

Geotechnisches Institut GmbH, Am Kesselhaus 5, 79576 Weil am Rhein

Bürgerstrom Breisgau GmbH
Kandelstr. 24
79331 Teningen

Ansprechpartner Tobias Gatta

Tel.-Durchwahl +49 7621 95664-21
E-Mail t.gatta@gi-weil.deUnser Zeichen TG/RK/7161ST01
Datum 13.10.2025**Neubau einer Photovoltaikanlage auf dem Gelände der Altlast Kiesgrube Teningen
– Geotechnische Leistungen****Geotechnische Stellungnahme****1 Einleitung**

Die Bürgerstrom Breisgau GmbH plant den Neubau einer Photovoltaikanlage auf dem Gelände der Altlast Kiesgrube Teningen. Die Lage des Projektareals ist aus dem Lageplan, Anlage 1, ersichtlich.

Das Geotechnische Institut wurde am 28.05.2025 per E-Mail durch die Bürgerstrom Breisgau GmbH, basierend auf dem Angebot 5125 vom 13.05.2025, beauftragt, die geotechnischen Randbedingungen für die geplante Photovoltaikanlage aufzuzeigen und erdstatistische Berechnungen für die Gründung durchzuführen.

Zur Projektbearbeitung wurden uns folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Projektbericht vom 05.11.2019, Premium Mounting Technologies, im pdf-Format zugesandt per E-Mail am 05.11.2019
- Gewichtsberechnung der PV-Anlage, im Excel-Format zugesandt per E-Mail am 15.05.2025
- Datenblatt Form-Tec Freilandsystem, Root-System, im pdf-Format zugesandt per E-Mail am 15.05.2025

Ferner wurden verschiedene Unterlagen aus unserem Archiv über die geologischen Verhältnisse im Projektareal mit herangezogen:

- GIW 3750: Sicherung und Sanierung der Altablagerung Kiesgrube Teningen; Geotechnisches Institut GmbH; 2007

2 Baugelände und Bauvorhaben

Das Projektareal Altlast „Kiesgrube Teningen“ liegt ca. 1 km südwestlich der Ortschaft Teningen und ca. 200 m nördlich des Industriegebietes Rohrlache.

Bei der Altlast „Kiesgrube Teningen“ handelt es sich um eine ehemalige Kiesgrube, die nach dem Kiesabbau mit Industrie-Reststoffen, Hausmüll und Bauschutt bzw. Bodenaushub verfüllt wurde. In den Jahren 2007 bis 2009 wurde die Altablagerung mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Die Planung und die geotechnische Betreuung der Oberflächenabdichtung erfolgte durch das Geotechnische Institut.

Gemäß den vorliegenden Plangrundlagen soll der nördliche Teil der Altablagerung auf einer Fläche von etwa 8.600 m² mit Photovoltaikmodulen bebaut werden. Die Module sollen auf einer Stahlrahmenkonstruktion montiert werden. Die Gesamtlast der Anlage beträgt etwa 132 kg pro m² Anlagenfläche.

3 Geologische Verhältnisse

Die Altlast „Kiesgrube Teningen“ liegt im Nordteil der Freiburger Bucht, einer Aufschotterungsebene zwischen dem Festgesteinsrahmen Schwarzwald im Osten und Kaiserstuhl im Westen. Die geogenen Böden im Untergrund setzen sich aus den pleistozänen kiesig-sandigen Ablagerungen des Elz-Glotter-Schwemmfächers zusammen.

Oberhalb der geogenen Böden folgt im Projektareal eine etwa 4 m bis 5 m mächtige Altablagerung bestehend aus Hausmüllresten, Bodenaushub, etc.

Im Zeitraum von 2007 bis 2009 wurde die Altablagerung mit einer Oberflächenabdichtung abgedeckt. Die Oberflächenabdichtung mit all ihren Bestandteilen ist ein technisches Bauwerk und dient der Versiegelung der Altablagerung.

Gemäß den uns vorliegenden Unterlagen zur Oberflächenabdichtung und über die geologischen Verhältnisse im Projektareal, ist folgender Bodenaufbau zu erwarten:

Oberboden:

Die Geländeoberfläche wird im Projektareal durch einen etwa 0,2 m mächtigen, humosen Oberboden gebildet.

Rekultivierungsschicht:

Unterhalb des Oberbodens folgt eine etwa 0,8 m mächtige, durchwurzelbare Rekultivierungsschicht. Die Rekultivierungsschicht besteht aus einem Lehm der Bodenklasse 4 gemäß DIN 18300 und wurde mit einer Planierraupe verdichtet eingebaut.

Geotextil:

Im Sohlbereich der Rekultivierungsschicht wurde ein Geotextil mit einem Flächengewicht von 200 g/m² mit einer Öffnungsweite $D_w = 0,09$ mm verlegt.

Entwässerungsschicht:

Unterhalb des Geotextils folgt eine etwa 0,3 m mächtige Entwässerungsschicht. Die Entwässerungsschicht besteht aus einem Leerkies (Rundkorn) der Körnung 16/32 mm.

Kunststoffdichtbahn:

Unterhalb der Entwässerungsschicht folgt zunächst ein Schutzvlies PEHD oder PP mit einem Flächengewicht von 850 g/m².

Unterhalb des Schutzvlies befindet sich eine 2,5 mm dicke Kunststoffdichtbahn.

Mineralische Oberflächenabdichtung:

Unterhalb der Kunststoffdichtbahn folgt eine etwa 0,5 m mächtige mineralische Oberflächenabdichtung. Die mineralische Oberflächenabdichtung besteht aus einem tonigen Material und wurde mit einer Proctordichte von > 95 % eingebaut.

Ausgleichsschicht:

Unterhalb der mineralischen Oberflächenabdichtung wurde zum Geländeausgleich eine etwa 0,5 m bis 1,8 m starke Ausgleichsschicht aufgebracht. Die Ausgleichsschicht besteht teilweise aus im Projektareal angefallenem Aushubmaterial bzw. aus Liefermaterial der Körnung 0/45 und wurde mit schwerem Gerät verdichtet.

Verfüllung Kiesgrube (Abfall):

Unterhalb der Ausgleichsschicht befindet sich die Verfüllung der ehemaligen Kiesgrube. Die Kiesgrube wurde mit Hausmüll, Bauschutt, Erdaushub und Gewerbemüll aufgeschüttet. Die Mächtigkeit des Deponats beträgt etwa 4 m bis 5 m.

Niederterrassenschotter:

Unterhalb der Kiesgrubenverfüllung folgen die grauen Niederterrassenschotter. Diese bestehen aus einem Sand bzw. Kies in unterschiedlicher Zusammensetzung. Die Niederterrassenschotter können überwiegend der Bodengruppe GW gemäß DIN 18196 zugeordnet werden. Innerhalb der Niederterrassenschotter können auch Steine und Blöcke vorhanden sein.

Der schematische Aufbau der Oberflächenabdichtung ist in der Anlage 2 dargestellt.

Der Grundwasserstand im Projektareal ist erst in einer für die Gründung der Photovoltaikanlage nicht mehr relevanten Tiefe zu rechnen.

4 Bauwerksgründung

Gemäß den uns vorliegenden Plangrundlagen soll im nördlichen Teil des Projektareals eine etwa 8.600 m² große Photovoltaikanlage errichtet werden. Die Photovoltaikanlage soll auf einem Stahlrahmengestell errichtet werden.

Im Zuge der Planung wurde zunächst ein Gründungskonzept mittels Erdnägeln vorgestellt. Dieses Konzept wurde jedoch aufgrund des Eingriffs in die Deponieabdichtung und der potenziellen Gefahr der Perforation der Kunststoffdichtungsbahn in Absprache mit den zuständigen Behörden nicht weiterverfolgt.

Das derzeitige Gründungskonzept sieht eine oberflächennahe Gründung der Photovoltaikanlage mittels Einzelfundamenten vor. Hierbei sollen die Lastabtragungsflächen der Photovoltaikanlage einheitlich auf der Rekultivierungsschicht zu liegen kommen. Das heißt, im Bereich der Fundamente ist der Oberboden vollständig abzutragen.

Zur Bemessung einer einheitlichen Gründung auf der Rekultivierungsschicht (ohne Einbindung) mittels oben beschriebenen Einzelfundamenten wurden mit dem Computerprogramm GGU-FOOTING Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach EC 7 bzw. DIN 1054 (Teilsicherheitskonzept), DIN 4017 und DIN 4019 durchgeführt. Deren Ergebnisse sind in den Diagrammen in der beigefügten Anlage 3 zusammengefasst. Da der Deponiekörper im Randbereich mit einer Böschungsneigung von 1:2,5 ausgeführt ist, wurden insgesamt zwei Lastsetzungsdiagramme, eins für die Bereiche Mitte Deponiekörper und eins für die Randbereiche an der Böschungskante durchgeführt.

Aus den Fundamentdiagrammen können unter Wahrung der nach EC 7 geforderten Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände, in Abhängigkeit von der Fundamentlage, die für eine bestimmte Fundamentbreite gültigen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und die zugehörige rechnerisch zu erwartende Setzung entnommen werden.

Nach dem Grundbruchkriterium liegen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes, je nach Fundamentbreite und Lage, für Einzelfundamente zwischen $\sigma_{R,d} = 77 \text{ kN/m}^2$ und 201 kN/m^2 .

Wir empfehlen, aufgrund möglicherweise im Untergrund vorhandener Inhomogenitäten, die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die Einzelfundamente auf maximal $\sigma_{R,d} = 80 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einer zulässigen Bodenpressung $\sigma_{zul.} = 55 \text{ kN/m}^2$) zu begrenzen.

Die rechnerisch zu erwartenden Setzungen betragen bei Einzelfundamenten $\leq 1 \text{ cm}$.

Da die Rekultivierungsschicht aus bindigem, wasserempfindlichem Bodenmaterial besteht, sollten die Erdarbeiten bei trockener Witterung ausgeführt werden.

5 Geotechnischen Randbedingungen zur Befahrbarkeit des Deponiekörpers

Im Zusammenhang mit der Befahrbarkeit des Baufeldes ist unabhängig der Fahrzeuglast im Zuge der Bauausführung darauf zu achten, dass durch die eingesetzten Baufahrzeuge keine Verletzung der Oberflächenabdichtung entsteht.

Gemäß Angaben des Bauherrn sollen zur Herstellung der Photovoltaikanlage Baugeräte mit maximal 5 t Gesamtgewicht zum Einsatz kommen.

In Anlehnung an DIN 19639 sollte, um eine bodenschädliche Verdichtung der Rekultivierungsschicht durch Fahrzeuge mit einer Gesamtlast von 5 t zu vermeiden, die Rekultivierungsschicht eine mindestens steife Konsistenz und das zum Einsatz kommende Baufahrzeug eine Flächenpressung von maximal $1,8 \text{ kg/cm}^2$ aufweisen. Zudem ist der Bauablauf so zu gestalten, dass die Fahrzeugüberfahrten so gering wie möglich gehalten werden.

Als Baufahrzeuge sollten ausschließlich Kettenfahrzeuge zum Einsatz kommen.

Sollte das Erdplanum durch Niederschläge aufgeweicht sein (Änderung der Konsistenz), ist zum Schutz der Oberflächenabdichtung das direkte Befahren des Erdplanums untersagt. Die Arbeiten sollten daher nur bei trockener Witterung ausgeführt werden.

Eine Befahrung der Rekultivierungsschicht durch schwere Fahrzeuge als oben genannt, sollte ohne weitere Maßnahmen vermieden werden. Generell ist für schwerere Fahrzeuge bzw. bereiften Fahrzeugen das Anlegen einer Baustraße (Baggermatratzen) zu empfehlen.

6 Abschließende Bemerkungen

Unter Beachtung der oben genannten Empfehlungen und Hinweise kann die geplante Errichtung einer Photovoltaikanlage auf der Altablagerung Teningen erdstatisch standsicher ausgeführt werden.

Die Erd- und Gründungsarbeiten müssen geotechnisch betreut werden.

Sollten im Zuge der Erdarbeiten Abweichungen von den dargestellten Untersuchungsergebnissen angetroffen werden, so sind die Erd- und Gründungsarbeiten, gegebenenfalls unter Hinzuziehung eines Baugrundsachverständigen, entsprechend anzupassen.

Den Aussagen dieser Stellungnahme liegen die uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen zugrunde. Bei eventuellen Planungsänderungen ist zu überprüfen, ob die gemachten Angaben auch für den geänderten Planungsstand Gültigkeit haben.

Für weitere Fragen und Auskünfte stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

GEOTECHNISCHES INSTITUT GmbH

Tobias Gatta
B.Sc. Bauing, M.Sc. Geowiss.

Anlagen

- | | |
|-----------|--|
| 1 | Lageplan, M 1:2.000 |
| 2 | schematischer Aufbau der Oberflächenabdichtung |
| 3.1 + 3.2 | Diagramm zur Bemessung von flachgegründeten Einzelfundamente |

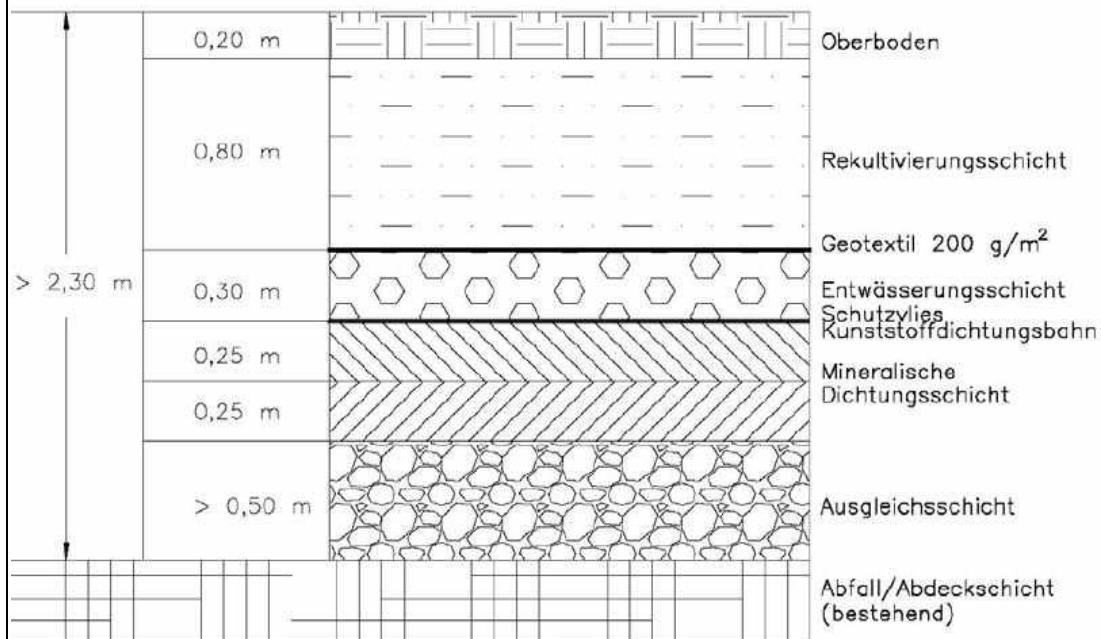


Geotechnisches Institut			
Auftraggeber: Bürgerstrom Breisgau GmbH, Teningen			
Projekt: Neubau einer Photovoltaikanlage, Altlast Kiesgrube Teningen			
Gez.:	DA	13.10.25	Lageplan mit Untersuchungspunkten
Bea.:	TG		
Geänd.:			
Ges.:			7161ST01_Lp.dwg
M 1:2000	GW: 7161	zum Bericht: 7161ST01	Anlage: 1

Auftraggeber: Bürgerstrom Breisgau GmbH

7161

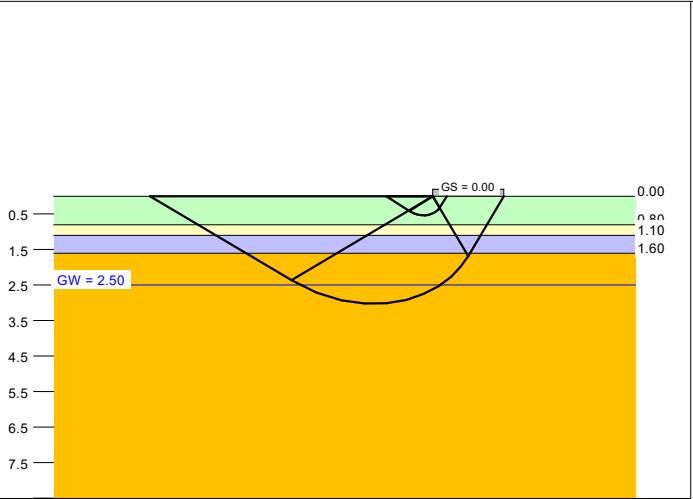
Projekt: NB einer Photovoltaikanlage, Altlast Kiesgrube Teningen



schematischer
Aufbau der Ober-
flächenabdichtung

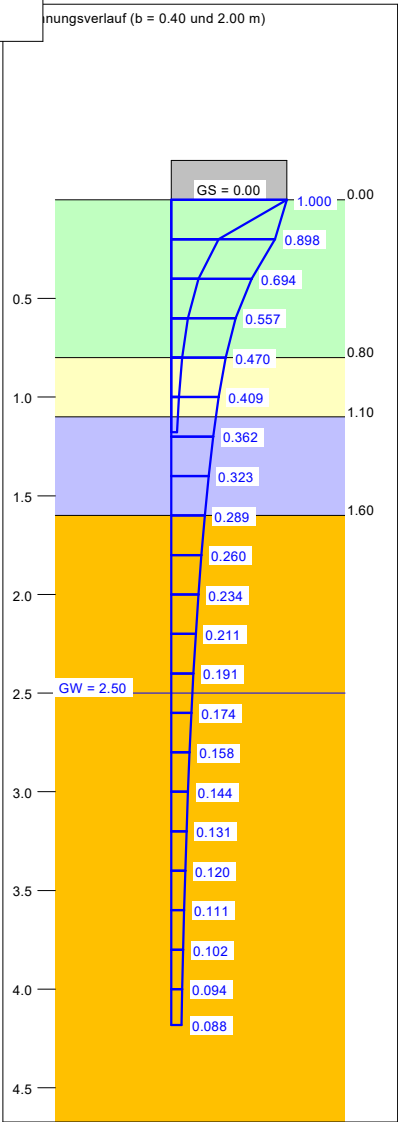
Diagramm zur Bemessung flachgegründeter quadratischer Einzelfundamente
Gründung auf der Oberflächenabdichtung; Mitte
Einbindetiefe t = keine

Boden	γ/γ^* [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	18.0/8.0	25.0	5.0	0.00	5.0	Rekultivierungsschicht Lehm
	18.5/8.5	32.5	0.0	0.00	10.0	Entwässerungsschicht 16/32
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	7.5	Dichtungsschicht Ton
	19.0/9.0	30.0	0.0	0.00	8.0	Grubenverfüllung



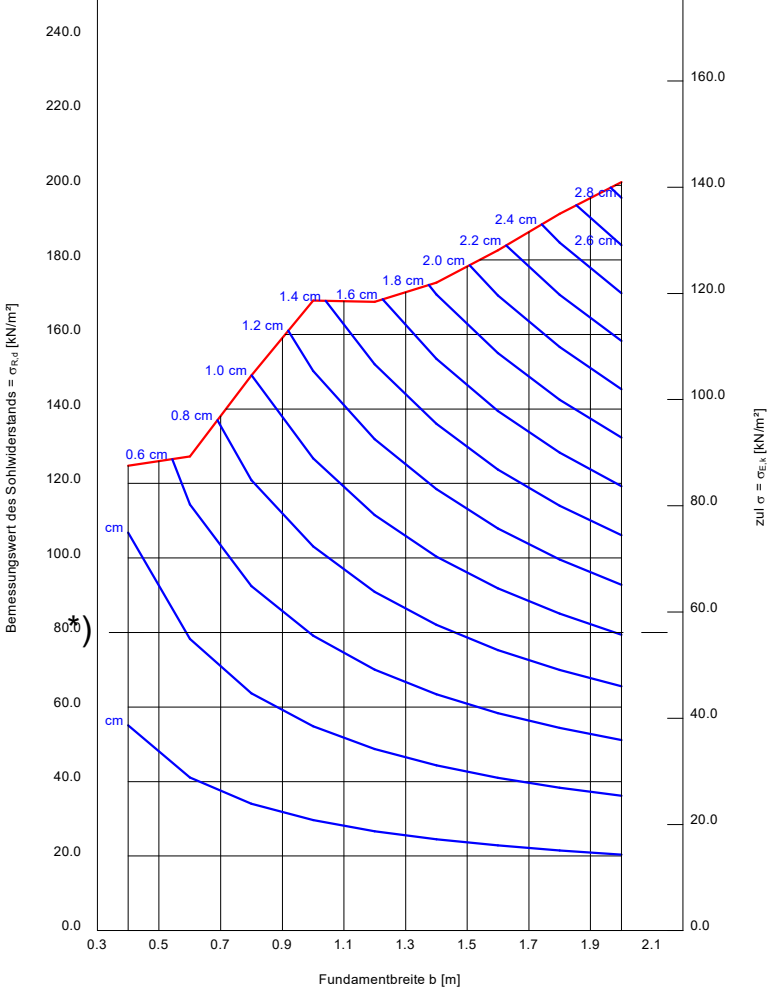
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{d,d}$ [kN]	zul. $\sigma = \sigma_{E,s}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]
0.40	0.40	124.7	20.0	87.5	0.47	25.0 *	5.00	18.00	0.00	1.18	0.54
0.60	0.60	127.2	45.8	89.3	0.67	26.0 *	4.18	18.00	0.00	1.53	0.83
0.80	0.80	148.9	95.3	104.5	1.00	27.1 *	4.00	18.09	0.00	1.94	1.15
1.00	1.00	169.1	169.1	118.7	1.36	26.1 *	5.04	18.19	0.00	2.33	1.39
1.20	1.20	168.8	243.0	118.4	1.57	26.9 *	3.99	18.30	0.00	2.64	1.72
1.40	1.40	173.9	340.8	122.0	1.84	27.9	2.99	18.39	0.00	3.01	2.06
1.60	1.60	182.6	467.4	128.1	2.16	28.2	2.54	18.46	0.00	3.40	2.39
1.80	1.80	192.4	623.3	135.0	2.51	28.4	2.23	18.30	0.00	3.80	2.70
2.00	2.00	200.9	803.5	141.0	2.87	28.6	1.99	17.84	0.00	4.18	3.02

* phi wegen S² Bedingung abgemindert
zul. $\sigma = \sigma_{E,s} = \sigma_{R,d} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,d} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Bürgerstrom Breisgau GmbH
Projekt: NB Photovoltaikanlage, Altlast Kiesgrube Teningen
GIW-Nr.: 7161



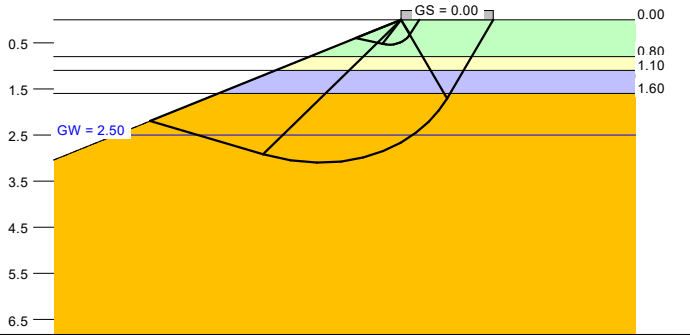
*) Begrenzung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d} = 80 \text{ kN/m}^2$
entspricht einer zulässigen Bodenpressung zul. $\sigma_{E,s} = 55 \text{ kN/m}^2$

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Gründungssohle = 0.00 m
Grundwasser = 2.50 m
Grenztiefe mit $p = 20.0 \%$
Grenzflächen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen

Diagramm zur Bemessung flachgegründeter quadratischer Einzelfundamente
Gründung auf der Oberflächenabdichtung; Rand
Einbindetiefe t = keine

Boden	γ/γ^* [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	18.0/8.0	25.0	5.0	0.00	5.0	Rektivierungsschicht Lehm
	18.5/8.5	32.5	0.0	0.00	10.0	Entwässerungsschicht 16/32
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	7.5	Dichtungsschicht Ton
	19.0/9.0	30.0	0.0	0.00	8.0	Grubenverfüllung

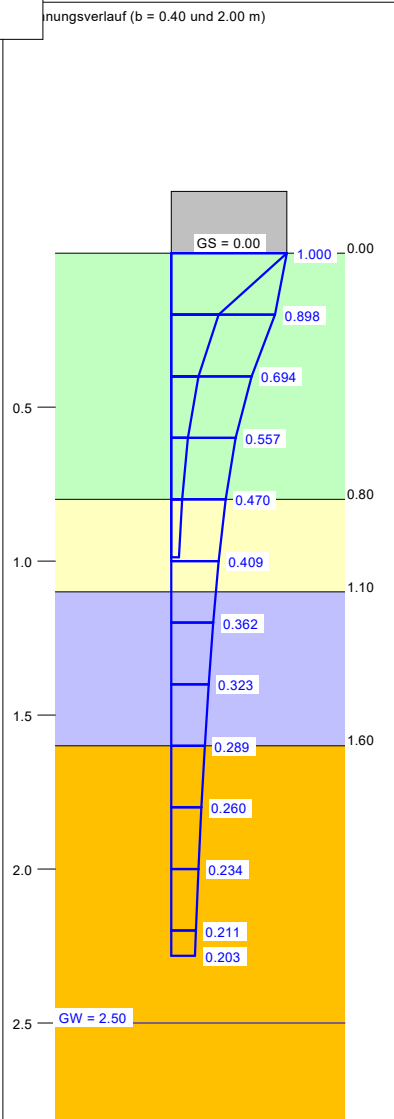
gemäß DIN 4017:2006: d' = 0.000



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	R _{d,d} [kN]	zul $\sigma = \sigma_{E,s}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
0.40	0.40	76.7	12.3	53.8	0.28	25.0	5.00	18.00	0.00	0.99	0.54
0.60	0.60	67.4	24.3	47.3	0.34	27.4 *	3.42	18.02	0.00	1.21	0.87
0.80	0.80	81.2	52.0	57.0	0.52	28.2	3.71	18.19	0.00	1.54	1.20
1.00	1.00	99.9	99.9	70.1	0.77	26.2 *	5.53	18.32	0.00	1.91	1.40
1.20	1.20	89.6	129.0	62.9	0.79	26.6 *	4.52	18.49	0.00	2.04	1.70
1.40	1.40	63.3	124.2	44.5	0.60	28.7	1.94	18.63	0.00	1.93	2.12
1.60	1.60	58.0	148.4	40.7	0.60	29.1	1.27	18.70	0.00	2.00	2.46
1.80	1.80	59.0	191.2	41.4	0.66	29.2	1.11	18.21	0.00	2.15	2.78
2.00	2.00	59.6	238.2	41.8	0.72	29.3	1.00	17.33	0.00	2.28	3.10

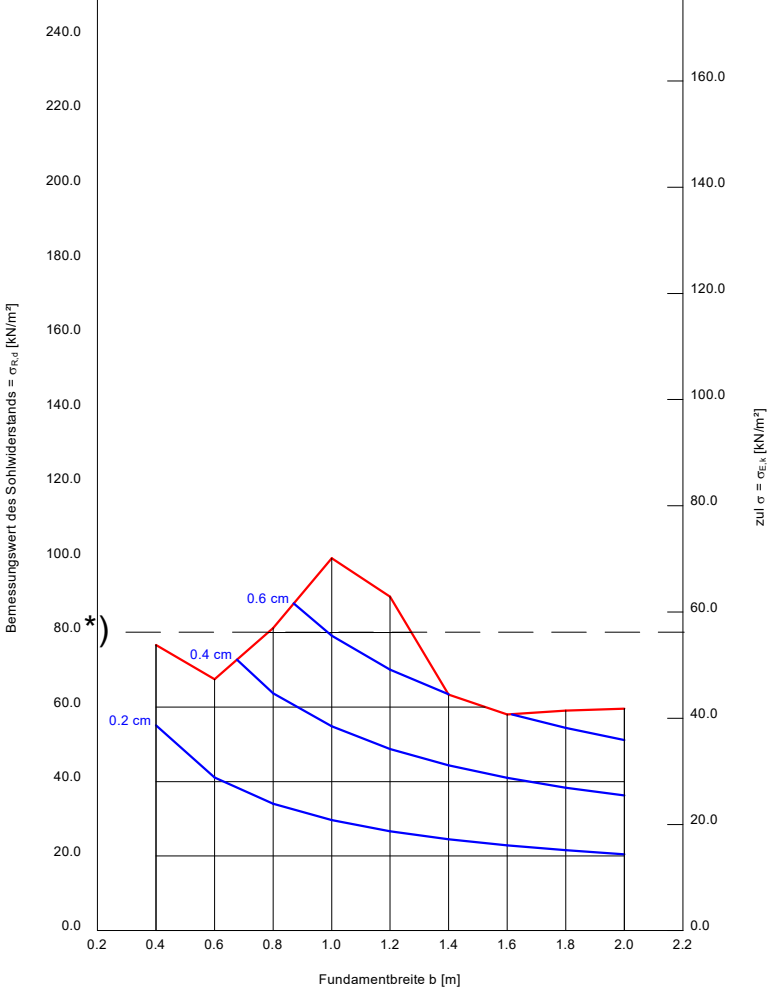
* phi wegen S' Bedingung abgemindert
zul $\sigma = \sigma_{E,s} = \sigma_{R,d} / (\gamma_{R,s} \cdot \gamma_{G,Q}) = \sigma_{R,d} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,d} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Grundrissverlauf (b = 0.40 und 2.00 m)



Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Bürgerstrom Breisgau GmbH
Projekt: NB Photovoltaikanlage, Altlast Kiesgrube Teningen
GIW-Nr.: 7161



*) Begrenzung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands Sigma (R,d) = 80 kN/m²
entspricht einer zulässigen Bodenpressung zul. Sigma = 55 kN/m²

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Gründungssohle = 0.00 m
Grundwasser = 2.50 m
Böschungsneigung = 22.0 °
Grenztafel mit p = 20.0 %
Grenztafel spannungsvariabel bestimmt
Sohldruck
Setzungen