fläche auf etwa 15 % – 30% zu schätzen. Für eine genauere Aussage müssten weitere Erkundungen erfolgen.

Geländemorphologie:

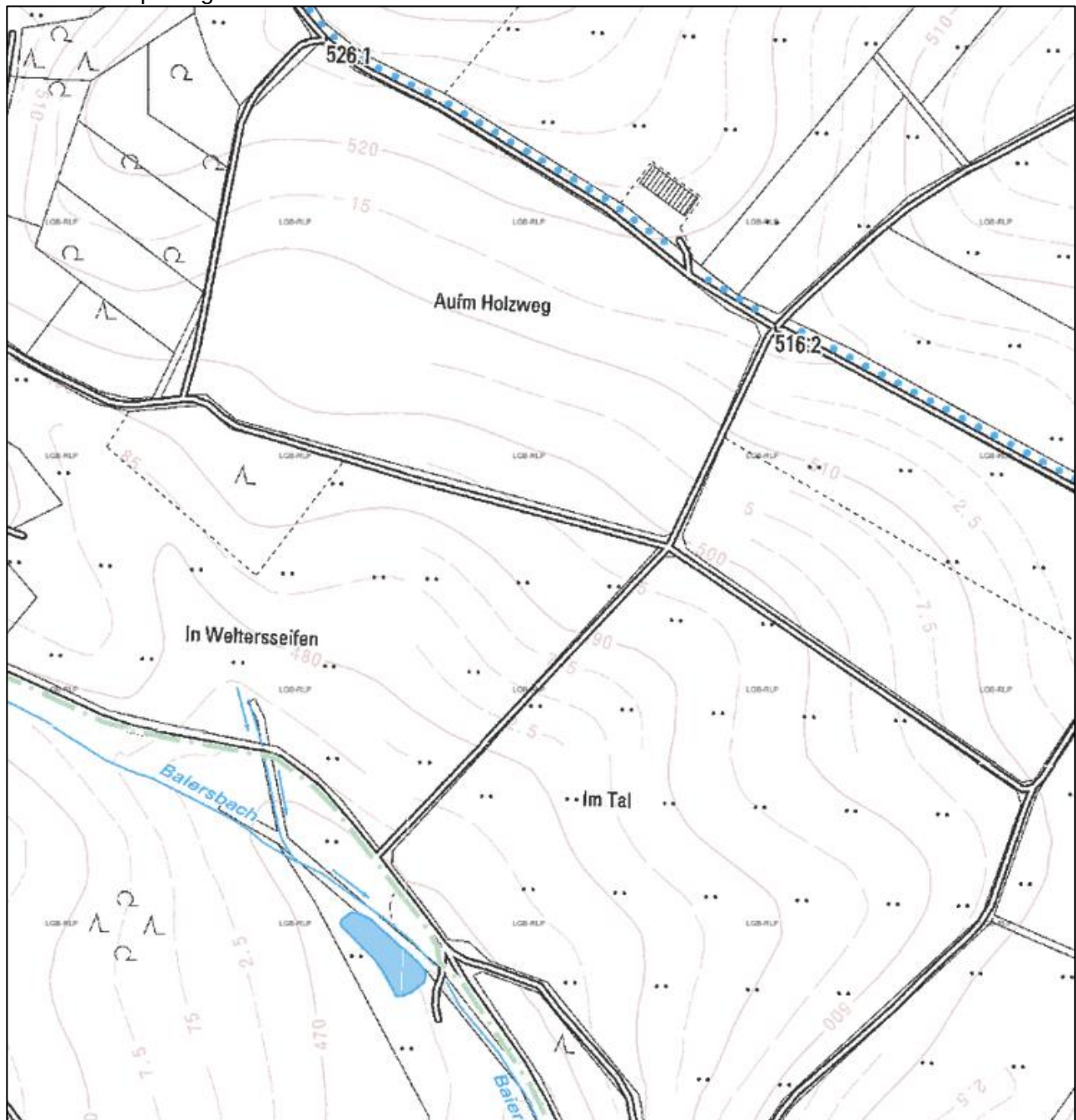
Gemäß nachfolgendem Kartenausschnitt verläuft das Gelände in NordOst-SüdWest-Achse von ca. 525 m üNN im Norden nach ca. 477,5 m üNN im Süden. Die Neigung ist relativ gleichbleibend mit einer maximalen Hangneigung von ca. 5° – 8° = ca. 10 – 15% abzuschätzen. Rampen oder Böschungen sind nicht bekannt, jedoch wie kleinere Senken auch nicht auszuschließen. Hierzu wäre eine separate detaillierte Geländeaufnahme zu beauftragen.

Die Fläche konnte vollständig untersucht werden – es gab keine größeren Bereiche, die unzugänglich waren.

Das Gelände wird derzeit als Grünland genutzt.

Durch flächendeckende Krautschichten (Gras oder ähnliches) kann Erosion minimiert werden – speziell im Bereich mit evtl. Ackernutzung vorzusehen.

Geländemorphologie:



M. 1:2000

3 Verfahrenstechnik - Rammen

3.1 Allgemeines

Einbauverfahren

- **Schlagrammen**

Das Rammgut wird mit sich wiederholenden Schlägen eines **Schlagbären** in den Boden getrieben. Die Schlagenergie wird durch ein auf das Rammgut herabfallendes Gewicht erzeugt. Die auf das Rammgut einwirkende kinetische Energie bestimmt sich aus der Masse des Schlagbären und der erzielten Geschwindigkeit desselben. Das Anheben des Fallgewichtes erfolgt durch Muskelkraft, Hydraulikflüssigkeit, Druckluft oder Explosionsgase als Energieträger. Das Fallgewicht wird angehoben und auf das Rammgut fallen gelassen.

- Freifall- und Explosionsbären: Eignen sich für alle Bodenarten
- Nachteile: Rammerschütterungen, hohe Schallemission, evtl. Abgase, Beachtung des Verhältnisses Gewicht Rammbar zu Rammgut
- Schnellschlaghammer (Hydraulik- oder Drucklufthammer; Schlagzahl 100-600 Schläge/min) halten Rammgut in ständiger Bewegung und arbeiten dadurch wesentlich schonender

- **Vibrationsramme**

Es gibt hochfrequent und niederfrequent arbeitende Rammen, eine typische Frequenz ist 25 Hertz. Da Vibrationsrammen das Rammgut klemmen können, sind sie prinzipiell auch geeignet, Rammgut (Spundwände, Stahlträger) zu ziehen. Boden, besonders schotteriger, wird durch bestimmte Schwingungsfrequenzen „verflüssigt“, sodass die Spundwand unter der Gewichtskraft von Eigenmasse und angeklemmtem Vibratorkopf wie von selbst tiefer sinkt. Um dieses Einrammen zu erleichtern, Präzision und erreichbare Tiefe zu erhöhen, wird bis zu einer Teiltiefe vorgebohrt (auch wenn das Loch wieder zufällt, hat es doch eine geringere Dichte und Festigkeit).

- weniger Schallemission, da Stahl auf Stahl Schlagen vermieden wird
- besonders geeignet für Sande und Kiese mit runder Kornform, leicht bindige Böden, breiig weiche Böden mit geringer Plastizität, Mischböden und bindige Böden bei hohem Wassergehalt; weniger geeignet bei kantiger Kornform, trockenen stark bindigen Böden

- **Einpressen**

Fast lautlos und erschütterungsfreies Verfahren – in Wohngebieten, an Böschungen, Leitungsgräben, nahe Verkehrsbauten

- gute geeignet ist leicht bindiger Boden, wie z.B. sandiger Lehm, bei ausreichender Feuchtigkeit; schlecht geeignet sind sehr dicht gelagert Sande und Kiese sowie sehr harte und steife Tone
- ggf. Vorbohren oder Spülen

Einbringhilfen

Einbringhilfen sind Verfahren, die zur Unterstützung der Einbringverfahren mit hinzugezogen werden. Das gilt für das Einbringen von Stahlspundbohlen genauso wie für anderes Einbringgut. Sobald die Vibrations- oder Presstechnik nicht mehr ausreicht, um die Einbringwiderstände zu überwinden, werden diese Verfahren herangezogen, ansonsten wäre ein Einbringen nicht mehr möglich. Die Anwendung einer Einbringhilfe führt zudem zu einer Erleichterung des Einbringvorgangs und bringt eine Verkürzung der Einbringzeit mit sich. Ein weiterer Vorteil von Einbringhilfen ist, dass aufgrund der Erleichterung beim Einbau und dem schnelleren Baufortschritt die Lärm- und Erschütterungsbelastungen reduziert werden.

Die Einbringhilfen unterscheiden sich in:

- Vorbohren des Baugrunds,
- Einspülen und
- Lockerungssprengungen.

Beurteilung des Baugrunds für das Einbringen von Rammgut*Leichte Rammung*

Weiche, breiige Böden – z.B. Moor; Torf, Schlock, Klei -, locker gelagerte Mittel- und Grobsande, runde Kornformen, Kiese ohne Steineinschlüsse

Mittelschwere Rammung

Mitteldicht gelagerte Mittel- und Grobsande, Feinkies, kantige Kornform, feinkiesige Böden, steifer Ton, Schluff und Lehm

Schwere bis schwerste Rammung

Dicht gelagerte feinsandige und schluffige Böden, dicht gelagerte Fein-, Mittel- und Grobkiese, kantige Kornform, halbfester bis fester Schluff, Lehm, Ton, verkittete Geröll- und Moräneschichten, ausgetrocknete bindige Böden, leichter Fels

3.2 Bewertung

Im Regelfall werden die Photovoltaikanlagen mittels gerammter Sigma-Pfosten gegründet.

Angaben bezüglich der geplanten Pfostenabstände sowie Lastangaben (maximale Schnee- und Windbelastungen) lagen nicht vor.

Die Lasten werden über die Mantelreibung in den Baugrund eingeleitet.

Die Festlegung der ansetzbaren Mantelreibung τ_{mf} erfolgt nach Grundbau Taschenbuch III, vierte Auflage, Tab. 2a in Abhängigkeit von der Konsistenz der anstehenden bindigen Böden. Zur Beurteilung der Konsistenz der anstehenden Böden wurde der Sondierwiderstand N_{10} (Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe) mit der schweren Rammsonde bestimmt. Hierbei sind erfahrungsgemäß folgende Schlagzahlen zu erreichen:

weiche Konsistenz:	Schlagzahl $N_{10} \geq 2$	→	$\tau_{mf} = 5 \text{ kN/m}^2$
steife Konsistenz:	Schlagzahl $N_{10} \geq 4$	→	$\tau_{mf} = 20 \text{ kN/m}^2$
halbfeste Konsistenz:	Schlagzahl $N_{10} \geq 10$	→	$\tau_{mf} = 40 \text{ kN/m}^2$

Fazit

Im gesamten Projektgebiet stehen bindige Böden an, die mit der Tiefe eine zunehmende Festigkeit aufweisen. Dabei nimmt die Festigkeit teils nur langsam sukzessive zu bis 3,0 m und teils rasch innerhalb weniger Dezimeter. Die Schlagzahlen der Rammsondierungen lassen grob eine annähernde Einteilung des Untersuchungsbereichs zu, die sich jedoch vereinzelt nicht pauschal anwenden lässt (dazu ist im Detail Anlage 2 heranzuziehen):

0,0 m – 1,0 m uGOK

→ **Leichte - Mittelschwere Rammung**

Mantelreibung von $\tau_{mf} = 0 \text{ kN/m}^2$ bis $\tau_{mf} = 5 \text{ kN/m}^2$

1,0 m – 1,5 m uGOK

→ **Mittelschwere Rammung**

Mantelreibung von $\tau_{mf} = 20 \text{ kN/m}^2$ bis $\tau_{mf} = 40 \text{ kN/m}^2$

1,5 m – 3,0 m uGOK

→ **Schwere bis partiell schwerste Rammung (teils Einrammen in Übergangszone)**

ansetzbare Mantelreibung von mind. $\tau_{mf} = 40 \text{ kN/m}^2$ - evtl. 80 kN/m^2

Je nach vorangegangener Witterung können die Böden auch mit steigendem Wassergehalt aufweichen und dann wesentlich leichter zu bearbeiten sein. Steine oder Blöcke sind aufgrund der Aufschlüsse zunächst nicht zu vermuten, aber in tieferliegenden Schichten im Bereich der Übergangszone auch nicht auszuschließen.

Hier wären Baggerschürfe zur Verifizierung zu beauftragen,

Gemäß den Aufschlüssen wird das Einbringen mittels Schlagen, Vibration oder Einpressen, partiell ab $\pm 2,0$ m uGOK, erschwert (Einbringhilfen vorsehen). Hierzu sind bspw. Ansatzpunkte aus Tabelle 4 zu nennen.

Sollte der Widerstand der trockenen, halbfesten bis festen Böden oder sehr dicht gelagerten Böden in der Übergangszone jedoch zu hoch sein, ist als Einbringhilfe ein partielles Vorbohren (Lockerungsbohrung) zu empfehlen.

Auf Spülvorgänge ist dagegen nach Möglichkeit zu verzichten, da sonst die Tragfähigkeit der anstehenden, wasserempfindlichen Böden negativ beeinträchtigt werden könnte und eine ausreichende Einspannung in den oberen 1,5 m nicht mehr gegeben ist.

Es wird empfohlen, vor Beginn der Arbeiten zunächst Proberammungen durchzuführen.

3.3 Ermittlung der erforderlichen Rammtiefen

Diese kann erst durchgeführt werden, sobald die Auflagerlasten des Gestellbauers vorliegen. Für die Berechnung der Rammtiefe ist es erforderlich, nicht nur die Bodenkennwerte und Bodenverhältnisse zu kennen. Zusätzlich ist es notwendig, die Form und Größe (Materialkennwerte) des gewählten Rammpfostens und die Kräfte zu kennen, die auf diesen Pfosten einwirken. Die Ermittlung dieser Kräfte erfolgt durch den Statiker des Gestellherstellers.

Erst wenn die Werte:

- Maximal zu erwartende Druckkraft
- Maximal zu erwartende Zugkraft
- Maximal zu erwartende Horizontalkraft
- Maximal zu erwartendes Kippmoment

für jeden Pfosten bzw. Pfostentyp der geplanten PV-Anlage vorgelegt werden, kann die für diese Pfosten notwendige Rammtiefe berechnet werden.

4 Verfahrenstechnik - Schraubfundamente

Die Gründung kann bspw. auch mittels Schraubfundamenten erfolgen. Die Schraubfundamente werden einfach wie Schrauben in den Boden gedreht bis der Widerstand und damit die Tragfähigkeit ausreichend hoch ist. Auch der Rückbau, sollte das Gebäude einmal wieder entfernt werden, ist sehr unkompliziert, da die Schraubfundamente wieder aus dem Boden gedreht werden können.

Im Folgenden werden Angaben anhand Unterlagen der Fa. KRINNER aufgeführt, welche vom Prinzip her als exemplarisch einzuschätzen sind und daher als Orientierung dienen können. Genaue Angaben sind vom entsprechenden Hersteller zu erfragen.



Abb. 1: KRINNER Das Schraubfundament (Prinzipskizze, Quelle: Broschüre Sortimentsübersicht)

KRINNER Schraubfundamente sind in unterschiedlichen Ausführungen und einer Größe von 55 cm bis 300 cm erhältlich.

Die Schraubfundamente werden bis zum Erreichen der tragfähigen anstehenden Lehme von durchgängig mindestens steifer Konsistenz eingebaut. Dabei ist eine Einbindetiefe von mind. ca. 1 m in den tragfähigen Schichten zu empfehlen bzw. den Angaben des Herstellers zu folgen.

Durch die Möglichkeit der unkomplizierten Vertiefung der Schraubfundamente bis in Tiefen mit ausreichend hohem Widerstand, scheint eine Gründung mit Schraubfundamenten gemäß den Aufschlüssen grundsätzlich jedoch durchführbar zu sein.

Bei der Überschreitung der maximalen Länge von 3,00 m, können die Schraubenfundamente bis zur erforderlichen Tiefe verlängert werden.

Gemäß den Angaben von Herrn Eric Hannapel (Krinmer-RP Deutschland Mitte) weisen KRINNER Schraubfundamente eine Tragfähigkeit von 50 – 60 kN (= 5 – 6 Tonnen) auf und können Druck-, Zug- und Horizontallasten aufnehmen. Der Durchmesser der Schraubfundamente beträgt 114 mm. Die Schraubfundamente sind gegen Korrosion durch eine Feuerverzinkung gemäß DIN EN ISP 1461 geschützt.

Die Bemessung der Schraubfundamente wird von den ausführenden Unternehmen und Tragwerksplaner übernommen.

5 Analytik

Zur Beurteilung des Bodens hinsichtlich der Stahl- und Betonaggressivität wurde -1- Mischprobe MP1-Stahl/Beton aus den aufgeschlossenen Böden erstellt und nach DIN 50929, Teil 3 im Labor der Agrolab GmbH untersucht. Der Prüfbericht ist als Anlage 7 beigelegt.

Analyse des Bodens auf stahlaggressive Bestandteile

Die Stahlaggressivität wird durch Zuordnung von Bewertungszahlen (Z_x) bestimmt. Das Ergebnis entspricht damit der Summe $Z_1, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8, Z_9, Z_{10}$.

Bei der untersuchten Probe handelt es sich überwiegend um sandige Schluffe / Lehme. Der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen beträgt zwischen 30 M.-% und 50 M.-%, was einer Bewertungszahl Z_1 von 0 entspricht.

Die Bewertungszahl Z_{10} beurteilt die Lage des Objektes zum Grundwasser. Es wird angenommen, dass das Grundwasser mehrere Meter unterhalb der Pfosten steht und daher nie in Berührung kommt, was einer Bewertungszahl Z_1 von 0 entspricht.

Die erhaltenden Analysewerte wurden mit den Angaben des DVGW Arbeitsblatts GW 9 verglichen und auf dieser Grundlage beurteilt.

Tabelle 5: Ergebnisse Stahlaggressivität

Bezeichnung / Entnahmestelle	Bewertungszahl	Stahlaggressivität	Bodengruppe nach DIN EN 12501-1
MP1-Stahl/Beton	$Z_1 = 0$ $Z_3 = 0$ $Z_4 = -1$ $Z_5 = 0$ $Z_6 = 0$ $Z_7 = 0$ $Z_8 = 0$ $Z_9 = 0$ $Z_{10} = 0$ $\Sigma = -1$	Schwach aggressiv	Ib

Für die Bestimmung der Bewertungszahl B_0 nach DVGW GW 9 (A), Ausgabe Mai 2011 ist zusätzlich der spezifische elektrische Bodenwiderstand zu bestimmen (Bewertungszahl Z_2), welcher hier in Anlehnung an die Messungen in Anlage 6 mit der Bewertungszahl 0 beziffert wird.

Ergebnis

Wie die Ergebnisse in der Anlage 7 und in obiger Tabelle zeigen, sind die Böden im Projektgebiet auf Grund der Bewertungszahlsumme -1 als „**schwach aggressiv**“ zu bezeichnen und in die Bodengruppe Ib nach DIN EN 12501-1 einzuordnen.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen ist **gering** für die Mulden- und Lochkorrosion und **sehr gering** für die Flächenkorrosion.

Analyse des Bodens auf betonaggressive Bestandteile

Die Analyse des Bodens auf betonaggressive Bestandteile wird nach standardisierten Verfahren durchgeführt, die darauf abzielen, die potenziellen schädlichen Wirkungen auf Betonbauwerke zu ermitteln. Der Ablauf umfasst mehrere Schritte:

1. **Probenahme:** Bodenproben werden systematisch und repräsentativ von verschiedenen Stellen der Baufläche entnommen, um eine genaue Analyse zu gewährleisten. Die Proben werden in luftdichten Behältern transportiert, um Verfälschungen zu vermeiden.
2. **Laboranalyse:**
 - **Sulfatgehalt:** Der Boden wird auf seinen Sulfatgehalt untersucht, typischerweise durch chemische Extraktion und anschließende Analyse mittels Ionenchromatographie oder Gravimetrie.
 - **pH-Wert:** Der pH-Wert des Bodens wird in einer Boden-Wasser-Suspension gemessen, um den Säuregrad zu bestimmen.
 - **Chloridgehalt:** Die Chloridionenkonzentration wird durch eine potentiometrische Titration oder Ionenchromatographie ermittelt.
 - **Magnesiumionen:** Der Magnesiumgehalt wird durch Atomabsorptionsspektrometrie oder ähnliche Verfahren bestimmt.
 - **Bauman-Gully-Test:** Die Säurekapazität wird ermittelt, indem eine definierte Menge des Bodens mit Natronlauge titriert wird. Das Volumen der benötigten Natronlauge gibt Aufschluss über den Säuregrad des Bodens in ml/kg.
3. **Interpretation der Ergebnisse:** Die ermittelten Werte werden mit den in DIN 4030 festgelegten Grenzwerten verglichen, um die Aggressivität des Bodens gegenüber Beton zu bewerten.

Ergebnis

Gemäß den Analyseergebnissen ist der untersuchte Boden nach DIN 4030 als „**nicht angreifend**“ einzustufen – Expositionsklasse XA0.

6 Erdbautechnische Hinweise

Grundsätzlich ist bei Aushubarbeiten die DIN 4124 zu beachten. Diese Norm gibt an, nach welchen Regeln Baugruben und Gräben zu bemessen und auszuführen sind.

In Regelfällen dürfen Kurzzeitböschungen von Baugruben bis maximal 5 m Böschungshöhe über dem Grundwasser ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit bei Einhaltung der Regelabstände für Verkehrslasten gemäß DIN 4124 unter folgenden maximalen Böschungswinkeln hergestellt werden:

nicht bindige Böden	$\leq 45^\circ$
bindige Böden	$\leq 45^\circ$ bei weicher Konsistenz
	$\leq 60^\circ$ bei mindestens steifer Konsistenz

Werden beim Baugrubenaushub Böden unterschiedlicher Bodengruppen oder steife und weiche Partien in Wechsellagerung angeschnitten, so ist über die gesamte Böschungshöhe der zulässige Neigungswinkel des ungünstigsten Schichtpakets auszuführen (d. h. $\leq 45^\circ$).

Die angegebenen zulässigen Böschungswinkel gelten nur für Regelfälle. Geringere Böschungsneigungen sind vorzusehen **und nach DIN 4084 rechnerisch nachzuweisen**, wenn besondere Einflüsse die Standsicherheit gefährden. Dies gilt beispielsweise bei

- Schichtwassereinflüssen, Anschnitt von Staunässehorizonten,
- Böschungen von mehr als 5 m Höhe,
- Baumaschinen oder Baugeräten bis einschließlich 12 t Gesamtgewicht, die nicht einen Abstand von mindestens 1 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten,
- Baumaschinen oder Baugeräten von mehr als 12 t bis 40 t Gesamtgewicht, die nicht einen Abstand von mindestens 2 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten,
- Steigung des an die Böschungskante anschließenden Geländes von mehr als 1:10.

Bei zusätzlichen Belastungen nicht verbauter Grubenwände durch Bagger, Hebezeuge, Übergänge, Lagerstoffe oder dergleichen ist die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen.

Liegen Baugruben länger offen, so sind die Böschungen durch sorgfältige Folienabdeckung vor Erosion durch Witterungseinflüsse zu schützen. In der Baugrube gegebenenfalls anfallendes Schichtwasser ist zusammen mit zufließendem Niederschlagswasser mittels offener Wasserhaltung (Pumpensümpfe) ordnungsgemäß zu fassen und dauerhaft abzuleiten.

7 Wegebau

Auftragsgemäß sollen Aussagen zum Wegebau getätigt werden. Außer der Angabe, dass eine wassergebundene Decke sowie eine Achslast von 15 t (Schwerlasttransport-Lkw) zu berücksichtigen ist, wurden keine weiteren Informationen mitgeteilt. Es ist aktuell nicht klar, wo welche Art von Wegebau vorgesehen ist und ob diese nur für den Bauzustand oder darüber hinaus spezielle Anforderungen erfüllen müssen. Es wird daher zunächst nur allgemein auf diese Thematik eingegangen.

Für den Bau von Wegen und temporären Baustraßen, die eine Achslast von 15 Tonnen tragen müssen, sind spezifische Maßnahmen erforderlich, um die Stabilität und Dauerhaftigkeit zu gewährleisten.

Temporäre Baustraßen

Ziel: Temporäre Baustraßen dienen dazu, während der Bauphase schwere Maschinen und Materialien sicher zu transportieren. Diese Wege müssen stabil und belastbar sein, aber auch nach Abschluss der Bauarbeiten leicht rückbaubar.

Maßnahmen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit:

1. Untergrundvorbereitung:

- Entfernen des Oberbodens, ggf. Abschieben weiteren Bodens bis auf geplante Planumshöhe / Geländemodellierung
- Eine gleichmäßige und stabile Basis durch Planieren und Verdichten des Untergrundes schaffen.
- Untergrund sollte eine mind. steife, besser, steif-halbfeste oder halbfeste Konsistenz aufweisen
- Prüfung des Planums über Plattendruckversuche (minimale Anforderung bei landwirtschaftliche Wegen $E_{v2} > 30 \text{ MN/m}^2$, bei Straßen üblich $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$). Letzteres ist evtl. nicht flächig direkt erfüllbar, weshalb u.U. Bodenaustausch von 15-30 cm vorzusehen wäre. Wir empfehlen bei den hohen Achslasten letzteres zu gewährleisten

2. Tragschicht:

- Einbau einer Schicht aus grobem Schotter (Körnung 0/32 bis 0/56 mm), die gut verdichtet wird, um eine stabile Basis zu bilden.
- Die Schotterschicht sollte eine ausreichende Dicke (mindestens 30 cm) haben, um die Lasten gleichmäßig zu verteilen.

3. Deckschicht:

- Eine Deckschicht aus feinerem Material (z.B. Kies oder Schotter 0/16 mm) wird aufgebracht und ebenfalls verdichtet.
- Diese Schicht verbessert die Fahrbahnglätte und reduziert die Staubbildung.

4. Geotextilien:

- Verwendung von Geotextilien zwischen dem Untergrund und der Tragschicht, um die Stabilität zu erhöhen und Vermischungen der Schichten zu verhindern.
- Vereinfacht den Rückbau nach Beendigung der Arbeiten

Wassergebundene Decken

Eine wassergebundene Decke ist ein Straßenbelag, der aus mineralischen Materialien besteht, die durch das natürliche Wasserbindevermögen stabilisiert werden. Diese Deckenart wird häufig für Wege und Straßen in landschaftlich sensiblen oder weniger stark belasteten Bereichen verwendet. Wassergebundene Decken bieten oft eine dauerhafte Lösung für Betriebs- und Wartungswege. Diese sind nicht asphaltiert und bleiben somit wasserdurchlässig.

Herstellung

Die Herstellung einer wassergebundenen Decke umfasst mehrere Schritte:

1. Unterbau:

- Der Unterbau besteht in der Regel aus einer Schicht groben Schotters oder Kiesel, der gut verdichtet wird. Diese Schicht sorgt für die notwendige Tragfähigkeit und Drainage.

2. Tragschicht:

- Auf den Unterbau wird eine Tragschicht aus feinerem Schotter oder Kies aufgebracht. Diese Schicht wird ebenfalls gründlich verdichtet, um eine stabile Grundlage zu schaffen.

3. Deckschicht:

- Die abschließende Deckschicht besteht aus einem Gemisch aus Sand, Schluff und feinem Kies. Diese Mischung wird gleichmäßig verteilt und durch Wasserzugabe sowie mechanisches Verdichten stabilisiert. Das Wasser bindet die feinen Partikel und erhöht so die Festigkeit der Oberfläche.

Einsatzgebiete

Wassergebundene Decken werden häufig verwendet:

- In Parkanlagen und Grünflächen
- Auf Wander- und Radwegen
- In historischen und landschaftlich empfindlichen Bereichen
- Auf weniger stark belasteten Landstraßen und Zufahrtswegen

Vor- und Nachteile

Vorteile:

1. Umweltfreundlichkeit:

- Wassergebundene Decken bestehen aus natürlichen Materialien und fügen sich harmonisch in die Landschaft ein. Sie sind vollständig recycelbar und verursachen keine Umweltschäden.

2. Kosteneffizienz:

- Die Herstellung ist im Vergleich zu Asphalt- oder Betondecken kostengünstig, sowohl in Bezug auf Material als auch auf Bauaufwand.

3. Ästhetik:

- Diese Deckenart hat ein natürliches Aussehen und ist besonders in landschaftlich attraktiven oder historischen Gebieten beliebt.

Nachteile:**1. Witterungsempfindlichkeit:**

- Wassergebundene Decken sind anfällig für Erosion und Verschleiß durch Regen, Schnee und Frost. Sie benötigen regelmäßige Wartung, um ihre Qualität zu erhalten.

2. Tragfähigkeit:

- Sie haben eine geringere Tragfähigkeit im Vergleich zu befestigten Decken und sind nicht für stark belastete Verkehrswege geeignet.

3. Staubentwicklung:

- Bei Trockenheit kann es zu Staubentwicklung kommen, was die Nutzung beeinträchtigen und zu gesundheitlichen Problemen führen kann.
-

Maßnahmen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit:

Zunächst Untergrundvorbereitung (siehe Punkt 1 bei temporären Baustraßen), dann:

1. Unterbau:

- Der Unterbau besteht aus einer gut verdichteten Schicht aus grobem Schotter (Körnung bspw. 0/56 mm).
- Diese Schicht sollte eine Dicke von mindestens 30 cm haben, um die erforderliche Tragfähigkeit zu gewährleisten. Auf Oberkante sollte ein $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

2. Tragschicht:

- Eine weitere Schicht (ca. 10-15 cm) aus feinerem Schotter (0/16 bis 0/32 mm) wird auf den Unterbau aufgebracht und verdichtet.
- Diese Schicht sollte ebenfalls gut verdichtet werden, um die Belastbarkeit zu erhöhen.

3. Deckschicht:

- Die abschließende Deckschicht (ca. 10-15 cm) besteht aus einem Gemisch aus Sand, Schluff und feinem Kies (0/8 mm).
- Diese Schicht wird durch Wasserzugabe stabilisiert und durch Walzen verdichtet, um eine feste und tragfähige Oberfläche zu erzeugen.

Prüfungen und Qualitätssicherung

Um sicherzustellen, dass die Wege die notwendige Tragfähigkeit erreichen, werden folgende Prüfungen und Maßnahmen durchgeführt:

1. **Proctor-Verdichtungstests:** Überprüfung der Dichte und Feuchtigkeit des eingebauten Materials, um sicherzustellen, dass der Verdichtungsgrad den Anforderungen entspricht.
 2. **Plattendruckversuche:** Bestimmung der Tragfähigkeit und Verformbarkeit der Tragschichten.
 3. **Kontinuierliche Überwachung:** Regelmäßige Kontrollen während des Einbaus, um die Einhaltung der geforderten Standards zu gewährleisten.
-

Als Alternative sind darüber hinaus auch **Bodenverbesserungsmaßnahmen mittels hydraulischer Bindemittel** zu nennen (bspw. auch HGT-Schicht).

Übersicht Wassergebundene Decke zu HGT

Material und Bindemittel:

- Wassergebundene Decke: Natürliche, mineralische Materialien ohne Bindemittel.
- HGT-Schicht: Mineralische Materialien mit hydraulischen Bindemitteln (z.B. Zement oder Kalk).

Stabilität und Tragfähigkeit:

- Wassergebundene Decke: Geringere Tragfähigkeit, geeignet für leichtere Verkehrsbelastungen.
- HGT-Schicht: Hohe Tragfähigkeit, geeignet für starke Verkehrsbelastungen.

Witterungsempfindlichkeit:

- Wassergebundene Decke: Anfällig für Witterungseinflüsse, Erosion und Staubeentwicklung.
- HGT-Schicht: Weniger anfällig für Witterungseinflüsse, stabiler und langlebiger.

Anwendung:

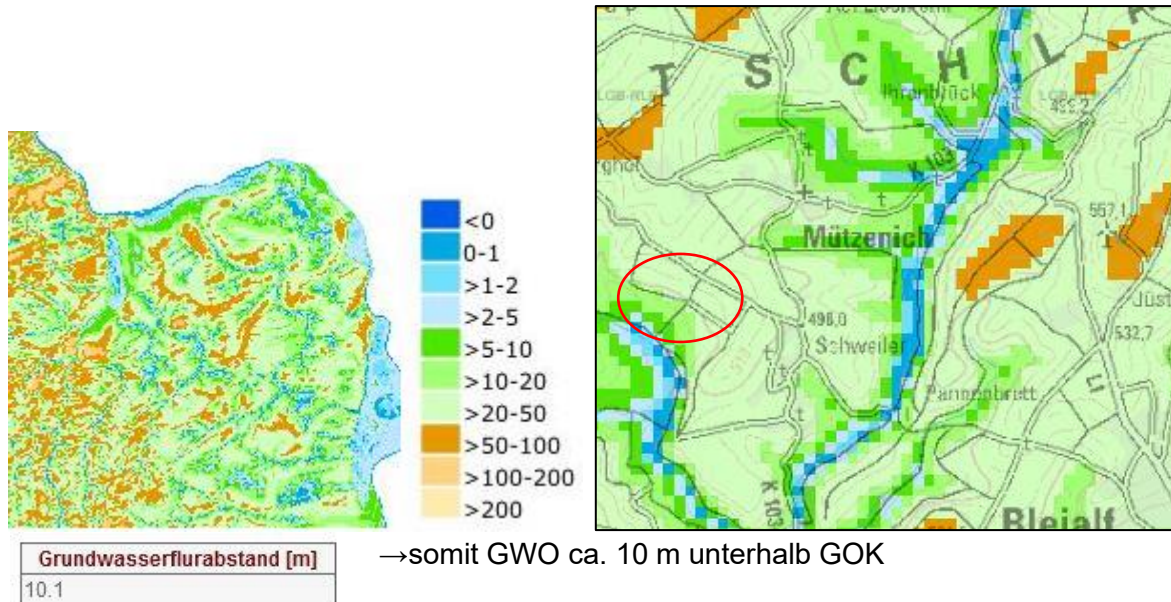
- Wassergebundene Decke: Parkanlagen, Wanderwege, landschaftlich empfindliche Bereiche.
- HGT-Schicht: Hochbelastbare Verkehrswege, Industrieflächen, Fahrbahnen mit hohen Lasten.

Zusammenfassung:

- **Wassergebundene Decke:** Bietet gute Drainage und ist kostengünstig, kann aber regelmäßige Wartung und Pflege erfordern.
- **HGT-Schicht:** Bietet hohe Tragfähigkeit und Langlebigkeit bei geringem Wartungsaufwand, ist jedoch teurer und aufwendiger in der Verarbeitung.

8 Versickerungseignung der anstehenden Böden

Abfrage GWO „Grundwasseroberfläche / GWO: GwFlurabstand [m]“ (Landesamt für Geologie RLP):



8.1 Allgemeines

Die Menge des zur Versickerung gelangenden Wassers wird von zwei Faktorengruppen bestimmt. Die eine besteht aus der *Menge und Verteilung des zu versickernden Wassers* und der *Evapotranspiration (Boden- und Pflanzenverdunstung)*. Die andere besteht aus Bodeneigenschaften, wie dem Zusammenhang zwischen *Wasserspannung* einerseits, *Wasserleitfähigkeit* und *Wassergehalt* andererseits und dazu dem *Infiltrationsvermögen*. Des Weiteren spielen die *Tiefe der Grundwasseroberfläche* und die *Topografie der Bodenoberfläche* (Anfall von Oberflächenwasser) eine Rolle.

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 kommen für die Versickerung Lockergesteinsböden in Frage, deren k_f -Werte (Durchlässigkeitsbeiwerte) im Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen (Flächenversickerung 2×10^{-5} m/s). Weiterhin muss zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer eine ausreichend mächtige, belebte Bodenzone vorhanden sein (ca. 0,3 m). Bei einer Bodenpassage in entsprechender Größenordnung wird ein Großteil der zumeist partikelgebundenen Schadstoffe zurückgehalten.

Der Abstand zwischen mittlerem höchstem Grundwasserstand (MHGW) und Sohle der Versickerungsanlage (Mächtigkeit des Sickerraums) muss mindestens 1 m betragen, damit eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Der Feinkorngehalt des Bodens auf der für die Versickerung herzustellenden Muldensohle sollte so gering wie möglich sein, um eine Verstopfung der Poren in diesem Bereich zu verhindern. Die Sohle der Muldenfläche sollte bei der Herstellung der Mulde so wenig wie möglich verdichtet werden. Bei Aushub von gewachsenem Boden ist beim Abziehen der Oberfläche eine Verdichtung durch die Baggerschaufel zu vermeiden.

Tabelle 6: Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes gemäß Anhang B des Regelwerkes DWA A 138

Bestimmungsmethode		Korrekturfaktor
Abschätzung nach Bodenansprache		1
Labormethoden	Sieb-/Schlamm-analyse	0,2
	Permeameter	1
	(ungestörte, Probe, vertikale Probenahme)	
Feldmethoden		2

→Im Feld: um der Ungenauigkeit durch evtl. nicht ausreichende Aufsättigung der anstehenden Böden entgegenzuwirken.



Lage der Versuche

8.2 Ermittlung des k_f -Wertes

Zur Ermittlung der Infiltrationsrate wurden -4- Versickerungsversuche im unteren, tiefst gelegenen Bereich des Projektgebiets, hier 4x nach LANG/HUDER LH1-4 durchgeführt, da nur hier, wenn überhaupt, die Herstellung von Versickerungsanlagen sinnvoll ist. Die Versuchsprotokolle liegen in Anlage 8 bei.

Nach LANG/HUDER (Feld)

Die Auswertung erfolgt gemäß dem Zusammenhang zwischen *Absinkmaß* und *Versuchsdauer* nach folgender Formel:

$$k_f = d/28 * 1/h_m * (\Delta h/\Delta t) \quad [\text{m/s}]$$

k_f gesuchter Durchlässigkeitsbeiwert

L, B Länge und Breite der Grube

$A_w = L * (B + h_m)$ wirksame Versickerungsfläche

$d = -h_1 + \sqrt{h_1^2 + (4 * A_w / \pi)}$ äquivalenter Durchmesser eines runden Loches

$h_m = (h_1 + h_2) / 2$ mittlere Druckhöhe für den Messzeitraum Δt

Δt Differenz, Zeitintervall $t_1 - t_2$

h_1 Ausgangsdruckhöhe, Füllhöhe bei Beginn

h_2 Druckhöhe zur Messzeit t_2 am Ende

Δh Druckdifferenz $h_1 - h_2$

Durchführung:

Mittels Handschurf wurde ein ebenes Loch von ca. 30-40 cm Durchmesser bis unterhalb des Oberbodens hergestellt. Anschließend wurde ein Stahlzylinder in den Boden gedrückt, sodass dieser luftdicht mit dem anstehenden Boden verbunden ist und wird mit Wasser gefüllt. Nach einer Aufsättigung des Bodens beginnt die Versuchsdurchführung – Messung des Absinkmaßes pro Zeit.

Ergebnis

Versickerungsversuch LH	Tiefe unter GOK [m]	Bemessungs- k_f [m/s]
1	0,20	$5,4 \times 10^{-7}$
2	0,25	$6,5 \times 10^{-7}$
3	0,20	$1,6 \times 10^{-5}$
4	0,21	$3,5 \times 10^{-7}$

Bewertung

Die Böden sind an den Stellen der Versuche **LH1/2/4** daher gemäß DIN 18130 als *schwach durchlässig* zu klassifizieren und für eine gezielte Versickerung nach dem Arbeitsblatt DWA-A138 als **nicht geeignet** und nur bei **LH3 als geeignet** zu beurteilen.

Wir empfehlen daher bei gezielter Versickerung den Bereich um LH3 (Koordinaten siehe Tabelle 1) zu nutzen. In den übrigen Bereichen ist sicherlich auch eine Versickerung möglich, sie bedarf nur eines längeren Zeitraums, weshalb Anlagen in diesen Bereichen größer zu dimensionieren wären. Generell empfehlen wir, sich die Örtlichkeiten und die Grundstücksverhältnisse vor Ort detailliert anzuschauen, bevor Planungen zu Versickerungsanlagen angestellt werden, da hierdurch evtl. relevante Erkenntnisse auftreten können.

Auf Grundlage der ermittelten Daten und unter Berücksichtigung der örtlichen Bodenverhältnisse wird Folgendes empfohlen:

- **Oberflächennahe Versickerung:** Da die oberen Schichten (bis ca. 1 m Tiefe) zumindest bei LH3 ausreichend durchlässig sind, sollte eine **oberflächennahe Versickerung** bevorzugt werden. Dies kann über **Mulden-Rigolen-Systeme** oder **Versickerungsmulden** erfolgen.
- Die Durchlässigkeit in größerer Tiefe wurde nicht geprüft, würde aber auch erst bei Planung entsprechend tiefer Versickerungsanlagen mit entsprechendem Aushub Sinn machen. Mit zunehmender Tiefe ist ein erhöhter Skelettanteil zu erwarten, was die Durchlässigkeit je nach Zusammensetzung und Kluftstrukturen des anstehenden verwitterten Festgesteins günstig beeinflussen kann, aber nicht muss. Vorab wird davon ausgegangen, dass durch die Bebauung mittels PV-Anlagen kein anderer Oberflächenabfluss als bisher zu erwarten ist und nur bei starken/langanhaltenden Niederschlägen eine Durchnässung im unteren Geländebereich zu erwarten ist. Überschüssige Wassermassen entwässern hier auch direkt in den parallel zum Hang verlaufenden Vorfluter *Baiersbach*. Wohnbebauung ist nicht betroffen.

9 Ermittlung des spezifischen Erdwiderstands mittels Wenner-Methode

Zur geophysikalischen Untersuchung des Untergrunds wurde der spezifische Erdwiderstand ρ_s an zwei Messreihen mithilfe der **Wenner-Methode** bestimmt. Diese Methode ermöglicht es, den spezifischen Widerstand des Bodens durch unterschiedliche Elektrodenabstände a zu erfassen, um Hinweise auf Feuchtigkeitsgehalt, Bodenzusammensetzung und mögliche Inhomogenitäten zu erhalten. Die Messungen wurden in zwei Datensätzen (Erdwiderstand 01 und Erdwiderstand 02) bei Elektrodenabständen von 0,5 m bis 30 m durchgeführt.

Hinweis zur Interpretation: Der Elektrodenabstand a steht nicht für die direkte Tiefe, sondern beeinflusst indirekt die Eindringtiefe des elektrischen Felds. Größere Elektrodenabstände erfassen Informationen über tiefere Bereiche im Bodenprofil, während kleinere Abstände eher oberflächennahe Schichten abbilden.



Übersicht Messreihen 01 (E1) und 02 (E2), jeweils Ausrichtung O-W, Pfeildarstellung nur skizziert

Das zugrunde liegende grob vereinfachte Bodenprofil zeigt eine Schichtung von weichen Oberböden bis hin zu festem Gestein:

1. Oberboden (bis $\pm 0,2$ m): weich, organisch geprägt.
2. Leicht plastische Lehme (bis $\pm 0,5$ m): weich bis steif.
3. Leicht plastische Lehme (bis $\pm 2,0$ m): steif bis halbfest.
4. Übergangszone (ab 2,0–3,0 m): verwittertes Festgestein, Ton-, Silt- und Sandstein mit hohem Skelettanteil.
5. Fester oder dichter Boden (ab $\pm 3,0$ m): hohe Tragfähigkeit, geringe Feuchte.

Ergebnisse und Interpretation

Die beiden Messreihen Erdwiderstand 01 und Erdwiderstand 02 zeigen jeweils typische Verläufe des spezifischen Erdwiderstands mit zunehmendem Elektrodenabstand. Es gibt jedoch Unterschiede in den Widerstandswerten und dem Verlauf des spezifischen Widerstands, die auf Unterschiede in der Bodenstruktur hinweisen.

Messreihe Erdwiderstand 01:

- Elektrodenabstand 0,5 m bis 5 m:
 - Der spezifische Widerstand liegt zwischen ca. 234 und 298 $\Omega \cdot m$, was auf geringere Feuchtigkeit oder höhere Dichte der oberflächennahen Schichten (Oberboden, Lehm) hinweist.
 - Die Werte stimmen gut mit der Bodengruppe TL (tonige Lehme) überein, die eine moderate Leitfähigkeit bei niedriger bis mittlerer Feuchte aufweisen.
- Elektrodenabstand 8 m bis 30 m:
 - Mit zunehmendem Abstand stabilisiert sich der spezifische Widerstand auf 126–154 $\Omega \cdot m$, was auf die Übergangszone und die verwitterte Gesteinsschicht hinweist.
 - Die Homogenität dieser Werte deutet auf gleichmäßig feuchte und gut leitfähige tiefere Schichten hin (verwittertes Festgestein, tonhaltig).
- Zusammenfassung:
 - Die Messung zeigt eine gleichmäßige, homogene Struktur der tieferen Bodenschichten. Die geringe Streuung der Werte spricht für eine durchweg feuchte, aber gut leitfähige Schicht in größerer Tiefe.

Messreihe Erdwiderstand 02:

- Elektrodenabstand 0,5 m bis 5 m:
 - Die spezifischen Widerstandswerte liegen mit 264–347 $\Omega \cdot m$ im ähnlichen Bereich wie bei Messreihe 01, deuten jedoch auf etwas trockenere oder dichtere Verhältnisse in den oberflächennahen Schichten hin.
- Elektrodenabstand 8 m bis 30 m:
 - Nach einem anfänglichen Rückgang steigen die Werte bei größeren Elektrodenabständen auf bis zu 223 $\Omega \cdot m$ an. Dies könnte auf eine inhomogene Übergangszone oder eine unterschiedliche Zusammensetzung (z. B. wechselnder Skelettanteil) im verwitterten Festgestein hinweisen.

- Zusammenfassung:
 - Erdwiderstand 02 zeigt eine heterogene Struktur in den tieferen Bereichen. Die zunehmenden Widerstandswerte bei größeren Abständen könnten auf eine Mischung aus feuchten und trockeneren Partien hinweisen, möglicherweise durch variierende Gesteinsanteile oder ungleichmäßige Feuchteverteilung.

Interpretation im Hinblick auf das Bodenprofil

Die Messergebnisse passen gut zum beschriebenen Bodenprofil, wobei folgende Zusammenhänge auffallen:

1. Oberboden und tonige Lehme:
 - Die Widerstandswerte im Bereich kleiner Elektrodenabstände sind typisch für tonige Lehme, die bei geringer Feuchtigkeit moderat leitfähig sind.
 - Die höhere Leitfähigkeit (niedrigere Widerstände) in Messreihe 01 deutet auf eine leicht feuchtere oberflächennahe Schicht hin.
2. Verwittertes Festgestein (2,0–3,0 m):
 - In Messreihe 01 zeigen die konstant niedrigen Widerstandswerte in den tieferen Bereichen eine gleichmäßige und durchgehend feuchte Struktur, was auf eine homogene, ton- und siltreiche Zusammensetzung schließen lässt.
 - In Messreihe 02 lassen die ansteigenden Werte auf Inhomogenitäten in der Übergangszone schließen, etwa durch variierenden Skelettanteil oder trockene Bereiche.
3. Fester, dichter Boden ab 3,0 m:
 - Beide Messungen erfassen den Einfluss des festeren Gesteins. In Messreihe 01 bleibt die Leitfähigkeit dennoch hoch, was auf feuchte Bedingungen hinweist. Die leicht höheren Widerstände in Messreihe 02 deuten auf trockenere oder dichtere Bedingungen hin.

Unwägbarkeiten und Einflussfaktoren

Die Interpretation der Ergebnisse der Wenner-Methode unterliegt bestimmten Einschränkungen:

1. Toleranzen und Streuungen:
 - Kleine Änderungen in der Feuchtigkeit, Bodentemperatur oder Leitfähigkeit können große Auswirkungen auf die Messergebnisse haben.
 - Die Methode liefert nur indirekte Informationen über die Bodenschichten, weshalb zusätzliche Bodenproben notwendig sind, um die Ergebnisse zu verifizieren.
2. Einflussfaktoren:
 - Feuchtigkeit: Der Wassergehalt hat den größten Einfluss auf die Leitfähigkeit. Änderungen der Feuchtigkeit (z. B. durch Regenfälle oder Grundwasserfluktuation) können die Ergebnisse verfälschen.
 - Materialzusammensetzung: Unterschiedliche Korngrößen, Tonanteile oder organische Substanzen beeinflussen die Widerstände erheblich.
 - Störfaktoren: Metallische Objekte, Stromleitungen oder andere technische Einflüsse können die Messungen beeinträchtigen.

3. Probleme bei der Interpretation:

- Der Elektrodenabstand ist nicht gleichzusetzen mit der exakten Tiefe, sodass eine klare Zuordnung der Widerstandswerte zu bestimmten Bodenschichten schwierig ist.
- Heterogene Schichten (z. B. Mischung aus Lehm und Skelett) können zu nicht-linearen Ergebnissen führen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die beiden Messreihen weisen Unterschiede in der Bodenstruktur auf, die vor allem bei den größeren Elektrodenabständen deutlich werden. Erdwiderstand 01 zeigt eine gleichmäßige Abnahme des spezifischen Widerstands und deutet auf eine homogene und gut leitfähige Schicht in tieferen Bereichen hin. Erdwiderstand 02 hingegen zeigt ab einem Elektrodenabstand von ca. 16 m wieder ansteigende spezifische Widerstandswerte, was auf wechselnde Materialschichten oder unterschiedliche Feuchteverhältnisse in tieferen Bereichen hindeuten könnte.

Empfehlungen:

- **Gründungsarbeiten:** Für Bauvorhaben, die tiefer liegende Bodenschichten beanspruchen, könnten die homogenen Bedingungen in Erdwiderstand 01 vorteilhafter sein, da eine gleichmäßige Feuchte und Bodenstruktur zu erwarten ist. Bei den weniger homogenen Bedingungen in Erdwiderstand 02 sollte hingegen auf potenzielle Setzungsprobleme und unterschiedliche Tragfähigkeiten geachtet werden.
- **Weitere Untersuchungen:** Zur Verifizierung der Ergebnisse können detaillierte **Bodenprobenentnahmen** in verschiedenen Tiefen empfohlen werden, um Feuchtegehalt, Korngrößenverteilung und Dichte des Bodens genauer zu charakterisieren und eine höher aufgelöste Darstellung zu ermöglichen.
- **Kabel- und Leitungsverlegung:** Die gleichmäßigeren Feuchteverhältnisse in den tieferen Bereichen von Erdwiderstand 01 sind für die Verlegung korrosionsempfindlicher Leitungen günstiger. In Erdwiderstand 02 könnten die unterschiedlichen Feuchteverhältnisse in tieferen Bereichen zu einer erhöhten Korrosionsanfälligkeit führen, welches jedoch im vorliegenden Fall eher zu vernachlässigen ist.

Zusammengefasst zeigen die Untersuchungen, dass der Boden in der Messreihe Erdwiderstand 01 eine konsistent feuchte und homogene Struktur in tieferen Bereichen aufweist, während Erdwiderstand 02 auf eine variablere Struktur und möglicherweise inhomogene Feuchteverteilung schließen lässt. Die Interpretation solcher Messungen ist allgemein

10 Schlussbemerkung

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist der vorliegende geotechnische Bericht nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Bericht abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters. Auszugsweise Vervielfältigungen dieses Berichts bedürfen der Zustimmung des Unterzeichners.

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit, Ausbildung sowie Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der aufgeschlossenen Bodenschichten zwischen den Aufschlusspunkten nicht generell ausgeschlossen werden können. Insbesondere sind jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Grund- und Schichtwasserzuflüsse nicht auszuschließen. Die ICP Ingenieure GmbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen (nach DIN 4020 gefordert), gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise vor.

Wird im Zuge der Erdarbeiten ein anderer als im vorliegenden Bericht dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist der Gutachter unverzüglich zu benachrichtigen und durch die ICP Ingenieure GmbH eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.

Der geotechnische Bericht gilt für das angegebene Objekt nur im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der ICP Ingenieure GmbH nicht zulässig.

Bei Unsicherheiten/Unklarheiten oder der Gefahr der Fehlauslegung ist der Gutachter heranzuziehen.

ICP Ingenieure GmbH



Frank Neumann
(Dipl.-Geologe/Berat. Geowissenschaftler)

gez.
Pascal Begon
(B.Eng., B.Sc. UGW)



DPH: ES 1-24
RB: ES

Legende

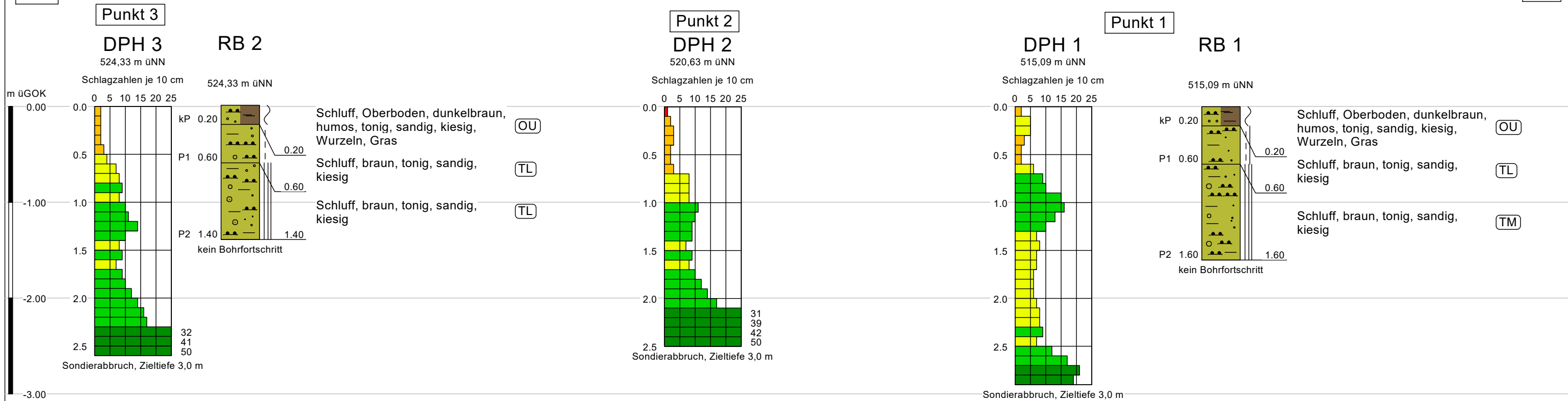
- RB (Klein-)Rammbohrung
- DPH Schwere Rammsondierung
- E Erdwiderstandsmessung

Objekt	PV-Anlage, 54608 Mützenich
Proj.-Nr.	SB24043
Aufschlussdatum	10./11.06.2024
Maßstab	schematisch
Anlage	1
Bearbeiter	PB

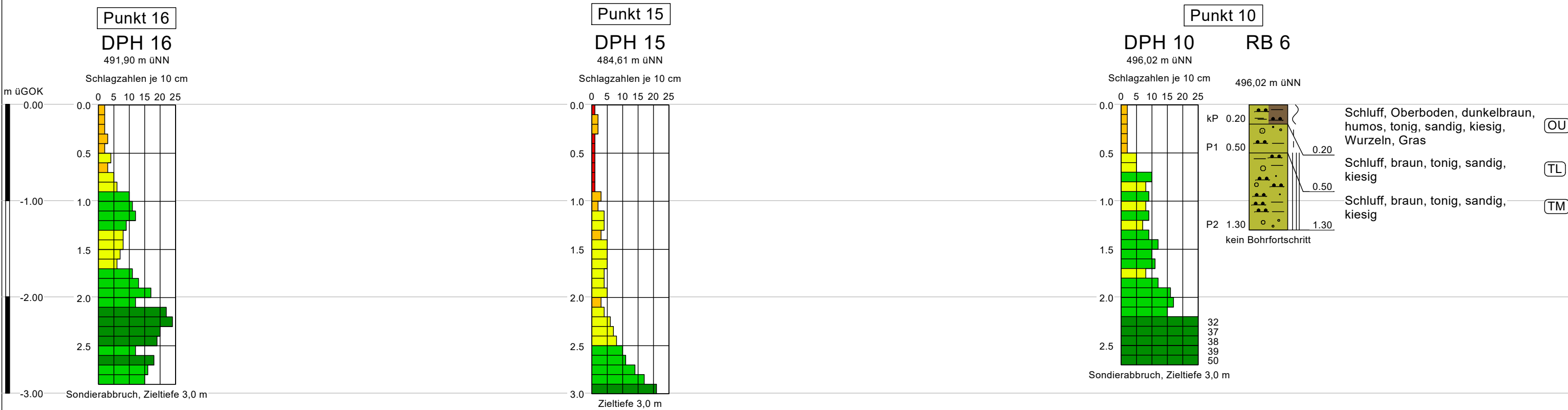
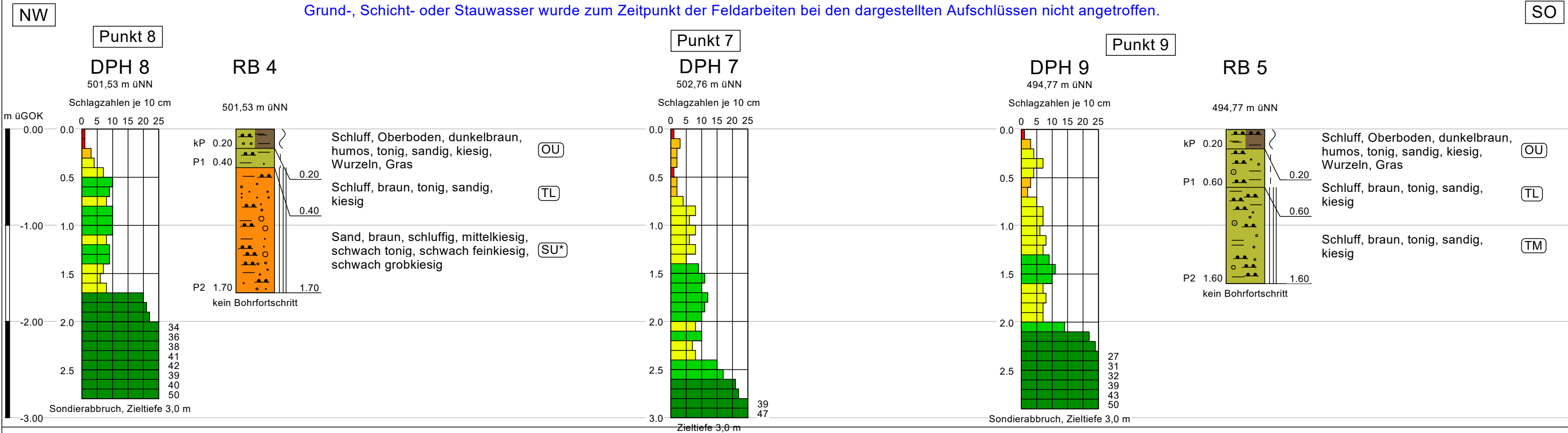
NW

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei den dargestellten Aufschlüssen nicht angetroffen.

SO



Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei den dargestellten Aufschlüssen nicht angetroffen.



HOMOGENBEREICHE

- B1 - Bindige Böden
- B2 - Nichtbindige Böden
- X1/X2 - Übergangszone / Fels

Legende DPH

- weich / sehr locker
- weich-steif / locker
- steif / mitteldicht
- halbfest / dicht
- fest / sehr dicht

Legende

- halbfest - fest
- steif
- weich
- U (Schluff)
- G (Kies)
- h (humos)

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!



Objekt:
PV-Anlage
54608 Mützenich

Baugrunderkundung

Bohrprofile / Rammdiagramme

Höhenmaßstab: 1: 40

Anlage 2.2

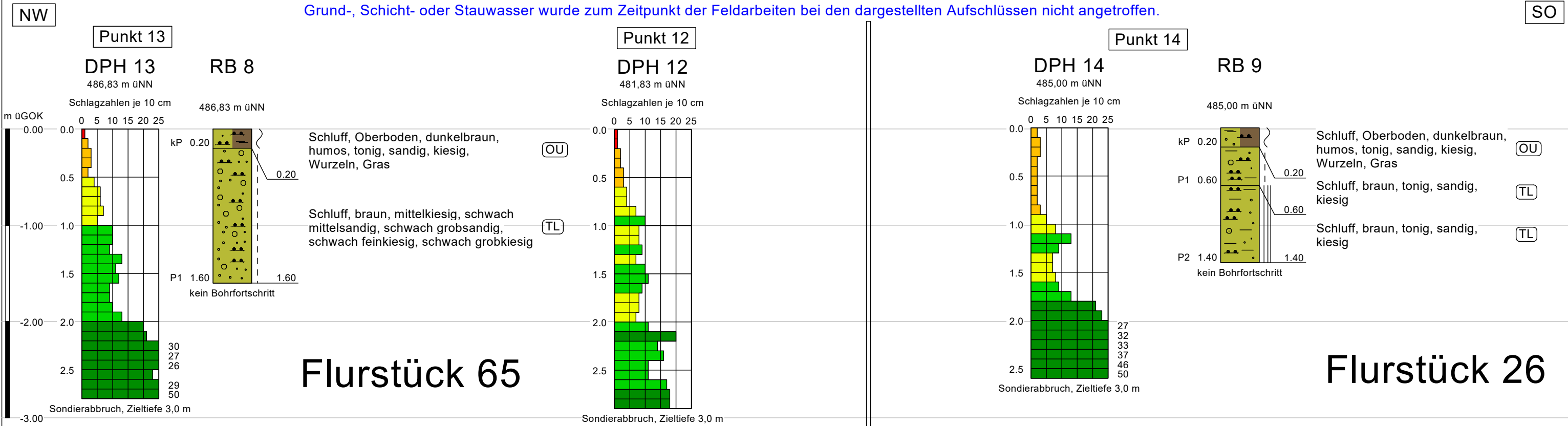
zu Bericht Nr.:
SB24043

10./11.06.2024

Bearb.: PB

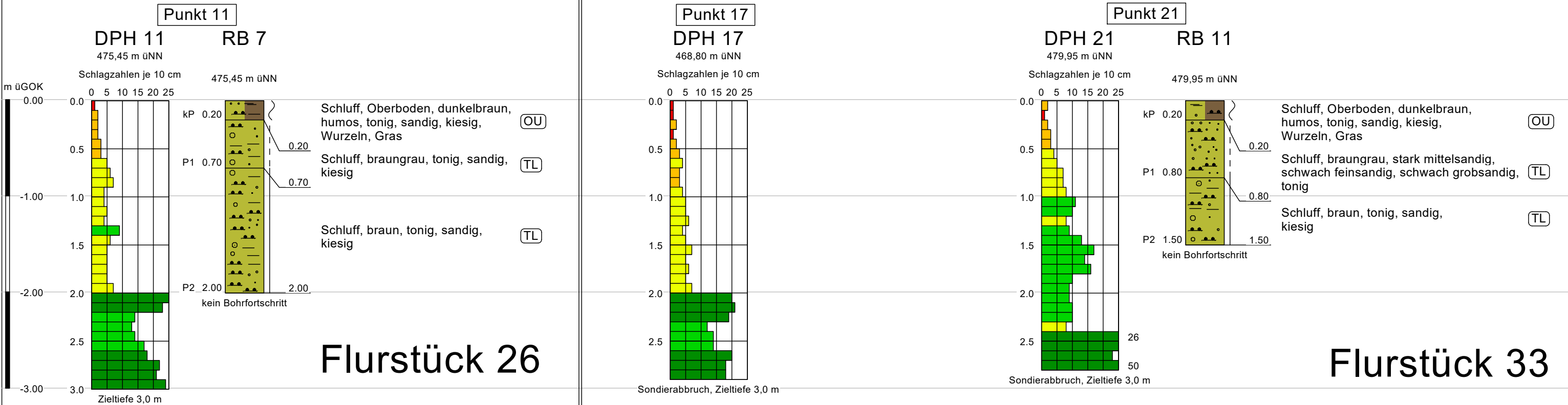
Flurstück 26

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei den dargestellten Aufschlüssen nicht angetroffen.



Flurstück 65

Flurstück 26



Flurstück 26

Flurstück 33

HOMOGENBEREICHE

- B1 - Bindige Böden
- B2 - Nichtbindige Böden
- X1/X2 - Übergangszone / Fels

Legende DPH

- weich / sehr locker
- weich-steif / locker
- steif / mitteldicht
- halbfest / dicht
- fest / sehr dicht

Legende

- halbfest - fest
- halbfest
- steif
- weich
- U (Schluff)
- G (Kies)
- h (humos)

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!

Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel. (06561) 18824 Fax 942558	Objekt: PV-Anlage 54608 Mützenich	Anlage 2.3
	Baugrunderkundung	zu Bericht Nr.: SB24043
	Bohrprofile / Rammdiagramme	10./11.06.2024
	Höhenmaßstab: 1: 40	Bearb.: PB

N

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei den dargestellten Aufschlüssen nicht angetroffen.

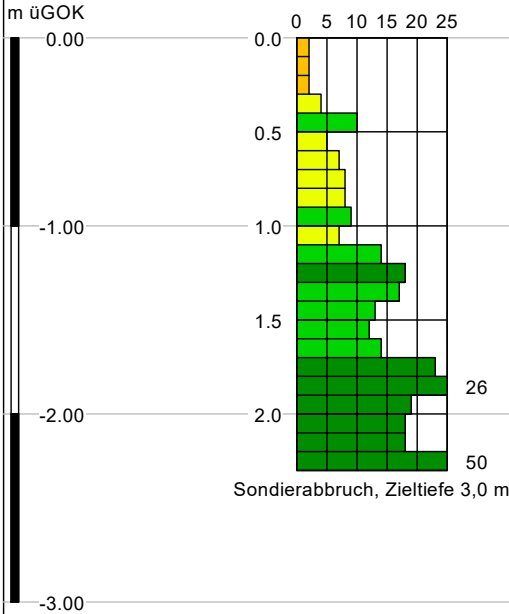
S

Punkt 22

DPH 22

492,48 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm

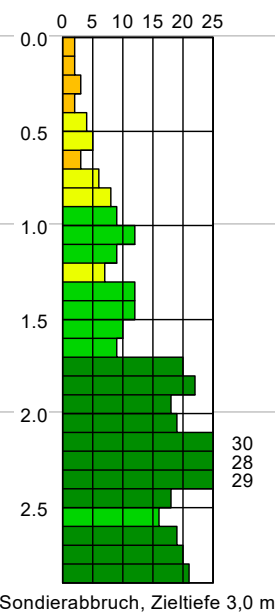


Punkt 20

DPH 20

486,01 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm

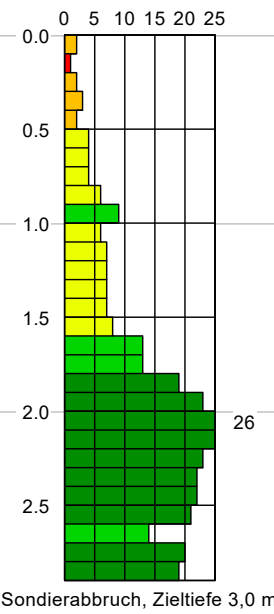


Punkt 18

DPH 18

472,41 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm

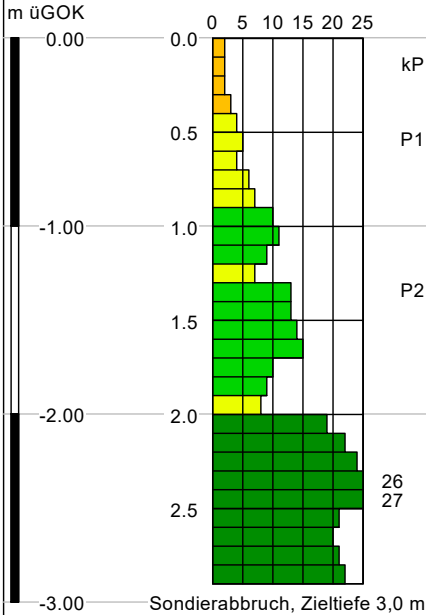


Punkt 19

DPH 19

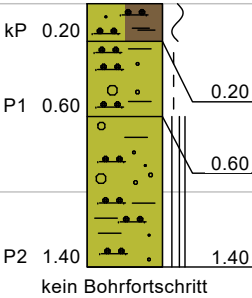
489,36 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm



RB 10

489,36 m üNN



Schluff, Oberboden, dunkelbraun, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras

OU

Schluff, braun, tonig, sandig, kiesig

TL

Schluff, braun, tonig, sandig, kiesig

TM

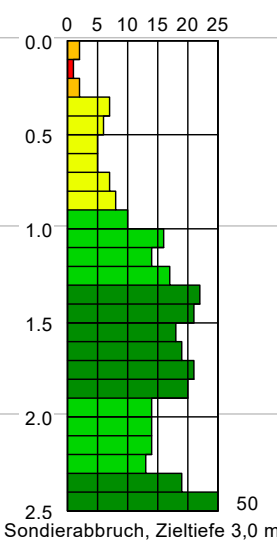
kein Bohrfortschritt

Punkt 23

DPH 23

496,49 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm

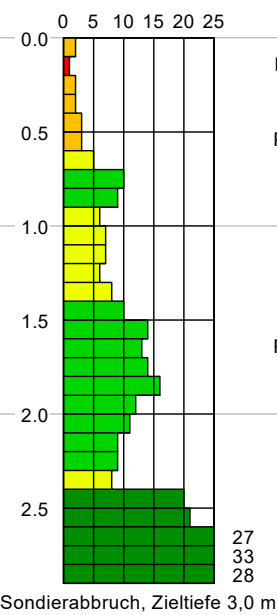


Punkt 24

DPH 24

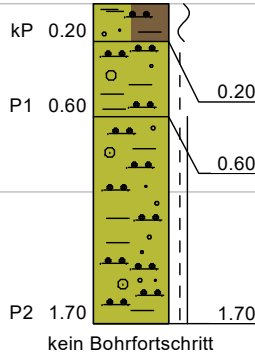
504,51 m üNN

Schlagzahlen je 10 cm



RB 12

504,51 m üNN



Schluff, Oberboden, dunkelbraun, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras

OU

Schluff, braun, tonig, sandig, kiesig

TL

Schluff, braun, tonig, sandig, kiesig

TL

kein Bohrfortschritt

HOMOGENBEREICHE

- B1 - Bindige Böden
- B2 - Nichtbindige Böden
- X1/X2 - Übergangszone / Fels

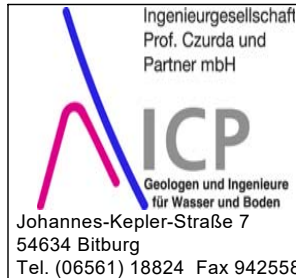
Legende DPH

- weich / sehr locker
- weich-steif / locker
- steif / mitteldicht
- halbfest / dicht
- fest / sehr dicht

Legende

- halbfest - fest
- steif - halbfest
- steif
- weich
- U (Schluff)
- G (Kies)
- h (humos)

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!



Objekt:
PV-Anlage
54608 Mützenich

Baugrunderkundung

Bohrprofile / Rammdiagramme

Höhenmaßstab: 1: 40

Anlage 2.4

zu Bericht Nr.:
SB24043

10./11.06.2024

Bearb.: PB

Flurstück 33

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 1 / Blatt: 1	Höhe: 515,09 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif - halbfest	d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.60
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 2 / Blatt: 1	Höhe: 524,33 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.40	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.40
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 3 / Blatt: 1	Höhe: 511,41 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.70	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.70
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.20	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.20
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 4 / Blatt: 1	Höhe: 501,53 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.40	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P1	0.40
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.70	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.70
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 5 / Blatt: 1	Höhe: 494,77 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.60
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 6 / Blatt: 1	Höhe: 496,02 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.50	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.50
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.30	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.30
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 7 / Blatt: 1	Höhe: 474,45 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.70	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.70
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braungrau						
	f)	g)	h) TL	i)					
2.00	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	2.00
	b)								
	c) halbfest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 8 / Blatt: 1	Höhe: 486,83 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-----------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
1.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P1	1.60
	b)								
	c) steif	d) schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL-GU*	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 9 / Blatt: 1	Höhe: 485,00 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
-------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.40	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.40
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 10 / Blatt: 1	Höhe: 489,36 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
----------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.40	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.40
	b)								
	c) halbfest - fest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 11 / Blatt: 1	Höhe: 479,95 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
--------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.80	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.80
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braungrau						
	f)	g)	h) TL-GU*	i)					
1.50	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.50
	b)								
	c) halbfest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
	f)	g)	h) TL-GU*	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB24043 Anlage: 3
--	---	--------------------------------------

Vorhaben: PV - Freiflächenanlage - 54608 Mützenich

Bohrung RB 12 / Blatt: 1	Höhe: 504,51 m üNN	Datum: 10.-11.06.2024
--------------------------------	-----------------------	--------------------------

1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Schluff, humos, tonig, sandig, kiesig, Wurzeln, Gras					DN 80		kP	0.20
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.60	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80		P1	0.60
	b)								
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
1.70	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig					DN 80 - DN 60		P2	1.70
	b)								
	c) steif - halbfest	d) schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

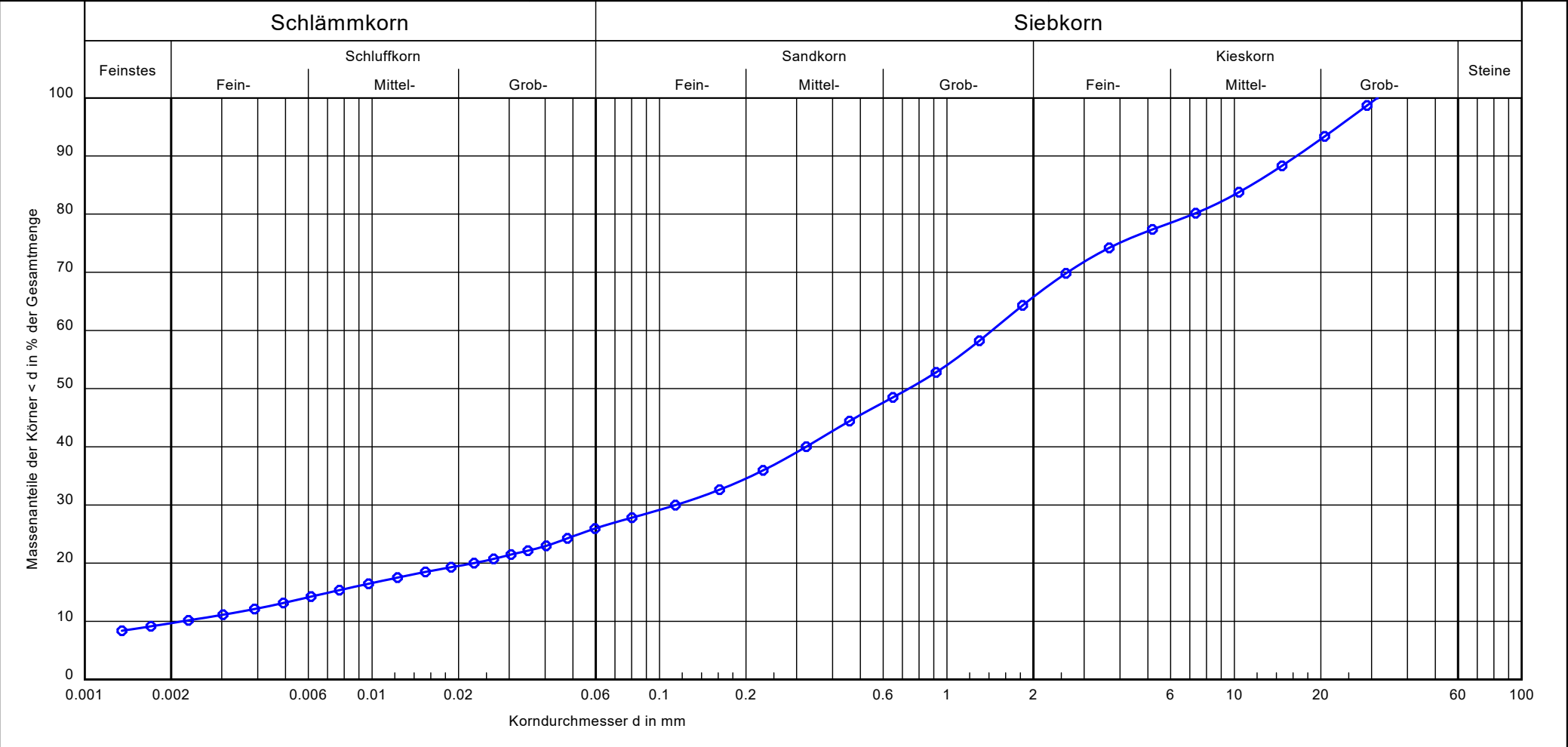
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg

Bearbeiter: Unterberg Datum: 30.07.2024

Körnungslinie
PV-Anlage
54608 Mützenich

Prüfungsnummer: SB24043 RB4 / P1
Probe entnommen am: 11.06.2024
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb- Schlämmanalyse



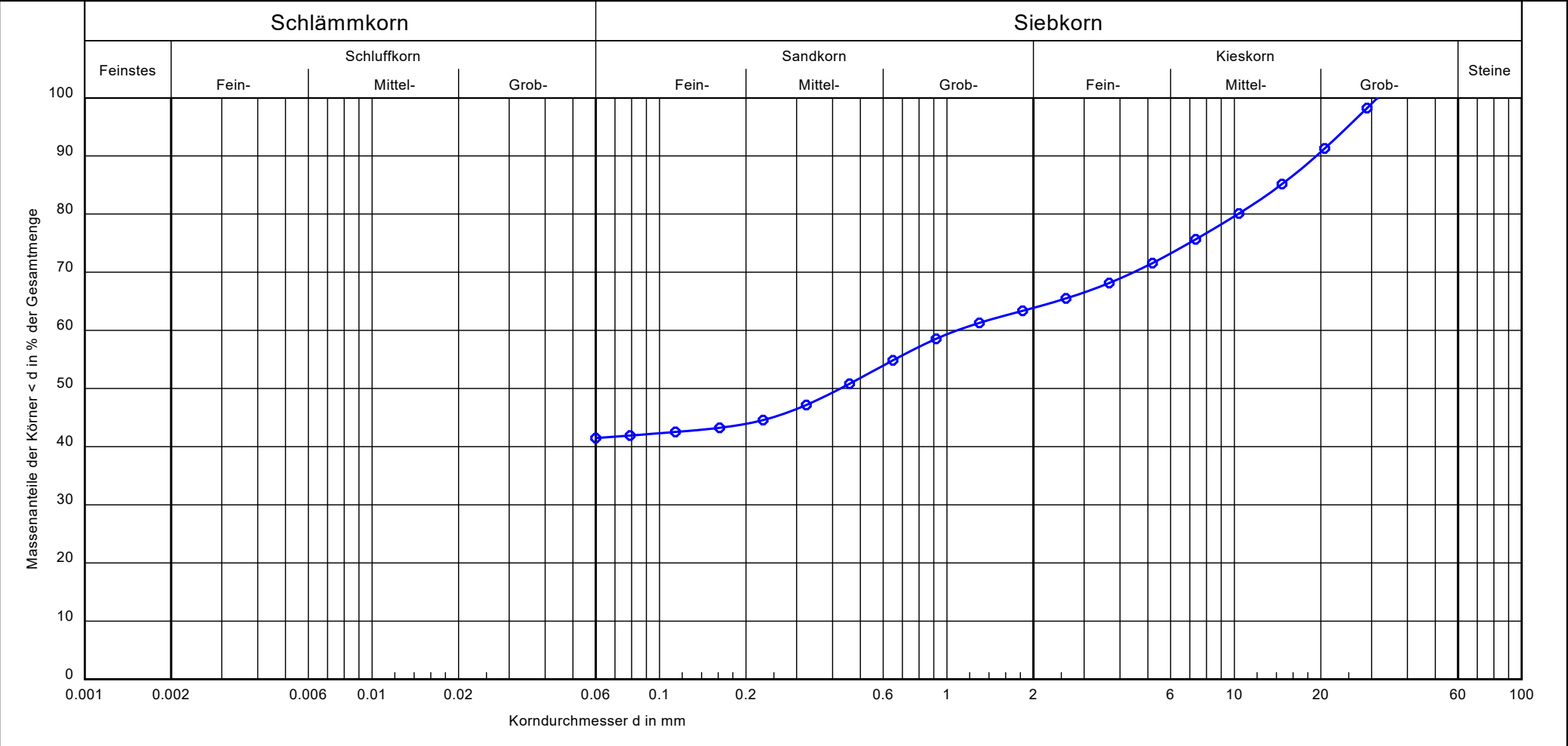
Bezeichnung:	RB4 / P1	Bemerkungen: Wassergehalt: 11,1 M.-% Feinkornanteil: 26,0 M.-%	Bericht: SB24043 Anlage: 4
Tiefe:	0,4 - 1,7m		
Bodenart:	S, u, mg, t', fg', gg'		
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	5.9 * 10 ⁻⁷		
U/Cc:	654.8/4.1		
Bodengruppe:	SU*		
T/U/S/G [%]:	9.7/16.3/39.8/34.2		
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3		

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg

Bearbeiter: Unterberg Datum: 30.07.2024

Körnungslinie
PV-Anlage
54608 Mützenich

Prüfungsnummer: SB24043 RB8 / P1
Probe entnommen am: 11.06.2024
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Siebanalyse



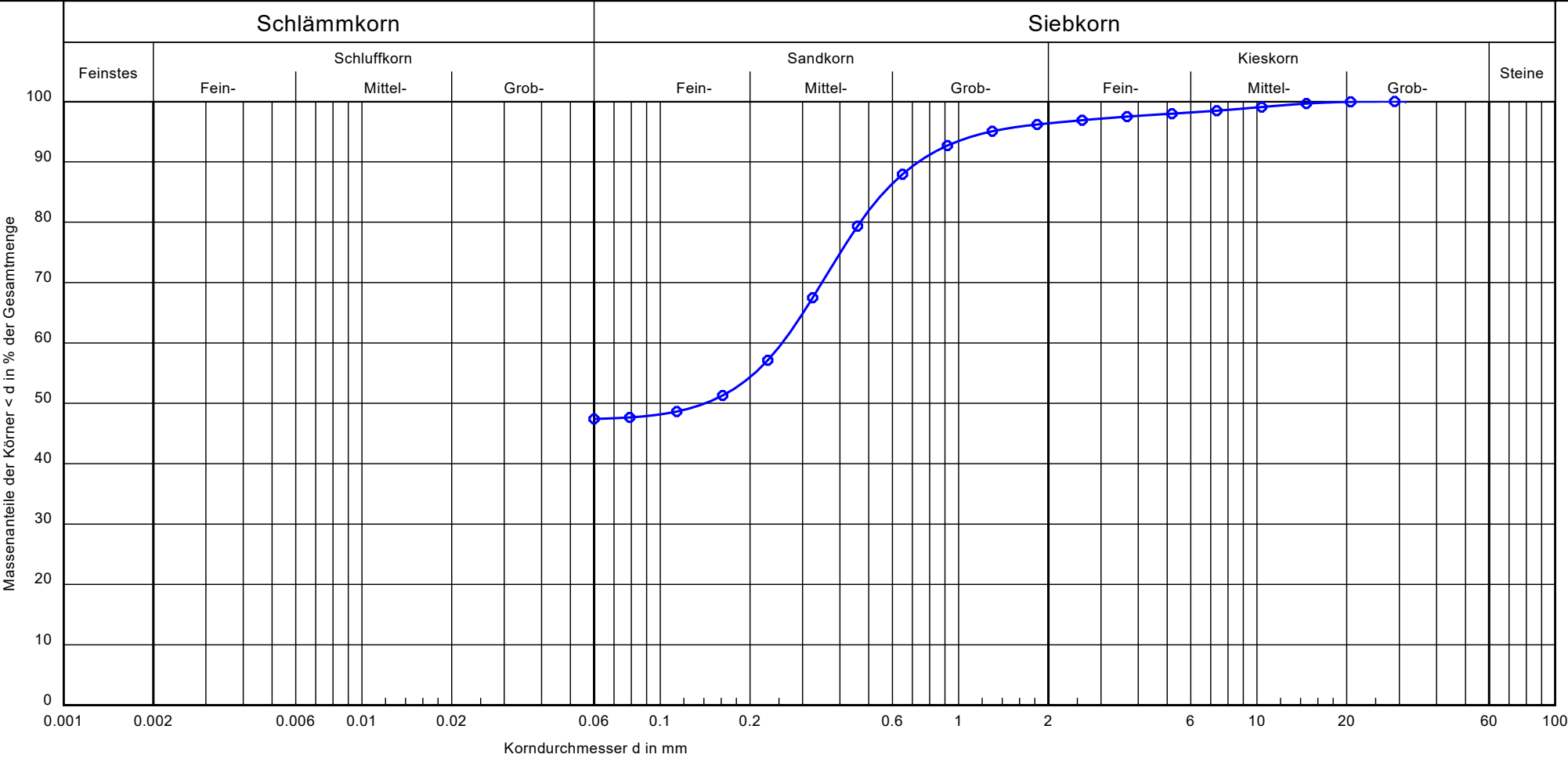
Bezeichnung:	RB8 / P1	Bemerkungen:	Bericht: SB24043 Anlage: 4
Tiefe:	0,2 - 1,6 m	Wassergehalt: 14,9 M.-%	
Bodenart:	U, mg, ms', gs', fg', gg'	Feinkornanteil: 41,5 M.-%	
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	-		
U/Cc:	-/-		
Bodengruppe:	TL		
T/U/S/G [%]:	- /41.5/22.4/36.1		
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3		

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg

Bearbeiter: Unterberg Datum: 30.07.2024

Körnungslinie
PV-Anlage
54608 Mützenich

Prüfungsnummer: SB24043 RB11 / P1
Probe entnommen am: 11.06.2024
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	RB11 / P1	Bemerkungen:	Bericht: SB24043 Anlage: 4
Tiefe:	0,2 - 0,8 m	Wassergehalt: 16,8 M.-%	
Bodenart:	U, m̄s, fs', gs'	Feinkornanteil: 47,4 M.-%	
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	-		
U/Cc:	-/-		
Bodengruppe:	TL		
T/U/S/G [%]:	- /47.4/49.0/3.6		
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3		

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

PV-Anlage

54608 Mützenich

Bearbeiter: Fabis

Datum: 25.06.2024

Prüfungsnummer: SB24043

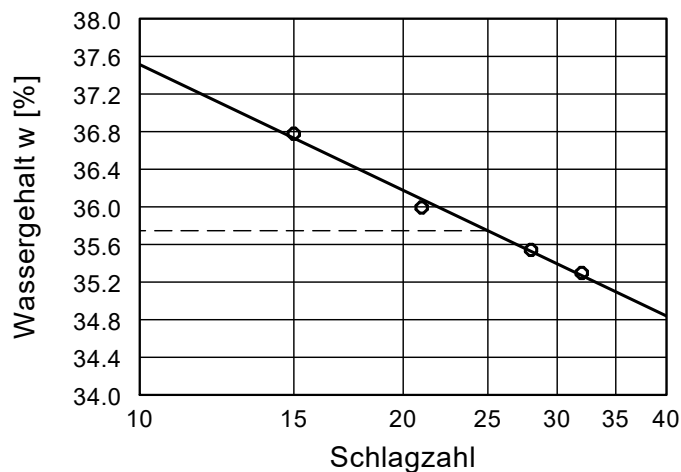
Entnahmestelle: RB / P2

Tiefe: 0,6 - 1,6

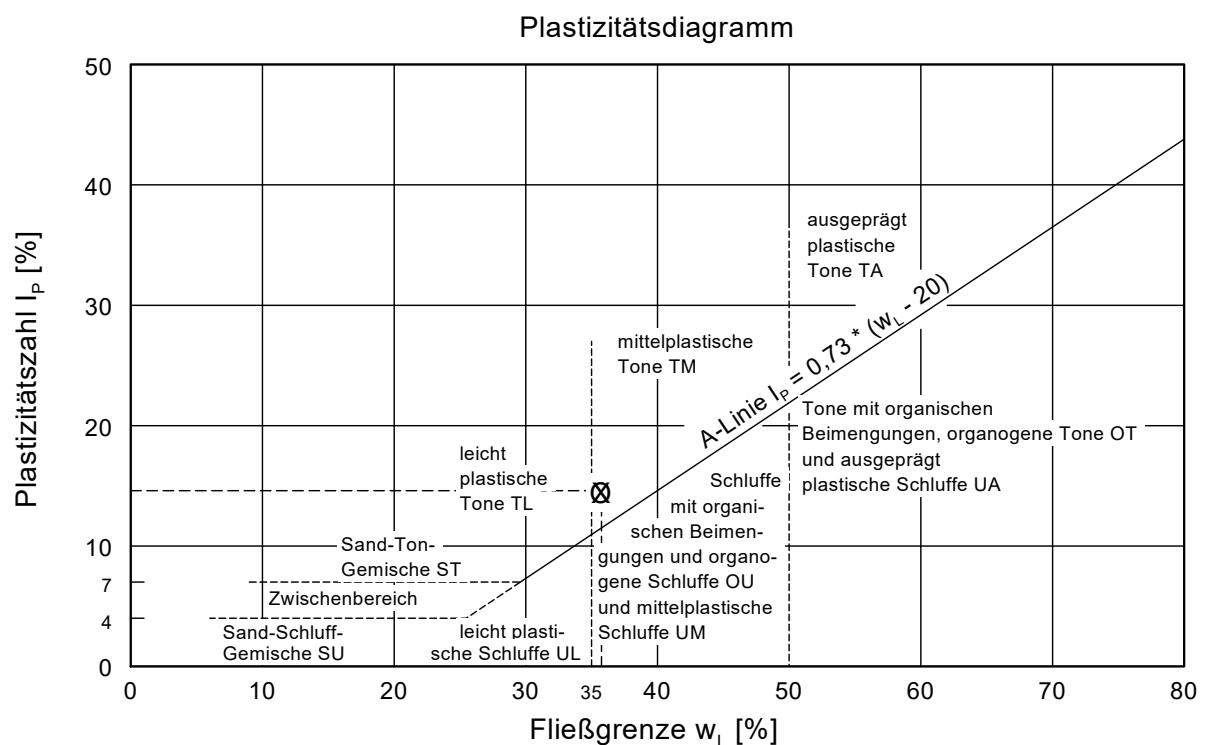
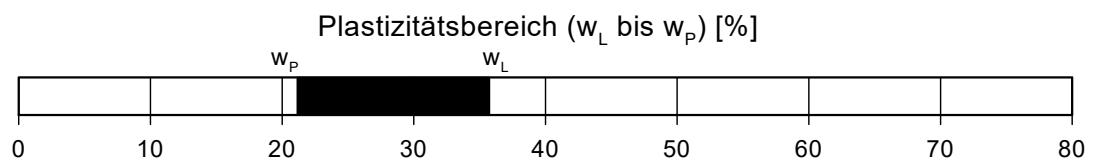
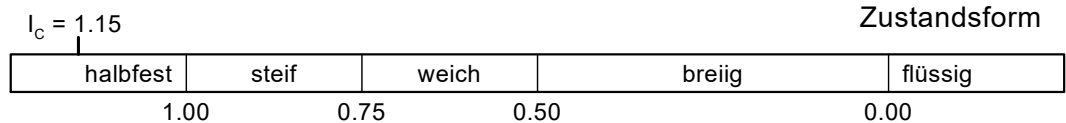
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, t, s, g

Probe entnommen am: 11.06.2024



Wassergehalt $w =$ 12.8 %
Fließgrenze $w_L =$ 35.7 %
Ausrollgrenze $w_p =$ 21.2 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 14.5 %
Konsistenzzahl $I_c =$ 1.15
Anteil Überkorn $\ddot{u} =$ 35.1 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} =$ 1.5 %
Korr. Wassergehalt = 18.9 %



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

PV-Anlage

54608 Mützenich

Bearbeiter: Fabis

Datum: 25.06.2024

Prüfungsnummer: SB24043

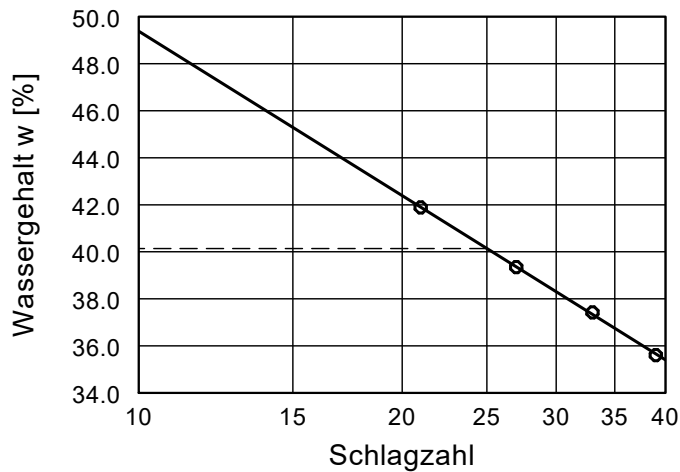
Entnahmestelle: RB5 / P2

Tiefe: 0,6 - 1,6

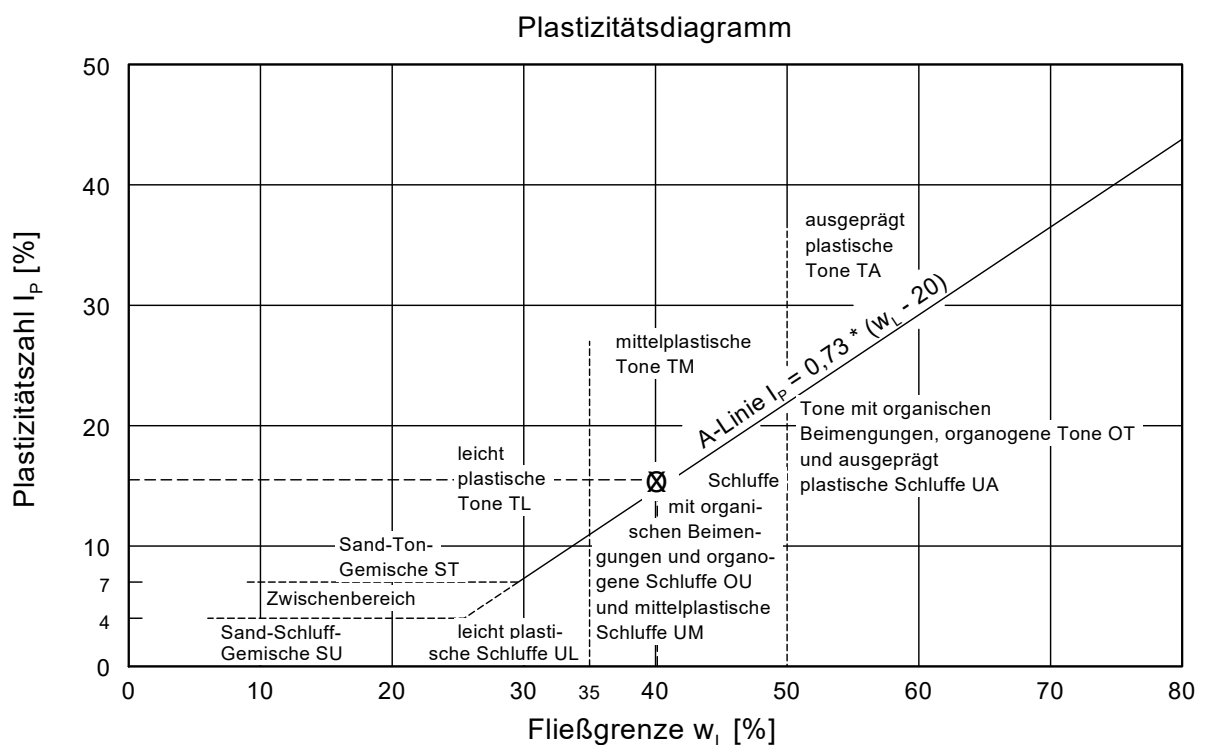
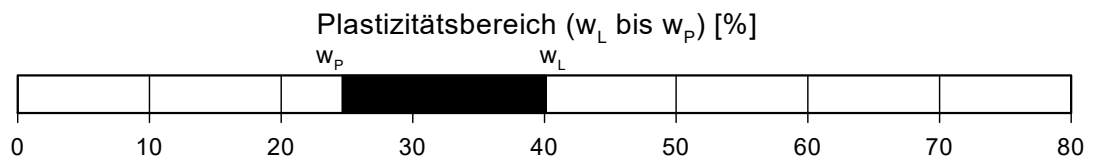
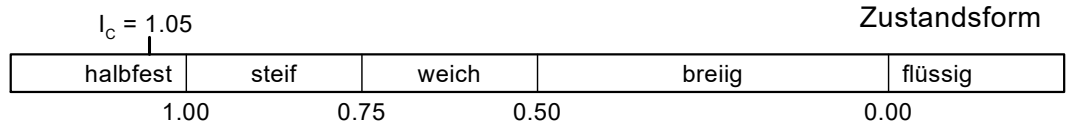
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: $\bar{U}$, s, g', t'

Probe entnommen am: 11.06.2024



Wassergehalt $w =$ 15.5 %
Fließgrenze $w_L =$ 40.1 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 24.6 %
Plastizitätszahl $I_P =$ 15.5 %
Konsistenzzahl $I_C =$ 1.05
Anteil Überkorn $\bar{u} =$ 37.3 %
Wassergeh. Überk. $w_{\bar{u}} =$ 1.5 %
Korr. Wassergehalt $=$ 23.8 %



Projekt:	PVA OG Mützenich, Erdwiderstand 01		Projekt-Nr.:	SB24043
Ausführende:	J.Knauf, P. Klankert	Geo Referenz:	UTM (WGS84)	Gauß-Krüger
Datum:	11.06.2024	RECHTS:	304081	HOCH: 5569878
Bodenzustand:	erdfeucht	Wetterlage:	wechselhaft	
Temperatur:	10 °C	Ausrichtung:	O-W	
Messgerät:	Earth & Resistivity Tester C.A. 6460	Kalibriert bis:	2024	

a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2\pi \times a$ [Ω×m]	Bemerkung
0,5	94,70	297,51	
1	41,90	263,27	
2	20,50	257,61	
3	13,20	248,81	
5	7,45	234,05	
8	2,51	126,17	
12	1,82	137,22	
16	1,37	137,73	
20	1,10	138,23	
25	0,98	153,94	
30	0,77	145,14	

Mit der Unterschrift bestätigt der Ausführende die Messung nach der Wenner-Methode durchgeführt zu haben.



Frank Neumann

(Dipl.-Geologe/Berat. Geowissenschaftler)

gez.

Josef Knauf
(BSc. UGW)

Projekt:	PVA OG Mützenich, Erdwiderstand 02		Projekt-Nr.:	SB24043	
Ausführende:	J.Knauf, P. Klankert	Geo Referenz:	UTM (WGS84)	Gauß-Krüger	
Datum:	11.06.2024	RECHTS:	304139	HOCH:	5570063
Bodenzustand:	erdfeucht	Wetterlage:	wechselhaft		
Temperatur:	10 °C	Ausrichtung:	O-W		
Messgerät:	Earth & Resistivity Tester C.A. 6460	Kalibriert bis:	2024		

a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2\pi \times a$ [Ω×m]	Bemerkung
0,5	84,20	264,52	
1	41,90	263,27	
2	24,10	302,85	
3	17,35	327,04	
5	11,06	347,46	
8	5,45	273,95	
12	3,00	226,19	
16	1,93	194,02	
20	1,62	203,58	
25	1,42	223,05	
30	1,17	220,54	

Mit der Unterschrift bestätigt der Ausführende die Messung nach der Wenner-Methode durchgeführt zu haben.



Frank Neumann

(Dipl.-Geologe/Berat. Geowissenschaftler)

gez.

Josef Knauf

(BSc. UGW)



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH
ICP Bitburg, Eifel
Am Tränkwald 27
67688 Rodenbach

Datum 27.06.2024

Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag 3565526 SB24043 - PV-Anlage, 54608 Mützenich
Analysennr. 524572 Bodenmaterial/Baggergut
Probeneingang 14.06.2024
Probenahme 11.06.2024
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung MP1_Stahl/Beton

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraction					DIN 19747 : 2009-07
Neutralsalze *)	mmol/kg	°	0,295		Berechnung
Trockensubstanz	%	°	81,5	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
pH-Wert (H2O)	u)	°	6,89	0,1	DIN EN 12176:1998-06(PL)
Bodenart	u)	°	schluffiger Lehm	0	VDLUF A I, D 2.1 : 1997(PL)
Basekapazität pH 7,0	u) mmol/kg		<0,400	0,4	DIN 38409-7 : 2005-12(PL)
Säurekapazität pH 4,3	u) mmol/kg		0,520	0,4	DIN 38409-7 : 2005-12(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug	u) mg/kg	°	<100	100	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfat aus salzsauren Auszug *)	mmol/kg	°	1,04 ^{xx2)}	1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		0,23	0,1	DIN EN 15936 : 2012-11
Aufschluss Chlorid					DIN 4030-2 : 2008-06
Chlorid (Cl)	u) *) mg/kg		64	10	DIN 4030-2 : 2008-06(PL)
Sulfat	u) mg/kg		<100	100	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfid, gesamt	u) mg/kg		2,9	0,1	DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03(PL)
Sulfid leicht freisetzbar *)	mg/kg		<0,5	0,5	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)
Säuregrad n. Baumann-Gully *)	ml/kg		38	1	DIN 4030-2 : 2008-06

Eluat

Eluatherstellung	u)		+		DIN 38414-4 (S 4) (mod.)(PL)
Chlorid (Cl)	u) mg/l		0,48	0,1	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07(PL)
Sulfat (SO4)	u) mg/l		2,90	0,1	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07(PL)

xx2) Bei Einzelwerten unter der BG wurde die NWG zur Berechnung zugrunde gelegt.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Seite 1 von 2

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 27.06.2024
Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag **3565526** SB24043 - PV-Anlage, 54608 Mützenich
Analysennr. **524572** Bodenmaterial/Baggergut
Kunden-Probenbezeichnung **MP1_Stahl/Beton**

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWV-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitz Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 4030-2 : 2008-06

(PL) AWV-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jößnitz Str. 113, 08525 Plauen, für die zitierte Methode akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Akkreditierungsverfahren: D-PL-14087-01-00 DAkkS

Methoden

DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07; DIN EN 12176:1998-06; DIN 38409-7 : 2005-12; DIN 38414-4 (S 4) (mod.); DIN 4030-2 : 2008-06 in Verbindung mit DIN EN 1744-1 : 2013-03; VDLUFA I, D 2.1 : 1997

Normmodifikation

DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.): Anwendung auf feste Matrices

DIN 38414-4 (S 4) (mod.)(PL): geändertes Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis (1:4)

Beginn der Prüfungen: 14.06.2024

Ende der Prüfungen: 27.06.2024

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Christian Reutemann, Tel. 08765/93996-500

serviceteam2.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 2 von 2

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14289-01-00

Anlage 8

Allgemein		Bodenart	
Wasserstand über Sohle [m]	0,180	Bodenart n. DIN 4022	U;t,fs,s'
Durchmesser des Prüfrohrs [mm]	300	Bodengruppe n. DIN 18196	TL
Tiefenlage Sickersohle [ca. m ü NN]	471	Sickersohle uGOK [m]	0,2

[illegible]

Wasserstand zu Beginn der Messung	h_1	[m]	0,180
Wasserstand am Ende der Messung	h_2	[m]	0,172
Formkonstante	C	[m]	0,010714286
gefallener Wasserspiegel	Δh	[m]	0,008
Versuchsdauer	Δt	[s]	1800
mittlerer Wasserstand	h_m	[m]	0,176
Durchlässigkeitskoeffizient	k	[m/s]	2,70563E-07

Bemessungs- k_f : 5,4E-07 m/s

Bemessungs- k_f : 6,5E-07 m/s

Versickerungsversuch nach Lang-Huder

Auswertung

ERGEBNIS

Bemessungs- k_f : 1,6E-05 m/s

Projekt:	PV-Anlage, 54608 Mützenich		Datum:	22.10.2024
Projektnr.	SB24043-1	Versuch:	VV4/LH4	HM
			Lage:	s. Lageplan

Anlage 8

Versickerungsversuch nach Lang-Huder

Allgemein		Bodenart	
Wasserstand über Sohle [m]	0,175	Bodenart n. DIN 4022	U;t,fs,s'
Durchmesser des Prüfrohrs [mm]	300	Bodengruppe n. DIN 18196	TL
Tiefenlage Sickersohle [ca. m ü NN]	474,6	Sickersohle uGOK [m]	0,21

Zeit [sec]	Höhe u POK [m]	k [m/s]	$k = C \cdot \frac{1}{h_m} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$ k Durchlässigkeitskoeffizient [m/s] C von Rohr-, Filterdurchmesser und Form des Ausflusses (kugelförmig, zylindrisch, u.s.w.) abhängige Grösse (siehe Figuren 5a und 5b) [m] h_m mittlere Druckhöhe = $\frac{1}{2} (h_1 + h_2)$ [m] $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ Druckhöhendifferenz / Zeitintervall = Absenkgeschwindigkeit [m/s] C = d / 28
0	0,0000		
60	0,0010		
120	0,0010		
180	0,0020		
300	0,0020		
600	0,0030		
900	0,0030		
1200	0,0040		
1800	0,0050		

Auswertung

Wasserstand zu Beginn der Messung	h_1	[m]	0,175
Wasserstand am Ende der Messung	h_2	[m]	0,170
Formkonstante	C	[m]	0,010714286
gefallener Wasserspiegel	Δh	[m]	0,005
Versuchsdauer	Δt	[s]	1800
mittlerer Wasserstand	h_m	[m]	0,1725
Durchlässigkeitskoeffizient	k	[m/s]	1,72533E-07

ERGEBNIS

Feld-kf = 1,7E-07 m/s

Korrekturfaktor n. DWA-A 138 f. Feldversuche: 2

Bemessungs- k_f : 3,5E-07 m/s