

Geotechnischer Bericht

BV MKG Göbel
PV-Anlage Bad Saulgau
in 88348 Bad Saulgau

BV-Code: BV 000 47621

Aktenzeichen: AZ 22 07 018

Bauvorhaben: PV-Anlage Bad Saulgau
88348 Bad Saulgau
- Baugrunderkundung -

Auftraggeber: MKG Göbel Solutions GmbH
Pfaffenmühlweg 86
74613 Öhringen

Bearbeitung: B.Sc. Mustafa Alisada

Datum: 30.09.2022

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang.....	4
2	Geomorphologie des Untersuchungsgebietes.....	5
2.1	Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals	5
2.2	Allgemeine Baugrundbeschreibung.....	5
3	Geotechnisches Baugrundmodell.....	6
3.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	6
3.2	Bodenmechanische Laborversuche	6
3.2.1	Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN IS 17 892-12	6
3.2.2	Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	7
3.3	Stahlkorrosion nach DIN 50929-3.....	8
3.4	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	10
4	Georisiken.....	12
4.1	Seismische Aktivität	12
5	Hydrogeologie	12
5.1	Grundwasserverhältnisse	12
6	Gründungskonzept und baubegleitende Maßnahmen.....	12
6.1	Baumaßnahme.....	12
6.2	Baugrundkriterien.....	12
6.3	Empfehlungen zur Gründung der Solarpanels.....	12
6.3.1	Ermittlung der Rammtiefen.....	13
6.3.2	Hinweise zum Rammvorgang.....	14
6.4	Gründung der Trafostation	15
6.5	Straßenbau	15
7	Hinweise und Empfehlungen	17

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab unmaßstäblich
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, Maßstab unmaßstäblich
- 2 Geotechnischer Baugrundschnitt, Maßstab d. H. 1 : 50, M. d. L. unmaßstäblich
- 3 Fotodokumentation der Rammkernsondierungen
- 4.1-3 Bodenmechanische Laborversuche
- 5 Laboranalysenberichte der Agrolab GmbH

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] PVA Bad Saulgau Auflagerreaktion, übermittelt durch MKG Göbel am 18.08.2022
- [2.1] DIN EN 1997-1, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [2.2] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [2.3] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter
- [2.4] DIN 1054:2012-12; Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [3] DIN 50929-3:2018-03, Korrosion der Metalle - Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung
- [4.1] Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 88)
- [4.2] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 06)
- [5] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

1 Vorgang

Die Firma MKG Göbel Solutions GmbH beabsichtigt die Errichtung des Solarparks Bad Saulgau in 88348 Bad Saulgau.

Im Zusammenhang mit der geplanten Baumaßnahme wurde die Firma BauGrund Süd beauftragt, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes im Projektareal zu erkunden und die Ergebnisse, gemäß Eurocode 7, in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 zusammenfassend darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten. Des Weiteren wurde beauftragt, unter Verwendung der Berechnungsvorgaben der ZTV-Lsw 88 und ZTV-Lsw 06, die jeweils erforderlichen Gesamttrammtiefen für die Gründung von Photovoltaik-Tischen zu berechnen.

Zur Beurteilung bzw. Erfassung der geologischen Schichtenabfolge kamen am 09.08.2022 insgesamt 2 Rammkernsondierungen RKS 1-2/22 bis in eine Tiefe von 3,00 m u. der Geländeoberkante (GOK) zur Ausführung.

Zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge kamen zudem 4 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung, die bis in eine Tiefe zwischen 3,0 m und 4,0 m unter der Geländeoberkante (GOK) niedergebracht wurden.

Der Standort des Untersuchungsgebietes ist in der Anlage 1.1 dargestellt. Die Lage der Aufschlüsse ist im Detail in der Anlage 1.2 wiedergegeben. Die Lage der Untersuchungspunkte wurde vor Beginn der Feldarbeiten von Mitarbeitern der Fa. BauGrund Süd mittels GPS eingemessen. Die entsprechenden Ost- und Nordwerte (UTM Koordinaten), sowie die Höhenansatzpunkte (nach DHHN'2016) sind ebenfalls auf dem Lageplan in der Anlage 1.2 verzeichnet.

Die erkundeten Bodenschichten wurden nach DIN EN ISO 14688-1, DIN 18196 sowie DIN 18300:2019-09 ingenieurgeologisch aufgenommen, wobei eine Zusammenfassung stratigraphisch gleicher Schichten stattfand. Daher können diese von der genormten Farbgebung für Lockergesteine teilweise abweichen. Der geotechnische Baugrundschnitt ist in der Anlage 2 wiedergegeben.

Das mit den Rammkernsondierungen gewonnene Bodenmaterial ist in der Fotodokumentation der Anlage 3 abgebildet.

Aus den Rammkernsondierungen wurden gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Fa. Baugrund Süd bodenmechanisch untersucht. Die Ergebnisse der Laborversuche sind im Detail den Anlagen 4.1-3 zu entnehmen

Aus den Rammkernsondierungen wurden Bodenproben entnommen und nach DIN 50929-3:2018-03 hinsichtlich der Stahlkorrosion untersucht und bewertet. Die Laboranalysenberichte sind in der Anlage 5 hinterlegt.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Das Bauvorhaben befindet sich rund 5 km südwestlich von Bad Saulgau und rund 500 m südlich des Ortes Wolfartsweiler.

Beim Untersuchungsgebiet handelt es sich zum Untersuchungszeitpunkt um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche, die geringfügige Neigungen aufweist.

Aus geologischer Sicht wird der Untergrund des Untersuchungsgebiets bis zur Erkundungsendtiefe der jeweiligen Aufschlüsse von einer Verwitterungsdecke gebildet.

Diese wird zur Geländeoberkante hin von einem Mutterboden abgeschlossen.

2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Mit den abgeteuften Aufschlüssen kann für das projektierte Areal folgende generalisierte Schichtenabfolge zugrunde gelegt werden:

Mutterboden

(Rezent)

Verwitterungsdecke

(Holozän)

Im Einzelnen wurden die erkundeten Schichten mit den abgeteuften Aufschlüssen in folgenden Schichttiefen festgestellt:

Tabelle 1: Schichtglieder und Schichttiefen der Rammkernsondierungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss	Mutterboden	Verwitterungsdecke
RKS 1/22	0,00 - 0,20	0,20 - 3,00*
RKS 2/22	0,00 - 0,30	0,30 - 3,00*

* Endtiefe Rammkernsondierung

Tabelle 2: Schichtglieder und Schichttiefen der Rammsondierungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss**	Mutterboden	Verwitterungsdecke
DPH 1/22	0,00 - 0,20	0,20 - 3,00*
DPH 2/22	0,00 - 0,20	0,20 - 3,00*
DPH 3/22	0,00 - 0,20	0,20 - 4,00*
DPH 4/22	0,00 - 0,20	0,20 - 3,00*

* Endtiefe Rammsondierung

** Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die Schichtgrenzen als Interpolation/Interpretation zu betrachten

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

3 Geotechnisches Baugrundmodell

3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Durch Interpolation der punktuellen Aufschlüsse wurde unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge ein räumliches Baugrundmodell entwickelt. Der Aufbau, die Zusammensetzung sowie die bautechnischen Eigenschaften des Untergrundes werden nachfolgend beschrieben.

Mutterboden

Beim Mutterboden handelt es sich um ein bis max. 0,3 m u. GOK tiefreichenden sandigen bis stark sandigen, schwach tonigen und schwach kiesigen Schluff von brauner Farbe. Die Konsistenz des Mutterbodens ist gemäß der manuellen Konsistenzansprache mit weich anzugeben.

Der Mutterboden ist nicht tragfähig und auf Grund der geringen Mächtigkeit nicht gründungsrelevant.

Verwitterungsdecke

Unterhalb des Mutterbodens folgt bis zur Erkundungsendtiefe der jeweiligen Aufschlüsse eine ockerfarbene Verwitterungsdecke. Diese setzt sich aus einem schwach tonigen, schwach kiesigen und stark schluffigen Fein- bis Grobsand bzw. einem tonigen und sandigen Schluff zusammen.

Die Konsistenz der bindigen Bereiche ist als überwiegend steif und mit zunehmender Tiefe als halbfest zu beschreiben. Die sandigen Bereiche weisen eine lockere bis mitteldichte Lagerungsdichte auf, was durch die Schlagzahlen der schweren Rammsonde von $N_{10} = 2 - 9$ bestätigt wird (N_{10} = Anzahl der Schläge der schweren Rammsonde je 10 cm Eindringtiefe in das Erdreich). Lokale Rückgänge der Schlagzahlen sind auf den Einfluss von Schichtwasser zurückzuführen, lokale Erhöhungen auf Grobkomponenten in Form von Steinen.

3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bohrgutes wurden aus den Rammkernsondierungen gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Firma BauGrund Süd hinsichtlich der Zustandsgrenzen und Korngrößenverteilung untersucht. Die einzelnen Ergebnisse werden in der folgenden Ausführung beschrieben.

3.2.1 Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN IS 17 892-12

Nach Atterberg wird der Übergang von der flüssigen zur bildsamen (knetbaren) Zustandsform durch die Fließgrenze, von der knetbaren zur halbfesten Zustandsform durch die Ausrollgrenze und von der halbfesten zur festen Zustandsform durch die Schrumpfgrenze bezeichnet.

Die Ausroll- und Fließgrenze dienen in Verbindung mit dem natürlichen Wassergehalt dazu, die Konsistenzzahl (I_c) und damit die Zustandsform eines bindigen Erdstoffes

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

(Korngröße $\leq 0,063$) zu bestimmen. Die Plastizitätszahl gibt an, wie sich die Eigenschaften eines Erdstoffes bei Wasseraufnahme ändern.

Die Bestimmung der Zustandsgrenzen ist im Detail der Anlage 4.1 zu entnehmen. Das Versuchsergebnis ist zusammengefasst in der Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3: Übersicht der ermittelten Konsistenzgrenzen

Aufschluss	Tiefe (m u. Gel.)	Konsistenz- zahl (I_c)	Wassergehalt [%]	Zustands- form	Boden- gruppe	Geologische Einheit
RKS 2/22	2,5 - 2,9	1,07	15,1	halbfest	TL	Verwitterungsdecke

Die Untersuchung der Bodenprobe aus der Verwitterungsdecke ergab eine Konsistenzzahl von $I_c = 1,07$ und somit eine halbfeste Zustandsform. Nach Casagrande ist die Bodenprobe gemäß ihrer plastischen Eigenschaften in die Bodengruppe der leicht plastischen Tone (TL) einzuordnen.

3.2.2 Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4

Eine Korngrößenverteilung liefert eine erste Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Durchlässigkeit, Frostepfindlichkeit, Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit und Eignung als Filtermaterial.

Die aus den Kornverteilungskurven ermittelte Zusammensetzung des Materials ist im Detail in der Tabelle 4 und den Anlagen 4.2-3 aufgeführt.

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten granulometrischen Analysen

Aufschluss	Tiefe (m u. GOK)	Kiesanteil [%]	Sandanteil [%]	Schluffanteil [%]	Tonanteil [%]	Bodenart / Geologische Einheit
RKS 1/22	1,2 - 2,6	12,8	45,2	30,3	11,7	Fein- bis Grobsand, stark schluffig, schwach kiesig, schwach tonig Verwitterungsdecke
RKS 2/22	0,3 - 1,0	2,4	22,8	58,9	15,9	Schluff, sandig, tonig Verwitterungsdecke

Die untersuchten Bodenproben aus der Verwitterungsdecke setzen sich gemäß den Laborergebnissen aus einem schwach tonigen, schwach kiesigen und stark schluffigen Fein- bis Grobsand bzw. einem tonigen und sandigen Schluff zusammen. Daraus resultiert die Bodengruppe TL bzw. SU* nach DIN 18196 und die Einstufung in die Frostepfindlichkeitsgruppe F3 (sehr frostepfindlich).

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

3.3 Stahlkorrosion nach DIN 50929-3

Aus den erkundeten Schichten wurden drei Bodenproben entnommen und gemäß der DIN 50929-3:2018-03 hinsichtlich Stahlkorrosion bewertet.

Die Herkunft der Proben ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Entnahmestelle/-tiefe Bodenproben

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe	Geologische Einheit
RKS 1	RKS 1/22	0,00 - 0,20	Mutterboden
RKS 2	RKS 2/22	0,00 - 0,30	

Aus der Untersuchung ergibt sich folgende Bewertungsmatrix.

Tabelle 6: Ergebnisse der Stahlkorrosion RKS 1

Beurteilung einer Bodenprobe	Wert	Bewertungszahl
Bodenart, Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen [%]	63,52	-2
Spezifischer Bodenwiderstand [Ωm]	100	0
Wassergehalt [%]	< 20	0
ph-Wert	6,46	0
Säurekapazität bis pH 4,3 [mmol/kg]	0,960	0
Basekapazität bis pH 7,0 [mmol/kg]	< 0,400	0
Sulfid [mg/kg]	< 4,0	0
Neutralsalze [mmol/kg]	0,851	0
Sulfat, salzsaurer Auszug [mmol/kg]	6,47	-2
Grundwasser vorhanden	nein	0
<u>Ergebnissumme:</u>		-4
<u>Bodenklasse:</u>		lb

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Tabelle 7: Ergebnisse der Stahlkorrosion RKS 2

Beurteilung einer Bodenprobe	Wert	Bewertungszahl
Bodenart, Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen [%]	66,67	-2
Spezifischer Bodenwiderstand [Ωm]	100	0
Wassergehalt [%]	< 20	0
ph-Wert	5,92	-1
Säurekapazität bis pH 4,3 [mmol/kg]	0,480	0
Basekapazität bis pH 7,0 [mmol/kg]	< 0,400	0
Sulfid [mg/kg]	< 4,0	0
Neutralsalze [mmol/kg]	1,04	0
Sulfat, salzsaurer Auszug [mmol/kg]	12,7	-3
Grundwasser vorhanden	nie	0
<u>Ergebnissumme:</u>		-8
<u>Bodenklasse:</u>		II

Die Bodenprobe RKS 1 ist der Bodenklasse **Ib** zuzuordnen. Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen des untersuchten Bodenmaterials ist in Hinsicht auf die **Flächenkorrosion als sehr gering** und bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion als gering einzustufen.

Die Bodenprobe RKS 2 ist der Bodenklasse **II** zuzuordnen. Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen des untersuchten Bodenmaterials ist in Hinsicht auf die **Flächenkorrosion als gering** und bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion als mittel einzustufen.

Die Einzelanalyseparameter sind in der Anlage 5 enthalten.

Es wird prinzipiell empfohlen, metallische Verbindungen zwischen unedlen (Zink, Stahl) und edlen Metallen zu vermeiden, da edlere Metalle in Kombination mit zinklegierten Stahlpfählen eine elektrochemische Korrosion des verzinkten Stahls zur Folge haben.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

3.4 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden folgende Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

Tabelle 9: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dränert ϕ_k [°]	Kohäsion dränert c_k [kN/m ²]	Steifemodul Es [MN/m ²]
Verwitterungsdecke	18,0 - 20,0	8,0 - 10,0	22,5 - 27,5	3 - 6	5 - 12

Auf der Basis der vorliegenden Baugrundaufschlussresultate, den zum Baugrund vorliegenden Erfahrungswerten sowie aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der anstehenden Baugrundsichten wird vorgeschlagen, den im Bauareal anstehenden Boden in folgende Homogenbereiche zu unterteilen.

Tabelle 10: Einteilung der Baugrundabfolge in Homogenbereiche

Homogenbereich	Baugrundsichten
A	Verwitterungsdecke (Vwd)

Gemäß DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten) und DIN 18304:2019-09 (Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten) können für die oben beschriebenen Homogenbereiche folgende Eigenschaften und Kennwerte zugrunde gelegt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass die Baumaßnahme der **Geotechnischen Kategorie 2 (GK2)** zuzuordnen ist.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Tabelle 11: Kennwerte /Eigenschaften der Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 und DIN 18304:2019-09 für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 (GK 2)

Kennwert / Eigenschaft		Homogenbereich
		A
Kornverteilung [%]	T	5 - 20
	U	20 - 70
	S	20 - 70
	G	0 - 20
Massenanteil Steine [%]		0 - 10
Massenanteil Blöcke [%]		0 - 5
Massenanteil große Blöcke [%]		0 - 1
Lagerungsdichte		locker bis mitteldicht
Konsistenz		steif bis lokal halbfest
Konsistenzzahl I _c		0,75 - > 1,0
Plastizitätszahl I _p [%]		10 - 25
Wichte (feucht) γ [kN/m³]		18,0 - 20,0
Undränierete Scherfestigkeit c _u [kN/m²]		60 - > 200
Wassergehalt w _n [%]		10 - 25
Organischer Anteil [%]		n.b.
Bodengruppe nach DIN18196: 2011-05		SU*/TL/TM
Frostempfindlichkeit [ZTV E-StB 09; Tab.1]		F3
Ortsübliche Bezeichnung		Vwd

n.b. = nicht bestimmt

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

4 Georisiken

4.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der Erdbebenzonenkarte für Deutschland (DIN EN 1998-1/NA:2011-01, ehem. DIN 4149:2005-04) befindet sich das Untersuchungsgebiet in **der Erdbebenzone 2** (Gebiet, in dem gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch die Intensitäten 7 bis < 7,5 zu erwarten sind).

5 Hydrogeologie

5.1 Grundwasserverhältnisse

Während den Erkundungsarbeiten konnte innerhalb der unverrohrten Kleinrammbohrungen kein Zulauf von Grundwasser gemessen werden.

Prinzipiell ist dennoch mit dem Auftreten von Schichtwasser zu rechnen, das sich partiell innerhalb von durchlässigeren Lagen der Verwitterungsdecke einstauen kann.

6 Gründungskonzept und baubegleitende Maßnahmen

6.1 Baumaßnahme

Entsprechend den vorliegenden Planunterlagen ist die Errichtung der Photovoltaik Freiflächenanlage Bad Saulgau durch die Firma MKG Göbel Solutions GmbH geplant.

6.2 Baugrundkriterien

Mit der Geländeoberkante steht zunächst ein geringmächtiger Mutterbodenhorizont an, der bis in eine von maximal 0,3 m u. GOK reicht. Bis zur Erkundungsendtiefe der jeweiligen Aufschlüsse wurden unterhalb des Mutterbodens eine Verwitterungsdecke angetroffen, die eine steife bis halbfeste Konsistenz bzw. lockere bis mitteldichte Lagerungsdichte aufweist.

Innerhalb der Verwitterungsdecke ist das Antreffen von undurchdringbaren Rammhindernissen als sehr gering zu beurteilen (< 10 %).

6.3 Empfehlungen zur Gründung der Solarpanels

Die Gestelltische werden über eingerammte Metallpfosten gegründet. Die Lasten werden dementsprechend über die Mantelreibung und ggf. auch den Spitzendruck der Pfosten in den Baugrund eingeleitet. Bei der angewendeten Berechnungsart geht der Spitzendruck jedoch nicht mit in die Berechnung ein, dieser fungiert somit als zusätzlicher Sicherheitsfaktor bei den angegebenen Werten.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

6.3.1 Ermittlung der Rammtiefen

Die Berechnung der jeweils erforderlichen Rammtiefen für die verschiedenen Pfostenvarianten für die maximal wirkende Horizontalkraft und einwirkenden Moment erfolgt gemäß den Berechnungsvorgaben der ZTV-Lsw 88 und der ZTV-Lsw 06 unter Verwendung eines erdseitigen Sicherheitsbeiwerts von 1,4. Die jeweiligen Rammtiefen für die maximal wirkenden vertikalen Spannungen werden maßgeblich aus der Mantelreibung der jeweiligen Schichten sowie der Oberfläche des verwendeten Profils unter Einfluss der angegebenen Druck- bzw. Zuglast ermittelt.

Für die Berechnungen wurden die in der Tabelle 9 hinterlegten Bodenkennwerte herangezogen. Für Stahlprofile können folgende charakteristische Tragfähigkeitsbeiwerte zu Grund gelegt werden:

Mantelreibung: Verwitterungsdecke: 0,023 - 0,027 MN/m²

Den Berechnungen wird das für den geplanten Solarpark Bad Saulgau übermittelte Profil C100x55x15x3 mit einer Oberfläche von rund 0,45 m² je Meter Profillänge zugrunde gelegt.

Die statischen Lasten sowie die Pfostentypen sind den Angaben von MKG Göbel [1] entnommen und in der folgenden Tabelle 12 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 12: Zusammenfassung der aufzunehmenden statischen Lasten - Tragfähigkeit

Bereich	Pfosten	max V _d [kN] (Druckkraft)	min V _d [kN] (Zugkraft)	max H _d [kN] (Horizontalkraft)	max M _d [kNm] (Moment)
Randbereich 2,25 m	Vorne	17,50	1,58	3,27	4,93
	Hinten	14,38	11,47	0,67	1,72
Feldbereich 2,50 m	Vorne	14,93	0,38	1,44	2,17
	Hinten	14,16	3,91	0,30	0,76

In der folgenden Tabelle 13 erfolgt eine Zusammenstellung der erforderlichen Rammtiefen zur Aufnahme der jeweiligen statischen Lasten (siehe Tabelle 12) sowie eine sich aus dem höchsten Wert zusammensetzende erforderliche Gesamtrammtiefe für den Solarpark Bad Saulgau.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Tabelle 13: Erforderlichen Rammtiefen zur Aufnahme der jeweils wirkenden Kräfte sowie empfohlene Gesamtrammtiefe Solarpark Bad Saulgau

Bereich	Pfosten	Erforderliche Rammtiefe zur Aufnahme der maximalen Horizontalkraft sowie des Moments [m u. GOK]	Erforderliche Rammtiefe zur Aufnahme der maximalen Druck- und Zugkraft [m u. GOK]	<u>Empfohlene Gesamtrammtiefe</u> [m u. GOK]
Randbereich 2,25 m	Vorne	1,46	1,87	1,87
	Hinten	0,98	1,53	1,53
Feldbereich 2,50 m	Vorne	1,10	1,59	1,59
	Hinten	0,75	1,51	1,51

In der Tabelle 13 sind die erforderlichen Gesamtrammtiefen zur Aufnahme der maximal wirkenden Lasten (Horizontal-, Druck-, Zugkraft und Moment) für die verschiedenen Pfosten (vorne und hinten), unter Voraussetzung einer ausreichend langen Zeit zwischen Rammvorgang und Lastaufbringung (i.d.R. wenige Wochen), angegeben.

6.3.2 Hinweise zum Rammvorgang

Während des Rammvorgangs treten erfahrungsgemäß horizontale Schwankungen des Stahlpfostens auf, die einen sogenannten „Rammkanal“ zur Folge haben. Die bindig ausgeprägten Bereiche der Verwitterungsdecke neigen eher zur Bildung eines Rammkanals als die nicht bindigen Bereiche. Hintergrund hierbei ist, dass sich bindige Böden als „standfest“ erweisen, wohingegen nicht bindige Böden relativ schnell nachfallen. Zwischen dem Rammvorgang und der Anbringung der Module sollte ausreichend Zeit vergehen, um ein Anliegen des Erdreiches an die Stahlprofile zu gewährleisten. I.d.R. erfolgt dies nach bereits einigen Wochen.

Ein Einbringen (über die empfohlene Gesamtrammtiefe hinaus) und anschließendes Ziehen der Rammprofile sollte auf jeden Fall vermieden werden, um nachträgliche Setzungen zu vermeiden.

Innerhalb der Verwitterungsdecke ist die Wahrscheinlichkeit eines Antreffens von Rammhindernisse in Form von Steinen und Kiesen als sehr gering zu bewerten (< 10% der Fälle).

Sollten während des Rammvorgangs wider Erwarten undurchdringbare Rammhindernisse angetroffen werden, sind diese bei den betroffenen Pfosten vorzubohren und der Pfosten in das mit Bohrgut bzw. einem Kies-Sand-Gemisch verdichtete Bohrloch einzurammen.

Der Bohrdurchmesser sollte kleiner als der Querschnitt des verwendeten Profils gewählt werden, es sollte nicht tiefer als die endgültige Rammtiefe vorgebohrt werden.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

6.4 Gründung der Trafostation

Die Gründung der Trafostation hat über einen Bodenersatzkörper aus einem gut verdichtbaren, vliesunterlegten Kies-Sand-Gemisch mit Feinkornanteil < 5 Vol.-% (z.B. FSK 0/45) zu erfolgen. Die Mindestmächtigkeit des Bodenersatzkörpers darf ein Maß von $d = 0,6$ m nicht unterschreiten.

Der Bodenersatzkörper ist lagenweise in Schüttlagen von $d \leq 0,30$ m einzubringen und optimal (Proctordichte 98 %) zu verdichten. Zudem muss das lastverteilende Polster umlaufend über den Rand hinaus um seine Mächtigkeit breiter ausgebildet werden, damit sich ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann.

Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist mittels statischen bzw. dynamischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen. Dabei ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{vd} > 40 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältnisswert von $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$ zu fordern. Die geotechnischen Kontrollprüfungen können auf Wunsch durch die Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

Zur Vorbemessung der Bodenplatte kann der Bettungsmodul mit

$$k_s = 3 - 7 \text{ MN/m}^3$$

abgeschätzt werden.

6.5 Straßenbau

Für die Herstellung von bauzeitlichen Baustraßen ist der Mutterboden abzutragen und eine $0,3$ m mächtige Kieslage aus einem gut verdichtbaren Kies-Sand-Gemisch mit einem Feinkornanteil < 5 Vol.-% auf 98 % der Proctordichte zu verdichten und aufzubringen. Das Kiespolster ist mit einem Geovlies von den gewachsenen Böden zu trennen.

Für die Herstellung von permanenten Straßen wird die RStO 12 [5] zu Grunde gelegt.

Nach der RStO 12 werden die geplanten Straßen als „Verbindungsstraßen“ und somit der Belastungsklasse 3,2 zugeordnet. Die tatsächliche Belastung ist vom zuständigen Fachplaner festzulegen.

Es wird angenommen, dass die Fahrbahnoberkante auf Höhe der derzeitigen Geländeoberkante angeordnet wird. Damit wird das Erdplanum gemäß der vorliegenden Erkundungsarbeiten innerhalb der Verwitterungsdecke (Frostempfindlichkeitsklasse F3) zu liegen kommen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Frosteinwirkungszone II. Nach aktuellem Informationsstand ist demnach für die geplanten Verkehrsflächen ein frostsicherer Oberbau von mindestens $0,65$ m Dicke vorzusehen.

Des Weiteren muss nach der RStO 12 das Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aufweisen. Dieser Wert wird innerhalb der Verwitterungsdecke voraussichtlich nicht erreicht werden, in diesem Fall ist eine Bodenverbesserung mittels Bodenaustausch erforderlich.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

Dabei sind 0,40 m der im Aushubplanum anstehenden Verwitterungsdecke gegen ein Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 % Schluffanteil (z.B. FSK 0/45) auszutauschen. Der Kieskörper ist mit einem Vlies (GRK 2) vom anstehenden Untergrund zu trennen.

Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen und zu dokumentieren. Die erforderlichen Verdichtungsprüfungen können auf Wunsch von der Fa. BauGrund Süd durchgeführt werden.

Auf dem so verbesserten Erdplanum (Bodenersatzkörper) kann dann im Anschluss der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß der RStO 12 erfolgen.

AZ2207018, BV MKG Göbel, PV Anlage Bad Saulgau, 88348 Bad Saulgau - Baugrunderkundung -

7 Hinweise und Empfehlungen

Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf die oben genannten Untersuchungsstellen. Abweichungen von gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung etc.) können aufgrund der Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Es ist eine sorgfältige Überwachung der Arbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich.

Der vorliegende geotechnische Bericht bezieht sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes vorliegenden Planungsstand. Nachträgliche Änderungen des Planungsstandes sind mit dem Gutachter abzustimmen. Gegebenenfalls sind weitere Aufschlüsse bzw. Berechnungen erforderlich, um die bisherigen geotechnischen Angaben und Empfehlungen dem aktuellen Planungsstand bzw. der Ausführungsplanung gegenüber bestätigen zu können.

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



Alois Jäger
Geschäftsführer



Mustafa Alisada
B.Sc.-Geol.

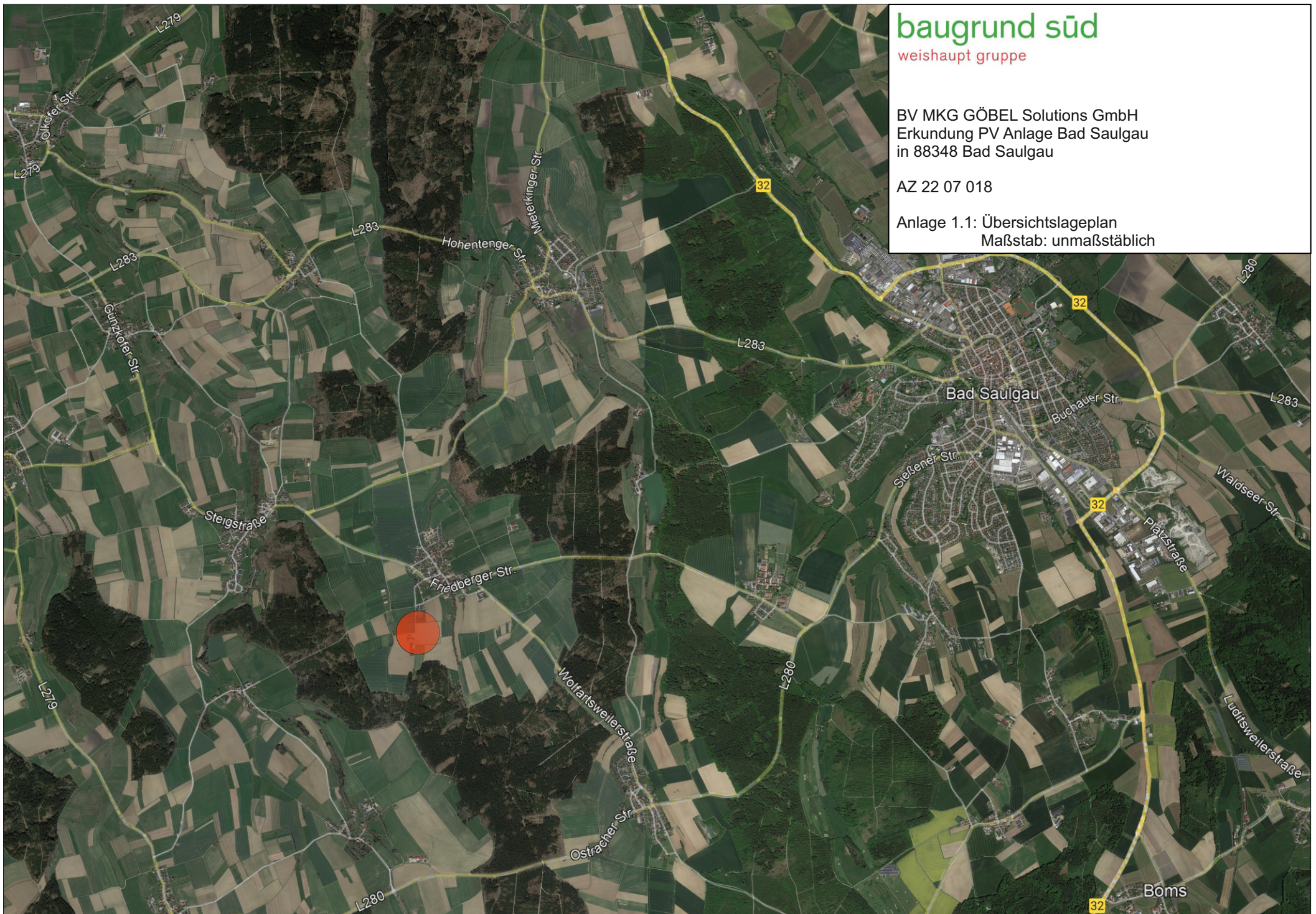
baugrund süd

weishaupt gruppe

BV MKG GÖBEL Solutions GmbH
Erkundung PV Anlage Bad Saulgau
in 88348 Bad Saulgau

AZ 22 07 018

Anlage 1.1: Übersichtslageplan
Maßstab: unmaßstäblich

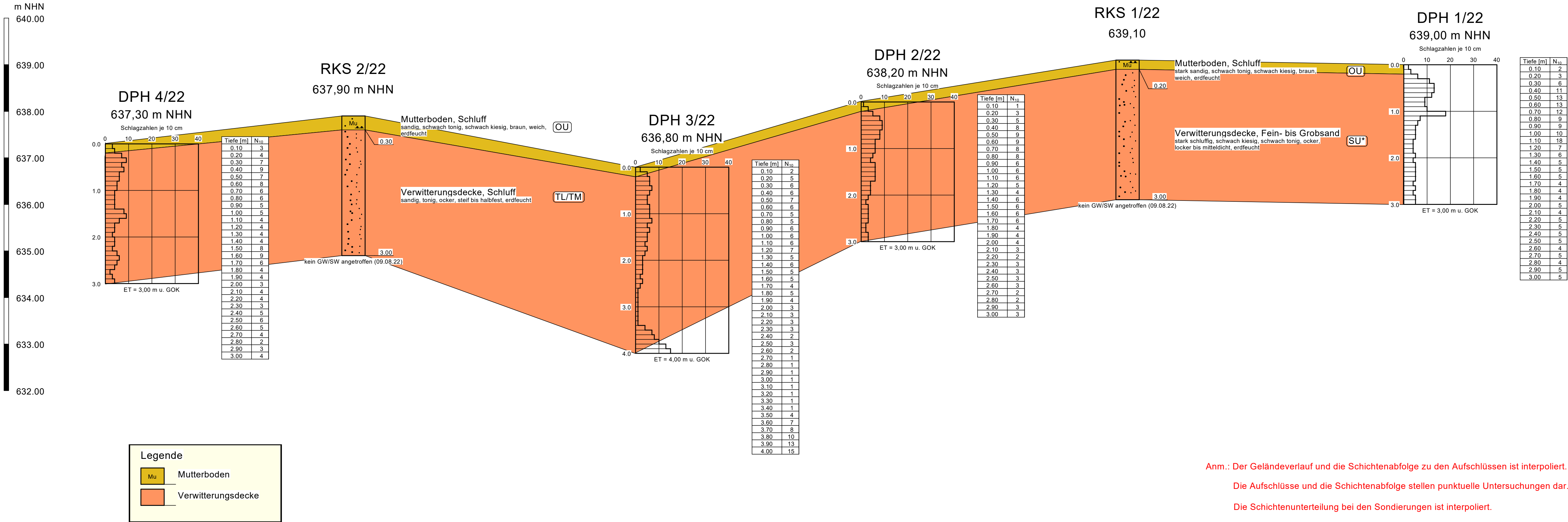


Untersuchungsgebiet



Geotechnischer Baugrundschnitt I - I'

Maßstab d.H. 1:50, Maßstab d. L. unmaßstäblich



RKS 1/22 0,0 bis 1,0 m u. GOK



RKS 1/22: 1,0 bis 3,0 m u. GOK



RKS 2/22: 0,0 bis 1,0 m u. GOK



RKS 2/22: 1,0 bis 3,0 m u. GOK



BauGrund Süd
Zeppelinstraße 10
84100 Bad Wurzach
Tel.: 07564 - 93130

Bericht: AZ 22 07 018

Anlage: 4.1

Zustandsgrenzen nach EN ISO 17892-12

MKG GÖBEL Solutions GmbH
Erkundung PV Anlage Bad Saulgau
in 88348 Bad Saulgau

Bearbeiter: DPe

Datum: 22.08.2022

Prüfungsnummer: 1

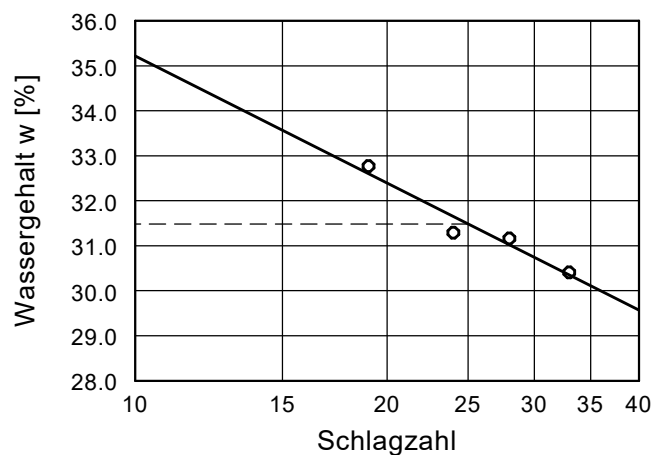
Entnahmestelle: RKS 2/22

Tiefe: 2,5 - 2,9 m

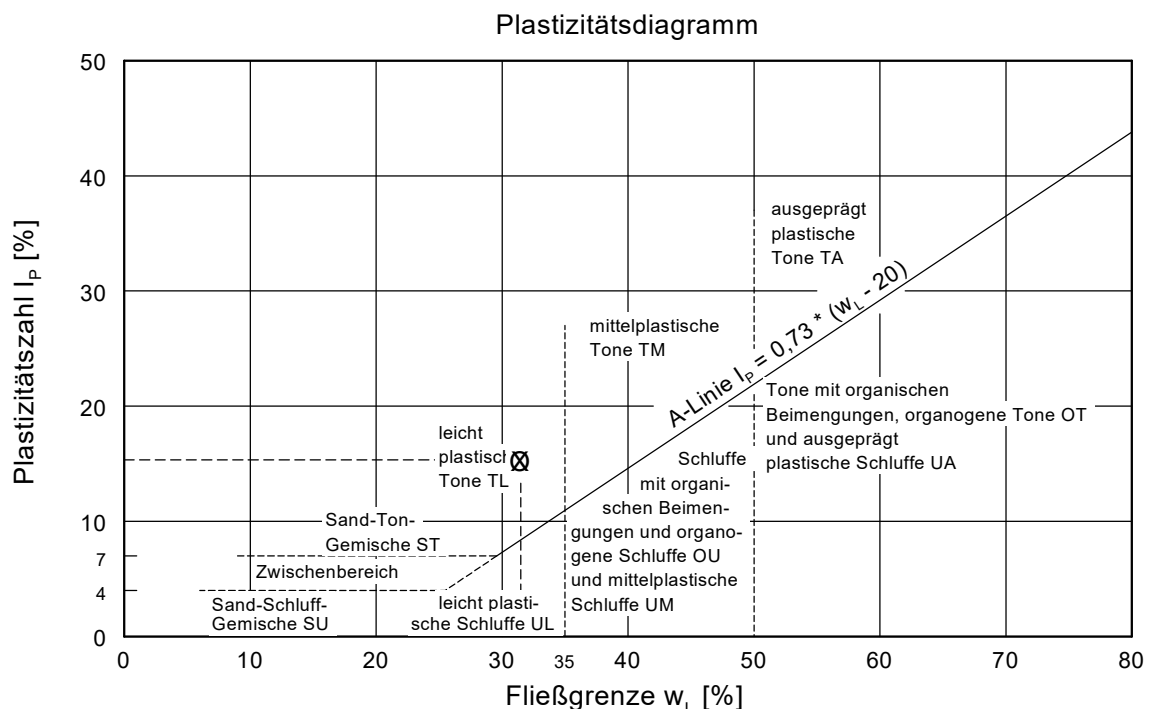
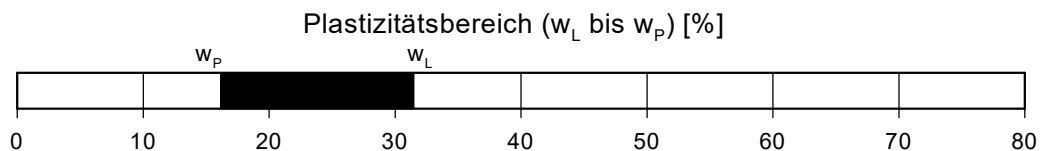
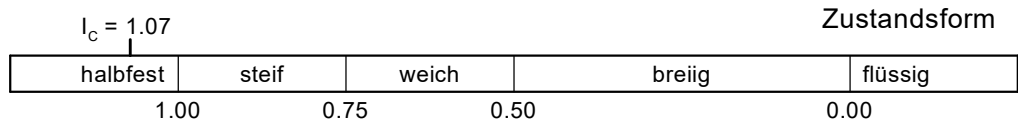
Art der Entnahme: gestört

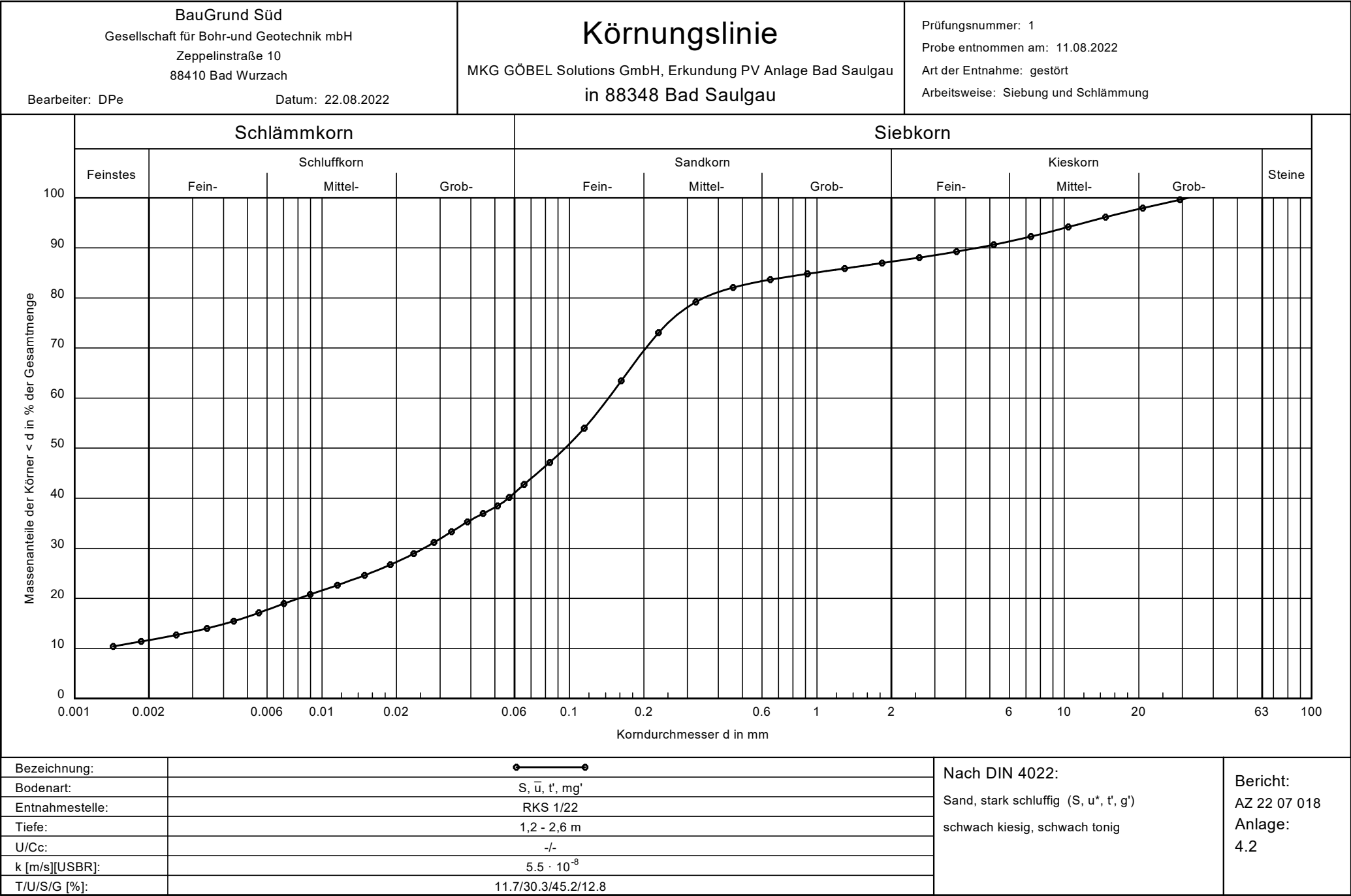
Bodenart: TL

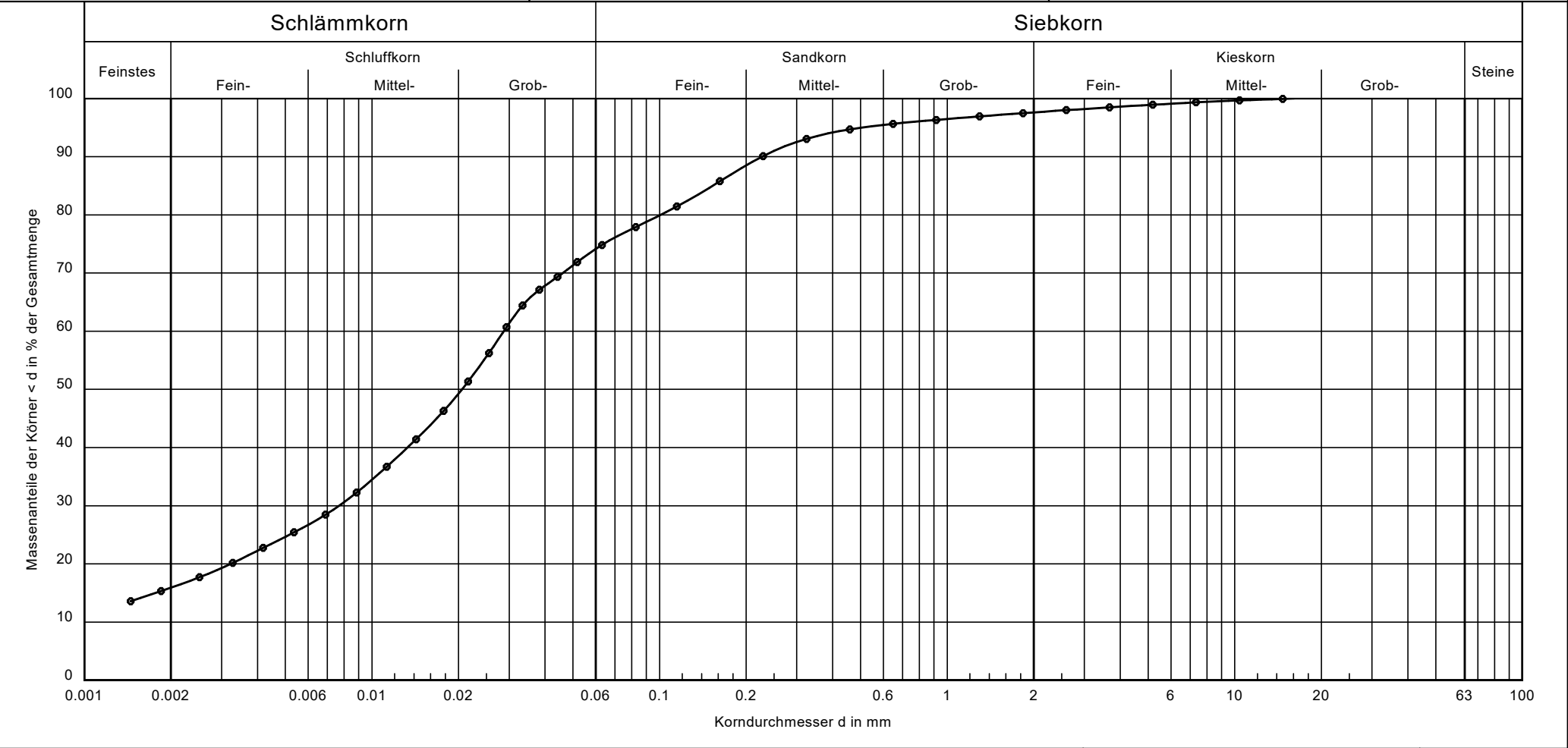
Probe entnommen am: 11.08.2022



Wassergehalt w = 13.9 %
Fließgrenze w_L = 31.5 %
Ausrollgrenze w_P = 16.2 %
Plastizitätszahl I_P = 15.3 %
Konsistenzzahl I_C = 1.07
Anteil Überkorn $\ddot{u}$ = 9.1 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ = 2.0 %
Korr. Wassergehalt = 15.1 %







Bezeichnung:		Nach DIN 4022:	Bericht: AZ 22 07 018 Anlage: 4.3
Bodenart:	U, t, fs', ms'	Schluff (U, s, t)	
Entnahmestelle:	RKS 2/22	sandig, tonig	
Tiefe:	0,3 - 1,0 m		
U/Cc:	-/-		
k [m/s][USBR]:	6.7 · 10 ⁻⁹		
T/U/S/G [%]:	15.9/58.9/22.8/2.4		

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AWV Jößnitzer Str. 113 08525 Plauen

BauGrund Süd Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH
Zeppelinstraße 10
88410 Bad Wurzach

Datum 26.08.2022

Kundennr. 27011752

PRÜFBERICHT

Auftrag 1551845 AT2207018 MKG Göbel, Bad Saulgau
Analysennr. 688243
Probeneingang 17.08.2022
Probenahme 17.08.2022 10:58
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung RKS 1

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Parameter	Methode
--	---------	----------	-----------	-----------	---------

Trockensubstanz	%	° 85,4	0,1	23146	DIN EN 14346 : 2007-03
-----------------	---	--------	-----	-------	------------------------

Feststoff

pH-Wert (H2O)		° 6,46	0,1	8008	DIN EN 12176:1998-06
Bodenart		° sandiger Schluff	0	23409	VDLUF A I, D 2.1 : 1997
Basekapazität pH 7,0	mmol/kg	<0,400	0,4	40657	DIN 38409-7 : 2005-12
Säurekapazität pH 4,3	mmol/kg	0,960	0,4	40656	DIN 38409-7 : 2005-12
Sulfat aus salzsauren Auszug	mg/kg	° 621	100	27264	DIN 4030 (mod.)
Sulfat aus salzsauren Auszug	mmol/kg	° 6,47	1	42605	DIN 4030 (mod.)
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	1,2	0,4	23149	DIN EN 15936 : 2012-11
Sulfid leicht freisetzbar	mg/kg	<4,0	4	1487	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)

Berechnete Parameter

Neutralsalze	mmol/kg	° 0,851		39826	Berechnung
--------------	---------	---------	--	-------	------------

Eluat

Chlorid (Cl)	mg/l	2,46	0,1	23175	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO4)	mg/l	6,88	0,1	23196	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07

Aufbereitung

Eluatherstellung		+		94369	DIN 38414-4 (S 4) (mod.)
------------------	--	---	--	-------	--------------------------

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff 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.

Beginn der Prüfungen: 17.08.2022

Ende der Prüfungen: 26.08.2022

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. 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.

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 26.08.2022
Kundennr. 27011752

PRÜFBERICHT

Auftrag **1551845** AT2207018 MKG Göbel, Bad Saulgau
Analysennr. **688243**
Kunden-Probenbezeichnung **RKS 1**

AWV Martin Glaß, Tel. 03741/55076-9
Martin.Glass@agrolab.de
Kundenbetreuung

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

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AWV Jößnitzer Str. 113 08525 Plauen

BauGrund Süd Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH
Zeppelinstraße 10
88410 Bad Wurzach

Datum 26.08.2022

Kundennr. 27011752

PRÜFBERICHT

Auftrag 1551845 AT2207018 MKG Göbel, Bad Saulgau
Analysennr. 688244
Probeneingang 17.08.2022
Probenahme 17.08.2022 10:58
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung RKS 2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Parameter	Methode
--	---------	----------	-----------	-----------	---------

Trockensubstanz	%	° 86,0	0,1	23146	DIN EN 14346 : 2007-03
-----------------	---	--------	-----	-------	------------------------

Feststoff

pH-Wert (H2O)		° 5,92	0,1	8008	DIN EN 12176:1998-06
Bodenart		° sandiger Schluff	0	23409	VDLUF A I, D 2.1 : 1997
Basekapazität pH 7,0	mmol/kg	0,440	0,4	40657	DIN 38409-7 : 2005-12
Säurekapazität pH 4,3	mmol/kg	0,480	0,4	40656	DIN 38409-7 : 2005-12
Sulfat aus salzsauren Auszug	mmol/kg	° 12,7	1	42605	DIN 4030 (mod.)
Sulfat aus salzsauren Auszug	mg/kg	° 1220	100	27264	DIN 4030 (mod.)
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	1,4	0,4	23149	DIN EN 15936 : 2012-11
Sulfid leicht freisetzbar	mg/kg	<4,0	4	1487	DIN 38405-27 : 1992-07 (mod.)

Berechnete Parameter

Neutralsalze	mmol/kg	° 1,04		39826	Berechnung
--------------	---------	--------	--	-------	------------

Eluat

Chlorid (Cl)	mg/l	1,54	0,1	23175	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO4)	mg/l	10,4	0,1	23196	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07

Aufbereitung

Eluatherstellung		+		94369	DIN 38414-4 (S 4) (mod.)
------------------	--	---	--	-------	--------------------------

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff 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.

Beginn der Prüfungen: 17.08.2022

Ende der Prüfungen: 26.08.2022

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. 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.

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 26.08.2022
Kundennr. 27011752

PRÜFBERICHT

Auftrag **1551845** AT2207018 MKG Göbel, Bad Saulgau
Analysennr. **688244**
Kunden-Probenbezeichnung **RKS 2**

AWV Martin Glaß, Tel. 03741/55076-9
Martin.Glass@agrolab.de
Kundenbetreuung

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